

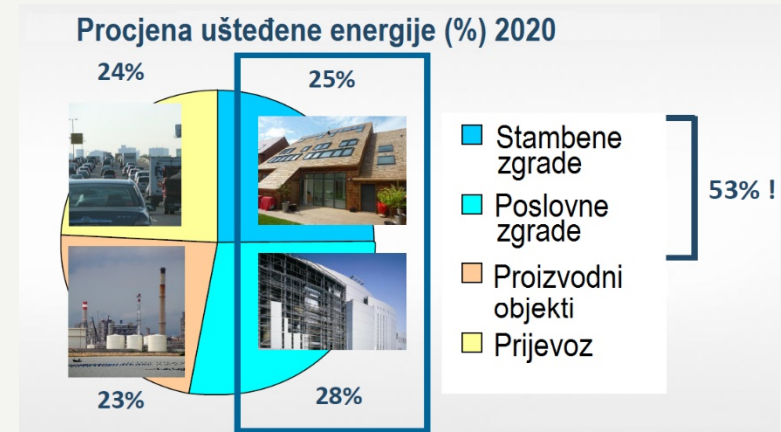
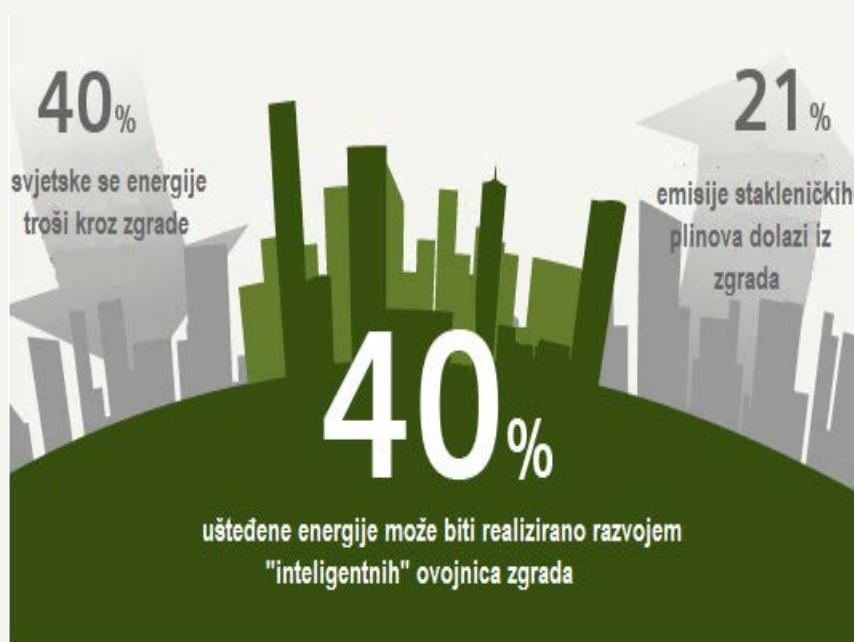


HI-TECH MATERIJALI ZA GRADNJU ENERGETSKI UČINKOVITIH ZGRADA

Mirna Bugarin

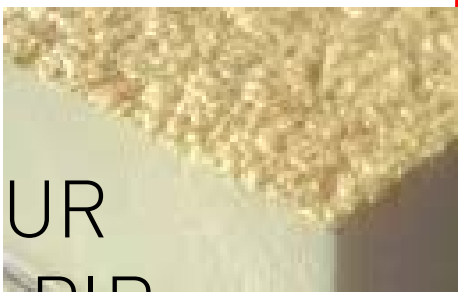
UVOD

- 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 **gotovo nula energetske**
- Veliku ulogu u uštedi energije čine **ovojnice zgrada**



Zgrade predstavljaju najveći potencijal za uštedu energije!

Tradicionalni PUR
PIR



MINERALNA
VUNA

VS

izolacijski

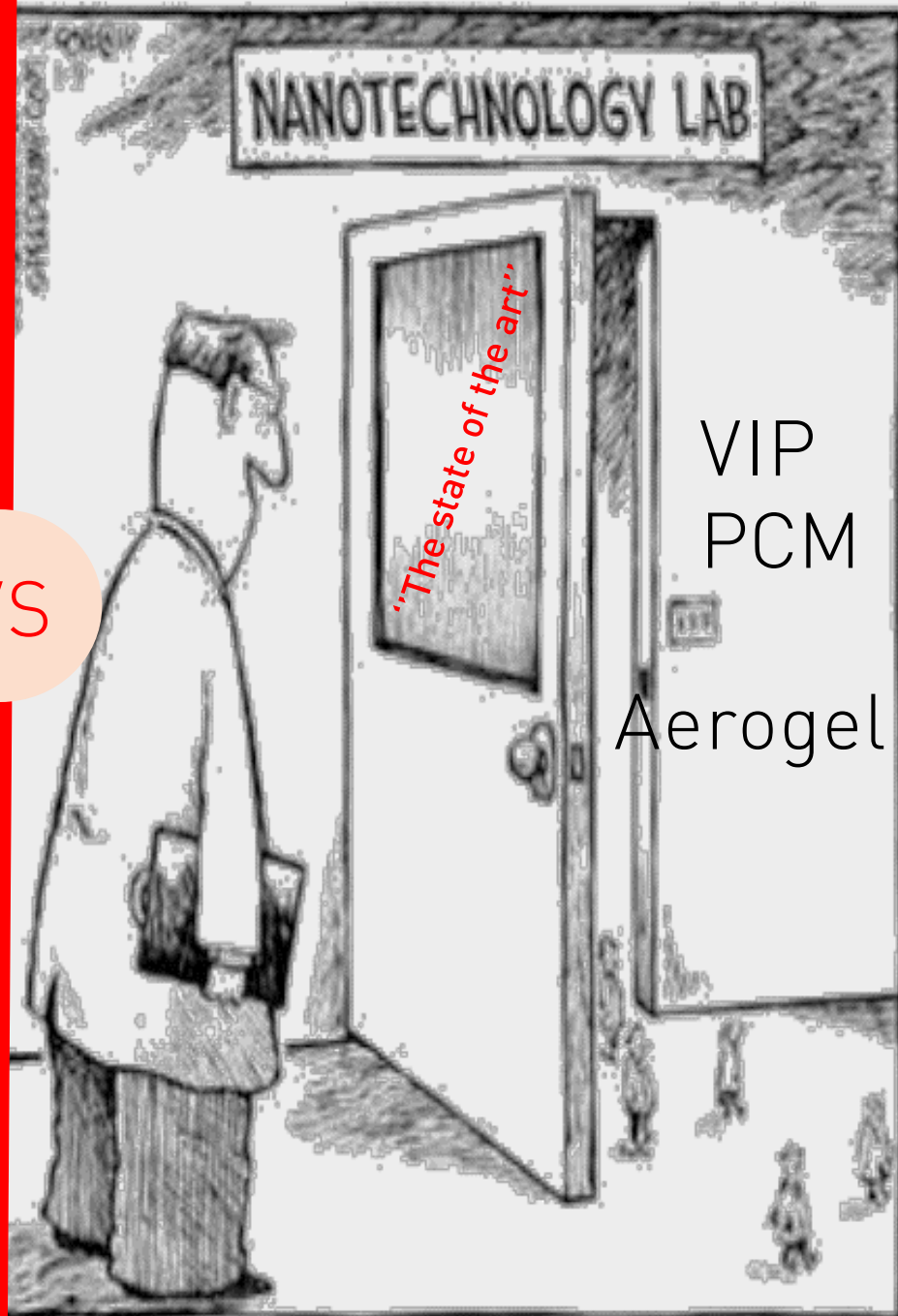


XPS

EPS



materijali



NANOTECHNOLOGY LAB

'The state of the art'

VIP
PCM

Aerogel



VIP

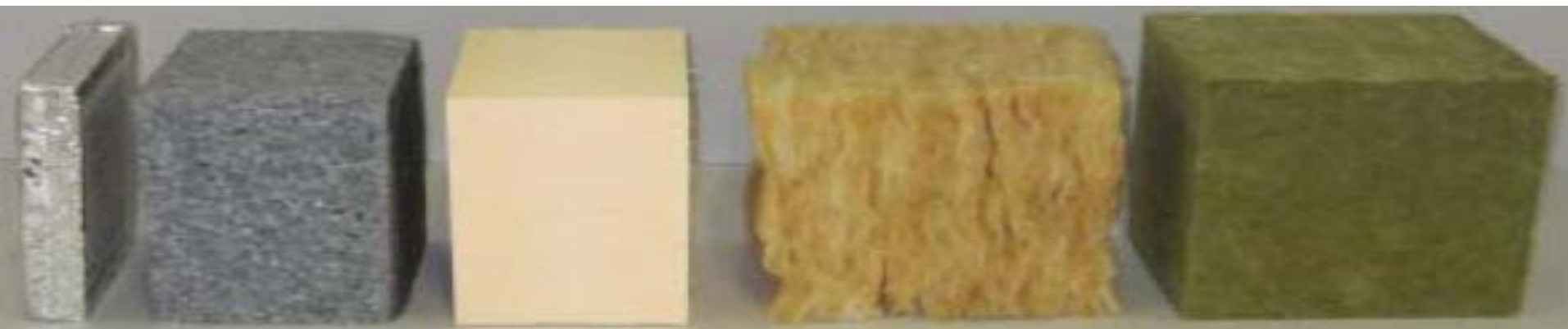
-Vakuum izolacijske ploče-

Vakuum izolacijske ploče (VIP) razvijene su za uporabu u hladnjacima, zamrzivačima i hladnim kutijama gdje je prostor za izolaciju ograničen. No zbog iznimnih izolacijskih svojstava, koja su 5 do 8 puta bolja od tradicionalnih izolacijskih materijala, svoju primjenu pronalaze u građevinskom sektoru, gdje su relativno nov proizvod.

Životni vijek hladnjaka je oko 10-20 godina, što je znatno kraće od onoga što se može očekivati od zgrada. Zgrade bi trebale trajati 80-100 godina bez prevelikog održavanja, a VIP dostupan danas obično ima životni vijek od oko 25-40 godina

Omogućuju da se zidovi, stropovi i podovi izvedu kao tanki, visoko izolirani građevni elementi-**najveći potencijal ostvaruje kod skućenih prostora, gdje se za male debljine izolacije ostvaruju izvanredni rezultati**

(40 cm tradicionalne izolacije = 5-10 cm VIP-a)



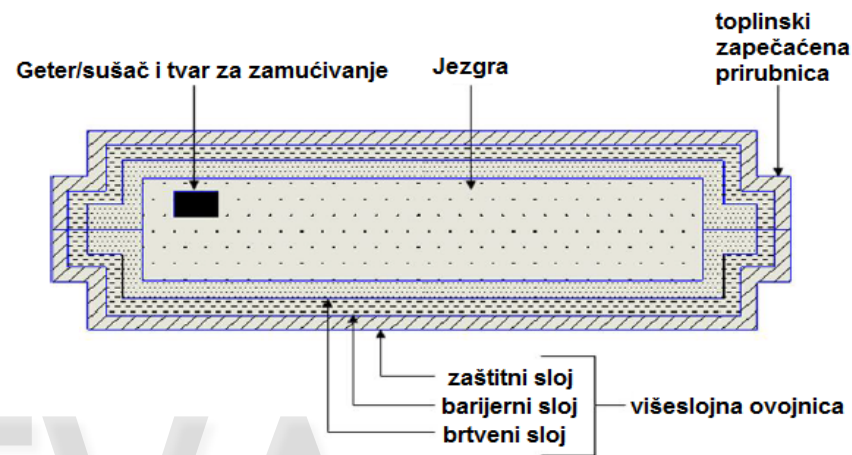
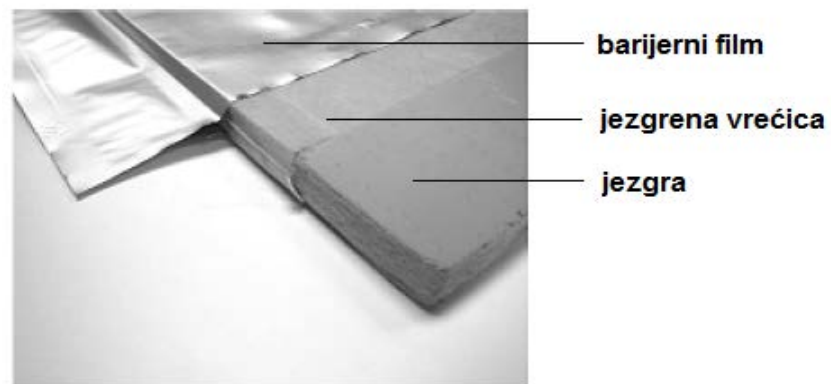
Usporedne debljine za $U = 0.3 \text{ W/m}^2\text{K}$ (VIP, EPS, XPS, mineralna vuna, kamena vuna)

Jezgri materijal VIP ploča je fini prah ili vlakno iz kojeg je zrak uklonjen pod tlakom od 0,2-3 mbara.

Jezgra mora biti u stanju odoljeti atmosferskom tlaku na omotnici, tj. 1 000 mbara. Najčešći jezgri materijal u Europi je 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

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

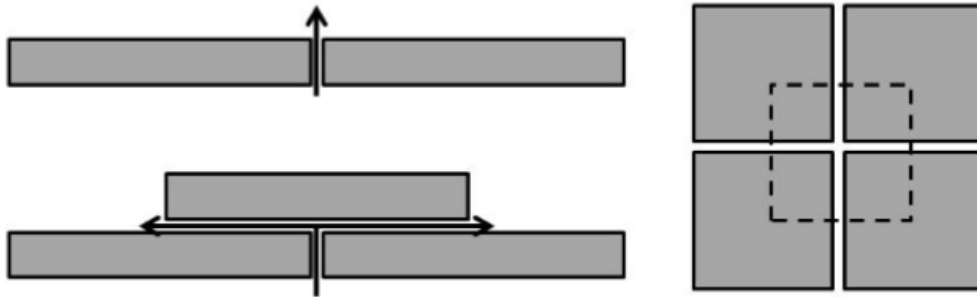


SVOJSTVA

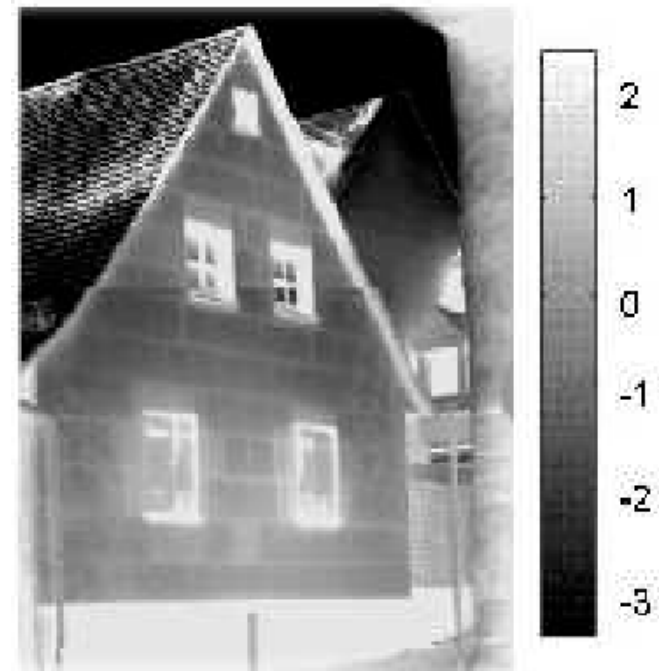
Toplinska provodljivost u središtu nove VIP ploče iznosi oko 4,5 mW / mK, a nakon 25 godina očekuje se porast od 2,9 mW/mK
Izvedbena vrijednost toplinske provodljivosti VIP-a je 7-8 mW /mK ovisno o uvjetima vlage u konstrukciji.

Ako je ploča oštećena, toplinska provodljivost se povećava na 20 mW /mK, što je i dalje niže od npr. mineralne vune koja ima toplinsku provodljivost oko 40 mW /mK

Metalizirani višeslojni polimerni film oko VIP ploča stvara toplinski most - veličina toplinskog mosta ovisi o toplinskoj provodljivosti ploče i ekvivalentnoj toplinskoj provodljivosti filma

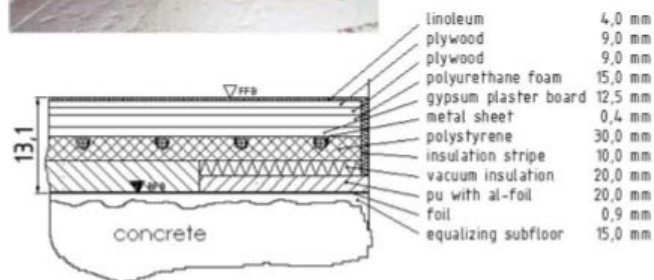


Toplinski mostovi koji se pojavljuju na rubovima VIP ploča mogu se smanjiti dodavanjem drugog sloja VIP ploča



PRIMJENA

Izolacija podova



Pod obložen s 20 mm VIP što je smanjilo

U-vrijednost poda s 0,43 na 0,15 W/m²K

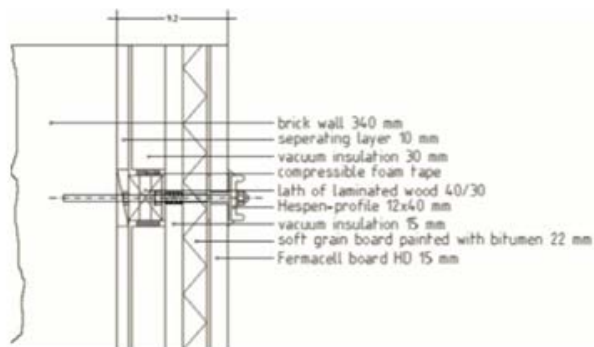
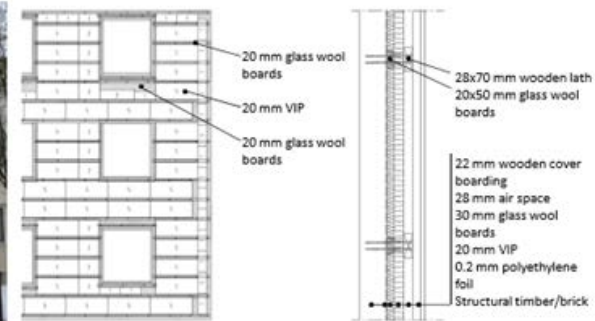
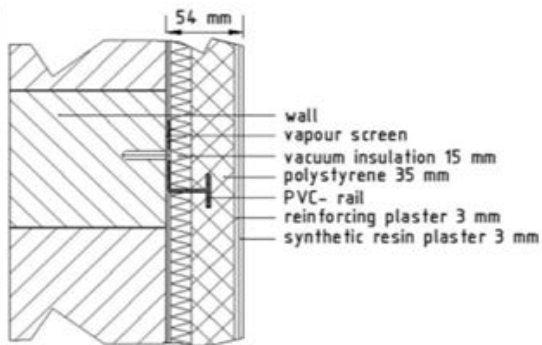
Izolacija vrata i prozora



Krovni prozor obložen s VIP od 30 mm

- Energetska učinkovitost se može poboljšati za 25% upotrebom VIP ploča umjesto uobičajenih izolacijskih materijala.
- U-vrijednost nije porasla iznad 0,27 W/(m²K) uz oštećenje VIP ploča

Vanjska nadogradnja izolacije fasada



Unutarnja nadogradnja izolacije fasada



Strukturalni fasadni sendvič paneli



Izolacija krovova i terasa





PREDNOSTI

Performanse: toplinska provodljivost od oko $5 \text{ mW} / \text{m.K}$ 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 materijalom

CIJENA!



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

Težina: Ima gustoću od 150 do 250 kg / m^3 -teži od ostalih izolacijskih materijala

Moguća poboljšanja?



I'm still cold.

PCM

-Fazno promjenjivi
materijali-

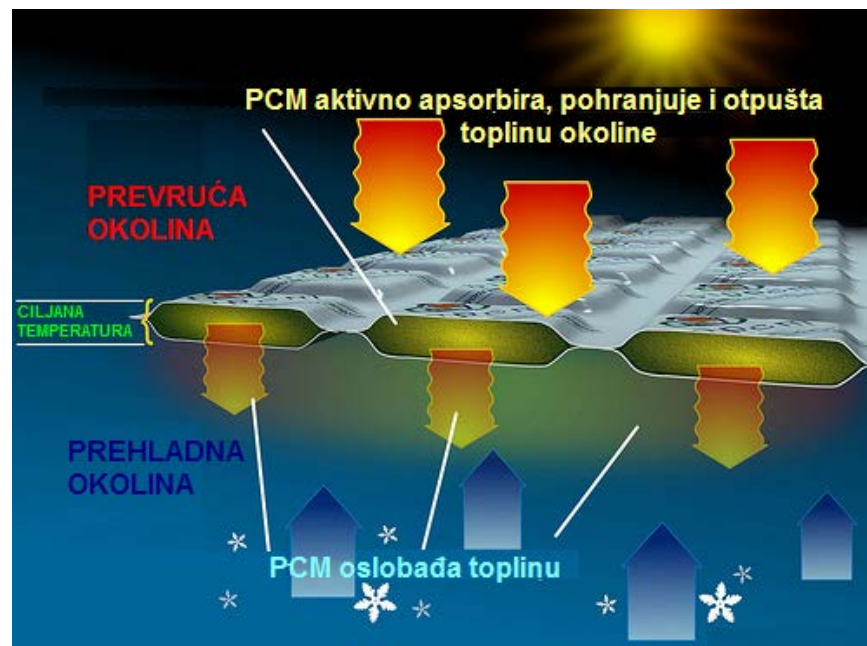
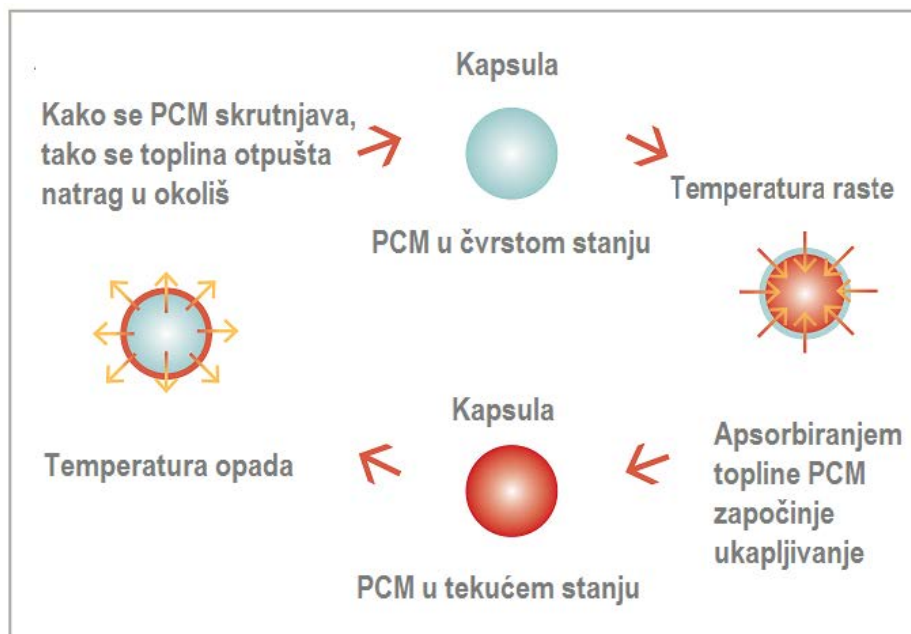
Što je PCM?

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

→ *latentna toplina*

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

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



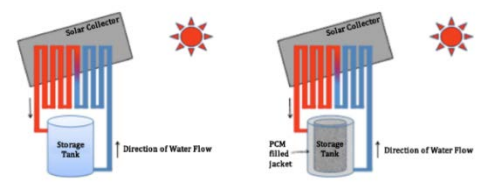
KLASIFIKACIJA PCMa

	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

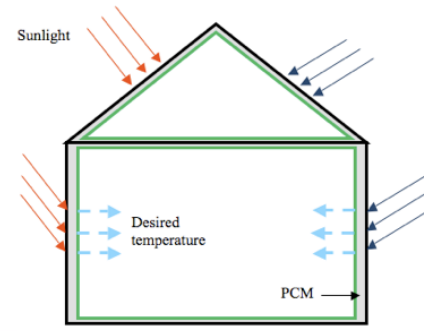
Integracija PCM-a u zgrade



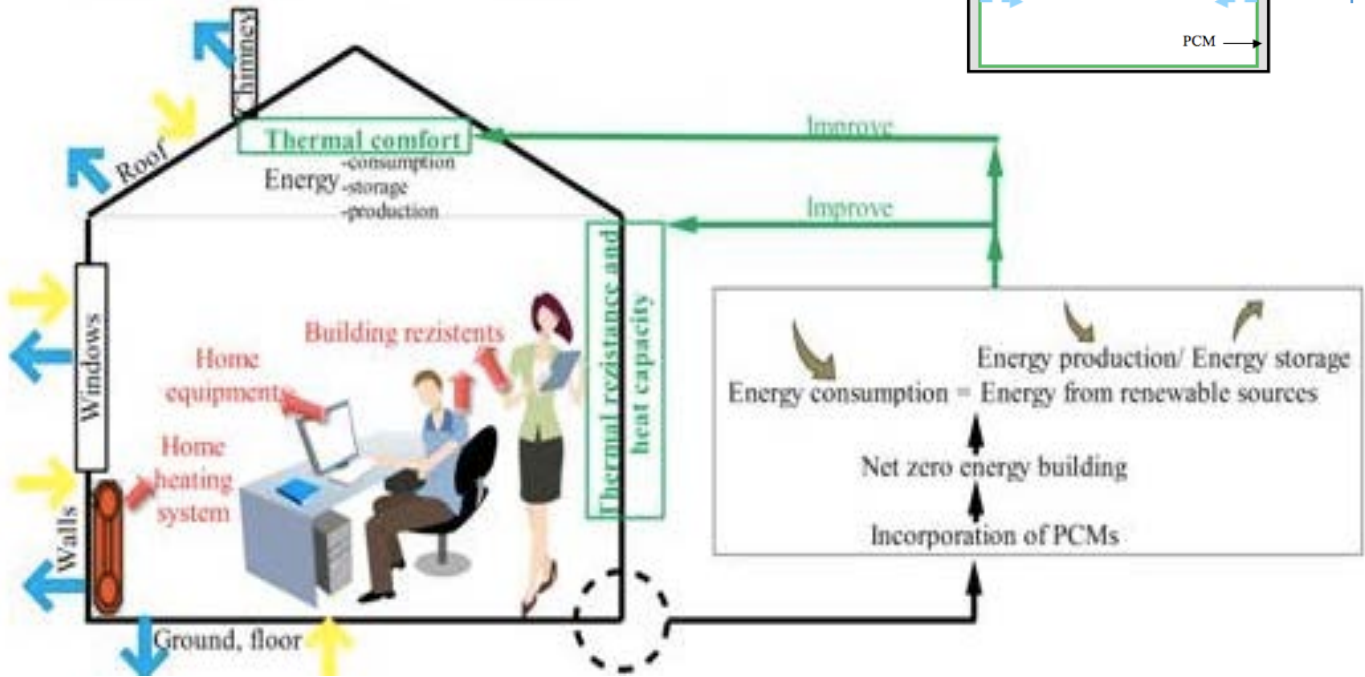
PASIVNI SUSTAVI
Automatsko otpuštanje
uskладиštene hladnoće
ili topline



Sustavi grijanja i hlađenja - skladištenje energije
Ogromna ušteda energije



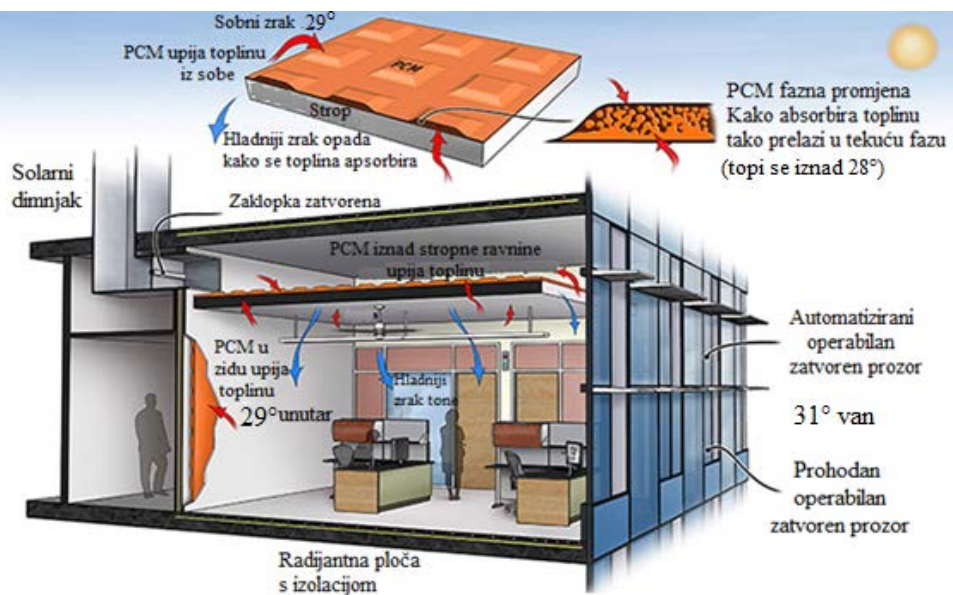
AKTIVNI SUSTAVI
zahtjevaju: ventilacija,
pumpe, kontrolni sustav
Prednost
Uskladištena energija
uvijek dostupna





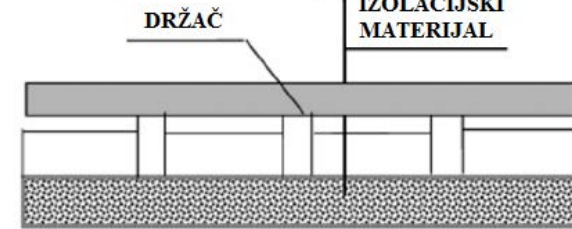
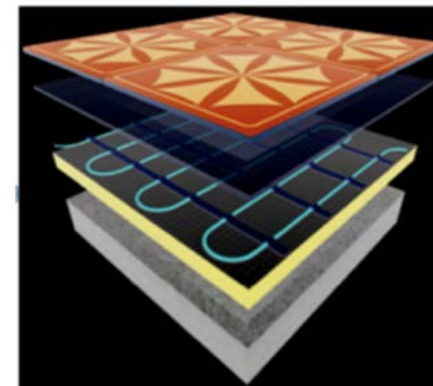
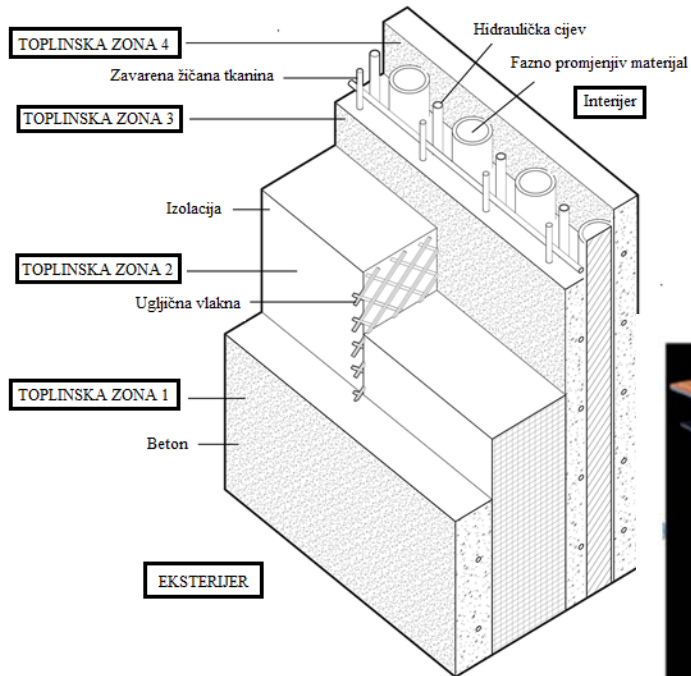
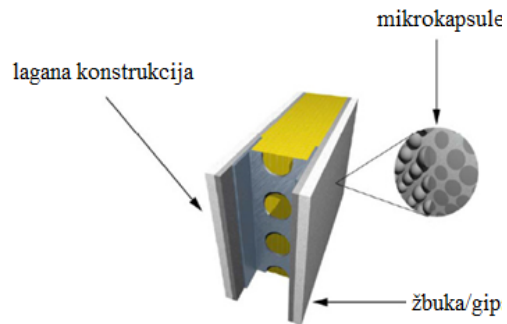
Zidne i stropne strukture mogu biti dizajnirane na određenu temperaturu, kako bi održavali toplinu u okolnom prostoru. Prilikom toplinskog opterećenja koje raste tijekom dana unutar strukture, kada se premaši određena temperaturna granica, zidovi i stropovi, koji su hladniji, počinju apsorbirati višak 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!



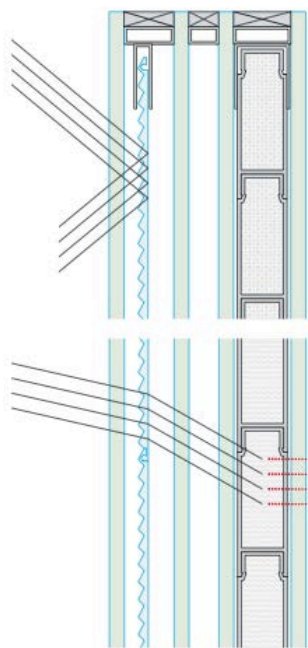
Za hladnija područja, gdje je potrebno spriječiti prekomjerno ohlađivanje unutarnjeg prostora, preporučuju se materijali čija se temperatura taljenja kreće u rasponu od 18-22°C. Za toplija područja, gdje je važno spriječiti prekomjerno povišenje temperature, prikladniji su materijali s temperaturom taljenja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

...mogućnosti primjene...

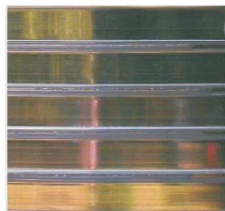


PCM integracija u zgrade

Prizmatska 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



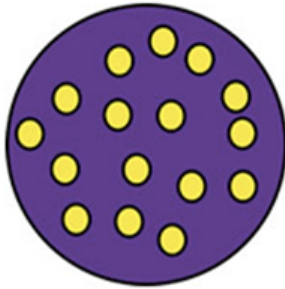
Shallow winter sun (< 35°)
Loss-free passage of the rays



Metode integracije PCMa

1.

PCM kugle



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

Makro kapsuliran PCM

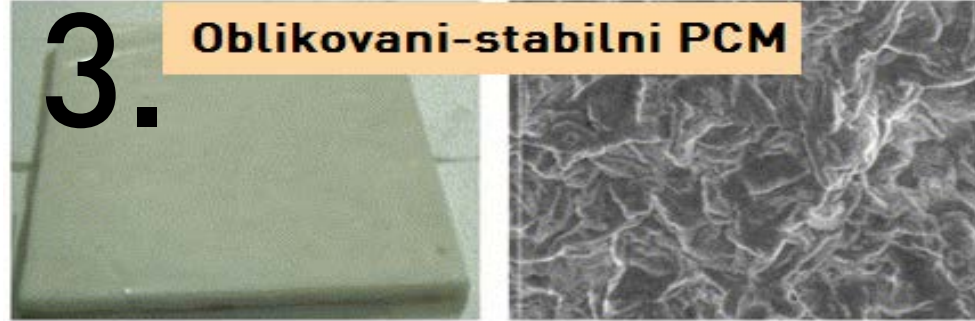
2.

Direktna aplikacija-sirov materijal

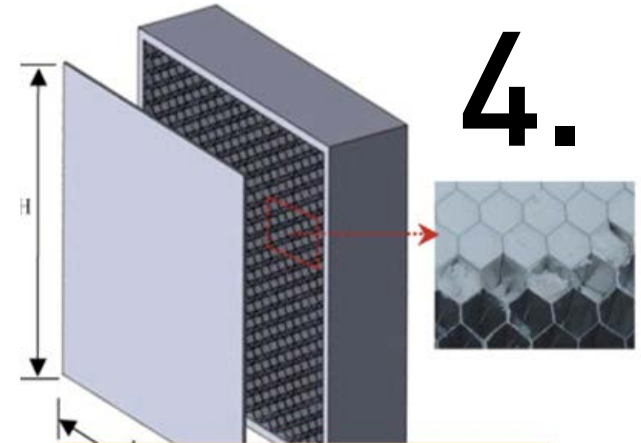


3.

Oblikovani-stabilni PCM



4.



Mikrokapsuliran PCM

Mikrokapsulirana PCM saćasta ploča

Uloga PCMa u održivosti

Veličine održivosti

Uloga PCMa

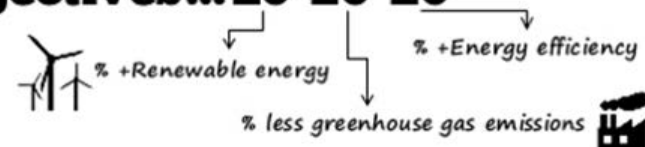
Okolina → Važne uštede energije

Društvene → Poboljšan životni okoliš

Ekonomске → Smanjenje troškova



EU Objectives... 20-20-20



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

No, može li još **bolje**?

AEROGEL

UVOD



MOGUĆNOSTI



POBOLJŠANJA

PERFORMANCE

IZAZOVI



UVOD



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**

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 Alkogel
5. Kada se Alkogel 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...

SUPERKRITIČNO SUŠENJE

- Kada se tekućina podvrgne temperaturi i tlaku iznad njezine kritične točke, prolazi kroz stanje prijelaza između plina i tekućine.
 - Superkritične tekućine –posjeduje gustoću tekućina i viskoznost plinova.
 - Najčešće korištena superkritična tekućina je CO₂ (nezapaljiv, niska kritična točka, plinovit na sobnoj temperaturi).
 - Da bi se Aerogel impregnirao s CO₂, najprije mora biti u obliku tekućine, tj. pri tlaku 58 puta većem od atmosferskog tlaka na sobnoj temperaturi.
- Metanol se zamjenjuje s CO₂, a superkritično sušenje će uzrokovati da CO₂ nestane iz gela bez deformiranja strukture.



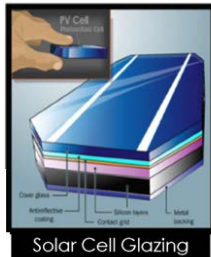
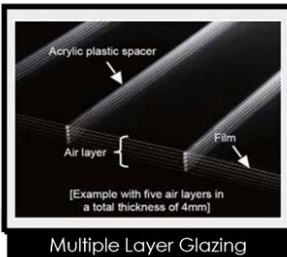
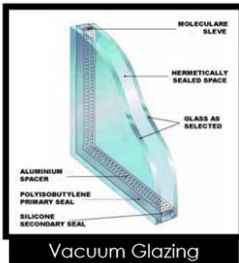
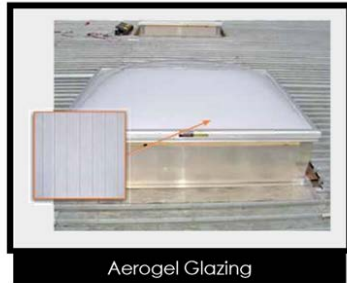


PRIMJENA

- Uključuje prozore, vrata, zidne panele
- **Nizak koeficijent toplinske provodljivosti (U vrijednost)** može značajno smanjiti gubitke energije i smanjiti troškove
- **Ostakljenje:** najvažniji dio proizvoda za fenestraciju, posebno pri izračunavanju U vrijednosti prozora
- **Visoka transmisija svjetlosti (Tvis)** je poželjno svojstvo za primjenu kod prozora

PERFORMANSE

PROIZVODI i specifikacije



Product	Manufacturer	U_g (W/m ² K)	T_{vis}
Triple Glazing	AGC Glass UK	0.5	0.7
Vacuum Glazing	Pilkington	0.7	0.533
Solar cell Glazing	Glaswerke Arnold GmbH	1.2	0.1
Self cleaning Glazing	SSG Bioclean	1.2	0.77
Aerogel Glazing	Advanced Glazing Ltd	0.31	0.07-0.32
Aerogel Glazing	Cabot Corporation	0.25	0.19
Aerogel Glazing	Okalux GmbH	0.6	0.59

PERFORMANCE

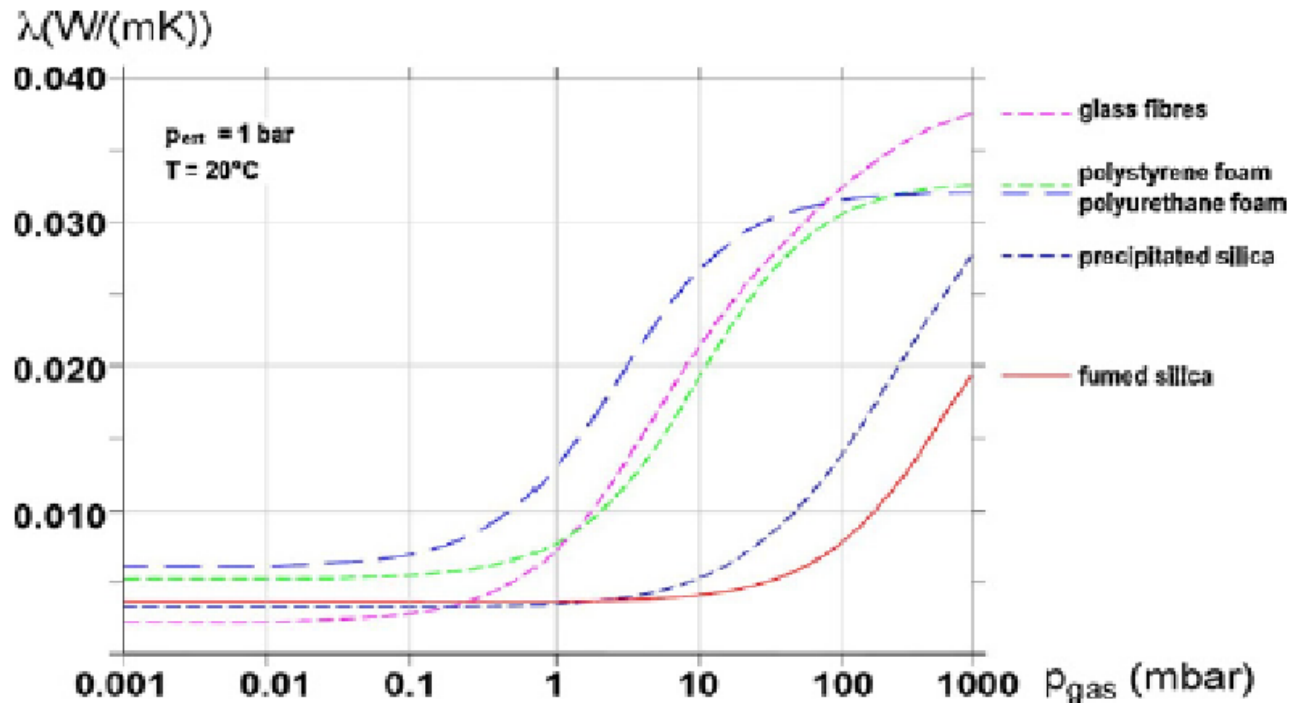
USPOREDBA PERFORMANSI

KOEFICIJENT TOPLINSKE PROVODLJIVOSTI

CIJENA

PREDNOSTI

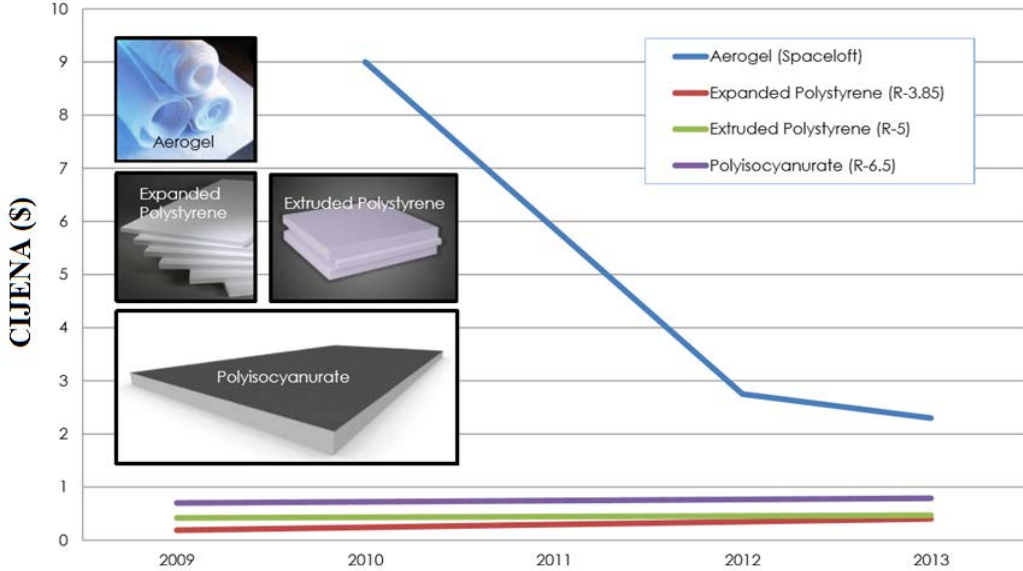
KOEFICIJENT TOPLINSKE PROVODLJIVOSTI



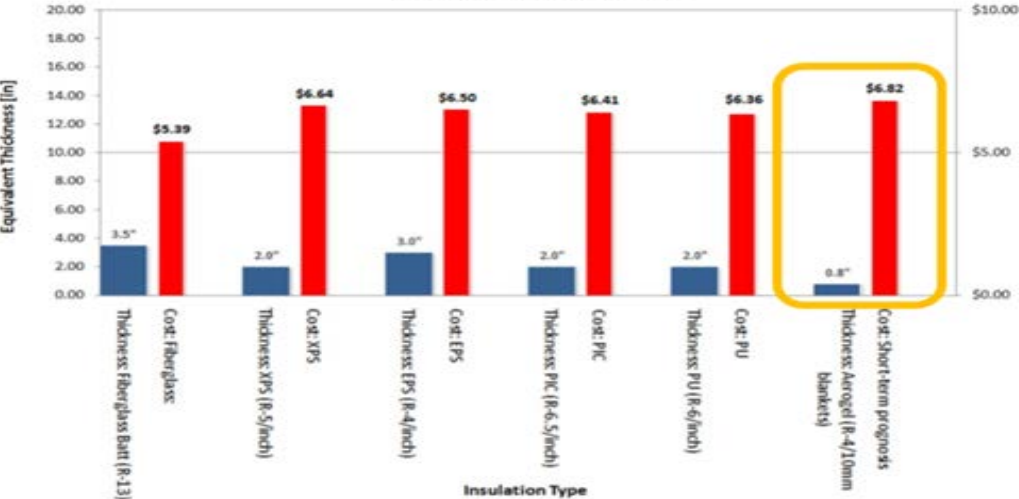
Toplinska provodljivost različitih izolacijskih materijala u funkciji atmosferskog tlaka. Toplinska provodljivost smjese silicijevog dioksida raste samo iznad 50 mbara, a aerogel ima nisku toplinsku provodljivost pri atmosferskom tlaku od 1000 mbara.

CIJENA

CIJENA IZOLACIJE PO METRU KVADRATNOM



Interior Insulation Target R-8



Spaceloft® Blanket Cut-to-Size (5-mm Thickness)

From: **\$2.30** per sq. ft.

Aspen Aerogels' Spaceloft® is a flexible aerogel composite blanket designed for insulating buildings and apparel. With a thermal conductivity of 14 mW m⁻¹ K⁻¹, Spaceloft is approximately two and half times better insulating than Styrofoam®. Engineered for unmatched thermal insulating performance in construction, home insulation, oil pipelines, physical plants, refineries, refrigerators, winter clothing, and any application where thermal insulation is needed and space is at a premium. Maximum temperature is 390°F/200°C, density is 0.15 g cm⁻³ (2.45 oz/69 g per square foot). Download the MSDS here.

Note: Product is dusty; gloves, eye protection, and dust mask recommended for handling.

Don't want the hassle of bulk insulation? Try our convenient Pre-Cut Spaceloft® Blankets.

Use the form below to order custom cuts. Standard roll width is 58" (147 cm). Quantity discounts follow the pricing table found in the Description section below.

Length (ft)

Width (in)



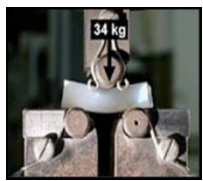
PREDNOSTI

Items	EPS	PU	Phenolic	PIR	Glass fibre	Microporous ceramic	Microporous aerogel	Microporous silica	Composite insulation	VIP
K^c	**	**	***	****	*	****	*****	**	****	*****
ρ^a	**	**	**	**	*	*	**	*	**	**
Temperature endurance ^b	*	**	**	**	***	***	***	***	***	**
Structural strength ^a	**	**	**	**	*	**	*	**	**	*
Formability ^a	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*
Water resistance ^b	**	**	**	***	*	*	***	*	***	***
Environmentally- friendly ^b	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***
Recyclable ^b	***	**	**	**	*	**	***	***	*	***
Commercial availability ^b	***	***	***	***	***	***	**	***	*	**
Cost ^c	*****	*****	*****	****	***	**	*	**	****	***

Nove sintetizacijske metode mogu poboljšati mehanička svojstva aerogela što ga čini učinkovitijima za komercijalne primjene

KLJUČ POBOLJŠANJA

UMREŽAVANJE



OJAČAVANJE
VLAKNIMA

REDUCIRANO
VEZANJE

X-AEROGELOVI

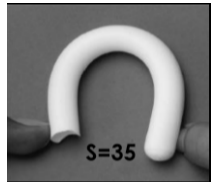
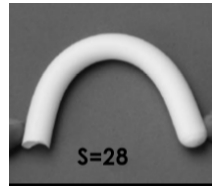
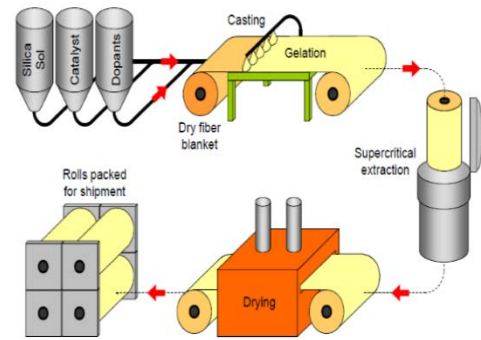
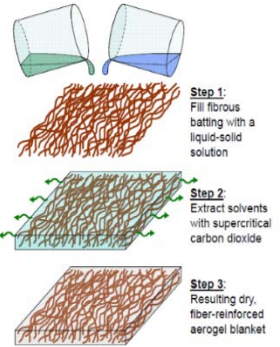
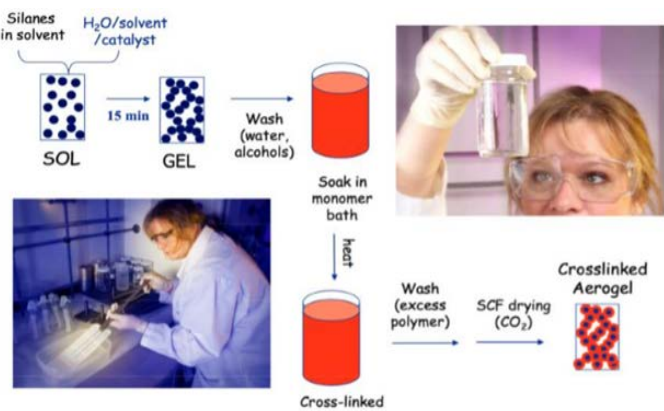
- Povećanje gustoće i toplinske provodljivosti (<3x od tipičnog silikatnog aerogela), mehanička čvrstoća povećana **300 puta**
- Povećana fleksibilnost i otpornost na udar

AEROGEL OJAČAN VLAKNIMA

Kompozitne "deke" (*Aspen Aerogels*)-poliesterska, staklena, ugljična ili keramička vlakna)

- Fleksibilnost, otpornost na drobljenje-mogućnost rezanja, ušivanja i laminiranja)
- Pojednostavljena montaža za razliku od drugi vrsta izolacije

- Viskoelastični i super hidrofobni silikatni aerogelovi
- Kompresibilnost je ~ 60% od originalne duljine
- velika stlačivost-transport većih količina
- Optička transmisija se može konfigurirati



NOVI/POBOLJŠANI
PROCESI



NOVI/POBOLJŠANI
MATERIJALI

ORGANSKI AEROGELOVI

Manje lomljivi i manje
krhki od anorganskih
aerogelova

UGLJIČNI AEROGELOVI

Imaju veliku specifičnu
površinu (500-2500 m²/g) i
električnu vodljivost
super-kondenzatori
(moguće zamjene za
baterije)

AEROGRAFEN

Najlakši materijal ikad (160 g /
m³)
Dobra sposobnost apsorpcije -
može apsorbirati 900 puta
vlastitu težinu (u usporedbi s 10
puta za komercijalne proizvode
za apsorpciju)



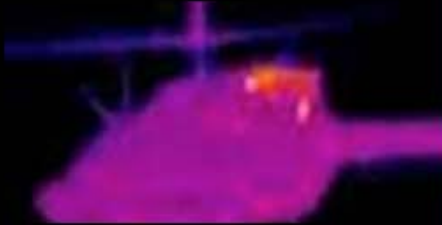
MOGUĆNOSTI



PROIZVODNJA IZOLACIJE



LNG



IC REPRESIJE



GRAĐEVINARSTVO



ODJEĆA



OBUĆA



ZRAKOPLOVSTVO & VOJSKA



**INDUSTRIJSKA
POSTROJENJA**



PODMORSKE CIJEVI



KROVOVI



VANJSKA BAŠTINA



UNUTARNJA BAŠTINA



TOPLINSKI MOSTOVI



USLUGE



BALKONI



UNUTARNJA IZOLACIJA



**ROLE AEROGEL
TOPLINSKE IZOLACIJE**



**TRANSPARENTNA AEROGEL
IZOLACIJA**



Zaključak!

- 1. Razvoj i uporaba novih materijala su usmjereni na smanjenje potrošnje energije u zgradama i istovremeno doprinose smanjenu emisije štetnih plinova
- 2. Svi novi materijali temelje se na suvremenim nanotehnologijama, koje 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 daje najbolje rezultate, u pogledu strukturalne nosivosti i energetske učinkovitosti ovojnica zgrada
- 4. Otvoren je veliki prostor i mogućnosti za realiziranje niza projekata i istraživanja

ZAHVALJUJEM NA PAŽNJI!