



BUDUĆNOST UGODNOG STANOVANJA
31. ožujka 2012.

Važnost osiguranja kvalitete izvođenja energetski efikasne zgrade

Bojan Milovanović, dipl.ing.građ.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
UNIVERSITY OF ZAGREB
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Zrakopropusnost zgrada

- Mjera **nekontrolirane propuštanja (infiltracije) zraka kroz vanjsku ovojnicu zgrade.**

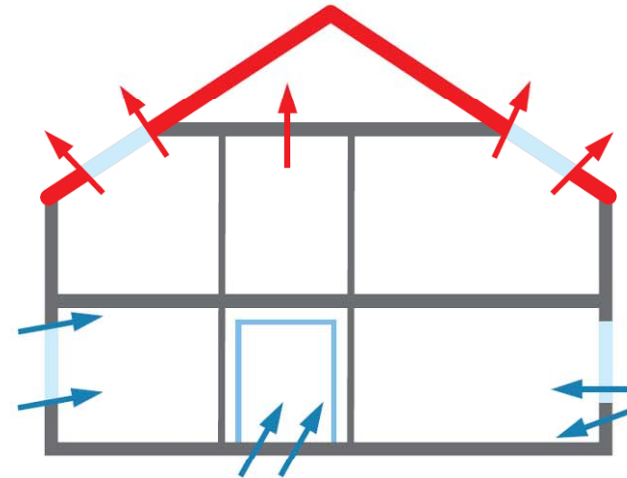
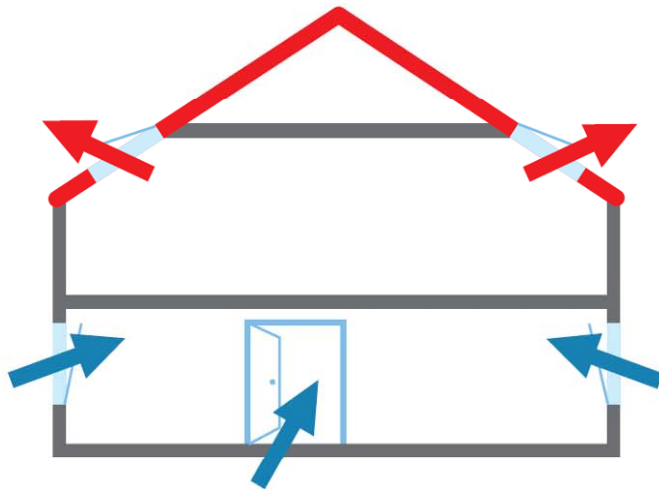
*Prisilno/namjerno
provjetravanje*

+

*Nekontrolirano
propuštanje*

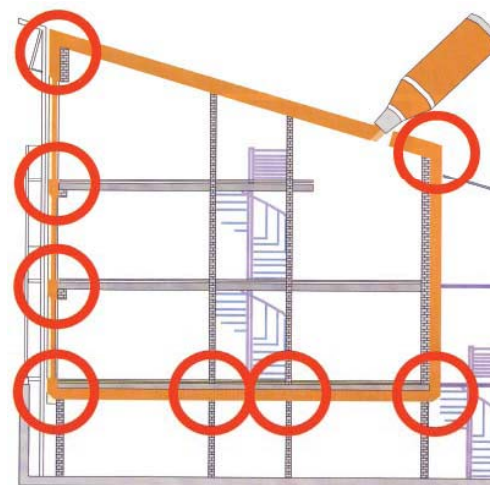
=

*Ukupno
provjetravanje*

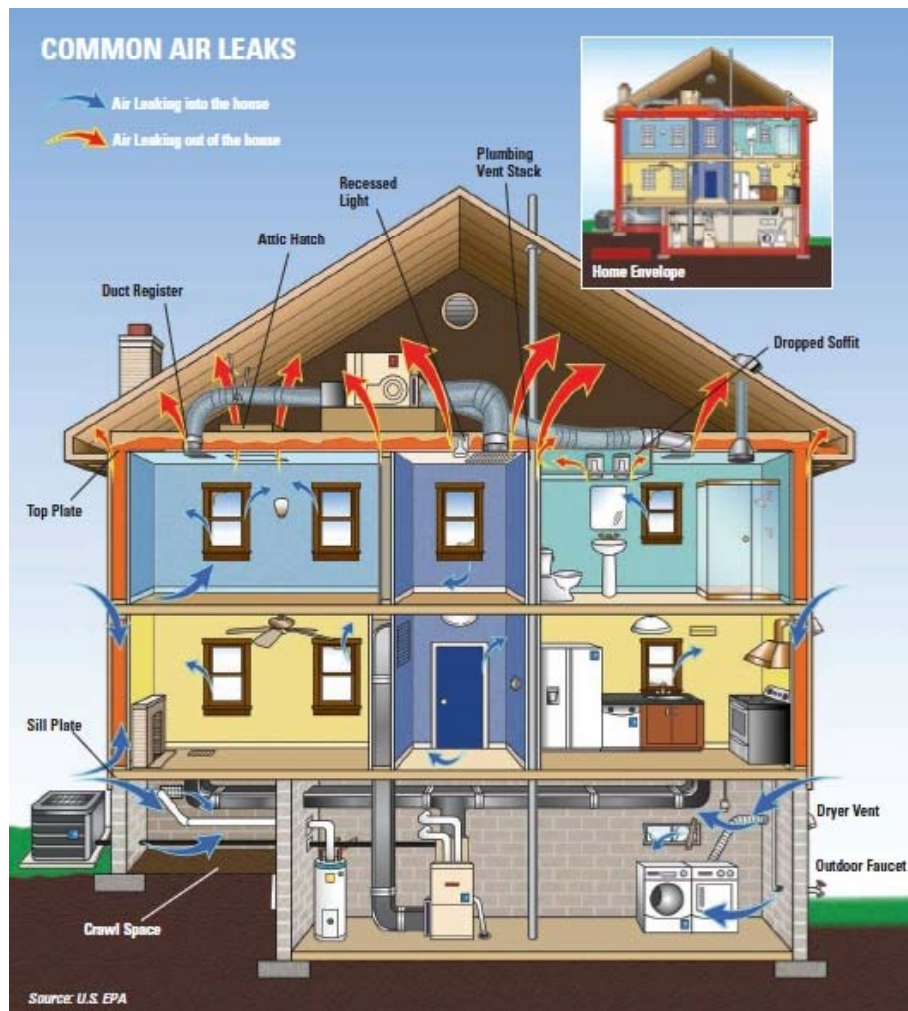


Dobro izolirane zgrade - principi

- Omotač zgrade uključuje dva elementa
 - Kontinuirana zračna barijera
 - Potpuno izolacijsko pokrivanje
- Oni moraju biti kontinuirani i u međusobnom kontaktu



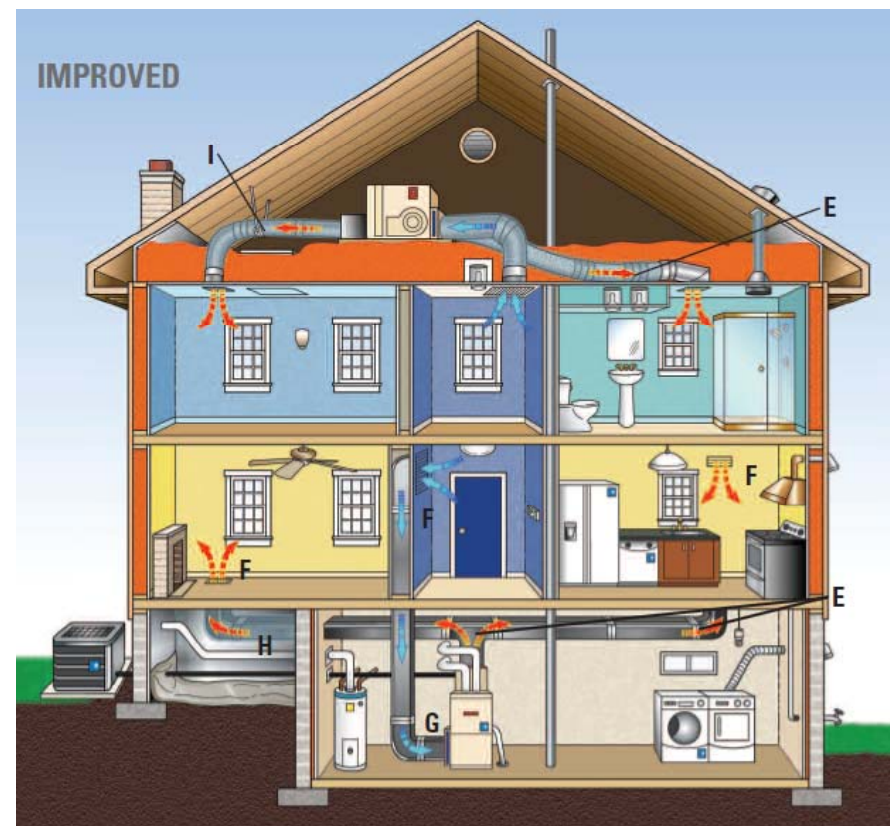
Zrakonepropusnost – motivacija



STROJARSTVO I GRAĐEVINARSTVO
GRAĐEVINSKI FAKULTET
UNIVERSITY OF ZAGREB
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

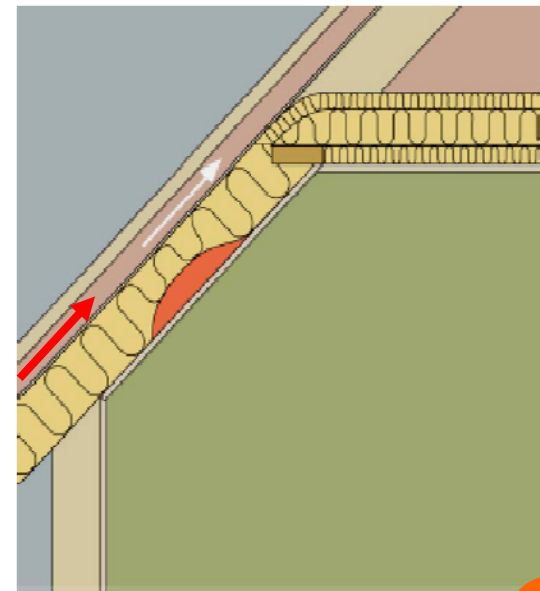
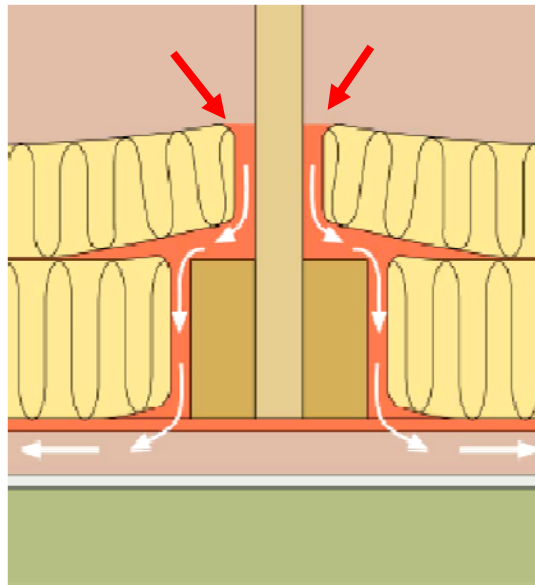
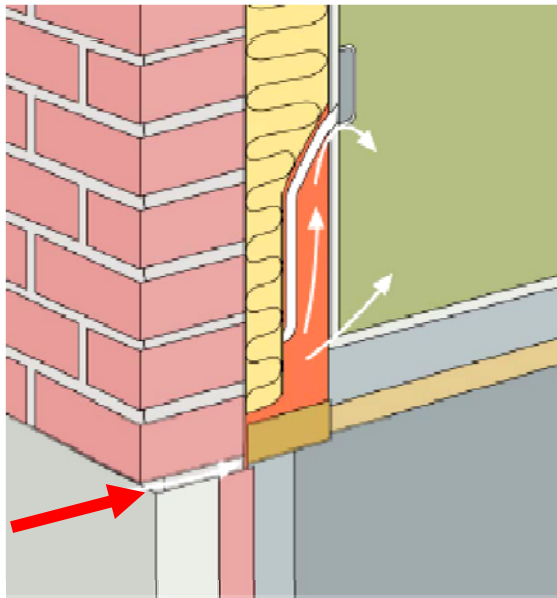


- Brtvljenjem smanjiti neželjene gubitke topline i optimirati tehničke sustave



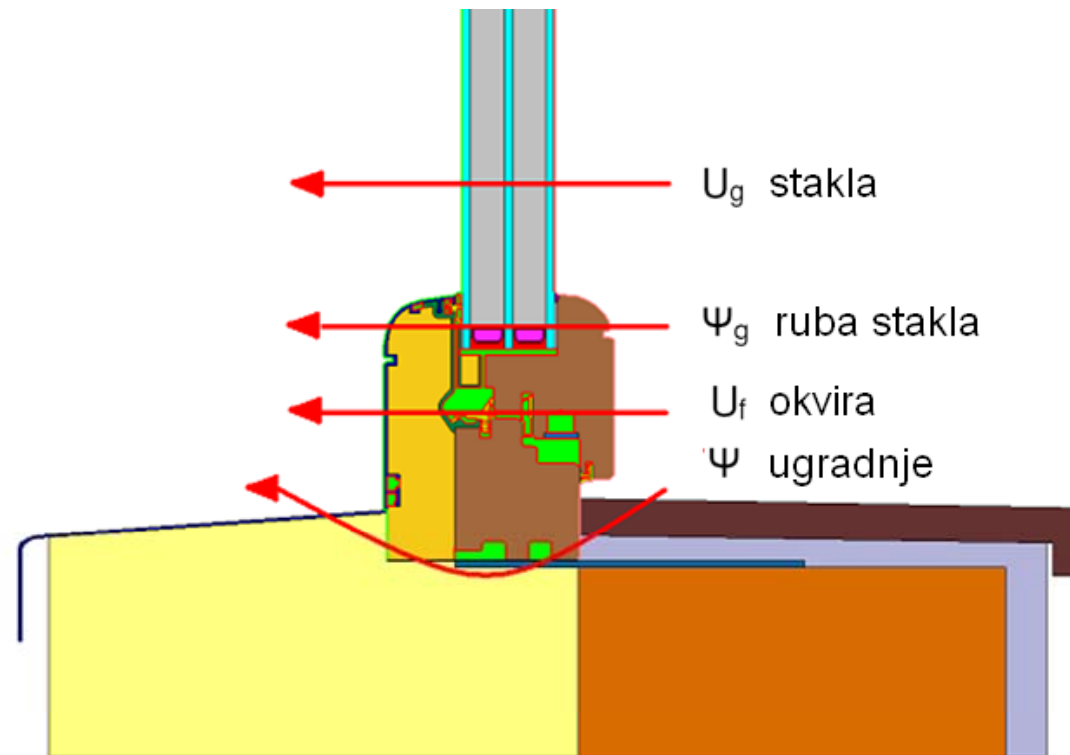
Propusnost

- Podrijetlo loše izolacije



Gubici topline kroz prozore

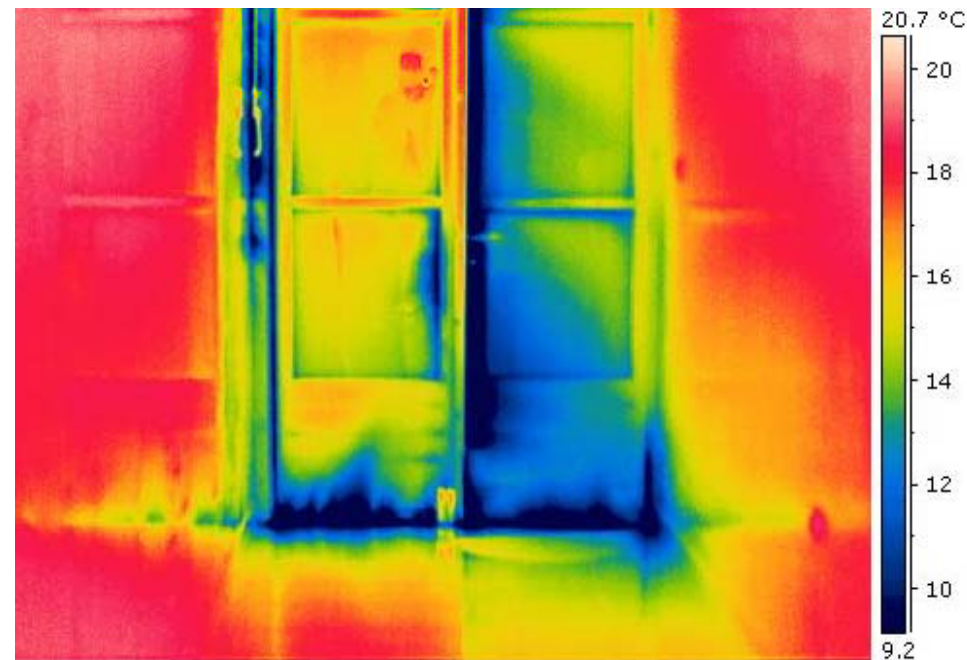
- Pojedinačni gubitci topline u funkciji ukupnih toplinskih gubitaka kroz prozor



Gubici topline kroz prozore

- Infiltracija hladnog zraka zbog loše ugradnje i lošeg brtvljenja

Bez blower door-a



Zrakopropusna vanjska ovojnica zgrade može rezultirati:

- Toplinskim gubicima
- Ulazak vodene pare u građevne dijelove – rizik kondenzacije
- Manja učinkovitost mehaničkih sustava ventilacije
 - (u odnosu na rekuperaciju topline)



Zrakopropusnost zgrade - propisi:

Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 110/08):

- Članak 14

(1) Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje zgrade, $Q_{H,nd}$ (kWh/a), izračunava se u skladu s normom HRN EN ISO 13790:2008, uz sljedeće uvjete:

....

- kod proračuna koeficijenta toplinskog gubitka provjetravanjem, H_{ve} , broj izmjena zraka, n , određuje se prema HRN EN ISO 13789:20XX za srednju razinu nepropusnosti za zrak omotača zgrade.

Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama

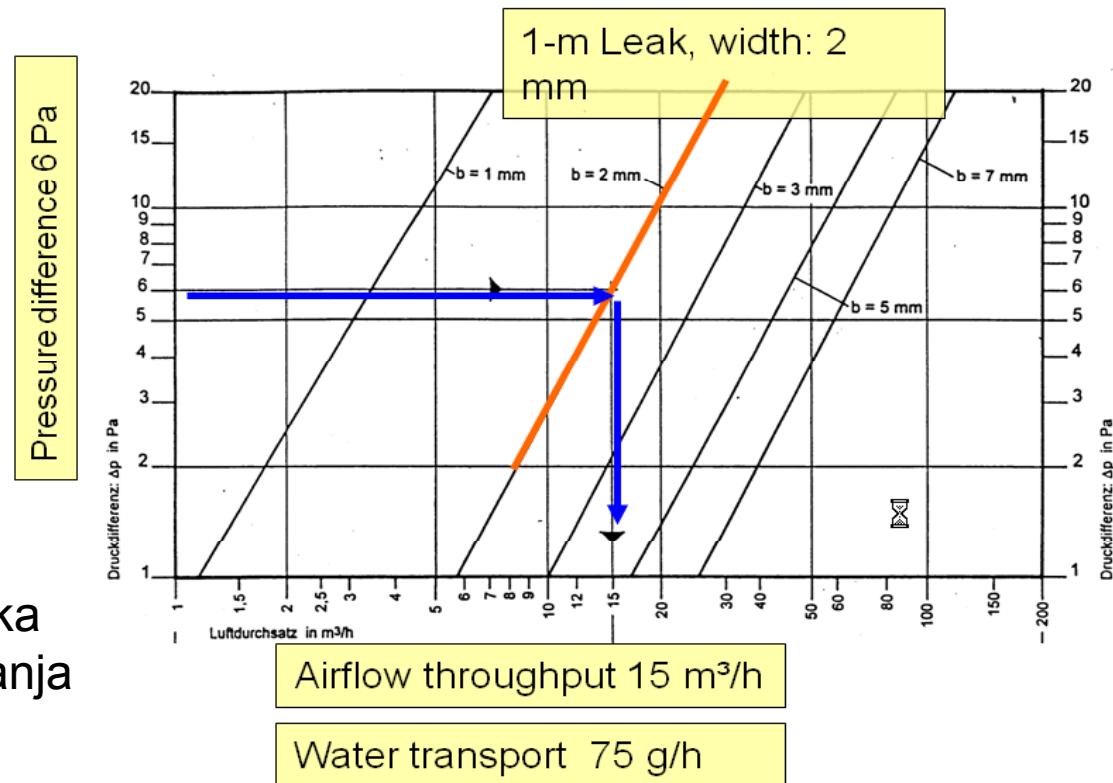
- Zgrada mora biti **projektirana i izgrađena** na način da građevni dijelovi i prozirni elementi koji čine omotač grijanog prostora zgrade, **budu zrakonepropusni**
- Metoda „**Blower door**“ je namijenjena za ispitivanje zahtjeva Tehničkog propisa
 - Provodi se **obavezno prema članku 23.** Tehničkog propisa



Zrakopropusnost vanjske ovojnice

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

Nomogram za proračun toka zraka kroz mjesta propuštanja



Gubici energije putem eksfiltracije zraka kroz vanjsku ovojnicu

- **Belgija i Njemačka**

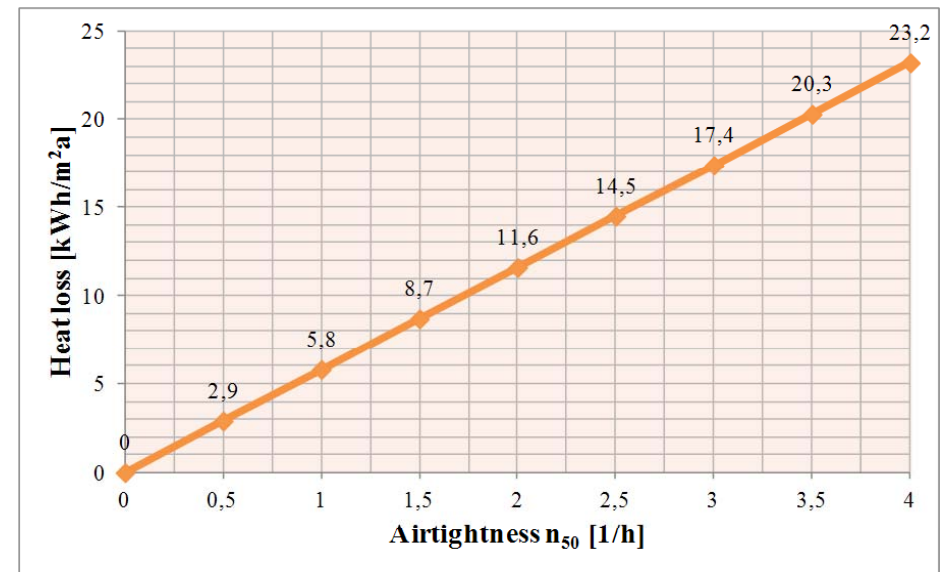
- Zrakopropusnost vanjske ovojnice odgovorna za **10% toplinskih gubitaka u zgradi**, odgovara instalaciji fotonaponskih panela.

- **Francuska**

- Udio je procijenjen na **2 do 5 kWh/m²a** za jediničnu promjenu broja izmjena zraka u prostoriji (n_{50}) enegije potrebne za grijanje prostora.

- **Skandinavija**

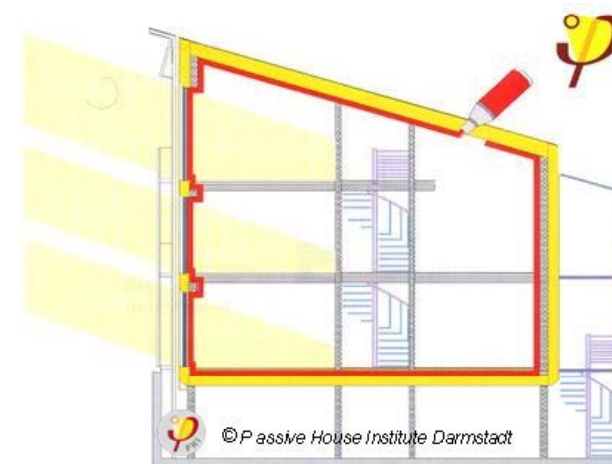
- Udio je procijenjen na približno **10 kWh/m² a** za jediničnu promjenu broja izmjena zraka u prostoriji n_{50} .



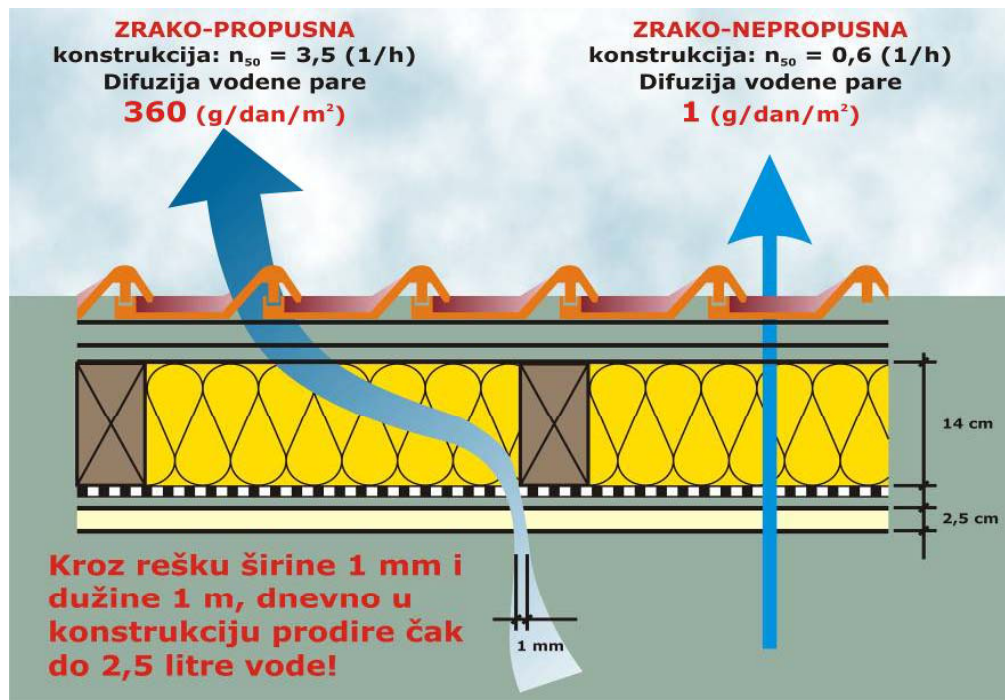
Source: IEE Passnet project

Zrakopropusnost – temelj za gradnju pasivne kuće

- Zrakopropusnost nije problem **samo u hladnim klimatskim uvjetima**
 - U toplim klimatskim uvjetima **može smanjiti potrebnu energiju za hlađenje zgrada**
- Vrlo niskoenergetske zgrade (PassivHaus, Minergie-P, Effinergie) postavljaju specifične zahtjeve na propusnost vanjske ovojnice i HVAC sustava
 - PassivHaus – zahtjev je **max 0.6 1/h pri razlici tlakova od 50 Pa** između unutrašnjeg i vanjskog tlaka (n_{50})



Ulazak vodene pare u građevne dijelove zgrade



Source: Centrum pasivního domu



Mjerenje zrakopropusnosti

- S mjeriteljskog stajališta, zrakopropusnost podrazumijeva **mjerenje protoka zraka kroz vanjsku ovojnicu zgrade** kao funkciju razlike tlakova unutrašnjeg i vanjskog zraka.

$$\dot{V}_{\Delta p_r} = C_L \cdot (\Delta p_r)^n$$

$\dot{V}_{\Delta p_r}$ - protok zraka kroz vanjsku ovojnicu zgrade [m³/h]
 Δp_r - razlika tlakova unutrašnjeg i vanjskog zraka [Pa]
 n - eksponent tečenja ($0.5 < n < 1$). Tipična vrijednost je 0.66
 C_L - koeficijent tečenja zraka [m³ h⁻¹ Pa⁻ⁿ]



Mjerenje zrakopropusnosti

- Protok zraka kroz vanjsku ovojnicu zgrade pri razlici tlakova Δp_r podijeljena s volumenom grijanog zraka u zgradi V daje **broj promjena ukupnog volumena zraka pri specifičnoj razlici tlakova Δp_r** .

$$n_{\Delta p_r} = \frac{\dot{V}_{\Delta p_r}}{V}$$

- Prema HRN EN 13829:2002 navedene vrijednosti trebaju biti proračunate za razliku tlakova od 50 Pa i označena s n_{50}

Kada provoditi mjerenja?

- Preporuča se mjerenje zrakopropusnosti **neposredno prije završetka vanjske ovojnice zgrade (visoki rochbau).**
- Mjerenje brije 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.



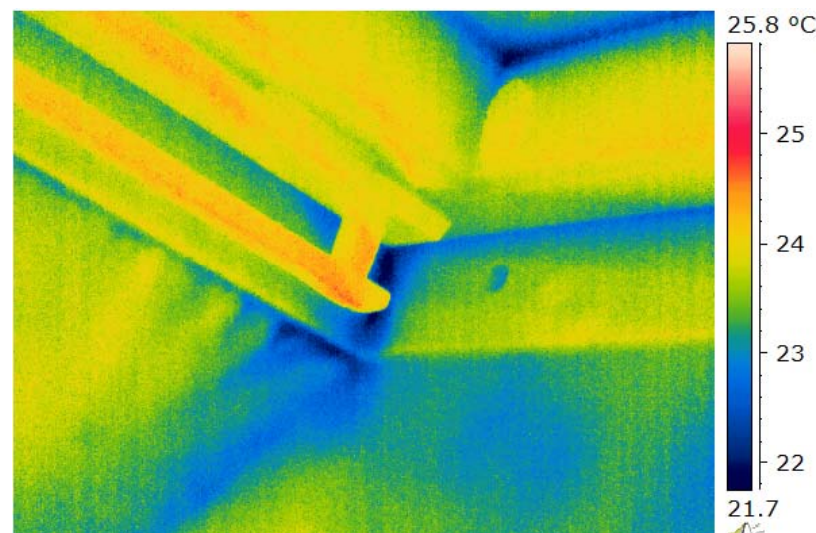
Mjesta infiltracije na vanjskoj ovojnici mogu se lokalizirati korištenjem



Anemometra



Hladnog dima



Infracrvene termografije

Primjer ispitivanja

- Obiteljska kuća smještena u blizini Zagreba
- 1. “Passivna kuća” u Hrvatskoj
 - 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)
 - $Q''_{\text{hnd}} = 11,3 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
 - Zrakopropusnost $n_{50} = 0,50 \text{ l/h}$

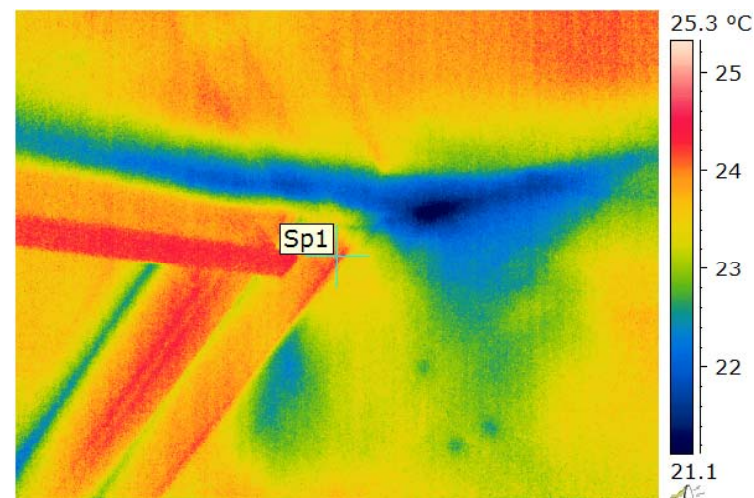
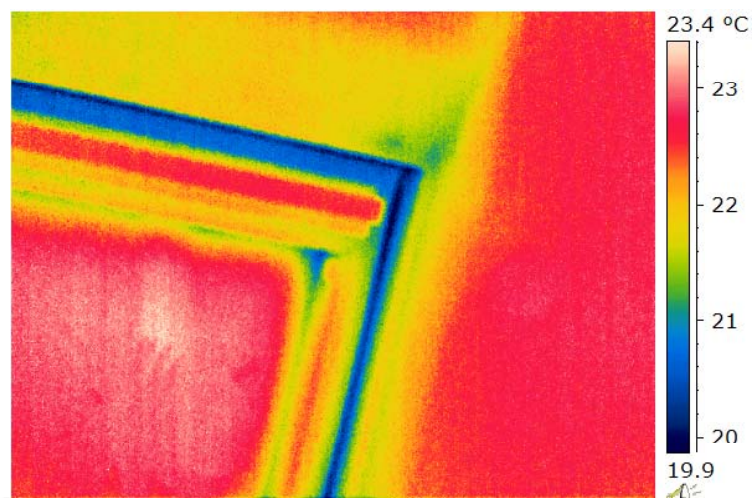
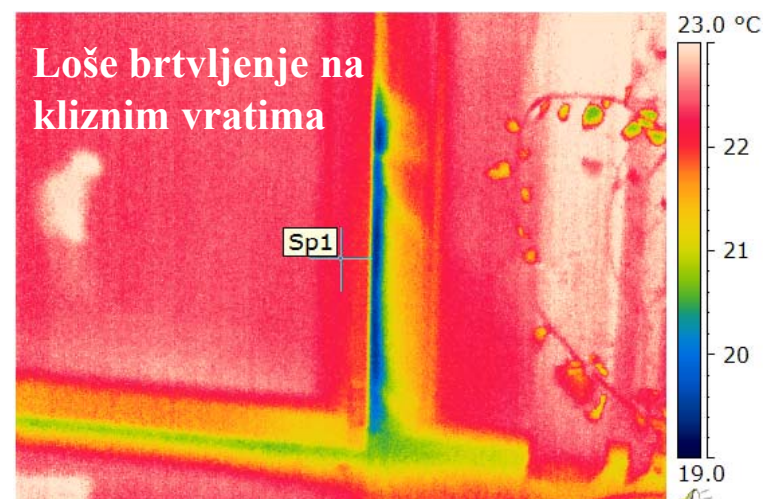
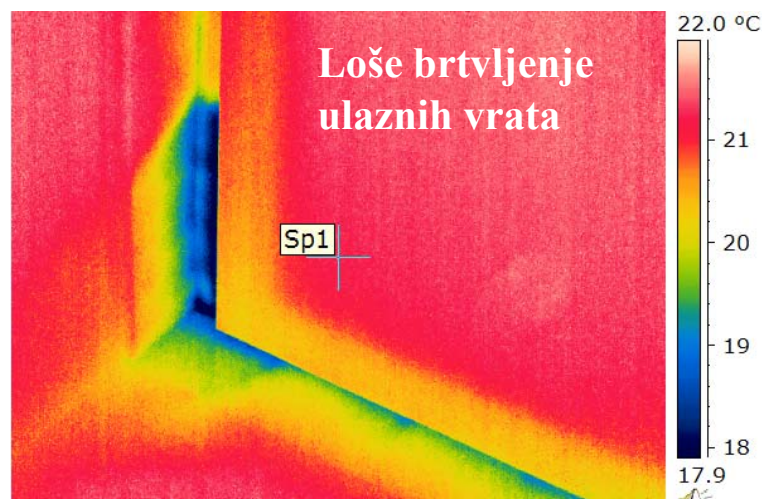


Infiltracija

- Infiltracija hladnog zraka je detektirana korištenjem hladnog dima i IC kamere.
 - **Hladnim dimom** pokazao se kao tehnika pogodnija za **točnu lokaciju mjesta (točke) infiltracije**,
 - **IC kamera** je korisna za **definiranje problematičnog područja**, nekoliko decimetara kvadratnih i za bilježenje (dokazivanje) rezultata ispitivanja.
- **Podtlak se pokazao kao prikladnija tehnika** za termografsko snimanje



Infiltracija



GRABEVINSKI FAKULTET
UNIVERSITY OF ZAGREB
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING



Loša ugradnja krovnog prozora, prije ispitivanja (lijevo)
tijekom ispitivanja blower door (desno)

Rezultati

- Kuća je ispitivana tako daje u njoj postignut **predtlak**, a zatim i na način da je postignut **podtlak**

	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

w_{50} – specifični protok zraka kroz vanjsku ovojnicu zgrade pri razlici tlakova 50 Pa

n_{50} – broj izmjena ukupnog volumena zraka u prostoriji pri razlici tlakova od 50 Pa

ELA

- Kako bi se s aspekta izvođenja radova dobio osjećaj za rezultate koji su dobiveni, izračunata je ekvivalentna površina kroz koju dolazi do infiltracije (**equivalent leakage area (ELA)**)
- **ELA** je površina oštarih rubova kroz koju bi se dobila *ista funkcija protoka ovisno o razlici tlakova kao što se to događa i kroz nenamjerne propuste u vanjskoj ovojnici zgrade*.
 - Drugim riječima, ELA je površina koja ima isti protok pri danom tlaku.
 - ELA se može iskoristiti kao koristan podatak, ali to je samo aerodinamički ekvivalentna površina te se zbog toga **mora promatrati samo kao približna vrijednost**.

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

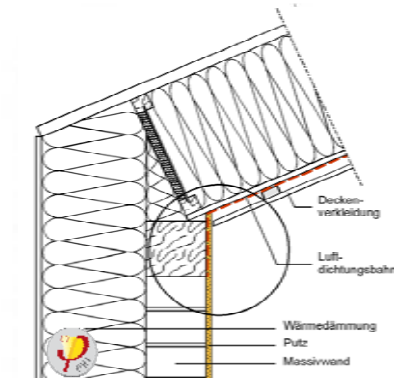
Zaključak

- Ispitivana obiteljska kuća ne zadovoljava zahtjeve **PassiveHouse Standard-a**
- Teoretska (projektirana) i stvarno izvedene karakteristike vanjske ovojnice zgrade se mogu značajno razlikovati
 - Gubici topline zbog infiltracije zraka imaju značajan utjecaj na potrebnu energiju za korištenje zgrada...
- **IZVEDBA DETALJA JE VRLO VAŽNA!**



Zaključak

- Relativni utjecaj postaje značajniji što je niža ukupna potrošnja energije u zgradi, npr. vrlo niskoenergetske zgrade,
 - awareness about the importance of air infiltration should be raised among prescribers, designers, and craftsmen
- Zrakonepropusnost zgrade je potrebno projektirati, čime se izbjegavali nepotrebne improvizacije radnika koje bi uzrokovale propuste u zračnoj barijeri.
 - Potrebno je riješiti detalje, definirati materijale i metode koji se koriste
 - Osigurati izvođenje radova prema projektu.



Zaključak

- Sve zgrade, naročito vrlo niskoenergetske zgrade (Pasivne kuće, gotovo nul-energetske zgrade) trebaju biti ispitane
 - Izbjegavanje degradaciju materijala vanjske ovojnice zgrade – kondenzacija, rast gljivica
 - Potvrđivanje toplinskog svojstva iz projekta
 - Građevinski radovi trebaju biti izvedeni s puno pažnje i što je kvalitetnije moguće...
- **Osiguranje kvalitete Pasivnih kuća**
 - **Certifikacija pasivnih kuća**





SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
UNIVERSITY OF ZAGREB
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Thank You for Your kind
attention!

Bojan Milovanović



KONTAKT:

bmilovanovic@grad.hr