

OVOJNICA ZELENE ZGRADE

Silvio Novak, dipl.ing.građ.

Sadržaj:

Ovojnica zelene zgrade

- Trenutno stanje toplinske zaštite zgrada u RH
- Ciljevi toplinske zaštite vanjske ovojnice zgrada
- Fizika zgrade, osnovni pojmovi
- Tehnologija poboljšanja toplinskih sustava vanjske ovojnice zgrada. Neprozirni i prozirni elementi pročelja
- Toplinski mostovi
- Česte greške prilikom izvođenja sustava toplinske zaštite vanjskih zidova i krovova

Uvod. Trenutno stanje toplinske zaštite zgrada u RH

Važnost toplinske i zvučne izolacije



”Koji kriteriji su važni za Vas kod useljenja u novu kuću?”

Od 16 kriterija, **toplinska i zvučna izolacija** su bile na 11. mjestu po važnosti.

Baza: 2600 domaćinstava

Informationszentrum Beton, Köln



DRUŠTVO GRAĐEVINSKIH INŽENJERA I TEHNIČARA VARAŽDIN

Važnost toplinske i zvučne izolacije



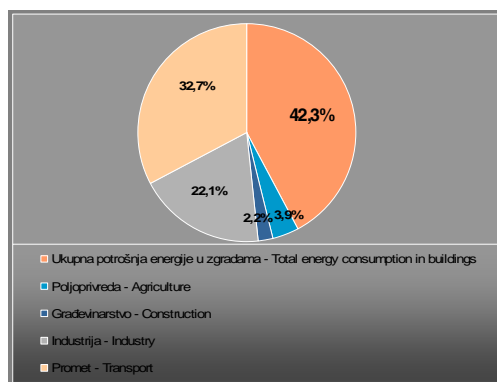
“Koje probleme imate sa Vašim stanom?”

Od 12 kriterija, toplinska i zvučna izolacija su bile na prvom i drugom mjestu po važnosti..

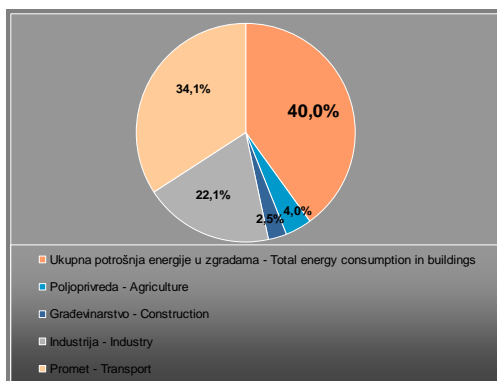
Baza: 550 domaćinstava

Potencijal energetske obnove zgrada

2010



2009



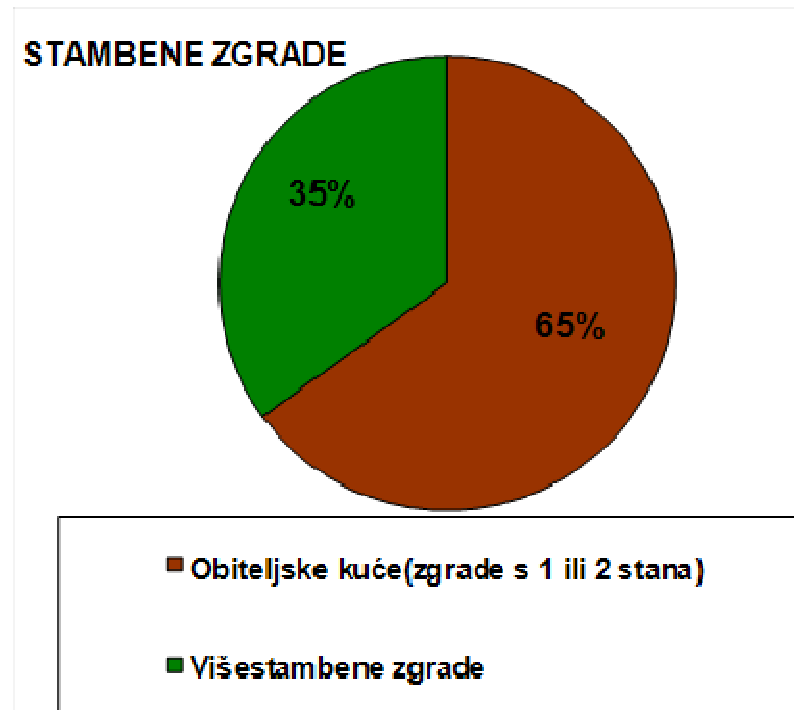
1. Zgrade su najveći pojedinačni potrošač energije i predstavljaju veliki neiskorišteni potencijal za energetske, ekonomske i ekološke uštede. Smanjenje energetske potrošnje u zgradama direktno smanjuje troškove života i održavanja zgrada, povećava komfor i produžuje životni vijek zgrada.
- Prema najnovijoj energetske bilanci RH za 2010., finalna potrošnja energije u sektoru zgrada porasla je za 5,98 posto u odnosu na 2009. godinu, te iznosi 112,53 PJ, što je ukupno 42,3 posto potrošnje finalne energije za 2010. godinu.
 - EU do 2020. godine kao ciljeve navodi smanjenje emisije stakleničkih plinova za 20%, povećanje udjela korištenja OIE na 20% i povećanje energetske učinkovitosti za 20%.

Potencijal energetske obnove zgrada

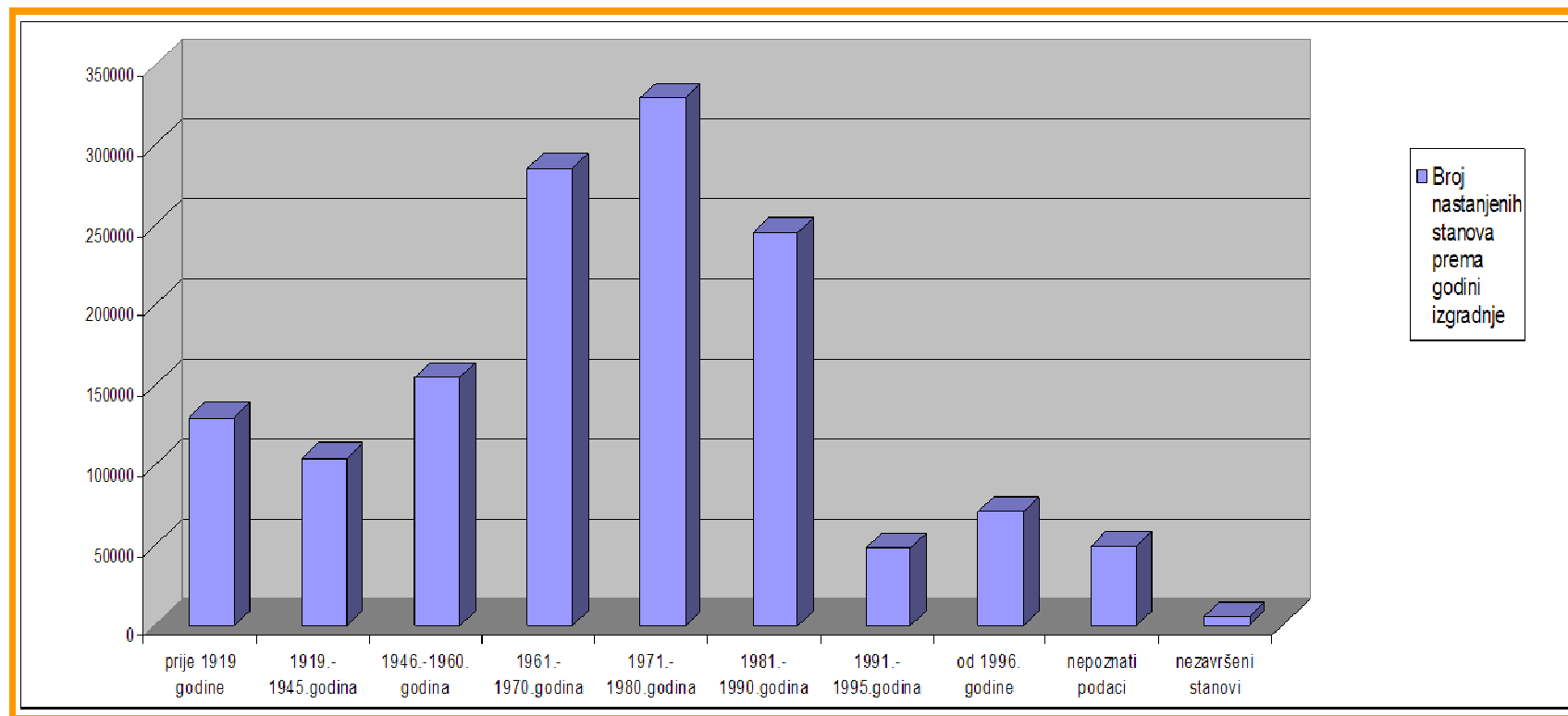
- Prema podacima Državnog zavoda za statistiku, popisu stanovništva 2001. godine, te podacima o ukupno izdanim građevinskim dozvolama i izgrađenim zgradama u razdoblju 2001-2010. godine u RH je u 2010. godini evidentirano ukupno 149,38 milijuna kvadratnih metara korisne površine stambenih zgrada
- Ukupna kvadratura nestambenih zgrada procijenjena je prema energetske bilanci Hrvatske i podacima o broju izdanih građevinskih dozvola i izgrađenoj površini u razdoblju 1994.-2010. godine, te iznosi u 2010. godini 43,38 milijuna kvadratnih metara korisne površine, od čega je oko 9,58 milijuna kvadratnih metara korisne površine zgrada javne namjene
- Uz pretpostavku da se godišnje obnovi 3% površine zgrada, odnosno oko 5 milijuna m² te da se spec. godišnja potrošnja topl. energije za grijanje smanji sa 200-250 kWh/m² na 25-50 kWh/m², uz doprinos gradnje 10 posto zgrada godišnje u gotovo nul energetskom standardu te strožu zakonsku regulativu, ostvarile bi se uštede finalne energije u 2020. oko 20,60 PJ, čime bi se približili cilju od 22,76 PJ energetske uštede u 2020.

Ukupne uštede finalne energije	2010	2015	2020
STAMBENE ZGRADE			
donošenje propisa za novogradnju 2006. godine	1,522	1,506	1,493
novi propisi za novogradnju u 2012., 2015. i 2018.	0,000	0,260	0,954
energetska obnova 3% postojećih stambenih zgrada god.	0,000	6,154	12,793
povećanje broja stambenih zgrada s gotovo nultom potrošnjom	0,000	0,036	0,064
UKUPNO STAMBENE PJ	1,522	7,957	15,304
ZGRADE JAVNE NAMJENE			
donošenje propisa za novogradnju 2006. godine	0,144	0,142	0,140
energetska obnova javnih zgrada do 2010. godine	0,009	0,009	0,009
novi propisi za novogradnju u 2012., 2015. i 2018.	0,000	0,055	0,203
energetska obnova 3% postojećih javnih zgrada god.	0,000	0,419	0,991
povećanje broja javnih zgrada s gotovo nultom potrošnjom	0,000	0,011	0,020
UKUPNO ZGRADE JAVNE NAMJENE PJ	0,153	0,637	1,363
NESTAMBENE ZGRADE KOMERCIJALNE NAMJENE			
donošenje propisa za novogradnju 2006. godine	0,492	0,486	0,479
novi propisi za novogradnju u 2012., 2015. i 2018.	0,000	0,187	0,694
energetska obnova 3% postojećih komercijalnih zgrada god.	0,000	1,178	2,722
povećanje broja komercij. zgrada s gotovo nultom potrošnjom	0,000	0,039	0,069
UKUPNO NESTAMBENE ZGRADE KOMERCIJALNE NAMJENE PJ	0,492	1,890	3,963
SVEUKUPNO PJ	2,167	10,484	20,630

Potencijal energetske obnove zgrada



Razdoblje i tipologija izgradnje



Trenutni najveći problem prilikom pristupanja rekonstrukcijama je nepoštivanje zakonske regulative. Posljedica toga je "stihijski" pristup bez jasno razvijene strategije "energetske obnove RH".

Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 110/08, 89/09) je jasan:

III. TEHNIČKI ZAHTJEVI ZA RACIONALNU UPORABU ENERGIJE I TOPLINSKU ZAŠTITU PRILIKOM REKONSTRUKCIJE POSTOJEĆIH ZGRADA

Članak 31.

(1) Tehnički zahtjevi za racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu koje treba ispuniti prilikom projektiranja rekonstrukcije postojećih zgrada određuju se za slučajeve rekonstrukcije:

1. kojom se postojeća zgrada dograđuje i / ili nadograđuje, tako da se ploština korisne površine zgrade, koja se grije na temperaturu višu od 12 °C, poveća za više od 50 m²,

2. kojom se obnavljaju, djelomično ili potpuno zamjenjuju građevni dijelovi zgrade koji su dio omotača grijanog dijela zgrade, te ako ti radovi obuhvaćaju najmanje po 25 % površine svakog građevnog dijela, ili najmanje 75 % omotača grijanog dijela zgrade,

3. kojom se obnavljaju samo pojedini građevni dijelovi zgrade iz omotača grijanog dijela zgrade na površini većoj od 25 %,

4. kojom se negrijana zgrada ili njezin dio ploštine korisne površine veće od 50 m² prenamjenjuje u prostor koji se grije na temperaturu višu od 12 °C.

(2) Kod vanjskih zidova i ostakljenih elementa pročelja površina od 25% iz prethodnog stavka odnosi se pojedinačno na svaku geografsku orijentaciju tog građevnog dijela, odnosno elementa.

Članak 32.

(1) Prilikom rekonstrukcije postojećih zgrada iz članka 31. stavka 1. točke 1. ovoga Propisa na dograđeni i/ili nadograđeni dio postojeće zgrade primjenjuju se zahtjevi ovoga Propisa koji se odnose na nove zgrade.

(2) Prilikom rekonstrukcije postojećih zgrada iz članka 31. stavka 1. točke 2. ovoga Propisa na rekonstruiranu postojeću zgradu primjenjuju se zahtjevi ovoga Propisa koji se odnose na nove zgrade.

(3) Prilikom rekonstrukcije postojećih zgrada iz članka 31. stavka 1. točke 3. ovoga Propisa, koeficijent prolaska topline, $U [W/(m^2 \cdot K)]$, čitavog građevnog dijela na kojem je proveden građevinski zahvat ne smije biti viši od vrijednosti utvrđenih u tablici 5. iz Priloga »C« ovoga Propisa.

(4) Prilikom rekonstrukcije postojećih zgrada iz članka 31. stavka 1. točke 4. ovoga Propisa, dokaz ispunjenja zahtjeva iz ovoga propisa može se provesti na način da se:

1. na rekonstruiranu zgradu primijene zahtjevi ovoga Propisa koji se odnose na nove zgrade ili

2. na pojedine građevne dijelove rekonstruirane zgrade primijeni ograničenje koeficijentata prolaska topline, $U [W/(m^2 \cdot K)]$, utvrđenih u tablici 5. iz Priloga »C« ovoga Propisa.

(5) Prilikom rekonstrukcije postojeće zgrade iz članka 31., kod koje se obnavljaju, djelomično ili potpuno zamjenjuju prozori, balkonska vrata, krovni prozori, odnosno prozirni elementi pročelja, uz zahtjeve iz stavka 3. ovoga članka, oni moraju ispuniti i zahtjeve iz članaka 15., 16. i 17., te članka 20. stavka 2.

Ciljevi toplinske zaštite vanjske ovojnice zgrada



“ SIMPTOMI” NEDOVOLJNE TOPLINSKE ZAŠTITE U ZGRADAMA

- veća potrošnja energije u odnosu na objekte (slične) u neposrednoj blizini ili u sličnim klimatskim uvjetima
- osjećaj nedovoljne topline u prostoriji u kojoj se zimi dosta grije, naglo hlađenje kuće po prestanku grijanja
- nepodnošljiva toplina u nekoj prostoriji tijekom ljeta
- vlaga, plijesan, gljivice na zidovima, uglovima ili iznad prozora i vanjskih vratiju



- pukotine u građevnim dijelovima i žbukama

CILJ TOPLINSKE ZAŠTITE

- osiguranje povoljne mikroklike
 - sprečavanje građevinskih šteta kao posljedice procesa uslijed temperatura i vlažnosti zraka
 - produljen vijek trajanja građevine
 - očuvanje neobnovljivih izvora energije kao strateškog pitanja svake države
 - zaštita okoliša (smanjenje efekta staklenika)
 - zadovoljenje uvjeta Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (N.N. 110/08, 89/09)
-
- Povoljna mikroklima:
 - temperatura unutarnjeg zraka
 - temperatura unutarnjih površina omotača prostorija
 - osjetna – ambijetalna temperatura
 - strujanje zraka
 - vlažnost zraka

BITNI ZAHTJEVI ZA GRAĐEVINU

Zakon o prostornom uređenju i gradnji propisuje **šest bitnih zahtjeva** za građevinu koji se osiguravaju u projektiranju i u građenju građevine. **Sedmi bitni zahtjev** ovdje naveden zemljama članicama EU propisuje Construction Products Regulation (305/2011/EU-CPR):

MEHANIČKA OTPORNOST I STABILNOST

Građevina mora biti projektirana i izgrađena tako da tijekom građenja i uporabe predvidiva djelovanja ne prouzroče:

- rušenje građevine ili njezina dijela,
- deformacije nedopuštena stupnja,
- oštećenja građevnog sklopa ili opreme zbog deformacije nosive konstrukcije,
- nerazmjerno velika oštećenja u odnosu na uzrok zbog kojih su nastala.

ZAŠTITA OD POŽARA

Građevina mora biti projektirana i izgrađena tako da se u slučaju požara:

- očuva nosivost konstrukcije tijekom određenog vremena utvrđena posebnim propisom,
- spriječi širenje vatre i dima unutar građevine,
- spriječi širenje vatre na susjedne građevine,
- omogućiti da osobe mogu neozlijeđene napustiti građevinu, odnosno da se omogućiti njihovo spašavanje,
- omogućiti zaštita spašavatelja.



BITNI ZAHTJEVI ZA GRAĐEVINU

HIGIJENA, ZDRAVLJE I ZAŠTITA OKOLIŠA

Građevina mora biti projektirana i izgrađena tako da ne ugrožava higijenu i zdravlje ljudi, radni i životni okoliš, posebice zbog:

- oslobađanja opasnih plinova, para i drugih štetnih tvari (onečišćenje zraka i sl.),
- opasnih zračenja,
- onečišćenja voda i tla,
- neodgovarajućeg odvođenja otpadnih voda, dima, plinova te tekućeg otpada,
- nepropisnog postupanja s krutim otpadom,
- sakupljanja vlage u dijelovima građevine ili na površinama unutar građevine.

Građevne proizvode i opremu mora se u građenju izabrati, izvesti, ugraditi ili povezati, preinačiti i održavati tako da zbog kemijskih, fizikalnih ili drugih utjecaja ne može doći do opasnosti, smetnji, šteta ili nedopustivih oštećenja tijekom uporabe građevine.

SIGURNOST U KORIŠTENJU

Građevina mora biti projektirana i izgrađena tako da se tijekom njezine uporabe izbjegnu moguće ozljede korisnika građevine koje mogu nastati od poskliznuća, pada, sudara, opekline, električnog udara i eksplozije.

ZAŠTITA OD BUKE

Građevina mora biti projektirana i izgrađena na način da zvuk što ga zamjećuju osobe koje borave u građevini ili u njezinoj blizini bude na takvoj razini da ne ugrožava zdravlje te da osigurava noćni mir i zadovoljavajuće uvjete za odmor i rad.

BITNI ZAHTJEVI ZA GRAĐEVINU

UŠTEDA ENERGIJE I TOPLINSKA ZAŠTITA

Građevina i njezini uređaji za grijanje, hlađenje i provjetravanje moraju biti projektirani i izgrađeni na način da, u odnosu na mjesne klimatske prilike, potrošnja energije prilikom njihovoga korištenja bude jednaka propisanoj razini ili niža od nje, a da za osobe koje borave u građevini budu osigurani zadovoljavajući toplinski uvjeti.

ODRŽIVO KORIŠTENJE PRIRODNIH RESURSA

Građevina treba biti projektirana, izvedena i uklonjena na takav način da uporaba prirodnih izvora bude održiva i posebno osigurava slijedeće:

- ponovnu uporabu ili recikliranje građevine, materijala i dijelova nakon uklanjanja građevine
- trajnost građevine
- uporabu sirovina i materijala u građevini koja su kompatibilna s okolišem

Fizika zgrade, osnovni pojmovi



DRUŠTVO GRAĐEVINSKIH INŽENJERA I TEHNIČARA VARAŽDIN

Temperatura i toplina

- Za dobivanje temeljne definicije temperature treba iskoristiti Nulti zakon termodinamike koji kaže da svaki sustav prepušten samom sebi prirodno teži postizanju ravnoteže i onog trenutka kad ju postigne sve mjerljive promjene u sustavu iščezavaju. Temeljem toga može se zaključiti da će dva tijela biti u međusobnoj toplinskoj ravnoteži onda i samo onda ako imaju iste temperature. To je suštinska definicija temperature. ***Temperatura je općenito fizikalno svojstvo svih tijela.***

Temperatura svoje fizikalno značenje dobiva kad ju se poveže s gibanjem molekula tijela. Prema molekularnoj teoriji temperatura je u izravnoj vezi s prosječnom brzinom gibanja molekula i kako ta brzina raste, raste i temperatura i obratno.

U SI sustavu mjera su u upotrebi dvije temperaturne skale: Kelvinova temperaturna skala i Celzijeva temperaturna skala. Odgovarajuće su mjerne jedinice 1 K odnosno 1 °C.

- **Toplina ili toplinska energija** je ona energija koja se izmjenjuje između dva tijela ili unutar samog tijela samo uslijed temperaturnih razlika. Ako se energija izmjenjuje zbog nekog drugog uzroka a ne zbog temperaturnih razlika, takva se izmjena energije ne može nazvati toplinom.

Toplina nekog tijela jednaka je zbroju kinetičkih energija nesređenog gibanja svih njegovih molekula.

Mjerna jedinica za toplinu (toplinsku energiju) je J (Joul), oznaka za toplinu u literaturi je Q. Toplina izmijenjena u jedinici vremena naziva se toplinski tok, označava sa simbolom Φ , mjerna je jedinica J/s = W (Watt).

U uporabi je često i stara jedinica – kalorija (cal) **1 cal = 4,1868 J.**



Mehanizmi transporta topline

Postojanje temperaturnih razlika unutar tijela ili između više tijela je osnovni uvjet za izmjenu (prijenos) topline.

Ukoliko se unutar promatranog tijela povežu sva mjesta iste temperature dobivaju se izotermne plohe ili linije (izoterme) koje se mogu, ali ne moraju zatvarati unutar promatranog tijela.

S obzirom na vremensku ovisnost, temperaturna raspodjela i s njom povezana izmjena topline može biti stacionarna ili nestacionarna.

Ukoliko se tijekom prijenosa topline sve veličine (temperatura, toplinski tok ili gustoća toplinskog toka) vremenski ne mijenjaju izmjena topline je stacionarna. To znači da svaki, pa i najmanji dio tijela mora tijekom odvijanja procesa primiti i predati istu količinu topline.

Ako taj uvjet nije ispunjen, pa tijelo više topline prima nego je odaje u tijelu će doći do akumulacije energije odnosno do povećanja temperature. I obrnuto, ako tijelo odaje više topline nego što je prima, temperatura će tijela padati. I temperatura tijela i izmijenjena toplota će se mijenjati s vremenom. Takva se izmjena topline naziva nestacionarna izmjena topline.

U osnovi se razlikuju tri načina transporta topline:

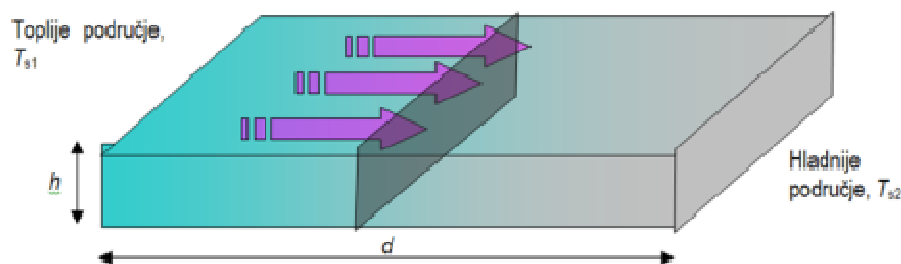
- **kondukcija ili provođenje,**
- **konvekcija ili strujanje (s promjenom agregatnog stanja ili bez nje),**
- **radijacija ili zračenje.**



Provođenje ili kondukcija

Provođenje topline je način izmjene topline koji se događa u tijelima čije su osnovne čestice (molekule, atomi) vezane na položaj u kojem se nalaze u samom tijelu i ne mogu se znatnije pomaknuti. Strogo gledajući provođenje se odvija u krutim tijelima (krutinama) premda se može pojaviti i kod tekućina (kapljevina ili plinova) kada se one nalaze u vrlo malom prostoru tako da ne može doći do znatnijeg gibanja njihovih makroskopskih dijelova.

Provođenje je način izmjene topline pri kojem se toplota prenosi na razini atoma i molekula njihovim direktnim dodirnom. S obzirom da molekule više temperature imaju veću kinetičku energiju titranja, one će u srazu s molekulama niže temperature njima predati dio svoje energije, te se time usporiti. Prijenos je topline uvijek usmjeren **od čestica više temperature prema česticama niže temperature.**



Provođenje topline

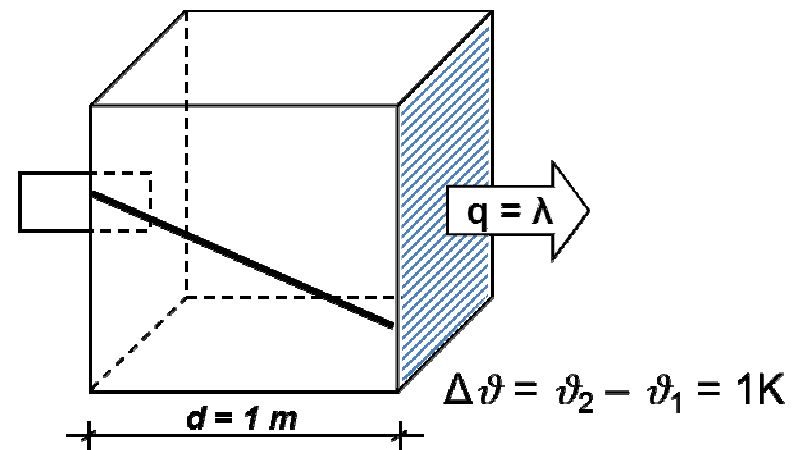
Toplinska provodljivost je svojstvo građevinskih materijala da u manjoj ili većoj mjeri provode toplinu.

Kao mjera toplinske provodljivosti nekog materijala služi **koeficijent toplinske provodljivosti λ** tog materijala, izražava se u W/mK, a to je količina topline koja u jedinici vremena prođe kroz materijal debljine 1 m, površine 1 m², kod temperaturne razlike rubnih temperatura od 1 K.

$$\lambda = q \cdot d / \theta_2 - \theta_1$$

Vrijednost koeficijenta toplinske vodljivosti λ je vrlo promjenjiva, čak i kod istog materijala.

Ona ovisi o obujamskoj masi (odnosno poroznosti), kemijskom sastavu materijala, o sadržaju vlage u materijalu i o njegovoj temperaturi. Zato govoriti o vrijednosti koeficijenta nekog materijala ima smisla samo ako se preciziraju svi ovi faktori.



Shematski prikaz značenja koeficijenta toplinske provodljivosti

Materijali s malom vrijednošću koeficijenta λ zovu se toplinski izolatori.

Kao toplinske izolacije u praksi se koriste: mineralna vuna (kamena i i staklena), ekstrudirani polistiren, ekstrudirani polistireni, poliuretanska pjena, drvolit, kombi ploče, pluto, slama, i drugi.



TOPLINSKO IZOLACIJSKI MATERIJALI	GUSTOĆA ρ (kg/m ³)	TOPLINSKA PROVODLJIVOST λ (W/mK)	POTREBNA DEBLJINA (cm) ZA $U = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$	FAKTOR OTPORA DIFUZIJI VODENE PARE - μ	RELATIVNI TROŠAK ZA $U = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$
Mineralna vuna (MW) prema HRN EN 13162 (kamena i staklena vuna)	10 – 200	0,035 – 0,050	9 – 11	1	1
Ekspandirani polistiren (EPS) prema HRN EN 13163 (stiropor)	10 – 30	0,035 – 0,040	9 – 10	60	0,80
Ekstrudirana polistirenska pjena (XPS) prema HRN EN 13164 (stirodur)	≥ 25	0,030 – 0,040	8 – 10	150	2,5
Tvrda poliuretanska pjena (PUR) prema HRN EN 13165	≥ 30	0,020 – 0,040	7 – 9	60	5 – 8
Drvena vuna (WW) prema HRN EN 13168	360 – 460	0,065 – 0,09	16 – 20	3/5	4 – 6
Ekspandirani perlit (EPB) prema HRN EN 13169	140 – 240	0,040 – 0,065	10 – 16	5	1,5 – 2,0
Ekspandirano pluto (ICB) prema HRN EN 13170	30 – 500	0,045 – 0,055	11 – 14	5/10	2,0 – 3,0
Ovčja vuna	15 – 60	0,040	10 – 11	1 – 2	-
Slama	-	0,090 – 0,130	20 – 35	-	-

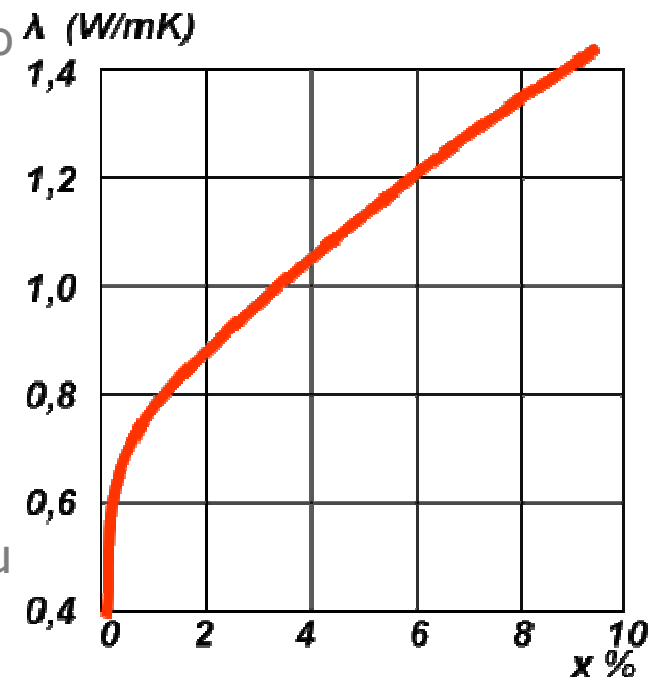
S povećanjem vlažnosti materijala naglo raste vrijednost njegova koeficijenta λ .

Voda koja se umjesto zraka nalazi u porama vlažnog materijala ima vrijednost koeficijenta toplinske vodljivosti $\lambda = 0,57 \text{ W/mK}$, što je dvadeset puta veća vrijednost od vrijednosti λ zraka.

Kod smrzavanja vode u materijalu λ još znatnije poraste, jer je λ leda oko $2,3 \text{ W/m K}$, što je oko četiri puta veća vrijednost veličine za vodu.

Dijagram prikazuje ovisnost koeficijenta toplinske vodljivosti zida od opeke o vlažnosti opeke.

U građevinskoj praksi ovisnost koeficijenta λ o temperaturi materijala nema većeg praktičnog značenja, jer se radi o relativno malom rasponu promjena temperatura.



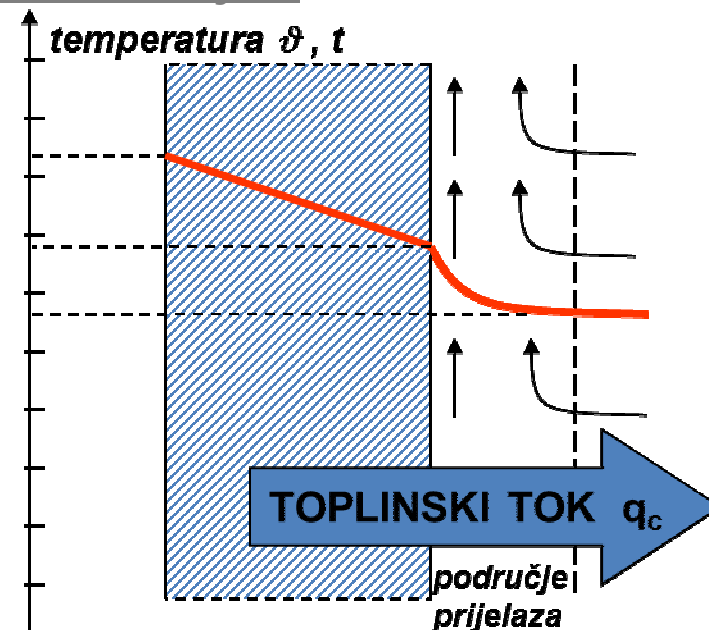
Prenošenje topline strujanjem (konvekcija)

Prenošenje topline strujanjem moguće je samo u tekućim i plinovitim sredinama.

Predaja topline od nekog fluida (plina ili tekućine) u gibanju na neko čvrsto tijelo ili obrnuto naziva se prenošenje topline konvekcijom.

Prema uzroku gibanja fluida razlikujemo prirodnu konvekciju i prisilnu konvekciju.

Kod prirodne konvekcije čestice fluida se gibaju zbog razlika u gustoći nastalih nejednolikom temperaturom dijelova fluida, a prisilna konvekcija nastaje kada se gibanje fluida podržava nekim mehaničkim uređajem npr. pumpom ili ventilatorom.



Prenošenje topline zračenjem (radijacija)

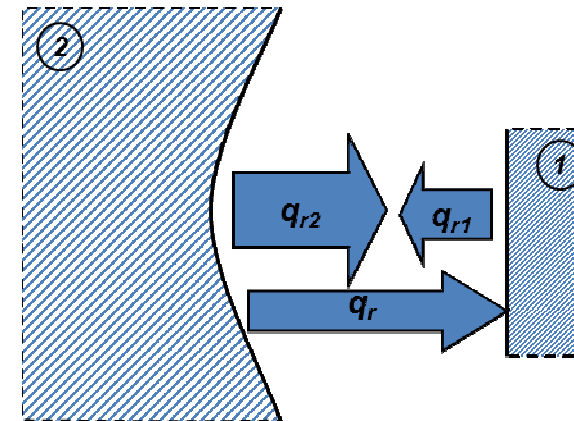
Prenošenje topline zračenjem moguće je samo u plinovitim sredinama i u vakumu.

Sva tijela u čvrstom i tekućem stanju odaju dio kinetičke energije svojih molekula u obliku energije elektromagnetskih valova koju zrače svojom površinom i obratno.

Gustoća toplinskog toka zračenjem dana je izrazom:

$$q_r = h_r (\Theta_2 - \Theta_1) \cdot f \text{ (W/m}^2\text{K)}, \text{ gdje je}$$

h_r koeficijent prijelaza topline zračenjem u $\text{W/m}^2\text{K}$, koji ovisi o koeficijentima emisije ϵ_1 i ϵ_2 površina tijela 1 i 2 koja izmjenjuju toplinu zračenjem, i f faktor oblika bez dimenzija određen međusobnim odnosom tijela.



Emisijski faktor stjenke u općem slučaju ovisi o vrsti materijala stjenke, stanju površine, temperaturi i valnoj duljini. Koeficijenti emisije većine građevinskih materijala (beton, opeka, žbuka i slično) se kreću od 0,8 do 0,9, što znači da su građevinski materijali dobri emiteri i dobri apsorberi zračenja.

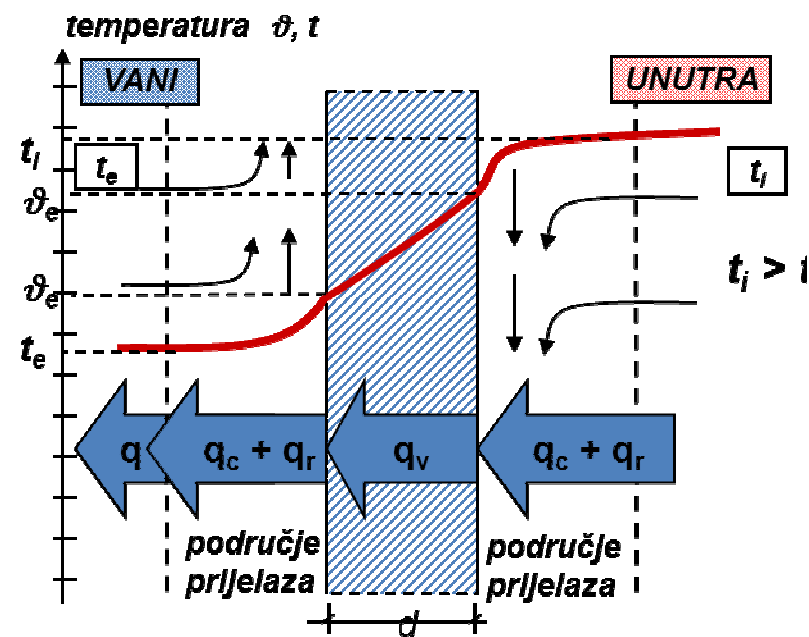
- vrijednosti emisijskih faktora za neke karakteristične građevinske materijale.

Vrsta materijala		Temperatura	Emisijski faktor ϵ_0 (9)
Drvo:	bukva	70 °C	0,935
	hrastovina	40 °C	0,9
	smrekovina	100 °C	0,82
Građevni materijali:	azbestne ploče	40 °C	0,96
	asfalt, pločnik	40 °C	0,85 - 0,93
	beton, hrapava površina	0 °C - 100 °C	0,92 - 0,97
	granit	40 °C	0,44
	sadra, gips	40 °C	0,9
	mramor - polirana	40 °C	0,93
	- brušena	-	0,545
Žbuka	40 °C	0,93	
Guma:	tvrd, crna	40 °C	0,95
	mekana siva	40 °C	0,86
Krovni materijali:	aluminjske površine	40 °C	0,22
	azbestni cement	1400 °C	0,65
	bitumenski filc	1400 - 2800 °C	0,89
	pokrovne ploče:		
	smeđe	1400 °C	0,8
	zelene	1400 °C	0,87
Opeka:	žuta, vatrootporna	540 °C	0,94
		1100 °C	0,98
	pročeljna, crvena	20 °C	0,92
	pročeljna, žuta	20 °C	0,72
	vatrootporna	17 °C	0,87
P.V.C.			0,91 - 0,93
Staklo:	glatko, ravno	0 °C - 200 °C	0,92 - 0,95
	polirane ploče	20 °C	0,94

Prenošenje topline kroz građevinske elemente

Kada su temperature zraka unutar zgrade i prostoru izvan zgrade različite dolazi do prenošenja topline kroz obodne građevinske elemente zgrade, i to uvijek iz prostora s višom temperaturom prema prostoru niže temperature.

Ukupan prolazak topline kroz građevni dio događa se strujanjem unutarnjeg toplijeg zraka prema obodnom građevinskom elementu, provođenjem topline kroz slojeve materijala građevnog elementa, te ponovo strujanjem od građevinskog elementa prema hladnijem vanjskom zraku.



Prenošenje topline kroz homogeni vanjski zid zgrade

Koeficijent prolaska topline

Koeficijent prolaska topline U ($W/m^2 K$) jednak je količini topline koja u jedinici vremena prođe okomito kroz jedinicu površine građevinskog elementa pri jediničnoj razlici temperatura zraka s obje strane elementa kada je postignuto stacionarno stanje.

Recipročna vrijednost koeficijenta prolaska topline građevinskog elementa zove se toplinski otpor R ($m^2 K/W$).

Određivanje toplinskog otpora nekog građevinskog elementa ovisi o strukturi, vrsti materijala i njihovim pojedinim debljinama.

Građevinski elementi zgrade mogu biti od homogenih slojeva i nehomogenih slojeva.

Homogeni građevinski elementi zovu se elementi koji se sastoje od samo jednog materijala i kod kojih su granične površine međusobno paralelne.

Toplinski otpor homogenog sloja ako je poznata toplinska provodljivost i debljina zračuna iz izraza:

$R = d / \lambda$ ($m^2 K/W$), gdje je

d debljina sloja materijala u građevinskom elementu

λ projektna vrijednost toplinske provodljivosti materijala, $W/m K$



Koeficijent prolaska topline predstavlja recipročnu vrijednost ukupnog toplinskog otpora. Oznaka za koeficijent prolaska topline je U , mjerna jedinica je $W/(m^2 \cdot K)$.

$$U = \frac{1}{R_T}$$

pri čemu R_T predstavlja ukupni toplinski otpor građevnog dijela u $(m^2 \cdot K)/W$ i određuje se prema normi HRN EN ISO 6946. Postupak proračuna se provodi na dva načina, ovisno o tomu je li građevinski dio načinjen od homogenih ili nehomogenih slojeva.

Tablica 5. Najveće dopuštene vrijednosti koeficijenta prolaska topline, U [$W/(m^2 \cdot K)$], građevnih dijelova novih zgrada, malih zgrada ($A_K < 50 m^2$) i nakon zahvata na postojećim zgradama (NN 110/2008)

Redni broj	Građevni dlo	U [$W/(m^2 \cdot K)$]			
		$\Theta_i \geq 18^\circ C$		$12^\circ C < \Theta_i < 18^\circ C$	
		$\Theta_{e,mj}, \min \geq 3^\circ C$	$\Theta_{e,mj}, \min \leq 3^\circ C$	$\Theta_{e,mj}, \min \geq 3^\circ C$	$\Theta_{e,mj}, \min \leq 3^\circ C$
1.	Vanjski zidovi, zidovi prema garaži, tavanu	0,60	0,45	0,75	0,75
2.	Prozori, balkonska vrata, krovni prozori, prozirni elementi pročelja	1,80	1,80	3,00	3,00
3.	Ravni i kosi krovovi iznad grijanog prostora, stropovi prema tavanu	0,40	0,30	0,50	0,40
4.	Stropovi iznad vanjskog zraka, stropovi iznad garaže	0,40	0,30	0,50	0,40
5.	Zidovi i stropovi prema negrijanim prostorijama i negrijanom stubištu temperature više od $0^\circ C$	0,65	0,50	2,00	2,00
6.	Zidovi prema tlu, podovi na tlu	0,50	0,50	0,80	0,65
7.	Vanjska vrata, vrata prema negrijanom stubištu, s neprozirnim vratnim krilom	2,90	2,90	2,90	2,90
8.	Stijenska kutije za rolete	0,80	0,80	0,80	0,80
9.	Stropovi između stanova, stropovi između grijanih radnih prostorija različitih korisnika	1,40	1,40	1,40	1,40

Tehnologija poboljšanja toplinskih svojstava vanjske ovojnice zgrada. Neprozirni i prozirni elementi pročelja.



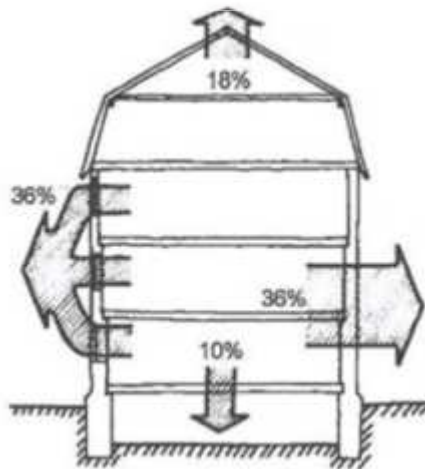
DRUŠTVO GRAĐEVINSKIH INŽENJERA I TEHNIČARA VARAŽDIN

Tehnologija poboljšanja toplinskih svojstava vanjske ovojnice zgrada

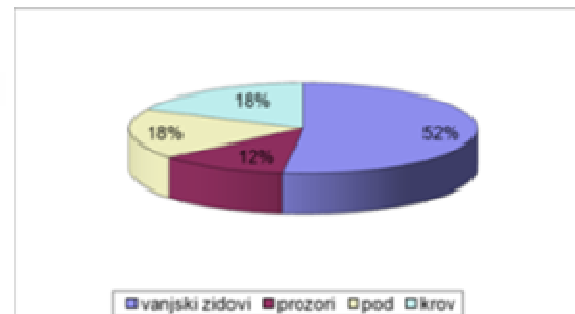
Novi integralni pristup projektiranju i gradnji te obnovi zgrada zahtjeva multidisciplinarno inženjersko znanje i razmatranje zgrade kao složenog sustava, te usku suradnju svih struka koje sudjeluju u procesu od projektiranja i gradnje. Zgrada se ponajprije mora sagledati kao cjelina i odrediti koji su „najkritičniji“ dijelovi zgrade po pitanju jačine prolaza toplinskih tokova, ploštine i dr.

Promatra li se „tipična“, loše, odnosno nedovoljno toplinski izolirana zgrada, može se iz geometrije zgrade vidjeti da najveći dio ploština otpada na vanjske zidove, krov, podove i na kraju otvore.

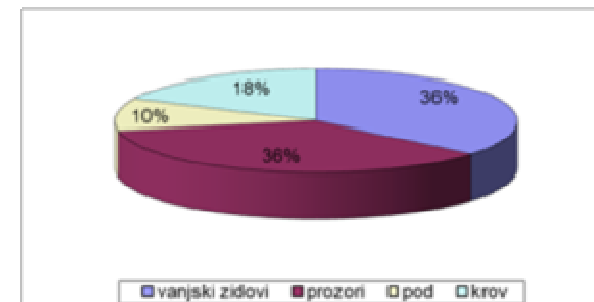
Međutim, promatra li se udio pojedinih toplinskih gubitaka na toj istoj zgradi, može se uočiti da najveći dio gubitaka otpada (podjednako) kroz vanjske zidove i otvore, a tek potom na krovove i podove.



Udio ploština pojedinih građevnih dijelova i otvora



Udio u toplinskim, transmisijским gubicima pojedinih građevnih dijelova i otvora



NEPROZIRNI ELEMENTI PLAŠTA ZGRADE

Vanjski zidovi

- Pojam fasade kao lica zgrade sve više gubi prvotni značaj. U današnje vrijeme oblikovanje fasada i njihova izvedba nije važna samo za doživljaj zgrade i oblikovanje prostora kojega je građevina dio.
- Prema Zakonu građevina mora zadovoljavati određene bitne zahtjeve – mehaničku otpornost i stabilnost, zaštitu od požara, higijenu, zdravlje i zaštitu okoliša, sigurnost u korištenju, zaštitu od buke te uštedu energije i toplinsku zaštitu.
- Prema posebnim uvjetima za izradu, ugradnju i obradu pojedinih dijelova objekta, fasade i obodni zidovi moraju biti projektirani i izvedeni tako da osiguraju zaštitu od svih vanjskih oborina i utjecaja, te da osiguraju što veću toplinsku zaštitu, zaštitu od buke, požara, odvođenje difuzne pare itd.
- Element arhitekture – zatvara prostor određene namjene i estetski rješava izgled zgrade
 - Element konstrukcije – odupire se vanjskim utjecajima i omogućava održavanje odabrane, potrebne mikroklike prostora koji zatvara

Vanjski zidovi

Principi i preporuke prilikom projektiranja

- vanjske građevinske pregrade trebaju biti što jednostavnije strukture kako bi se što više izbjegle mogućnosti pojave toplinskih mostova
- **kod zgrada koje se griju tijekom zime raditi masivnije vanjske pregrade s toplinskom izolacijom s vanjske strane, budući iste imaju sposobnost akumulacije relativno veće količine topline**
- kod zgrada koje se povremeno griju mogu se primjenjivati građevinske pregrade manjih masa ili većih s izolacijom s unutarnje strane.
- oblikom zgrade i veličinom prozora utjecati na veličinu transmisijskih gubitaka. Zadovoljiti uvjete osvjetljenja
- toplinsku zaštitu toplinskih mostova izvoditi, ako je moguće materijalom pretežnog dijela građevinske pregrade, a ako nije moguće, oblagati toplinskom izolacijom, bolje s unutarnje strane u širini barem 3 širine mosta, s parnom branom s unutarnje strane
- toplinski zaštititi dijelove međusobnih veza vanjskih pregrada i spojeva s ostalim elementima zgrada s vertikalnim serklažima ili stupovima
- najpovoljnije je glede sprječavanja površinske kondenzacije vodene pare, kao i kod linijskih gubitaka smjestiti okvire prozora u ravnini unutarnje površine jednoslojnih zidova, odnosno u ravninu toplinske izolacije višeslojnih zidova
- **vanjske obloge vanjskih zidova građevinskih konstrukcija trebaju biti projektirane, ukoliko je moguće, od što paropropusnijih materijala, kao bi se što više izbjegla mogućnost kondenzacije vodene pare**
- kondenzaciju vodene pare unutar pregrada treba spriječiti odgovarajućim strukturama pregrada. Ukoliko prijeti opasnost od nedozvoljene kondenzne vlage, upotrebljavati parne brane što bliže unutarnjim stranama vanjskih pregrada
- izbjegavati jako vjetrovite lokacije
- **za što ugodniju mikroklimu u ljetnom periodu vanjski zidovi moraju imati dovoljnu toplinsku stabilnost**

Vanjski zidovi

Podjela prema sustavu fasada

- prema sustavu fasada koje se primjenjuju razlikujemo:
 - Lagani montažni zidni sustavi
 - Masivni fasadni sustavi
 - provjetravani (ventilirani) fasadni sustavi
 - neprovjetravani (neventilirani) fasadni sustavi
 - s toplinskom izolacijom s vanjske strane:
 - sustavi s toplinskom žbukom
 - sustavi s lakim pločama toplinske izolacije (ETICS sustavi)
 - s toplinskom izolacijom s unutarnje strane
 - s obostranom toplinskom izolacijom
 - s toplinskom izolacijom između
 - bez toplinske izolacije (visokoizolacijski opečni elementi, elementi od plino (pjeno) betona)

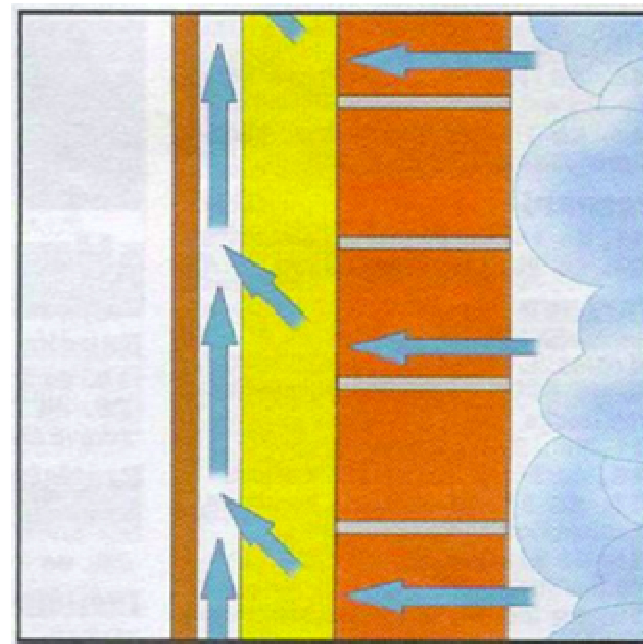
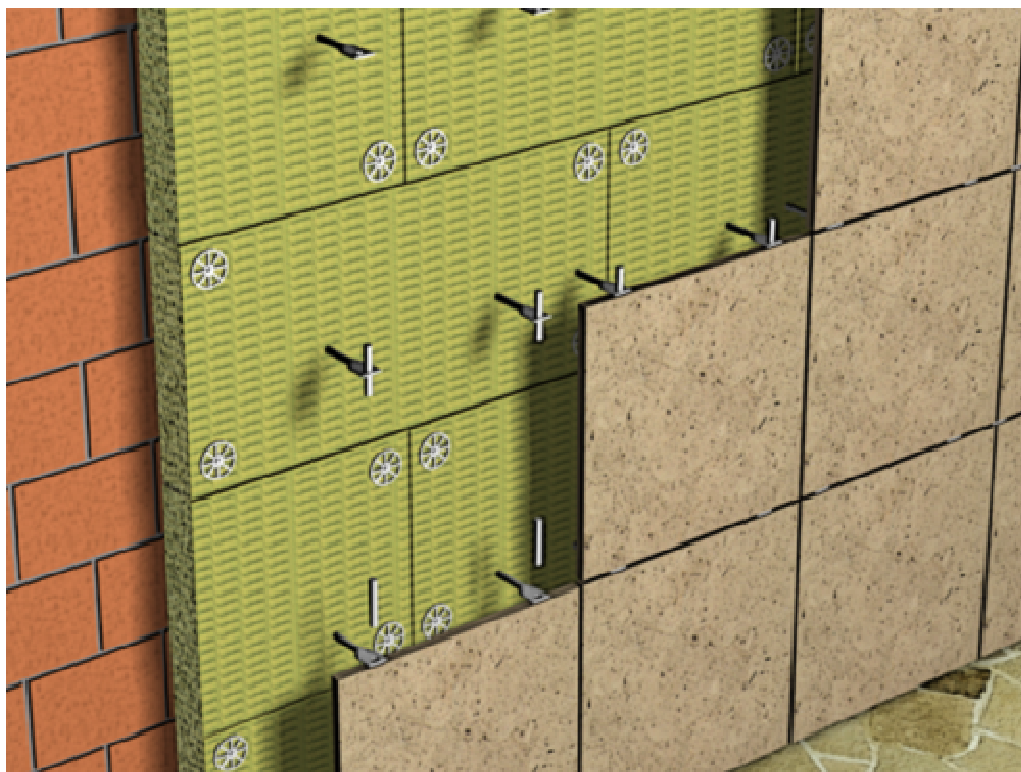
Vanjski zidovi

Lagani montažni sustavi



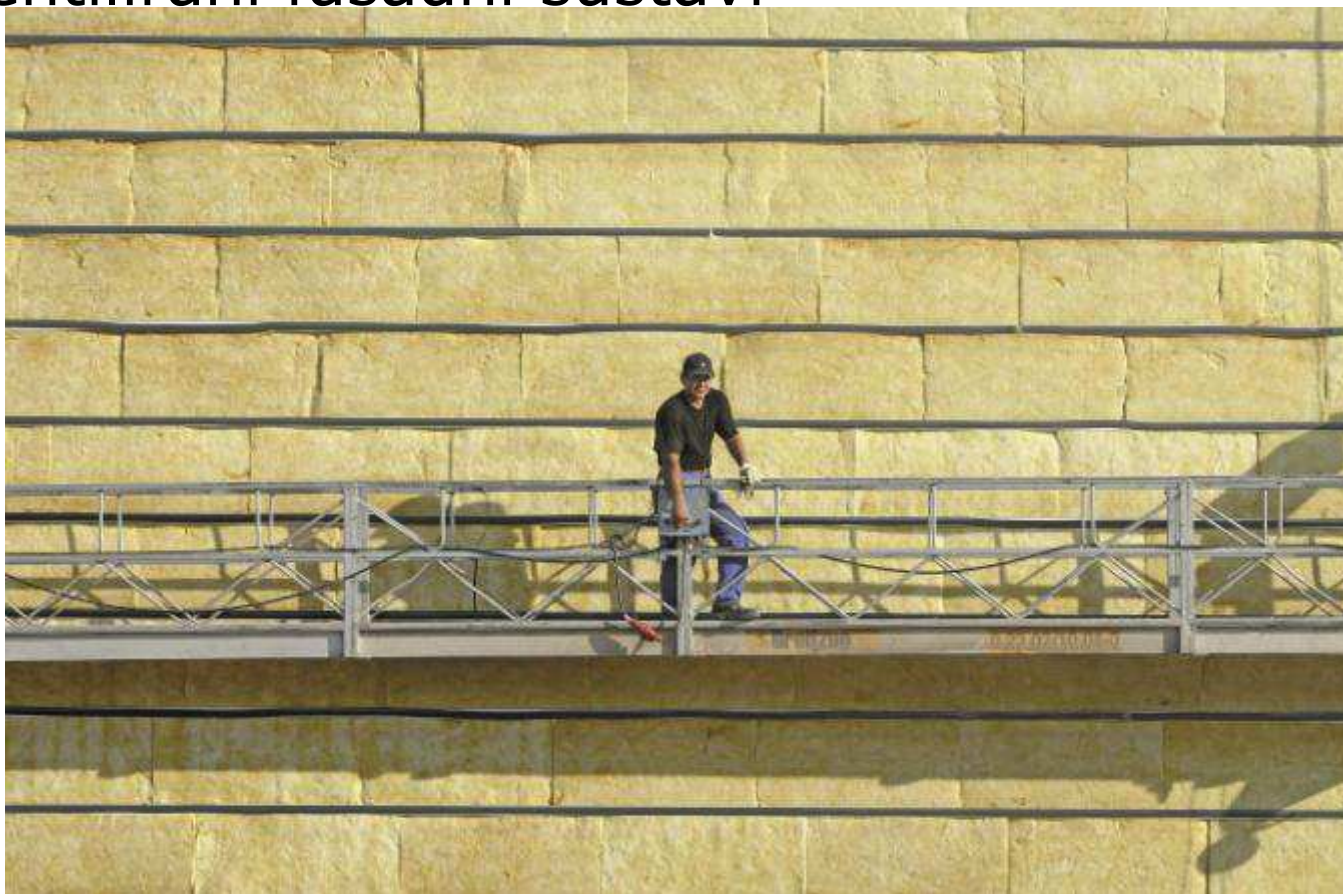
Vanjski zidovi

Provjetravani (ventilirani) fasadni sustavi



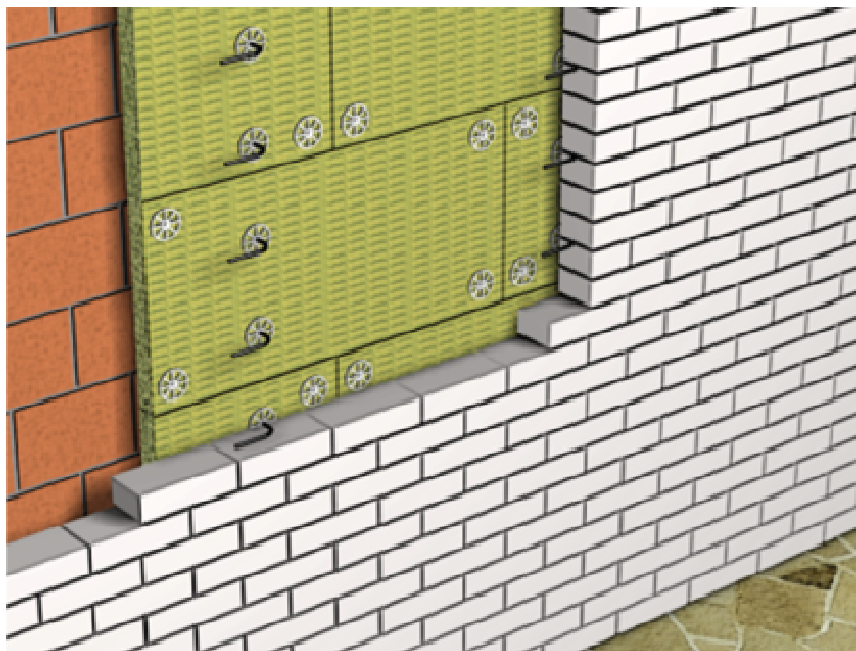
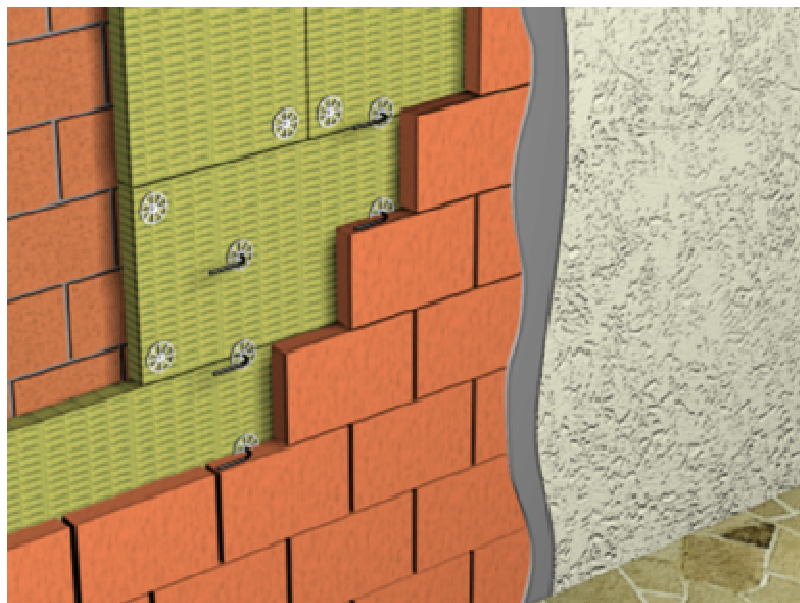
Vanjski zidovi

Neventilirani fasadni sustavi



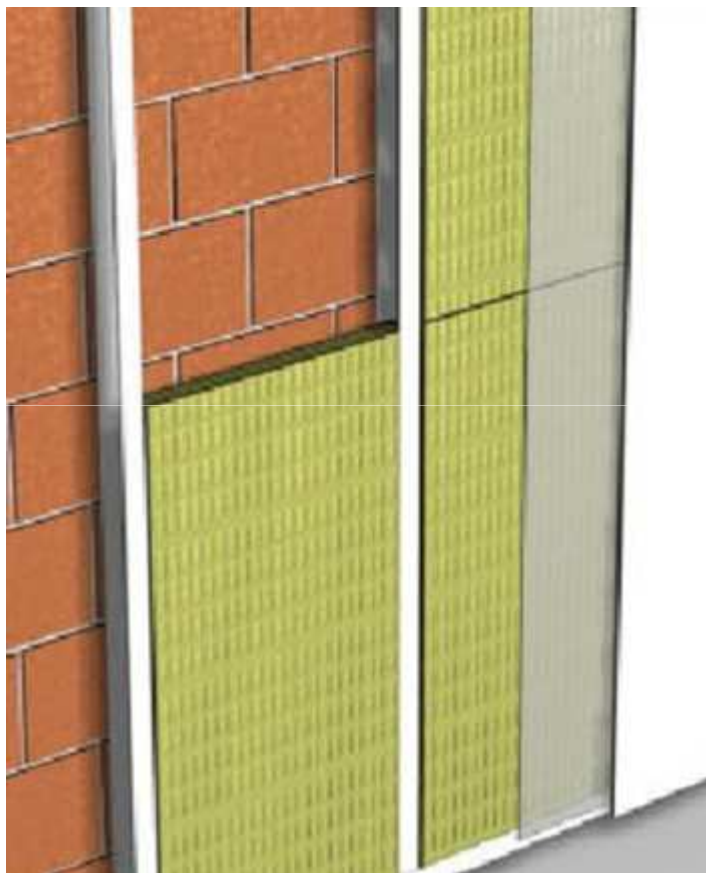
Vanjski zidovi

„Sandwich“ zidovi



Vanjski zidovi

Sustavi s toplinskom izolacijom s unutarnje strane

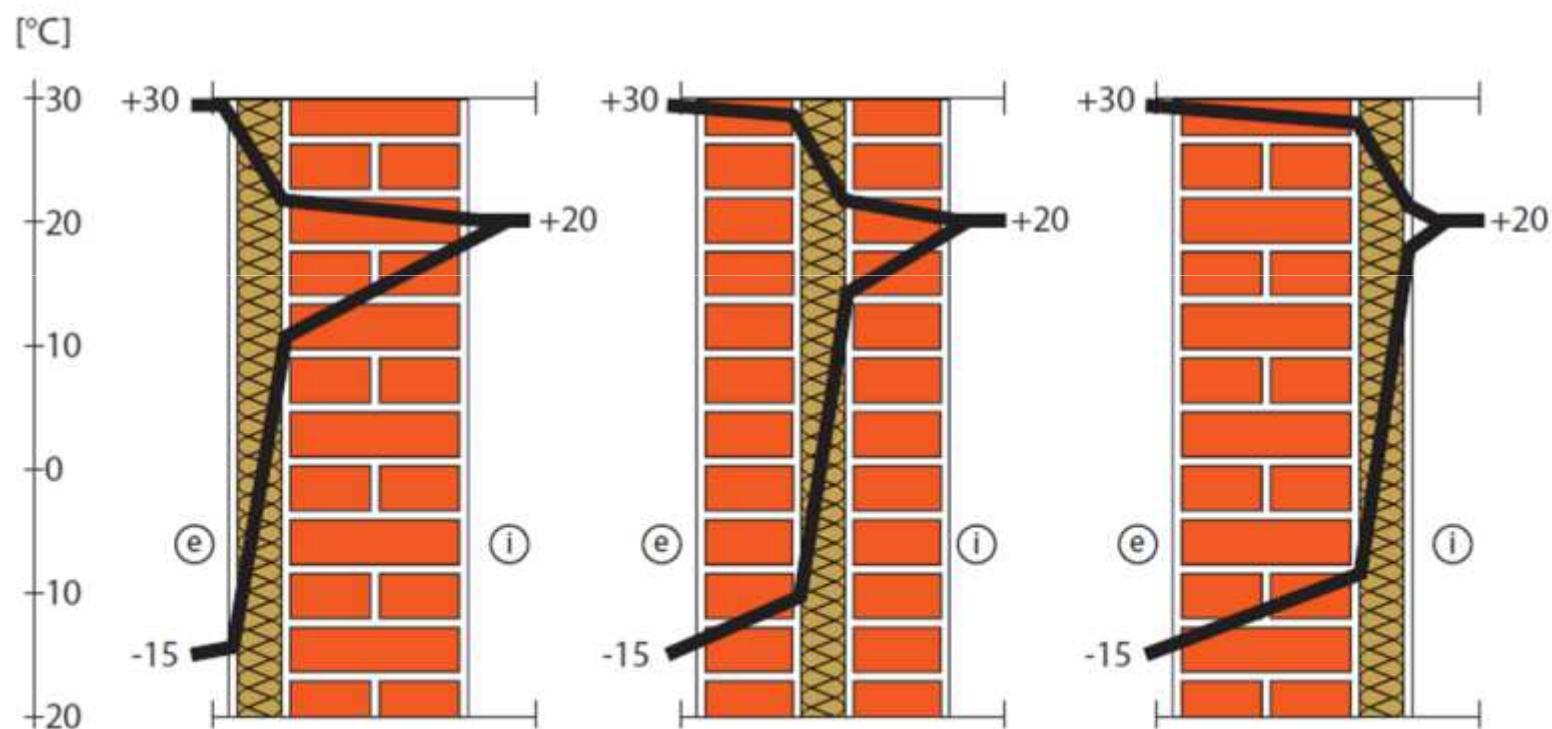


- sustavi koji se preferiraju kod objekata koji se koriste rijetko i/ili kratkotrajno, odnosno objekata kod kojih je bitno da se unutarnji prostori brzo zagriju (bez nepotrebnog trošenja toplinske energije za akumulaciju topline) – kino dvorane, kazalište, vjerski objekti, vikendice i sl.

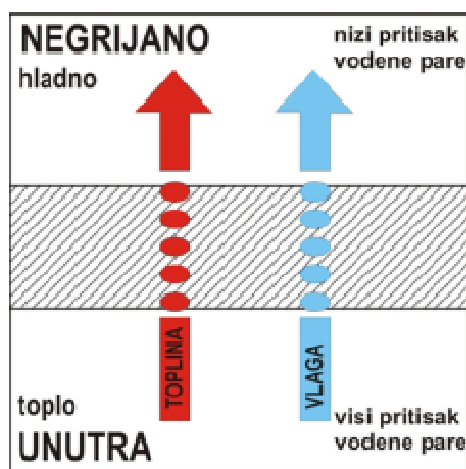
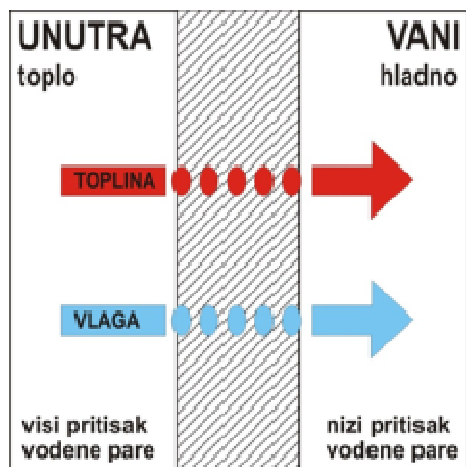
Nedostaci:

- brz gubitak topline po prestanku grijanja, obavezna primjena parne brane (paronepropusnost građevnog dijela)
- „nepovoljan“ položaj toplinske izolacije i u ljetnom i u zimskom periodu
- Opasnost od pojave brojnih toplinskih mostova
- zimi – nema akumulacije topline, snažna naprežanja u građevnom dijelu što pogoduje ubrzanijem propadanju istog, ljeti – prekomjerno zagrijavanje zidova što doprinosi pojačanom i produljenom otpuštanju topline tijekom noći

Vanjski zidovi



Toplina i vlaga



Kretanje topline i vlage

Građevni dio oplošja zgrade je element koji razdvaja dva prostora različite temperature zraka.

Zrak ima određenu temperaturu i vlažnost.

Zbog prirodnog procesa izjednačavanja temperatura i pritiska vodene pare dolazi do:

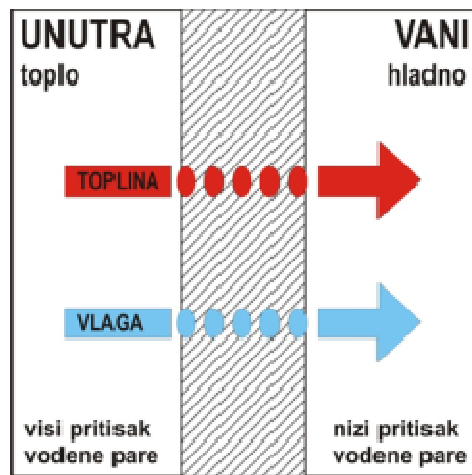
- toplinskog toka kada se toplina kreće iz prostora više temperature prema prostoru niže temperature
- difuzije vodene pare kada se vodena para kreće iz prostora s višim tlakom vodene pare prema prostoru s nižim tlakom vodene pare.

Smjer kretanja topline i vlage je isti jer topli zrak ima veći tlak vodene pare.

Smjer kretanja može biti vodoravan, uzlazni i silazni.

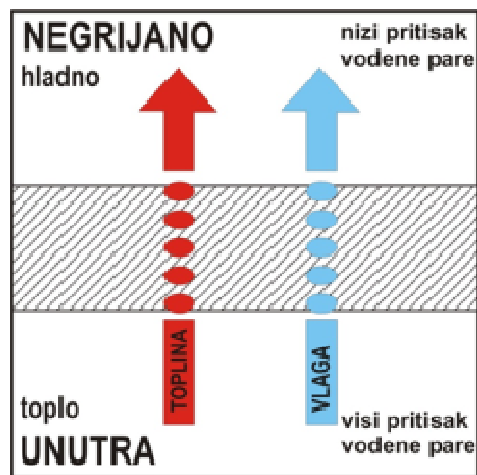
Toplina i vlaga

Ispravan fizikalni proces



Toplina:

Kretanje topline se ne može zaustaviti, ono se može samo usporiti (toplinskim otporom građevnog dijela).



Vodena para:

Najpovoljniji fizikalni proces pretpostavlja da vodena para prođe kroz građevni dio bez zaustavljanja i bez navlaženja materijala.

To je moguće ako su materijali paropropusni.

Vanjski zidovi

Povezani sustavi za vanjsku toplinsku izolaciju (ETICS)



Vanjski zidovi

Povezani sustavi za vanjsku toplinsku izolaciju (ETICS)

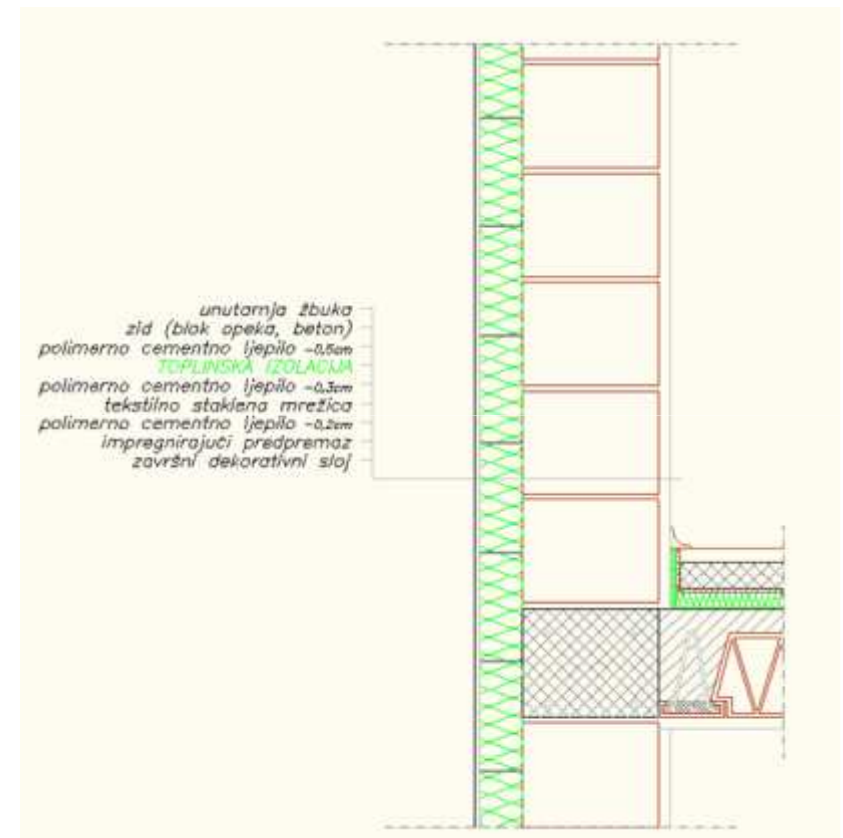


Izvor: Pixsell

Vanjski zidovi

Povezani sustavi za vanjsku toplinsku izolaciju (ETICS)

Najviše korišteni sustavi toplinskih izolacija vanjskih zidova gdje se kao toplinsko izolacijski materijal najviše koriste ploče ekspaniranog i ekstrudiranog (izolacija nadtemeljnih zidova) polistirena te lamela ili ploča mineralne (kamene) vune.



Vanjski zidovi



Vanjski zidovi

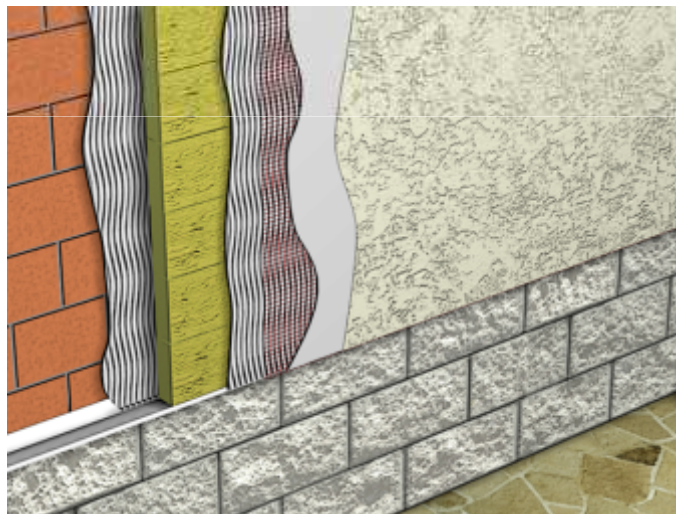


Vanjski zidovi



Vanjski zidovi

Preko t-i sloja nanosi se sloj pc ljepila debljine oko 3,00 mm koje se dodatno ojačava staklenom mrežicom (alkalno otpornom). Nakon toga se nanosi izravnavajući sloj ljepila (cca 2 mm) i nakon minimalno 7-10 dana sušenja, nanosi se preko impregnacijskog predpremaza sloj završne žbuke u debljini 2-4 mm. Završne žbuke se razlikuju po vrsti veziva tako da općenito razlikujemo mineralne, silikatne, silikatno-silikonske, silikonske i akrilne završne slojeve.



Ploče od mineralne vune i polistirena obavezno se moraju dodatno pričvrstiti mehaničkim spojnica, dok se lamele dodatno pričvršćuju samo u iznimnim slučajevima (trošne postojeće žbuke, trusna i vjetrovita područja, iznad 22 m visine radi zahtjeva protupožarstva i sl.).

Vanjski zidovi

Ograničenja:

Opečni elementi - gubici prostora, veličina temelja, lošiji koeficijent prolaska topline U

Porobetoni? - lošija akumulacija topline, manja zvučna izolacijska moć, higroskopnost materijala, visoka paropropusnost, toplinski mostovi (u slučaju nekorektne izvedbe),...

Toplinska žbuka? Isključivo u kombinaciji s porobetonima ili visokokvalitetnim opečnim elementima

Polistiren? (Paropropusnost? Zaštita od požara? Temperaturni rad – pojava toplinskih mostova? Zaštita od buke?, Otpornost na udar? Otpornost na kemikalije i mikroorganizme, ptice?, Elastičnost? Trajnost?, Krtost? Drobljenje? Statički elektricitet?)

Kamena vuna – viša cijena, teža manipulacija materijalom, veći normativ rada za izvedbu, visoki zahtjevi za ravnost podloge



Krovovi

Općenita podjela

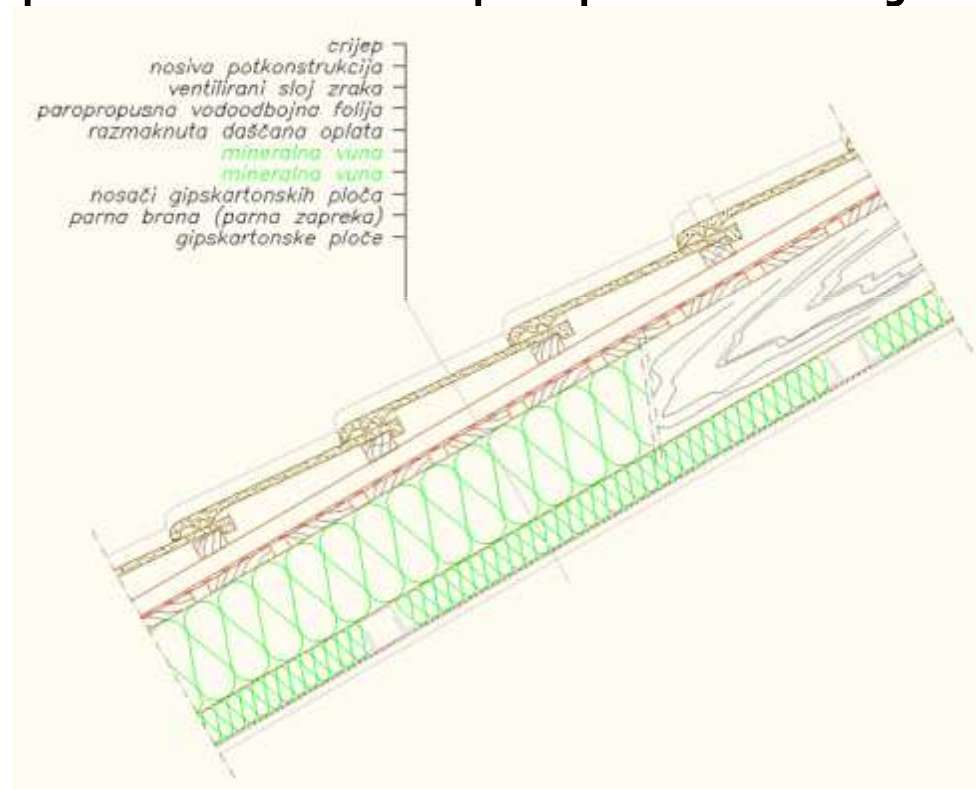
Kosi

Ravni

Kosi krovovi – krovovi iznad stambenih prostora

Krovovi

1. Sekundarni pokrov – razmaknuta daščana oplata + paropropusna vodonepropusna folija

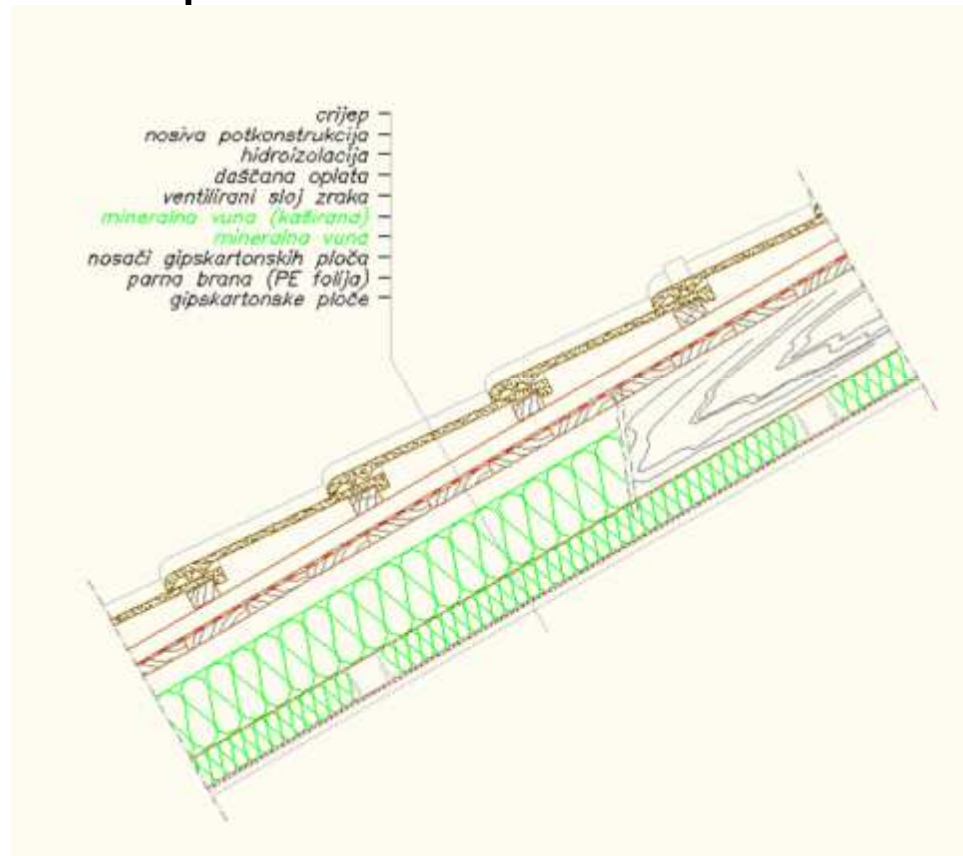


Krovovi



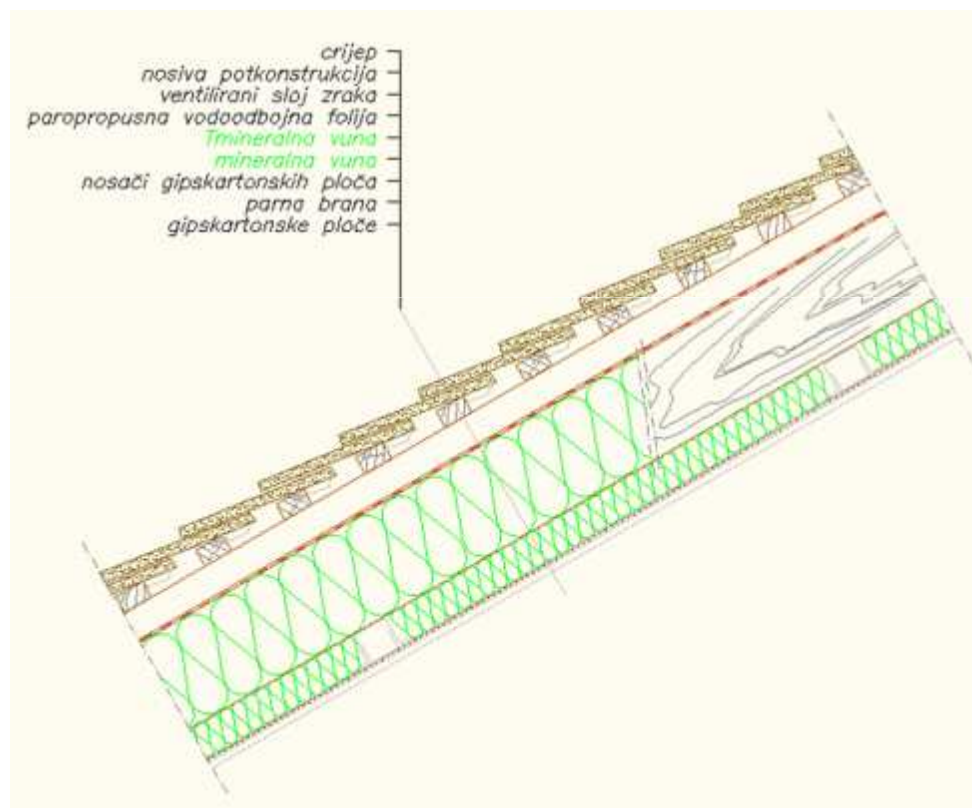
Krovovi

2. Sekundarni pokrov – daske + krovna ljepenka



Krovovi

3. Sekundarni pokrov – paropropusna-vodonepropusna folija

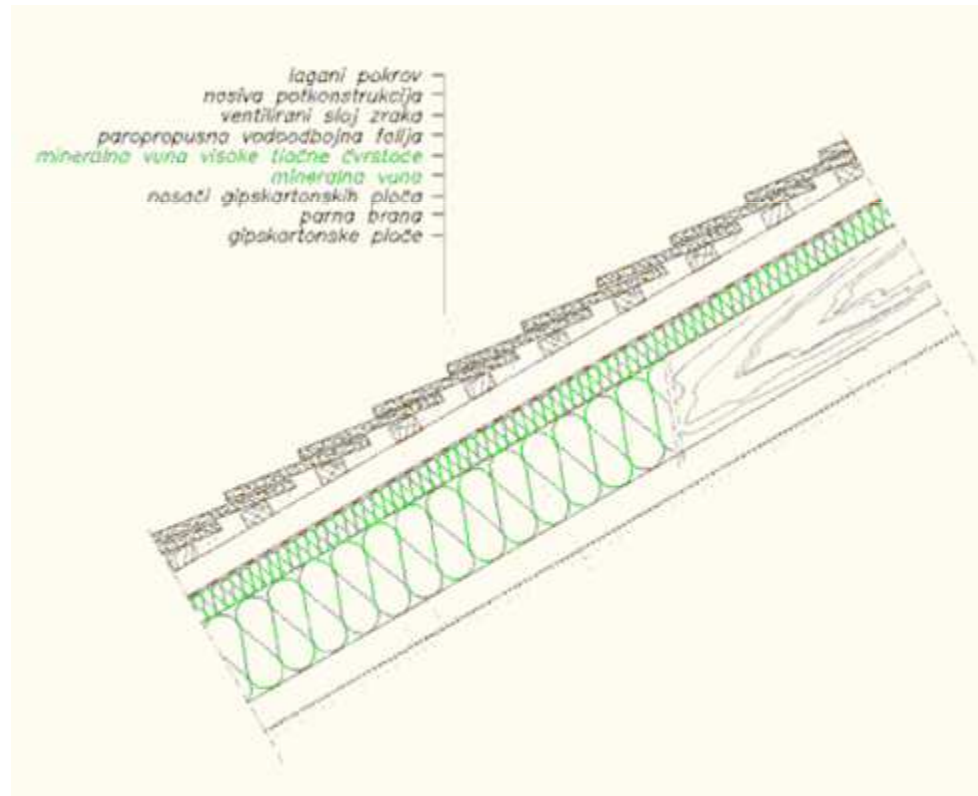


Krovovi

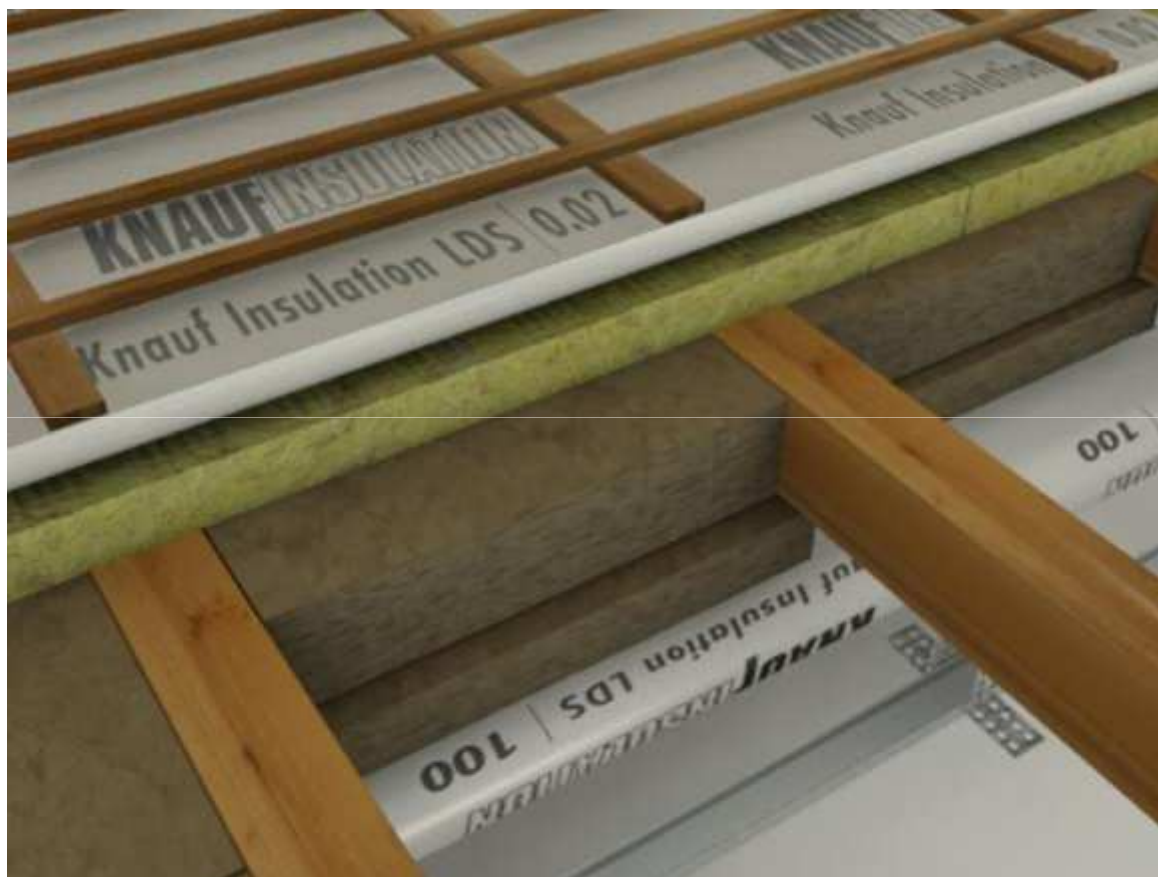


Krovovi

4. Sekundarni pokrov – dodatna toplinska izolacija s gornje strane rogova + paropropusna-vodonepropusna folija „Termotop“ sustav

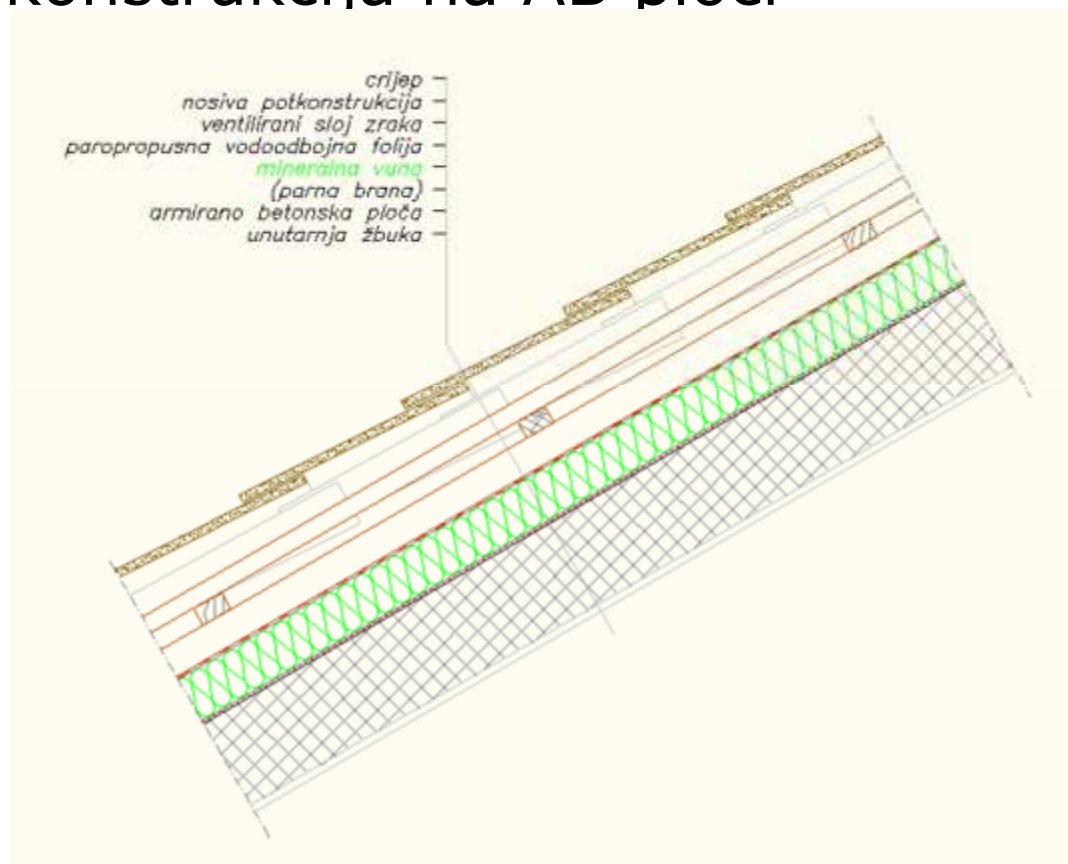


Krovovi

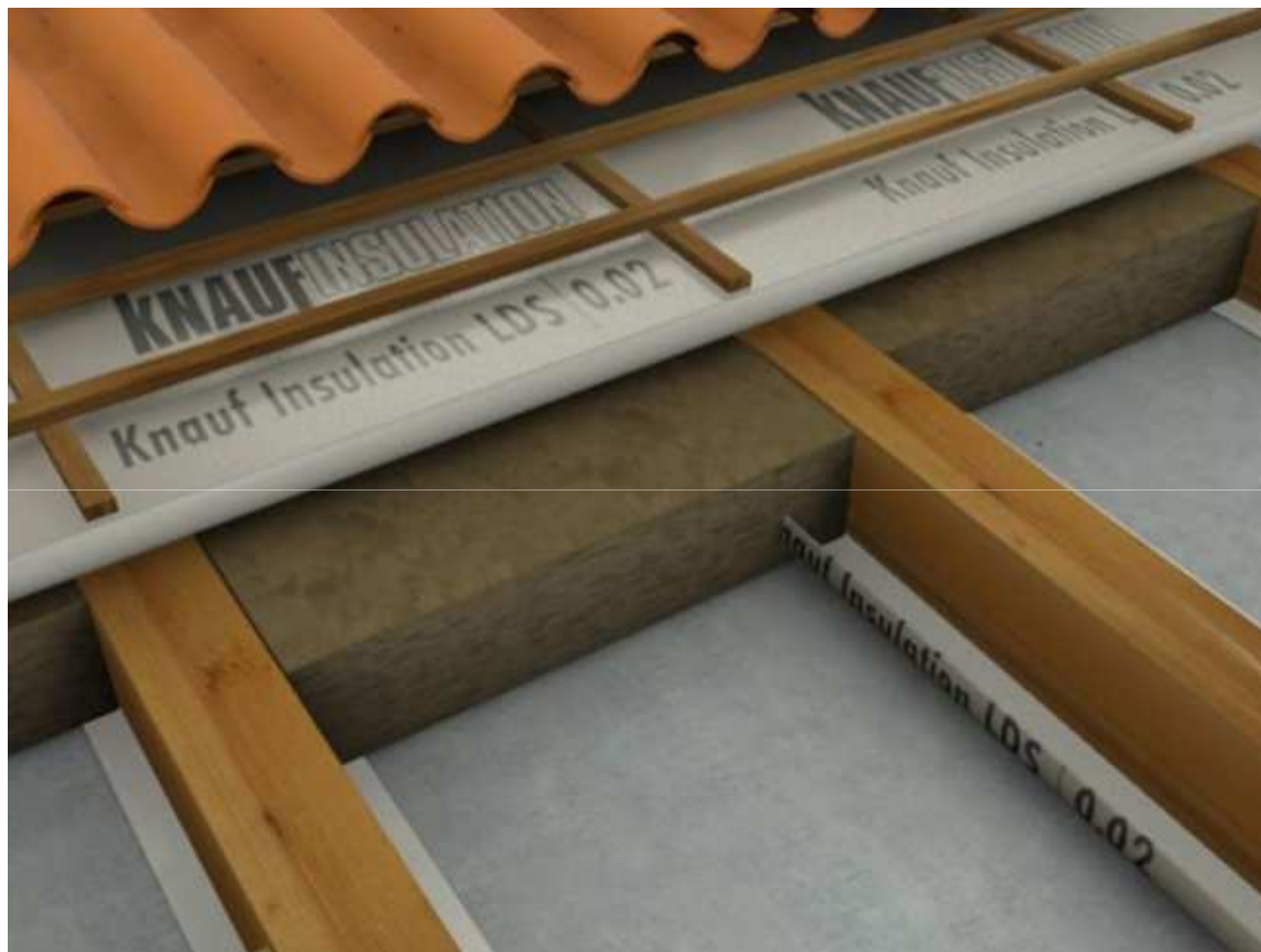


Krovovi

5. Krovna konstrukcija na AB ploči

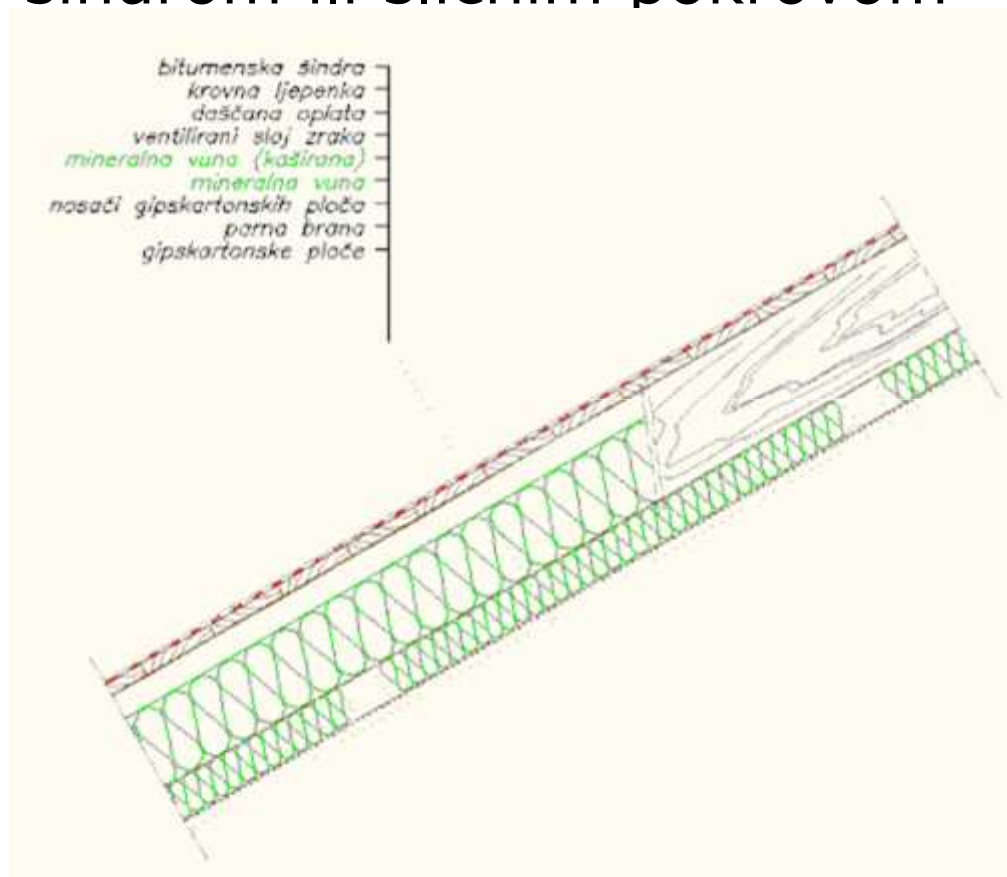


Krovovi



Krovovi

6. Pokrov šindrom ili sličnim pokrovom

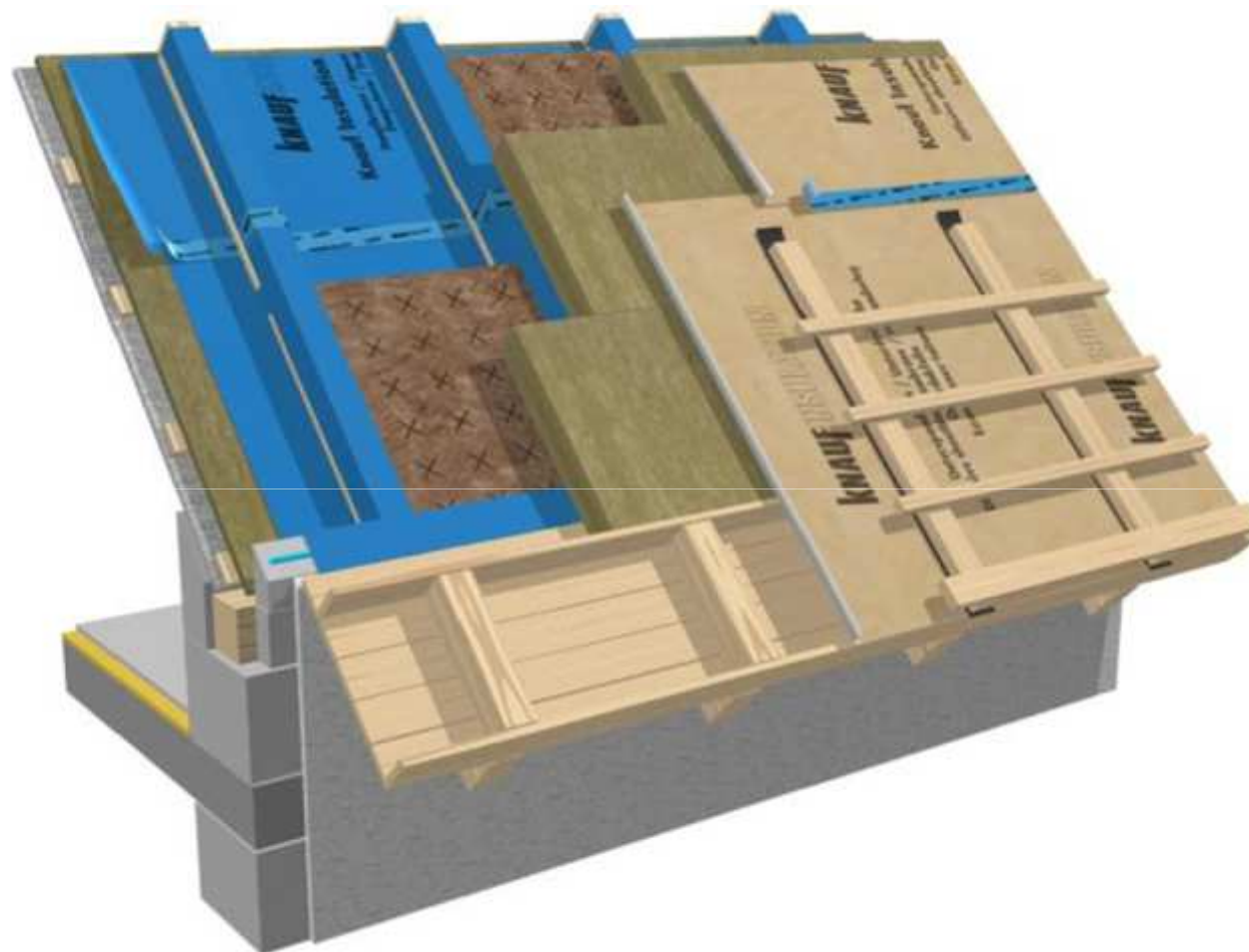


Krovovi

Sanacije postojećih krovnih kosina



Krovovi



Krovovi

Sanacije postojećih krovnih kosina



Krovovi

Dimenzioniranje veličine otvora ovisi o:

lokalnim uvjetima
prodoru vlage
količini padalina
klimi
krovnoj konstrukciji
dužini rogova
(visina stupca zraka cca 3‰ dužine rogova, min. 2 cm)
nagibu krova

Preporuka: (izlaz - 0,5 ‰ pripadajuće krovne površine, ulaz - 2 ‰ pripadajuće krovne površine).

Debljina toplinske izolacije:

Prema Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (N.N. 110/08) uvjeti u pogledu najveće dopuštene vrijednosti koeficijenta prolaska topline U (W/m^2K) ovisno o vrsti (veličini) objekta i području u kojem se objekt nalazi (ovisno o srednjoj mjesečnoj temperaturi vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade $\Theta_{e,mj,min}$)

- građevni dijelovi s plošnom masom većom od 100 kg/m^2 ($\Theta_{e,mj,min} > +3^\circ\text{C}$, $U = 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$, $\Theta_{e,mj,min} \leq +3^\circ\text{C}$, $U = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$)

- dinamičke toplinske karakteristike za građevne dijelove s plošnom masom manjom od 100 kg/m^2 : $U = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$

- Niskoenergetske kuće: $U \leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$, $d = 30 \text{ cm}$

- Kompromisni minimum: $d = 15\text{-}16 \text{ cm}$ toplinske izolacije



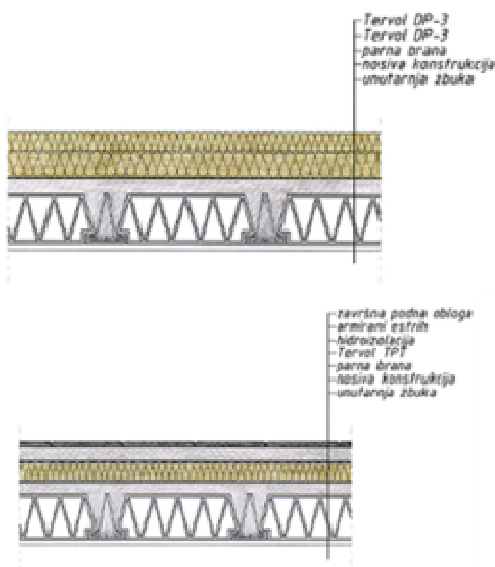
DRUŠTVO GRAĐEVINSKIH INŽENJERA I TEHNIČARA VARAŽDIN

Uzeti u obzir utjecaj rogova!

Krovovi

Gubitak topline kroz negrijani prostor tavana

Da bi se olakšao proračun kroz negrijani prostor tavana, isti se pojednostavnjuje preko korekcije vrijednosti izračunatog koeficijenta prolaska topline stropa prema negrijanom tavanu. Proračun (korekcija) se vrši prema HRN EN ISO 6946:20xx, tč 5.4.1.



Krovovi

Ravni krovovi

- kompleksna konstrukcija koja služi za to da potpuno štiti neki objekt visokogradnje od prodiranja atmosfere vode i vlage kroz tu konstrukciju postavljanjem izolacije i da pri tome zadovolji tražene toplinske uvjete.
- danas se pod ravnim krovom podrazumijeva svaki krov s nagibom do 22° (oko 40 %) suvremeno konstruiran, sa svim potrebnim slojevima koji odgovaraju konkretnim uvjetima

Vrste ravnih krovova

1. Prema prozračivanju

- neprozračivani jednostruki krovovi ("topli")
- prozračivani dvostruki krovovi ("hladni")
- kombinirani

2. Prema nagibu

- s malim nagibom (0,5 do 1 %)
- s normalnim nagibom (1 do 2,5 %)
- s većim nagibom (2,5 do 4 %)
- s velikim nagibom (4 do 15 %)
- nagnuti (15 do 40 %)

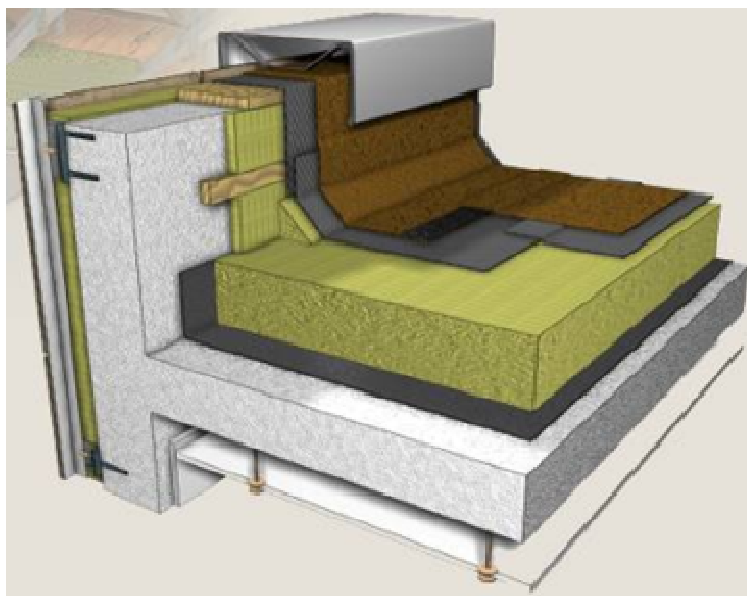
3. Prema namjeni

- prohodni
- neprohodni
- zeleni

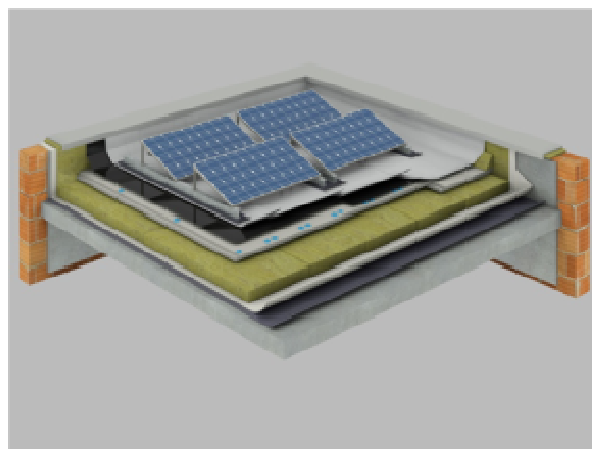
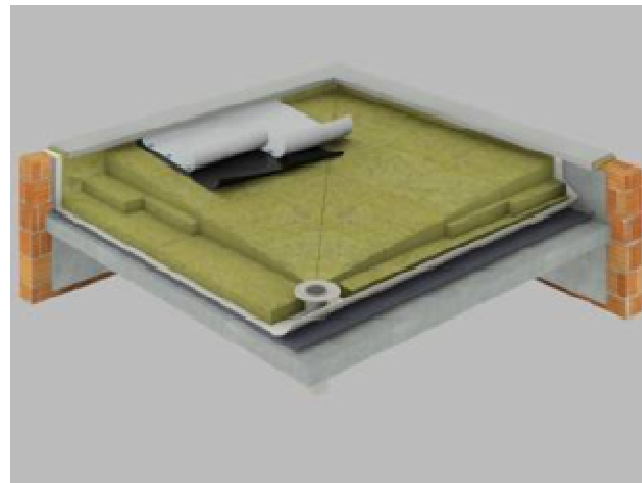
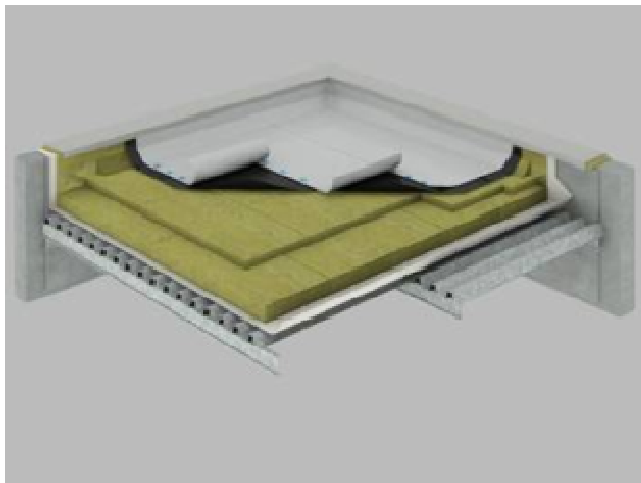
Krovovi

4. Prema položaju slojeva u konstrukciji

- klasični
- obrnuti (inverzni)



Krovovi



Krovovi





ZELENI KROVOVI

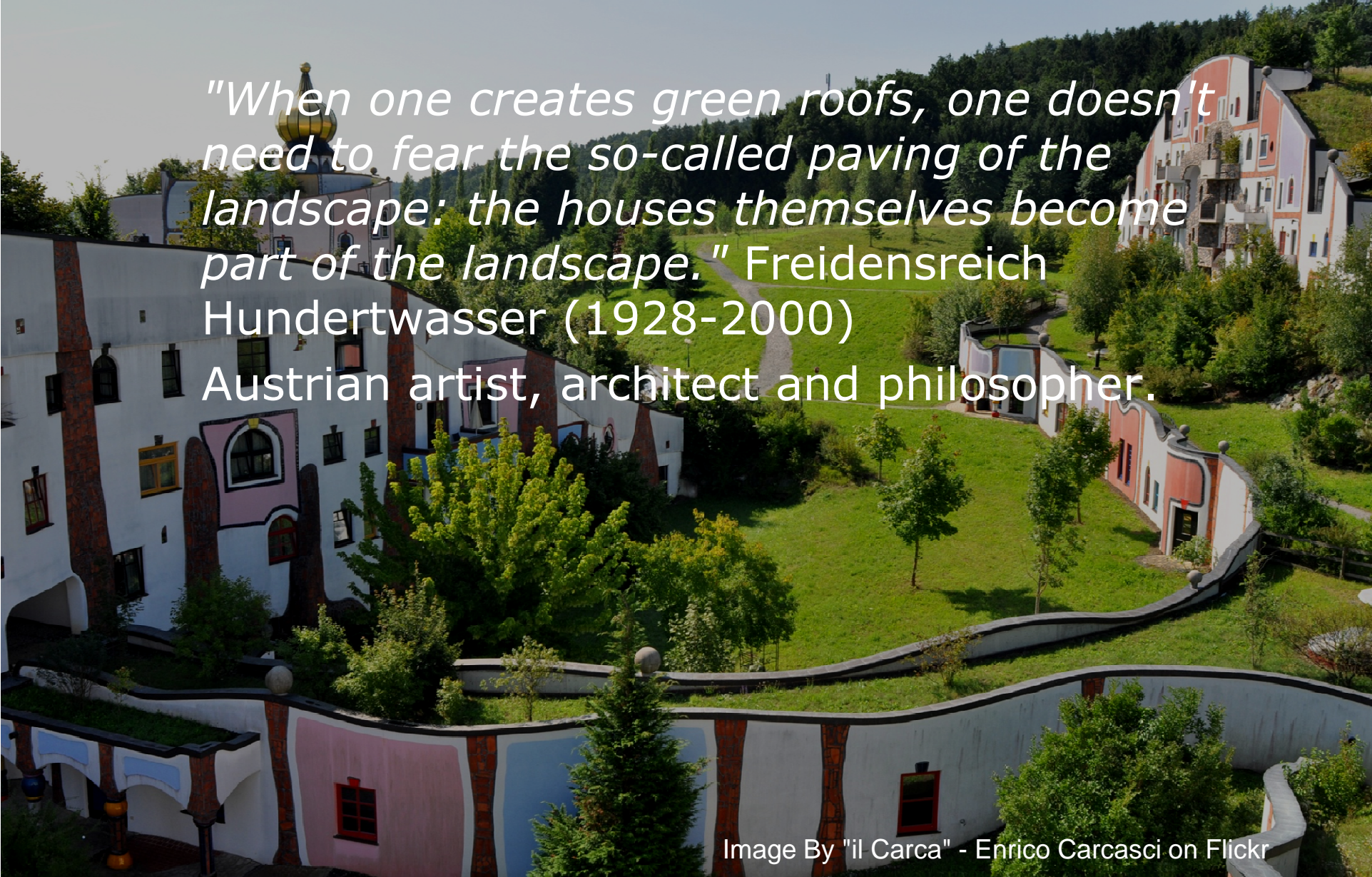
izvode se na slojevima koji omogućavaju rast biljaka i zaštitu ostalih slojeva krova.

pozornost obratiti pri odabiru sloja za zaštitu hidroizolacije, vrsti biljaka i obveznu ugradnju drenažnih slojeva



Zašto zeleni krovovi?

Water	Cost
<p>Better storm water management and improved water quality.</p> 	<p>Additional thermal insulation of buildings & cooling effect in the summer.</p> 
<p>Improved air quality. Plant roofs remove heavy metals, airborne particles and volatile organic compounds.</p> 	<p>Looks great, increases biodiversity, enhances sound insulation.</p> 
Air	Social benefits



"When one creates green roofs, one doesn't need to fear the so-called paving of the landscape: the houses themselves become part of the landscape." Freidensreich Hundertwasser (1928-2000)

Austrian artist, architect and philosopher.

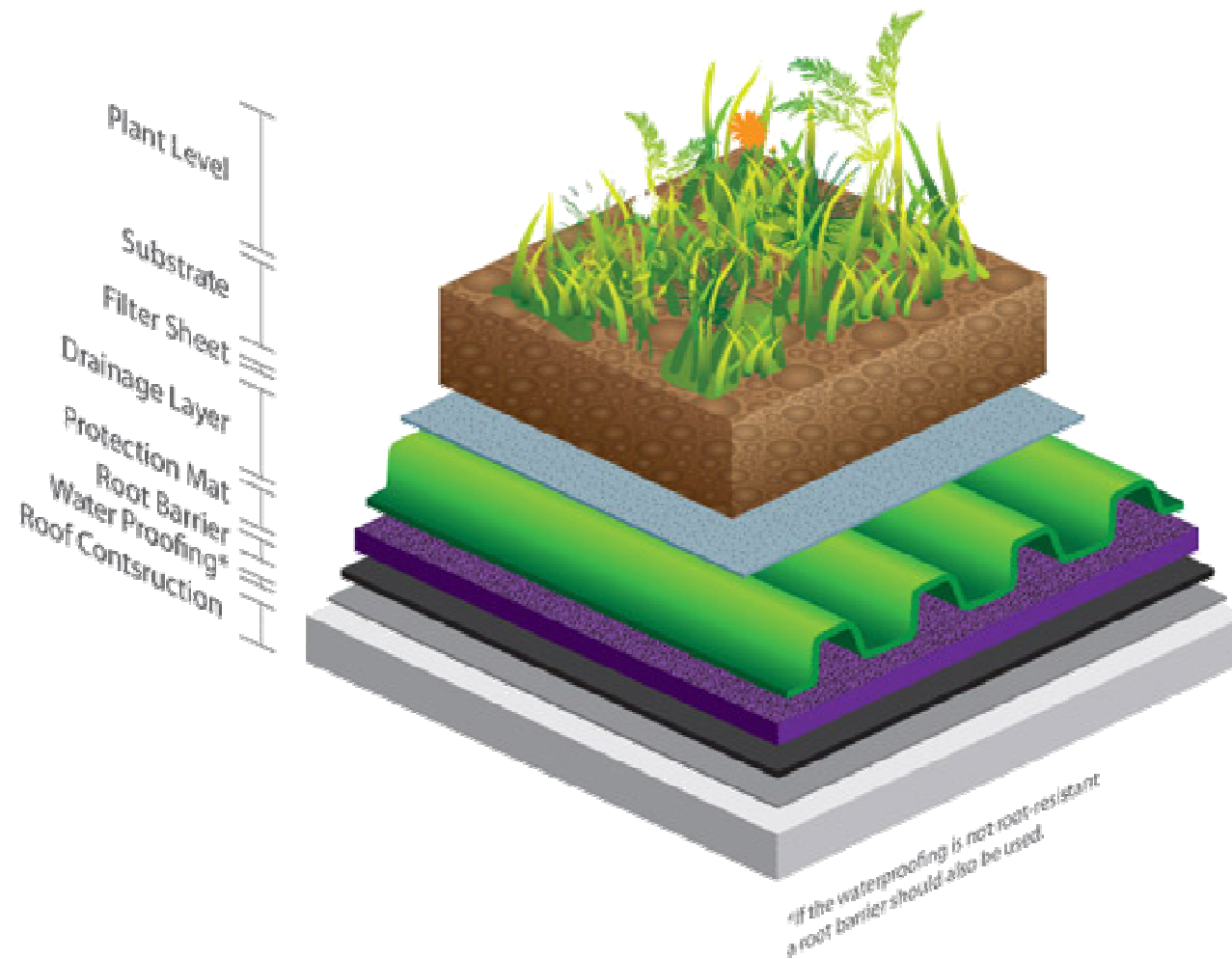
Image By "il Carca" - Enrico Carcasci on Flickr

Historical Context



Green Roofs Construction

Green Roof Structure



Tipovi zelenih krovova

	Extensive	Semi Intensive	Intensive
Use	Ecological Landscape	Garden/Ecological Landscape	Garden/Park
Type of vegetation	Moss-Herbs-Grasses	Grass-Herbs-Shrubs	Lawn/Perennials, Shrubs, Trees
Depth of Substrate	60-200mm	120-250mm	150-400mm
Weight	60-150 kg/m ²	120-200 kg/m ²	180-500 kg/m ²
Maintenance	Very Low	Variable	As garden
Irrigation	Never	Generally not	Often
Cost	Low	Medium	High

Primjeri



Image by NNECAPA on Flickr

Musee du Quai Branly, France



Image from greg.road.trip on Flickr



Image from isamiga76 on Flickr

Arlington's Walter Reed Community



Image from Arlington County on Flickr

Picardy Regional Chamber of Commerce and Industry, France



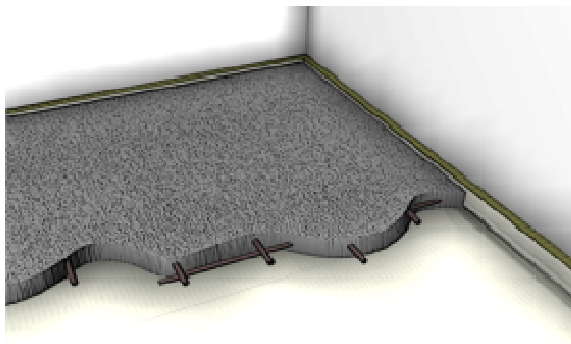
Photography via Yves Marchand & Romain Meffre

419 Lafayette Street, US

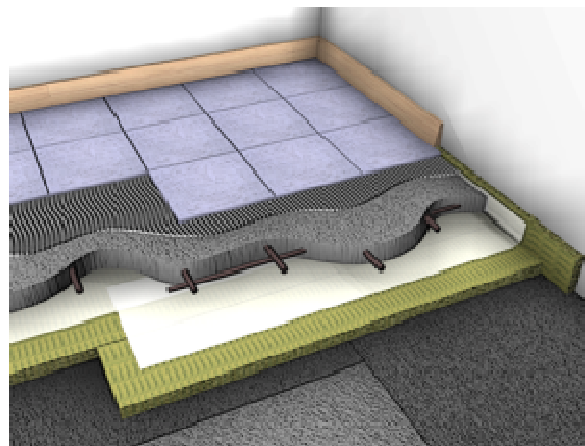
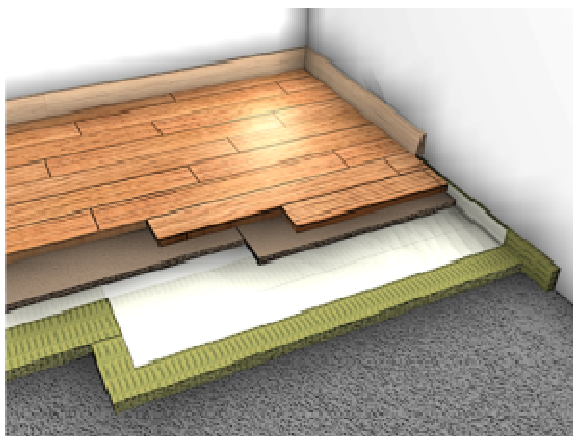
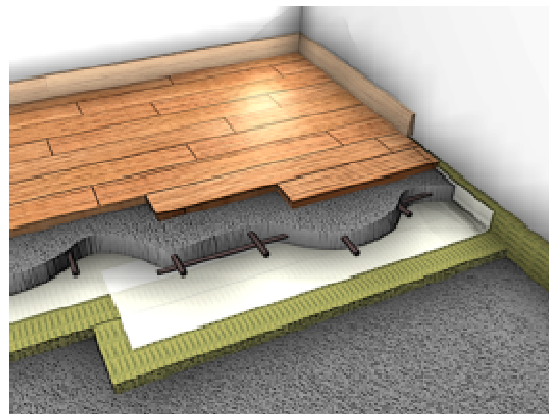


Image from Alyson Hurt on Wikipedia

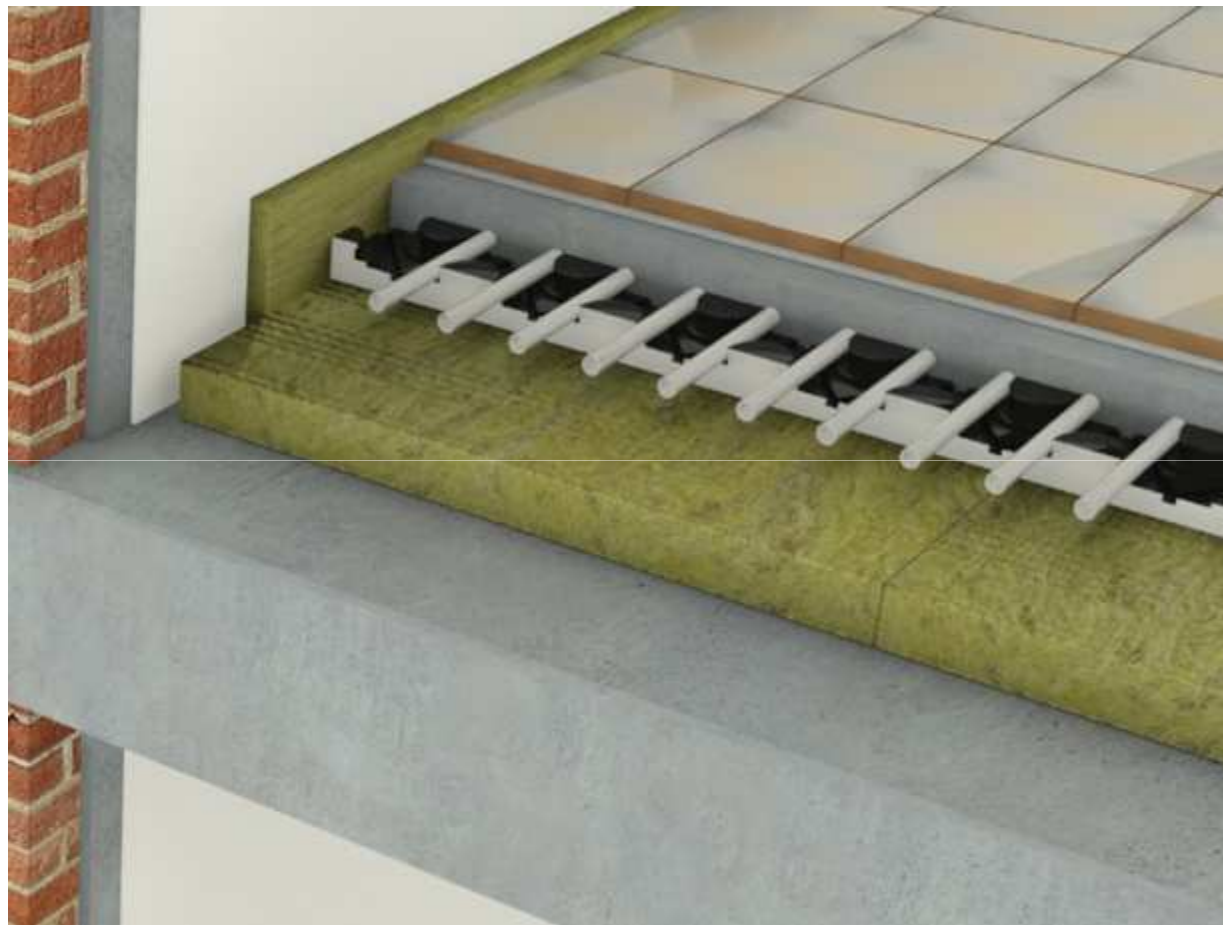
Podovi



Paziti na obradu rubova!



Podovi



Otvori – prozirni elementi pročelja



Otvori

Tehnički zahtjevi za prozore

Tehnički propis za prozore i vrata (N.N. 69/06), članak 8:

Svojstva prozora i drugih vanjskih otvora za predvidive uvjete uobičajene uporabe zgrade i predvidive utjecaje okoliša na zgradu moraju biti određena projektom zgrade osobito u vezi sa sljedećim:

- otpornosti na opterećenje vjetrom
- vodopropusnosti koja mora odgovarati utjecaju kiše pri predviđenom djelovanju vjetra
- zrakopropusnosti za prozore
- propuštanjem topline za prozore koji se ugrađuju između vanjskog prostora i grijanih prostorija, odnosno prostorija koje imaju različitu unutarnju projektiranu temperaturu sukladno posebnom propisu
- zvučnom izolacijom za prozore koji se ugrađuju između prostora i/ili prostorija s različitim razinama buke
- otpornosti na požar i propuštanjem dima za prozore koji se ugrađuju između prostora i/ili prostorija koje pripadaju različitim požarnim sektorima sukladno posebnom propisu

Otvori

Prateće norme

HRN EN 410:2003

Staklo u graditeljstvu -- Određivanje svjetlosnih i sunčanih značajka ostakljenja (EN 410:1998)
Glass in building -- Determination of luminous and solar characteristics of glazing (EN 410:1998)

HRN EN 673:2003

Staklo u graditeljstvu -- Određivanje koeficijenta prolaska topline (U vrijednost) -- Proračunska metoda (EN 673:1997+A1:2000+A2:2002)
Glass in building -- Determination of thermal transmittance (U value) -- Calculation method (EN 673:1997+A1:2000+A2:2002)

HRN EN ISO 6946:20XX

Građevni dijelovi i građevni dijelovi zgrada -- Toplinski otpor i koeficijent prolaska topline -- Metoda proračuna (ISO 6946:2007; EN ISO 6946:2007)
Building components and building elements -- Thermal resistance and thermal transmittance -- Calculation method (ISO 6946:2007; EN ISO 6946:2007)

HRN EN ISO 10077-1:2002

Toplinske značajke prozora, vrata i zaslona -- Proračun koeficijenta prolaska topline -- 1. dio: Pojednostavljena metoda (ISO 10077-1:2000; EN ISO 10077-1:2000)
Thermal performance of windows, doors and shutters -- Calculation of thermal transmittance -- Part 1: Simplified method (ISO 10077-1:2000; EN ISO 10077-1:2000)

Norme za ispitivanje

HRN EN 674:2005

Staklo u graditeljstvu -- Određivanje koeficijenta prolaska topline (U-vrijednost) -- Metoda sa zaštićenom vrućom pločom (EN 674:1997)
Glass in building -- Determination of thermal transmittance (U-value) -- Guarded hot plate method (EN 674:1997)

HRN EN 1026:2001

Prozori i vrata -- Propusnost zraka -- Metoda ispitivanja (EN 1026:2000)
Windows and doors -- Air permeability -- Test method (EN 1026:2000)

HRN EN 12207:2001

Prozori i vrata -- Propusnost zraka -- Razredba (EN 12207:1999)
Windows and doors -- Air permeability -- Classification (EN 12207:1999)

HRN EN ISO 12412-2:2004

Toplinske značajke prozora, vrata i zaslona -- Određivanje koeficijenta prolaska topline metodom vruće komore -- 2. dio: Okviri (EN 12412-2:2003)
Thermal performance of windows, doors and shutters -- Determination of thermal transmittance by hot box method -- Part 2: Frames (EN 12412-2:2003)

HRN EN ISO 12567-1:2002

Toplinske značajke prozora i vrata -- Određivanje prolaska topline metodom vruće komore -- 1. dio: Prozori i vrata u cjelini (ISO 12567-1:2000; EN ISO 12567-1:2000)
Thermal performance of windows and doors -- Determination of thermal transmittance by hot box method -- Part 1: Complete windows and doors (ISO 12567-1:2000; EN ISO 12567-1:2000)

HRN EN 13829:2002

Toplinske značajke zgrada -- Određivanje propusnosti zraka kod zgrada -- Metoda razlike tlakova (ISO 9972:1996, preinačena; EN 13829:2000)
Thermal performance of buildings -- Determination of air permeability of buildings -- Fan pressurization method (ISO 9972:1996, modified; EN 13829:2000)



Otvori

Prozori

Prozor je najdinamičniji dio vanjske ovojnice zgrade, koji istovremeno djeluje kao prijemnik koji propušta Sunčevu energiju u prostor te kao zaštita od vanjskih utjecaja i toplinskih gubitaka

Gubici kroz prozore dijele se na transmisijske gubitke te na gubitke ventilacijom, tj. provjetravanjem, koji zajedno iznose često preko 50 posto ukupnih toplinskih gubitaka kroz vanjsku ovojnicu zgrade

U skladu s novim Tehničkim propisom, koeficijent prolaska topline za prozore i balkonska vrata kod grijanih prostora može iznositi maksimalno $U=1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$

EU smjernice se danas kreću uglavnom oko $U=1,4-1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$

Na suvremenim niskoenergetskim i pasivnim kućama taj se koeficijent kreće između $0,60-1,10 \text{ W/m}^2\text{K}$

Na niski U-faktor stakla utječu sljedeći čimbenici:

- Debljina i broj međuprostora

U-faktor smanjujemo većim brojem međuprostora i čim većom širinom tih međuprostora, npr. $4+10+4+10+4$, što znači 3 stakla debljine 4 mm na razmacima od 10 mm

- Punjenje međuprostora

Napunimo li međuprostor izo stakla nekim od već spomenutih plinova (argon, krypton i sl.) U-faktor će se bitno smanjiti

- Odabir stakla

Debljina stakla vrlo malo utječe na U-faktor, ali ga zato upotreba stakla niske emisije (Low-e staklo) značajno smanjuje

Low-e
prop



bonim metalnim filmom koji
dugih valnih duljina (IC zračenja)

Otvori

Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (N.N. 110/08 i dop.),

Minimalna toplinska zaštita, članak 25

(3) Za zgradu koja se grije na temperaturu 18 °C ili više koeficijent prolaska topline, U [$W/(m^2 \cdot K)$], prozora, balkonskih vrata, krovnih prozora i drugih prozirnih elemenata u omotaču grijanog dijela zgrade ne smije biti veći od 1,80 $W/(m^2 \cdot K)$.

(4) Za zgradu koja se grije na temperaturu više od 12 °C, a manju od 18 °C, koeficijent prolaska topline, U [$W/(m^2 \cdot K)$] prozora, krovnih prozora i/ili drugih prozirnih elemenata koji se u građuju u omotaču grijanog dijela zgrade ne smije biti veći od 3,00 $W/(m^2 \cdot K)$.

(5) Za zgradu koja se grije na temperaturu više od 12 °C koeficijent prolaska topline, U [$W/(m^2 \cdot K)$], stijenki kutije za rolete ne smije biti veći od 0,80 $W/(m^2 \cdot K)$.

(6) Za zgradu koja se grije na temperaturu više od 12 °C koeficijent prolaska topline, U [$W/(m^2 \cdot K)$], vanjskih vrata s neprozirnim vratnim krilom ne smije biti veći od 2,90 $W/(m^2 \cdot K)$.

Otvori

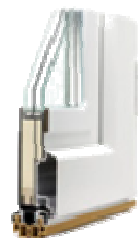
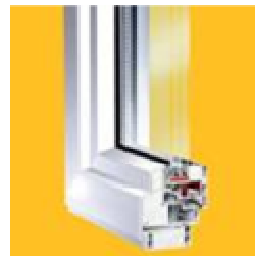
Tablica 1. Računske vrijednosti stupnja propuštanja ukupne energije kroz ostakljenje, g (-), za slučaj okomitog upada sunčeva zračenja

Redni broj	Tip ostakljenja	(-)
1.	Jednostruko staklo (bezbojno, ravno float staklo)	0,87
2.	Dvostruko izolirajuće staklo (s jednim međuslojem zraka)	0,80
3.	Trostruko izolirajuće staklo (s dva međusloja zraka)	0,70
4.	Dvostruko izolirajuće staklo s jednim staklom niske emisije (Low-E obloga)	0,60
5.	Trostruko izolirajuće staklo s dva stakla niske emisije (dvije Low-E obloge)	0,50
6.	Dvostruko izolirajuće staklo sa staklom za zaštitu od sunčeva zračenja	0,50
7.	Staklena opeka	0,60

Koriste se različiti materijali okvira za prozore: drvo, čelik, aluminij, pvc i kombinacija materijala: drvo i aluminij, a šupljine okvira mogu se ispuniti toplinskom izolacijom. O vrsti materijala okvira ovisi debljina okvira i mogućnost ugradnje toplinski i zvučno kvalitetnog stakla.

Debljine kvalitetnog prozorskog okvira su od 68 do 93 mm za pvc i drvo, dok su kod aluminija moguće i veće debljine.

Otvori



Poboljšanje toplinskih karakteristika prozora i drugih staklenih površina moguće je postići na slijedeće načine:

- zabrtviti prozore i vanjska vrata
- provjeriti i popraviti okove na prozorima i vratima
- izolirati niše za radijatore i kutije za rolete
- reducirati gubitke topline kroz prozore ugradnjom roleta, postavom zavjesa i sl.
- zamijeniti prozore i vanjska vrata toplinski kvalitetnijim prozorima (preporuka $U < 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Otvori

Prednosti i nedostaci ovisno o izboru materijala okvira:

1. Puni drveni profili:

prednosti: dugotrajno iskustvo u uporabi i održavanju, suvremena izrada završno obrađenih prozora, dobra toplinsko-izolacijska svojstva profila, velike mogućnosti odabira izgleda vanjskih površina

nedostaci: neujednačena mehanička svojstva drva kao prirodnog materijala, negativan utjecaj temperature i vlage na trajnost (pukotine, deformiranje,..), potreba za redovitim obnavljanjem, smanjenje zaliha kvalitetnih vrsta drveta koje se koriste u graditeljstvu

2. Šuplji vučeni aluminijski profili

prednosti: strojna izrada i zaštita profila u tvornici, spajanje i ostakljivanje u specijaliziranim radionicama, mogućnost izrade velikih prozora (ostakljivanje cijelih pročelja), velika trajnost i lijep izgled nakon bojanja i eloksiranja

nedostaci: relativno veliko toplinsko, osobito uzdužno produljenje profila, lošija toplinskoizolacijska svojstva u odnosu na drvene i PVC profile, korozijska agresija uslijed djelovanja alkalija

Otvori

3. Šuplji ekstrudirani PVC profili

prednosti: strojna izrada u tvornici u različitim oblicima i veličinama, ojačanje, spajanje i ostakljivanje u specijaliziranim radionicama, mogućnost poboljšanja poprečnih presjeka šupljih profila brojem komora u svrhu povećanja t-i svojstava i otpornosti na atmosferilije, nije potrebno višestruko zaštitno premazivanje bojom niti stalno obnavljanje, dobra t-i svojstva profila

nedostaci: relativno velike promjene mehaničkih svojstava ovisno o promjeni temperature, vrsti, trajanju i intenzitetu opterećenja, relativno veliko temperaturno istezanje po duljini profila koje zahtijeva poseban postupak za pričvršćenje doprozornika u otvor na zidu, nedovoljna krutost profila, pojava površinskog statičkog elektriciteta koji pospješuje taloženje fine prašine

Odabir najpovoljnije vrste prozora ovisi o mnogo čimbenika.

Glavna pretpostavka: Potvrda o sukladnosti s normom HRN EN 14351-1:2006 te Izjava o sukladnosti

Otvori

Razredba prozora prema HRN EN 12207:1999. – Propusnost zraka

Zahtjevi prema Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama:

Tablica 3. Razredi zrakopropusnosti prozora, balkonskih vratiju i krovnih prozora

Redni broj	Broj katova zgrade	Razred zrakopropusnosti prema HRN EN 12207-1:2002
1.	Zgrada do 2 kata	2
2.	Zgrada s više od 2 kata	3

Otvori

-klasifikacija prema površini otvora:

Class	Reference air permeability at 100 Pa $\text{m}^3/\text{h}.\text{m}^2$	Maximum test pressure Pa
0	Not tested	
1	50	150
2	27	300
3	9	600
4	3	600

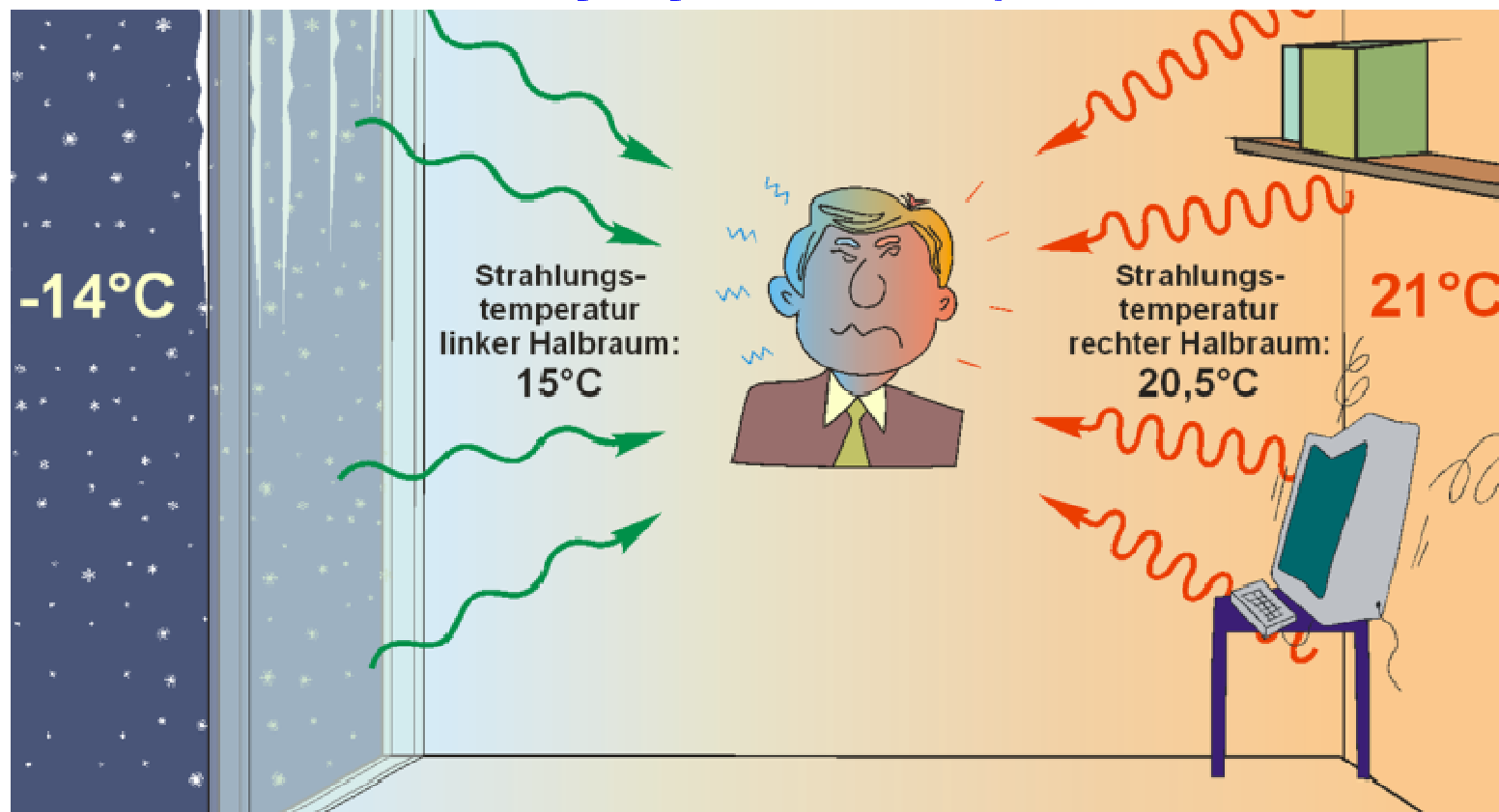
-klasifikacija prema duljini spojeva:

Class	Reference air permeability at 100 Pa $\text{m}^3/\text{h}.\text{m}$	Maximum test pressure Pa
0	Not tested	
1	12,50	150
2	6,75	300
3	2,25	600
4	0,75	600

Norma za proizvod (prozori i vrata), izvedbene značajke – HRN EN 14351-1:2006

Temperatura zračenja - asimetrija

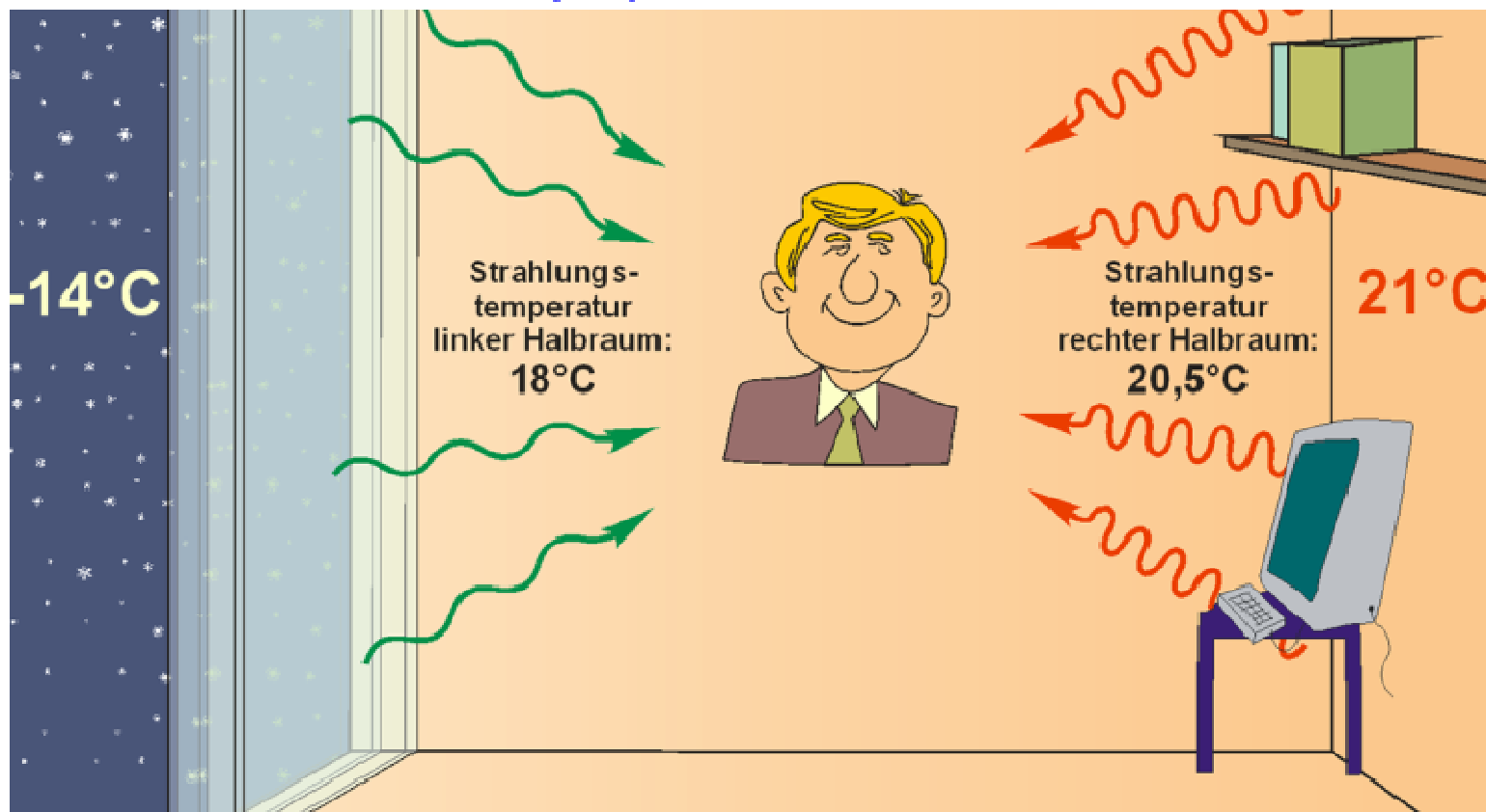
dvostruko ostakljenje s low-e premazom



Izvor: PASS-NET

Temperatura zračenja - asimetrija

trostruko ostakljenje s dva low-e premaza

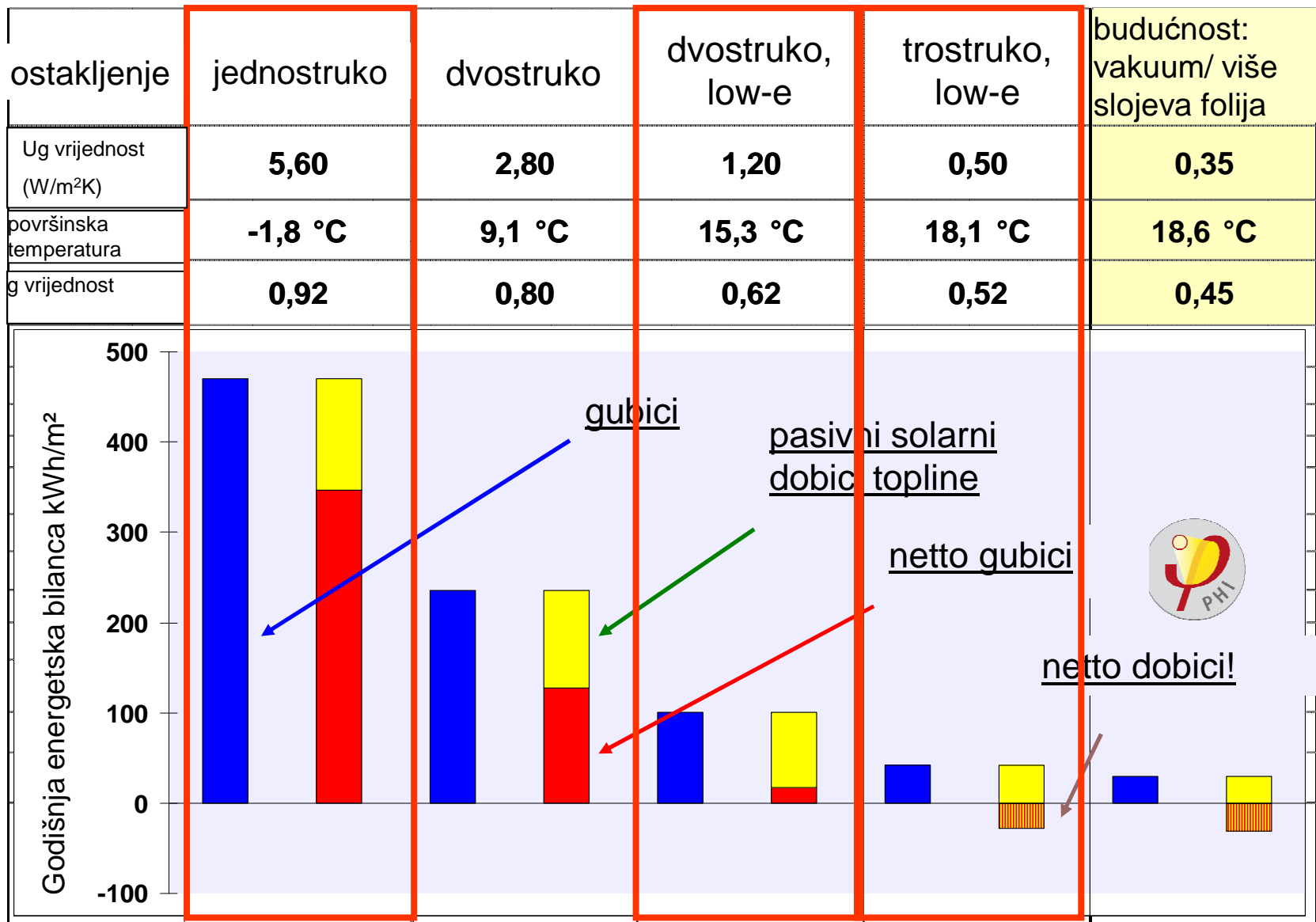


Izvor: PASS-NET

Osnovna funkcija prozora u pasivnoj kući

- Visokokvalitetni prozori su potrebni kako bi temperaturna ugodnost blizu vanjskih zidova bila vrlo dobra i kada nema radijatora.
- Visokokvalitetni prozori djeluju kao radijator
- zahtjevi glede ugodnosti za ostakljenje: $U_g < 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
- energetski zahtjevi za ostakljenje: $U_g - 1,6 \text{ W/m}^2\text{K} \times g < 0$.
Danas se najčešće koristi: $U_g = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ (EN 673) i $g = 52\%$ (EN410).
Energetski kriterij $0,6 - (1,6 \times 0,52) = -0,23 < 0$

Ovakvim se ostakljenjem omogućava pozitivna energetska bilanca na južnoj strani čak i zimi.



Surely heat losses through the window frame are tiny !?



Za svakih $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ poboljšanja U_f vrijednosti, Njemačka, Austrija i južni Tirol mogu potencijalno uštediti 2,5 milijuna kWh energije.
Za $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ to znači godišnju uštedu ekvivalentnu količini nafte koja stane u kanal dimenzija $1\text{m} \times 1\text{m}$ dug $6,000 \text{ km}$.

Izvor: PASS-NET

loša (uobičajena) ugradnja

$$\Psi_{\text{Einbau}} = 0,15 \text{ W/(mK)}$$
$$U_{\text{w, eff}} = 1,19 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$



-najveći gubici kroz toplinske mostove koji nastaju kod instalacije

-Više zasjenjenja zbog položaja prozora

-manja zrakonepropusnost

Toplinski gubici: transmisija i ventilacija

Passivhaus-Projektierung

ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima:	Garmisch-P. (Region 15)
Objekt:	Kleinfuchsenfeld
Standort:	Oberbayern Voralpenland

Innentemperatur:	20.0
Gebäudetyp/Nutzung:	Einfamilie
Energiebezugsfläche A _{EB} :	165.2
Standard-Personenbelegung:	5.0

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m²	U-Wert W/(m²K)	Temp.-faktor f _t	G _t kWh/a	kWh/a
1. Außenwand Außenluft	A	228.2	0.112	1.00	92.8	2374
2. Außenwand Erdreich	B	116.3	0.099	0.50	92.8	534
3. Dach/Decken Außenluft	D	122.5	0.096	1.00	92.8	1096
4. Bodenplatte	B			0.50		
5.	A			1.00		
6.	A			1.00		
7.	X			1.00		
8. Fenster	A	48.4	0.854	1.00	92.8	3835
9. Außentür	A	2.5	0.650	1.00	92.8	150
10. Wbrücken außen (Länge/m)	A	158.2	-0.032	1.00	92.8	-470
11. Wbrücken Perimeter (Läng	P	43.7	0.022	0.50	92.8	45
12. Wbrücken Boden (Länge/m)	B			0.50		
Summe aller Hüllflächen		515.4				

Transmissionswärmeverluste Q_T

Summe 7564

Koliko je jako grijanje kroz prozore?

Ausrichtung der Fläche	Reduktionsfaktor vgl. Blatt Fenster	g-Wert (senkr. Einstr.)	Fläche m ²	Globalstr. Heizzeit kWh/(m ² a)	kWh/a
1. Ost	0,39	0,52	5,12	244	253
2. Süd	0,51	0,52	35,07	413	3816
3. West	0,41	0,52	9,85	244	517
4. Nord	0,37	0,52	14,16	148	404
5. Horizontal	0,40	0,00	0,00	367	0
Wärmeangebot Solarstrahlung Q_S					Summe 4990
					kWh/(m ² a) 29,1

Ukupni gubici (ransmisija i ventilacija)

Transmissionswärmeverluste Q_T

Summe 7564

Lüftungswärmeverluste Q_L

$$413 * 0,050 * 0,33 * 92,8 = 634$$

Summe Wärmeverluste Q_V

$$\left(\begin{matrix} Q_T \\ \text{kWh/a} \end{matrix} 7564 + \begin{matrix} Q_L \\ \text{kWh/a} \end{matrix} 634 \right) \cdot \begin{matrix} \text{Reduktionsfaktor} \\ \text{Nacht-/Wochenend-} \\ \text{absenkung} \end{matrix} 1,0 = \begin{matrix} \text{kWh/a} \end{matrix} 8197$$

$$\begin{aligned} & \left(\text{dobici kroz prozore} \right) / \left(\text{ukupni toplinski gubici} \right) = \% \text{ grijanja kroz prozore} \\ & (4990 \text{ kWh/a}) / (8197 \text{ kWh/a}) = 61\% \end{aligned}$$

PHPP se koristi za izbjegavanje ljetnog pregrijavanja!

Specific requirements with reference to the treated floor area.

Treated Floor Area:	<input type="text" value="165,23"/>	m ²		
	Applied:	<u>Annual Method</u>	PH Certificate:	met?
Characteristic Space Heat Requirement:	<input type="text" value="14"/>	kWh/(m ² a)	<input type="text" value="15kWh/(m<sup>2</sup>a)"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Pressurization Test Result:	<input type="text" value="0,40"/>	h ⁻¹	<input type="text" value="0,6h<sup>-1</sup>"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Specific Primary Energy Requirement (DHW, heating, aux. & household electricity):	<input type="text"/>	kWh/(m ² a)	<input type="text" value="120kWh/(m<sup>2</sup>a)"/>	<input type="checkbox"/>
Specific Primary Energy Requirement (DHW, heating and auxiliary electricity):	<input type="text"/>	kWh/(m ² a)		<input type="checkbox"/>
Specific Primary Energy Requirement Conservation by solar-generated electricity:	<input type="text"/>	kWh/(m ² a)		
Heat Load:	<input type="text" value="11,4"/>	W/m ²		

Frequency of Overheating: over °C

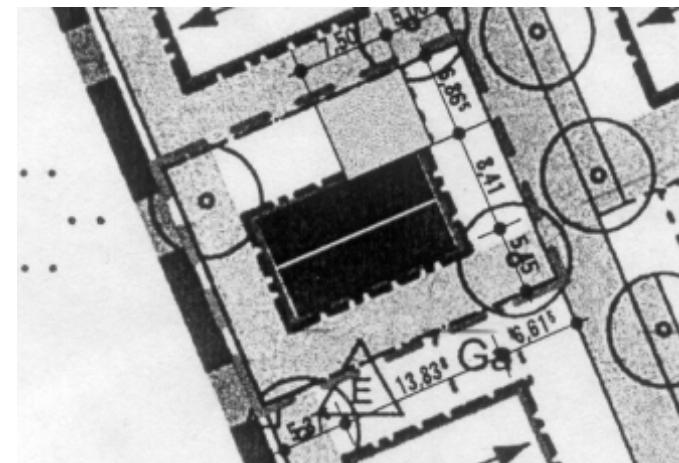
Ljetnu temperaturnu ugodnost treba planirati!

Površina ostakljenja ovisi o situaciji svake pojedine zgrade.



DRUŠTVO GRAĐEVINSKIH INŽENJERA I TEHNIČARA VARAŽDIN

Otvori



Potreba za toplotom:

- postojeća orijentacija: 15 kWh/m²a
- direktna južna orijentacija : 13 kWh/m²a
- loša orijentacija istok/zapad: 22 kWh/m²a
- orijentacija na sjever: 26 kWh/m²a

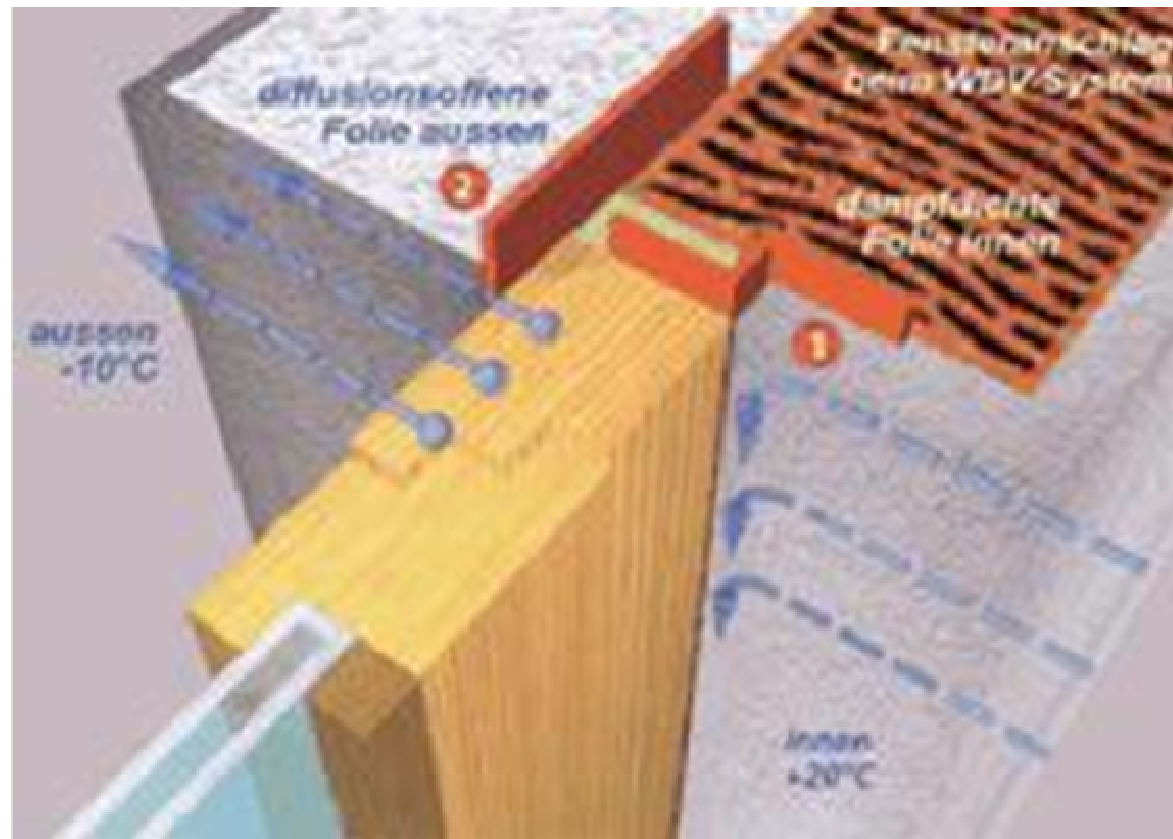
RAL MONTAŽA

ŠTO JE RAL - MONTAŽA?

- **ONORM B 5320** – Građevinske priključne fuge za prozore i vrata kod vanjskih građevinskih elemenata
- **RAL** – upute za planiranje i izvođenje montaže prozora i vrata



OVO JE RAL MONTAŽA!



Toplinski mostovi



DRUŠTVO GRAĐEVINSKIH INŽENJERA I TEHNIČARA VARAŽDIN

Toplinski mostovi

Toplinski most jest manje područje u omotaču grijanog dijela zgrade kroz koje je toplinski tok povećan radi promjene materijala, debljine ili geometrije građevnog dijela.

Drugim rječima, radi se o ograničenim mjestima na kojima se, u usporedbi s neprekinutim dijelovima konstrukcije, pojavljuje veća gustoća toplinskog toka, a time i niža unutarnja plošna temperatura. Mjesta smanjenog otpora prolasku topline



Podjela toplinskih mostova

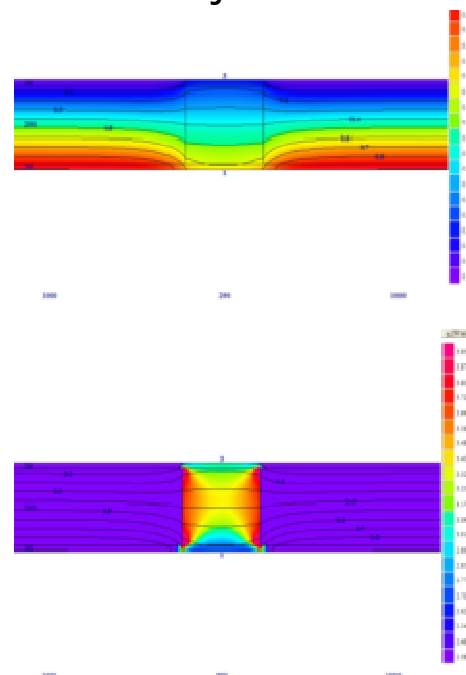
Ovisno o uzroku povišene toplinske propusnosti, toplinski se mostovi mogu podijeliti na sljedeće vrste:

- konstrukcijski toplinski mostovi, s promjenom toplinske propusnosti unutar konstrukcije
- geometrijski toplinski mostovi, s povećanjem plohe za preuzimanje ili odavanje topline
- konvektivni toplinski mostovi, kroz koje se toplina prenosi strujanjem zbog propusnosti reški
- toplinski mostovi uvjetovani okolinom, s različitom plošnom temperaturom elemenata u prostoriji.

Toplinski mostovi

Konstruktivski toplinski mostovi:

Ti su toplinski mostovi uvjetovani različitošću materijala pojedinih konstrukcijskih dijelova. U praksi su to toplinski mostovi nastali kao posljedica izvedbe stupa ili serklaža u zidanoj konstrukciji, spojevi zidanih zidova pročelja s međukatnim konstrukcijama, prekidi toplinske izolacijskih materijala radi konstrukcijskog povezivanja i sl.



Toplinski mostovi

Geometrijski toplinski mostovi

Geometrijski toplinski mostovi nastaju zbog promjene oblika istovrsne konstrukcije. Kao najčešći geometrijski toplinski most može se navesti ugao zidanog zida, bez vertikalnog serklaža. U uvjetima normizacije u našim potresnim podnebljima takav je oblik geometrijskog mosta danas u našim novogradnjama vrlo rijedak, a nalazimo ga u nižim potresnim zonama i na ne-nosivim vanjskim zidanim ispunama u zgradama s armiranobetonskom nosivom konstrukcijom te na svim starijim zgradama.

Djelovanje geometrijskoga toplinskog mosta temelji se na divergenciji toplinskog toka, čemu je uzrok povećanje vanjske konstrukcijske plohe kroz koju se gubi toplina.

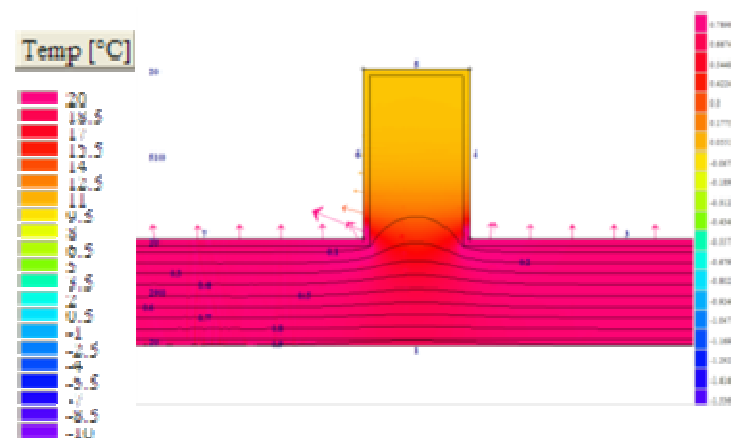
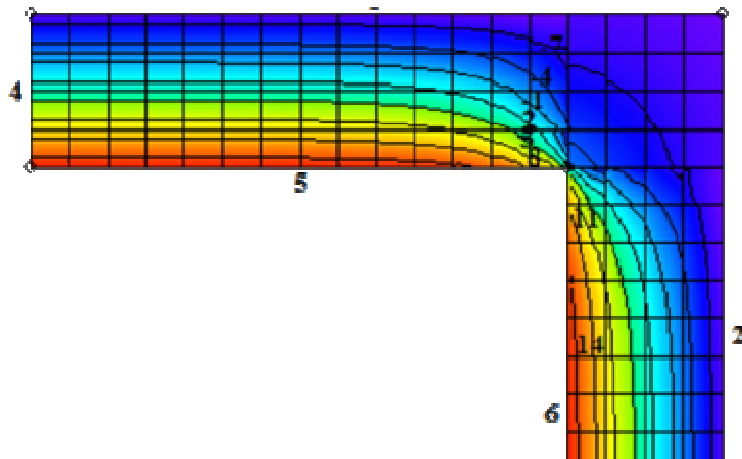


Toplinski mostovi

Konstruktivsko-geometrijski oblici toplinskih mostova

U praksi se češće nailazi na kombinaciju konstruktivsko-geometrijskih toplinskih mostova na mjestima gdje se pojavljuju konstrukcijski spojevi od različitog materijala, uz promjenu geometrije. To su spojevi istaknutih armiranobetonskih stupova sa zidanim zidovima, te uglovi, sudari i križanja konstrukcija od različitog materijala.

Kod njih se osim promjene materijala povećava ili smanjuje vanjska ploha toplinskog mosta u odnosu prema unutarnjoj plohi.



Toplinski mostovi

Konvektivni toplinski mostovi

- Posljedica konvektivnih toplinskih mostova je povećan gubitak topline zbog ventilacije unutarnjeg prostora ili propusnosti kroz nezabrtvljene dijelove zgrade.
- Najlakše ih je detektirati građevinskom termografijom.

Toplinski mostovi uvjetovani okolinom

- Toplinski mostovi uvjetovani okolinom jesu oni koji imaju povećan gubitak topline zbog povišene temperature okoline, npr. u nišama za grijaća tijela.

Članak 39.

Ogrjevno tijelo dopušteno je postaviti ispred prozirnih vanjskih površina samo ako je ono sa stražnje strane zaštićeno oblogom i ako koeficijent prolaska topline, U [$W/(m^2 \cdot K)$], te obloge nije veći od $0,9 W/(m^2 \cdot K)$.

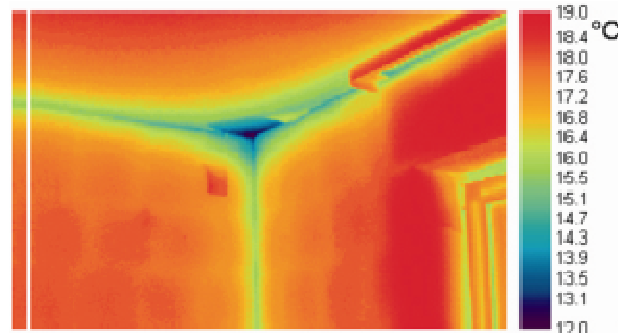
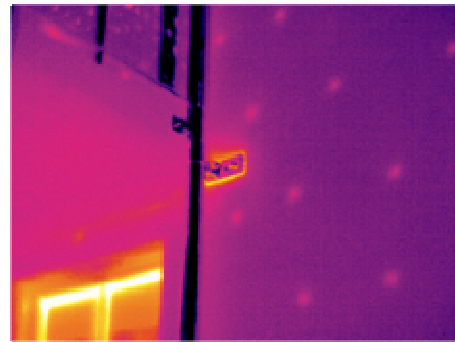
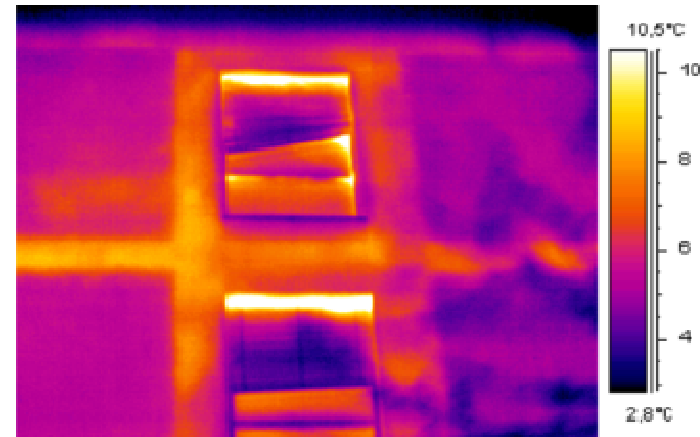
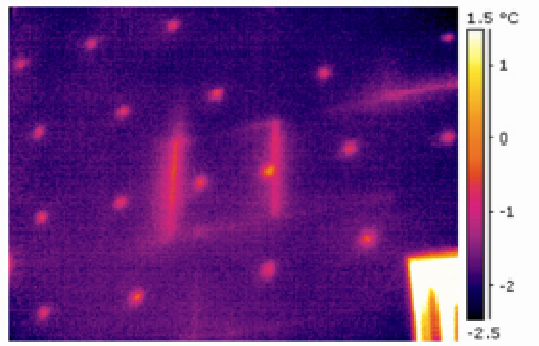
Toplinski mostovi



Toplinski mostovi



Podjela toplinskih mostova



Površinska kondenzacija

Posljedice:

Temperatura na unutarnjoj plohi vanjske konstrukcije bit će niža od temperature zraka prostorije. U području toplinskih mostova unutarnja će plošna temperatura biti još niža te je potrebno utvrditi je li kritična, tj. je li niža od točke orošavanja. Moguće su ove posljedice:

- ako je plošna temperatura niža od točke rosišta, zbiva se plošna kondenzacija sa svim svojim negativnim posljedicama (pojava mikroorganizama)
- ako plošna temperatura nije niža od točke orošavanja, pojačano se taloži prašina.

Pojava mikroorganizama na unutarnjim ploham vanjskih konstrukcija znači stvaranje plijesni, za što je potrebna povećana vlažnost unutarnje plohe vanjske konstrukcije tijekom duljeg vremena ili kratkotrajna plošna kondenzacija, uz zadržavanje vlage. Posljedica te pojave su sive, smeđe ili crne mrlje, a najčešće se pojavljuju u kutovima zidova, u kutovima na spoju zidova s međukatnom i, posebice, s krovnom konstrukcijom, uz prozore, te u podnožjima zidova. Najčešće vrijeme nastanka plijesni je zima i proljeće, kada su unutarnje temperature i vlažnost zraka visoki.

Tu pojavu treba spriječiti ne samo zbog estetskih razloga, već i zbog higijenskih, jer spore plijesni (rasplodne stanice) mogu prouzročiti alergijske bolesti stanara. Valja napomenuti da ta pojava nije uvijek samo posljedica toplinskih mostova, već je uvjetovana i ponašanjem korisnika (načinom grijanja, stupnjem temperature i vlažnosti zraka prostorije, ritmom provjetravanja i sl.). Uvjetovana je i nepovoljnim projektom prostorije (mali prozori uz velike dubine prostorije i bez mogućnosti prozračivanja kutova prostorije).

Pojava plijesni u posljednjem se desetljeću znatno pojačala. Pritom se smatra da su uzrok tomu suviše zabrtvljeni prozori, "nedišuća" toplinska izolacija ili nepropusni slojevi vanjskih konstrukcija. Pojava plijesni zapravo je posljedica fizikalnog zbivanja, pogreške pri gradnji ili zbog neodgovarajuće upotrebe prostorija.

Pri manje izrazitim toplinskim mostovima na kojima nije prekoračena točka orošavanja, nema ni štete zbog orošavanja unutarnje plohe vanjske konstrukcije. Međutim, kako je na toplinskome mostu plošna temperatura niža, a relativna vlažnost okolnog zraka u tom području zbog toga viša, površinski slojevi konstrukcije preuzimaju vodenu paru iz zraka. Zbog električkog izmjeničnog djelovanja između čestica vode i prašine koje se uzajamno privlače na području toplinskog mosta jače se taloži prašina, a posljedica toga je ploha tamnija od ostalog dijela zida.

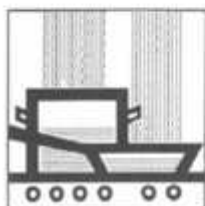


Površinska kondenzacija



Svakodnevni izvori vlage u kućanstvu

Zrak koji se diše svakodnevno
1-2 litre vode



Kuhanje svakodnevno do 2 litre
vode u četveročlanom kućanstvu



Kupanje, pranje rublja, zalijevanje
cvijeća svakodnevno do 3 litre vode u
četveročlanom kućanstvu



Vlažnost se dodatno
povećava ako se u stanu suši
rublje.



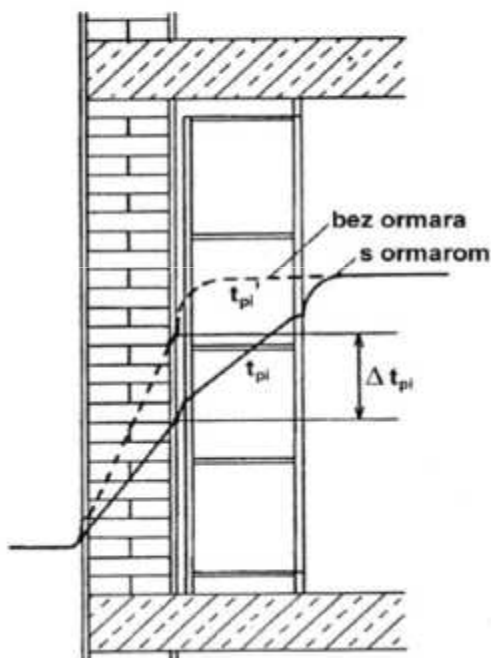
Površinska kondenzacija

temperatura zraka [°C]	temperatura rošenja $t_{s,u}$ °C kod relativne vlažnosti zraka										
	45 %	50 %	55 %	60 %	65 %	70 %	75 %	80 %	85 %	90 %	95 %
-10	-18,62	-17,45	-16,62	-15,68	-14,78	-13,95	-13,15	-12,50	-11,95	-11,10	-10,60
-5	-14,00	-12,95	-11,95	-10,93	-10,00	-8,93	-8,26	-7,60	-6,94	-6,18	-5,61
-2	-11,29	-10,06	-9,00	-7,94	-7,10	-6,26	-5,45	-4,67	-3,85	-3,15	-2,93
± 0	-9,45	-8,21	-7,10	-6,10	-5,16	-4,26	-3,38	-2,59	-1,99	-1,42	-0,67
2	-7,77	-6,56	-5,43	-4,40	-3,16	-2,48	-1,77	-0,98	-0,26	+0,47	+1,20
4	-6,11	-4,88	-3,69	-2,61	-1,79	-0,88	-0,09	+0,78	+1,62	+2,44	+3,20
6	-4,49	-3,07	-2,10	-1,05	-0,08	+0,85	+1,86	+2,72	+3,62	+4,48	+5,38
8	-2,69	-1,61	-0,44	+0,67	+1,80	+2,83	+3,82	+4,77	+5,66	+6,48	+7,32
10	-1,26	+0,02	+1,31	+2,53	+3,74	+4,79	+5,82	+6,79	+7,65	+8,45	+9,31
12	+0,35	+1,84	+3,19	+4,46	+5,63	+6,74	+7,75	+8,69	+9,60	+10,48	+11,33
14	+2,20	+3,76	+5,10	+6,40	+7,58	+8,67	+9,70	+10,71	+11,64	+12,55	+13,36
15	+3,12	+4,65	+6,07	+7,36	+8,52	+9,63	+10,70	+11,69	+12,62	+13,52	+14,42
16	4,07	5,59	6,98	8,29	9,47	10,61	11,68	12,66	13,63	14,58	15,54
17	5,00	6,48	7,92	9,18	10,39	11,48	12,54	13,57	14,50	15,36	16,19
18	5,90	7,43	8,83	10,12	11,33	12,44	13,48	14,56	15,41	16,31	17,25
19	6,80	8,33	9,75	11,09	12,26	13,37	14,49	15,47	16,40	17,37	18,22
20	7,73	9,30	10,72	12,00	13,22	14,40	15,48	16,46	17,44	18,36	19,18

Temperatura rošenja (t_s) za zrak različite temperature (t_i)
i različitu vlažnost (ϕ_i) unutarnjeg zraka
(Izvor: Gösele K., Schüle W., 1985: 216)

Oprema prostorije

Za pojavu kondenzacije, a time i plijesni, ulogu ima i raspored, odnosno položaj opreme u prostoru. Raspored opreme u prostoriji može onemogućiti ravnomjerno zagrijavanje dijelova prostorije.



Temperaturna krivulja vanjskog zida sa i bez ormara
ispred unutarnje površine zida

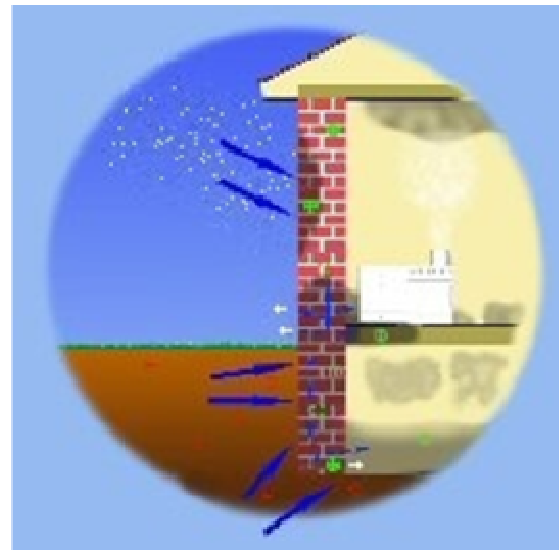
(Izvor: Fischer H. M., Jenisch R., Klopfer H., Freymuth H., Richter E.,
Petzold K., 1997: 441)

ČESTE GREŠKE PRILIKOM IZVOĐENJA SUSTAVA TOPLINSKE ZAŠTITE

Uzroci preranog dotrajanja konstrukcija



- **Vlaga** je čimbenik koji najviše **smanjuje kvalitetu** građevnih dijelova zgrade i njenih konstruktivnih elemenata
- (studije ukazuju da je kod problema sa zgradama, u **70% slučajeva direktni ili indirektni uzročnik vlaga**)



Građevinske štete uzrokovane vlagom

- posljedice su dobro poznate,
- nastanak mikroorganizama (gljivica i plijesni), bubrenje i otpadanje boje i žbuke sa zidova, nedozvoljeno vlaženje građevnog elementa.
- ali uzroci **često nisu prepoznati.**



Građevinske štete uzrokovane vlagom



- Površinska kondenzacija i problemi s difuzijom vodene pare kod novih, još neuseljenih objekata
- ako je zgrada „zatvorena“ prije potpunog isušivanja građevinske vlage zaostale u materijalima konstrukcija i obloga.

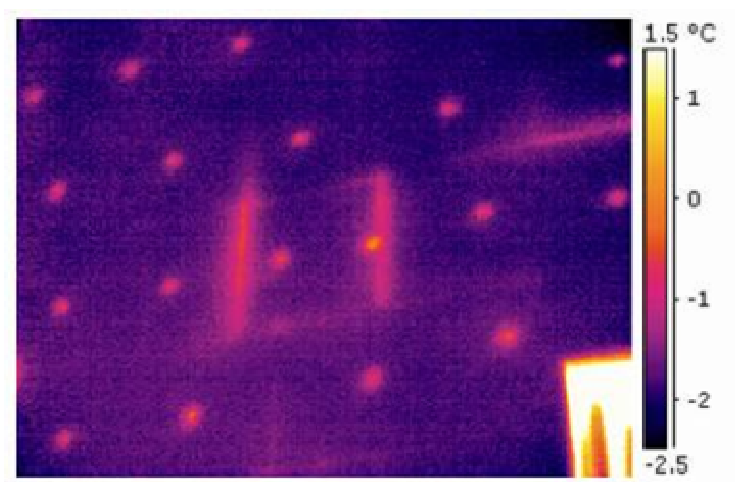
Fizikalni procesi i građevni dijelovi

- Prirodni proces izmjene topline i vlage između unutarnjeg i vanjskog prostora ne može se potpuno zaustaviti.
- Građevne dijelove zbog toga treba projektirati na način da se osigura ispravan **fizikalni proces**.
- ISPRAVAN FIZIKALNI PROCES neće dopustiti kondenzaciju vodene pare u građevnom dijelu ili na njemu u mjeri koja može izazvati građevinsku štetu.



Vanjski zidovi – ETICS sustavi

- Greške pri izvođenju i posljedice



- Greške pri izvođenju i posljedice:



- Greške pri izvođenju i posljedice:



Zaštita od požara

Kod visokih zgrada se kod nas vrlo često zanemaruju kriteriji po pitanju protupožarnosti. Većina zemalja EU ima vrlo strogu regulativu po pitanju izbora toplinsko-izolacijskim materijala, odnosno razreda reakcije na požar što (još uvijek) nije slučaj kod nas. Posljednje što je kod nas izdano po pitanju smjernica (pravilnika) je „Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu visokih objekata od požara” (Službeni list SFRJ, 7/84).

Pogrešan izbor materijala u ovakvim slučajevima može imati izuzetno teške posljedice

Neki od primjera zemalja EU (Izvor: Fire Safe Europe):

Germany (1/5)

Germany	Facts	Comments
Type/application of building	All kinds of residential buildings, offices or warehouses.	Hochhäuser Musterhochbaurechtlinie Hospitals and Clinics - Krankenhausverordnung Schools - Schulbaurechtlinie Industrial - Industriebaurechtlinie
Height	Building Class 1 – 3: Height < 7m Building Class 4 – 5: Height 7 – 22 m	Landesbauordnung
Special conditions related to design	Fire barriers above openings, 20 cm wide, 30 cm longer on each side	7 and 22 m limits
System Approval and Test method	ETA/AG guideline 04 Reaction to fire DIN 4102-1 Local DE – Type Approval WDVS Standardsicherheitsnachweis according DIN 1055-4/2005-03	Windlastnorm seit 01.01.2007 gültig
System Fire requirement	< 7 m GK 1-3 normalentflammbar DIN 4102-B2 7 m - 22 m GK 4 and 5 schwerentflammbar DIN 4102-B1 > 22 m (Hochhäuser) nichtbrennbar DIN 4102-A	
Product Approval and Test method	EN 13501-1 Local DE – Type Approval Mineral woolledämmstoffe	Chemikalien-Verbotsverordnung vom 19.06.1996, Bekanntmachung vom 25. Mai 2000, RAL Certification
Product Fire requirement	DIN EN 13501 – A1 Local – such as DIN 4102 see Heights	

Poland

Poland	Facts	Comments
Type/application of building	Any	
Height	1. Up to 25 m 2. Higher than 25 m	
Special conditions related to design	No special requirements	
System Approval and Test method	For PL market – TA for specific ETICS on the base of ZUAT issued by ITB For EU market – ETA for specific ETICS on the base of ETAG issued by EOTA	ETA is also an option for PL market. TA is cheaper and faster. Even in case of ETA the fire tests have to be done according to PL requirement
System Fire requirement	1 & 2: Insulation – at least E acc to EN 13501-1 Entire system – NRO (classification „Non Spreading Fire” acc to bench scale test PN 90/B – 02867 + Az1) 2: All components shall be „non-combustible” (A1, A2-s1, s2, s3, d0)	
Product Approval and Test method	Insulation products – acc to product ENs Fire classification – acc to EN 13501-1	
Product Fire requirement	1 & 2: Insulation – at least E acc to EN 13501-1 2: All components shall be „non-combustible” (A1, A2-s1, s2, s3, d0)	

Zaštita od požara

Slovak Republic

Slovak Republic	Facts	Comments
Type/application of building	Different requirements for new built / renovation. Different interpretations for new built requirements possible.	Renovation of a building built after 2000 should be considered as new building from fire point of view (practice differs)
Height	A simplified statement: 22.5 m is the limit for old buildings, 9/12 m for new buildings.	
Special conditions related to design	Some details specified for windows, doors.	
System Approval and Test method	ETAG-004 based ETAs or national TAs similar to ETAG 004 procedure	STN ISO 13785-1 exists but not used.
System Fire requirement	Old: A2-s1,d0 above 22.5 m, B-s1,d0 up to 22.5 m New: A2-s1,d0 above 12 m, no requirement up to 9/12 m	Applicable for part of building up to that height.
Product Approval and Test method	For insulation: EN 13162 certificate has to be used for MW, EN 13163 for EPS (CE-mark)	
Product Fire requirement	E class for insulation up to 22.5 m (old), A2-s1,d0 above 22.5 m (old) or 9/12 m (new)	

Hungary

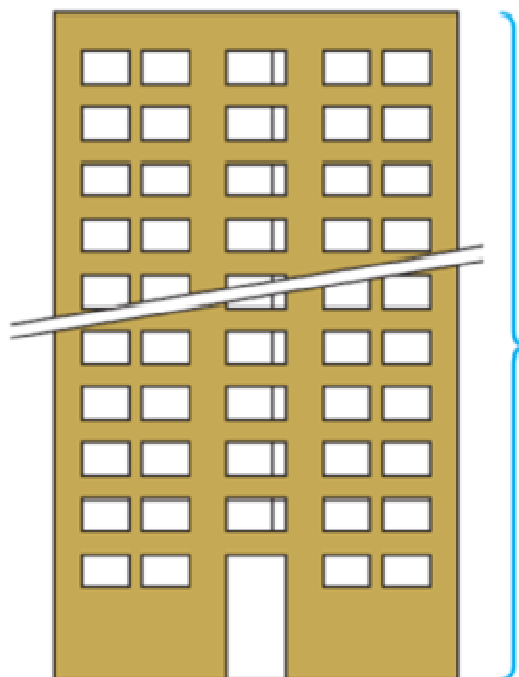
Hungary	Facts	Comments
Type/application of building	All types of buildings	
Height	1) 2 or 3 floors, 2) 4 or 5 floors, 3) mid high building, higher than 13.65 m (floor level), 4) high building, higher than 30 m (floor level)	
Special conditions related to design	Today we have no special requirements 8 cm thickness limit applied (different procedure)	
System Approval and Test method	Reaction to fire – according to EN 13501-1 and local test method	
System Fire requirement	1) <15 min, 2) <30 min, 3) <45 min, if the coating is thicker than 8 cm A1-A2, 4) A1-A2 non-combustible	Large-scale national test method is used
Product Approval and Test method	EN 13501-1	
Product Fire requirement	See above	



DRUŠTVO GRAĐEVINSKIH INŽENJERA I TEHNIČARA VARAŽDIN

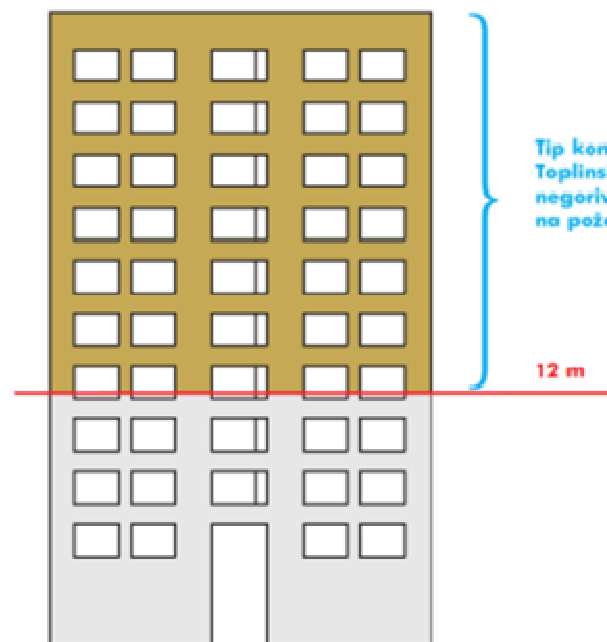
Zaštita od požara

Nove zgrade (visina iznad 30 metara)



Tip konstrukcije DP1.
Toplinska izolacija -
negorivi materijali reakcije
na požar klase A1 ili A2
po cijeloj visini zgrade.

Nove zgrade (visina do 30 metara)



Tip konstrukcije DP1.
Toplinska izolacija -
negorivi materijali reakcije
na požar klase A1 ili A2.

12 m

Zaštita od požara

Posljedice



(Ranko Šovra / OROPIC)

Zaštita od požara

P R A V I L N I K

o otpornosti na požar i drugim zahtjevima Koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara

I. TEMELJNE ODREDBE

Članak 1.

(1) Ovim Pravilnikom propisuje se otpornost na požar te drugi zahtjevi koje **građevina mora zadovoljiti u slučaju požara u svrhu sprječavanja širenja vatre i dima unutar građevine, sprječavanja širenja požara na susjedne građevine, omogućavanja da osobe mogu neozlijeđene napustiti građevinu, odnosno osiguravanje njihovog spašavanja i zaštite spašavatelja.**

(2) **Odredbe ovog Pravilnika primjenjuju se kod projektiranja i građenja novih građevina, a na odgovarajući način i kod rekonstrukcija (projektiranja i građenja) kao i održavanja građevina, osim ako nije drugačije propisano posebnim propisom.**

(3) Kod projektiranja građevina mogu se primijeniti proračunske metode i/ili modeli koji se temelje na provjerenim tehničkim rješenjima i/ili novijim dostignućima na tom području.

(4) U slučajevima iz stavka 3. ovog članka, kao i u iznimnim slučajevima, kad se uz odobrenje Ministarstva ispunjenje bitnog zahtjeva dokazuje na drugi način, a koji nije obuhvaćen ovim Pravilnikom, **obavezno je glavnim projektom dokazati da će tako projektirana građevina zadovoljiti bitni zahtjev zaštite od požara najmanje na razini koja bi bila postignuta primjenom odredbi ovog Pravilnika.**

Zaštita od požara

PODJELA ZGRADA I GRAĐEVINA U PODSKUPINE PREMA ZAHTJEVNOSTI ZAŠTITE OD POŽARA

Članak 4.

(1) Prema zahtjevnosti zaštite od požara zgrade se dijele na slijedeće podskupine:

(1) Zgrade podskupine 1 (ZPS 1) su slobodno stojeće zgrade s najmanje tri strane dostupne vatrogascima za gašenje požara s nivoa terena, koje sadrže do tri nadzemne etaže s kotom poda najviše etaže za boravak ljudi do 7,00 metara mjereno od kote vanjskog terena s kojeg je moguća intervencija vatrogasaca, odnosno evakuacija ugroženih osoba, i koje sadrže jedan stan ili jednu poslovnu jedinicu, tlocrtne (bruto) površine do 400,00 m² i do ukupno 50 korisnika;

(2) Zgrade podskupine 2 (ZPS 2) su slobodno stojeće zgrade i zgrade u nizu, koje sadrže do tri nadzemne etaže s kotom poda najviše etaže za boravak ljudi do 7,00 metara mjereno od kote vanjskog terena s kojeg je moguća intervencija vatrogasaca, odnosno evakuacija ugroženih osoba, i koje sadrže najviše tri stana odnosno najviše tri poslovne jedinice pojedinačne tlocrtne (bruto) površine do 400,00 m² i ukupno do 100 korisnika;

(3) Zgrade podskupine 3 (ZPS 3) su zgrade koje sadrže do tri nadzemne etaže s kotom poda najviše etaže za boravak ljudi do 7,00 metara mjereno od kote vanjskog terena s kojeg je moguća intervencija vatrogasaca, odnosno evakuacija ugroženih osoba, u kojima se okuplja manje od 300 osoba, a nisu obuhvaćene stavkom 1. ili 2. ovog članka;

(4) Zgrade podskupine 4 (ZPS 4) su zgrade koje sadrže do četiri nadzemne etaže s kotom poda najviše etaže za boravak ljudi do 11,00 metara mjereno od kote vanjskog terena s kojeg je moguća intervencija vatrogasaca, odnosno evakuacija ugroženih osoba, i koje sadrže jedan stan odnosno jednu poslovnu jedinicu bez ograničenja tlocrtne (bruto) površine ili više stanova odnosno više poslovnih jedinica pojedinačne tlocrtne (bruto) površine do 400,00 m² i ukupno do 300 korisnika;

(5) Zgrade podskupine 5 (ZPS 5) su zgrade s kotom poda najviše etaže za boravak ljudi do 22,00 metra mjereno od kote vanjskog terena s kojeg je moguća intervencija vatrogasaca, odnosno evakuacija ugroženih osoba, a koje nisu razvrstane u podskupine ZPS 1, 2, 3 i 4, kao i zgrade koje se pretežno sastoje od podzemnih etaža, zgrade u kojima borave nepokretne i osobe smanjene pokretljivosti te osobe koje se ne mogu samostalno evakuirati (bolnice, domovi za stare i nemoćne, psihijatrijske ustanove, jaslice, vrtići i slično) te zgrade u kojima borave osobe kojima je ograničeno kretanje iz sigurnosnih razloga (kaznene ustanove i slično), ili imaju pojedinačne prostore u kojima se može okupiti više od 300 osoba;

(6) Visoke zgrade su zgrade s kotom poda najviše etaže za boravak ljudi iznad 22,00 metra mjereno od kote vanjskog terena s kojeg je moguća intervencija vatrogasaca, odnosno evakuacija ugroženih osoba, uporabom auto-mehaničkih ljestvi, odnosno auto-tiskopisne košare ili zglobove platforme.

PRILOG 2 : REAKCIJA NA POŽAR

- TABLICA 4. Pročelja
- TABLICA 5. Unutarne zidne obloge i završni slojevi
- TABLICA 6. Građevni proizvodi za podove i stropove
- TABLICA 7. Krovovi
- TABLICA 8. Kanali za dovod zraka, kanali i ventilacijski kanali
- TABLICA 9. Materijali za ispunu stijubnica
- TABLICA 10. Ispune ograde
- TABLICA 11. Dupli i tripli podovi
- TABLICA 12. Naškrivena parkirališta i garaže

IX. PRIELAZNE I ZAVRŠNE ODREDBE

Članak 45.

Idejni projekt, glavni izvedbeni projekt i drugi projekt u kojem je dato tehničko rješenje građevine skladno odredbama propisa zaštite od požara koji su bili na snazi do dana stupanja na snagu ovog Pravilnika, smatra se se pravovaljanim dokumentom za izdavanje odgovarajućeg akta (lokacijska dozvola, akt kojima se odobrava gradnje, uporaba dozvola i drugo), ako je odgovarajući zahtjev nadležnom tijelu podnesen do stupanja na snagu ovog Pravilnika.

Članak 46.

Ovaj Pravilnik stupa na snagu 1. prosinca 2012. godine.

Broj: 511-01-152-5186-2011
Zagreb, 2012.

MINISTAR UNUTARNJIH POSLOVA

Ranko Ostojić



DRUŠTVO GRAĐEVINSKIH INŽENJERA I TEHNIČARA VARAŽDIN

Zaštita od požara

PODJELA ZGRADA I GRAĐEVINA U PODSKUPINE PREMA ZAHTJEVNOSTI ZAŠTITE OD POŽARA

Članak 4.

(1) Prema zahtjevnosti zaštite od požara zgrade se dijele na slijedeće podskupine:

(1) Zgrade podskupine 1 (ZPS 1) su slobodno stojeće zgrade s najmanje tri strane dostupne vatrogascima za gašenje požara s nivoa terena, koje sadrže do tri nadzemne etaže s kotom poda najviše etaže za boravak ljudi do 7,00 metara mjereno od kote vanjskog terena s kojeg je moguća intervencija vatrogasaca, odnosno evakuacija ugroženih osoba, i koje sadrže jedan stan ili jednu poslovnu jedinicu, tlocrtne (bruto) površine do 400,00 m² i do ukupno 50 korisnika;

(2) Zgrade podskupine 2 (ZPS 2) su slobodno stojeće zgrade i zgrade u nizu, koje sadrže do tri nadzemne etaže s kotom poda najviše etaže za boravak ljudi do 7,00 metara mjereno od kote vanjskog terena s kojeg je moguća intervencija vatrogasaca, odnosno evakuacija ugroženih osoba, i koje sadrže najviše tri stana odnosno najviše tri poslovne jedinice pojedinačne tlocrtne (bruto) površine do 400,00 m² i ukupno do 100 korisnika;

(3) Zgrade podskupine 3 (ZPS 3) su zgrade koje sadrže do tri nadzemne etaže s kotom poda najviše etaže za boravak ljudi do 7,00 metara mjereno od kote vanjskog terena s kojeg je moguća intervencija vatrogasaca, odnosno evakuacija ugroženih osoba, u kojima se okuplja manje od 300 osoba, a nisu obuhvaćene stavkom 1. ili 2. ovog članka;

(4) Zgrade podskupine 4 (ZPS 4) su zgrade koje sadrže do četiri nadzemne etaže s kotom poda najviše etaže za boravak ljudi do 11,00 metara mjereno od kote vanjskog terena s kojeg je moguća intervencija vatrogasaca, odnosno evakuacija ugroženih osoba, i koje sadrže jedan stan odnosno jednu poslovnu jedinicu bez ograničenja tlocrtne (bruto) površine ili više stanova odnosno više poslovnih jedinica pojedinačne tlocrtne (bruto) površine do 400,00 m² i ukupno do 300 korisnika;

(5) Zgrade podskupine 5 (ZPS 5) su zgrade s kotom poda najviše etaže za boravak ljudi do 22,00 metra mjereno od kote vanjskog terena s kojeg je moguća intervencija vatrogasaca, odnosno evakuacija ugroženih osoba, a koje nisu razvrstane u podskupine ZPS 1, 2, 3 i 4, kao i zgrade koje se pretežno sastoje od podzemnih etaža, zgrade u kojima borave nepokretne i osobe smanjene pokretljivosti te osobe koje se ne mogu samostalno evakuirati (bolnice, domovi za stare i nemoćne, psihijatrijske ustanove, jaslice, vrtići i slično) te zgrade u kojima borave osobe kojima je ograničeno kretanje iz sigurnosnih razloga (kaznene ustanove i slično), ili imaju pojedinačne prostore u kojima se može okupiti više od 300 osoba;

(6) Visoke zgrade su zgrade s kotom poda najviše etaže za boravak ljudi iznad 22,00 metra mjereno od kote vanjskog terena s kojeg je moguća intervencija vatrogasaca, odnosno evakuacija ugroženih osoba, uporabom auto-mehaničkih ljestvi, odnosno auto-tiriskopne košare ili zglobove platforme.

PRILOG 2 : REAKCIJA NA POŽAR

- TABLICA 4. Proželja
- TABLICA 5. Unutarne zidne obloge i završni slojevi
- TABLICA 6. Građevni proizvodi za podove i stropove
- TABLICA 7. Krovovi
- TABLICA 8. Kanali za dovod zraka, kanali i ventilacijski kanali
- TABLICA 9. Materijali za ispunu stijubnica
- TABLICA 10. Ispune ograde
- TABLICA 11. Dupli i duplji podovi
- TABLICA 12. Naškrivena parkirališta i garaže

IX. PRIELAZNE I ZAVRŠNE ODREDBE

Članak 45.

Idejni projekt, glavni izvedbeni projekt i drugi projekt u kojem je dato tehničko rješenje građevine skladno odredbama propisa zaštite od požara koji su bili na snazi do dana stupanja na snagu ovog Pravilnika, smatra se se pravovaljanim dokumentom za izdavanje odgovarajućeg akta (lokacijska dozvola, akt kojima se odobrava gradnje, uporaba dozvola i drugo), ako je odgovarajući zahtjev nadležnom tijelu podnesen do stupanja na snagu ovog Pravilnika.

Članak 46.

Ovaj Pravilnik stupa na snagu 1. prosinca 2012. godine.

Broj: 511-01-152-5186-2011
Zagreb, 2012.

MINISTAR UNUTARNJIH POSLOVA

Ranko Ostojić



DRUŠTVO GRAĐEVINSKIH INŽENJERA I TEHNIČARA VARAŽDIN

Zaštita od požara

Ispitivanje reakcije na požar se vrši kako bi se ocijenio doprinos materijala razvoju požara

U početnoj fazi požara, dim, oslobađanje topline i zapaljivost materijala su tri najvažnija čimbenika koji se razmatraju i koji su mjereni u ranoj fazi

Ispitivanje Euroklase sadrži sljedeće:

- zapaljivost materijala
- brzinu otpuštanja topline
- brzinu širenja plamena
- brzinu razvoja dima
- otpuštanje otrovnih plinova
- zapaljive "kapljevine" (droplets)

Zaštita od požara

U skladu s Euroklasama postoje sljedeće dvije klasifikacije

- DIM – proizvodi se klasificiraju oznakama od s1 do s3: s1 proizvodi otpuštaju najmanje dima, dok s3 emitiraju najviše. Razina dima u prostoru uzrokuje problem glede evakuacije i spašavanja. Ujedno je i najčešći uzrok smrti žrtava požara
- GORUĆE KAPLJEVINE (KAPLJICE) – (burning droplets) – proizvodi se klasificiraju od d0 do d2.



Zaštita od požara

Klase gorivosti (razred reakcije na požar)

A1, A2 – plamen ne može uzrokovati gorenje

B – plamen ne može uzrokovati gorenje, ali postoji mogućnost razvoja požara

C – plamen uzrokuje gorenje unutar 10 i 20 minuta

D – plamen uzrokuje gorenje unutar 2 i 10 minuta

E – plamen uzrokuje gorenje unutar dvije minute

F – nema nikakvu vatrootpornu zaštitu koja bi bila dokazana ispitivanjem

Oslobađanje dima

s1 – zanemarivo

s2 – slabo

s3 – jako

Oslobađanje gorućih kapljica

d0 – nema oslobađanja kapljica prvih deset minuta

d1 – nema oslobađanja kapljica u intervalu 10s do 10 minuta

d2 – niti d0, niti d1

Zaštita od požara

Class	Performance description	Fire scenario and heat attack		Examples of products
A1	No contribution to fire	Fully developed fire in a room	At least 60 kW/m ²	Products of natural stone, concrete, bricks, ceramic, glass, steel and many metallic products
A2	"	"	"	Products similar to those of class A1, including small amounts of organic compounds
B	Very limited contribution to fire	Single burning item in a room	40 kW/m ² on a limited area	Gypsum boards with different (thin) surface linings Fire retardant wood products
C	Limited contribution to fire	"	"	Phenolic foam, gypsum boards with different surface linings (thicker than in class B)
D	Acceptable contribution to fire	"	"	Wood products with thickness \geq about 10 mm and density \geq about 400 kg/m ³ (depending on end use)
E	"	Small flame attack	Flame height of 20 mm	Low density fibreboard, plastic based insulation products
F	No performance requirements	–	–	Products not tested (no requirements)

Zaštita od požara

Prilog 2

TABLICA 4.

Pročelja

Građevni dijelovi	Zgrada podskupine (ZPS)									
	ZPS 1	ZPS 2	ZPS 3	ZPS4		ZPS5		Visoke zgrade		
Ovješeni ventilirani elementi pročelje										
Klasificirani sustav	D	D-d1	D-d1	C -d1		B -d1		A2-d1		
ili										
Izvedba sa sljedećim klasificiranim komponentama										
Vanjski sloj	D	D	D	A2-d1		B-d1	A2-d1		B-d1	A2-d1
Podkonstrukcija										
-itapasta	D	D	D	D	ili	D	C	ili	C	A2
-točkasta	A2	A2	A2	A2		A2	A2		A2	A2
Izolacija	D	D	D	B		A2	B		A2	A2
Toplinski kontaktni sustav pročelja										
Klasificirani sustav	D	D	D	C -d1		C -d1		A2-d1		
ili										
Sastav slojeva sa sljedećim klasificiranim komponentama										
-pokrovni sloj	B-d1	B-d1	B-d1	B-d1		B-d1		A2-d1		
-izolacijski sloj	E	E	D	B		A2		A2		

NOVO!!

(1) Zgrade podskupine 1 (**ZPS 1**) su slobodno stojeće zgrade s najmanje tri strane dostupne vatrogascima za gašenje požara s nivoa terena, koje sadrže do tri nadzemne etaže s kotom poda najviše etaže za boravak ljudi do 7,00 metara mjereno od kote vanjskog terena s kojeg je moguća intervencija vatrogasaca, odnosno evakuacija ugroženih osoba, i koje sadrže jedan stan ili jednu poslovnu jedinicu, tlocrtne (bruto) površine do 400,00 m² i do ukupno 50 korisnika;

(2) Zgrade podskupine 2 (**ZPS 2**) su slobodno stojeće zgrade i zgrade u nizu, koje sadrže do tri nadzemne etaže s kotom poda najviše etaže za boravak ljudi do 7,00 metara mjereno od kote vanjskog terena s kojeg je moguća intervencija vatrogasaca, odnosno evakuacija ugroženih osoba, i koje sadrže najviše tri stana odnosno najviše tri poslovne jedinice pojedinačne tlocrtne (bruto) površine do 400,00 m² i ukupno do 100 korisnika;

(3) Zgrade podskupine 3 (**ZPS 3**) su zgrade koje sadrže do tri nadzemne etaže s kotom poda najviše etaže za boravak ljudi do 7,00 metara mjereno od kote vanjskog terena s kojeg je moguća intervencija vatrogasaca, odnosno evakuacija ugroženih osoba, u kojima se okuplja manje od 300 osoba, a nisu obuhvaćene stavkom 1. ili 2. ovog članka;

(4) Zgrade podskupine 4 (**ZPS 4**) su zgrade koje sadrže do četiri nadzemne etaže s kotom poda najviše etaže za boravak ljudi do 11,00 metara mjereno od kote vanjskog terena s kojeg je moguća intervencija vatrogasaca, odnosno evakuacija ugroženih osoba, i koje sadrže jedan stan odnosno jednu poslovnu jedinicu bez ograničenja tlocrtne (bruto) površine ili više stanova odnosno više poslovnih jedinica pojedinačne tlocrtne (bruto) površine do 400,00 m² i ukupno do 300 korisnika;

(5) Zgrade podskupine 5 (**ZPS 5**) su zgrade s kotom poda najviše etaže za boravak ljudi do 22,00 metra mjereno od kote vanjskog terena s kojeg je moguća intervencija vatrogasaca, odnosno evakuacija ugroženih osoba, a koje nisu razvrstane u podskupine **ZPS 1, 2, 3 i 4**, kao i zgrade koje se pretežno sastoje od podzemnih etaža, zgrade u kojima borave nepokretne i osobe smanjene pokretljivosti te osobe koje se ne mogu samostalno evakuirati (bolnice, domovi za stare i nemoćne, psihijatrijske ustanove, jaslice, vrtići i slično) te zgrade u kojima borave osobe kojima je ograničeno kretanje iz sigurnosnih razloga (kaznene ustanove i slično), i/ili imaju pojedinačne prostore u kojima se može okupiti više od 300 osoba;

(6) Visoke zgrade su zgrade s kotom poda najviše etaže za boravak ljudi iznad 22,00 metra mjereno od kote vanjskog terena s kojeg je moguća intervencija vatrogasaca, odnosno evakuacija ugroženih osoba, uporabom auto-mehaničkih ljestvi, odnosno auto-teleskopske košare ili zglobne platforme.

Građevni dijelovi	Zgrada podskupine (ZPS)					
	ZPS 1	ZPS 2	ZPS 3	ZPS 4	ZPS 5	Visoke zgrade
Toplinski kontakti sustav pročelja						
Klasificirani sustav ili	D	D	D	C -d1	C -d1	A2-d1
Sastav slojeva sa sljedećim klasificiranim komponentama						
-pokrovni sloj	B-d1	B-d1	B-d1	B-d1	B-d1	A2-d1
-izolacijski sloj	E	E	D	B	A2	A2

➤ Greške pri izvođenju i posljedice:

U Vukovaru pala fasada sa zgrade



U Vukovaru pala fasada sa zgrade



- **Greške pri izvođenju i posljedice:**



➤ **Greške pri izvođenju i posljedice:**



➤ **Greške pri izvođenju i posljedice:**



Paropropusnost



Ptice..

Paropropusnost



Paropropusnost



Paropropusnost



Paropropusnost

Utjecaj na koroziju armature i betona:

Effects of rain water leakage on concrete sandwich panels retrofitted with exterior insulation systems

Abstract

External thermal insulation composite systems (ETICS) are a common measure to retrofit concrete heritage buildings. ETICS improve the thermal performance of the wall and are intended to provide good rain protection for the load bearing substructure. The second point is of special interest in case of incipient corrosion of the reinforcing steel in the rain screen. However, leakages especially at window joints can cause rain water penetration to the material layers beneath the ETICS. The influence of such leakages is evaluated in this paper, using hygrothermal simulations. The results show that ETIC systems with vapour permeable insulation materials like mineral wool provide a good drying potential towards the exterior and thus allow good corrosion protection even in case of smaller leakages. The use of vapour retarding insulation materials like expanded polystyrene prevents additional moisture contents from drying out and leads to less favourable hygrothermal conditions at the reinforcement of the rain screen.

key words: external thermal insulation composite systems (ETICS), concrete sandwich panels, driving rain protection, corrosion of reinforcing steel

Einfluss von Undichtheiten bei der Sanierung von Plattenbauten mit Wärmedämm-Verbundsystemen

Daniel Zirkelbach, Hartwig M. Künzle, Petr Slanina

Fraunhofer-Institut für Bauphysik Holzkirchen, Postfach 1152, 83601 Holzkirchen, Deutschland



Daniel Zirkelbach

Jahrgang 1974. Abitur 1994. Studium des Bauingenieurwesens an der TU München, Abschluss 2001. Von März 2001 bis Februar 2004 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP) in Holzkirchen. Seit März 2004 Gruppenleiter und seit 2007 stellvertretender Abteilungsleiter in der Abteilung Hygrothermik. Lehraufträge für Bauphysik an der TU München und der FH Augsburg. Berufliche Schwerpunkte: Hygrothermische Simulation, Feuchteschutz und Bauen in anderen Klimazonen.



Hartwig M. Künzle

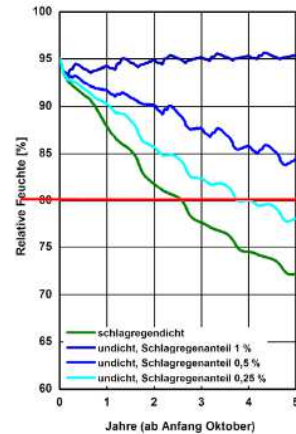
Jahrgang 1959. 1978 Abitur danach Studium des Chemieingenieurwesens an der Universität Erlangen-Nürnberg. 1987 wiss. Mitarbeiter, am Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP) in Holzkirchen. Seit 1994 Leiter der Abteilung Hygrothermik am IBP. 1994 Promotion an der Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen der Universität Stuttgart. Mitglied bzw. Obmann in internationalen Normungsausschüssen und Fachgremien (z.B. WTA, CEN, ASH-

Paropropusnost

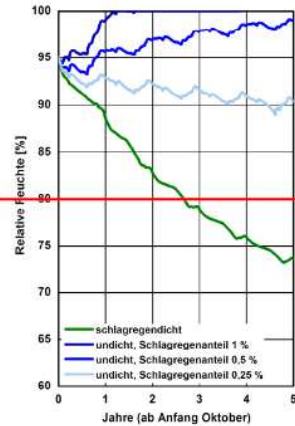
Utjecaj na koroziju armature i betona:

ETICS wall with EPS

Hannover



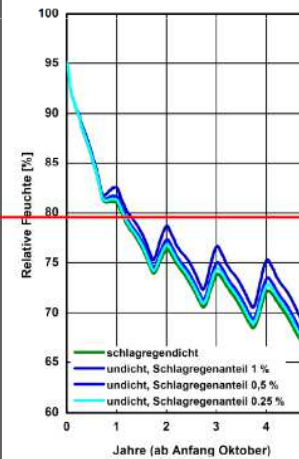
Munich



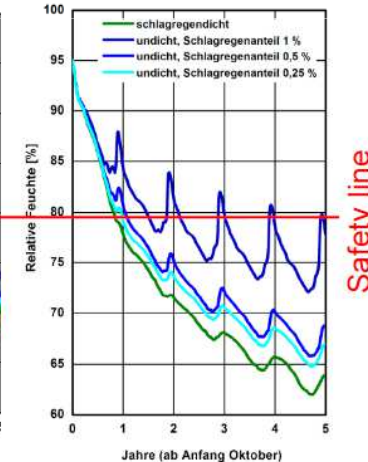
Only a perfectly installed (zero leakage) ETICS wall offers protection against corrosion

ETICS wall with RMW

Hannover



Munich

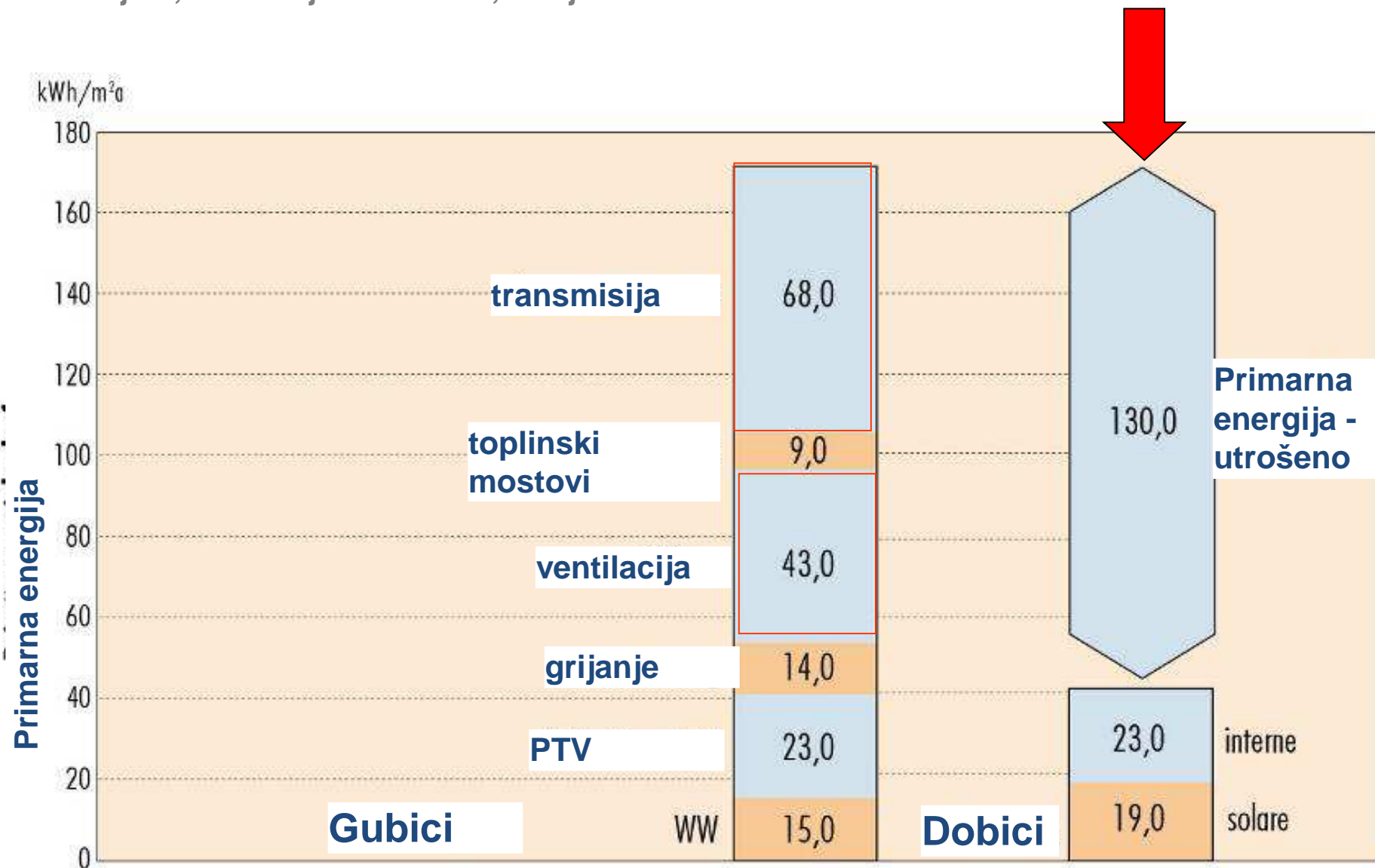


Even with leakages, the ETICS wall with RMW can dry out sufficiently to avoid corrosion

KOSI KROVOVI

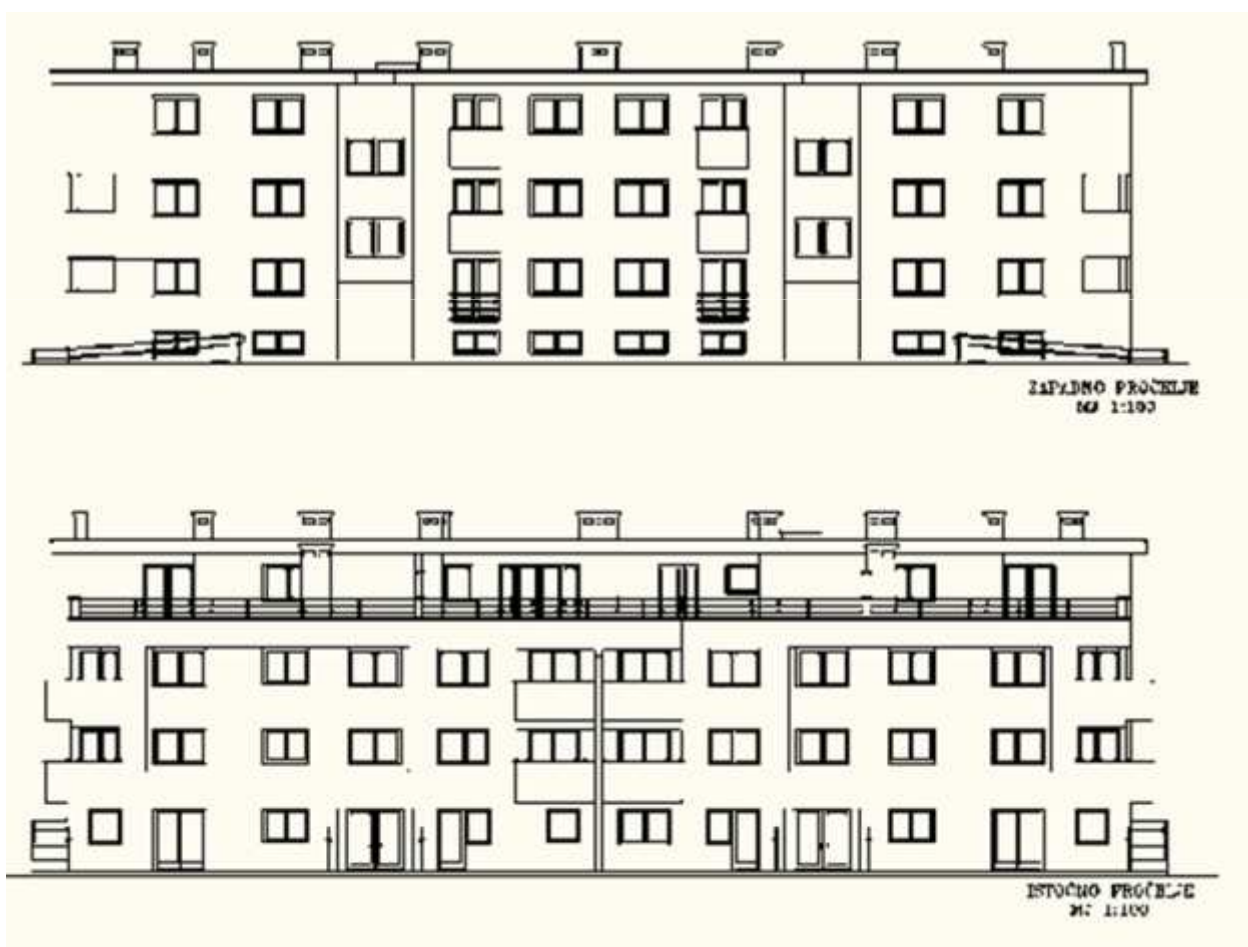


Toplinski gubici kod višestambenih zgrada uzrokovani transmisijom, ventilacijom i ostalim, manje važnim čimbenicima



- Konkretni primjer – simulacija putem računalnog programa

Stambena zgrada – promjena broja izmjena zraka za samo 0,1 h-1



- Konkretan primjer – simulacija putem računalnog programa Stambena zgrada – promjena broja izmjena zraka za samo 0,1 h⁻¹

Vrsta ventilacije:

☐ Minimalno provjetravanje
☒ Prirodno provjetravanje
☐ Mehaničko provjetravanje
☐ Provjetravanje s topl. izmjenjivačima

Zaklonjenost objekta:

☐ Nezaklonjeno
☒ Umjereno zaklonjeno
☐ Zaklonjeno

Broj izloženih fasada vjetru:

☒ Jedna izložena fasada
☐ Više izloženih fasada

Zrakonepropusnost objekta

☐ Niska razina
☒ Srednja razina
☐ Visoka razina

Koeficijent gubitka topline provjetranjem

$H_{ve,adj} = 535,46 \text{ [W/K]}$

$V = 3245,23 \text{ [m}^3\text{]}$

$n_{min} = 0,5 \text{ [h}^{-1}\text{]}$

$V_d = 0,00 \text{ [m}^3\text{/h]}$

Rezultati proračuna potrebne toplinske energije za grijanje i toplinske energije za hlađenje

prema poglavlju VII. Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, za zgradu grijanu na temperaturu 18°C ili više

$A \text{ [m}^2\text{]} = 2485,32$ $i_o \text{ [m}^{-1}\text{]} = 0,58$
 $V_o \text{ [m}^3\text{]} = 4270,00$ $A_k \text{ [m}^2\text{]} = 1366,40$

$Q_{H,ng} \text{ [kWh/a]} = 62418,00$
 $Q_{G,ng} \text{ [kWh/a]} = 14458,00$

$Q''_{H,ng} \text{ [kWh/m}^2\text{a]} = 45,68$ (max) $70,85$
 $H'_{tr,adj} \text{ [W/m}^2\text{K]} = 0,48$ (max) $0,56$

$H_{tr,adj} \text{ [W/K]} = 1191,83$
 $H_{ve,adj} \text{ [W/K]} = 535,46$
 $Q_H \text{ [MJ]} = 527.809,55$ $Q_G \text{ [MJ]} = 264.741,93$
 $Q_{H,MJ} = 215.453,95$ $Q_{G,MJ} = 480.195,88$

Energenti i CO2

Primarna energija

Proračun potrošnje i cijene energenata

temeljem godišnje potrebne topline za grijanje

Potrebna toplina za grijanje: kWh/a $62418,00$
 Odeberite željeno gorivo: I Ekstra lako loživo ulje
 Iskoristivost goriva: % $75,00$
 Ogrjevna vrijednost: kWh/l $12,00$
 Godišnja potrošnja energenta: l $6935,33$
 Cijena goriva: kn/l $7,15$
 Ukupna cijena za grijanje: kn $49587,64$



DRUŠTVO GRAĐEVINSKIH INŽENJERA I TEHNIČARA VARAŽDIN

- Konkretan primjer – simulacija putem računalnog programa

Stambena zgrada – promjena broja izmjena zraka za samo 0,1 h⁻¹

Vrsta ventilacije:

☐ Minimalno provjetravanje
☒ Prirodno provjetravanje
☐ Mehaničko provjetravanje
☐ Provjetravanje s topl. izmjenjivačima

Zaklonjenost objekta:

☐ Nezaklonjeno
☒ Umjereno zaklonjeno
☐ Zaklonjeno

Broj izloženih fasada vjetru:

☐ Jedna izložena fasada
☒ Više izloženih fasada

Žakonepropusnost objekta

☐ Niska razina
☒ Srednja razina
☐ Visoka razina

V = 3245,20 [m³]
 n_{min} = 0,6 [h⁻¹]
 Vd = 0,69 [m³/h]

Koeficijent gubitka topline provjetranjem
 H_{ve,adj} = 642,55 [W/K]

Rezultati proračuna potrebne toplinske energije za grijanje i toplinske energije za hlađenje
 prema poglavlju VII. Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, za zgradu grijanu na temperaturu 18°C ili više

A [m²] = 2485,32 f_o [m⁻¹] = 0,58
 V_e [m³] = 4270,00 A_k [m²] = 1366,40

Q_{H,adj} [kWh/a] = 69723,00
 Q_{C,adj} [kWh/a] = 13222,00

Q_{H,adj} [kWh/m²·a] = 51,03 (max) = 70,85
 H_{tr,adj} [W/m²·K] = 0,48 (max) = 0,56

H_{tr,adj} [W/K] = 1191,83
 H_{ve,adj} [W/K] = 642,55

Q_H [MJ] = 560.533,08 Q_C [MJ] = 264.741,93
 Q_G [MJ] = 215.453,95 Q_D [MJ] = 480.195,88

Energenti i CO₂
 Primarna energija

Razlika:

69.723,00 kWh – 62.418,00 kWh = 7.305,00kWh

III

55.391,05 kn – 49.587,64 kn = 5.803,41 kn

Proračun potrošnje i cijene energenata
 temeljem godišnje potrebne topline za grijanje

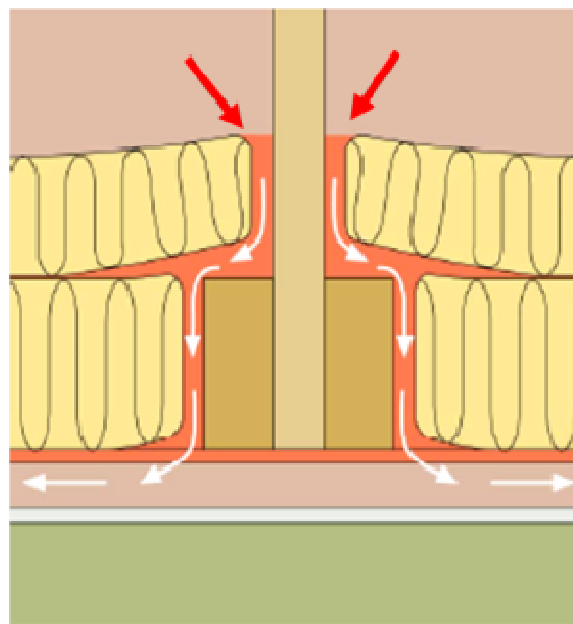
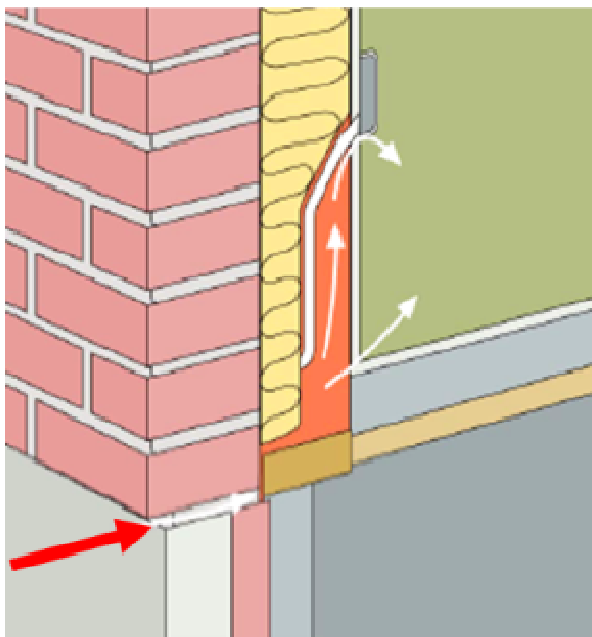
Potrebna topline za grijanje: kWh/a = 69723,00
 Odaberite željeno gorivo: I Ekstra lako loživo ulje
 Iskoristivost goriva: % = 75,00
 Ogrjevna vrijednost: kWh/l = 12,00
 Godišnja potrošnja energenta: l = 7747,00
 Cijena goriva: kn/l = 7,15
 Ukupna cijena za grijanje: kn = 55391,05



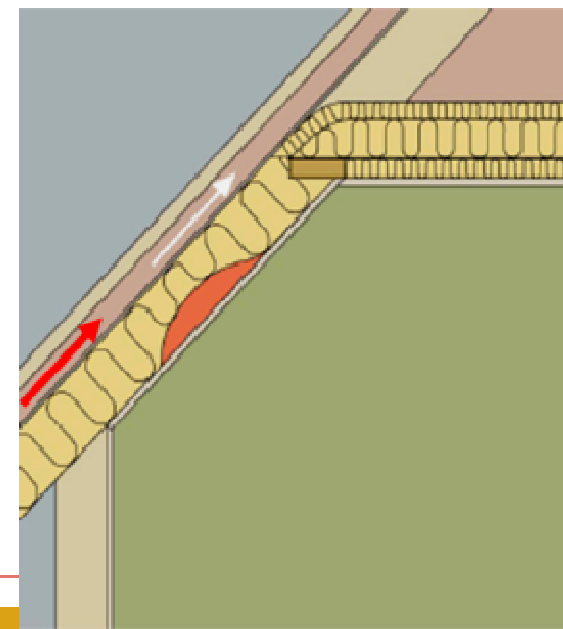
DRUŠTVO GRAĐEVINSKIH INŽENJERA I TEHNIČARA VARAŽDIN

Zrakopropusnost

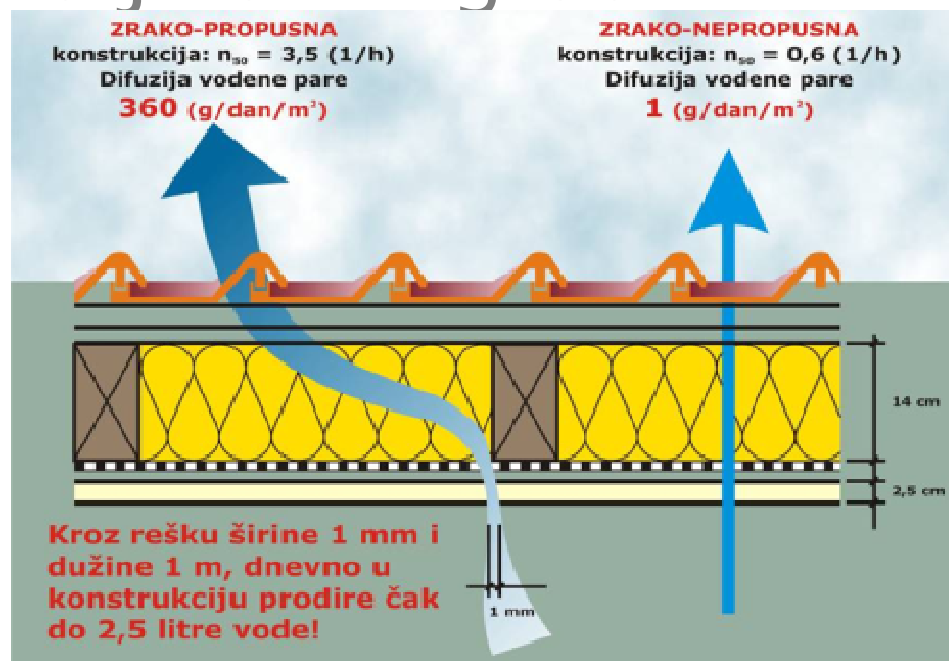
- Podrijetlo loše izolacije



Smoke pressed out by a Blower Door fan to show the roof leaks

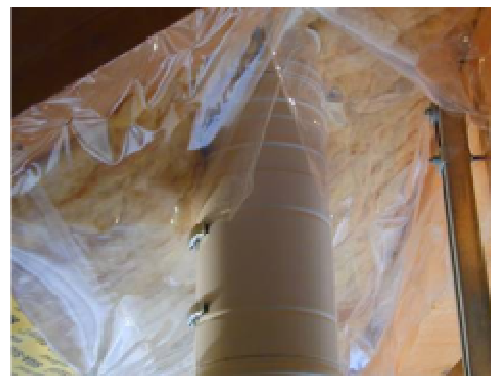


Ulazak vodene pare u građevne dijelove zgrade



Source: Centrum pasivního domu





**Airtightness (“zrakotijesnost”) kao uvjet za
izbjegavanje pojave građevinskih šteta.**



Problemi zbog loše zrakotijesnosti (zrakopropusnosti)

„Air leaks between your home's interior and the outdoors can be a constant drain of energy and money. „

„The air leakage in a typical U S home **is equal to leaving a window wide open.**“

„Air leakage in a building represents 5 – 40% of the space conditioning costs.“

Source: Conceptual Reference Database for Building Envelope Research



Značajno “istjecanje” i štete...

Zaključak

- Iz svega gore navedenog može se zaključiti da izolacija vanjskih zidova nije samo problematika “kako zalijepiti *nekakav* toplinski izolacijski materijal o vanjsku površinu zida“, već je to jedan vrlo kompleksan zahvat koji zahtijeva znanje i vještinu.
- Prema Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 110/08, 89/09), čl.6, uporabni vijek zgrade u odnosu na bitni zahtjev za građevinu „ušteta energije i toplinska zaštita“ je najmanje 50 godina.
- Dakle, prilikom svakog odabira proizvoda, materijala i izvedbe to treba imati na umu. Svakodnevno smo svjedoci propadanja, otpadanja i apsolutne nefunkcionalnosti ETICS sustava već nakon nekoliko godina uporabe. Toj konstataciji idu u prilog gore navedeni slučajevi kod kojih su nastale prikazane štete već nakon 3-4 godine. Naime, vrlo je bitno da toplinska, zvučna i protupožarna zaštita vanjskih zidova ima podjednaka svojstva izolativnosti kroz dugi niz godina, a ne da dolazi do opadanja svojstava vrlo brzo nakon izvedbe, a sve po principu „drži vodu dok majstori odu..“.
- Jednako tako, ako se primjeni i kvalitetna izolacija, a ne riješe kvalitetno spojevi, odnosno mjesta na kojima se javljaju toplinski mostovi, efekt kvalitetne toplinske zaštite vanjskih zidova bit će bitno umanjen.
- Svakom građevinskom zahvatu, a tako i rekonstrukciji treba pristupiti stručno, poštujući svu potrebnu građevinsku i tehničku regulativu!

HVALA NA PAŽNJI!