



PAMETNE OVOJNICE ZGRADA GOTOVO NULTE ENERGIJE

Doc.dr.sc.Miro Bugarin
Prof.dr.sc.Željko Domazet
Fakultet elektrotehnike
strojarstva i brodogradnje Split

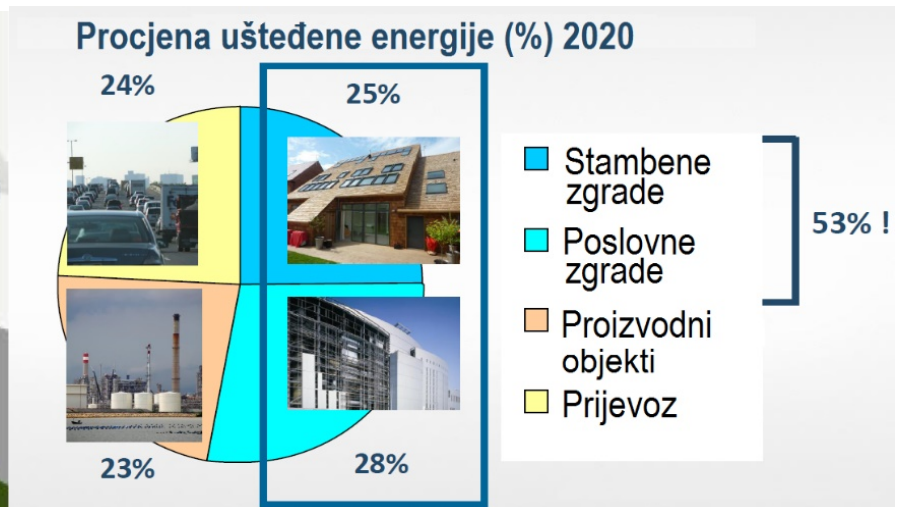
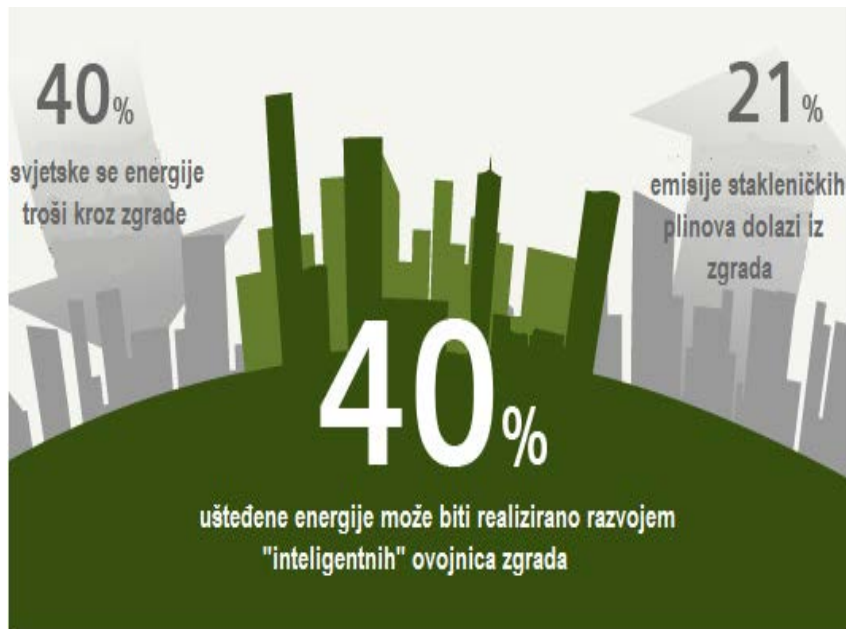
Doc.dr.sc.Bojan Milovanović
Građevinski fakultet Zagreb

Mirna Bugarin,mag.ing.grad.
KFK d.o.o. Zagreb



1. UVOD

- Zgradarstvo troši više energije nego bilo koji drugi sektor
- Kroz razne se projekte na nivou Europe, kao i cijeloga svijeta, potiče razvoj ekološki održive gradnje
- Postrožuju se norme i kriteriji za projektiranje i izvedbu
- 31.12.2018.g. sve nove zgrade javne namjene moraju moraju biti gotovo nula energetske, odnosno 31.12.2020.g. sve nove zgrade moraju biti *zgrade gotovo nulte energije*
- Veliku ulogu u uštedi energije čine *ovojnice zgrada*

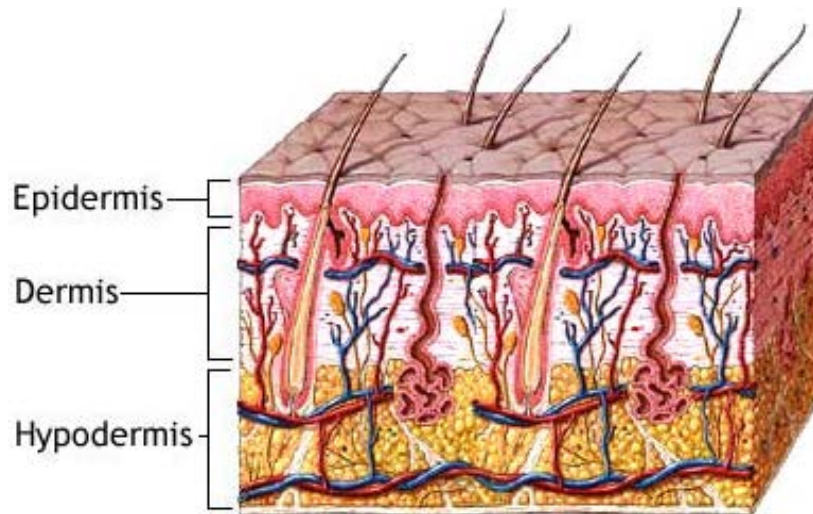


Zgrade predstavljaju najveći potencijal za uštedu energije!

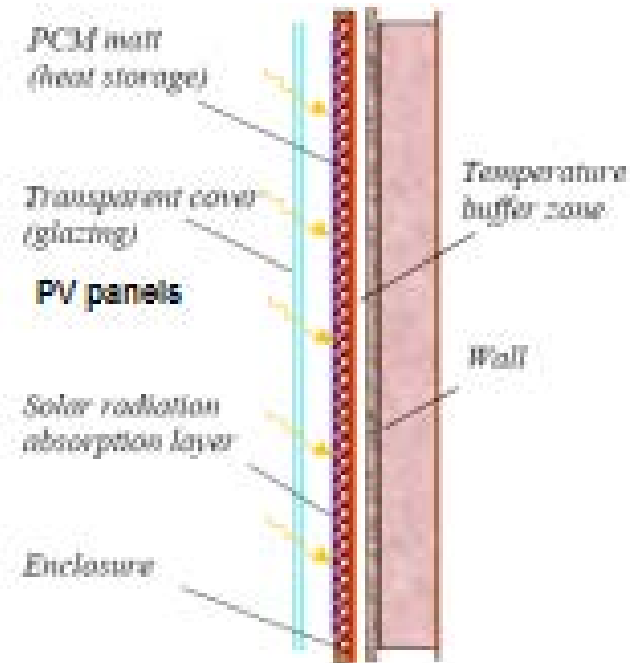




1.1. PRIRODNI KONCEPTI TOPLINSKE ZAŠTITE



Slojevi ljudske kože



Slojevi „pametne“
ventilirane fasade





1.1. PAMETNE OVOJNICE : Uloga u održivom konceptu zgrada gotovo nulte energije

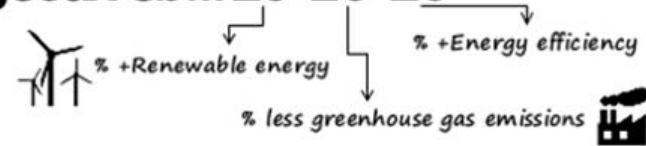
Veličine održivosti

Uloga PCMa

Okolina	→	Važne uštede energije
Društvene	→	Poboljšan životni okoliš
Ekonomske	→	Smanjenje troškova



EU Objectives... 20-20-20

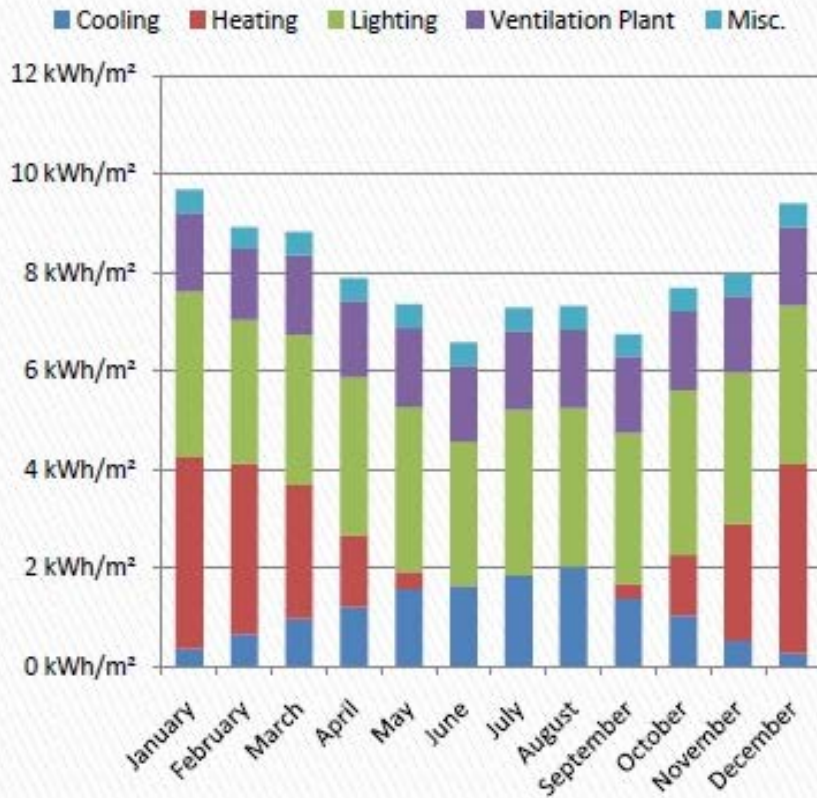


Reduction of Energy consumption in the Construction : potentially 40% !

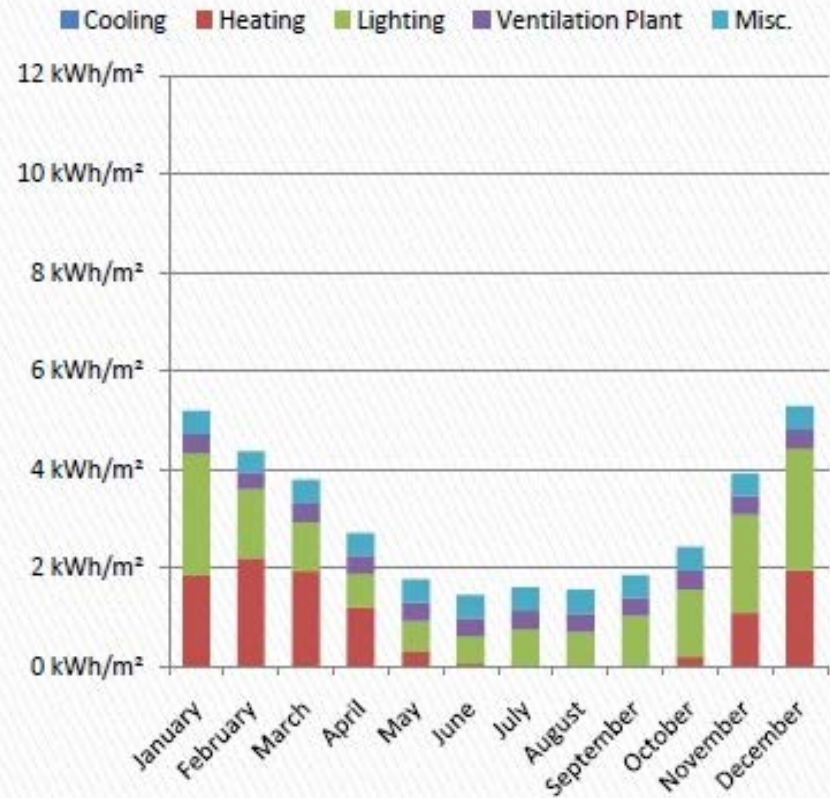




1.1. POTROŠNJA ENERGIJE U ZGRADAMA: PAMETNE vs. TRADICIONALNE FASADE



The Unintelligent Facade
~95 kWh/m²



The Intelligent Facade
~36 kWh/m²

2. PAMETNI MATERIALI I TEHNOLOGIJE U OVOJNICAMA ZGRADA

Tradicionalni



**MINERALNA
VUNA**



izolacijski

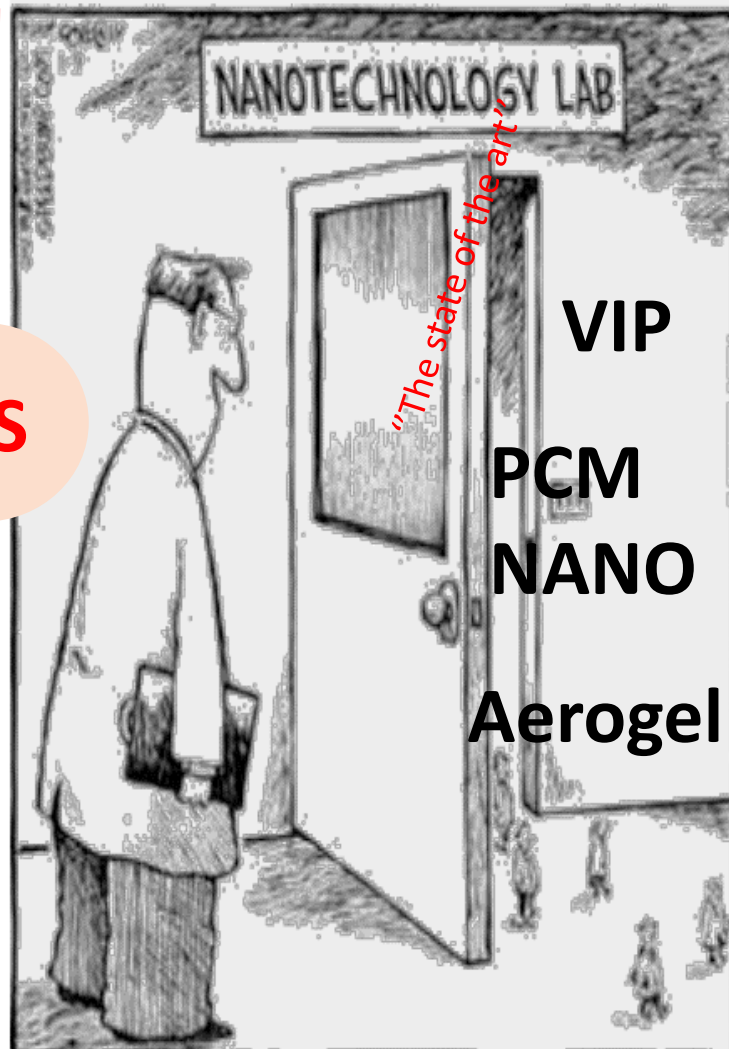


materijali

EPS



VS



2.1. AEROGEL MATERIJALI



Poznat i kao
„smrznuti dim”

**Najlakši kruti materijal
ikada napravljen**

**Sadrži od (95-99) % zraka ali može
nositi 4000 puta veći teret
od vlastite težine**



Zbog male gustoće
Iznimno je lagan

zračne šupljine osiguravaju
Visoka absorpcijska svojstva

Što ga čini izuzetnim
**IZOLACIJSKIM
MATERIJALOM**

AEROGEL





2.1. AEROGEL MATERIJALI



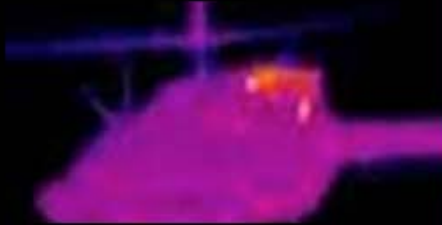
PROIZVODNJA IZOLACIJE



LNG



ODJEĆA



IC REPRESIJE



GRAĐEVINARSTVO



PODMORSKE CIJEVI



OBUĆA



ZRAKOPLOVSTVO & VOJSKA



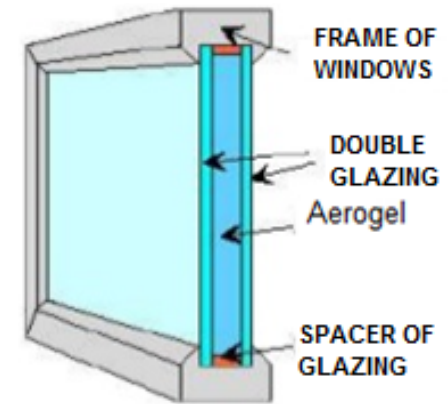
INDUSTRIJSKA
POSTROJENJA



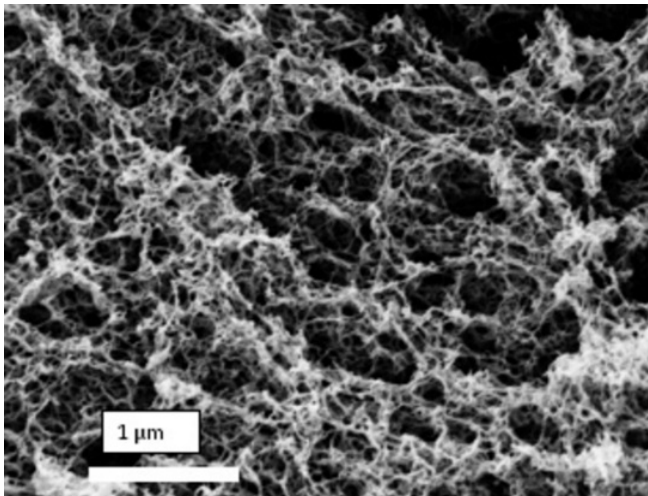


2.1. AEROGEL MATERIJALI

- Silikonska ili poliamidna struktura, (10-100)nm
- Niska specifična masa, 3 kg/m³
- Niska toplinska provodljivost, $U=0.066 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Niska toplinska konduktivnost, 0.005 W/mK
- Visoka površinska čvrstoća na pritisak, 300 kPa
- Visoka poroznost, (80-99,8) %



Dvostruko ostakljenje s aerogelom



Silikonska struktura



Najniža toplinska provodljivost , $U=0.066 \text{ W/m}^2\text{K}$





2.1. AEROGEL MATERIJALI

Kako nastaju Aerogelovi

1. Aerogel u početku izgleda kao gel s konzistencijom poput želatine
2. Najčešći aerogelovi su anorganski SiO_2 . Prvi korak u proizvodnji silikatnih aerogelova je sol-gel tehnika kojom se nanočestice silicijevog dioksida raspršuju u tekućini.
3. Postoji puno sol-gel tehnika, a jedna je miješanje tetraetoksilana s etanolom i vodom, što dovodi do polimerizacije i dobivanja silikagela na bazi vode.
4. Otapalo, kao što je metanol, koristi se za ekstrakciju i zamjenu vode (donja točka vrenja uzrokuje lakše uklanjanje tekućom ekstrakcijom). Ova gel smjesa metanola i silike također je poznata kao Alcogel
5. Kada se Alcogel ostavi da se osuši na zraku, površinska napetost otapala privlači i učvršćuje strukturu gela pa umjesto laganog proširenog aerogela, dobijemo gusti materijal. Ovaj materijal zove se Xerogel.

...no kako bi se izbjegla kapilarnost i urušavanje strukture od velike je važnosti

SUŠENJE...





2.1. AEROGEL MATERIJALI



2.2. PANELI PUNJENI INERTNIM PLINOVIMA (IP): Argon, Kripton, Xenon

- Niska toplinska konduktivnost, (0.008-0.028) W/mK



Unutarnja obloga zida - folija

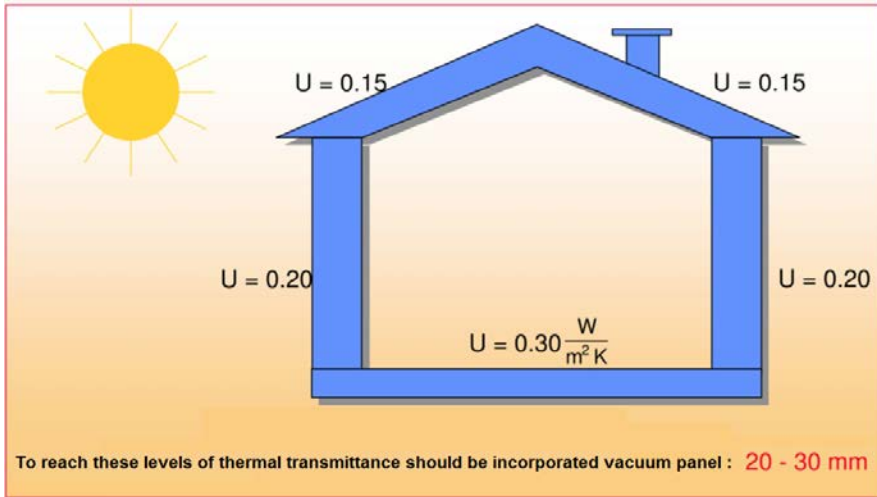


Džepičasta folija punjena IP



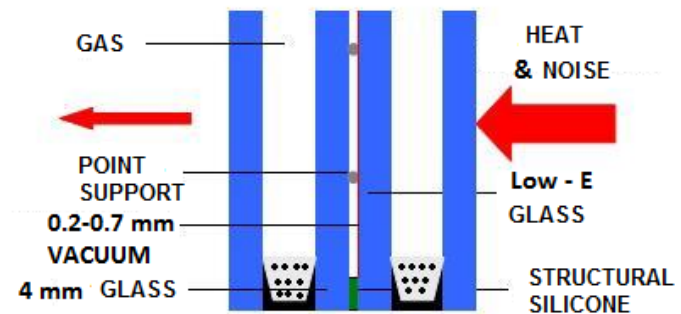
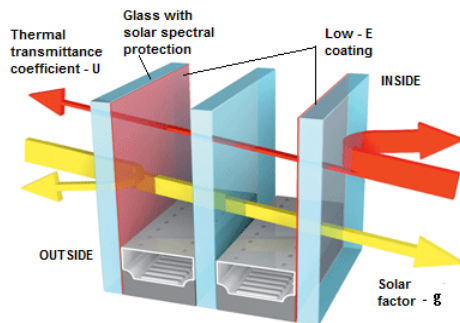
2.3. VAKUUM PANELI I OSTAKLJENJE

- Mala debljina „vacuum” sloja, (0.2-1.0) mm



	Conventional ETICS facade	Vacuum panel
Insulation thickness	30 cm	4 cm
U - value	0.13 W/m ² K	0.13 W/m ² K
R - thermal resistance	7.7 m ² K/W	7.7 m ² K/W
Total thickness (concrete wall)	50 cm	24 cm
Saving wall thickness	-	26 cm

Koeficijent prolaska topline zgrade s vacuum panelom : (20-30) mm

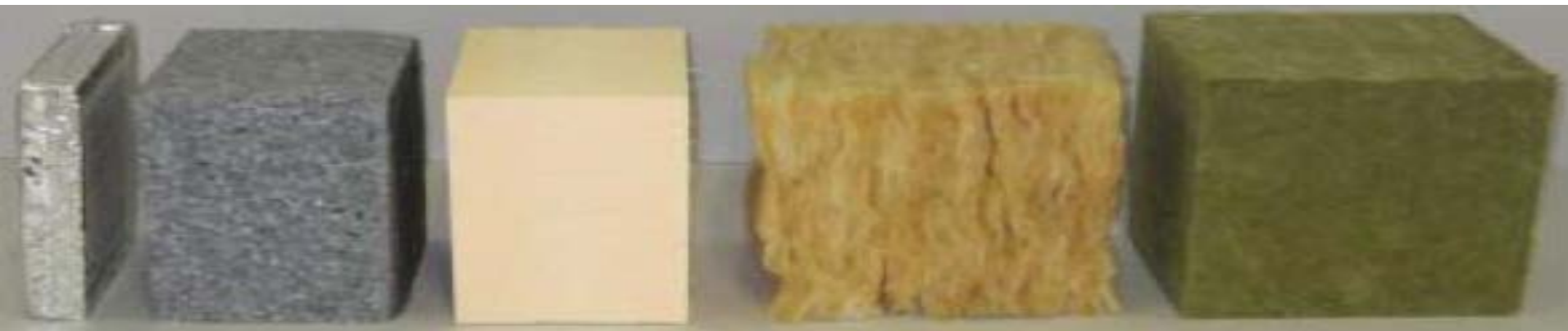


Koeficijent prolaska topline za ostakljenja :

3-struko (U=0.8-0.9) W/m²K vs. 4-struko vacuum (U=0.05-0.6) W/m²K

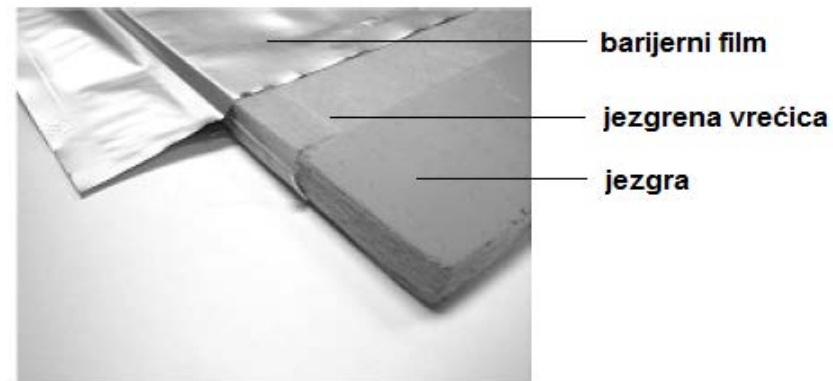


2.3. VAKUUM PANELI vs. TRADICIONALNI IZOLACIJSKI



Usporedne debljine za $U = 0.3 \text{ W/m}^2\text{K}$ (VIP, EPS, XPS, mineralna vuna, kamena vuna)
(40 cm tradicionalne izolacije = (5-10) cm VIP-a)

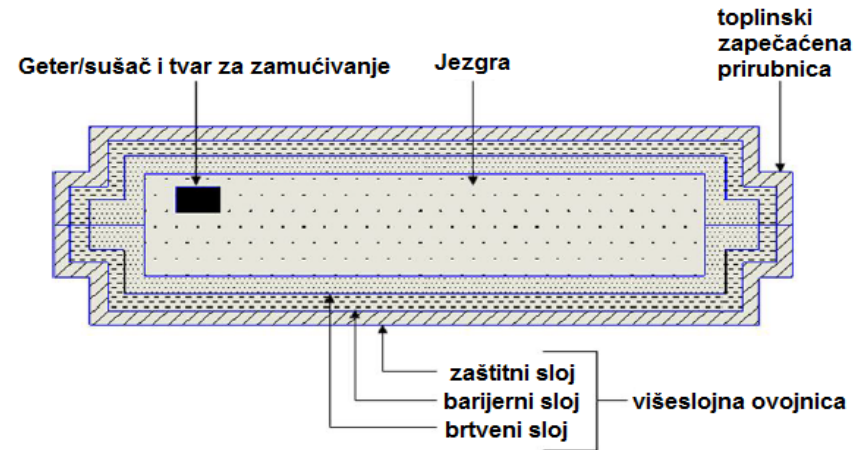
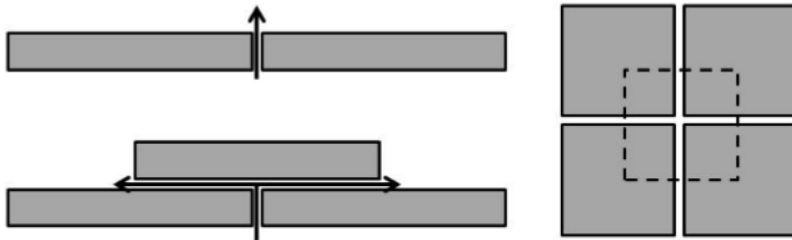
“Vakuumiranje” se smanjuje prijenos topline kondukcijom i konvekcijom, a prijenos topline zračenjem kroz krutinu ostaje konstantan sve dok temperatura i gustoća materijala ostaju nepromijenjeni





2.3. STRUKTURA VAKUUM PANELE

- Jezgri materijal VIP ploča je fini prah ili vlakno iz kojeg je zrak uklonjen pa je pod tlakom od (0,2-3) mbara.
- Jezgra mora biti u stanju odoljeti atmosferskom tlaku na ovojnici zgrade, Najčešći jezgri materijali koji se koriste u Europi su smjesa silicijevog dioksida, dok su u Aziji česti stakleno vlakno i poliuretan s otvorenim ćelijama.
- Veličina pora smjese silicijevog dioksida je oko (10-100) nm

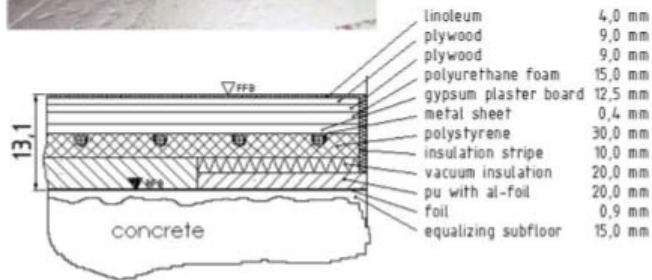


- Toplinska provodljivost u središtu nove VIP ploče iznosi oko 4,5 (mW) / mK, a za (20-25) godina očekuje se da će iznositi 2,9 mW/mK .
- Izvedbena vrijednost toplinske provodljivosti VIP-a je (7-8) (mW) /mK ovisno o uvjetima vlage u konstrukciji.



2.3. UGRADNJA VAKUUM PANELA

Izolacija podova



Pod obložen s 20 mm VIP
smanjuje U-vrijednost poda s
0,43 na 0,15 W/m²K

Izolacija vrata i prozora



Krovni prozor obložen s VIP od 30 mm

- Energetska učinkovitost se može poboljšati za
25% upotrebom VIP ploča umjesto uobičajenih
izolacijskih materijala.

2.3. UGRADNJA VAKUUM PANELELA

Izolacija fasada novih zgrada

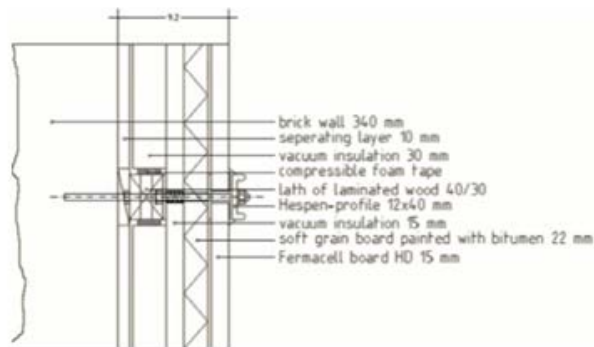
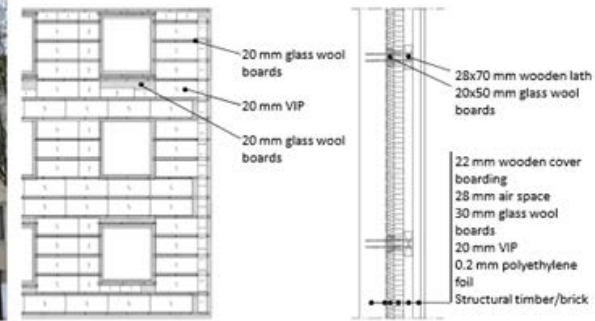
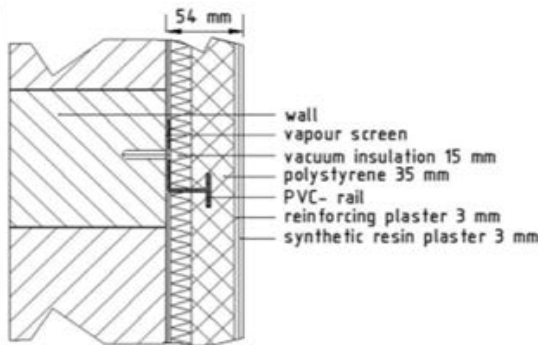


- U-vrijednost neće porasti iznad $0,27 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ i uz oštećenje VIP ploča



2.3. UGRADNJA VAKUUM PANELA

Vanjska nadogradnja u obnovi izolacije fasada





2.3. UGRADNJA VAKUUM PANELA

Unutarnja nadogradnja
izolacije fasada



Strukturalni fasadni
sendvič paneli



Izolacija krovova i terasa





2.3. PREDNOSTI I NEDOSTACI UGRADNJE VAKUUM PANELOVA



PREDNOSTI

Performanse: toplinska provodljivost od oko 5 (mW) / mK čini VIP učinkovitijom od ostalih izolacijskih materijala, čak i ako se performanse smanjuju toplinskim mostovima.

Vrijeme održavanja temperature: nudi 7 do 10 dana skladištenja unutar potrebnog raspona temperature-2 do 3 puta više nego što se može postići pomoću najbolje klasične izolacije.

Debljina: mala debljina štedi prostor-energetske obnove.



NEDOSTACI

Osjetljivost na udarce: osjetljiv na udarce-mora biti zaštićen drugim izolacijskim



CIJENA!

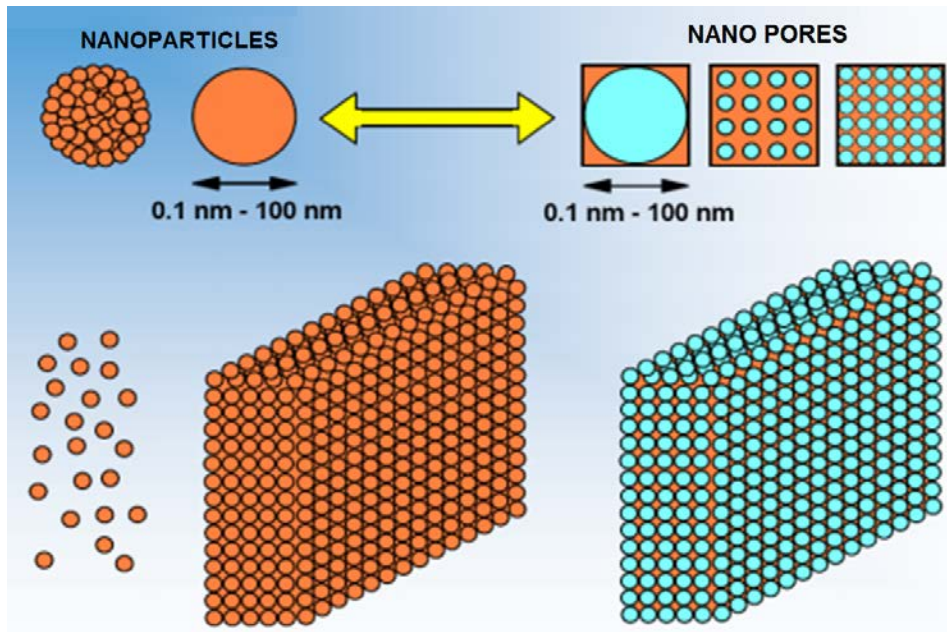
Oblik: Oblik ploče nije savršeno četvrtast-otežava montažu i stvara toplinske mostove

Težina: Ima gustoću od (150 -250) kg / m³-teži od ostalih izolacijskih materijala





2.4. NANO MATERIJALI (PREMAZI) I TEHNOLOGIJE

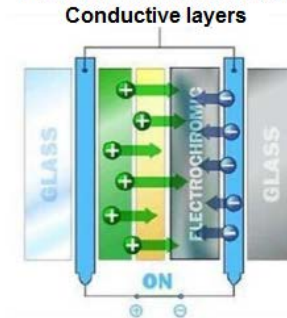


Struktura nano-premaza :

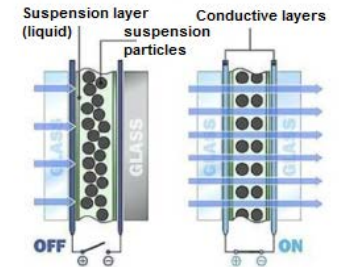
$$U_g = (0.5 - 0.6) \text{ W/m}^2\text{K},$$

solarni faktor $g = (25 - 80) \%$

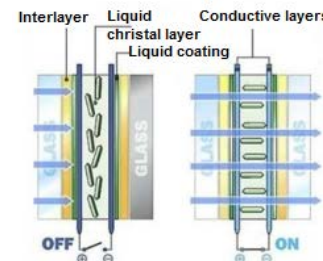
Electro chromatic glass



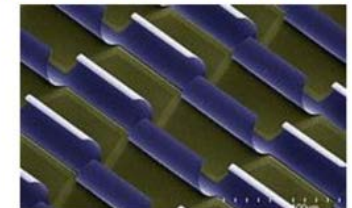
Glass with suspension particles



Glass with liquid crystals



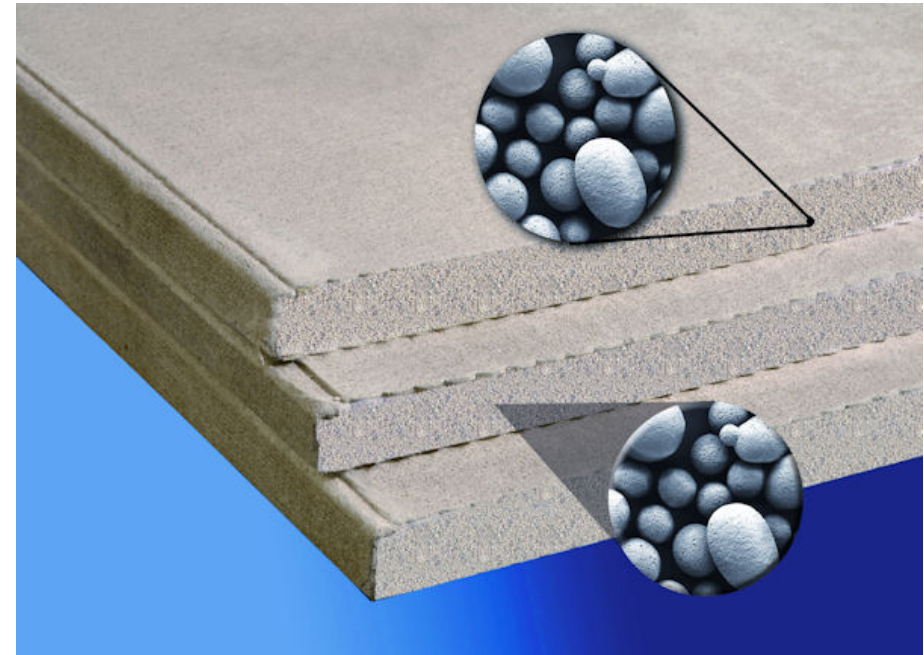
Glass with micro thermo blinds



Pametna switch : ON-OFF ostakljenja



2.5. PCM MATERIJALI I PANELI (Phase Change Materials) I TEHNOLOGIJE



Struktura PCM panela

Razni koncepti ugradnje PCM materijala
ostvaruju uštede u potrošnji energije : (20-40) %

2.5. PCM PANELI (Phase Change Materials) I TEHNOLOGIJE

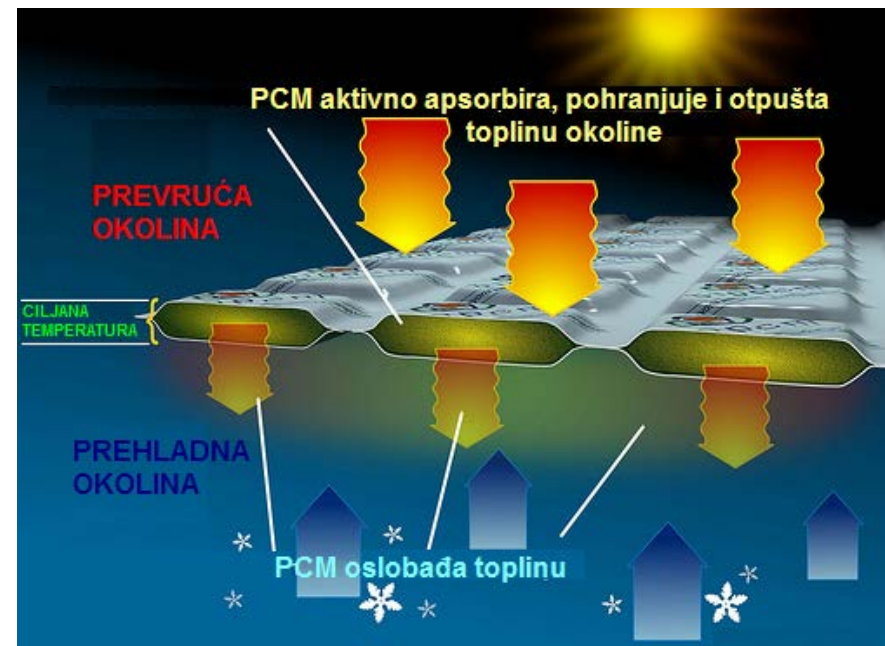
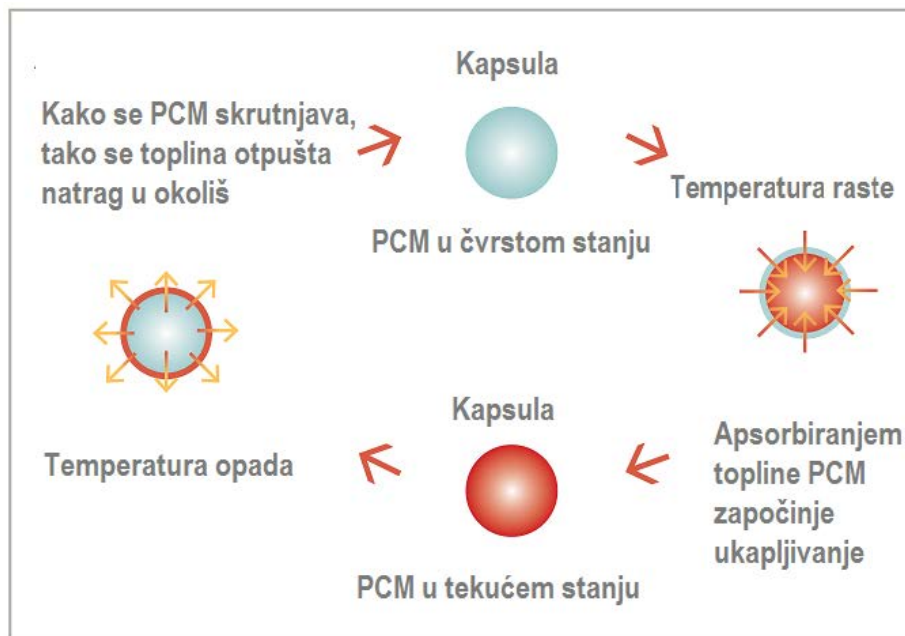
- “Regulatori topline”- uskladištenje toplinske energije koja se može kasnije koristiti :

latentna toplina

$$\Delta Q_{LATENT} = \Delta H = m * \Delta h$$

- Tvari ili smjese tvari s visokim vrijednostima latentne topline, koje taljenjem ili kristalizacijom mogu primiti ili odati velike količine energije.

- Klasifikacija: LHS jedinice





2.5. PCM MATERIJALI : Klasifikacija

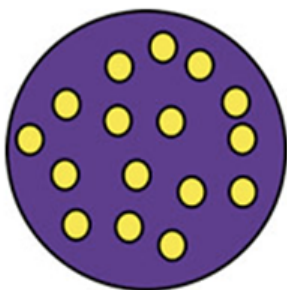
	ORGANSKI	ANORGANSKI
Prednosti	<ul style="list-style-type: none"> ◦ dostupnost u širokom temperaturnom rangu ◦ prelazi u kruto stanje bez prevelikog hlađenja ◦ mogućnost otapanja isto tako ◦ sposobnost samo-nukleiranja ◦ kompatibilnost s konstruktivnim materijalima ◦ nema segregacije ◦ kemijski stabilni ◦ visoka temperatura fuzije ◦ sigurni i nereaktivni ◦ reciklabilni 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ visoko volumni latentni kapacitet za pohranu topline ◦ niska cijena i lagana dostupnost ◦ nagla promjena faze ◦ nezapaljivi
Nedostaci	<ul style="list-style-type: none"> ◦ nisko volumni latentni kapacitet za pohranu topline ◦ zapaljivi 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ velika promjena volumena ◦ segregacija



2.5. PCM PANELI : Strukturalni koncepti

1.

PCM kugle



Makro kapsuliran PCM

MakroPCM kapsule predstavljaju: "Mikrotecov" patentiran proces duple makrokapsulacije kojim nastaju kapsule konfiguracije matičnog oblika

3.

Oblikovani-stabilni PCM

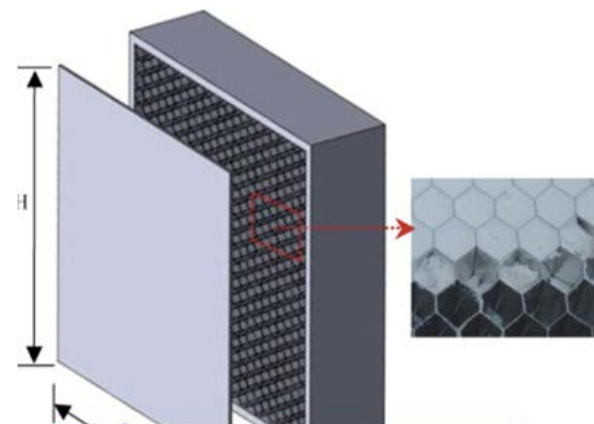


2.

Direktna aplikacija-sirov materijal



4.



Mikrokapsuliran PCM

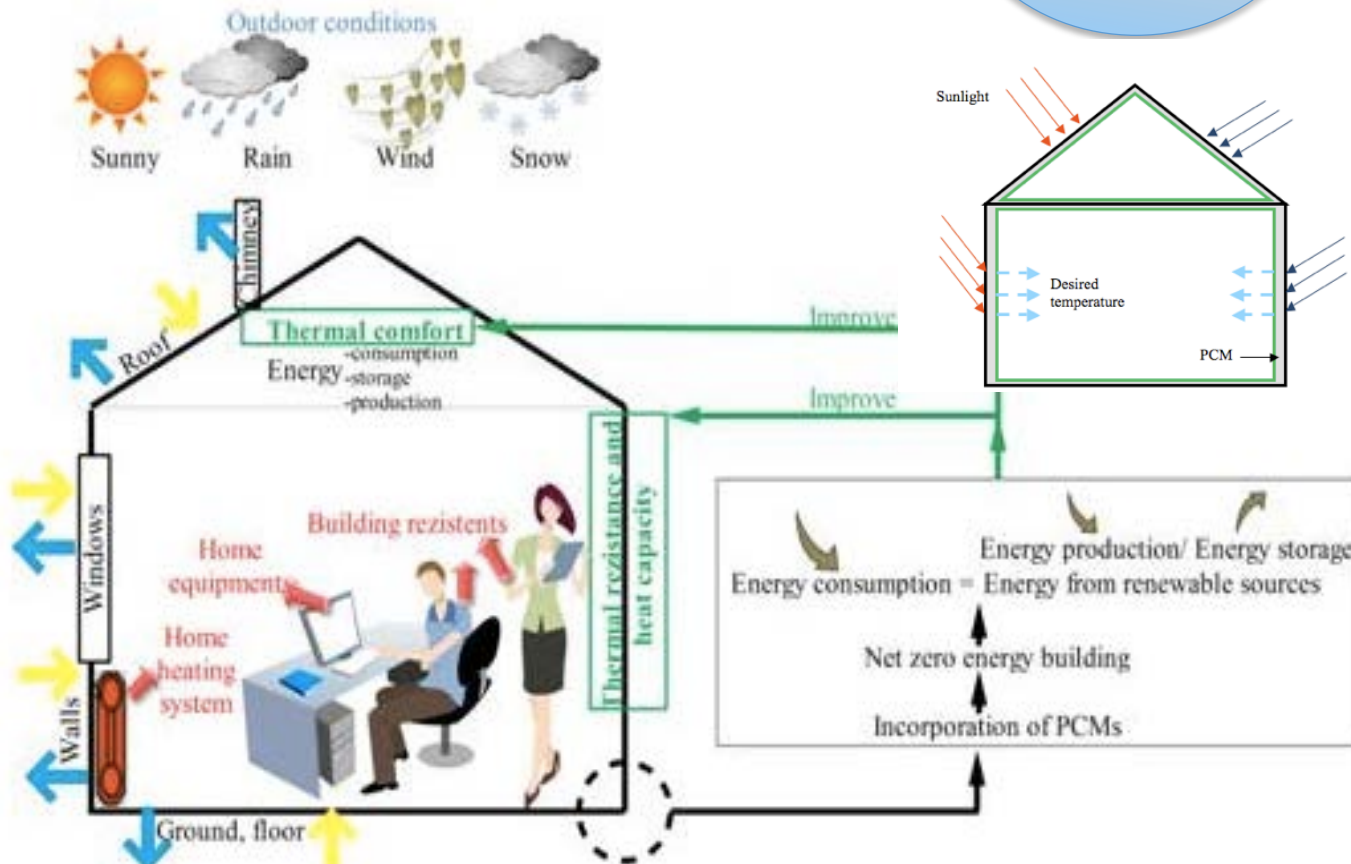
Mikrokapsulirana PCM sačasta ploča



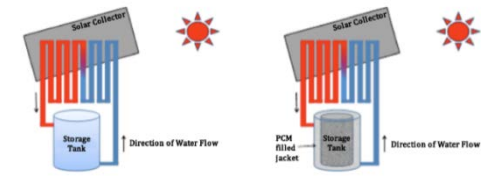


2.5. PCM PANELI : Integracija u ovojnice zgrada

Sustavi grijanja i hlađenja - skladištenje energije
Ogromna ušteda energije



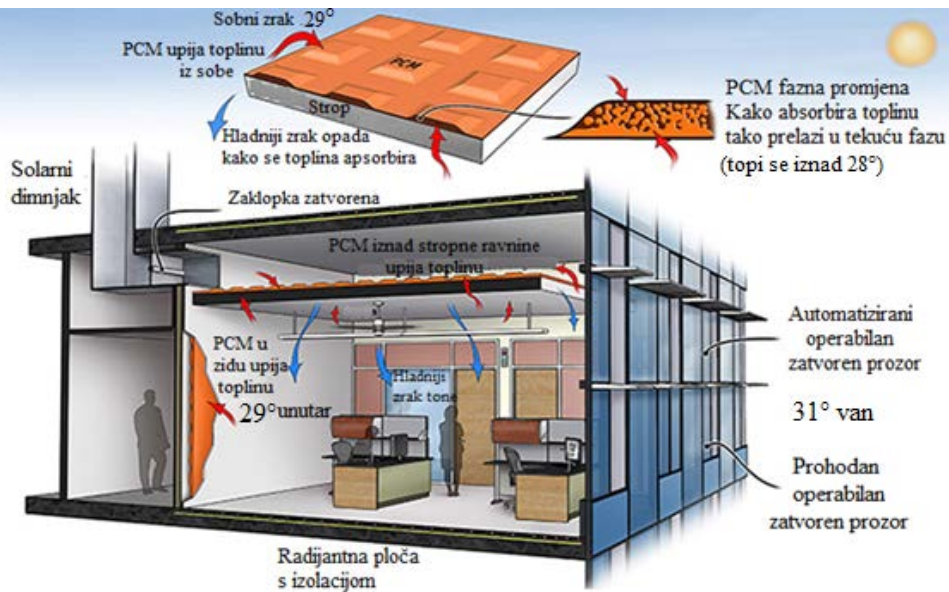
PASIVNI SUSTAVI
Automatsko otpuštanje
uskладиštene hladnoće ili
topline



AKTIVNI SUSTAVI
zahtjevaju: ventilacija, pumpe,
kontrolni sustav
Prednost
Uskladištena energija
uvijek dostupna



2.5. PCM PANELI : Integracija u ovojnice zgrada



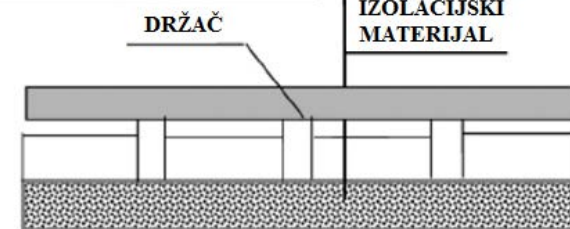
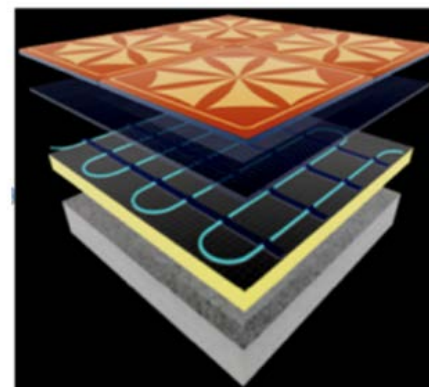
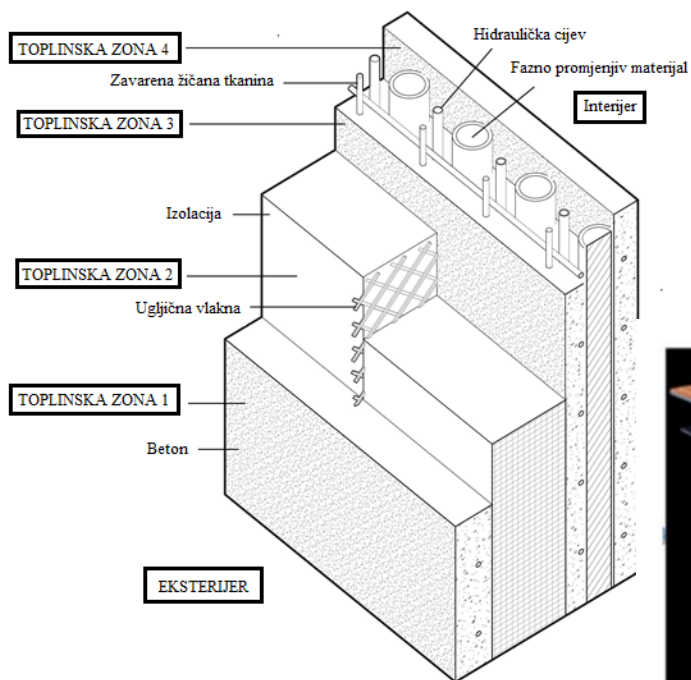
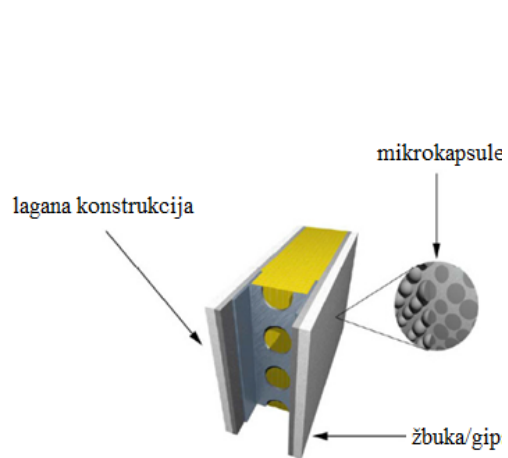
Za hladnija područja, gdje je potrebno spriječiti prekomjerno ohlađivanje unutarnjeg prostora, preporučuju se materijali čija se temperatura taljenja kreće u rasponu od (18-22)°C. Za toplija područja, gdje je važno spriječiti prekomjerno povišenje temperature, prikladniji su materijali s temperaturom taljenja između (22 - 26)°C

Zidne i stropne strukture mogu biti dizajnirane na određenu temperaturu, kako bi održavali toplinu u okolnom prostoru. Prilikom toplinskog opterećenja koje raste tijekom dana unutar strukture, kada se premaši određena temperaturna granica, zidovi i stropovi, koji su hladniji, počinju apsorbirati višak topline. Toplina se pohranjuje u materijalu i ponovno oslobađa kada temperatura počne opadati, što je slučaj tijekom noći – **uravnoteženje dnevnih varijacija temperature**

Smanjuju se potrebe za grijanjem i hlađenjem- energija se štedi!



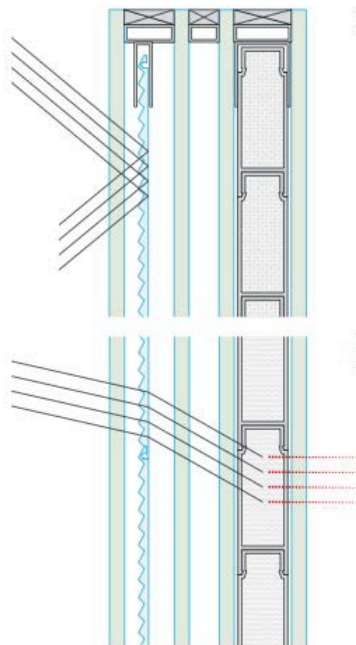
2.5. PCM PANELI : Detalji ugradnje



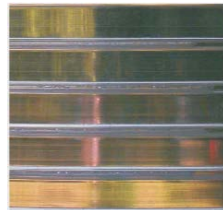


2.5. PCM PANELI : Primjeri ugradnje

Prizmatična ploča u najudaljenijem zračnom sloju reflektira sunčevo svjetlo ljeti i prenosi ga na temperaturama ispod 35 ° zimi. Materijal za skladištenje je sol hidratni PCM (kapaciteta skladištenja ekvivalentnog betonu od oko 20 cm). Tijekom noći pohranjena toplina se isporučuje u unutrašnjost tijekom rekristalizacije. Sol hidrat se nalazi u polikarbonatnoj kutiji. Cijeli sustav se pojavljuje kao prozirni zid



Summer sun high in the sky (> 40°)
Total reflection of the rays



Shallow winter sun (< 35°)
Loss-free passage of the rays

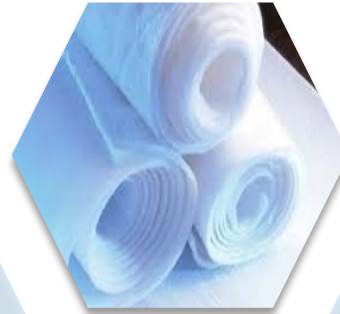




3. AKTIVNE I INTERAKTIVNE DINAMIČKE FASADE



KONCEPTI

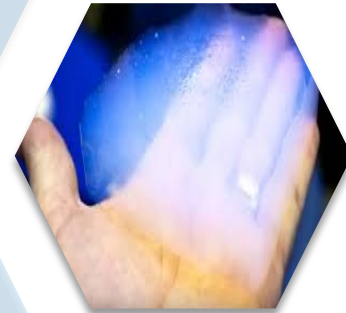


MOGUĆNOSTI

PERFORMANCE

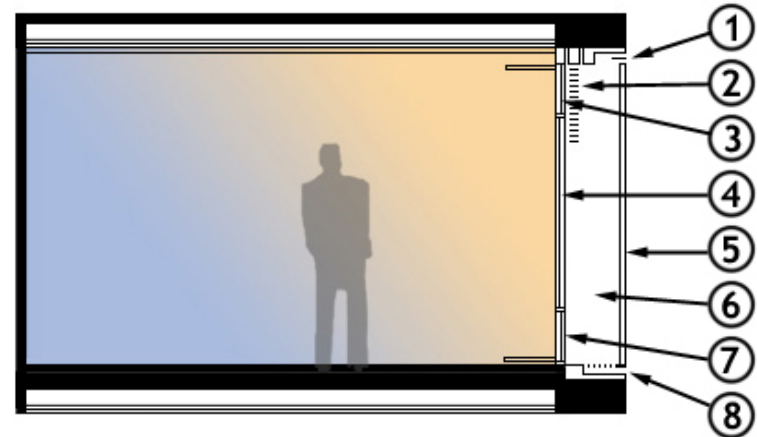
POBOLJŠANJA

INTELIGENCIJA





3.1. DVOSTRUKE OSTAKLJENE VENTILIRANE



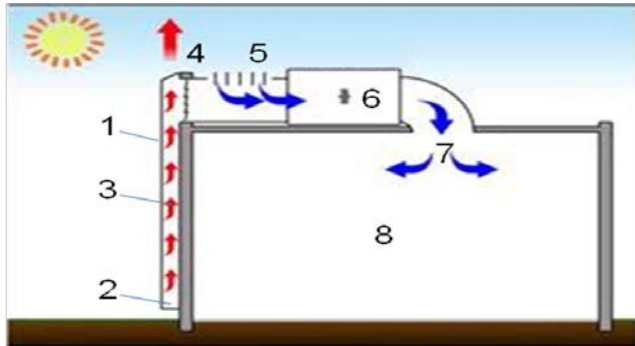
Funkcionalni konstrukcijski koncept dvostruke ostakljene fasade :

- 1- gornji vanjski otvor za ventiliranje
- 2- unutarnja zaštita od sunca
- 3- gornji, unutarnji otvarajući otvor za ventiliranje
- 4- unutarnje ostakljenje fasade
- 5- vanjsko ostakljenje fasade
- 6- zračna „buffer” zona dvostruke ostakljene fasade
- 7- donji, unutarnji otvarajući otvor za ventiliranje
- 8- donji, vanjski otvor za ventiliranje fasade





3.2. AKTIVNE VENTILIRANE FASADE



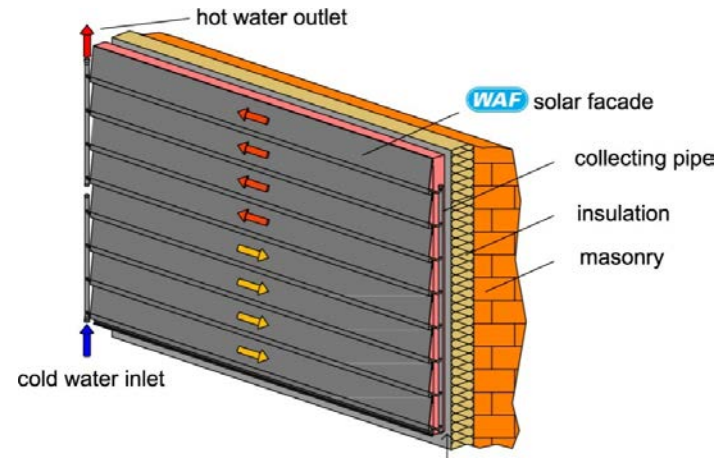
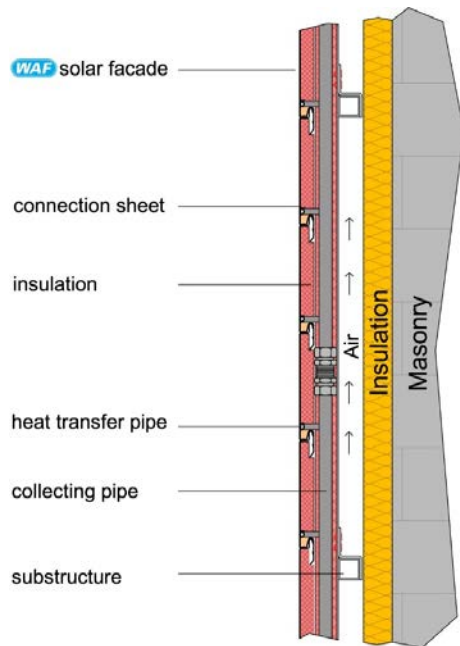
Funkcionalni konstrukcijski koncept aktivne ventilirane fasade :

- 1- ventilirana fasada od ekstrudiranih Al profila
- 2- donji, ulazni ventilacijski otvor
- 3- ventilirani zračni sloj
- 4- gornji, izlazni ventilacijski otvor
- 5- dodatni usisni ventilacijski otvor
- 6- ventilator za prisilni tok zraka
- 7- ulazni otvor u prostoriju
- 8- prostorija koja se grije
- 9- termoizolacija ventilirane fasade

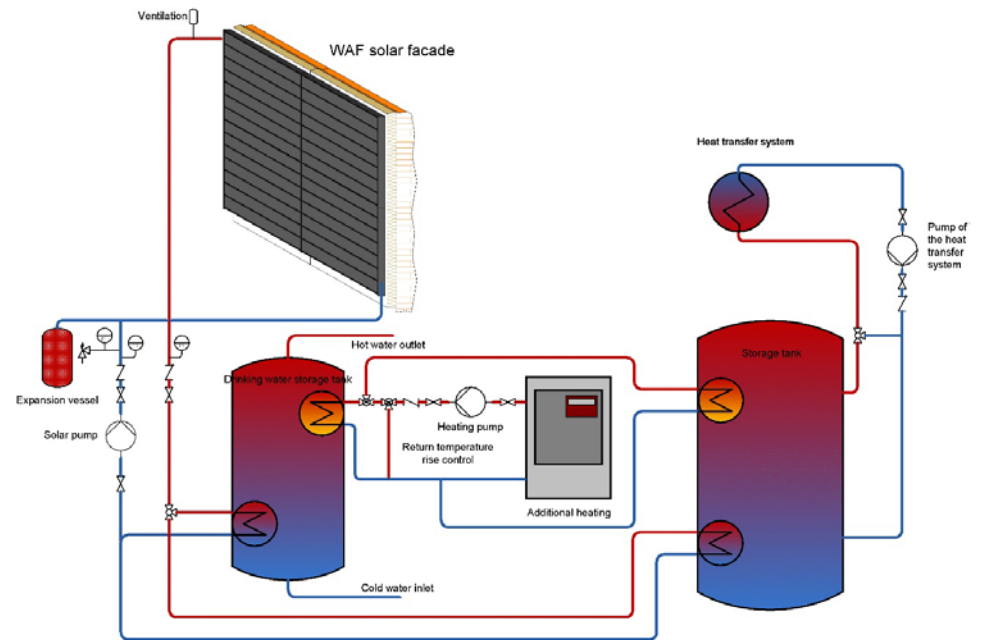




3.2. AKTIVNE VENTILIRANE FASADE



Aktivna ventilirana fasada s integriranim sustavom za pripremu tople vode (WAF, Austria)

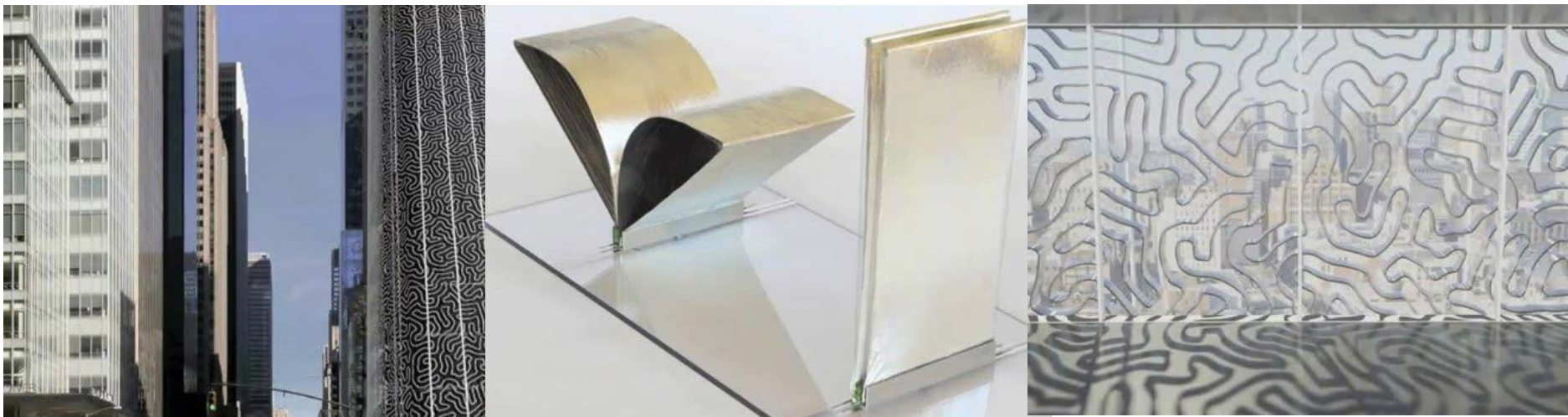


3.3. PAMETNA BIO FASADA



Aktivna ventilirana fasada s integriranim sustavom za generiranje energije iz mikro-algi [15]

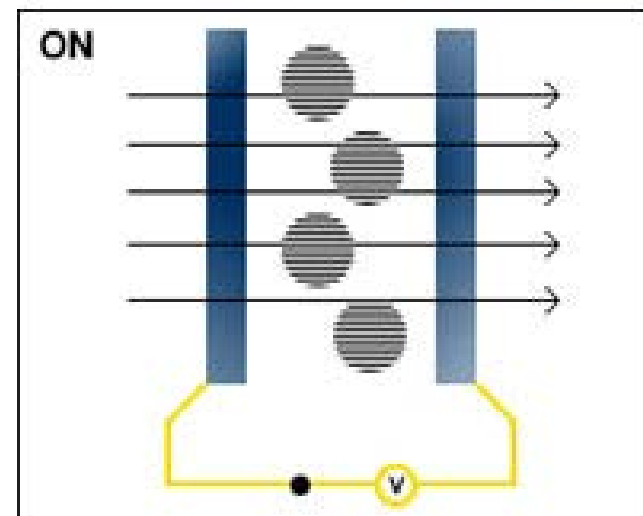
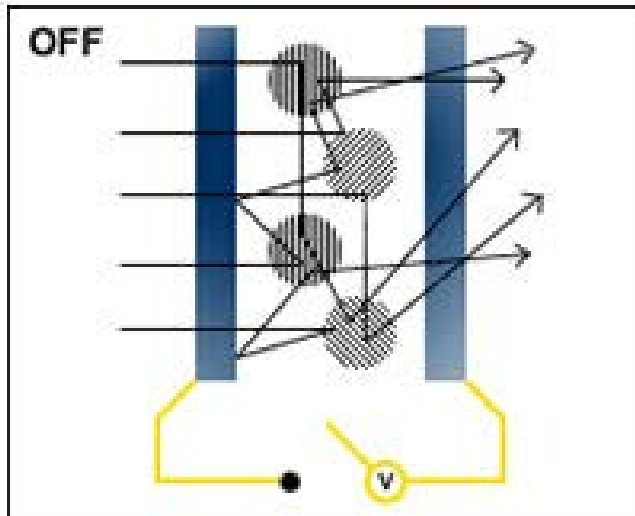
3.4. AKTIVNE HOMEOSTATSKE FASADE



Promjena geometrije homeostatskih elemenata kada se mjenja ambijentalna temperatura, [15]

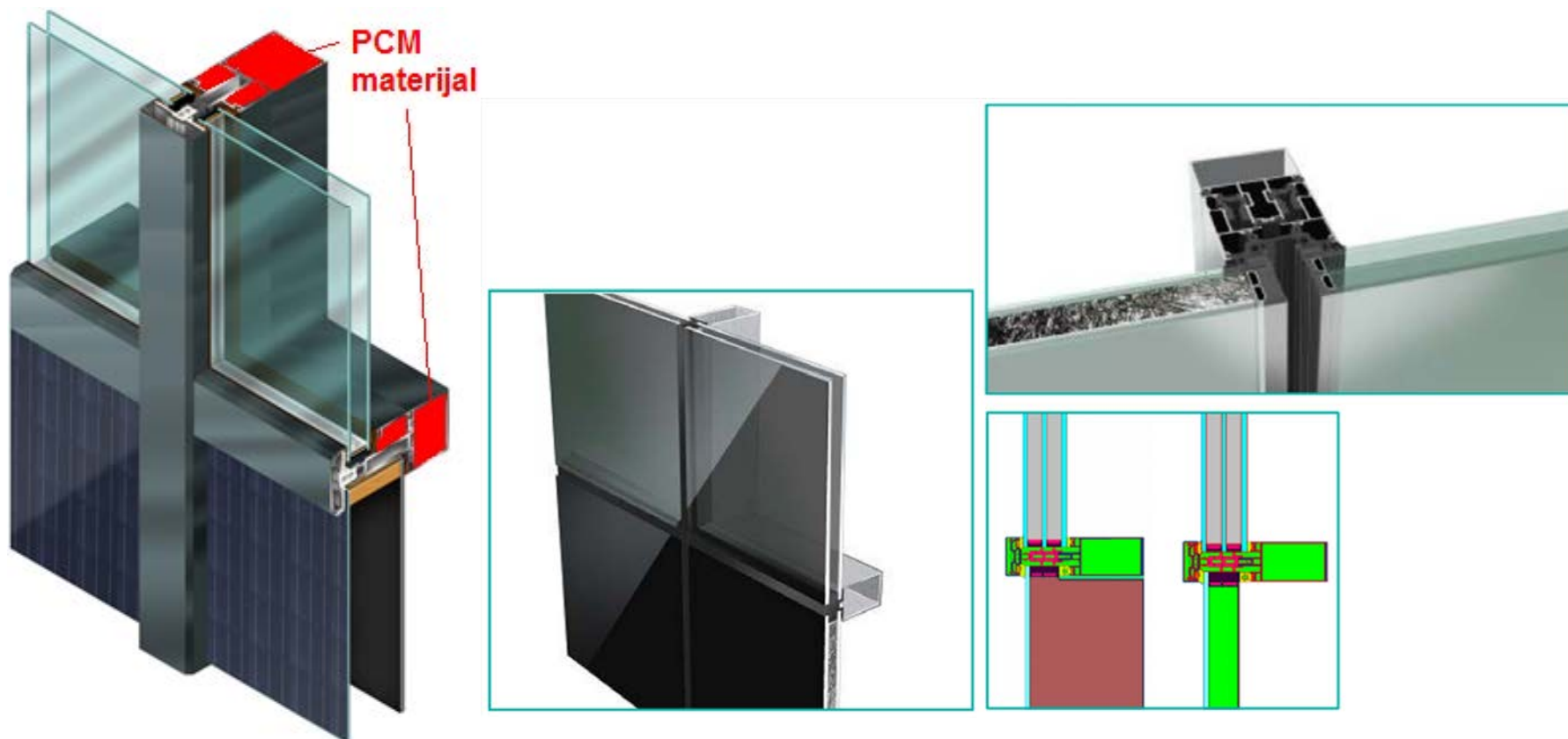
3.5. OSTAKLJENE FASADE S AKTIVNIM NANO-PREMAZIMA

Promjena geometrije tekućih kristala u ostakljenju kada se mijenja solarna aktivnost tzv. „switch ON-OFF” pametno ostakljenje, [19]



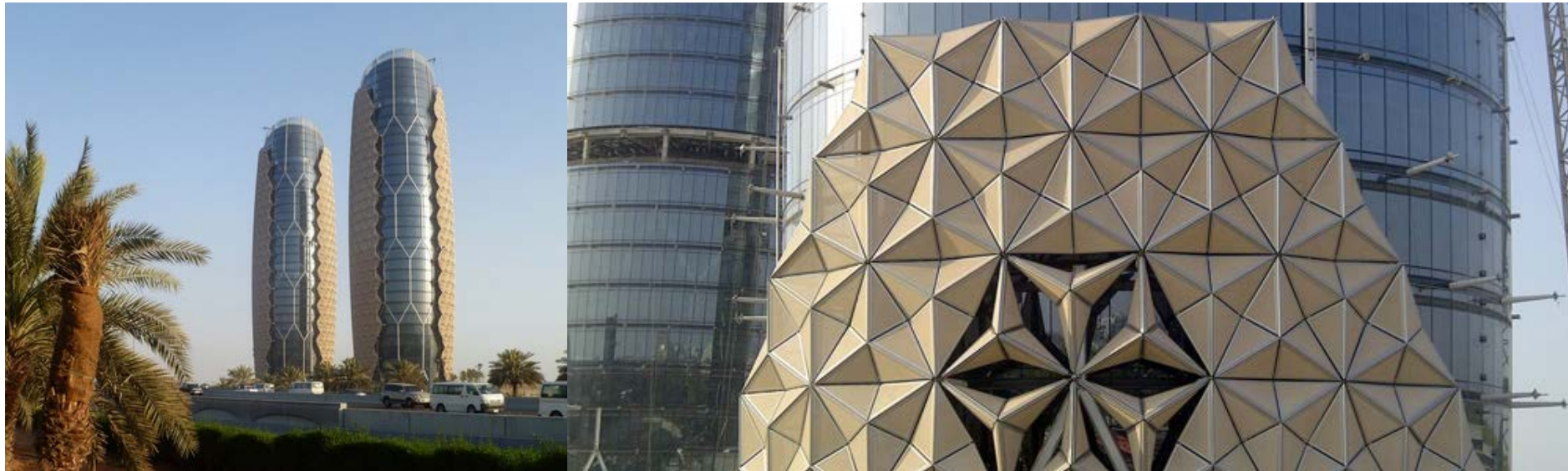


3.6. OSTAKLJENE FASADE S INTEGRIRANIM PV&PCM ELEMENTIMA





3.7. DINAMIČKA INTERAKTIVNA SJENILA ZA ZAŠTITU OD SUNCA



Dinamička interaktivna zaštita od sunca, Al Bahar Towers u Abu Dhabiju



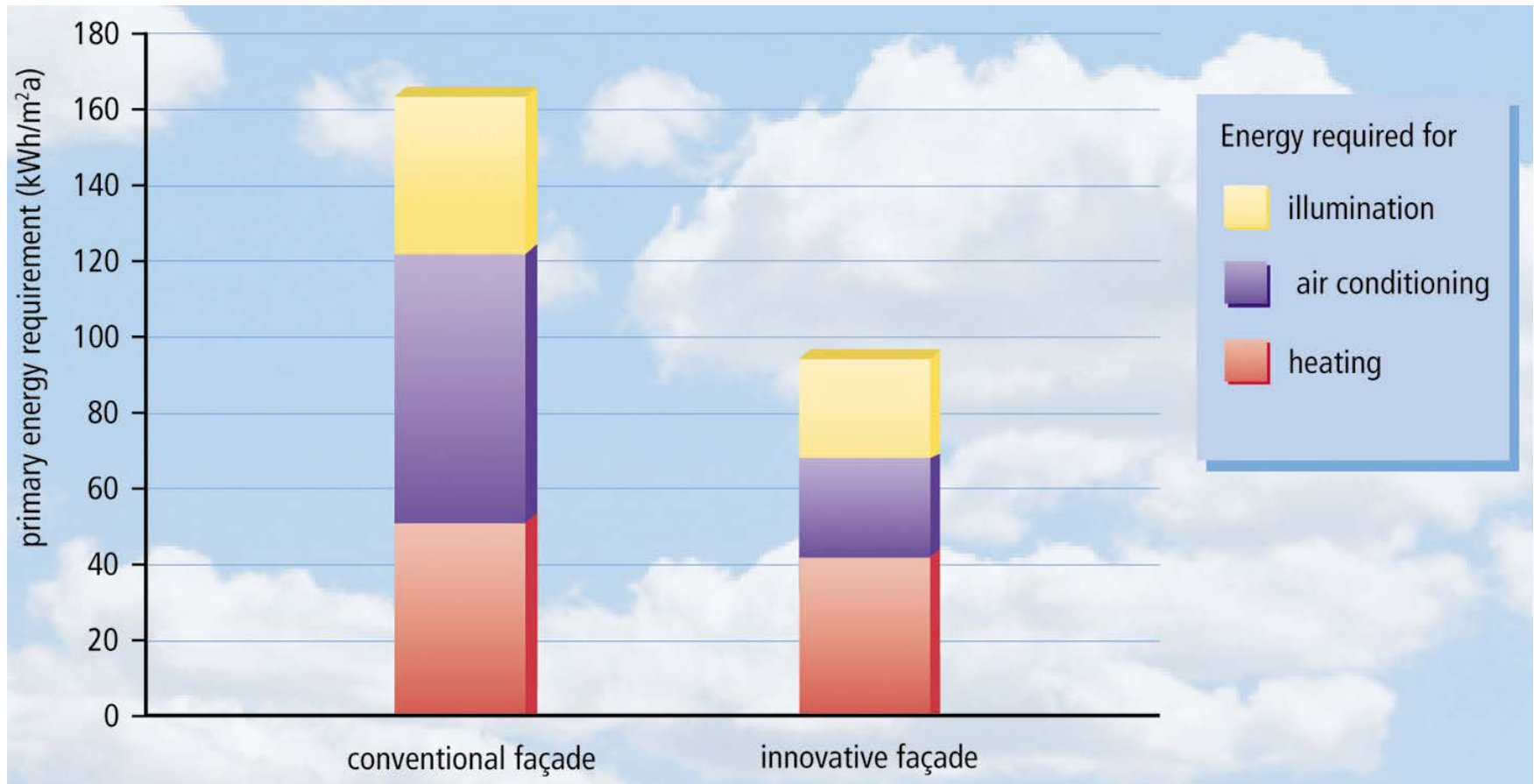


No, može li još **bolje**?





4. NAPREDNI IZOLACIJSKI MATERIJALI SUTRAŠNJICE



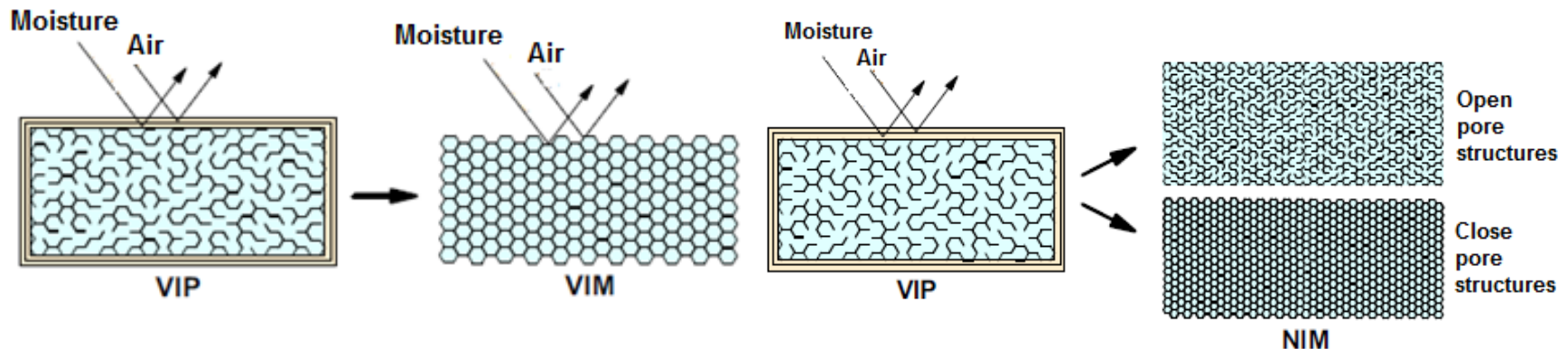
Potrebe za primarnom energijom : **tradicionalne vs. inovativne fasade**



4.1. VAKUUM & PLIN IZOLACIJSKI MATERIJALI (VIM & GIM)

Inovativni izolacijski materijali budućnosti :

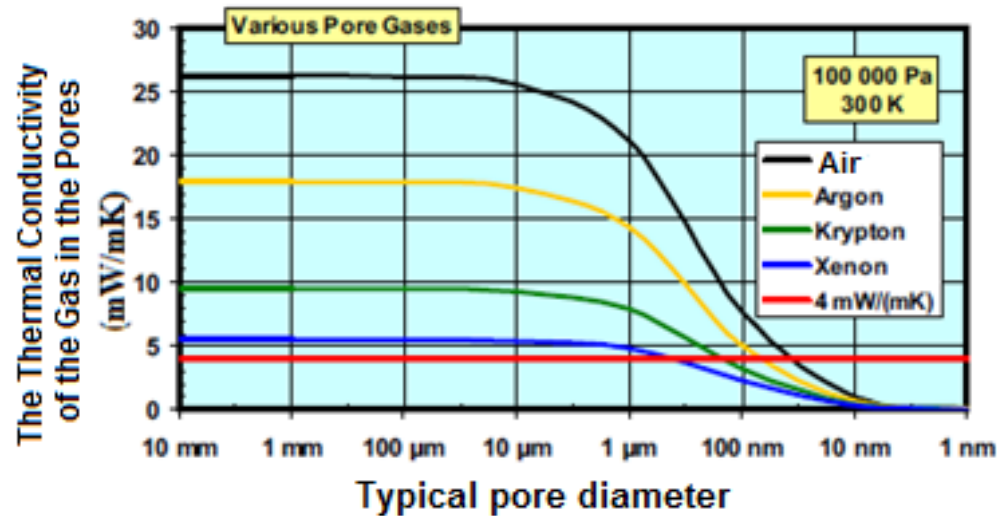
- Vakuum izolacijski materijali (Vacuum Insulation Materials - VIM)
- Plin izolacijski materijali (Gas Insulation Materials – GIM)
- Nano izolacijski materijali (Nano Insulations Materials)
- Dinamički izolacijski materijali (Dynamic Insulation Materials – DIM)



Evolucija izolacijskih materijala u budućnosti : VIP u VIM & VIP u NIM



4.2. NANO & DINAMIČKI IZOLACIJSKI MATERIJALI (NIM & DIM)



Termalna konduktivnost s obzirom na veličinu diametra pore izolacijskog plina, [4]



Zaključak!

- **1.** Razvoj i uporaba novih materijala u ovojnicama zgrada gotovo nulte energije su usmjereni na smanjenje potrošnje energije u zgradama i istovremeno doprinose smanjenu emisije štetnih plinova
- **2.** Svi novi materijali temelje se na suvremenim tehnologijama projektiranja i izvedbe inteligentnih sustava ovojnica zgrada s uporabom inovativnih materijala, koji svakim danom imaju sve veći utjecaj u svim oblastima ljudskog rada i življenja
- **3.** Uporaba navedenih materijala i tehnologija u međusobnom kombiniranju višeslojnih izolacijskih konstrukcijskih koncepcija daju najbolje rezultate, u pogledu strukturalne nosivosti i energetske učinkovitosti ovojnica zgrada
- **4.** Razvojem i primjenom inovativnih materijala i tehnologija u ovojnicama zgrada otvora se veliki prostor i niz mogućnosti, ne samo za energetske učinkovito realiziranje najsuvremenijih arhitektonskih projekata, nego i za cijeli niz istraživanja u zgradarstvu





*Nedovoljno zapažanje samo je oblik
neznanja i uzrok mnogim nastranim
ispadima i trijumfu ljudi ideja.*

Nikola Tesla



HVALA NA POZORNOSTI !

Doc.dr.sc.Miro Bugarin
miro.bugarin@fesb.hr
Prof.dr.sc.Željko Domazet
Fakultet elektrotehnike
strojarstva i brodogradnje Split

Doc.dr.sc.Bojan Milovanović
Građevinski fakultet Zagreb

Mirna Bugarin,mag.ing.grad.
[KFK d.o.o. Zagreb](http://www.kfk.hr)

