



Fasade i prozori

Izv.prof.dr.sc. Bojan Milovanović

1

Why NZEB?

“To construct quality healthy energy efficient buildings”

- **Occupants –**
 - By improving **energy savings**, comfort levels, indoor air quality, healthy living, wellbeing, reduce fuel poverty
- **Building Owners –**
 - By improving building value, **quality dwellings**, **lower maintenance**, improve image,
- **Contractors –**
 - By **streamlining work schedules**, **reduce costs**, **improve image**, **trained workforce**, **job creation**



2

7 integriranih koraka

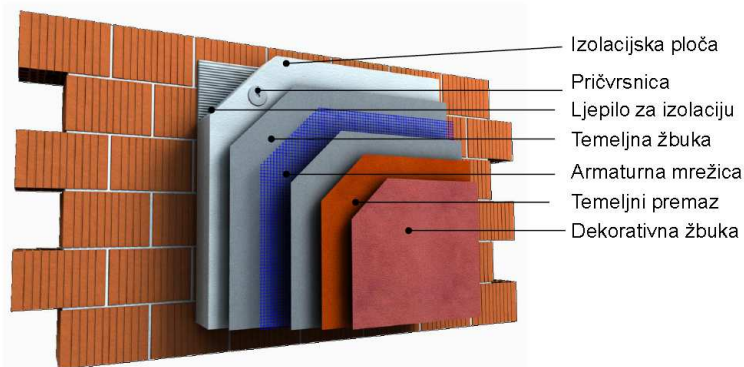
- **Rezultat – NZEB zgrada koja**
- troši malo energije za grijanje i hlađenje,
- istovremeno ugodna za život s optimalnim
 - temperaturama i vlažnosti zraka ,
 - razinom CO₂ u zraku te
 - temperaturama površina građevnih dijelova zgrade koje ne izazivaju osjećaj hladnoće



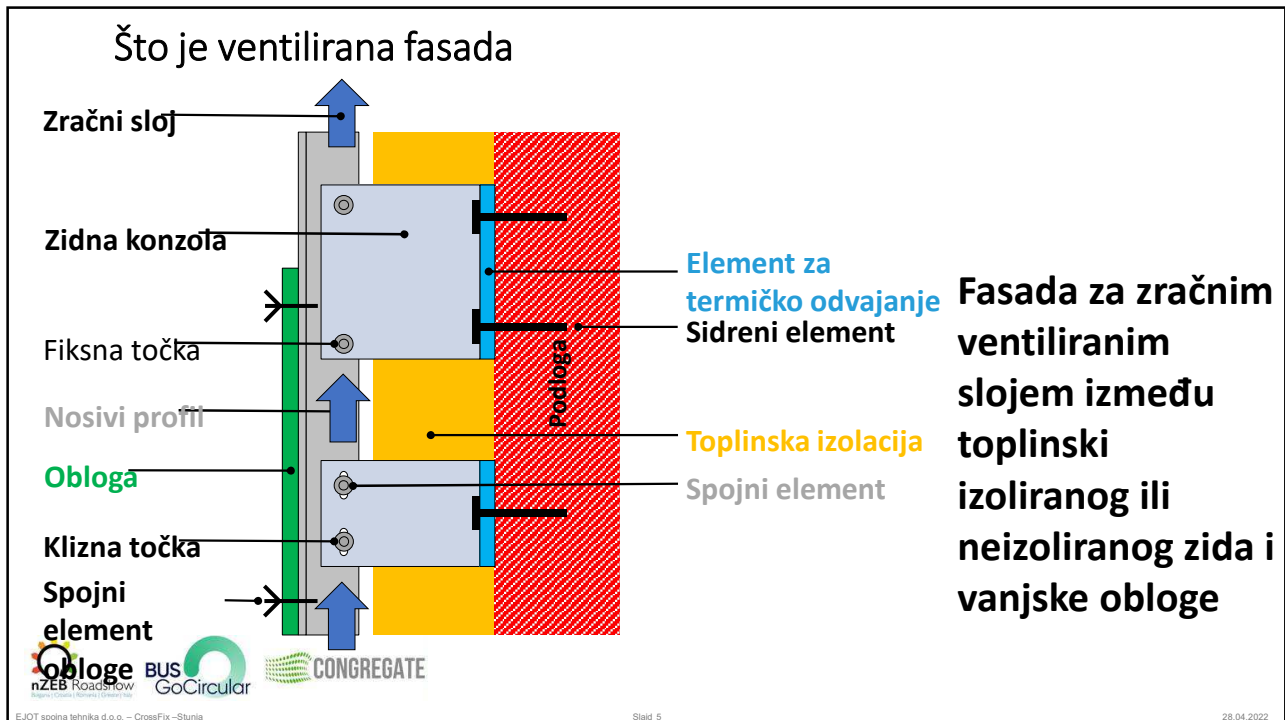
3

Toplinska zaštita na fasadama

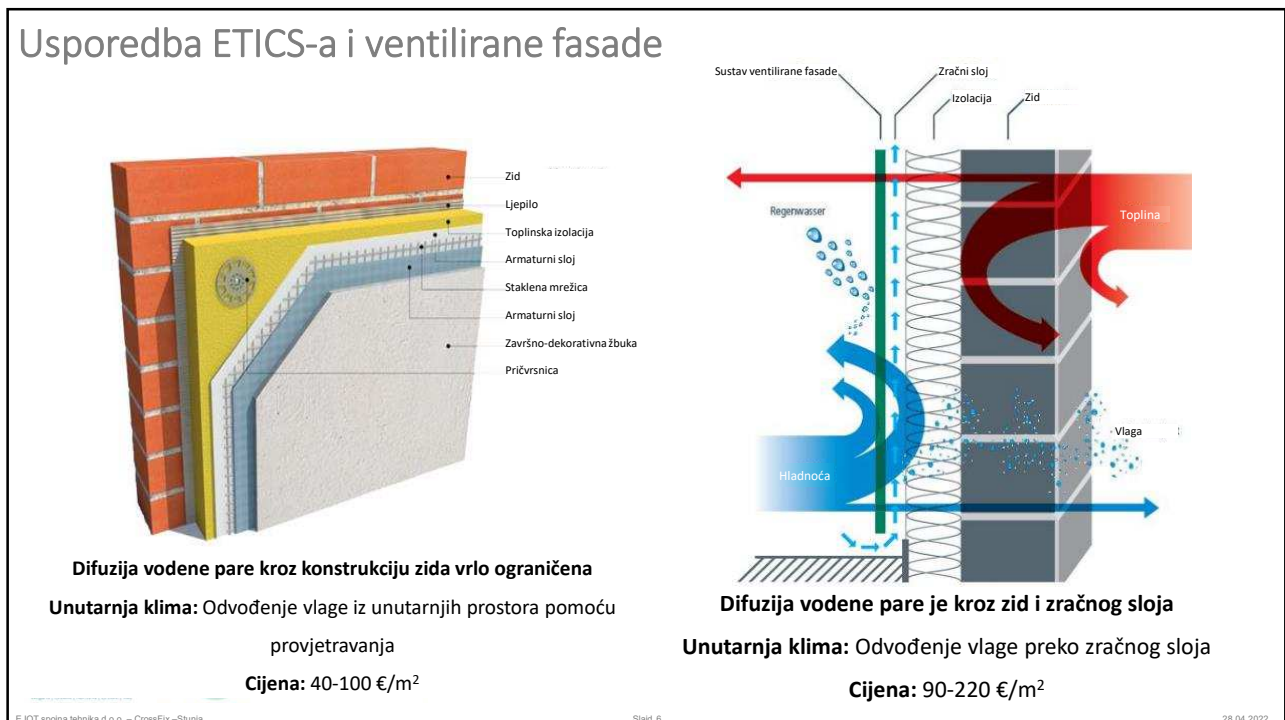
Osnovni elementi ETICS sustava:



4



5



6

Završne obloge ventiliranih fasada

Aluminijske kompozitne ploče



Aluminijske kazete



Vlaknasto cementne ploče



HPL ploče



EJOT spojna tehnika d.o.o. – CrossFix – Sturija

Slajd 7

28.04.2022

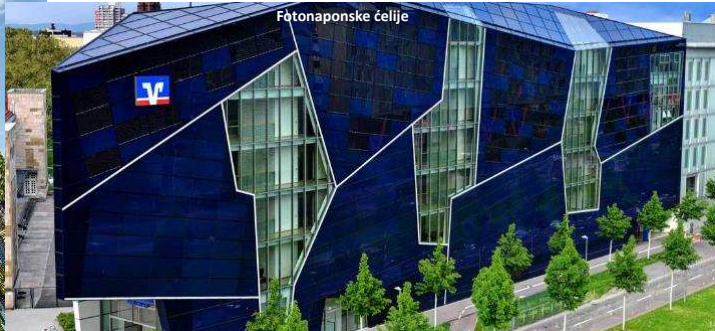
7

Završne obloge ventiliranih fasada

Zelene fasade



Fotonaponske ćelije



Kamen



Medijski paneli



EJOT spojna tehnika d.o.o. – CrossFix – Sturija

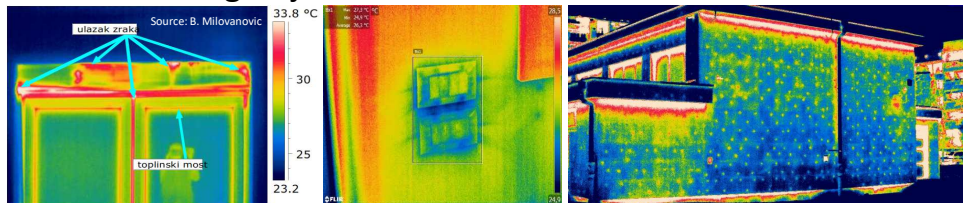
Slajd 8

28.04.2022

8

Kako kontrolirati kvalitetu NZEB-a

- Infracrvena termografija



- Blower door



9

Hrvatska realnost



10

Što impliciraju pojedini postupci na konačni proizvod



- Nestručno izvedena “poboljšanja” vrlo često rezultiraju građevinskom štetom!



- Ulica Domovinskog rata – Vukovar
- 150 m² fasade palo nakon nevremena



11



Vukovar

Zagreb



12

Što impliciraju pojedini postupci na konačni proizvod



13



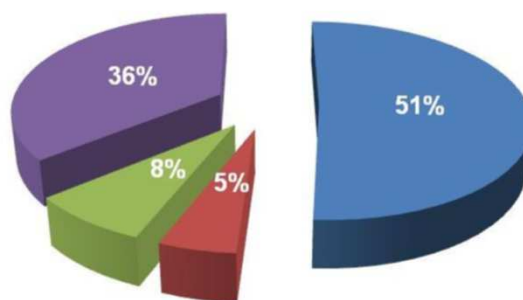
1
4

14



15

Uzroci preranog dotrajanja konstrukcija



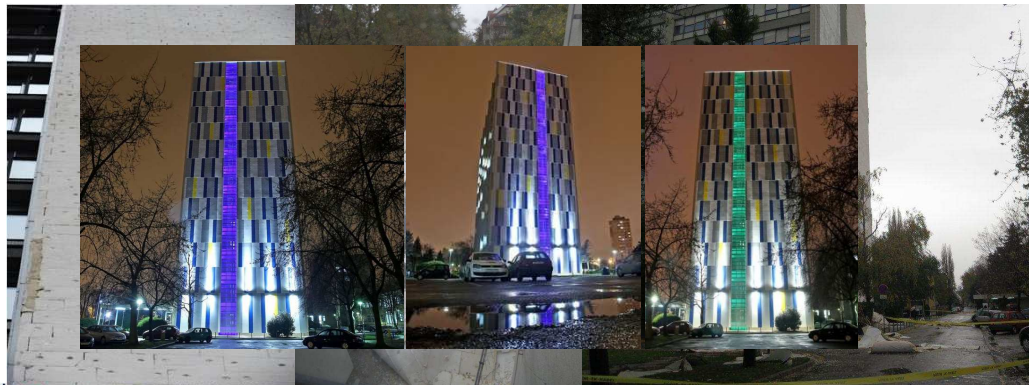
- Nedovoljne pozornosti posvećene pitanju trajnosti tijekom izvođenja konstrukcije
- Nereditovito održavanje ili neodržavanje tijekom uporabe konstrukcije
- Nepravilan izbor materijala
- Nedovoljne pozornosti posvećene pitanju trajnosti u projektu konstrukcije

1
6

16

Končar - Zagreb

- Tek se nakon havarije kreće razmišljati o problemu i dolazi se do optimalnog rješenja...



17

17

Toplinska izolacija ovojnice



18

TOPLINSKA ZAŠTITA NA FASADAMA

Najčešći materijali za izolacije ETICS sustava



EPS ili MW ?!



Osnovni
parametri
usporedbe:

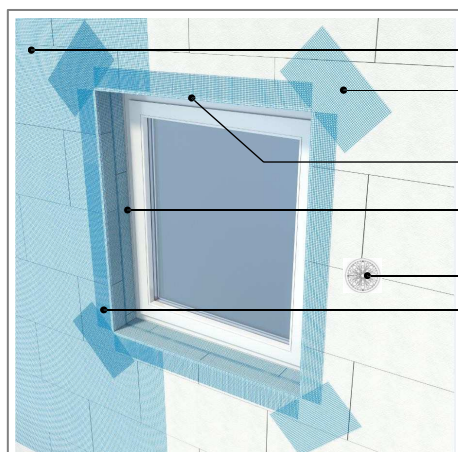
| | | |
|-----|-------------------------------|-----|
| + - | -prolazak topline | + - |
| ++ | -vodoodbojnost (vodoupojnost) | -- |
| - + | -paropropusnost | - + |
| -- | -požarna otpornost | ++ |
| -- | -zvučna izolativnost | ++ |
| ++ | -cijena | -- |



19

TOPLINSKA ZAŠTITA NA FASADAMA

Karakteristični detalj ETICS sustava



- Osnovna armaturna mrežica
- Dijagonalna armaturna mrežica
- PVC okapni profil
- Špaletni profil – (JUB uvjet za garanciju)
- Pričvrsnica
- PVC kutni profil



20

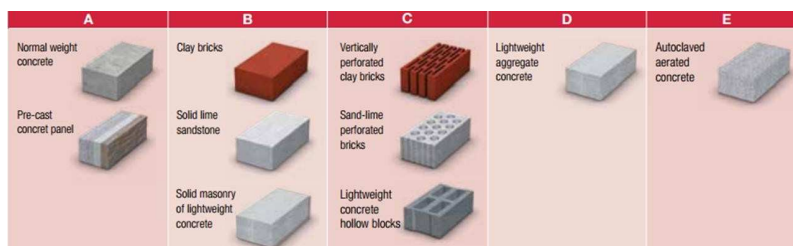


21

TOPLINSKA ZAŠTITA NA FASADAMA

Svrha mehaničkog pričvršćivanja:

- osiguranje TIS od utjecaja vjetera (HRN EN 1991-1-4:2012)
- sprečavanje deformacija EPS ploča
- dodatno učvršćivanje TIS na slabije nosivim podlogama (ožbukane podloge)
- dodatno učvršćivanje TIS mase $> 7 \text{ kg/m}^2$



22

TOPLINSKA ZAŠTITA NA FASADAMA

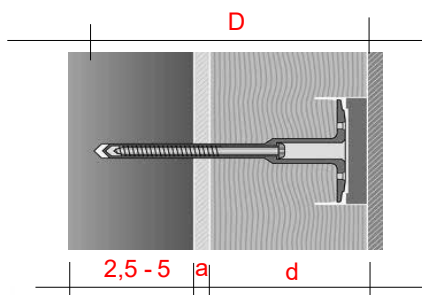
Potrebna duljina pričvrsnica: $D(\text{cm}) = d + (2,5 \text{ do } 5) + a$

d = debljina izolacije (cm)

+ (2,5 do 5) cm - dubina sidrenja u podlozi

(ovisno o proizvođaču pričvrsnica)

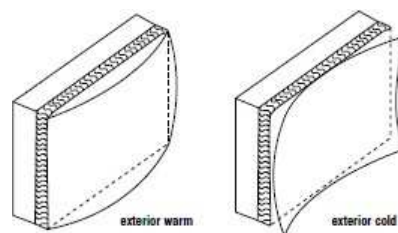
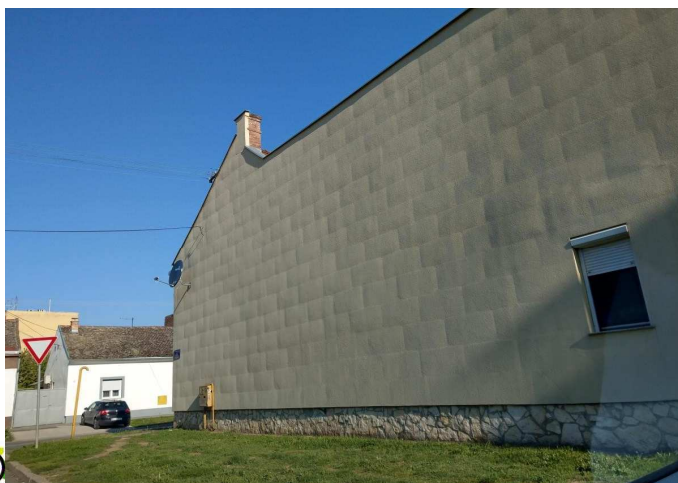
a = debljina podložne žbuke i ljepila (cm)



23

TOPLINSKA ZAŠTITA NA FASADAMA

Primjer propusta u početnoj fazi izvođenja ETICS sustava



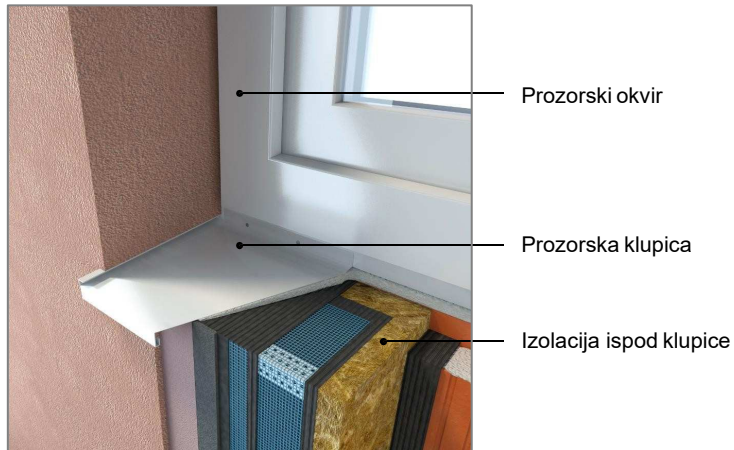
Zagrijavanje, hlađenje, promjena vlažnosti zraka, promjene tlakova uzrokuju naprezanja (EPS), koja utječu na deformacije izolacijskih ploča... a manifestiraju se kod nepravilne ugradnje



24

TOPLINSKA ZAŠTITA NA FASADAMA

Detalj ugradnje prozorske klupice!



25

TOPLINSKA ZAŠTITA NA FASADAMA

Primjer građevinske štete – novogradnja Zagreb, naselje Malešnica 2015.



26

26

TOPLINSKA ZAŠTITA NA FASADAMA

Primjer građevinske štete – novogradnja Zagreb, naselje Malešnica 2015.



27

27

TOPLINSKA ZAŠTITA NA FASADAMA

Primjer potencijalne građevinske štete – stambena zgrada Klinča Sela, u izgradnji 2022.

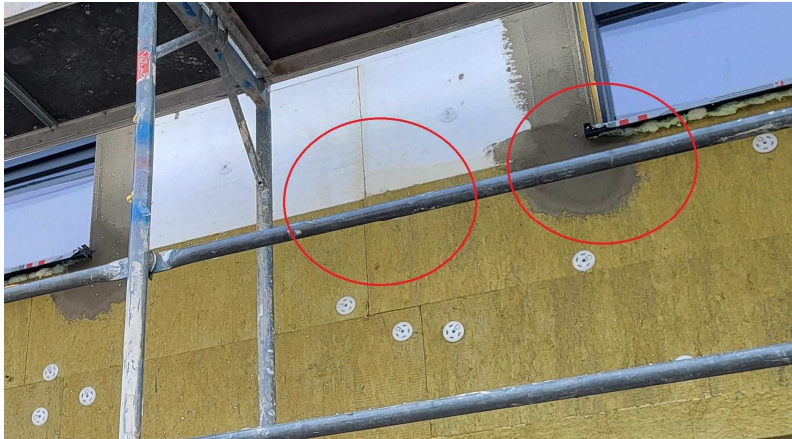


28

28

TOPLINSKA ZAŠTITA NA FASADAMA

Primjer potencijalne građevinske štete – stambena zgrada Klinča Sela, u izgradnji 2022.



29

29

TOPLINSKA ZAŠTITA NA FASADAMA

Rješenje detalja prozorske klupice



30

30

TOPLINSKA ZAŠTITA NA FASADAMA

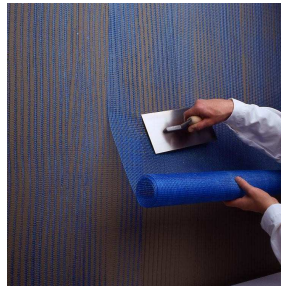
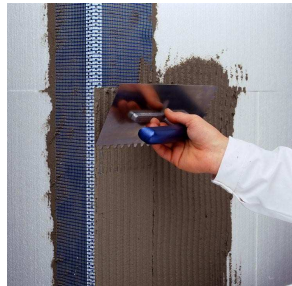
Materijali za lijepljenje i izradu temeljne žbuke;
Polimer-cementna građevinska ljepljiva

Značajna svojstva temeljne žbuke

- Visoka elastičnost
- Mikroarmirana sintetičkim vlaknima
- Vodoodbojna – hidrofobirana

Zahtjevi kod ugradnje

- Debljina sloja temeljne žbuke kod EPS sustava – ≥ 4 mm
- Debljina sloja temeljne žbuke kod MW sustava – $\geq 5-6$ mm



31

31

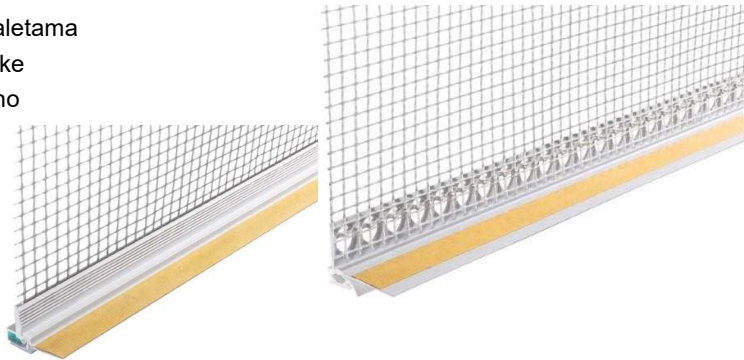


32

TOPLINSKA ZAŠTITA NA FASADAMA

Funkcija špaletnih (mini dilatacijskih profila)

- - stvaranje fleksibilnih spojeva između izolacijskih sustava i okvira prozora i vrata
- - sprečavanje ljuštenja završnog sloja s okvira prozora i vrata
- - zaštita okvira prozora i vrata od mehaničkih oštećenja i prljavštine prilikom izrade fasade
- - sprečavanje nastanka pukotina na špaletama
- - sprečavanje prodora mraza, vode i buke
- - dodatno brtvljenje spojeva nije potrebno
- - stvaranje estetski preciznog završetka



33

TOPLINSKA ZAŠTITA NA FASADAMA

Vrste špaletnih profila

| Thickness of the insulation material | window set within the masonry | | windows flush with the masonry | | windows set before the masonry | |
|--------------------------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------|
| | ≤ 2 m ² | 2-10 m ² | ≤ 2 m ² | 10-100 m ² | ≤ 2 m ² | 2-10 m ² |
| ≤ 100 mm | 1 D | 2 D | 2 D | 2 D | 2 D | 3 D |
| ≤ 160 mm | 2 D | 2 D | 2 D | 2 D | 3 D | 3 D |
| ≤ 300 mm | 3 D | 3 D | 3 D | 3 D | 3 D | 3 D |



34

Požar



35

Što se dogodilo u posljednjih nekoliko godina

- 7.11.2022. - **veliki požar na neboderu** u Dubai-ju
 - (nekoliko požara od 2012.)
 - started around 2:20 a.m. on the 35-storey **Emaar Tower**



RANIJI POŽARI:

- 29. travnja 2012.
 - 40 katova „Al Tayer Tower”
- 18. studenog 2012.
 - 37 katova „Tamweel Tower”
- 21. veljače 2015.
 - 79 katova “Torch Tower”
- 31. prosinca 2015
 - 63 kata Address Hotel



TRADE U POŽARU

36

36



37

37

Tvornica
Austrotherm – Bihać 24.5.2022.



38

38

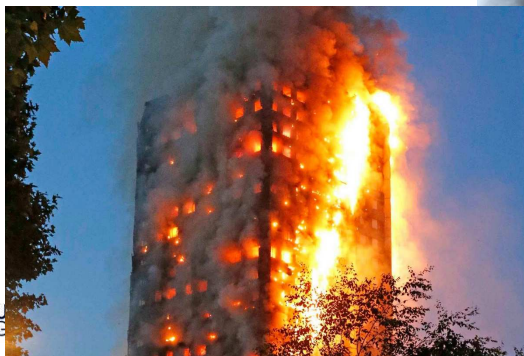
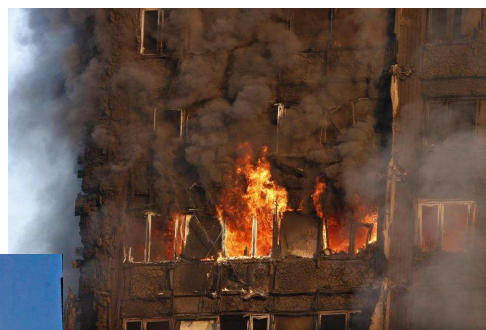
- Hotel Nuevo Madrid
- 3.6.2021.



39

39

- Grenfell tower 14.6.2017.
- 24 kata
- 72 osobe smrtno stradale



40

40

- 22.02.2017. – Studentski dom Cvjetno, Zagreb



41

41

Zašto brinuti o zaštiti od požara zbog ETICS fasade?

- **Količina gorive izolacije na vanjskim zidovima raste:** i u m^2 i u debljini
- Tehnologije se razvijaju: žbuka je tanja i organska
- Za vrijeme obnove, zaštita od požara je posebno potrebna
- **Deklarirana zaštita od požara se postiže jedino ukoliko građ. praksa osigurava savršenu aplikaciju**

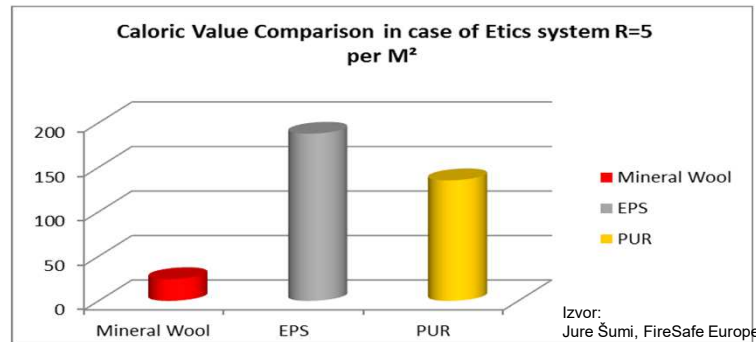


42

42

Kalorijska vrijednost izolacije?

Ukupna kalorijska vrijednost izolacijskih materijala primjenjivanih u ETICS sustavima po m² je **7.7 puta veća za EPS, odnosno 6 puta veća za PUR u odnosu na kamenu vunu!**



43

- Priručnik „Zaštita pročelja zgrada od požara” (2017)



44

TOPLINSKA ZAŠTITA NA FASADAMA

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

Razredi reakcije na požar

| Razred | Opis karakteristika | Požarni scenarij | i djelovanje topline | Primjeri proizvoda |
|-----------|---------------------------------|--------------------------------------|--|--|
| A1 | Nema doprinosa požaru | Potpuno razvijen požar u prostoriji | Barem 60 kW/m ² | Proizvodi od prirodnog kamena, betona, opeke, keramike, stakla, čelika i mnogi proizvodi od metala (MW-mineralna vuna) |
| A2 | Nema doprinosa požaru | Potpuno razvijen požar u prostoriji | Barem 60 kW/m ² | Proizvodi slični iz razreda A1, uključujući male iznose organskih spojeva |
| B | Vrlo ograničen doprinos požaru | Pojedinačno goreći komadi u prostoru | 40 kW/m ² na ograničenoj površini | Gips ploče (tanke) s različitim površinskim obradama, Drveni proizvodi zaštićeni s usporivačima gorenja |
| C | Ograničen doprinos požaru | Pojedinačno goreći komadi u prostoru | 40 kW/m ² na ograničenoj površini | Fenolna pjena, gips-ploče s različitim površinskom obradom (tanje nego u razredu B) |
| D | Prihvatljiv doprinos požaru | Pojedinačno goreći komadi u prostoru | 40 kW/m ² na ograničenoj površini | Proizvodi od drva debljine ≥10mm i gustoće ≥400 Kg/m ³ (ovisno o završnoj uporabi) |
| E | Prihvatljiv doprinos požaru | Malo djelovanje plamena | Visina plamena od 20 mm | Vlakanaste ploče male gustoće, izolacijski proizvodi na osnovi plastike (EPS, XPS, PUR) |
| F | Nema zahtjevanih karakteristika | - | - | Neispitani proizvodi (nema zahtjeva) |



45

TOPLINSKA ZAŠTITA NA FASADAMA

Požarna otpornost ETICS sustava

reakcija na požar u skladu s EN 13501-1

EPS
bijeli - razred E
grafitni - razred E

MW
ploče - razred A1
lamele - razred A1

ETICS sustav s EPS razred B

ETICS sustav s MW razred A2 ili B1

B d0-s1

A1 d0-s1

- s (dim) s1=malo ili bez dima, s2=srednji dim, s3=gusti dim
- d (kapljičnost) d0=nema kapljica unutar 600 sekundi, d1=kapa unutar 600 sekundi ali ne gori duže od 10 sekundi, d2=ne kao d0 ili d1, jako kapa i gori)



46

TOPLINSKA ZAŠTITA NA FASADAMA

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

| Građevni dijelovi | Zgrade podskupine (ZPS) | | | | | | | |
|---|-------------------------|----------|-------------|-------------|-----|-------------|---------------|-------|
| | ZPS1 | ZPS2 | ZPS3 | ZPS4 | | ZPS5 | Visoke zgrade | |
| Ovješeni ventilirani elementi pročelja | | | | | | | | |
| Klasificirani sustav | E | D-d1 | D-d1 | C-d1 | | B-d1 | A2-d1 | |
| ili | | | | | | | | |
| Izvedba sa sljedećim klasificiranim komponentama | | | | | | | | |
| Vanjski sloj | E | D | D | A2-d1 | ili | B-d1 | B-d1 | A2-d1 |
| Potkonstrukcija | | | | | | | | |
| - štapasta | E | D | D | D | ili | D | C | A2 |
| - točkasta | E | D | A2 | A2 | | A2 | A2 | A2 |
| Izolacija | E | D | D | B | | A2 | A2 | A2 |
| Toplinski kontaktni sustav pročelja | | | | | | | | |
| <u>Klasificirani sustav</u> | <u>E</u> | <u>D</u> | <u>D-d1</u> | <u>C-d1</u> | | <u>B-d1</u> | <u>A2-d1</u> | |
| ili | | | | | | | | |
| Sastav slojeva sa sljedećim klasificiranim komponentama | | | | | | | | |
| - pokrovni sloj | E | D | D | C | | B-d1 | A2-d1 | |
| - izolacijski sloj | <u>E</u> | <u>D</u> | <u>C</u> | <u>B</u> | | <u>A2</u> | <u>A2</u> | |



47

TOPLINSKA ZAŠTITA NA FASADAMA

Izrada požarnih barijera na ETICS sustavima - preporuka



48

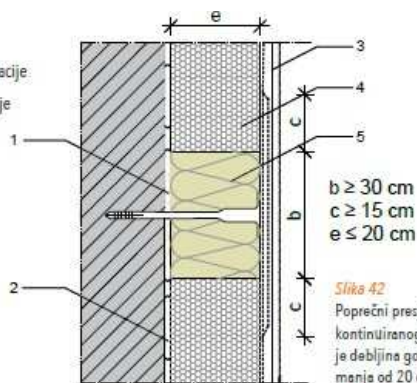
48

TOPLINSKA ZAŠTITA NA FASADAMA

Izrada požarnih barijera na ETICS sustavima – zahtjev za osiguranje kvalitete...

LEGENDA

1. mort za ljepljenje negorive izolacije
2. mort za ljepljenje gorive izolacije
3. završno-dekorativna žbuka
4. goriva izolacija
5. negoriva izolacija



Slika 42

Poprečni presjek izvedbe kontinuiranog pojasa ako je debljina gorive izolacije manje od 20 cm [30]

49

49

TOPLINSKA ZAŠTITA NA FASADAMA

Izrada požarnih barijera na ETICS sustavima –
 uvjeti:

- Vrijednost koeficijenta prolaska topline Λ ista za obje vrste izolacije
- Vrstu materijala za izradu temeljne žbuke treba prilagoditi materijalu za izradu požarnih barijera (MW)
- Debljine temeljne žbuke treba prilagoditi materijalu požarnih barijera (MW)
- Vrsta materijala za završnu obradu treba prilagoditi materijalu za obradu požarnih barijera (MW)

50

Zrakonepropusnost



51

METODOLOGIJA PROVOĐENJA ENERGETSKOG PREGLEDA ZGRADA 2021

- Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o energetsom pregledu zgrade i energetsom certificiranju NN 90/2020 uveo je potrebu upisa izmjerenih vrijednosti zrakopropusnosti u energetske certifikate za izgrađene nove i rekonstruirane postojeće zgrade.

5.4.5. Gubici infiltracijom

Izmjereni broj izmjena zraka kod razlike tlaka od 50 Pa n_{50} [h-1], kao rezultat ispitivanja zrakopropusnosti, **je obavezan podatak prije konačnog izdavanja energetske certifikata** za:

- nove zgrade,
- rekonstruirane postojeće zgrade:
 - ☐ zgrade koja se grije na temperaturu višu od 12 °C, te se dograđuje i/ili nadograđuje prostorom korisne površine grijanog dijela zgrade AK za više ili jednako 50 m²,
 - ☐ negrijane zgrade ili negrijani dio zgrade prenamjenjuje se u prostor korisne površine grijanog dijela zgrade AK veće ili jednako 50 m² koja se grije na temperaturu višu od 12°C.

Za zgrade kod kojih je izmjeren protok zraka pri razlici tlaka od 50 Pa potrebno je odrediti ispunjenje uvjeta (ovisno o tome ima li zgrada ugrađenu mehaničku ventilaciju ili nema).



52

52

| GRAĐEVINSKI DIJELOVI ZGRADE | | | |
|---|---|---|---|
| Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka $H_{tr,adi}$ [W/(m ² K)] | | | |
| KOEFICIJENT PROLASKA TOPLINE | U [W/(m ² K)] ² | U_{dop} [W/(m ² K)] | Ispunjeno |
| Vanjski zidovi, zidovi prema garaži, provjetravanom tavanu | | | <input type="checkbox"/> DA <input type="checkbox"/> NE |
| Ravni i kosi krovovi iznad grijanog prostora, stropovi prema provjetravanom tavanu | | | <input type="checkbox"/> DA <input type="checkbox"/> NE |
| Zidovi prema tlu, podovi prema tlu | | | <input type="checkbox"/> DA <input type="checkbox"/> NE |
| Stropovi iznad vanjskog zraka, stropovi iznad garaže | | | <input type="checkbox"/> DA <input type="checkbox"/> NE |
| Zidovi i stropovi prema negrijanim prostorijama i negrijanom stubištu temperature više od 0°C | | | <input type="checkbox"/> DA <input type="checkbox"/> NE |
| Prozori, balkonska vrata, krovni prozori, prozirni elementi pročelja | | | <input type="checkbox"/> DA <input type="checkbox"/> NE |
| Vanjska vrata s neprozirnim krilom | | | <input type="checkbox"/> DA <input type="checkbox"/> NE |
| Zidovi i stropovi između samostalnih uporabnih cjelina zgrade | | | <input type="checkbox"/> DA <input type="checkbox"/> NE |
| Broj izmjena zraka kod razlike tlakova od 50 Pa izmjernog prilikom ispitivanja zrakopropusnosti prema važećem TPRUETZZ na izgrađenoj novoj ili rekonstruiranoj postojećoj zgradi prije tehničkog pregleda zgrade, n_{50} [h ⁻¹] | | | |
| PODACI O TEHNIČKIM SUSTAVIMA ZGRADE | | | |
| Način grijanja zgrade | <input type="checkbox"/> lokalno <input type="checkbox"/> etažno | <input type="checkbox"/> centralno | <input type="checkbox"/> nema |
| Način pripreme potrošne tople vode | <input type="checkbox"/> lokalno | <input type="checkbox"/> centralno | <input type="checkbox"/> nema |
| Izvor energije za grijanje zgrade | <input type="checkbox"/> prirodni plin <input type="checkbox"/> loživo ulje <input type="checkbox"/> drvo (cjepanice) <input type="checkbox"/> daljinski izvor | <input type="checkbox"/> ukapljeni naftni plin <input type="checkbox"/> električna energija <input type="checkbox"/> drvena biomasa <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> nema |



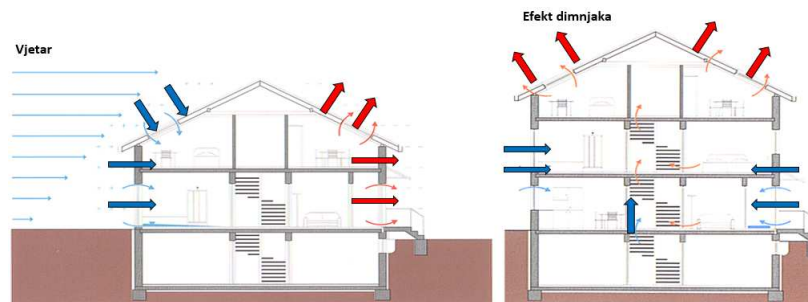
53

53

Ostvariti zrakonepropusnu vanjsku ovojnicu zgrade

Zrakopropusnost vanjske ovojnice zgrade

- zapravo infiltracija unutrašnjeg toplog zraka koji izlazi iz zgrade ili ulazak hladnog vanjskog zraka u zgradu **kroz pukotine, šupljine i druga mjesta nastala slučajnim i nenamjernim propustima**, ali nikako kroz ventilacijski sustav zgrade.



Izvor: ebök Tübingen



54

Ostvariti zrakonepropusnu vanjsku ovojnica zgrade

Razlikovati zrakonepropusnost od paronepropusnosti

- dobro izvedena paronepropusna ovojnica je istovremeno i zrakonepropusna, ali obrnuto ne vrijedi nužno
- primjer žbuke je takav da ona može biti zrakonepropusna, ali obično nije paronepropusna.
- **postavite cilj za n_{50}** - na temelju energetske modele, te realnog sagledavanja mogućnosti ostvarenja prilikom gradnje
 - (korišteni proizvodi, kompetencije izvođača i podizvođača, troškovi),



Ispitati pomoću tzv. **Blower door** testa.



55

ZRAKOPROPUSNOST ZGRADE - PROPISI

- **Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 128/15, 70/18, 73/18, 86/18, 102/20):**

...

Članak 30.

- (1) Ispunjavanje zahtjeva o zrakopropusnosti iz odredbi članka 26. stavaka 1., 3., i 4. ovoga propisa dokazuje se ispitivanjem na izgrađenoj novoj ili rekonstruiranoj postojećoj zgradi prema **HRN EN ISO 9972:2015**, metoda određivanja 1, prije tehničkog pregleda zgrade.
- (3) **Obvezna primjena** zahtjeva iz stavka 1. ovoga članka odnosi se **na zgrade gotovo nulte energije** i zgrade koje se projektiraju na:
 - $Q''_{H,nd} \leq 50 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ kada srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade jest $\leq 3 \text{ }^\circ\text{C}$ prema podacima iz Meteoroloških podataka, odnosno
 - $Q''_{H,nd} \leq 25 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ kada srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade jest $> 3 \text{ }^\circ\text{C}$ prema podacima iz Meteoroloških podataka.



56

ZRAKOPROPUSNOST ZGRADE - PROPISI

Za razliku tlakova od 50 Pa, izmjereni protok zraka, sveden na obujam unutarnjeg zraka, ne smije biti veći od vrijednosti:

- $n_{50} = 3,0 \text{ h}^{-1}$ kod zgrada bez mehaničkog uređaja za ventilaciju, odnosno
- $n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$ kod zgrada s mehaničkim uređajem za ventilaciju.

BUILD TIGHT VENTILATE RIGHT!

n_{50} je broj izmjena zraka u jednom satu pri razlici tlakova od 50 Pa u odnosu na obujam unutarnjeg zraka.



Članak 31.

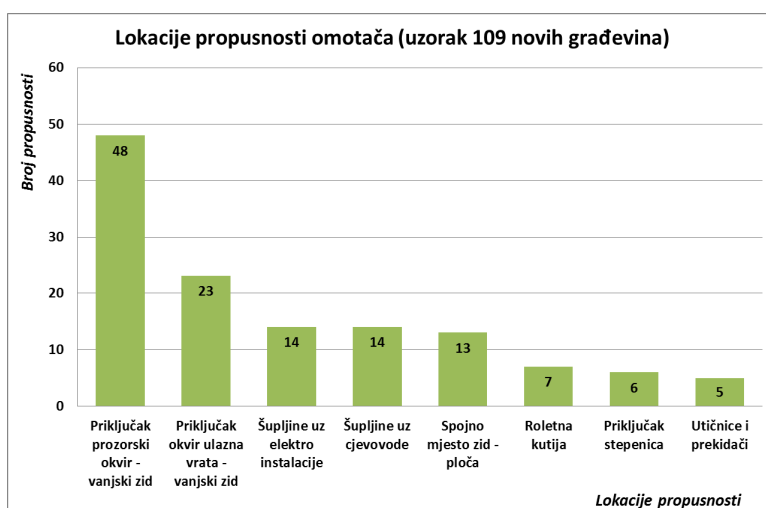
(1) Za stambene zgrade koje imaju više od jednog stana zahtjevi iz članka 26., 27., 28., 29. i 30. ovoga propisa **moraju biti ispunjeni za svaki stan.**

(2) Za nestambene zgrade zahtjevi iz članka 26., 27., 28., 29. i 30. ovoga propisa odnose se na ovojnicu grijanog dijela zgrade.



57

Uobičajene lokacije propuštanja



Izvor:
H. Böhmer, T. Brinkmann-Wicke, et al.
Luftdichtheitsmessung in der Praxis: Für Neubauten und energetische Gebäudemodernisierungen
von Hannover Institut für Bauforschung e.V. (Herausgeber),



58

EnEV 2002 – Njemačka regulativa

- EnEV2002 – 20xx Smjernice o očuvanju energije (obavezne)
- **DIN 18355** (stolarija) ...”Vodonepropusnost između vanjskih stolarije i konstrukcije mora biti obodno, trajno i otporno na kišu”
...”sljubnice na spojevima moraju biti trajno zrakonepropusne”
- **DIN 4108** (izolacija u građevinarstvu) ...” Punila, npr. montažne pjene, zbog svojih svojstava, nisu ili samo su u ograničenom stupnju sposobne apsorbirati pokrete od skupljanja i bubrenja, kao i druge deformacije konstrukcija i stoga nisu pogodne za osiguranje potrebne nepropusnosti... ”



MUZA OSIJEK

59

59

„RAL – MONTAŽA“ – HR regulativa

- Ugradnja stolarije s ciljem postizanja uštede energije i podizanja kvalitete stanovanja
- Ustanoviti kontrolu strujanja zraka i vlage – **sprječavanje nekontrolirane infiltracije zraka/gubitaka energije**
- Regulirana – HR , Tehničkim propisima za prozore i vrata, NN 69/06; hrEN 14351-1
NN 128/15 – TEHNIČKI PROPIS O RACIONALNOJ UPOTREBI ENERGIJE I TOPLINSKOJ ZAŠTITI U ZGRADAMA
- → Zahtjevi stolarije ...
 - čl. 26 - Dopuštena zrakopropusnost ovojnice zgrade, ventiliranje prostora zgrade



MUZA OSIJEK

60

„RAL – MONTAŽA“ – HR regulativa

• NN 128/15 – TEHNIČKI PROPIS O RACIONALNOJ UPOTREBI ENERGIJE I

TOPLINSKOJ ZAŠTITI U ZGRADAMA

„...Zgrada mora biti projektirana i izgrađena na način da dijelovi zgrade koji čine ovojnicu grijanog prostora zgrade, uključivo spojnice između pojedinih građevnih dijelova i otvora ili prozirnih elemenata koji nemaju mogućnost otvaranja, budu minimalne zrakopropusnosti u skladu s dosegnutim stupnjem razvoja tehnike i tehnologije u vrijeme izrade projekta...”

„...Spojnice između punih građevnih dijelova ovojnice zgrade i otvora ili drugih prozirnih elemenata (prozori, vrata, ostakljene stijene, nadsvjetla i slično) moraju biti izvedene na razini minimalne tehnički ostvarive zrakopropusnosti, uz istovremeno sprječavanje pojave građevinskih šteta zbog unutrašnje kondenzacije (uslijed ne-odgovarajuće primjene proizvoda za brtvljenje ili folija niske paro-propusnosti) i sprječavanje površinske kondenzacije na unutrašnjim stranama spojnica (uslijed nedovoljne razine, mjesta ili nepostojanja toplinske izolacije na spojnica...”



MUZA OSIJEK

61

UGRADNJA STOLARIJE PREMA RAL SMJERNICAMA (RAL MONTAŽA)

- VANJSKA STRANA – nepropusna za vodu i propusna za zrak/vodenu paru
 - ✓ Izolaciona razina mora ostati suha.
 - ✓ Ako bi se eventualno i radio kondenzat u izolacionoj razini, da može ispariti prema atmosferi
 - ✓ Ukoliko bi vanjsku razinu zabrtvili zrakonepropusno, kondenzat bi ulazio u konstrukciju.



MUZA OSIJEK

62

62

UGRADNJA STOLARIJE PREMA RAL SMJERNICAMA (RAL MONTAŽA)

- UNUTARNJA STRANA– nepropusna za zrak (vodenu paru) i vodu
 - ✓ Sprječavanje šteta na građevnom elementu uslijed kondenzata, prilikom isijavanja toplog i ovlaženog zraka iz prostorije prema atmosferi.
 - ✓ Smanjenje potrošnje energije potrebne za zagrijavanje.
 - ✓ Bolja izolacija unutarnjih prostora od buke izvana.



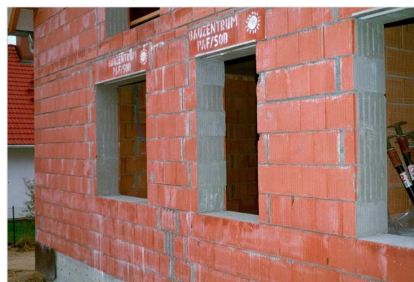
UGRADNJA STOLARIJE PREMA RAL SMJERNICAMA (RAL MONTAŽA)

- Najvažnije je planiranje!



UGRADNJA STOLARIJE PREMA RAL SMJERNICAMA (RAL MONTAŽA)

- Osnovni zahtjev – uredna špaleta

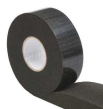


Primjer dobro pripremljenih špaleta

65

NAČINI IZVEDBE U PRAKSI

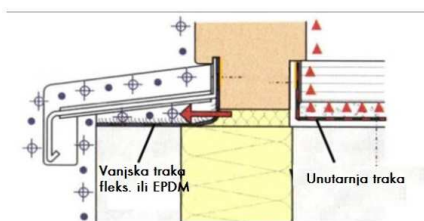
- Fleksibilne trake i PU pjena
- Kombinacija fleksibilne trake, PU pjene i vanjske ekspanzirajuće trake
- Primjena ekspanzirajuće trake po cijelom obodu stolarije



66

NAČINI IZVEDBE U PRAKSI

- Fleksibilne trake i PU pjena



- Trake su samoljepljive ili se lijepe posebnim ljepljivom na špaletu
- PU pjene MORAJU imati ispitni certifikat za „RAL ugradnju“



MUZA OSIJEK

67

67

NAČINI IZVEDBE U PRAKSI

- Fleksibilne trake i PU pjena



68

68

NAČINI IZVEDBE U PRAKSI

- Primjena ekspandirajuće trake po cijelom obodu stolarije
 - Istovremeno brtvljenje vanjske i unutarnje razine fuga na prozorima i vratima, uz istovremenu izolaciju.
 - Izuzetna ušteda vremena pri montaži, zamjenjuje pjenu, unutarnju i vanjsku brtvenu traku.
 - Ispunjava zahtjeve RAL-montaže prema tehničkim zahtjevima.
 - Vanjska strana nepropusna na udar kiše i difuzno otvorena. Srednja razina osigurava toplinsku izolaciju. Unutarnja strana zrakonepropusna i vodonepropusna



GREŠKE U PRAKSI

- Nepripremljena špaleta



= Nedostatak komunikacije na gradilištu

✓ Opisati obradu špaleta u troškovničkoj stavci!

GREŠKE U PRAKSI

- Podloške pri montaži – „kajle“



Zaostale drvene podloške deru folije i stvaraju hladne mostove



- ✓ Nakon primarnog bubrenja pjene, izbiti podloške, a otvore zapuniti izolacijskim materijalom (pjena, vuna, EPS, XPS...)



MUZA OSIJEK

71

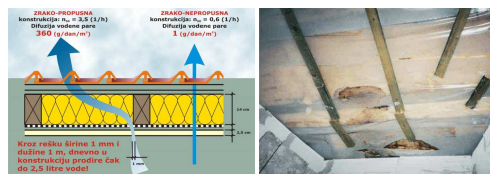
71

Posljedice (opasnosti) zrakopropusnih ovojnica zgrada

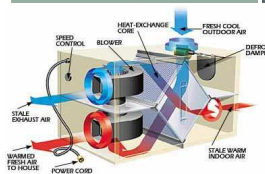
Povećani toplinski gubici



Kondenzacija vodene pare



Manja učinkovitost mehaničkih sustava ventilacije (u odnosu na rekuperaciju topline)



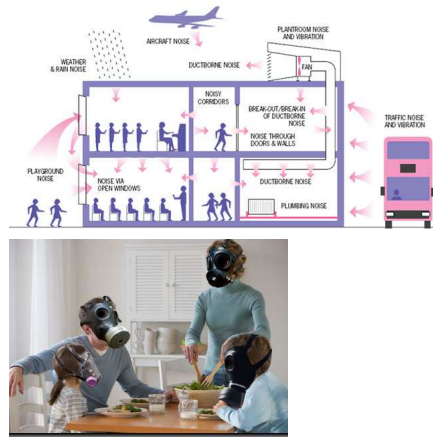
72

72

Posljedice (opasnosti) zrakopropusnih ovojnica zgrada

Smanjenje zvučne izolacije

Narušena kvaliteta unutarnjeg zraka



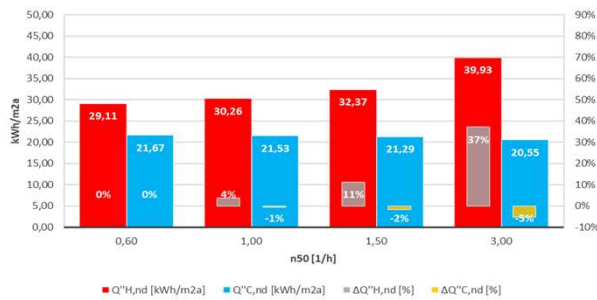
73

73

Ostvariti zrakonepropusnu vanjsku ovojnicu zgrade

- Isplativa mjera i smanjuje mogućnost štete**

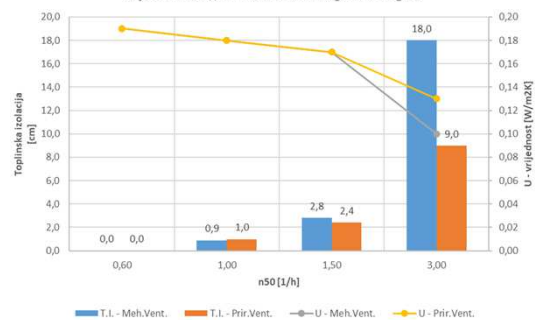
Porotherm 38 IZO PROFI + Lag.žbuka + Meh. vent. s povratom topline (84%) - Zagreb



Usporedba potrebne energije za grijanje i hlađenje za obiteljsku kuću smještenu u Zagrebu ovisno o zrakopropusnosti vanjske ovojnice zgrade (n50) – s prikazom relativnog povećanja (smanjenja) u odnosu na n50=0,60 1/h u %



Potrebna debljina toplinske izolacije za ostvarenje cca jednake Q*H,nd - za različite vrijednosti n50 // PTH 38 IZO PROFI + lag.žbuka - Zagreb



Usporedba potrebne debljine toplinske izolacije vanjskih zidova (potrebne U-vrijednosti zidova) za ostvarenje jednake potrebne energije za grijanje kao u slučaju PTH 38 IZO PROFI + Terca i n50=0,60 1/h, za obiteljsku kuću smještenu u Zagrebu i vrsti ventilacije

74

Gubici energije putem eksfiltracije zraka kroz vanjsku ovojnicu zgrade

❖ Belgija i Njemačka

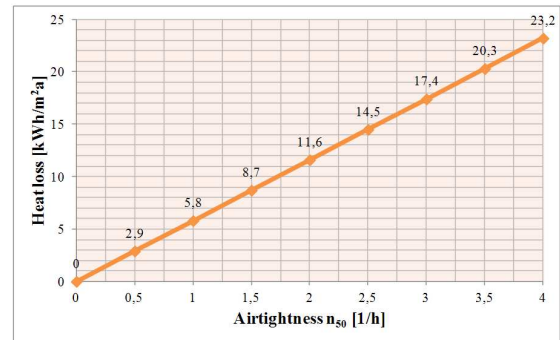
Zrakopropusnost vanjske ovojnice odgovorna za **10% toplinskih gubitaka u zgradi**, odgovara instalaciji fotonaponskih panela

❖ Francuska

Udio je procijenjen na **2 do 5 kWh/m²a za jediničnu promjenu broja izmjena zraka u prostoriji (n₅₀)** energije potrebne za grijanje prostora.

❖ Skandinavija

Udio je procijenjen na približno **10 kWh/m² a za jediničnu promjenu broja izmjena zraka u prostoriji n₅₀**.



Source: IEE Passnet project

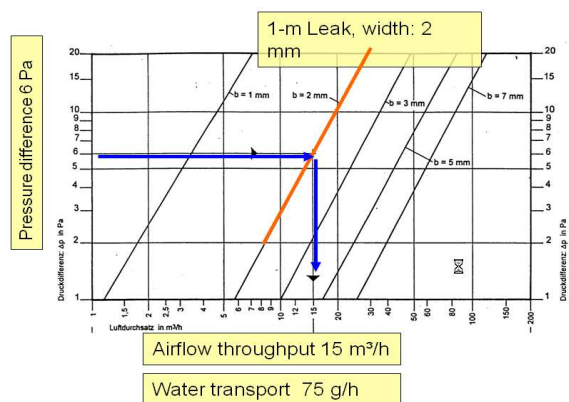


75

Infiltracija zraka + vodena para

- Infiltracija zraka se događa uslijed razlike tlakova na vanjskoj ovojnici popuštanja

Nomogram za proračun toka zraka kroz mjesta popuštanja



Izvor: IEE Passnet project



76

ŠTETA!

Nepravilna izvedba paro- i zrakonepropusne krovne konstrukcije s donje strane



77

77

Ostvariti zrakonepropusnu vanjsku ovojnicu zgrade

NZEB mora imati imaju **KONTINUIRANU** zrakonepropusnu ovojnicu.

- Tajna kontinuiteta je identificiranje materijala i proizvoda koji **ne propuštaju zrak**
- rješavanje problema spojeva i pukotina na odgovarajući način

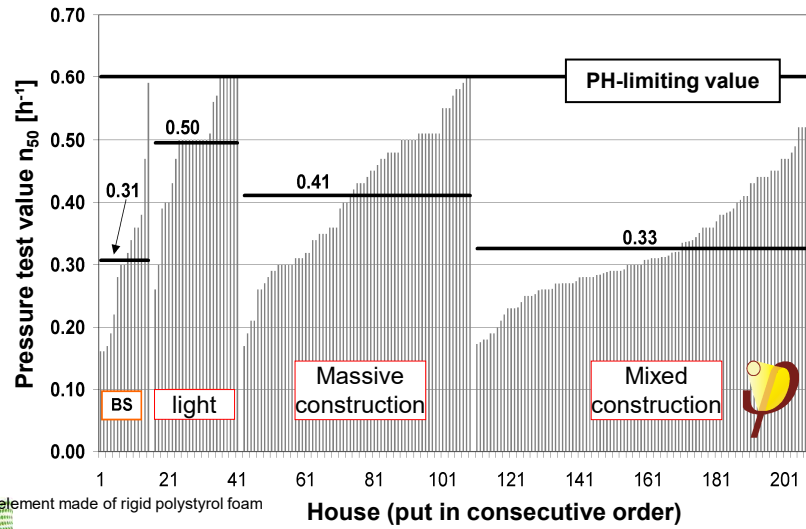
Potrebne vještine za ostvarenje kontinuiteta!



78

Traženu zrakonepropusnost moguće je postići s različitim tipovima gradnje

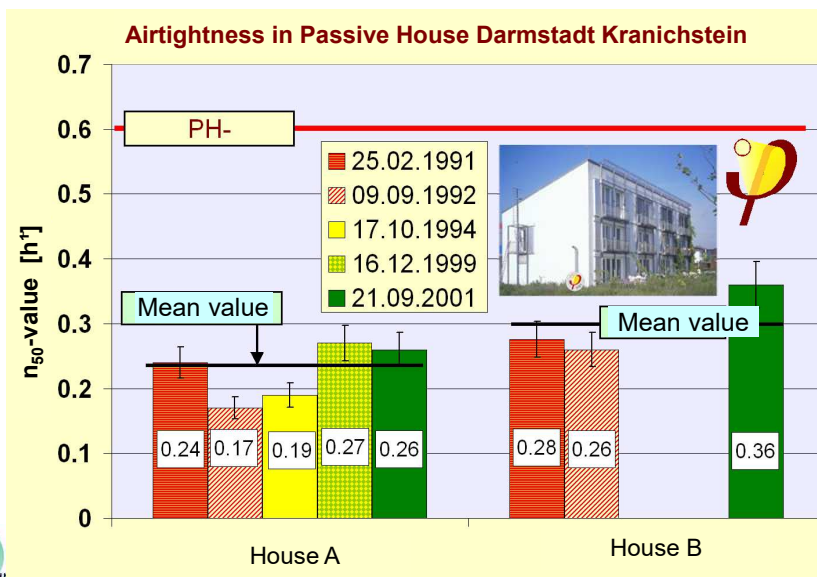
Izvor: Peper, S.: Airtightness in Passive Houses – Experiences from over 200 realised objects; Conference proceedings of the 4th Passive House Conference; Passive House Service GmbH; Kassel and Darmstadt 2000.



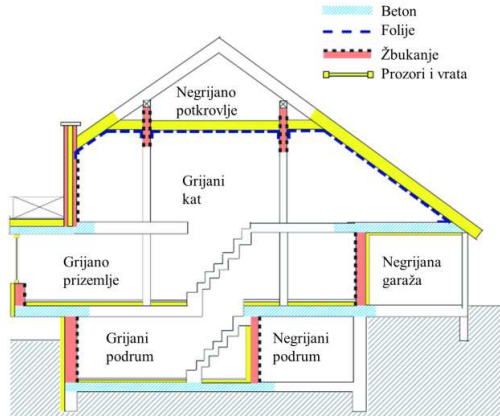
BS = Formwork element made of rigid polystyrol foam

Da li je zrakonepropusnost trajna?

Izvor: Soren Peper, Oliver Kah, Wolfgang Feist: About the long-term durability of airtightness concepts in passive houses – field measurements, final report. IEA.SHC.TASK.28 / ECBCS ANNEX 38. Passive House Institute, Darmstadt 2005 (in German only)



Zrakopropusnost je potrebno planirati i projektirati!

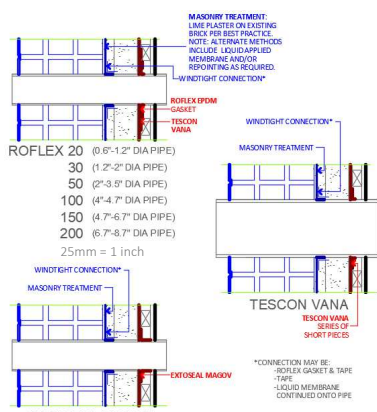


Projektiranje **JEDINSTVENOG** zrakonepropusnog sloja na cijeloj vanjskoj ovojnici zgrade

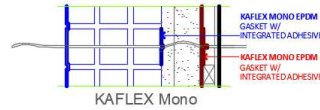
n_{50} max. 1.50 h⁻¹



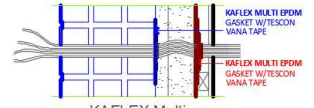
Detalji rješavanja kontinuirane toplinske i zrakonepropusne ovojnice (bez TM i infiltracije)



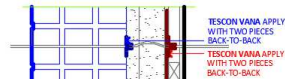
Pipe penetrations



KAFLEX Mono

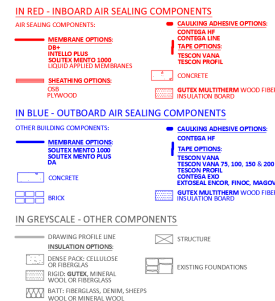


KAFLEX Multi



TESCON VANA, PROFIL OR KAFLEX POST

Cable penetrations



Source: www.foursevenfive.com



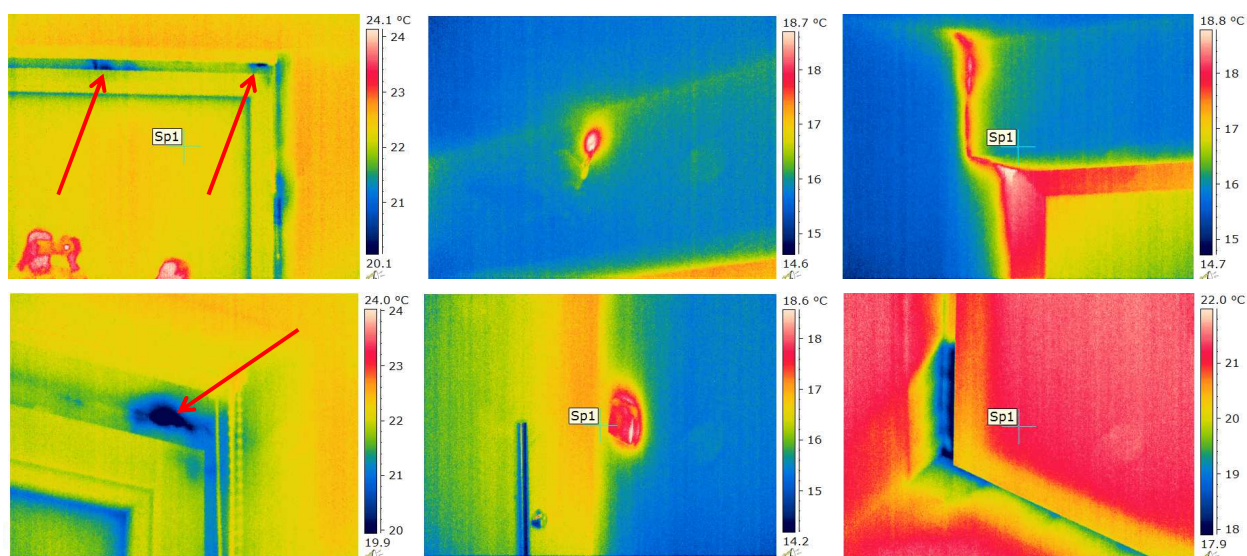
Primjer ispitivanja

- Obiteljska kuća smještena u blizini Zagreba
 - Ukupna površina vanjske ovojnice zgrade $A_e=342.66 \text{ m}^2$
 - Ukupna korisna površina je 173.63 m^2
 - Obujam grijanog zraka $V=420.03 \text{ m}^3$.
- Projektirana vrijednost (PHPP)
 - $Q''_{H,nd} = 11,3 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
 - Zrakopropusnost $n_{50} = 0,50 \text{ 1/h}$



83

Mjesta infiltracije



84

Rezultati

| | Podtlak | Predtlak |
|--|---------|----------|
| Protok zraka pri $\Delta p=50$ Pa [m ³ /h] | 1259 | 1170 |
| n_{50} [1/h] | 3.00 | 2.78 |
| w_{50} [m ³ /hm ²] | 3.674 | 3.414 |
| ELA [cm ²] | 628 | 583 |
| ELA [% ploštine vanjske ovojnice zgrade] | 0.018 | 0.017 |



85

Primjeri zrakopropusne ovojnice



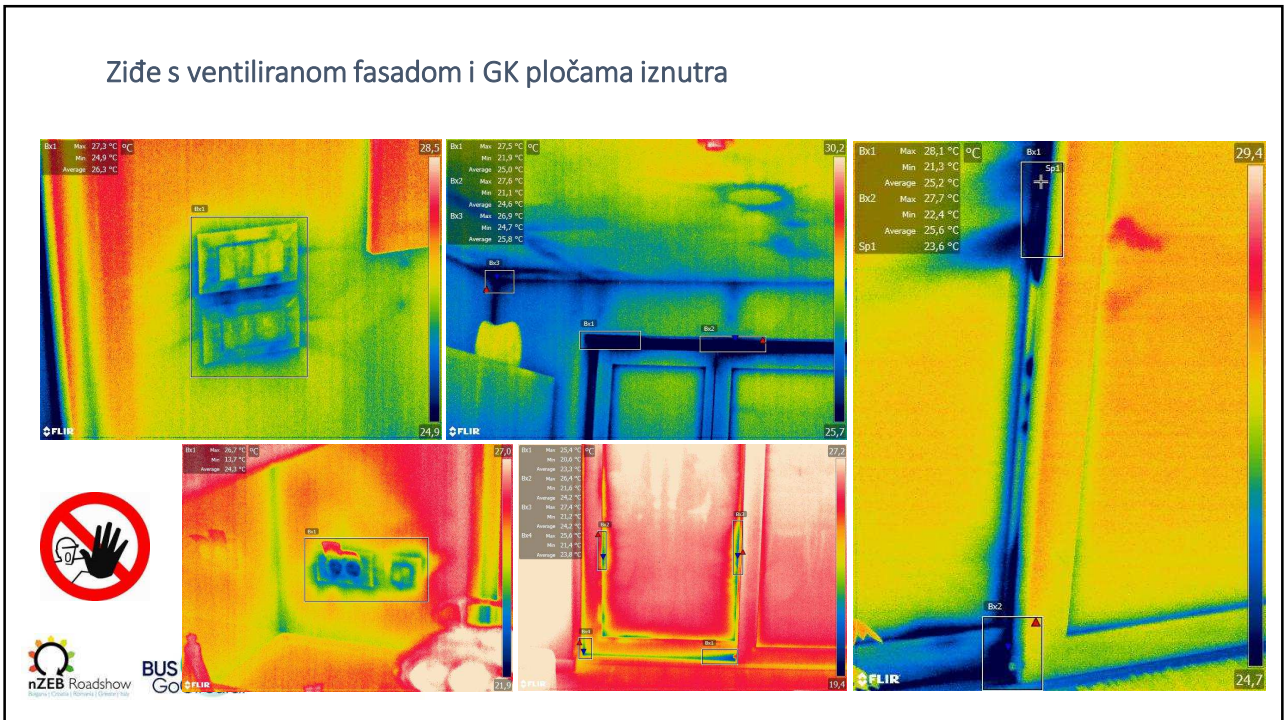
Source: B. Milovanovic



86

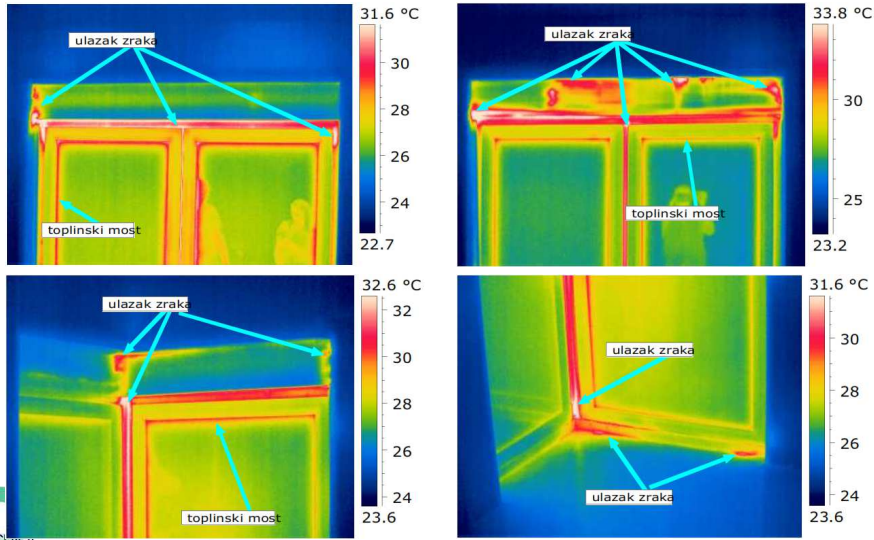


87



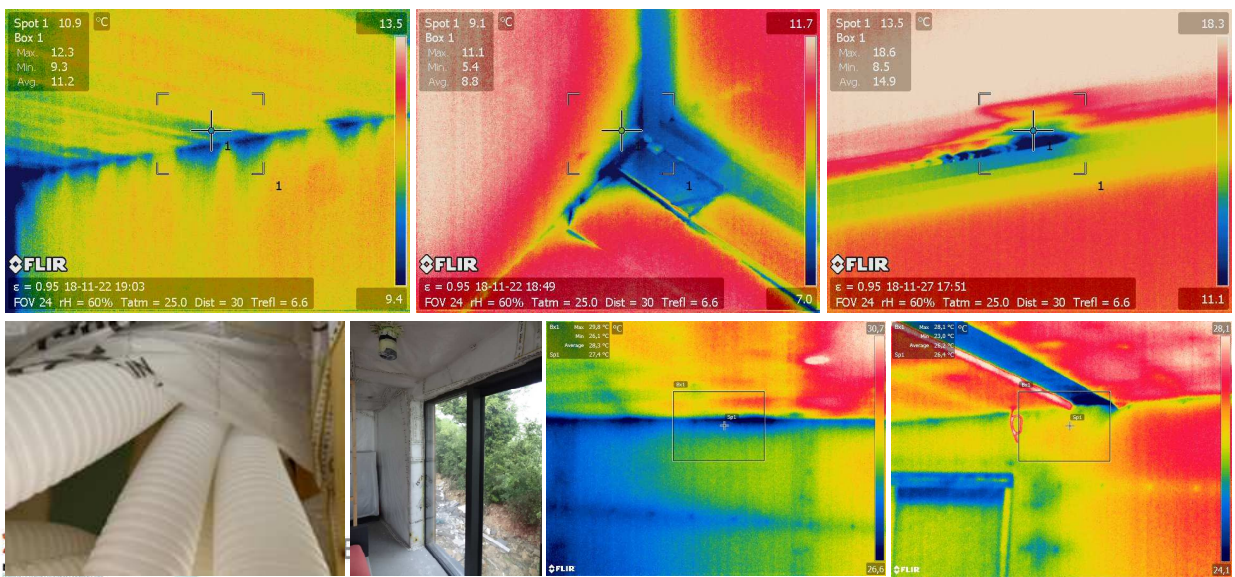
88

Rezultati ispitivanja



89

Drvena kuća - NZEB



90

Blower door + IC termografija = kvalitetna ocjena ovojnice zgrade



91

Zrakopropusni materijali



Neožbukana
opeka ili
blokovi



Neke vrste OSB
ploča



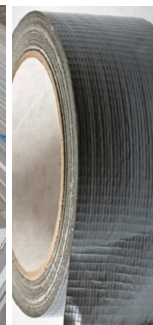
Ploče izolacije i
vanjska obloga



Neke vrste
ekspandirajućih
pjena



Gipskartonske
ploče



Obične trake,
selotejp, itd.



92

Proizvodi kojima **JE** moguće ostvariti zrakonepropusnost vanjske ovojnice zgrade



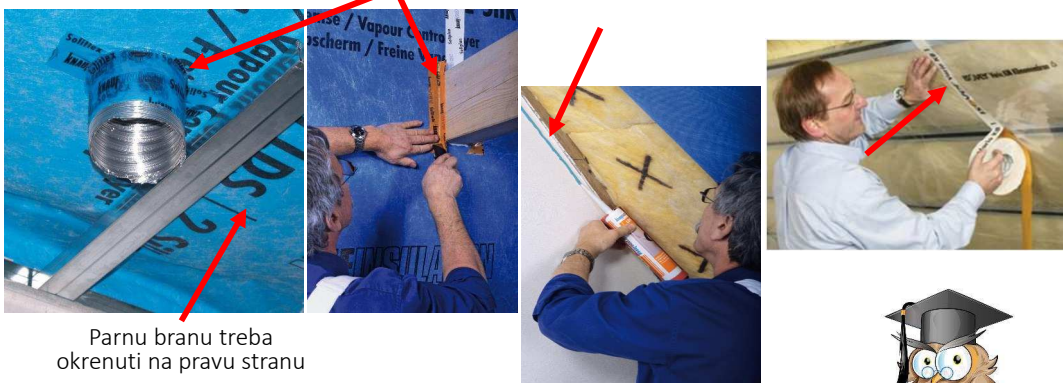
BUS
GoCircular

CONGREGATE

93

Zrakopropusnost - Brtvljenja

Brtviti proboje, spojeve i preklope



Parnu branu treba okrenuti na pravu stranu

To **nisu obične** ljepljive trake i kitovi !!!



BUS
GoCircular

CONGREGATE

94

„Obične“ folije, ljepljive trake i kitovi - uzrokuju ŠTETE !!!



95

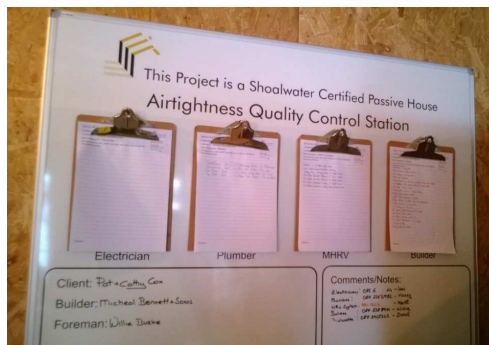
Komunicirati važnost zrakonepropusnosti na gradilištu

AIRTIGHT BUILDING

NO DRILLING AIRTIGHT CONSTRUCTION

NO CUTTING AIRTIGHT MEMBRANES

REPORT ALL PENETRATIONS TO SUPERVISOR



Innovative approach by Irish contractor where all penetrations by different trades are recorded on clipboards to be sealed by project airtightness champion

Frisch luftgedichtet!
Récemment étanchéifié à l'air!
Strato ermetico eseguito!
Just made airtight!

Luftdichtheitsschicht

Strato ermetico all'aria • Couche d'étanchéifié à l'air • Airtight layer

Schützen Sie Ihre wertvolle Arbeit!
Protégez votre précieux travail!
Proteggere il vostro prezioso lavoro!
Protect your valuable work!

NOTICE

This is an Air-tight House

No drilling, chasing, cutting without prior consent from Air-Tight supervisor.

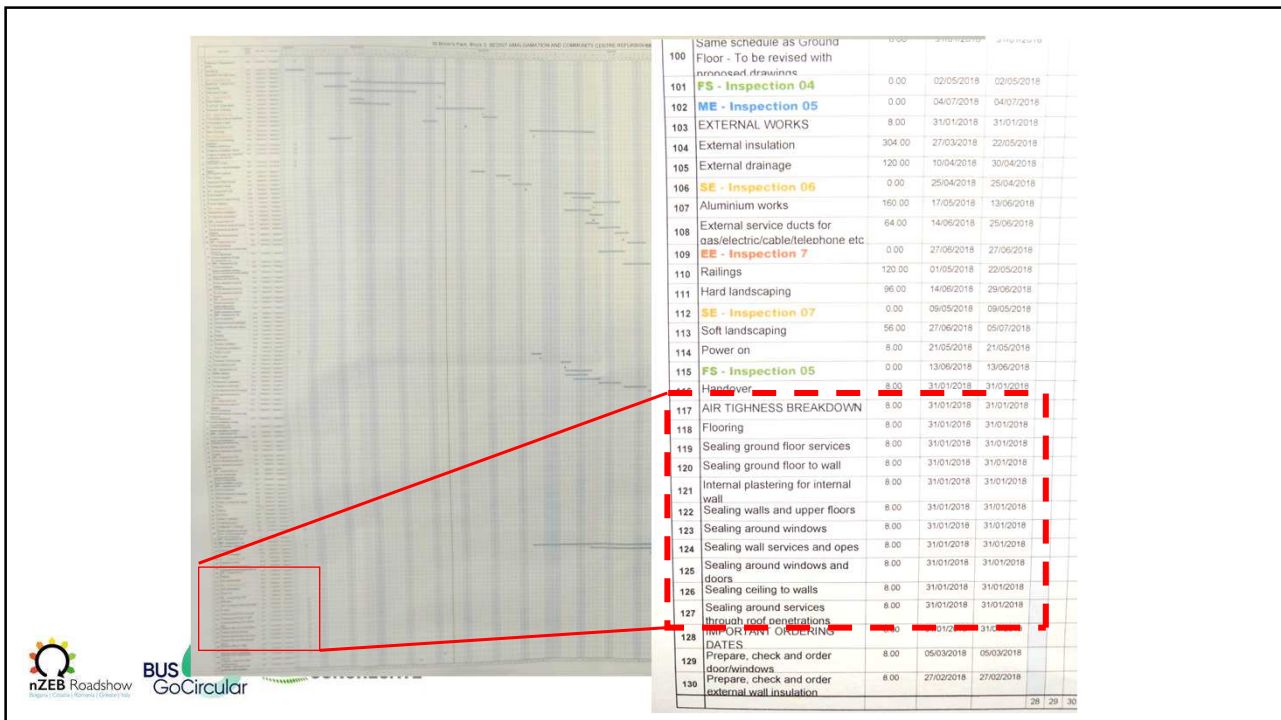
Any damage caused to Air-Tight layer will incur financial penalties to contractor, no exceptions.

Always if in doubt ask the Air-Tight supervisor.

Air-Tight Supervisor on this site



96



97

Pravi trenutak za ispitivanje zrakopropusnosti



NAPOMENA!!

Ispitivanje provesti prije izvođenja završnih radova (visoki "Rochbau")

Zračna barijera je još vidljiva;
idealno vrijeme za ispitivanje
Blower Doorom!



Mjerenje prije završnog žbukanja i gletanja, omogućava jednostavnije i jeftinije popravke te brtvljenje mjesta infiltracije u odnosu na popravke nakon završetka završnih radova ili nakon početka upotrebe zgrade.



98



KLJUČNO!

**EDUKACIJA INŽENJERA I ARHITEKATA
(IZVOĐAČA, NADZORA,...)**

VRLO VAŽNO OBRAZOVANJE I VJEŠTINE



99

Toplinski mostovi



100

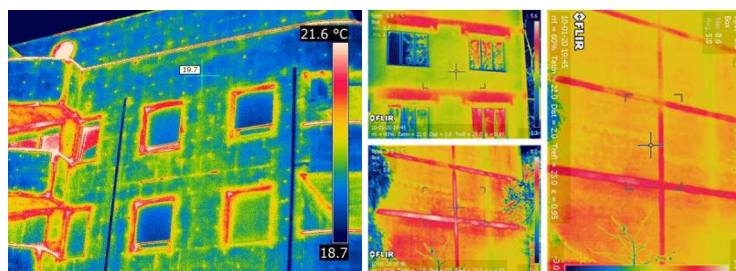
Uvod

- Veliki udio potrošnje energije zemlje odnosi se na **prijenosne (transmisijske) gubitke topline** kroz vanjsku ovojnicu grijanog dijela zgrade,
 - cca **1/10** ukupne potrošnje energije neke zemlje otpada na kompenzaciju **transmisijskih gubitaka topline**.
 - Od toga se **cca. 70 %** gubitaka računski odnosi na plošne gubitke topline, (**U-vrijednosti**)



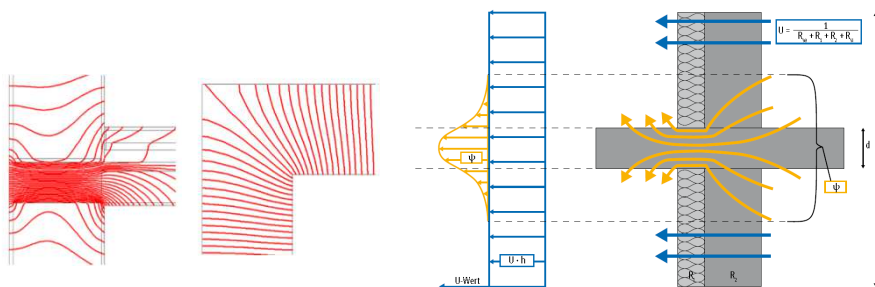
Uvod

- **preostalih 30 %** odnosi se na gubitke topline kroz rubna područja, pregibe, točkaste proboje i netipične dijelove ploha omotača
- Mjesta na kojima se javljaju ovakvi gubici topline nazivaju se **PODRUČJA TOPLINSKIH MOSTOVA**



Definiranje toplinskih mostova

- Prema *Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 128/15, 70/18, 73/18, 86/18, 102/20)* toplinski su mostovi definirani kao:
 - „*je manje područje u ovojnici grijanog dijela zgrade kroz koje je toplinski tok povećan radi promjene proizvoda, debljine ili geometrije građevnog dijela*“.



103

103

Vanjska toplinska izolacija – Vanjski zidovi

Kritični detalji



Dostava [37]



**Imati na umu KONTINUITET
toplinske ovojnice!**

**Mnoštvo potencijalnih
TOPLINSKIH MOSTOVA koje
treba ispravno riješiti!**



104

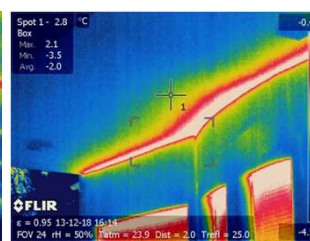
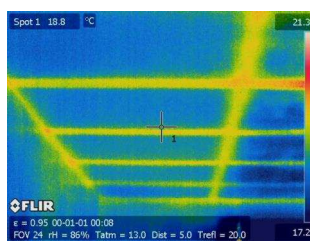
Kakvi sve toplinski mostovi postoje?



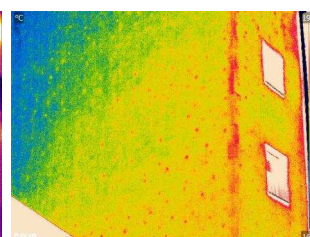
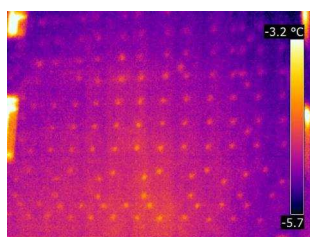
105

Prema obliku TM razlikuju se:

- Linijski TM



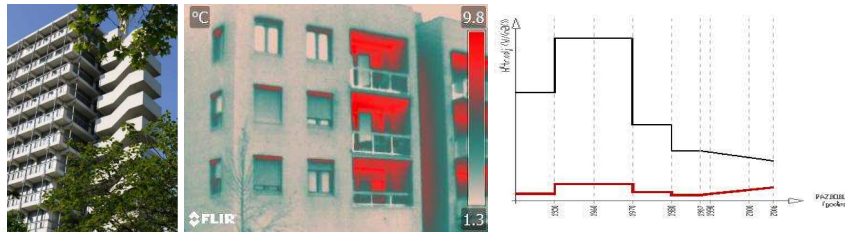
- Točkasti TM



106

Porast relativnog udjela TM u ukupnim gubicima

- U razdoblju od 2006. godine do danas se nastavlja trend jačanja toplinskih brana i smanjenja prijenosnih gubitaka topline,
 - ali taj trend **ne prate rješenja zaštite zona toplinskih mostova**,
 - Nezanjanje projektanata / izvođača / investitora
- **učešće TM u ukupnim transmisijskim gubicima topline se relativno povećava**



107

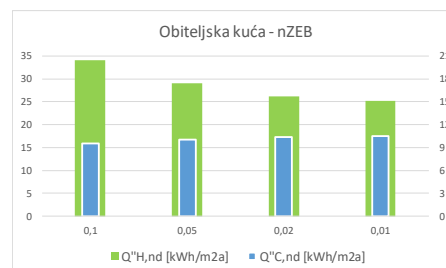
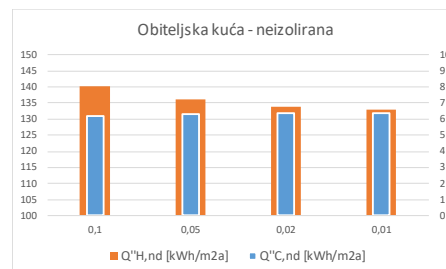
Primjer: - utjecaj TM na potrošnju energije

Kuća u Varaždinu

- $A_k = 182,40 \text{ m}^2$
- $A = 407,45 \text{ m}^2$
- $V_e = 570 \text{ m}^3$

Paušalni dodatak

- $\Delta U_{TM} = 0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$
- $\Delta U_{TM} = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$
- $\Delta U_{TM} = 0,02 \text{ W/m}^2\text{K}$
- $\Delta U_{TM} = 0,01 \text{ W/m}^2\text{K}$



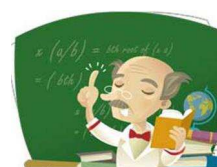
108

Kod projektiranja i građenja zgrada vrijedi načelo:

**TOPLINSKI MOSTOVI SE MORAJU IZBJEĆI, ODNOSNO
NJIHOVO DJELOVANJE TREBA ŠTO VIŠE OSLABITI**

*Koristiti sve ekonomski prihvatljive
tehničke i tehnološke mogućnosti!*

• ZAŠTO?



109

109

Posljedice toplinskih mostova:

1. Povećani **gubici topline** iz zgrade tijekom zime
2. **Kondenzacija** vodene pare na površini
3. Razvoj **gljivica / plijesni**
4. Razaranje građevnih dijelova uslijed **korozije**
5. Povećano gomilanje prašine na vlažnoj površini
6. Pukotine radi različitog toplinskog rada
7. Razaranje građevnih dijelova uslijed smrzavanja
8. Odvajanje žbuke, naliča, tapeta
9. Povećanje toplinske provodljivosti izolacijskih materijala
10. Iscvjetavanje soli

Što je jači stupanj toplinske izolacije zgrade jača su i lokalna orošavanja uz toplinske mostove.



110

110

Razlozi građevnih šteta uslijed orošavanja na TM kod zgrada suvremene izvedbe

- **Zgrade bez primjene TI**, - nepovoljni **utjecaji TM nisu jako izraženi**
 - niža RH zraka u prostoriji (**veći n_{50}**)
 - plošna temperatura je približno jednaka u cijeloj prostoriji,
 - pa se kondenzat pravilno raspoređivao, upijao u podlogu i isušivao bez posebno štetnih posljedica.
- **Zgrade s jakom, kontinuiranom TI** - **utjecaj TM je jače izražen**
 - Viša RH zraka u prostoriji (**ako nema mehaničke ventilacije; manji n_{50}**)
 - jer je veći dio unutarnje površine zagrijan na temperature više od rosišta,
 - osim u lokalnim (i malim) područjima TM gdje se ukupna količina vodene pare iz prostorije kondenzira.



111

Primjer:

- temperatura u uglu prostorije

- **lijevo**: nezaštićen toplinski most koji čini podna ploča konzolnog balkona.
 - plošna temperatura na stropu donje prostorije je **samo 12,76 °C**
 - **Doći će do orošavanja.**
- **desno**: konzolna AB ploča je toplinski odvojena,
 - plošna temperatura na stropu donje prostorije **17,63 °C**
 - **neće doći do orošavanja... UVJETNO!**



- Temperature rošenja

| Temperatura zraka [°C] | Temperature rošenja u °C kod relativne vlage zraka | | | | | | | | | | |
|------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 50% | 55% | 60% | 65% | 70% | 75% | 80% | 85% | 90% | 95% | 100% |
| +20 | 9,3 | 10,7 | 12,0 | 13,2 | 14,3 | 15,4 | 16,5 | 17,4 | 18,3 | 19,2 | 20 |
| +22 | 11,1 | 12,5 | 13,9 | 15,2 | 16,3 | 17,4 | 18,4 | 19,4 | 20,3 | 21,2 | 22 |
| +25 | 13,8 | 15,3 | 17,7 | 17,9 | 19,1 | 20,2 | 21,3 | 22,3 | 23,2 | 24,1 | 25 |
| +30 | 18,5 | 19,9 | 21,2 | 22,8 | 24,2 | 25,3 | 26,4 | 27,5 | 28,5 | 29,2 | 30 |

112

Kako znam koliko je ozbiljan moj toplinski most?



113

113

Karakteriziranje (opisivanje) TM s obzirom na dodatne toplinske gubitke

- Preostale toplinske mostove treba uvijek uzeti u obzir
 - kod **proračuna transmisijskih toplinskih gubitaka** zgrade i
 - kod **ocjene rizika kondenzacije** i razvoja plijesni.
- Dodatni transmisijski toplinski gubici kroz TM karakteriziraju se koeficijentom prolaska topline TM i to:
 - **Duljinskim koeficijentom prolaska topline Ψ** u W/(mK)
 - kod linijskih TM
 - **Točkastim koeficijentom prolaska topline χ** u W/K
 - kod točkastih TM



114

114

Duljinski koeficijent prolaska topline, ψ

- ψ kvantificira utjecaj linijskog toplinskog mosta (povećanje prolaska topline) na ukupni toplinski tok
 - jednak je povećanju stacionarnog toplinskog toka kroz linijski toplinski most, u odnosu na neporemećeno područje
- Izražava se u $W/(m \cdot K)$.



Proračun duljinskih koeficijenata prolaska topline iz 3D proračuna

- Vrijednost duljinskog koeficijenta prolaska topline, ψ , određuje se iz izraza:

$$\psi = L_{2D} - \sum_{j=1}^{N_j} U_j l_j$$

- gdje je
 - L_{2D} koeficijent toplinske veze dobiven iz 2-D proračuna komponente koja razdvaja dva promatrana okoliša, u $W/(m \cdot K)$,
 - U_j plošni koeficijent prolaska topline 1-D komponente j koja razdvaja dva promatrana okoliša, $[W/(m^2 \cdot K)]$
 - l_j duljina na koju se odnosi vrijednost U_j , [m]
 - N_j broj 1-D komponenata.

Točkasti koeficijent prolaska topline, χ

- χ kvantificira utjecaj točkastog toplinskog mosta (povećanje prolaska topline) na ukupni toplinski tok
 - jednak je povećanju stacionarnog toplinskog toka kroz točkasti toplinski most, u odnosu na neporemećeno područje
- Izražava se u W/K.



117

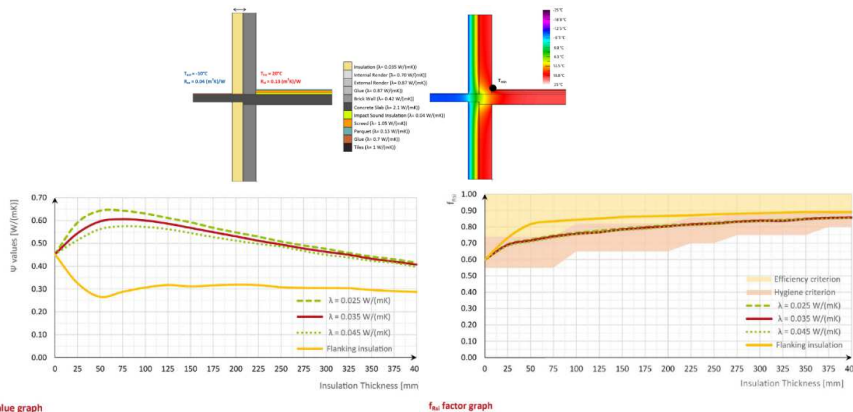
Karakteriziranje (opisivanje) TM s obzirom na dodatne toplinske gubitke

- Metode određivanja vrijednosti koeficijenta prolaska topline TM:
 - Katalozi / atlasi TM ($\pm 20\%$)
 - Numeričke metode ($\pm 5\%$)
 - "Ručni" proračun ($\pm 20\%$)
 - Pretpostavljene vrijednosti (0% do +50%)
- Ovisno o zahtijevanoj točnosti proračuna prijenosa topline...

118

Katalozi detalja

- Izvadak iz kataloga detalja prema EN DIN 4108
 - Preduvjet je da se koriste isti materijali i debljine



| d_1 [cm] | $d_2 = 12$ cm | $d_2 = 16$ cm | $d_2 = 24$ cm | | | |
|---------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|-------|------|
| | ψ | $\theta_{s,room}$ | ψ | $\theta_{s,room}$ | | |
| 4 | 0,264 | 15,7 | 0,275 | 15,8 | 0,276 | 15,9 |
| 6 | 0,301 | 15,8 | 0,315 | 15,9 | 0,321 | 16,0 |
| 8 | 0,324 | 15,8 | 0,339 | 15,9 | 0,349 | 16,0 |
| 10 | 0,338 | 15,8 | 0,355 | 15,9 | 0,368 | 16,1 |
| 12 | 0,347 | 15,8 | 0,366 | 15,9 | 0,381 | 16,1 |
| 14 | 0,353 | 15,9 | 0,373 | 16,0 | 0,390 | 16,1 |
| 16 | 0,356 | 15,9 | 0,377 | 16,0 | 0,396 | 16,1 |
| 18 | 0,359 | 15,9 | 0,381 | 16,0 | 0,401 | 16,1 |
| 20 | 0,360 | 15,9 | 0,383 | 16,0 | 0,405 | 16,1 |
| 24 | 0,361 | 15,9 | 0,387 | 16,0 | 0,411 | 16,1 |

| d_1 [cm] | $d_2 = 12$ cm | $d_2 = 16$ cm | $d_2 = 24$ cm | | | |
|---------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|--------|------|
| | ψ | $\theta_{s,room}$ | ψ | $\theta_{s,room}$ | | |
| 4 | -0,032 | 17,1 | -0,028 | 17,3 | -0,033 | 17,4 |
| 6 | -0,040 | 17,4 | -0,036 | 17,6 | -0,039 | 17,8 |
| 8 | -0,044 | 17,6 | -0,039 | 17,8 | -0,039 | 18,0 |
| 10 | -0,045 | 17,7 | -0,040 | 17,9 | -0,039 | 18,2 |
| 12 | -0,047 | 17,8 | -0,040 | 18,0 | -0,039 | 18,3 |
| 14 | -0,048 | 17,9 | -0,041 | 18,1 | -0,038 | 18,4 |
| 16 | -0,049 | 18,0 | -0,042 | 18,2 | -0,038 | 18,4 |
| 18 | -0,050 | 18,0 | 0,042 | 18,2 | -0,037 | 18,5 |
| 20 | -0,052 | 18,1 | -0,043 | 18,3 | -0,037 | 18,5 |
| 24 | -0,055 | 18,1 | -0,045 | 18,3 | -0,037 | 18,6 |



119

Proračun utjecaja TM na toplinske gubitke – numeričke metode (2)

- HRN EN ISO 10211:2008** Toplinski mostovi u zgradarstvu – Toplinski tokovi i površinske temperature – Detaljni proračuni
 - Dani su **detaljni podaci o 3-D i 2-D geometrijskom modelu** TM za numeričke proračune
 - Zadani su **rubni uvjeti**: temperature i plošni otpori prijelaza topline
 - Određen je postupak validacije numeričkih metoda proračuna TM
- HRN EN ISO 10211-2:2008** Toplinski mostovi u zgradarstvu – Toplinski tokovi i površinske temperature – 2. dio: Linijski toplinski mostovi
 - Dane su **specifikacije za 2-D geometrijski model linijskog** TM za proračun koeficijenta Ψ i proračun donje granice najmanjih površinskih temperatura
- HRN EN ISO 6946:2002** Građevni dijelovi i građevni dijelovi zgrada – Toplinski otpor i koeficijent prolaska topline – Metoda proračuna
 - u dodatku D – **ispravci za zračne šupljine i mehaničke spojnice**
 - Određivanje vrijednosti χ :



120

120

Kako smanjiti utjecaj toplinskih mostova?

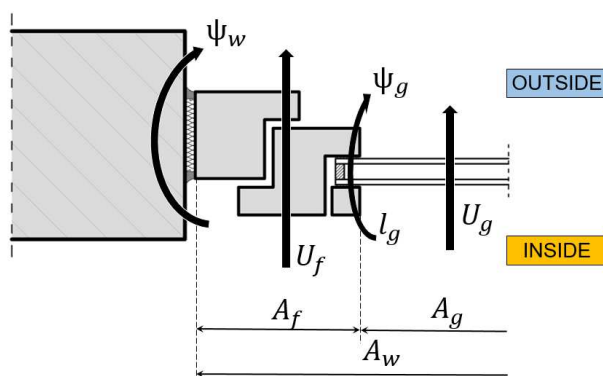


121

Gubici topline kroz prozore

- Koeficijent prolaska topline prozora

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + l_g \Psi_g}{A_g + A_f}$$



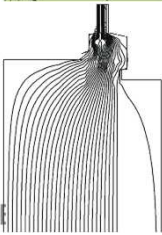
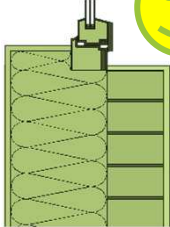
122

Prozori - Ugradnja prozora

Preporučena ugradnja

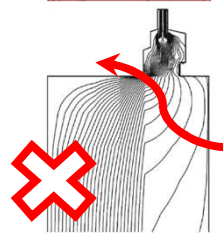
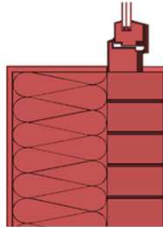


$\Psi_{\text{install}} = 0.005 \text{ W/(mK)}$
 $U_{\text{w,eff}} = 0.78 \text{ W/(m}^2\text{K)}$



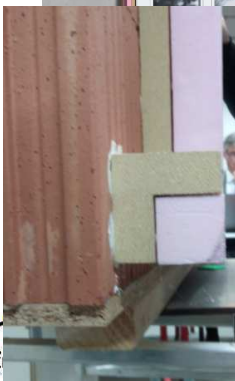
Ekstremno loša ugradnja

$\Psi_{\text{install}} = 0.15 \text{ W/(mK)}$
 $U_{\text{w,eff}} = 1.19 \text{ W/(m}^2\text{K)}$



BU
G

123



NAPREDNA RJEŠENJA

CONGREGATE



124

Rub stakla

MALENA KOMPONENTA, VELIKI UTJECAJ!

- Važna za razmatranje
- Smanjuju gubitke energije po opsegu (rubu) dvostrukog (trostrukog ili četverostrukog) stakla,
- Smanjuje U_w – vrijednost prozora i fasada.

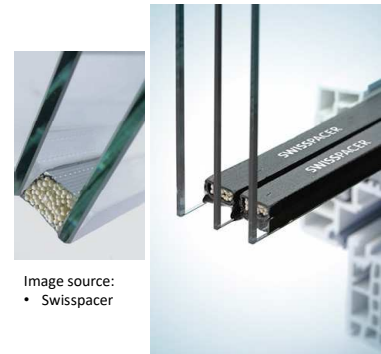
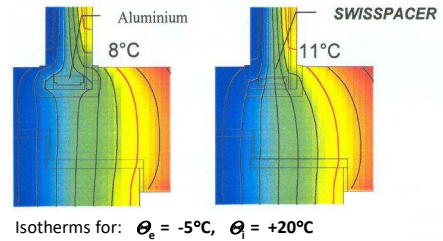
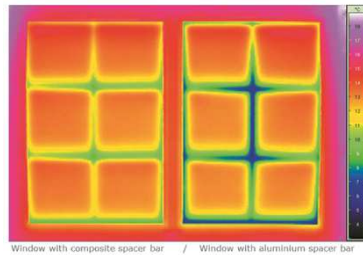


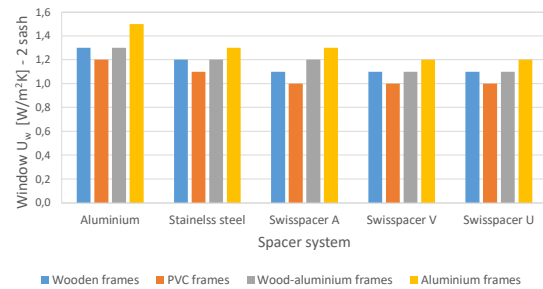
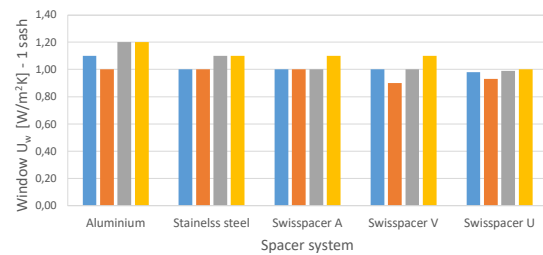
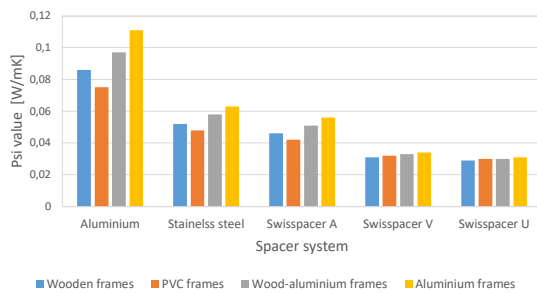
Image source:
• Swisspacer



125

Utjecaj ruba stakla

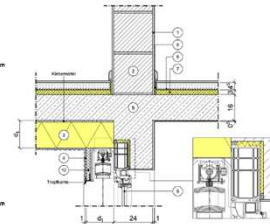
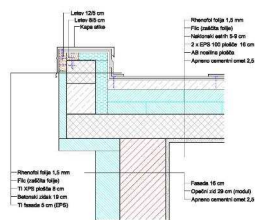
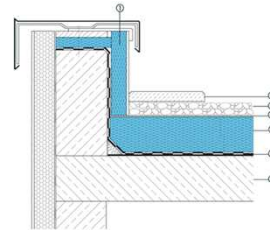
Data source:
• Swisspacer



126

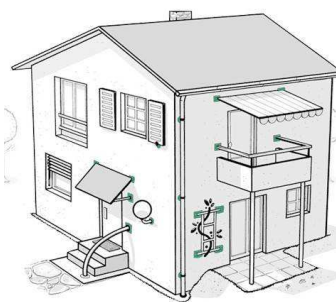
Načini i sredstva za smanjenje utjecaja TM

- **Obavijanjem slojem toplinske izolacije** svih ploha betonskih istaka koje probijaju glavnu toplinsku branu,
 - tj. izvedbom sekundarne toplinske brane, tzv. „sustav pakiranja“;

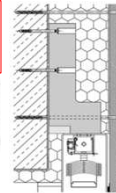
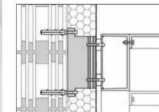


127

Načini i sredstva za smanjenje utjecaja TM – u ETICS-u



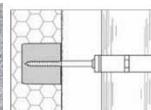
• Montažni element od tvrde poliuretanske pjene i pjenasto oblikovanim metalnim pločama



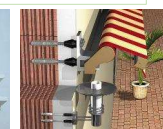
Elementi za montažu vanjskih rasvjetnih tijela



Montažna pločica od polipropilena
Montažni cilindar od vrlo čvrstog EPS-a



Vijčani spoj s prekidom TM



128

Prekidi konstrukcije

- različiti proizvodi, raznovrsna namjena

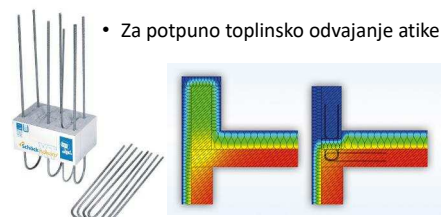
- ugrađen na predgotovljene, montažne, konzolne balkone



- Za pričvršćenje čeličnih elemenata, u beton ili čelik



- Za ugradnju u prvi red opeke iznad temelja ili podruma

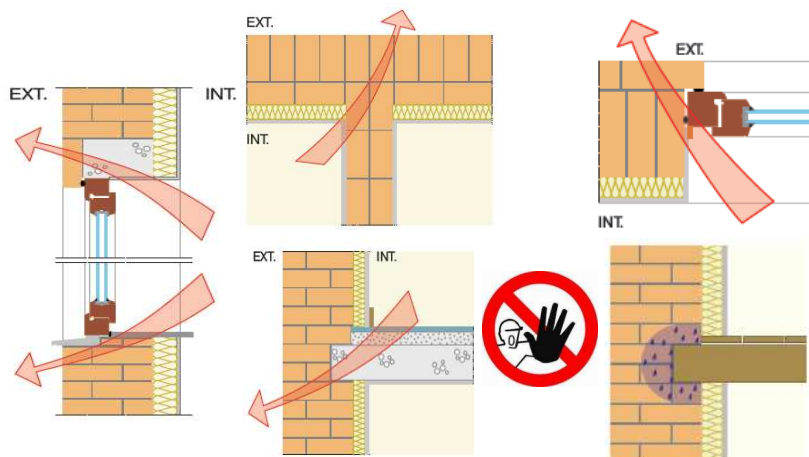


- Za potpuno toplinsko odvajanje atike



129

IZVOĐENJE UNUTARNJE IZOLACIJE

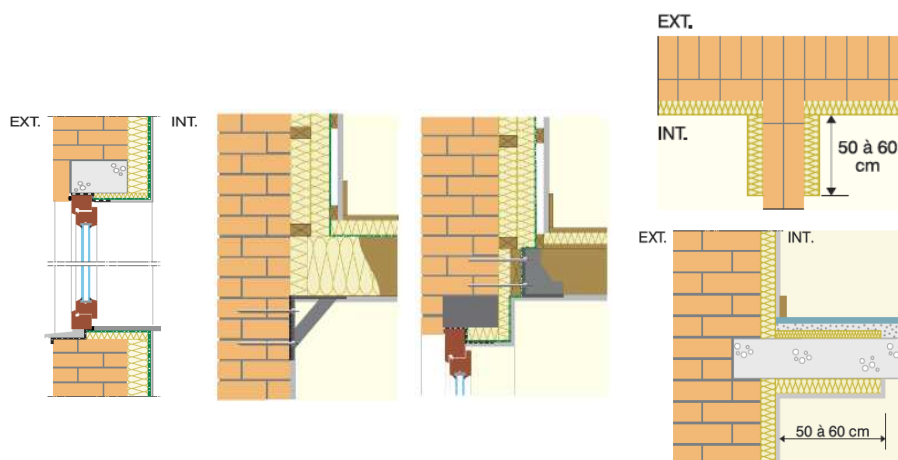


Loše izvođenje izolacije s unutarnje strane na mjestima toplinskih mostova



130

IZVOĐENJE UNUTARNJE IZOLACIJE

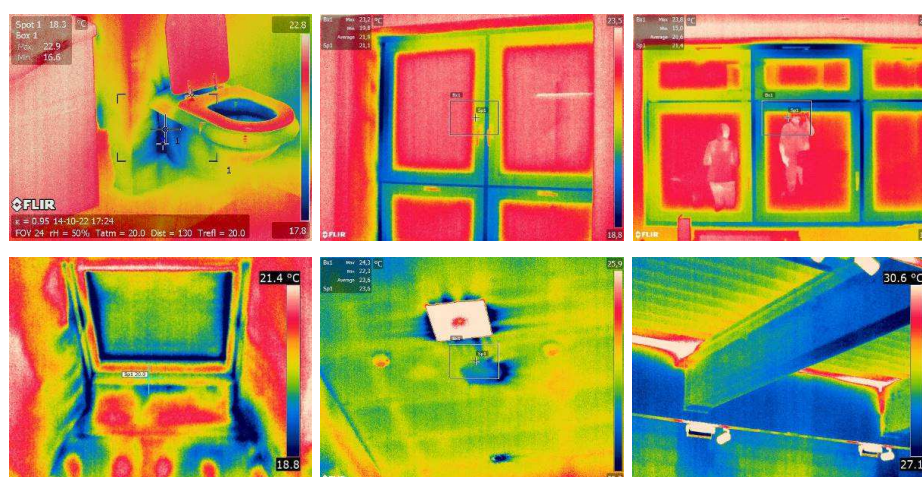


Dobro izvođenje izolacije s unutarnje strane na mjestima toplinskih mostova



131

Jesmo li spremni za izvedbu kvalitetne vanjske ovojnice zgrade?



132

Hvala na pažnji!

