



ОБУКА ЗА ПОЛАГАЊЕ СТРУЧНОГ ИСПИТА ЗА ОБЛАСТ
ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ ЗГРАДА



ГРАЂЕВИНСКИ МАТЕРИЈАЛИ И СКЛОПОВИ

Проф. др Властимир РАДОЊАНИН, дипл.инж.грађ.
(radonv@uns.ac.rs)

Проф. др Мирјана МАЛЕШЕВ, дипл.инж.грађ.
(miram@uns.ac.rs)

ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
ДЕПАРТМАН ЗА ГРАЂЕВИНАРСТВО И ГЕОДЕЗИЈУ
НОВИ САД



Pravilan izbor određenog termizolacionog materijala je tesno povezan sa:

- analizom svojstava termoizolacionih materijala u odnosu na svojstva ostalih materijala od kojih se izvode pojedini elementi konstrukcije,
- analizom položaja elementa konstrukcije u odnosu na okruženje i
- analizom termo - higrometrijskih uslova sredine.

Nepoznavanje svojstava termoizolacionih materijala u praksi može dovesti do:

- **značajnog smanjenja efekata termoizolacije,**
- **pojave pratećih neželjenih efekata:**
 - **vlaga,**
 - **truljenje materijala,**
 - **buđ,**
 - **klobučenje, ljuspanje i otpadanje paronepropusnih završnih slojeva i**
 - **oštećenja usled dejstva mraza.**



OSNOVNI TEHNIČKI PODACI O TERMOIZOLACIONIM SVOJSTVIMA STANDARDNIH GRAĐEVINSKIH MATERIJALA

- λ - koeficijent toplotne provodljivosti
- c - specifična toplota
- μ - faktor otpora difuziji vodene pare
- α_t - koeficijent toplotnog izduženja
- γ - zapreminska masa

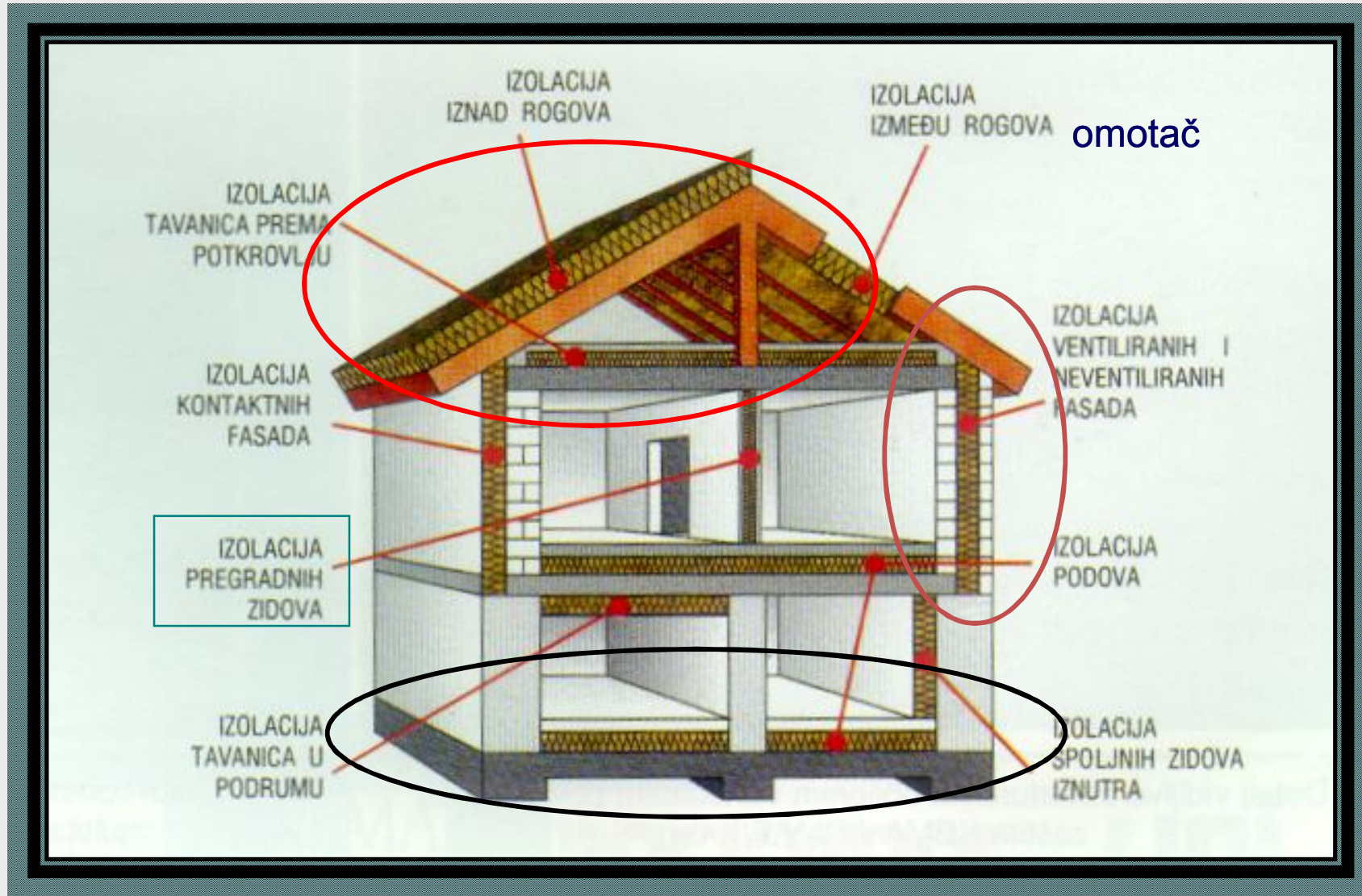
SRPS U.J5.600:1998



KLASIFIKACIJA TERMOIZOLACIONIH MATERIJALA

- **prema poreklu sirovina za proizvodnju,**
- **prema vrednosti koeficijenta toplotne provodljivosti,**
- **prema vrednosti zapreminske mase i**
- **prema mestu i načinu primene.**

Toplotna izolacija objekata može se posmatrati kroz tri zasebne celine:





PODELA TERMOIZOLACIONIH MATERIJALA NA OSNOVU KOEFICIJENTA TOPLOTNE PROVODLJIVOSTI

SRPS U.A2.020

Termoizolacioni materijali imaju $\lambda < 0.3 \text{ W/(mK)}$

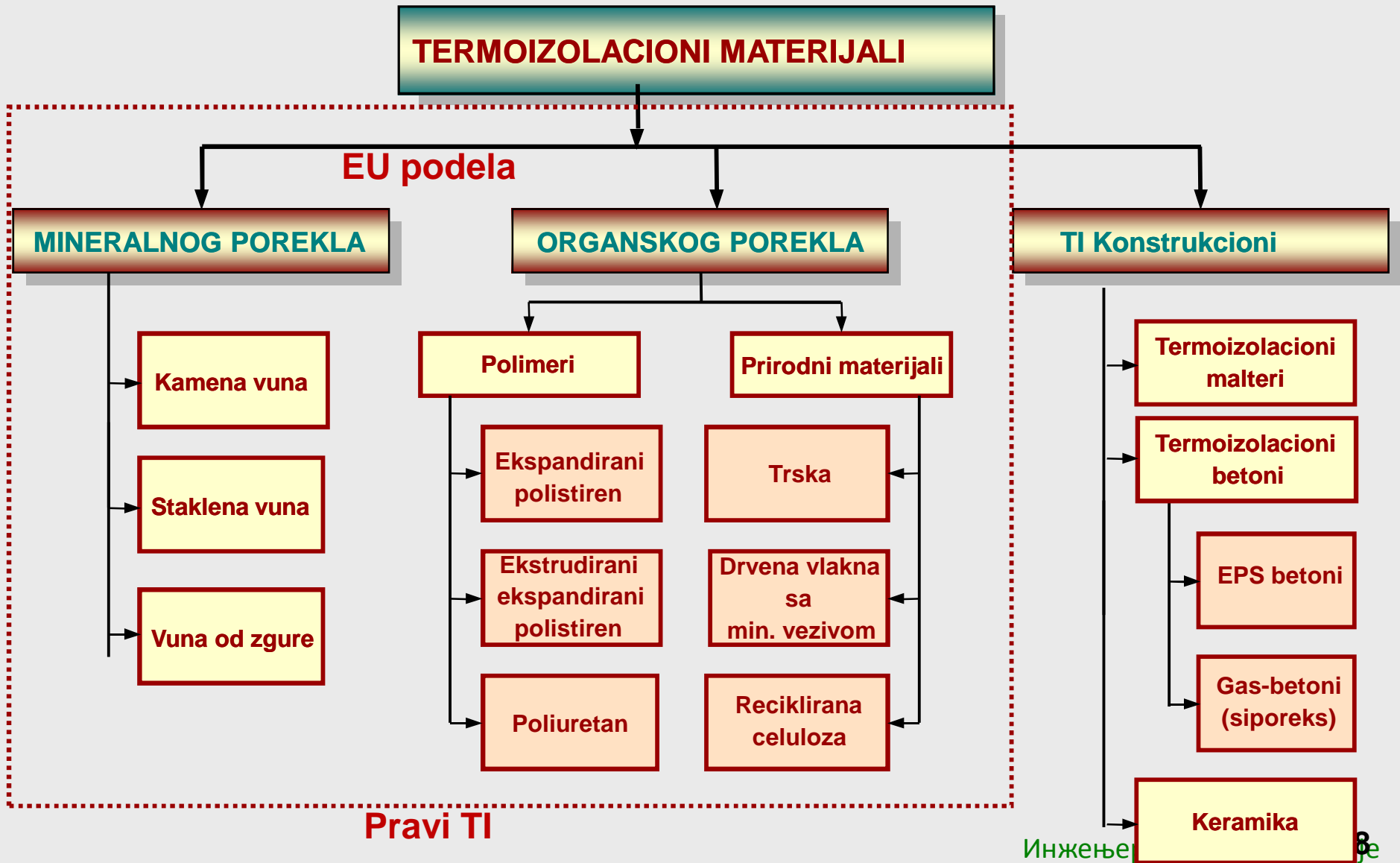
- pravi termoizolacioni materijali:**

$$\lambda < 0.06 \text{ W/(mK)}$$

- termoizolacioni materijali sa konstrukcionim svojstvima:**

$$0.06 < \lambda < 0.3 \text{ W/(mK)}$$

KLASIFIKACIJA TERMOIZOLACIONIH MATERIJALA NA OSNOVU POREKLA SIROVINE ZA PROIZVODNJU





KLASIFIKACIJA TERMOIZOLACIONIH MATERIJALA NA OSNOVU POSTUPKA UGRADNJE – OBLIKU PROIZVODA

Način ugradnje/oblik proizvoda	Vrsta TI materijala
Nasipanje i uduvavanje Rastresiti materijali	Usitnjena reciklirana hartija
	Ekspandirani polistiren - granule
	Perlit
	Vermikulit
	Strugotina
Mineralne vune	
Filcevi i jastuci	Mineralne vune
Prskanje na mestu gradnje/sprejevi	Celuloza sprej
	Kamena vuna sprej
Prskanje na mestu ugradnje/pene	Poliuretan
	"Air-krete" (MgO+CO ₂)
Tvrde ploče	Ćelijasto staklo
	Ekspandirani polistiren
	Ekstrudirani polistiren
	Poliuretan
	Mineralne vune



TERMOIZOLACIONI MATERIJALI MINERALNOG POREKLA



КАМЕНА (MINERALNA) VUNA



KAMENA (MINERALNA) VUNA

Osnovna svojstva

➤ hemijska svojstva

▪ hemijski sastav (%):

SiO_2	CaO	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	Na_2O	TiO_2	K_2O
42-44.5	9-22.5	14-16.5	6.5-7.2	7-9.2	2.5-3	1-1.4	0.4-0.6

- hemijski inertan materijal,
- postojana na uticaj vode, vodene pare i različitih jedinjenja izuzev fluora,



KAMENA (MINERALNA) VUNA

➤ fizička i mehanička svojstva

γ [kg/m ³]	λ [w/mK]	α_T [K ⁻¹]	μ [-]	u_v [%]	$\sigma_{p,10\%}$ [MPa]	f_z [Pa]
45-160	0.035-0.041	5×10^{-5}	≥ 1.1	> 100	0.003-0.050	0.01-0.03

- Debljina vlakana 5 – 7 μm
- Izrazito velika poroznost (92 – 97%),
- Dominantna otvorena poroznost,
- Izrazito velika sposobnost upijanja vode,
- Propustljivost vlage,



KAMENA (MINERALNA) VUNA

➤ fizička i mehanička svojstva

- Postojanost na visokim temperaturama ($t \geq 250^{\circ}\text{C}$),
- Dobra apsorpcija zvuka,
- Mala otpornost na dejstvo mraza.



KAMENA (MINERALNA) VUNA

Svojstva kamene vune	Klasa	
	I	II
Zapreminska masa pri zbijenosti od 0.08kN/m ² , [kg/m ³]	max. 150	max. 220
Sadržaj staklastih kapljica većih od 0.5mm, [%]	max. 10	max. 30
Prosečna debljina vlakana, [mm]	max 0.007	
Koeficijent toplotne provodljivosti za:		
▪ 0°C, [W/(mK)]	0.041	0.058
▪ 100°C, [W/(mK)]	0.058	0.081
▪ 300°C, [W/(mK)]	0.098	0.139
Maksimalna dozvoljena vlažnost, [%]	3	
Dozvoljena (radna) temperatura u ekspl.uslovima, [°C]	600	



KAMENA (MINERALNA) VUNA

➤ Prednosti

- mala zapreminska masa,
- nizak koeficijent toplotne provodljivosti,
- širok temperaturni interval primene (do +700°C),
- negorivi materijal (klasa A1, DIN 4102),
- prilikom topljenja ne oslobađa štetne gasove i
- biorazgradljivost.



KAMENA (MINERALNA) VUNA

➤ Nedostaci

- veliko upijanje vode i veoma velika propusnost vodene pare,
 - drastično smanjenje efekta termoizolacije (+1% u_v → +20% λ)
 - mala otpornost na dejstvo mraza,
 - sklonost ka pojavi buđi i
 - mogućnost pojave korozije metala u prisustvu vlage.

U cilju sprečavanja prekomernog upijanja vode termoizolacija od kamene vune se hidrofobizira, tj. dodatno impregnira silikonskim uljem.



KAMENA (MINERALNA) VUNA

Proizvodi i njihova primena

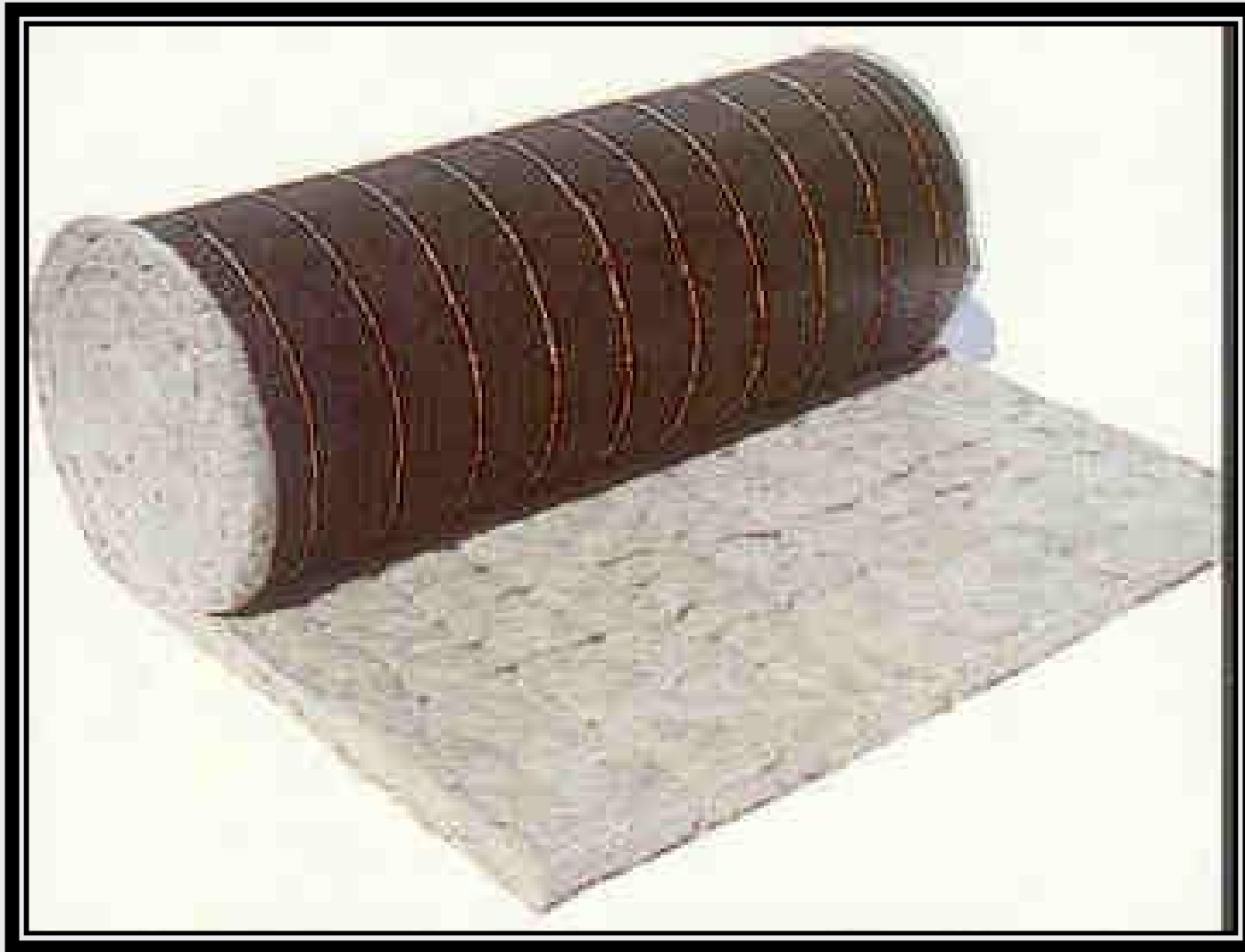
- **Proizvodi od neimpregnirane kamene vune**
 - jastuci, obični ili upakovani u PVC foliju i
 - prošiveni ili neprošiveni filc za podlogu od:
 - kartona,
 - bitumeniziranog papira,
 - staklenog voala,
 - pocinkovanog pletiva,
 - aluminijske folije i dr.

КАМЕНА (MINERALNA) VUNA



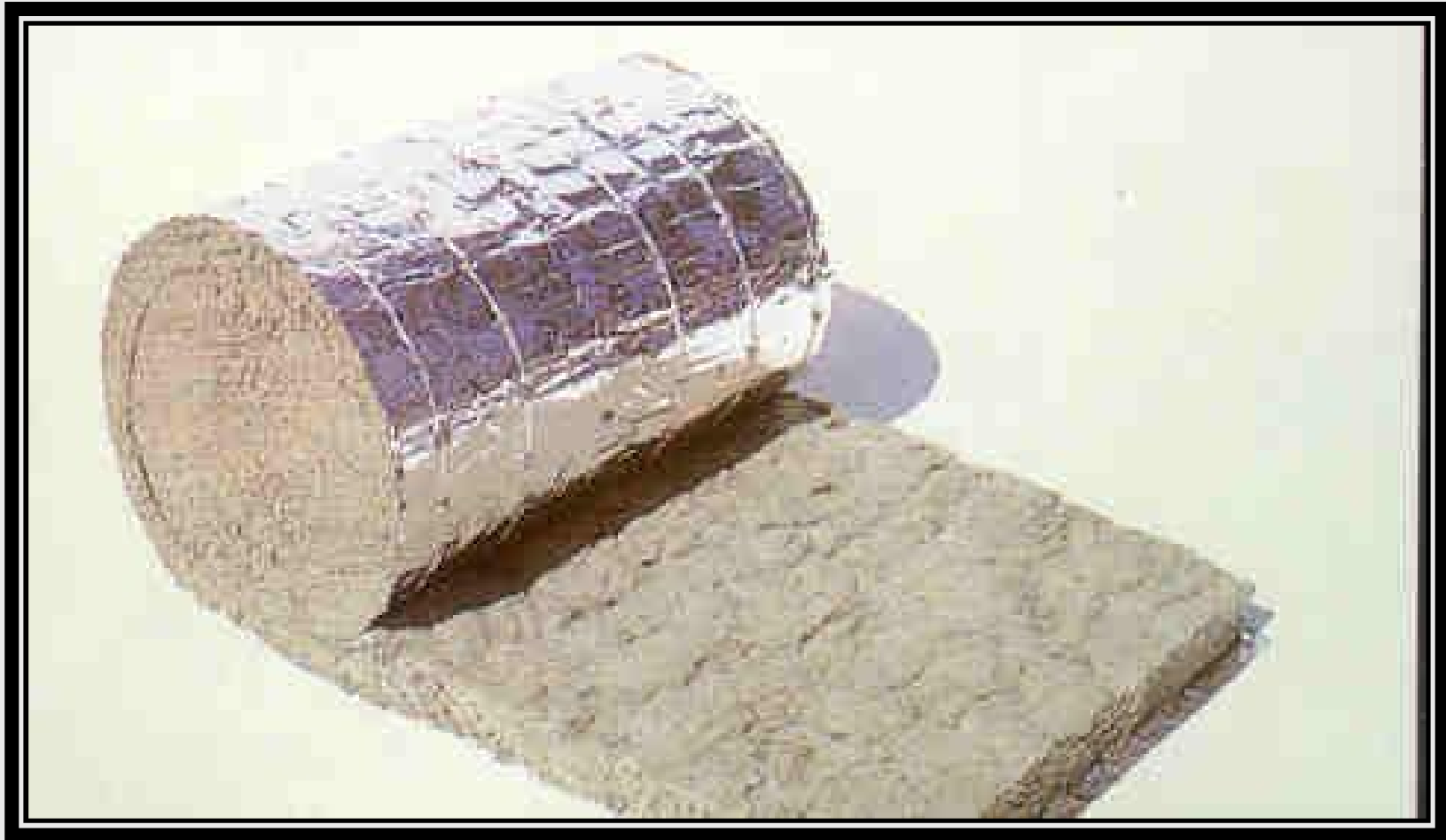
Neimpregnirana kamena vuna u rinfuznom obliku

КАМЕНА (MINERALNA) VUNA



Prošiveni filc na bitumeniziranom papiru

КАМЕНА (MINERALNA) VUNA



Prošiveni filc na aluminijumskoj foliji

КАМЕНА (MINERALNA) VUNA



Prošiveni filc na staklenom voalu

КАМЕНА (MINERALNA) VUNA



Prošiveni filc na pocinkovanom pletivu

KAMENA (MINERALNA) VUNA

Proizvodi i njihova primena

➤ Primena

- Za termoizolaciju u slučajevima kada nisu opterećeni na pritisak:
 - međuspratnih konstrukcija, u slučajevima kada se primenjuju spuštene plafoni,
 - pregradnih zidova,
 - potkrovlja i kosih krovova.
- Za protivpožarnu zaštitu industrijskih peći, kotlova, cisterni itd. do radne temperature od 700°C.



KAMENA (MINERALNA) VUNA

Proizvodi i njihova primena

➤ Proizvodi od impregnirane vune:

- meke ploče,
- polutvrde ploče i
- tvrde ploče.

Debljina ploča se kreće od 2 – 10cm.

Za impregnaciju se koriste organske smole i ulja u količini do 6%.

Eksploataciona temperatura do 250°C.

Tamno žute do smeđe boje.



KAMENA (MINERALNA) VUNA



Impregnirane meke ploče ($\gamma = 35\text{kg/m}^3$)



KAMENA (MINERALNA) VUNA



Impregnirane polutvrde ploče ($\gamma = 75\text{kg/m}^3$)



KAMENA (MINERALNA) VUNA



Impregnirane tvrde ploče ($\gamma = 150\text{kg/m}^3$)

KAMENA (MINERALNA) VUNA

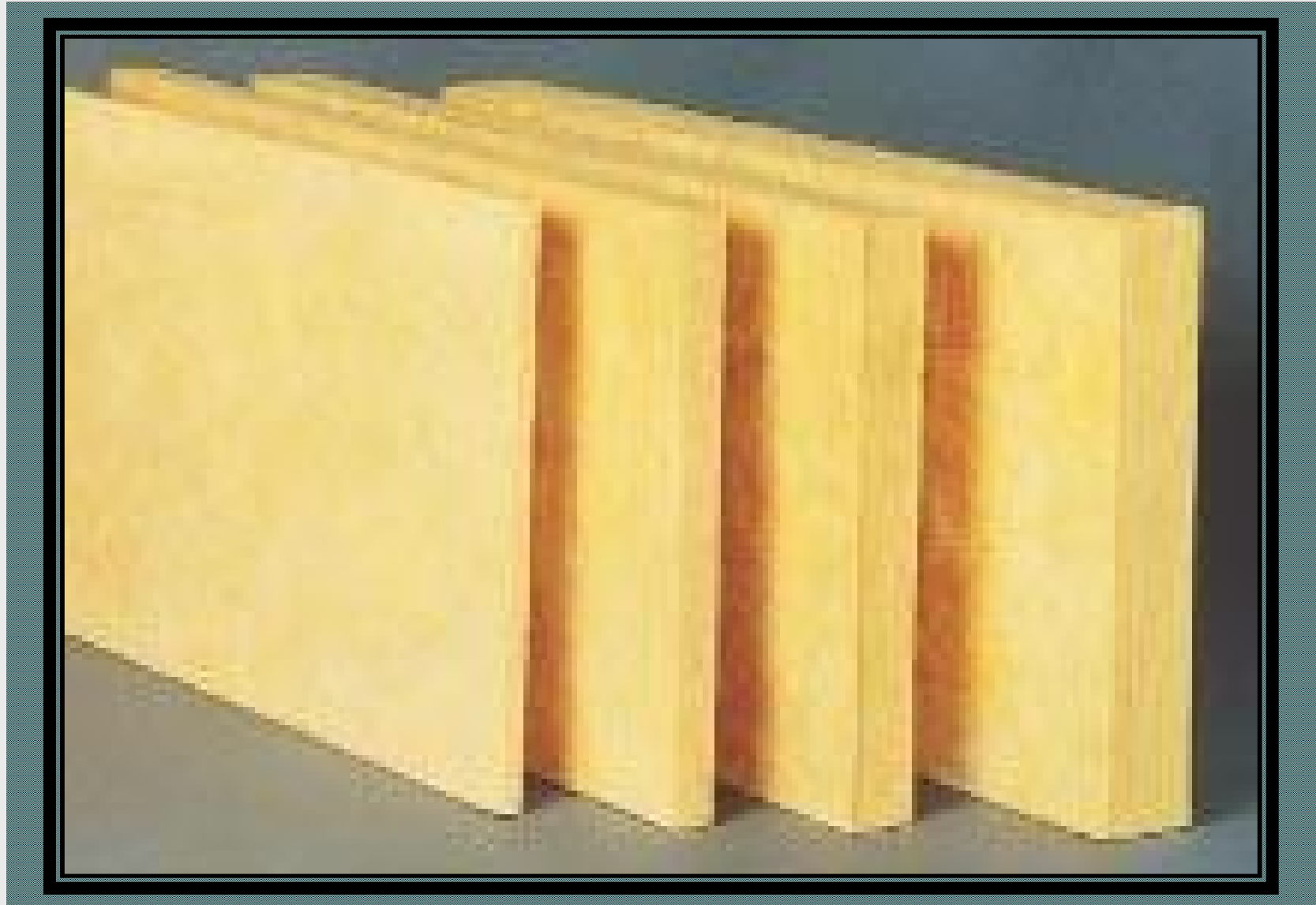
Proizvodi i njihova primena

➤ Primena

- **Za termoizolaciju i u slučajevima kada su opterećene na pritisak:**
 - **pregradnih zidova, međuspratnih i podnih konstrukcija,**
 - **u sklopu rešenja fasadnih zidova kao ventilisanih, neventilisanih ili kontaktnih sistema,**
 - **ravnih i kosih krovova.**



STAKLENA (MINERALNA) VUNA



KAMENA (MINERALNA) VUNA

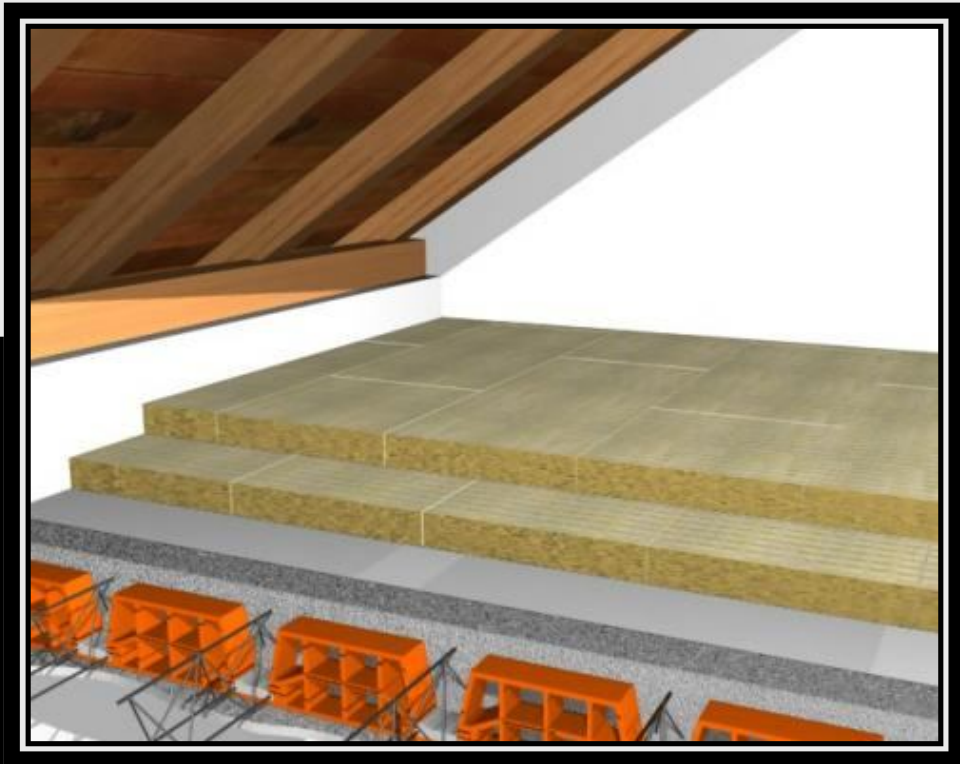
Izolacija kosih krovova



Pravilno provetravanje krova postiže se pravilno izvedenim konstrukcionim detaljima koji će obezbediti neometano strujanje sloja vazduha iznad termoizolacionog materijala, od najnižeg dela krova (u liniji strehe ispod krovnog pokrivača obezbediti ulaz svežeg vazduha) do najvišeg dela (u liniji slemena krova obezbediti kontinualno ispuštanje zagrejanog / vlažnog vazduha)

KAMENA (MINERALNA) VUNA

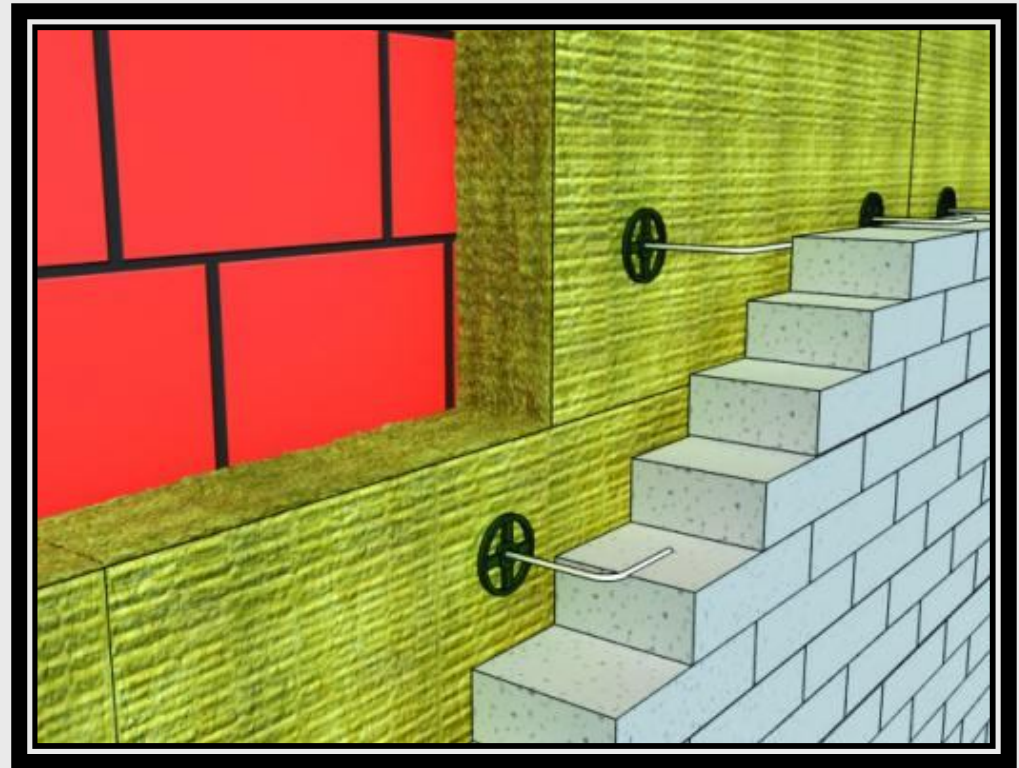
Podne konstrukcije



KAMENA (MINERALNA) VUNA

Neventilisane fasade

Posebno je važno da se za fasadnu oblogu odaberu vodoodbojni materijali ali u isto vreme i paropropusni, da bi kondenzovana vodena para mogla da se isuši iz zida u dozvoljenom vremenskom roku.



U tom slučaju nije potrebno postaviti parnu branu ali uz potvrdu rezultata koji su dobijeni proračunom u skladu sa važećim standardima iz oblasti toplotne tehnike u građevinarstvu. U suprotnom, parnu branu treba postaviti između nosećeg zida i izolacije da bi na taj način sprečili nedozvoljenu kondenzaciju u izolacionom materijalu.

KAMENA (MINERALNA) VUNA

Ventilisane fasade

Kod ventilisanih sendvič zidova, potrebno je predvideti i ventilacione otvore u fasadnoj oblozi što omogućuje ventilisanje sloja izolacionog materijala po vertikali pri čemu cirkulacija vazduha mora biti nesmetana.



Ventilisane fasade su dobile svoj naziv zbog ventilisanog sloja odnosno sloja vazduha između izolacionog materijala i spoljašnjeg, dekorativnog sloja.

Danas su one jedan od najčešćih načina oblaganja spoljašnjih zidova poslovnih objekata.

STAKLENA (MINERALNA) VUNA

- **Staklena vuna se sastoji iz tankih i elastičnih staklenih niti.**
- **Dobija se sličnom tehnologijom kao i kamena vuna.**
- **Najčešće je svjetlo-žute boje.**
- **Osnovne sirovine za proizvodnju:**
 - **stakleni krš (30 - 60% čak i 80%),**
 - **sirovine za proizvodnju stakla.**

STAKLENA (MINERALNA) VUNA

Osnovna svojstva

➤ hemijska svojstva

- hemijski sastav (%):

SiO_2	CaO	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	Na_2O	Br_2O_3
58.5	16	4	0.2	6	11.8	3.5

- hemijski inertan materijal,
- postojana na uticaj vode, vodene pare i različitih jedinjenja



STAKLENA (MINERALNA) VUNA

➤ fizička svojstva

γ [kg/m ³]	λ [w/mK]	α_T [K ⁻¹]	μ [-]	u_v [%]	$\sigma_{p,10\%}$ [MPa]	f_z [Pa]
< 130	< 0.041	5×10^{-5}	≥ 1	> 100	-	-

- Debljina vlakana $\geq 1 \mu\text{m}$,
- Izrazito velika poroznost (95 – 97%),
- Dominantna otvorena poroznost,
- Izrazito velika sposobnost upijanja vode,
- Propustljivost vlage,

STAKLENA (MINERALNA) VUNA

- **fizička svojstva**
 - **Posедује svojstvo negorivosti,**
 - **Dobra apsorpcija zvuka,**
 - **Mala otpornost na dejstvo mraza.**

Termoizolacioni proizvodi od mineralne vune, u koju spadaju impregnirana staklena i kamena vuna, nisu štetni po ljudsko zdravlje.

Međutim, "sirova" - rastresita staklena vuna predstavlja potencijalnu opasnost po ljudsko zdravlje i svrstana je u grupu materijala "2B".

STAKLENA (MINERALNA) VUNA

Proizvodi i njihova primena

- **Proizvodi od impregnirane staklene vune**
 - različite vrste filceva i
 - ploča od staklene vune:
 - meke,
 - polutvrde,
 - tvrde.

Mogu se zalepiti na aluminiјumsku foliju, natron papir ili staklenu mrežicu, a mogu biti i hidrofobizirani u cilju smanjenja upijanja vode.



STAKLENA (MINERALNA) VUNA



Proizvodi od impregnirane staklene vune



STAKLENA (MINERALNA) VUNA

Proizvodi i njihova primena

➤ Primena:

▪ Za termoizolaciju :

- pregradnih zidova, međuspratnih i podnih konstrukcija,
- u sklopu rešenja fasadnih zidova kao ventilisanih, neventilisanih ili kontaktnih sistema,
- ravnih i kosih krovova.

STAKLENA (MINERALNA) VUNA

- U odnosu na kamenu mineralnu vunu, staklena vuna:
 - Ima slična fizičko - mehanička svojstva,
 - Ima veću poroznost,
 - Ima vlakna veće dužine,
 - Ima veću hemijsku otpornost,
 - Ne izaziva koroziju metala.

PRIRODNA MINERALNA VUNA

Prirodna mineralna vuna (staklena ili kamena), je proizvedena od sirovina koje se nalaze u prirodi i/ili recikliranih sirovina, a njena vlakna su vezana korišćenjem bio-tehnologije bez formaldehida, fenola, akrila i bez dodavanja veštackih boja i pigmenata.

U osnovi novog veziva nalazi se biljni skrob, koji se pretvara u inertni polimer tokom procesa proizvodnje mineralne vune.

Evropska unija je svrstala **formaldehid** u supstance koje predstavljaju opasnost po ljudsko zdravlje zbog potencijalnih kancerogenih uticaja, ali u vezi sa kojima ne postoje odgovarajuci podaci kako bi se izvršila zadovoljavajuca procena.

Primena ovog materijala je ista kao i prethodno opisane kamene i staklene vune.

PRIRODNA MINERALNA VUNA



PRIRODNA MINERALNA VUNA IMA BRAONKASTU BOJU



TERMOIZOLACIONI MATERIJALI ORGANSKOG POREKLA

Na bazi polimera



ЕКСПАНДИРАНИ ПОЛИСТИРЕН (EPS-stiropor)



Sastoji od granula ispunjenih vazduhom. Bele je boje.



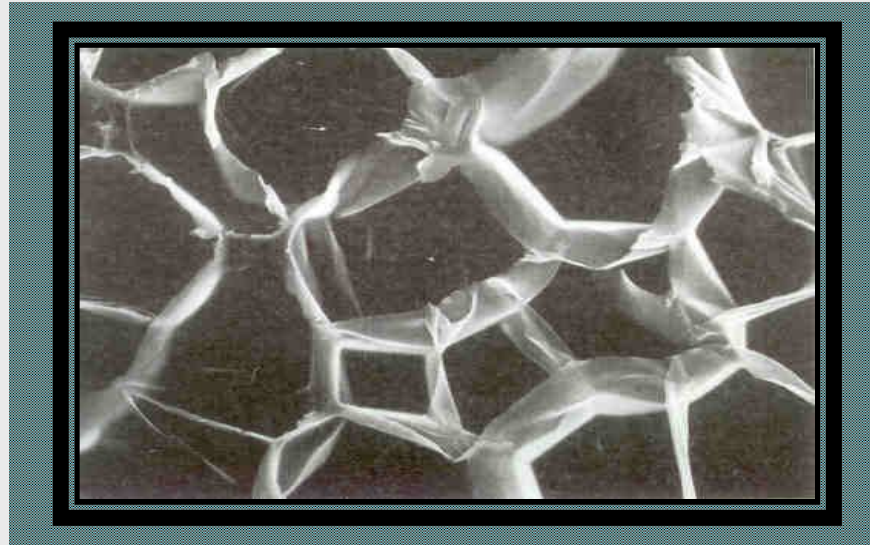
ЕКСПАНДИРАНИ ПОЛИСТИРЕН (EPS-stiropor)

- **Procesom ekspaniranja proizvode se:**
 - **nevezane granule EPS-a,**
 - **oblikovani EPS.**

Proces proizvodnje nevezanih granula EPS-a sastoji se u zagrevanju kompaktnih granula polistirena pomoću vode temperature 98°C ili pregrejane vodene pare $T = 110^{\circ}\text{C}$.

Tom prilikom dolazi do povećanja zapremine materijala za 50-60 puta i stvaranja tzv. alveolarne strukture – zatvorenih ćelija prečnika 60-200 μm .

ЕКСПАНДИРАНИ ПОЛИСТИРЕН (EPS-stiropor)



- **Proizvodnja oblikovanog EPS-a (blokovi, ploče itd.) vrši se u kalupima različitog oblika.**
- **Proizvodi se u dve varijante :**
 - **obični EPS**
 - **EPS sa smanjenom gorivošću, odnosno "samogasiv" (ima oznaku "S").**



ЕКСПАНДИРАНИ ПОЛИСТИРЕН (EPS-stiropor)

Osnovna svojstva

➤ fizička svojstva

γ [kg/m ³]	λ [w/mK]	α_T , [K ⁻¹]	μ [-]	u_v [%]	Propustljivost vodene pare [g/(m ² dan)]
10-30	0.028-0.040	(5-7)x10 ⁻⁵	25-60	2-8	25 - 35

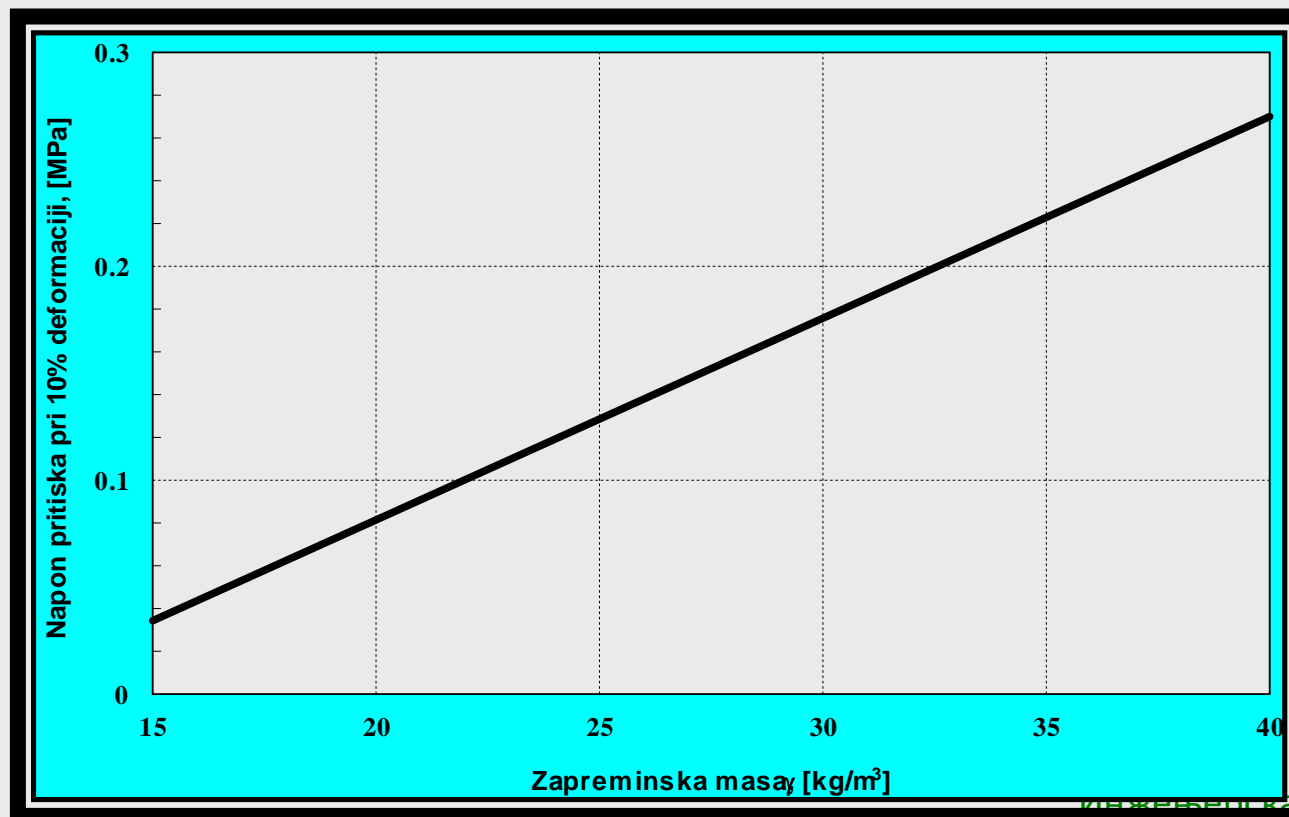
- poroznost do 98%,
- dominantna zatvorena poroznost,
- postojanost na temperaturama do +80⁰C.



EKSPANDIRANI POLISTIREN (EPS-stiropor)

➤ mehanička svojstva

$\sigma_{p,10\%}$ [MPa]	f_s [MPa]	f_z [MPa]	E [MPa]
0.060-0.250	0.160-0.460	0.150-0.420	2-11





EKSPANDIRANI POLISTIREN (EPS-stiropor)

➤ **Prednosti**

- mala zapreminska masa,
- nizak koeficijent toplotne provodljivosti,
- malo upijanje vode i veoma mala propusnost vodene pare,
- relativno dobra mehanička svojstva,
- materijal sa niskim požarnim opterećenjem,
- samogasivost (kod tipova sa oznakom "S"),
- otporan na gljivice, mikroorganizme i bakterije i
- mogućnost potpunog recikliranja.



ЕКСПАНДИРАНИ ПОЛИСТИРЕН (EPS-stiropor)

➤ Nedostaci:

- drobljivost,
- krtost,
- mala otpornost na dejstvo mraza,
- mala otpornost na UV zračenje,
- neotporan na organske rastvarače, tečna goriva i njihova isparenja, neorganske kiseline, amonijak, sumpordioksid, estre i dr.



ЕКСПАНДИРАНИ ПОЛИСТИРЕН (EPS-stiropor)

Proizvodi i njihova primena

➤ Proizvodi od EPS-a

- nevezane granule i
- različite vrste ploča :
 - jednoslojne i
 - kombinovane sa lesonitom, ivericom, aluminijumom i drugim materijalima.

Ploče ravno isečenih ivica 100 x 50 cm i

Falcovane ploče, stepenasto isečenih ivica 101,5 x 55 cm.

Debljina ploča iznosi 1,2,3...20 cm i više.



ЕКСПАНДИРАНИ ПОЛИСТИРЕН (EPS-stiropor)

Proizvodi i njihova primena

- **Primena nevezanih granula EPS-a:**
 - kao agregat za spravljanje lakoagregatnog betona - EPS betona





ЕКСПАНДИРАНИ ПОЛИСТИРЕН (EPS-stiropor)



Izgled uzorka očvrslog "EPS" betona



ЕКСПАНДИРАНИ ПОЛИСТИРЕН (EPS-stiropor)

Proizvodi i njihova primena

➤ Primena ploča od EPS-a

- Termoizolacija zidova, međuspratnih i podnih konstrukcija kod objekata građenih na "klasičan" način, i kod montažnih objekata izvedenih od prefabrikovanih elemenata,
- Izolaciju ravnih i kosih krovova,
- Izradu "izgubljenih" oplata za betonske elemente.



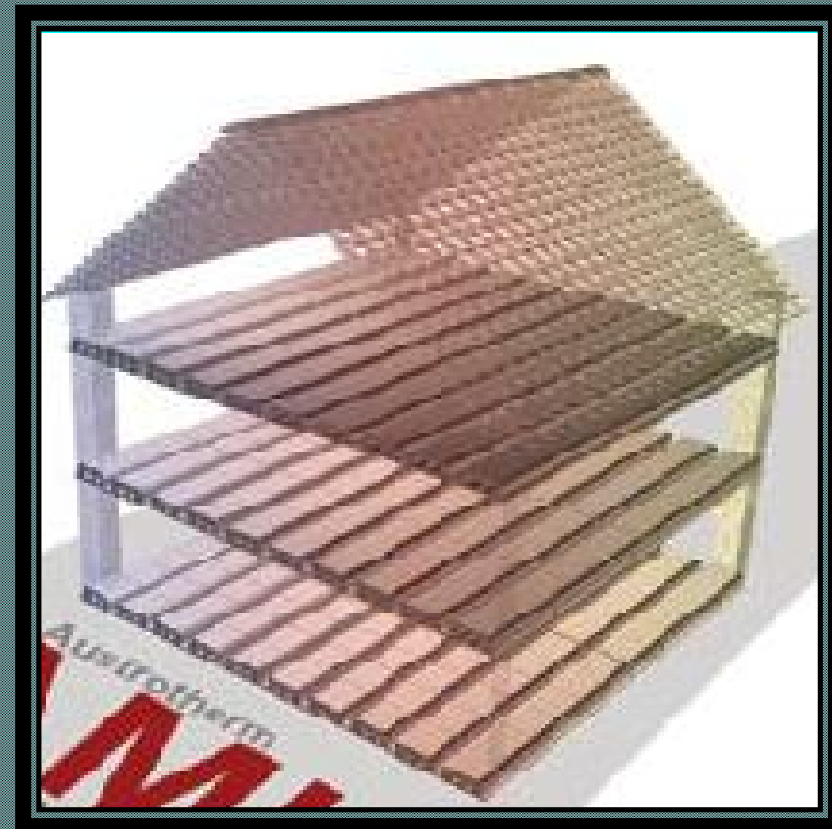
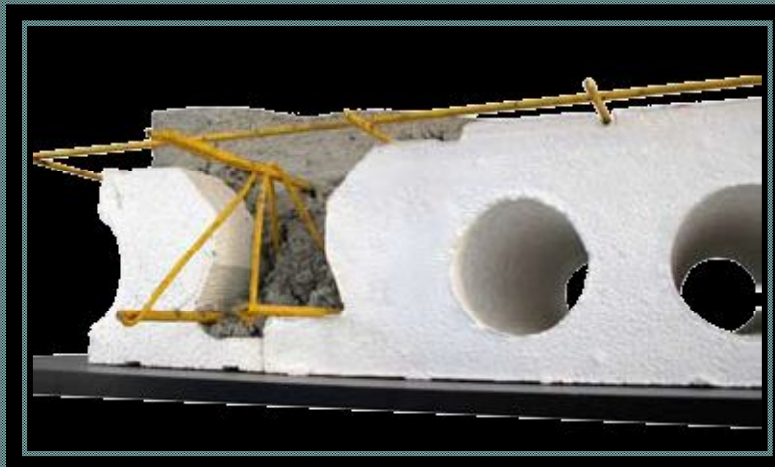
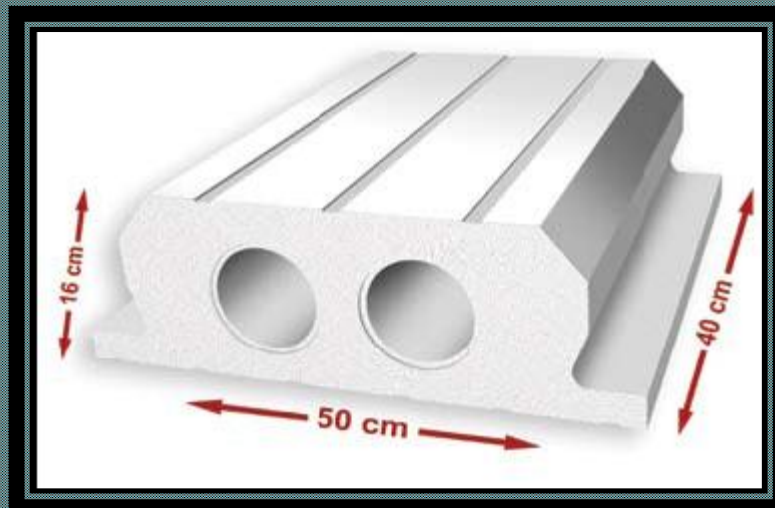
EKSPANDIRANI POLISTIREN (EPS-stiropor)

Proizvodi i njihova primena

- **Sistemi na bazi ploča od EPS-a koji obuhvataju i toplotnu izolaciju i završnu obradu fasadnog zida ("Demit", "Izoterm", "JUBIZOL" itd.)**
- **U obliku blokova ispune za izradu polumontažnih AB sitnorebrastih tavanica**
- **Fasadni profili za formiranje "plastike" na fasadi objekata**

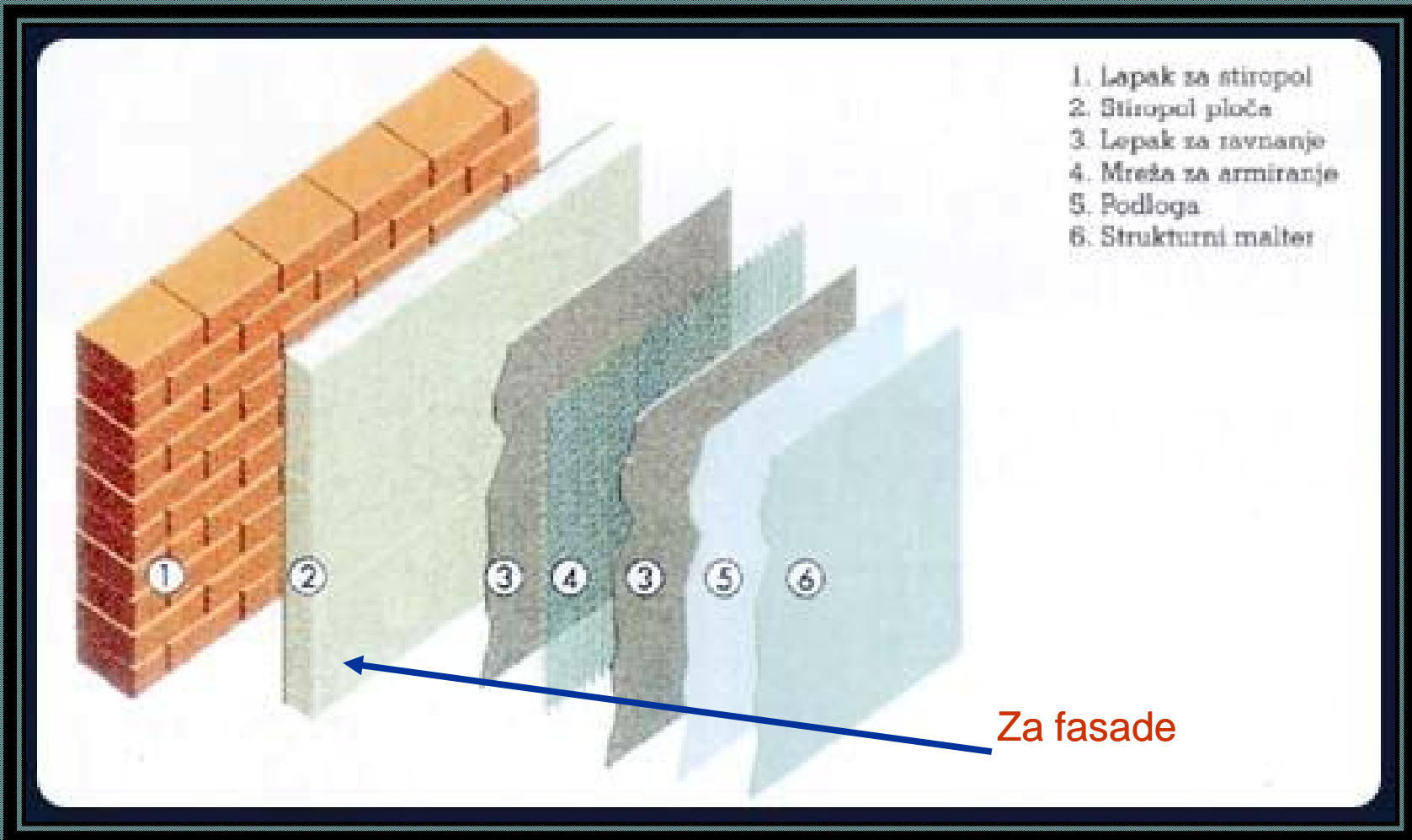


ЕКСПАНДИРАНИ ПОЛИСТИРЕН (EPS-stiropor)



TI blokovi za izradu međuspratnih konstrukcija

ЕКСПАНДИРАНИ ПОЛИСТИРЕН (EPS-stiropor)





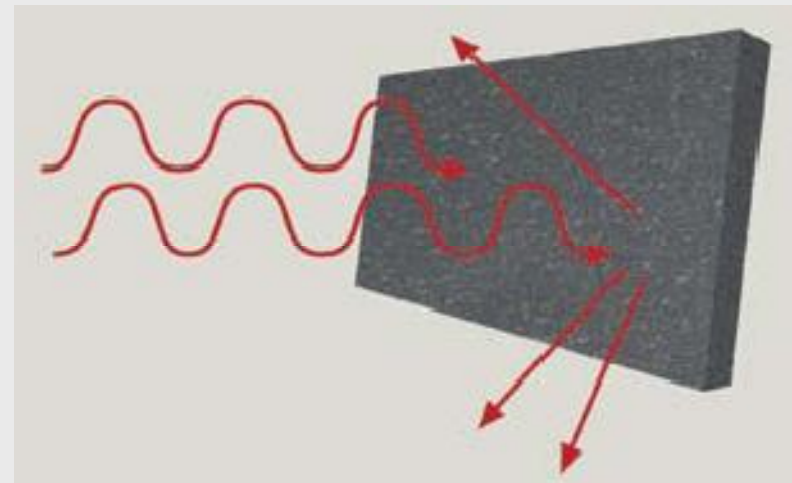
ЕКСПАНДИРАНИ ПОЛИСТИРЕН (EPS-stiropor)



Fasadni profili

ЕКСПАНДИРАНИ ПОЛИСТИРЕН (EPS-sa ugljenikom)

Ekspandirani polistiren sa ugljenikom ima iste osobine kao i običan ekspandirani polistiren, izuzev što je zbog dodatka ugljenika (grafita) sive boje i za oko 20% bolji termoizolator od njega. Ovo je relativno nov materijal koji se sve više upotrebljava za termoizolaciju objekata.





ЕКСПАНДИРАНИ ПОЛИСТИРЕН (EPS-sa ugljenikom)



Primena



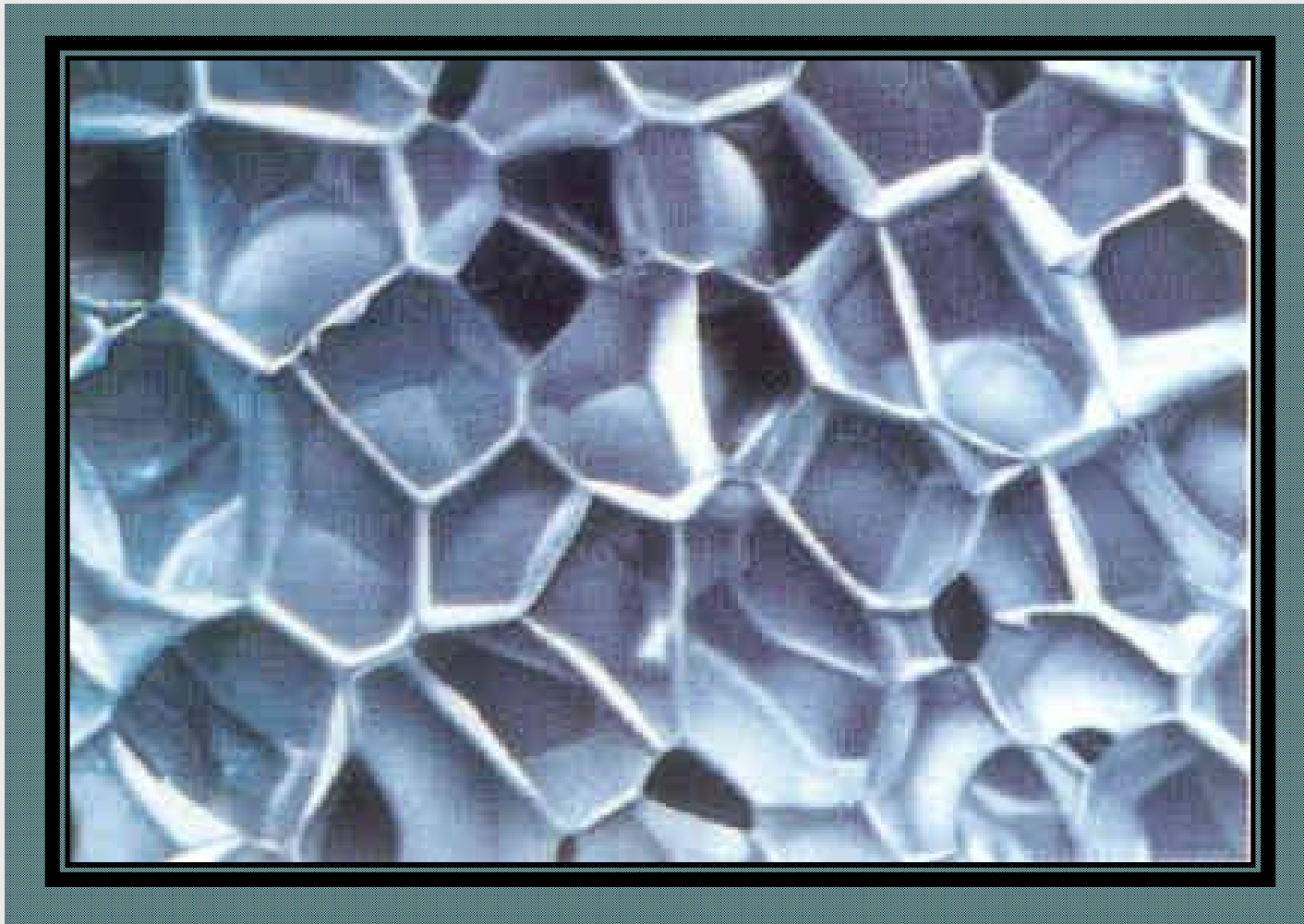
EKSTRUDIRANI EKSPANDIRANI POLISTIREN EEPS ili XPS

- **Proces proizvodnje ekstrudiranog ekspandiranog polistirena sastoji se od:**
 - **topljenja kompaktnih granula polistirena u ekstruderu,**
 - **ekspandiranje mase polistirena,**
 - **istiskivanje pod pritiskom i**
 - **hlađenje.**

Na taj način se stvara alveolarna strukture, ali bez međucelijske poroznosti.

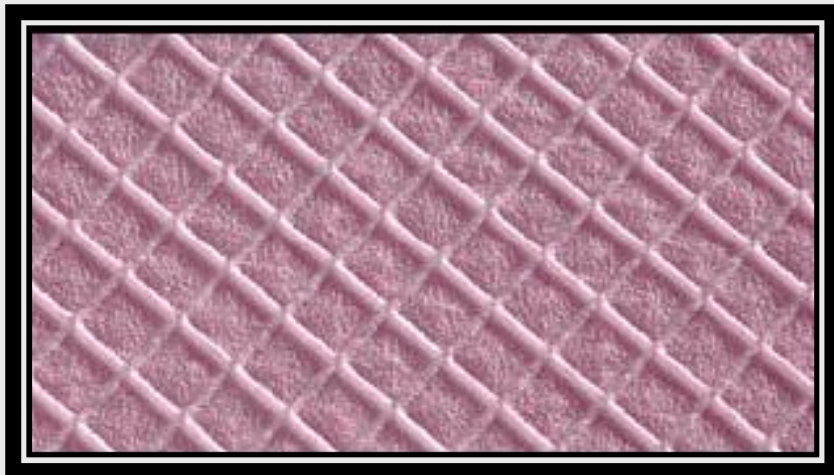


ЕКСТРУДИРАНИ ЕКСПАНДИРАНИ ПОЛИСТИРЕН





ЕКСТРУДИРАНИ ЕКСПАНДИРАНИ ПОЛИСТИРЕН





EKSTRUDIRANI EKSPANDIRANI POLISTIREN

Osnovna svojstva

➤ fizičko - mehanička svojstva

γ [kg/m ³]	λ [w/mK]	μ [-]	α_t [K ⁻¹]	u_v [%]	$\sigma_{p10\%}$ [MPa]
25 - 45	0.025-0.035	80 - 200	6-8x10 ⁻⁵	0.2 – 0.3	0.250 – 0.700

- Dominantna je zatvorena poroznost,
- Mala paropropustljivost
- Izrazito malo upijanje vode.
- Granična temperatura upotrebe do: **75°C**
- Zapaljivost: **Klasa B1- teško zapaljiv materijal**



ЕКСТРУДИРАНИ ЕКСПАНДИРАНИ ПОЛИСТИРЕН

Proizvodi i njihova primena

➤ Proizvodi od EEPS-a (XPS-a)

- različite vrste ploča:
 - jednoslojne i
 - kombinovane ploče sa površinskom obradom.

Ploče su dimenzija 125 x 60 cm, debljine 2,3...20 cm i više, sa ravno ili stepenasto isečenim ivicama



EKSTRUDIRANI EKSPANDIRANI POLISTIREN

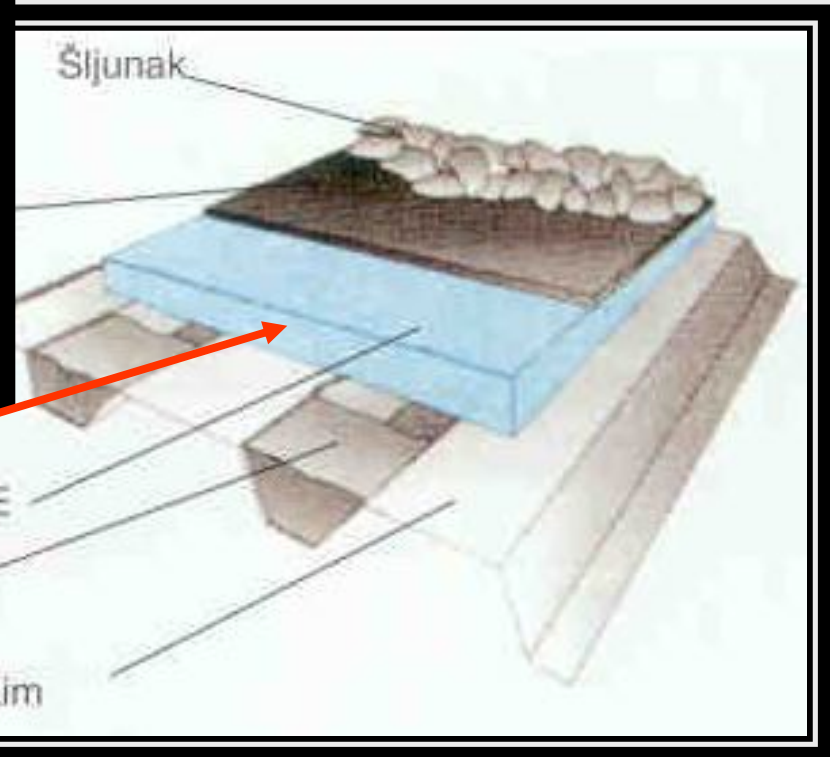
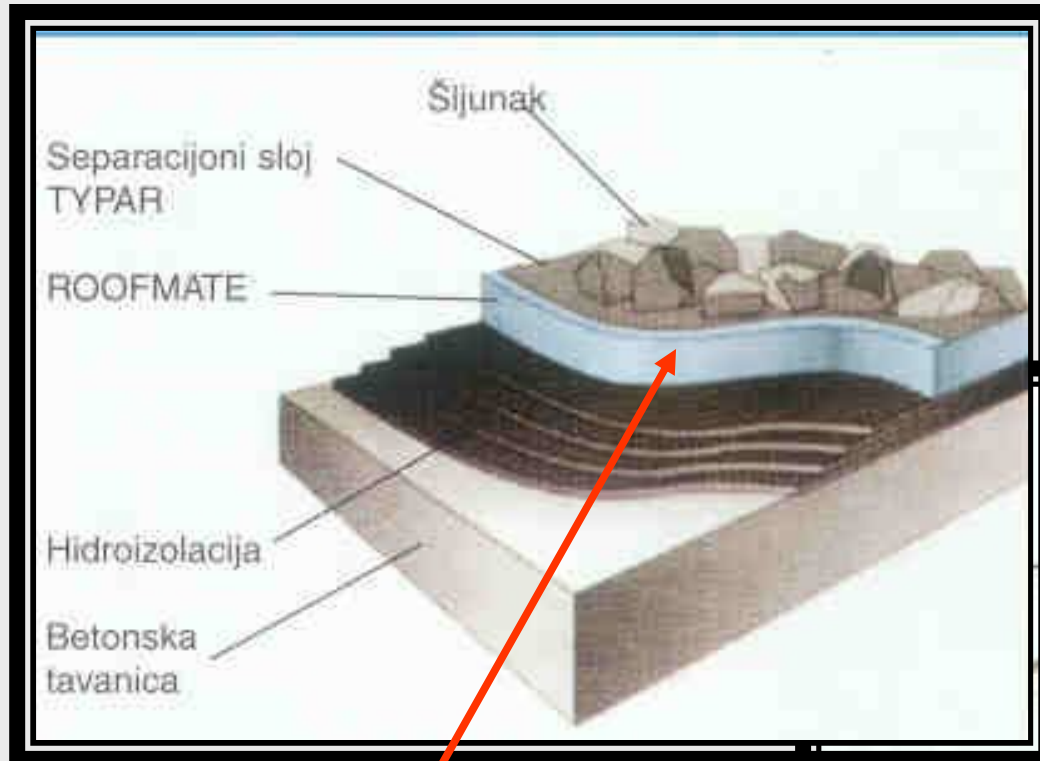
Proizvodi i njihova primena

➤ Primena ploča od EEPS-a:

- Termoizolacija zidova, međuspratnih i podnih konstrukcija
- Izolacija ravnih i kosih krovova
- Zeleni krovovi.

Ploče od EEPS-a su posebno pogodne za primenu u slučajevima kada se od izolacionog sloja zahteva povećana čvrstoća pri pritisku i minimalno upijanje vode.

ЕКСТРУДИРАНИ ЕКСПАНДИРАНИ ПОЛИСТИРЕН



Za ravne krovove



ЕКСТРУДИРАНИ ЕКСПАНДИРАНИ ПОЛИСТИРЕН



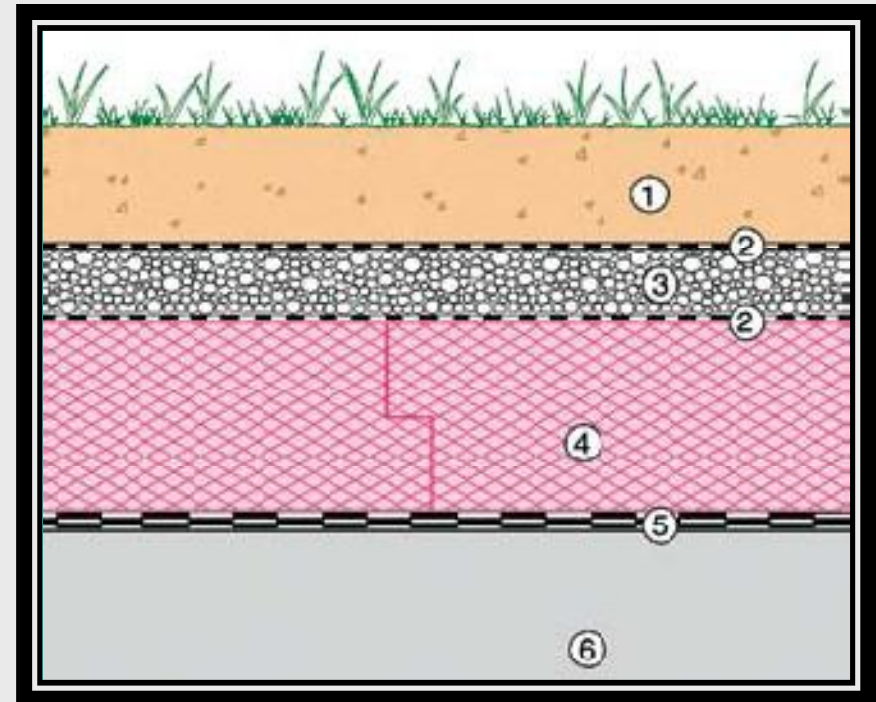
Zidovi

Ravni krovovi





ЕКСТРУДИРАНИ ЕКСПАНДИРАНИ ПОЛИСТИРЕН



Zeleni krovovi



EKSTRUDIRANI EKSPANDIRANI POLISTIREN

➤ **U odnosu na ekspanirani polistiren EEPS ima:**

- **zapreminsku masu veću za cca 50%, ,**
- **3 - 4 puta veći faktor otpora difuziji vodene pare,**
- **10 puta manje upijanje vode,**
- **30 do 40 puta bolja mehanička svojstva i**

Ploče od EEPS-a se najčešće proizvode u određenoj boji (plavoj, zelenoj, rozoj, itd.).

TERMOIZOLACIONI MATERIJALI NA BAZI POLIURETANA

- **Poliuretanske peno-plastične mase se dobijaju kao rezultat složenih reakcija, koje se odvijaju u mešavini polaznih komponenata:**
- **poliestara,**
 - **diizocijanida,**
 - **vode,**
 - **katalizatora i**
 - **emulgatora.**



TERMOIZOLACIONI MATERIJALI NA BAZI POLIURETANA

Osnovna svojstva

➤ fizičko - mehanička svojstva

γ [kg/m ³]	λ [w/mK]	μ [-]	$\sigma_{p10\%}$ [MPa]	σ_z [MPa]
30 - 50	0.030-0.037	40 - 50	0.200 – 0.400	0.300 – 0.700

- Po svojim fizičkim svojstvima sličan je stiroporu, a po mehaničkim EEPS-u.



TERMOIZOLACIONI MATERIJALI NA BAZI POLIURETANA

Proizvodi i njihova primena

- **Poliuretanski termoizolacioni materijali najčešće se proizvode kao:**
 - **krute ploče obložene limovima (tzv. "sendvič" sistemi) i**
 - **rasprskavajuće pene, koje se direktno nanose na površine elemenata konstrukcije koje se termički izoluju (tzv. "poliuretan - sprej" tehnika).**

Poliuretan se uglavnom koristi za izolaciju komora hladnjača zbog osobine da je posebno dobar termoizolator na veoma niskim temperaturama. Ređe se upotrebljava u objektima za stanovanje.



TERMOIZOLACIONI MATERIJALI NA BAZI POLIURETANA



Troslojni termoizolacioni panel



TERMOIZOLACIONI MATERIJALI NA BAZI POLIURETANA



Primena "poliuretan - sprej" tehnike Инжењерска комора Србије **77**



TERMOIZOLACIONI MATERIJALI ORGANSKOG POREKLA

Na bazi prirodnih materijala



ПЛОЌЕ ОД ТРСКЕ





PLOČE OD TRSKE

- **Ploče od trske dobijaju se:**
 - **presovanjem neljuštenih trščanih stabljika i**
 - **prošivanjem žicom, upravno na pravac stabljika, na svakih 14 do 16cm.**

Za prošivanje se koristi čelična ili pocinkovana žica debljine 1.6mm.

Debljina ploča se kreće od 3 do 10cm.

Koriste se za toplotnu izolaciju međuspratnih konstrukcija i podova, zidova i krovova.



PLOČE OD TRSKE

Osnovna svojstva

- **fizičko - mehanička svojstva**
 - **Zapreminska masa**
175 do 250kg/m³,
 - **koeficijent toplotne provodljivosti**
0.045 – 0.073W/(mK)
 - **Čvrstoća pri pritisku pri deformaciji od 2%**
15kN/m²
 - **Čvrstoća na savijanje uzoraka**
cca 3MPa.



PLOČE OD TRSKE

➤ Prednosti:

- prirodan i ekološki podoban termoizolacioni materijal,
- laka obrada,
- dobra athezija sa malterom.

➤ Nedostaci:

- mogućnost oštećenja od glodara,
- truljenje,
- goriv materijal,
- teško pričvršćivanje ekserima .

Ograničenja: $u_v \leq 18\%$ i $\varphi \leq 70\%$

ПЛОЌЕ НА БАЗИ ДРВЕНЕ ВУНЕ ИЛИ СТРУГОТИНА ОД ДРВЕТА I МИНЕРАЛНИХ ВЕЗИВА





PLOČE NA BAZI DRVENE VUNE ILI STRUGOTINA OD DRVETA I MINERALNIH VEZIVA

- **Dobijaju se očvršćavanjem mešavine drvene strugotine ili drvene vune i mineralnog veziva.**
- **Proces proizvodnje se sastoji od:**
 - **pripremanja cementne paste**
 - **mešanje cementne paste sa drvenom strugotinom**
 - **presovanje pripremljene mase u kalupima (pritisak od 0.05MPa),**
 - **zaparivanje ploča u komorama za ubrzano očvršćavanje.**

Debljina ploča se kreće od 2.5 do 10cm.



PLOČE NA BAZI DRVENE VUNE ILI STRUGOTINA OD DRVETA I MINERALNIH VEZIVA

Osnovna svojstva

- **fizičko - mehanička svojstva**
 - **Zapreminska masa**
TI ploče: 300 - 350kg/m³
Konstruktivne ploče: 400 – 600kg/m³,
 - **Koeficijent toplotne provodljivosti**
0.08 do 0.14 W/(mK).
 - **Čvrstoća pri pritisku**
0.4 – 1.2MPa
 - **Upijanje vode**
60 do 70%

PLOČE NA BAZI DRVENE VUNE ILI STRUGOTINA OD DRVETA I MINERALNIH VEZIVA

➤ Ostala svojstva:

- prirodan i ekološki podoban termoizolacioni materijal,
- polusagoriv materijal,
- protivpožarna otpornost od 30 minuta,
- dobra athezija sa malterom,
- lako se mehanički obrađuju.

Ograničenja: $u_v \leq 20\%$ i $t \leq 70^\circ\text{C}$

PLOČE NA BAZI DRVENE VUNE ILI STRUGOTINA OD DRVETA I MINERALNIH VEZIVA

- TI ploče se primenjuju se za toplotnu izolaciju zidova, krovova, plafona i podova.
- Mogu se koristiti i kao "izgubljena" oplata pri izvođenju betonskih radova.
- U praksi se primenjuju i kombinovane-slojevite ploče u kojima je jedan od slojeva stiropor.
- Konstruktivne ploče se koriste kod industrijskih objekata kao noseći i termoizolacioni element u sklopu krovova



PLOČE NA BAZI DRVENE VUNE ILI STRUGOTINA OD DRVETA I MINERALNIH VEZIVA



"Tarolit" + "Stiropor" + "Tarolit"



TERMOIZOLACIJA NA BAZI CELULOZE





TERMOIZOLACIJA NA BAZI CELULOZE

- **Sredinom prošlog veka u Skandinaviji i Americi se počela koristiti termoizolacija na bazi reciklirane novinske hartije.**
- **Proces proizvodnje se sastoji od sledećih faza:**
 - **mlevenje i usitnjavanje starih novina u vlaknaste komadiće i**
 - **dodavanje borne soli.**

Dobijeni proizvod se isporučuje u PVC ambalaži, koja ga štiti od vlage .



TERMOIZOLACIJA NA BAZI CELULOZE

Osnovna svojstva

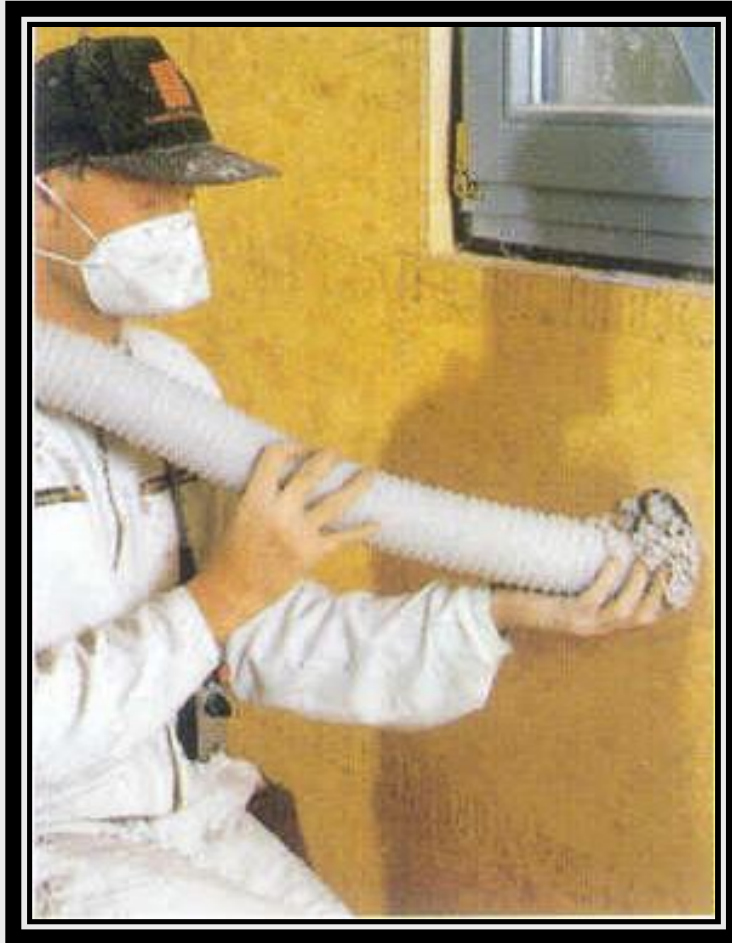
➤ fizička svojstva

- Zapreminska masa
25 - 60kg/m³,
- Koeficijent toplotne provodljivosti
< 0.04 W/(mK).
- Faktor otporu difuzije vodene pare
1 - 2

TERMOIZOLACIJA NA BAZI CELULOZE

- **Primenjuju se za toplotnu izolaciju zidova, krovova i međuspratnih konstrukcija, naročito kod drvenih kuća, ali u kombinaciji sa vodonepropusnim i paropropusnim folijama.**
- **U praksi su moguća dva postupka izvođenja toplotne izolacije:**
 - **uduvavanjem materijala i**
 - **nasipanjem.**

TERMOIZOLACIJA NA BAZI CELULOZE



Izvođenje termoizolacije zida postupkom "uduvavanja" i postupkom "nasipanja"



ZAKLJUČAK

- **Ulaganja u toplotnu zaštitu su ekonomski opravdana zbog uštede energije za grejanje.**
- **Na tržištu ima puno različitih termoizolacionih materijala (u dovoljnim količinama), a efekti njihove primene prvenstveno zavise od:**
 - **izbora odgovarajućeg termoizolacionog materijala,**
 - **debljine sloja odabranog termoizolacionog materijala i**
 - **pravilnog ugrađivanja u element konstrukcije (kosi i ravni krovovi, spoljni i pregradni zidovi, podovi, itd.).**

Uporedni pregled osnovnih svojstava analiziranih termoizolacionih materijala

R. broj	Materijal	γ [kg/m ³]	λ [W/(mK)]	μ [-]	d_{ekv} [cm]	
1	Ekspandirani polistiren (EPS)	30	$\lambda < 0.06$	0.032	60	1.0
2	Kamena vuna	50		0.035	>1.1	1.1
3	Staklena vuna	50		0.037	>1	1.2
4	Poliuretani	30		0.035	40	1.1
5	Ploče od trske	180		0.046	2	1.4

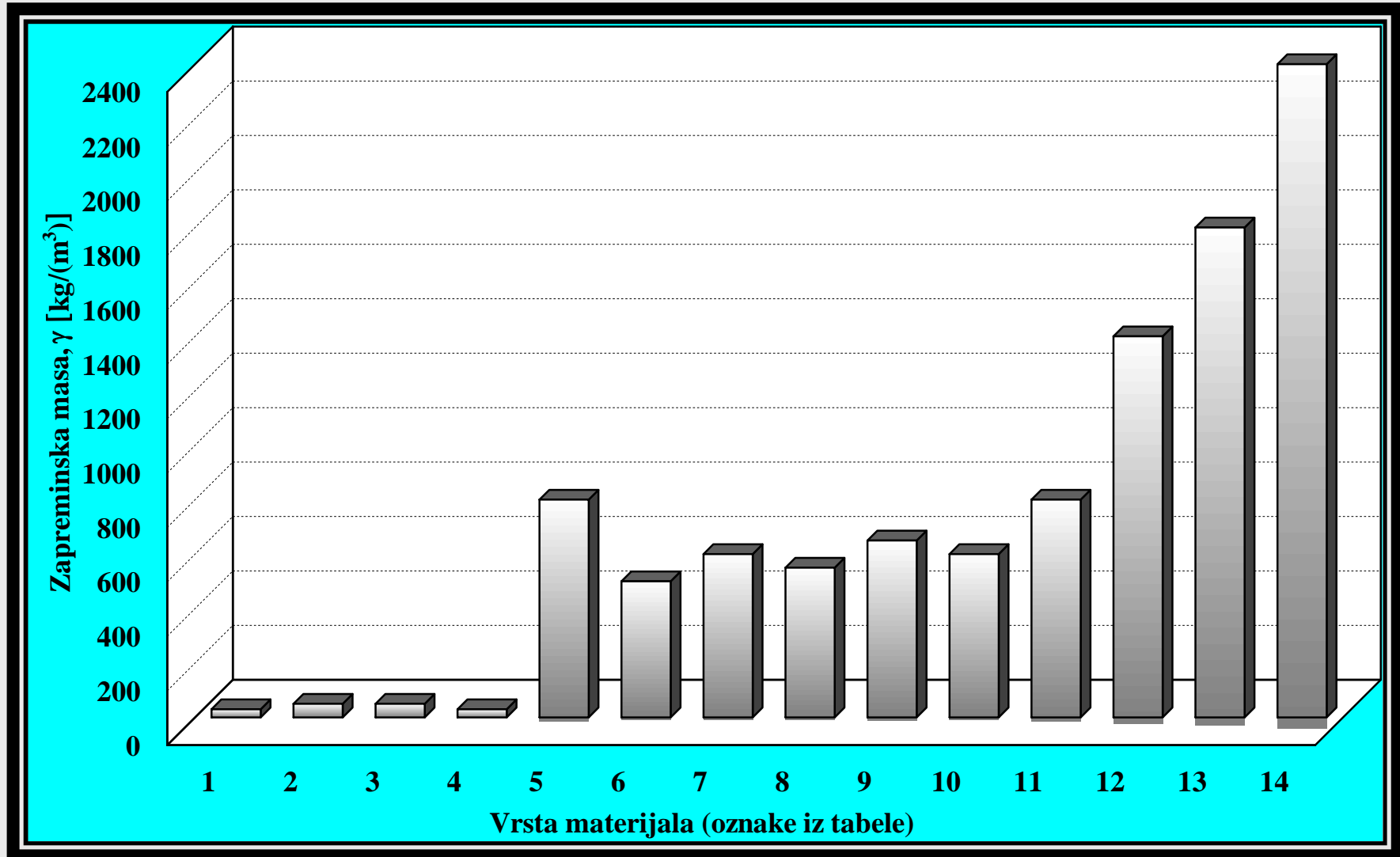


Uporedni pregled osnovnih svojstava analiziranih termoizolacionih materijala

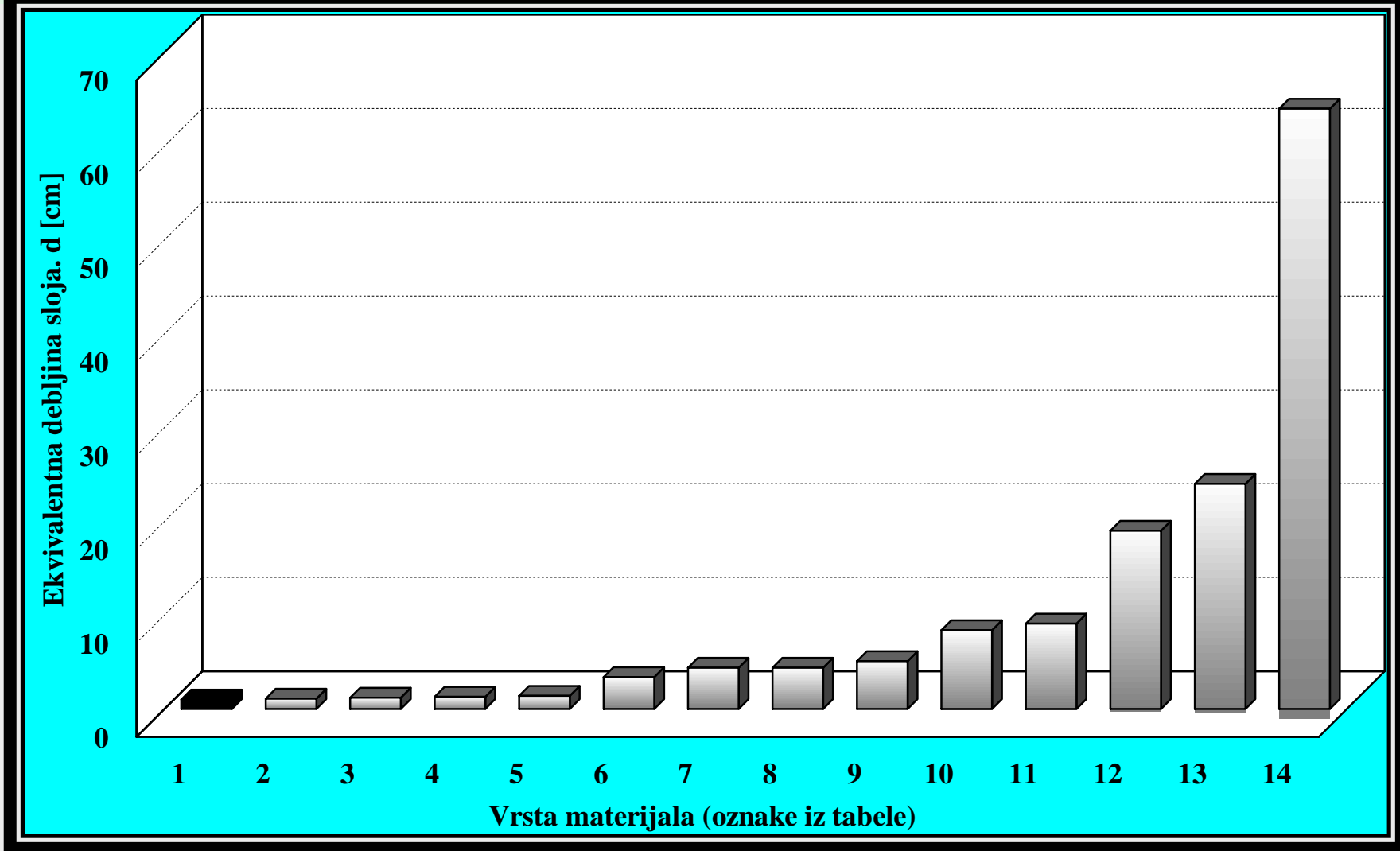
R. broj	Materijal	γ [kg/m ³]	λ [W/(mK)]	μ [-]	d_{ekv} [cm]	
6	Perlitni malter	500	0.06 < λ < 0.30	0.110	4	3.4
7	Drvo	600		0.140	70	4.4
8	Drvo beton	550		0.140	10	4.4
9	EPS beton	650		0.162	-	5.1
10	Siporeks blokovi	600		0.270	5	8.4
11	Keramzit beton	800		0.290	3	9.1

Uporedni pregled osnovnih svojstava analiziranih termoizolacionih materijala

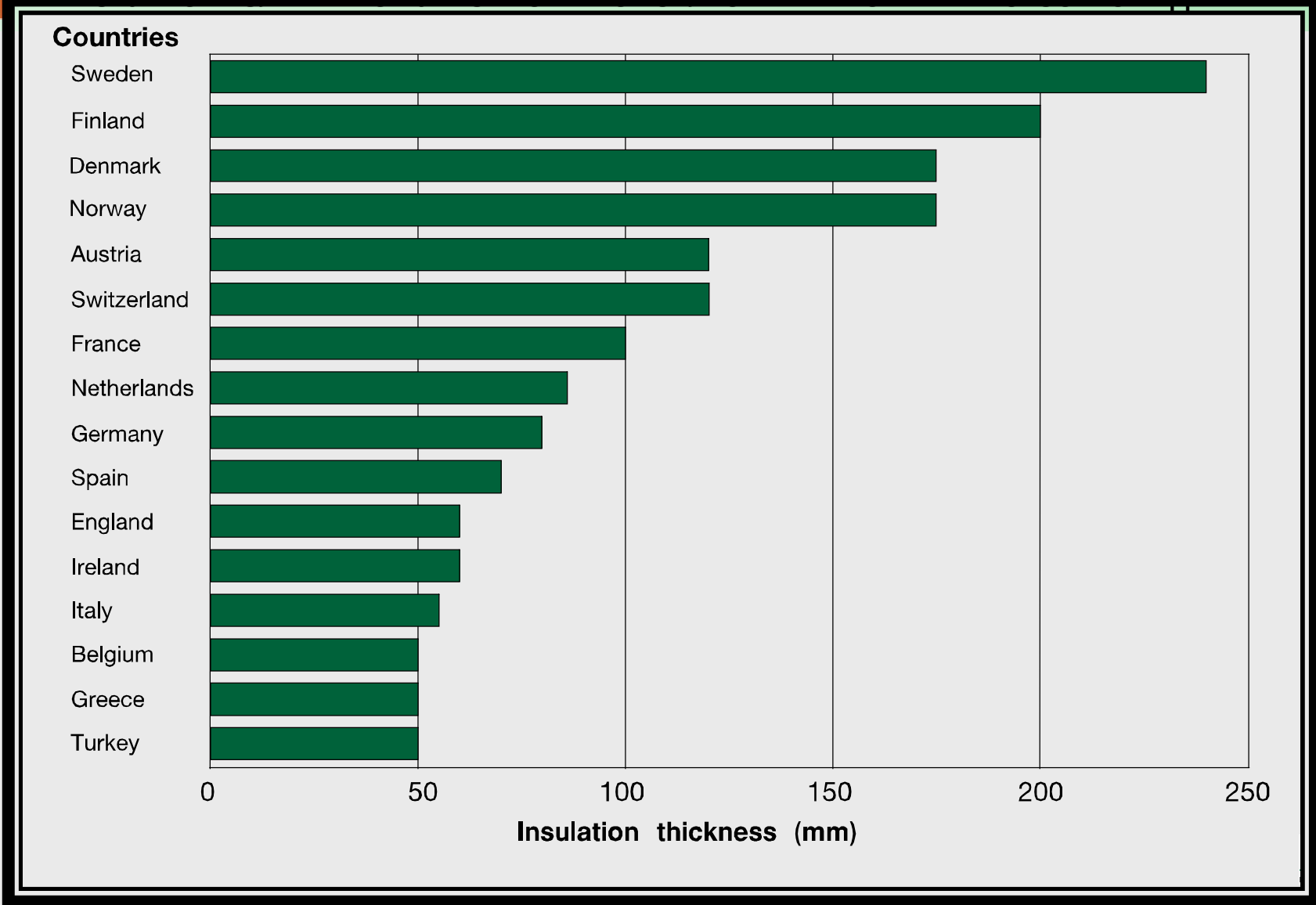
R. broj	Materijal	γ [kg/m ³]	λ [W/(mK)]	μ [-]	d_{ekv} [cm]	
12	Šuplja opeka	1400	$\lambda > 0.30$	0.610	6	19
13	Puna opeka	1800		0.760	12	24
14	Beton	2400		2.040	60	64



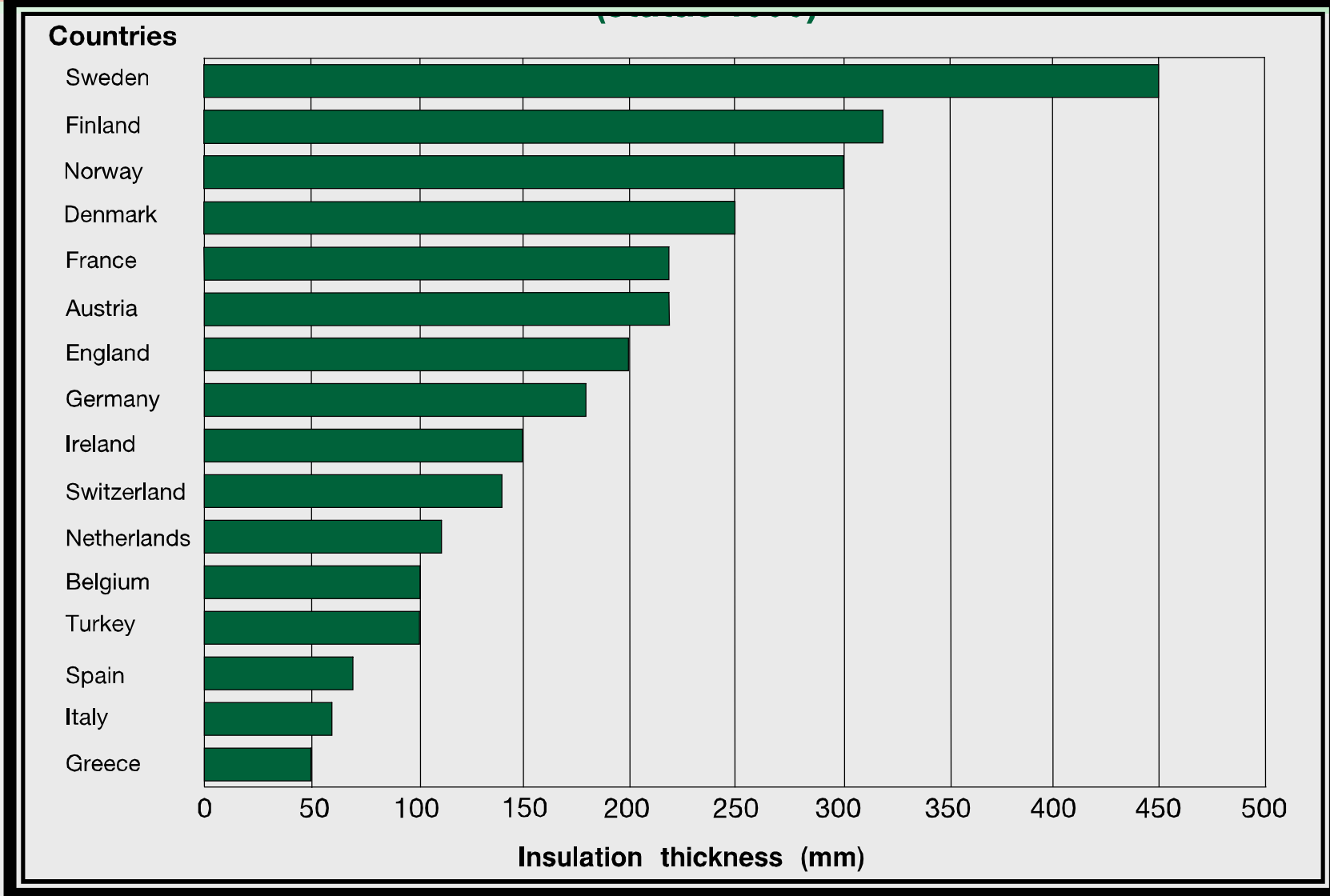
Zapreminska masa analiziranih materijala



Potrebna debljina sloja materijala za ostvarivanje istog otpora provođenju toplote (u odnosu na EPS)



Debljine termoizolacionih slojeva u fasadnim zidovima za Evropu (1999 godina)



Debljine termoizolacionih slojeva u krovovima za Evropu (1999 godina)