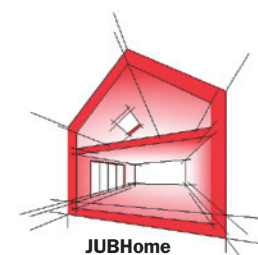
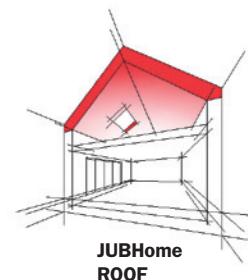
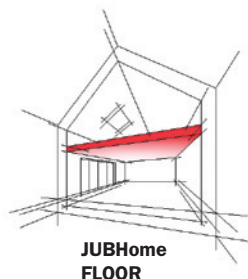
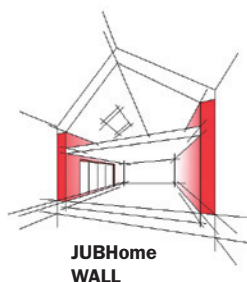
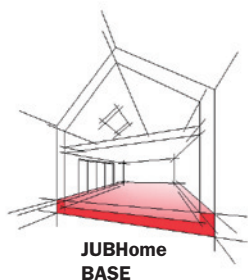


Sistem za toplotno izoliranje temeljnih plošč JUBHome BASE

2. del: Ekspandiran polistiren (EPS) kot konstrukcijski material



Struktura in trajnost EPSa

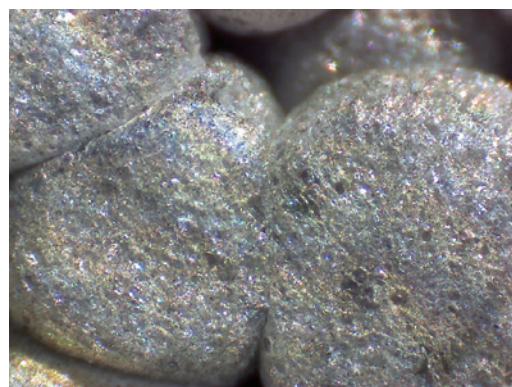
Ekspandirani polistiren je trdna sintetična pena zaprtocelične strukture. Osnovna surovina je ogljikovodikov stiren, ki se s postopkom dvofazne ekspanzije v predekspondiranih in parnih komorah oblikuje v bloke ali s pomočjo kalupov v druge uporabne oblike. Bloki EPSa se kasneje običajno režejo v toplotnoizolativne fasadne plošče ali gradbeni EPS, kalupni izdelki pa imajo praktično neomejen obseg uporabe od visokokvalitetnih gradbenih izdelkov do prehranske in industrijske embalaže, čelad, stolov in drugih izdelkov.

sko, odvisno od kvalitete surovine, gostote EPSa in tehnološkega postopka ter je pri elementih sistema JUBHome BASE skladno s standardom SIST EN 12807 manjše od 1 % teže pri polni potopitvi za 28 dni. Pri zemeljski vlagi je navzemanje vode zanemarljivo. Navzemanje na daljše obdobje v nobenem primeru ne vpliva na tlačno trdnost EPSa. Tudi po desetletjih se izkopanim EPS vzorcem mehanske lastnosti ne spremenijo [1].

Odpornost proti zmrzovanju in tajanju je velika in se dokazuje po standardu SIST EN 12091. Po tem standardu se pri preiz-

deformaciji preizkušanca in je linearno odvisna od gostote EPSa, ta pa od izbire surovine in časa predekspanzije surovine. Trdnost pri tej deformaciji je tudi nazivna trdnost materiala.

Proizvajalci surovin so za nosilne aplikacije EPSa razvili posebne tipe surovin z manjšo ekspanzijo zrn in večjo nosilnostjo sten celic. JUBHome d.o.o. za toplotno izolacijo pod nosilnimi talnimi ploščami uporablja surovino Peripor proizvajalca BASF. V prvi fazi so razviti nosilni EPSi tlačne trdnosti 300 in 400 kPa (EPS 300 in EPS 400).



Slika 6: Struktura zrn EPSa večjih gostot

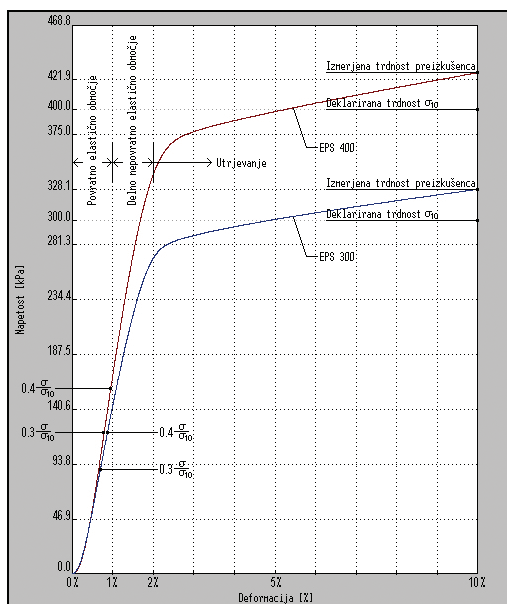
Okrogla zrna EPSa imajo zaradi ekspanzije v zaprtem prostoru poliedrično obliko in so med seboj zaradi visokih temperatur pri parjenju zlepljena (slika 6). Posamezna zrna EPSa so na mikro nivoju zgrajena iz velikega števila malih zaprtih celic, ki prepuščajo zrak, vode pa ne. Kljub veliki vsebnosti zraka EPS zrna tvorijo trdno nosilno strukturo. Navzemanje vode je večinoma površin-

kušancih ugotavlja padec tlačne trdnosti in povečanje navzema vode pri cikličnem izpostavljanju suhim pogojem pri -20 °C in mokrim pri +20 °C. Rezultati pokažejo, da je pri vseh EPSih gostote nad 20 kg/m³ po takem testiranju padec tlačne trdnosti in poslabšanje termičnih lastnosti minimalno.

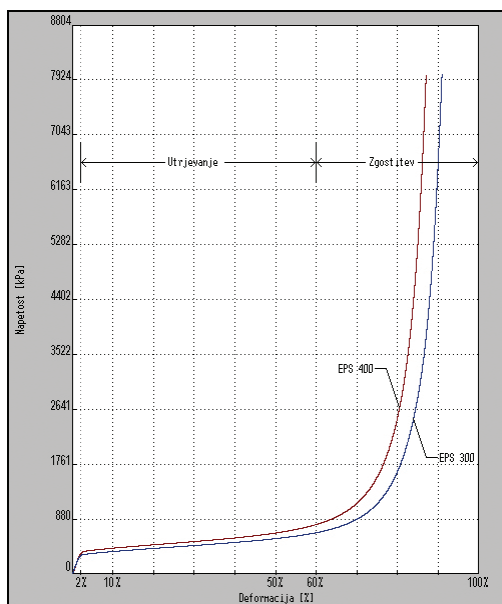
Tlačna trdnost EPSa se po SIST EN 826 določi pri 10 %

Mehansko obnašanje EPS sistema JUBHome BASE

V preteklosti je bilo narejenih več raziskav o mehanskem obnašanju EPSa [2, 3]. Ugotovljeno je bilo, da se EPS pod tlačno obremenitvijo obnaša različno oziroma na čas delovanja obtežbe. Glede na dostopno literaturo [4] in lastne raziskave pri EPS 300 in EPS 400 lahko delovni diagram kratkotrajne obtežbe



Slika 7: Delovni diagram EPS 300 (modri) in EPS 400 (rdeči) do 10 % deformacije



Slika 8: Delovni diagram EPS 300 (modri) in EPS 400 (rdeči) do 100 % deformacije

(napetost-deformacija) pri EPSih višjih tlačnih trdnosti razdelimo na štiri odseke. Prvi del predsta-

vlja povratno elastični del tlačnega obnašanja EPSa in sicer v območju do 1.0 % deformacije

(slika 7). Pri tej obremenitvi se zrna EPSa elastično upogibajo na svojih mestih in se vračajo v

svojo prvotno obliko po razbremenitvi.

Sledi sorazmerno trden in delno nepovratno elastičen del diagrama do cca 2.0 % deformacije, kjer poleg upogibanja prihaja tudi do plastičnega deformiranja in zaklinjanja zrn v smer priležnih praznih prostorov. Temu se upirajo medsebojne strižne in natezne povezave med zrnji, ki prispevajo k odpornosti celotne sestave tako, da je kljub delni plastifikaciji ta del diagrama še vedno približno linearen. Na tem delu diagrama in seveda pri višjih deformacijah se po razbremenitvi material zaradi raztrganja in plastifikacije zrn kljub relaksaciji v celoti ne povrne več v svojo prvotno lego.

Sledi prehod v dolgo področje utrjevanja EPSa do ca 60 % (slika 8). Prostora med zrnji ni več, obremenitvi se upira le še tlačna

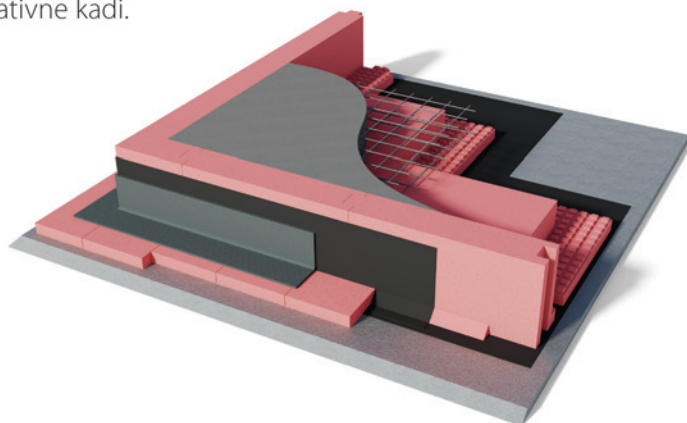
JUBHome d.o.o. ponuja nov sistem za toplotno izoliranje temeljnih plošč nizkoenergijskih hiš - JUBHome BASE.

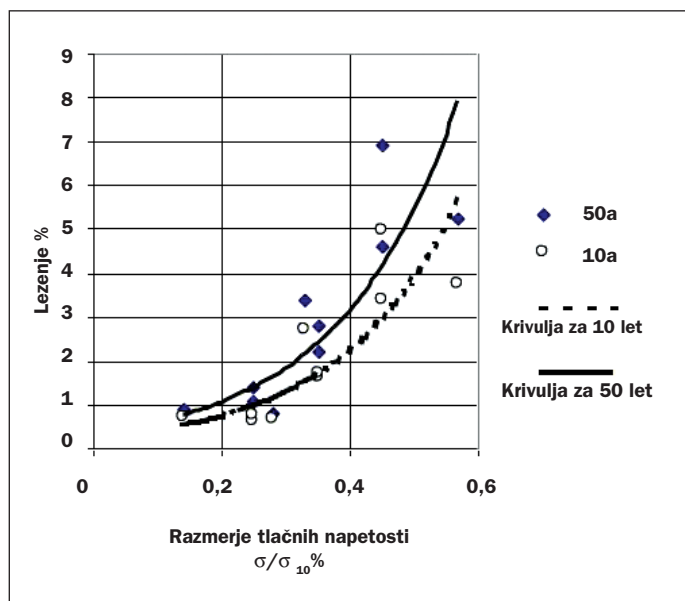
- ▶ Za nizkoenergijske stavbe vseh vrst nadgradenj.
- ▶ Sistemsko omogoča kakovostno izvedbo zveznega toplotnega in hidroizolacijskega ovoja temeljne plošče.
- ▶ V okviru rastra 7,5 cm prilagojen individualnemu objektu – gradbišče brez odpadkov.
- ▶ Brezplačen načrt sestavljanja toplotnoizolativne kadi.
- ▶ Opaženje ni potrebno.

Svetovanje projektantom in izvajalcem je zagotovljeno.

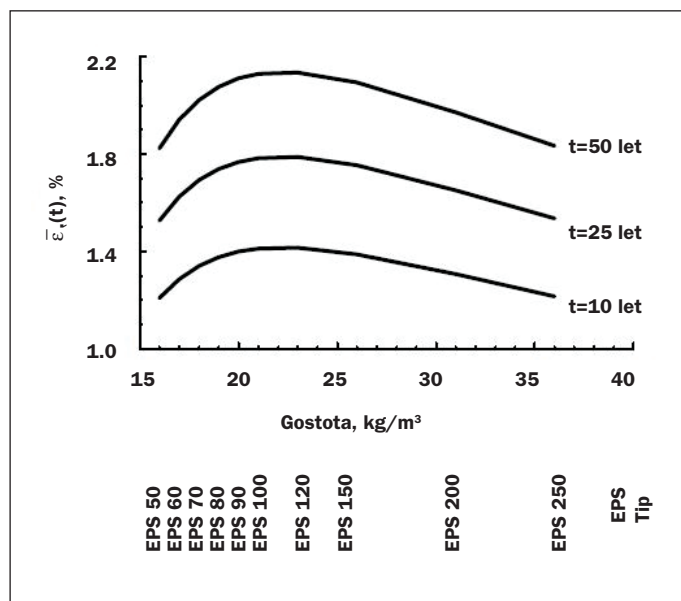
Tehnična dokumentacija je dostopna na <http://www.jub.si/jubhome-hise>.

Za ponudbo pišite na info@jubhome.eu.





Slika 9: Odvisnost lezenja od nivoja tlačne napetosti σ_{dej}/σ_{10}



Slika 10: Odvisnost lezenja od gostote EPSa pri različnih dobah obremenitve

odpornost zrn. Plastične deformacije se v tem območju pojavljajo na stikih kjer je koncentracije napetosti in se te prenašajo iz zrna na zrno. V tem območju diagrama je tudi deklarativna meja določitve tlačne trdnosti po standardu pri 10 % deformaciji.

Na koncu sledi še prehod v zgoščevalno fazo, kjer se plastično deformirajo tudi osrednji deli zrn in se zrna na makro in mikro nivoju stisnejo.

Elastični modul pri kratkotrajni obtežbi E se po standardu odčita na odseku prvega in drugega dela diagrama do ca 2,0 % deformacije kot sekantni modul.

Ireverzibilnost pri uporabi EPSa v nosilnih konstrukcijah talne plošče ni problematična, saj pri tovrstnih sklopih običajno ne pride do razbremenitev. Pri ciklični tlačni potresni obtežbi bi do seštevanja deformacij lahko prišlo vendar je na podlagi več izračunov na potresno aktivnejših področjih ugotovljeno, da tudi pri teh obremenitvah deformacije v EPSu ne presežejo neopratne meje.

Pri dolgotrajni obremenitvi se pri EPSu pojavi efekt lezenja, to je nadaljnega deformiranja pod tlačno obremenitvijo brez dodajanja obtežbe. EPS je lezenju izpostavljen že pri majhnem

nivoju napetosti, je pa od nivoja napetosti nelinearno odvisen in večji pri višji tlačni napetosti [5]. Odvisnost lezenja od nivoja napetosti je razvidna iz slike 9. Diagram na sliki predstavlja odstotek lezenja glede na razmerje napetosti σ_{dej}/σ_{10} (dejanska napetost / napetost pri 10 % deformaciji) pri trajanju obremenitve 10 in 50 let.

Iz diagrama je razvidno, da je pri $\sigma_{dej}/\sigma_{10}=0,30$ in pri času obremenitve 50 let skupna deformacija lezenja cca 1,9 %. Iz diagrama je možno v posamezni točki, kot naklon tangente, določiti tudi dolgotrajni elastični modul E_{cc} , s pomočjo katerega lahko izračunamo deformacije v

izbranim času glede na nivo napetosti stalne obtežbe. Lezenje je odvisno od gostote in trdnosti EPSa [6]. Na sliki 10 je prikazana deformacija lezenja vzorcev iz različnih gostot EPSa pri različnih dobah obremenitve pri nivoju napetosti $\sigma_{dej}/\sigma_{10}=0,35$.

Lastnosti lezenja EPSa je potrebno pri namenski uporabi za toplotno izolacijo temeljnih plošč deklarirati na podlagi preizkusov po standardu SIST EN 1606. Preizkusi so dolgotrajni in trajajo slabi dve leti. Rezultate testiranja se z ekstrapolacijo prevede na napovedane vrednosti po 50 letih. Standard SIST EN 13163 zahteva, da se za dolgotrajno nosilnost EPSa

pod trajno tlačno obremenitvijo vzame tista napetost, ki v obdobju 50 let privede do skupne deformacije (začetna elastična in kasnejše lezenje) 2 %. V kolikor teh rezultatov ni na razpolago standard za dolgotrajno računsko nosilnost EPSa na podlagi omejitev deformacij alternativno predlaga omejitev napetosti na $\sigma_d/\sigma_{10}=0,30$, pri čemer je σ_d faktorirana projektna napetost. Ta pristop je na varni strani, saj je zaradi velikega deleža lezenja v skupni deformaciji 2 % dovoljena začetna računaska deformacija, ki povzroči predvideno napetost nekje do 0,6 %. Vse računske obremenitve se tako ob nasto-

Tabela 2: Mehanske lastnosti JUBHome BASE EPS 300 in EPS 400

Lastnost	Oznaka	Klasifikacija	Standard	Enota	EPS 300	EPS 400
Tlačna trdnost pri 10 % deformaciji	σ_{10}	CS(10)	SIST EN 826	kN/m ²	300	400
Trdnost pri tlačnem lezenju ¹	σ_{cc}	CC (i_1, i_2, y)	SIST EN 1606	kN/m ²	90	120
Strižna trdnost homogenega materiala	τ	SS	SIST EN 12090	kN/m ²	225	300
Strižni modul homogenega materiala	G		SIST EN 12090	kN/m ²	6500	8600
Strižna trdnost čepastega stika ²	τ_{spoj}			kN/m ²	80	90
Strižna togost toplotne izolacije na enoto površine ³	k_{30}			kN/m ³	14000	19000
Koeficient lepenja ⁴	k_f				0,61	0,61
Elastični modul	E		SIST EN 826	kN/m ²	15000	20000
Dolgotrajni elastični modul ⁵	E_{cc}			kN/m ²	4500	6000

¹ iz izvedenih meritev je vrednost privzeta po točki F.2, aneksa F, standarda SIST EN 13163:2013 sorazmerno glede na deklarirano tlačno trdnost

² Povzeto iz poročila FGG IKPIR [7] za čepasti stik in ciklično obtežbo

³ Povzeto iz poročila FGG IKPIR [7] za EPS 400 in debelino toplotne izolacije 30 cm. Pri EPS 300 je vrednost določena z razmerjem tlačne trdnosti EPS 300 / EPS 400

⁴ Povzeto iz poročila FGG IKPIR [7] za podlago iz varjenih bitumenskih trakov

⁵ Privzeto kot 30% kratkotrajnega elastičnega modula

pu obtežbe dejansko gibljejo samo v povratno elastičnem območju delovnega diagrama napetost-deformacija.

Tudi dolgotrajni elastični modul E_{cc} se privzame kot naklon tangente v točki $\sigma_{def}/\sigma_{10}=0,30$ iz slike 5 in znaša približno 0,3E (trideset odstotkov kratkotrajnega elastičnega modula).

Raziskave na sestavljenih sklopih toplotno izoliranih temeljnih plošč

Glede na to, da se nosilni EPS večinoma uporablja za vgradnjo pod temeljne plošče nizkoenergijskih hiš je bilo v sodelovanju z IKPIR FG izvedenih

več cikličnih tlačnih in strižnih testiranj temeljnih sklopov JUBHome BASE. Poleg ugotavljanja histereznega obnašanja so bili na testiranju določeni tudi koeficient lepenja in trenja sklopa položenega na varjeno bitumensko hidroizolacijo, strižna nosilnost čepastega stika med zgornjo in spodnjo ravnino toplotnoizolacijskih plošč, strižna togost na enoto površine in opredeljen zdrs pri večjih seizmičnih obremenitvah.

Mehanske lastnosti materiala in samega sklopa vseh testiranj so za uporabo pri konstrukcijskem dimenzioniranju združene v tabeli 2.

Reference:

1. Frydenlund T. E., Aabøe R., Long term performance and durability of EPS as a lightweight filling material, EPS Geofoam 2001, 3rd International Conference, Salt Lake City, 2001.
2. Horvath, J.S. Geofoam Geosynthetic, Scarsdale, NY, Horvath Engineering, P.C., 1995.
3. Duškov, M., EPS as a Light Weight Sub-Base Material in Pavement Structures", Ph.D. Thesis, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands, 1997.
4. Vaitkus S., Laukaitis A., Gnip I., Keršulis V., Vejelis S., Experimental analysis of structure and deformation mechanisms of EPS slabs, Material Science, VOL 12, No 4. 2006.
5. Vaitkus S., Laukaitis A., Gnip I., Keršulis V., Vejelis S., Prediction of Creep Strain of the Expanded Polysirene (EPS) in Long-term Compression, Material Science, VOL 13, No 4. 2007.
6. Saarelainen S., Loading Capacity of a thick EPS Layer, Finnish EPS Industry, VTT Building and Transport, Finland 2012.
7. Dolšek M., Snoj J., Žižmond J., Eksperimentalne raziskave temeljnega sklopa konstrukcijskega sistema JUBHome BASE in priporočila za potresnoodporno projektiranje, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo (FGG IKPIR), Ljubljana, 2015.

Nadaljevanje v prihodnji številki