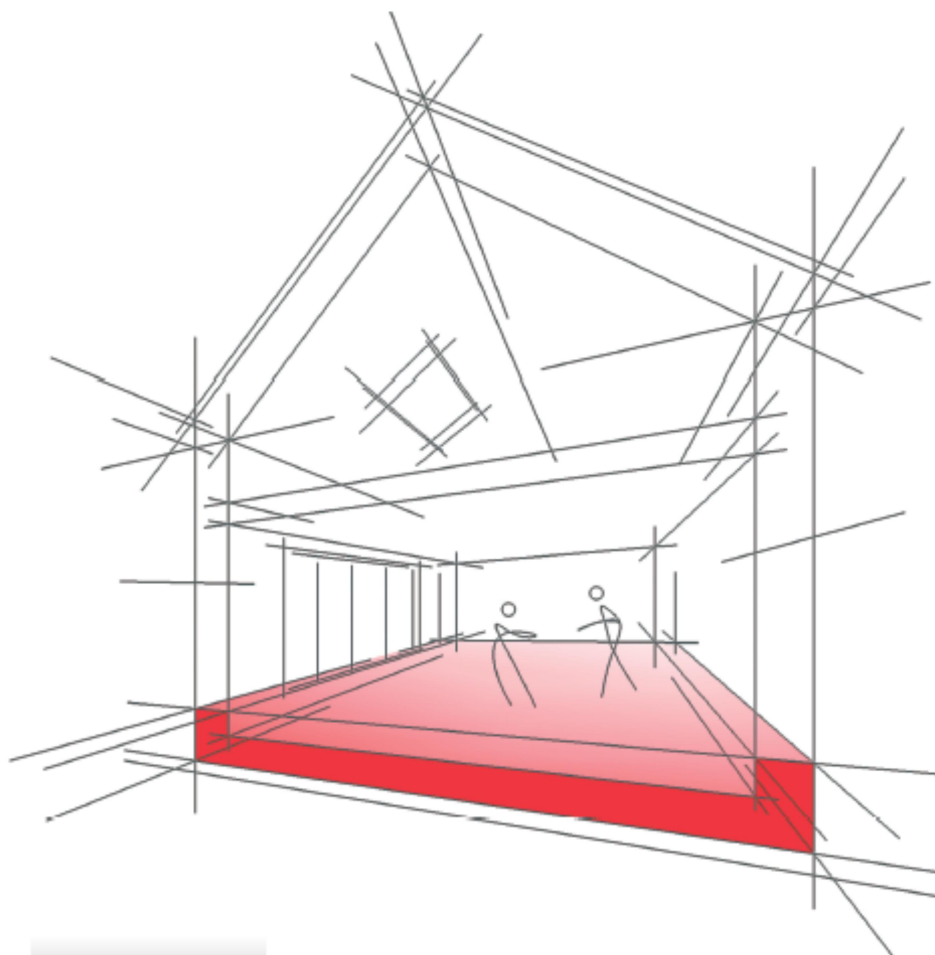




JUBHome

BASE

Navodila za projektiranje

Since 1875

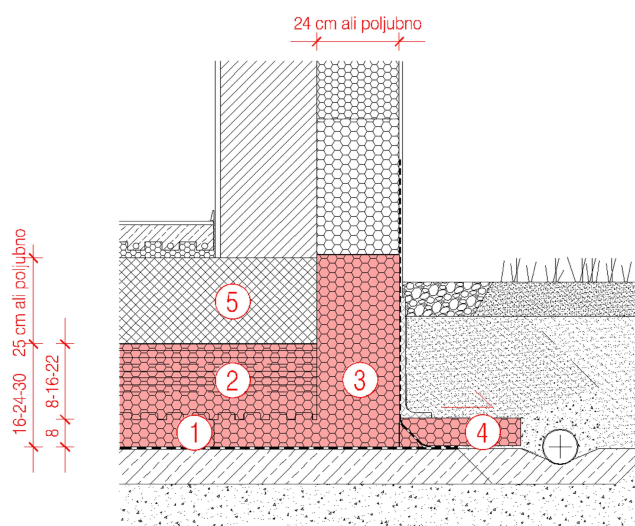
1. Arhitekturni del

1.1 Opis sistema JUBHome BASE

Sistem toplotne izolacije temeljne plošče JUBHome BASE je sestavljen iz toplotno izolirane kadi v katero se vgradi beton temeljne plošče in iz toplotno izolirane zemljine po obodu objekta. Material toplotne izolacije je ekspanzirani polistiren (EPS). Toplotno izolativna kad sistema JUBHome BASE vsebuje osrednje spodnje in zgornje talne elemente ter robne linijske in vogalne elemente. Slednji poleg toplotne izolacije služijo tudi kot nepovratni opaz roba temeljne plošče (slika 1).

Celotni sklop se polaga na hidroizolacijske bitumenske trakove polno privarjene na podložni beton. Po zunanjem obodu robnih in vogalnih elementov se hidroizolacijo izvede naknadno z nanosom polimercementne tesnilne mase HIDROZOL Superflex, lepljenjem samolepilne kavčuk bitumenske folije ali z varjenjem bitumenskih hidroizolacijskih trakov. Hidroizolacija podzidka se mehansko zaščiti s čepasto folijo ali ploščami JUBIZOL EPS F STRONG.

V primeru nepodkletenega objekta se zaradi temeljenja nad globino zmrzovanja po obodu temeljne plošče zemljina dodatno izolira s ploščami JUBIZOL EPS F STRONG v izbrani širini in debelini (več v Tehničnem listu in v brošuri JUBHome BASE).



- 1 – spodnji talni element JUBHome BASE
- 2 – zgornji talni element JUBHome BASE
- 3 - robni element JUBHome BASE
- 4 - pas izoliranja zemljine
- 5 - AB temeljna plošča

Slika1: Shema robnega zaključka sistema JUBHome BASE:

1.2 Debeline in lastnosti

JUBHome BASE toplotna izolacija temeljne plošče je v osrednjem delu kadi sestavljena iz spodnjih in zgornjih talnih elementov. Spodnji talni element je vedno debeline 8 cm, zgornji pa 8 cm, 16 cm in 22 cm. Stik obeh elementov je s čepi (na spodnjem talnem elementu) in utori (v zgornjem talnem elementu). Standardne skupne debeline toplotne izolacije JUBHome BASE so torej 16 cm, 24 cm in 30 cm. Po naročilu so dobavljive tudi vse vmesne debeline v koraku po 2 cm.

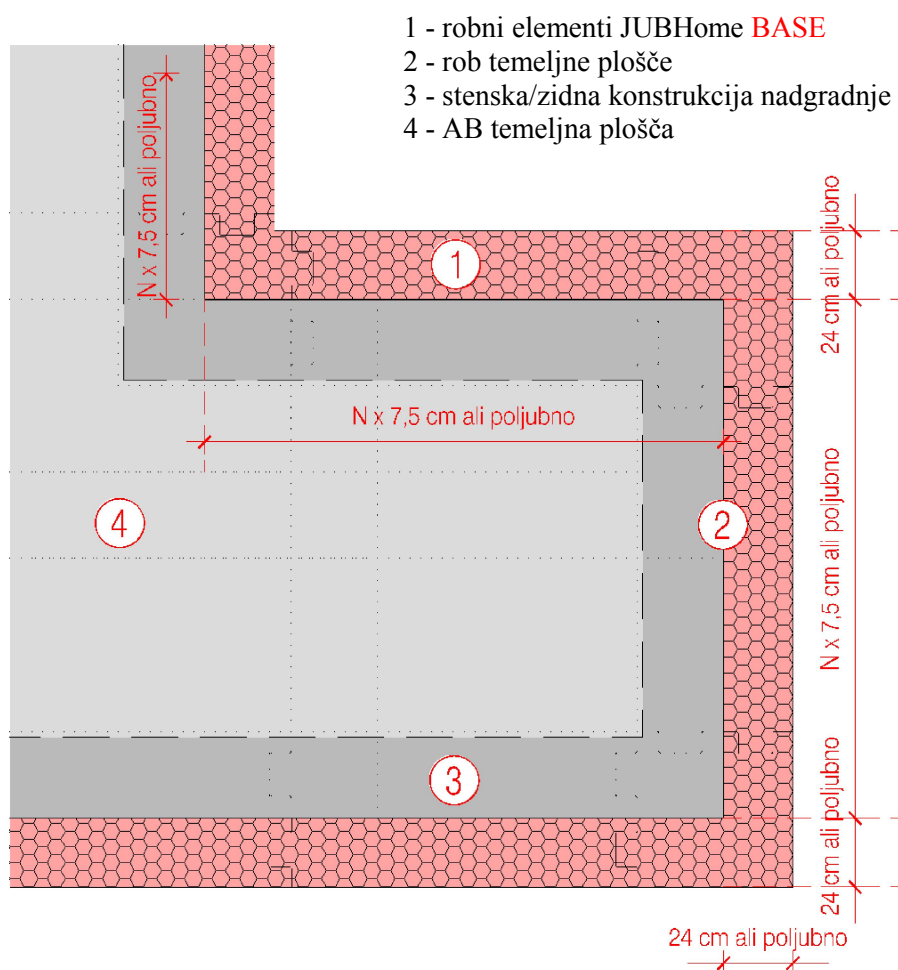
JUBHome BASE talni elementi so dobavljivi v dveh trdnostih EPS 300 (tlačna trdnost σ_{10} =300 kPa) v modri barvi in EPS 400 (tlačna trdnost σ_{10} =400 kPa) v rdeči barvi. Elementi s tlačno trdnostjo 300 kPa so primerni za enoetažne in večetažne lažje konstrukcijske sisteme (npr. lesena montažna gradnja,

porobeton), elementi s tlačno trdnostjo 400 kPa pa so namenjeni večetažnim (do P+1+M) masivnim objektom (armirano betonski in opečni zidani objekti). Koeficient toplotne prevodnosti λ_D elementov JUBHome BASE je 0,033 W/mK.

Višina in debelina robnih in vogalnih elementov se z rezanjem ali lepljenjem prilagodita projektirani debelini temeljne plošče (standardno 25 cm) in debelini toplotne izolacije sten oziroma sistemu nadgradnje (standardno 24 cm).

1.3 Tlorisni raster

Tlorisni raster standardnih elementov JUBHome BASE je ortogonalen s korakom 7,5 cm v obe smeri (slika 2). S prerezovanjem elementov je možno JUBHome BASE prilagoditi poljubnim ortogonalnim tlorisnim dimenzijam in oblikam objektov.



Slika 2: Tloris temeljne plošče:

2. Konstrukcijski del

2.1 EPS kot trajen, stabilen in mehansko odporen material

Ekspandirani polistiren je trdna sintetična pena zaprtocelične strukture. Osnovna surovina je ogljikovodikov stiren, ki se s postopkom dvofazne ekspanzije v predekspondorjih in parnih komorah

oblikuje v bloke ali s pomočjo kalupov v druge uporabne oblike. Bloki EPSa se kasneje običajno režejo v toplotno izolativne fasadne plošče ali gradbeni EPS, kalupni izdelki pa imajo praktično neomejen obseg uporabe od visokokvalitetnih gradbenih izdelkov do prehrabene in industrijske embalaže, čelad, stolov in drugih izdelkov.

Okrogla zrna EPSa imajo zaradi ekspanzije v zaprtem prostoru poliedrično obliko in so med seboj zaradi visokih temperatur pri parjenju zlepljena. Tako kljub veliki vsebnosti zraka (95-98%) tvorijo trdno nosilno strukturo in za vodo nepropustno matriko plastičnih mehansko preoblikovanih zrn. Navzemanje vode je odvisno od kvalitete surovine, gostote EPSa in tehnološkega postopka ter je pri kvalitetnih EPSih skladno s standardom SIST EN 12807 manjša 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 izkopenim 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 preizkušanju 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 % 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.

Poleg zgoraj naštetih lastnosti se pri EPSu med drugimi preiskujejo in deklarirajo še naslednje fizikalne in mehanske lastnosti (tabela 1):

Tabela 1: Standardi za določitev mehanskih lastnosti EPSa

Dimenzijska stabilnost pri normalnih pogojih	SIST EN 1603
Dimenzijska stabilnost pri predpisani temperaturi in relativni vlažnosti zraka	SIST EN 1604
Upogibna nosilnost	SIST EN 12089
Deformacija pri predpisanem tlaku in temperaturi	SIST EN 1605
Tlačna trdnost pri dolgotrajni obremenitvi	SIST EN 1606
Strižna trdnost	SIST EN 12090
Natezna trdnost	SIST EN 1607
Difuzijska upornost prehoda zračne pare	SIST EN 12086
Koeficient toplotne prevodnosti in upora	SIST EN 12667

Proizvajalec se sam, poleg obveznih preiskav, glede na predvideno uporabo na trgu odloča o obsegu preiskav in objavi deklariranih lastnosti.

Zaradi sintetičnega izvora, EPS ne predstavlja hrane za organizme, ne omogoča rasti mikroorganizmov in v zemlji ne propada. Način pridobivanja surovine in predelava ne škodujeta okolju in ga minimalno obremenjujeta (manj od drugih izolacij glede na učinek izoliranja). Po uporabi se izdelek lahko v celoti reciklira.

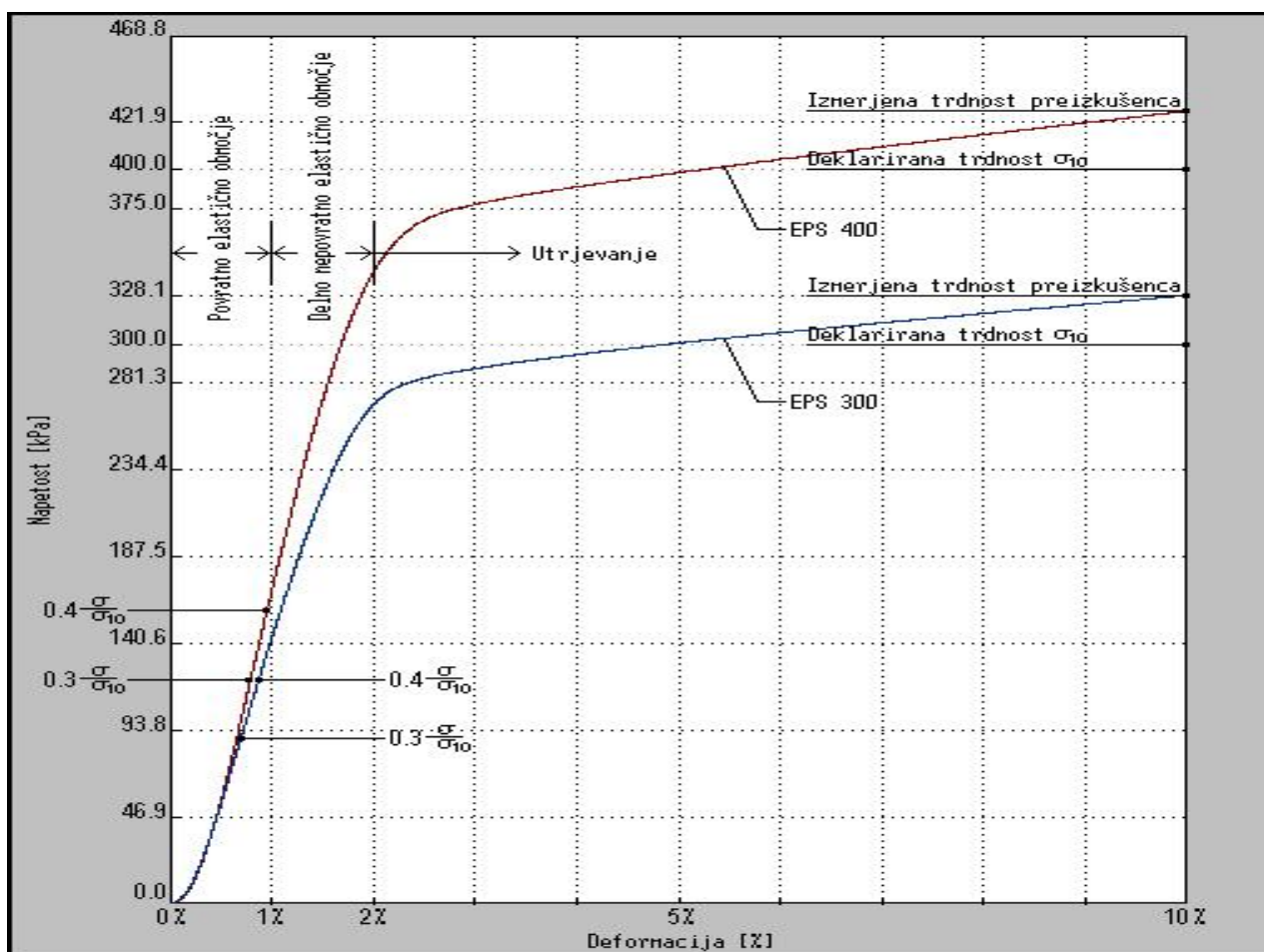
EPS je občutljiv na ogljikovodikova goriva in druga topila in ga je potrebno v primeru nevarnosti za tovrstne izpostavljenosti zaščititi s primernimi oblogami ali folijami. Običajno so tudi ukrepi pristojnih služb ob takih nezgodah hitrejši od časa pronicanja ogljikovodikov do EPS plasti. Prav tako se lastnosti EPSa močno poslabšajo pri temperaturah blizu vrelišča, pri katerih se EPS plastificira.

V stiku z ognjem EPS zaradi zaviralcev gorenja ne gori s plamenom ampak se topi z minimalnim sproščanjem dima. Nezaščiten material je po standardu SIST EN 13501-1 razvrščen v razred E, z zaključnimi tankoslojnimi, polimercementnimi oblogami pa običajno v B-s1, d0.

Proizvajalci surovin so za nosilne aplikacije EPSa razvili posebne tipe surovin z manjšo ekspanzijo zrn in večjo nosilnostjo sten celic. JUBHome za uporabo pod nosilnimi talnimi ploščami uporablja surovino Peripor proizvajalca BASF, ki omogoča izdelavo nosilnih talnih plošč s tlačno trdnostjo do 500 kPa.

2.2 Mehansko obnašanje EPSa

V preteklosti je bilo narejenih več raziskav o mehanskem obnašanju EPSa [2, 3]. Ugotovljeno je bilo, da se EPS pod tlačno obremenitvijo obnaša različno z ozirom na čas delovanja obtežbe. Glede na dostopno literaturo [4] in lastne raziskave pri EPS 300 in EPS 400 lahko delovni diagram kratkotrajne obtežbe (napetost-deformacija) pri EPSih višjih tlačnih trdnosti razdelimo na štiri odseke. Prvi del predstavlja povratno elastični del tlačnega obnašanja EPSa in sicer v območju do 1.0 % deformacije (slika 3). Pri tej obremenitvi se zrna EPSa elastično upogibajo na svojih mestih in se vračajo v svojo prvotno obliko po razbremenitvi.



Slika 3: Delovni diagram EPS 300 (modri) in EPS 400 (rdeči) do 10 % deformacije

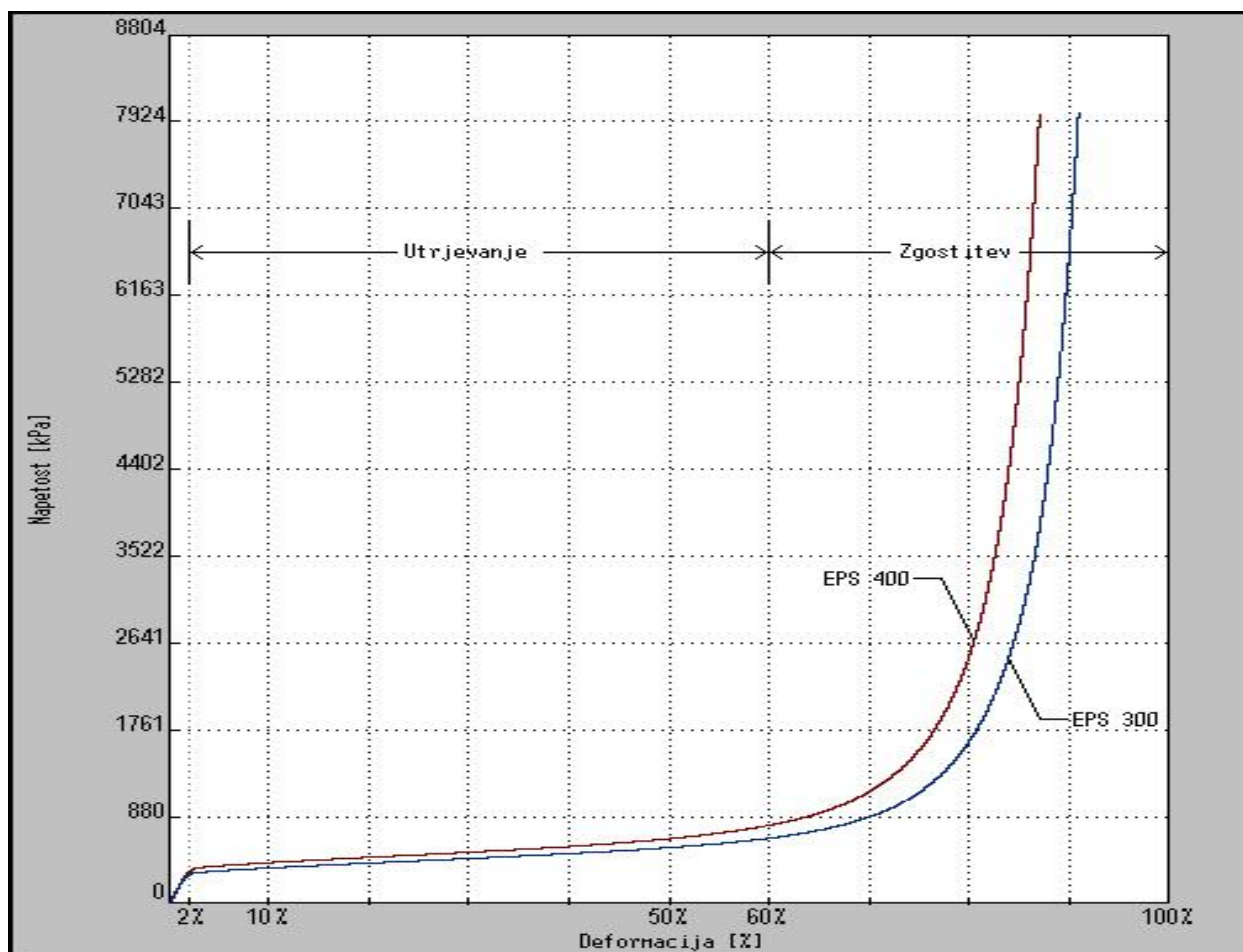
Sledi sorazmerno trden in delno nepovratno elastičen del diagrama do cca 2.0% deformacije, kjer poleg upogibanja prihaja tudi do plastičnega deformiranja zrn v smer praznih prostorov med

zrni. Temu se upirajo medsebojne strižne in natezne povezave med zrni, ki prispevajo k sorazmerno dobri tlačni odpornosti celotne sestave. Na tem delu diagrama in seveda pri višjih deformacijah se po razbremenitvi material zaradi razrivanja in plastifikacije zrn kljub relaksaciji v celoti ne povrne več v svojo prvotno lego.

Sledi prehod v dolgo področje utrjevanja EPSa do cca 60 % (slika 4). Prostora med zrni ni več, obremenitvi se upira le še tlačna odpornost zrn. Plastične deformacije se v tem območju pojavljajo na stikih elementov, kjer so 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 cca 2.0 % deformacije kot sekantni modul.

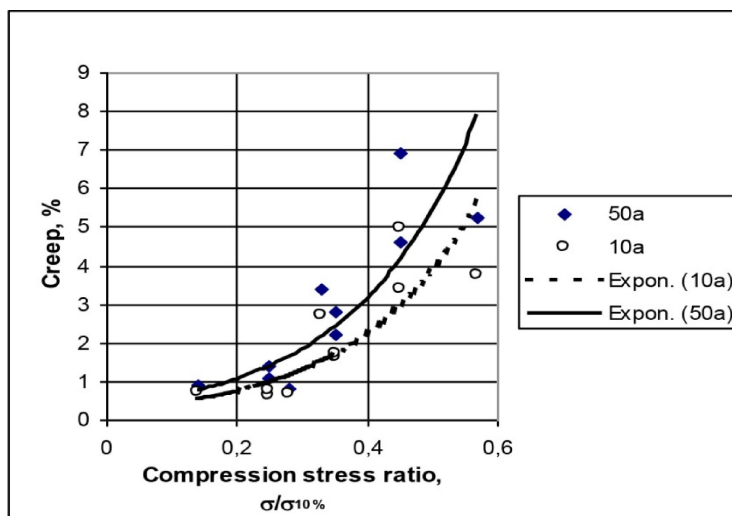
Ireverzibilnost pri uporabi EPSa v nosilnih konstrukcijah talne plošče ni problematična, ker standard SIST EN 13163 zaradi omejitev deformacij pri dolgotrajni obtežbi predpisuje tak nivo napetosti v EPSu, da so dosežene deformacije zagotovo še v reverzibilnem področju (pod 1 %).



Slika 4: Delovni diagram EPS 300 (modri) in EPS 400 (rdeči) do 100 % deformacije

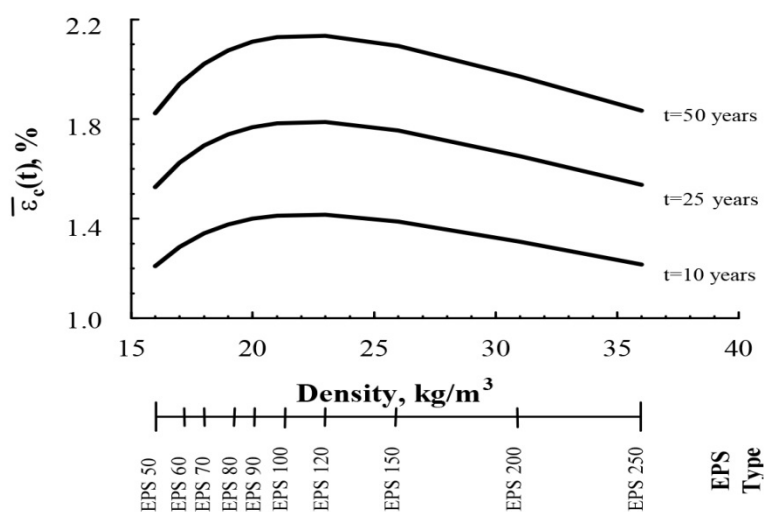
Pri dolgotrajni obremenitvi se pri EPSu pojavi efekt lezenja to je nadaljnjega deformiranja pod tlačno obremenitvijo brez dodajanja obtežbe. EPS je lezenju izpostavljen že pri majhnem nivoju napetosti, je pa od nivoja napetosti nelinearno odvisen in večji pri višji tlačni napetosti [5]. Odvisnost lezenja od nivoja

napetosti je razvidna iz slike 5. 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.



Slika 5: Odvisnost lezenja od nivoja tlačne napetosti σ_{dej}/σ_{10}

Iz diagrama je razvidno, da je pri $\sigma_{dej}/\sigma_{10}=0,30$ in pri času obremenitve 50 let 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 izbranem času glede na nivo napetosti stalne obtežbe. Lezenje je odvisno od gostote in trdnosti EPSa [6]. Na sliki 6 je prikazana deformacija lezenja vzorcev iz različnih gostot EPSa pri različnih dobah obremenitve pri nivoju napetosti $\sigma_{dej}/\sigma_{10}=0,35$.



Slika 6: Odvisnost lezenja od gostote EPSa pri različnih dobah obremenitve

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 testiranj 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 računsko deformacija, ki povzroči predvideno napetost nekje do 0,6%. Vse računske obremenitve se tako ob nastopu 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 $\sigma_{dej}/\sigma_{10}=0,30$ iz slike 5 in znaša približno $0,3 \cdot E$ (trideset odstotkov kratkotrajnega elastičnega modula).

2.3 Tehnične lastnosti EPSa v sistemu JUBHome BASE

V tabeli 2 so predstavljene potrebne mehanske lastnosti EPSa za izračun talne plošče JUBHome BASE.

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_l				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 do 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 1/3 kratkotrajnega elastičnega modula

2.4 Konstrukcijski izračun talne plošče

2.4.1 Določitev vertikalnega modula reakcije podlage

Toplotnoizolirana talna plošča konstrukcijsko predstavlja talno ploščo na elastični podlagi in se lahko za izračun upogibnih obremenitev in armature v plošči uporabijo poljubne razpoložljive računske metode. Potrebno je le določiti pravi vertikalni modul reakcije tal, ki je običajno vhodni podatek za prikaz lastnosti računskih vzmeti pri izračunu talne plošče na elastični podlagi.

Vertikalni modul reakcije podlage je sestavljen iz dveh delov in sicer iz modula reakcije osnovnih tal k_z in prispevka toplotne izolacije pod talno ploščo k_{TI} [8]. Skupni modul dobimo kot recipročno vrednost vsote

recipročnih vrednosti posameznih modulov reakcije tal (princip določitve togosti za zaporedno vezane vzmeti).

Vertikalni modul reakcije osnovnih tal k_z nam običajno posreduje geomehanik, lahko pa ga približno ocenimo sami, če napetost v tleh pod delovno obtežbo talne plošče delimo s pričakovanim posedkom (brez toplotne izolacije) pod obremenjeno površino. Pri tem bodimo pozorni na razlike med globalnimi in lokalnimi posedki pod talno ploščo, ki so merodajni za izračun armature. Globalni posedki pod objektom so lahko veliki, vendar ti absolutni posedki niso tisti, na podlagi katerih določimo armaturo.

Prispevek modula reakcije podlage toplotne izolacije k_{TI} dobimo na sledeč način:

$$k_{TI} = \sigma / \Delta u_{TI} = \sigma / (\varepsilon \cdot d_{TI}) = E_{TI} / d_{TI} \quad [\text{kN/m}^3] \quad (1)$$

σ ... napetost tal oziroma napetost v toplotni izolaciji
 Δu_{TI} ... posedek toplotne izolacije
 ε ... deformacija toplotne izolacije
 d_{TI} ... debelina toplotne izolacije
 E_{TI} ... elastični modul toplotne izolacije (bodisi kratkotrajni E ali dolgotrajni E_{cc})

Skupni vertikalni modul reakcije podlage je torej:

$$k_v = 1 / (1/k_z + 1/k_{TI}) \quad [\text{kN/m}^3] \quad (2)$$

Pri tem za izračun skupnega vertikalnega modula reakcije tal uporabimo tisti elastični modul toplotne izolacije, ki je smiseln v posamezni kontroli konstrukcijskega dimenzioniranja. Za določitev nihajnega časa objekta in s tem potresnih sil ter pri kratkotrajnih obtežbenih kombinacijah uporabimo običajni, kratkotrajni elastični modul toplotne izolacije E , za npr. dimenzioniranje plošče pod dolgotrajnimi obtežnimi kombinacijami pa dolgotrajni E_{cc} modul kot sledi v nadaljevanju.

2.4.2 Določitev strižne togosti toplotne izolacije na enoto površine

Poleg vertikalnega modula reakcije tal je pri določitvi nihajnih časov in potresnih sil pri debelejših toplotnih izolacijah zaradi bočnega zibanja pomembna tudi strižna togost na enoto površine. Po analogiji z vertikalnim modulom reakcije podlage ta količina predstavlja obnašanje podpornih vzmeti temeljne plošče v obeh horizontalnih smereh. Strižna togost na enoto površine k_{30} je na podlagi rezultatov testiranj določena pri 30 odstotni strižni napetosti potrebni za zdrs temelja in pripadajočem pomiku pri tej napetosti, za debelino izolacije 30 cm. Podana je v tabeli 2. Z redukcijo te togosti z dejansko debelino vgrajene izolacije dobimo računsko strižno togost na enoto površine k_h .

$$k_h = k_{30} \cdot d_o / d_{TI} \quad [\text{kN/m}^3] \quad (3)$$

$d_o = 0,3 \text{ m}$... testna debelina toplotne izolacije
 d_{TI} ... dejanska debelina toplotne izolacije

2.4.3 Določitev potresnih sil

Da pri enostanovanjskih hišah poenostavimo preverjanje nosilnosti talne plošče pri dveh različnih elastičnih moduli se predlaga, da najprej določimo potresne sile na objekt pri kratkotrajnem modulu E in strižni togosti na enoto površine k_H po eni izmed predpisanih metod. Predlaga se Metodo z vodoravnimi silami po tč. 4.3.3.2 SIST EN 1998:2006 s katero lahko dokaj enostavno določimo maso objekta in raznos sil po etažah glede na vse posebnosti in tip konstrukcije nadgradnje. Vpliv torzije upoštevamo po SIST EN 1998 z dodatnim torzijskim momentom ali poenostavljeno s povečanjem obremenitev vertikalnih konstrukcijskih elementov s faktorjem δ , kar posledično poveča potresni vpliv pri dimenzioniranju plošče.

Dobljene potresne sile po tej poenostavljeni metodi so nato vhodni podatek za nadaljnjo analizo vseh obtežnih primerov in njihovih kombinacij pri enem samem to je dolgotrajnem elastičnem modulu.

Pri tem velja opomniti, da se z vložkom toplotne izolacije pod talno ploščo poveča nihajni čas objekta in se z ozirom na elastični spekter odziva spremenijo potresne sile glede na neizolirano talno ploščo [9].

2.4.4 Kontrole stabilnosti

Skladno s pravili EVROKODOV je potrebno za objekte preverjati statično ravnovesje, ki sodi v sklop kontrol mejnega stanja porušitev. Ker je pri nas potres daleč največja horizontalna obtežba se pri tej kontroli omejimo zgolj na potresne vplive. Za druge horizontalne obtežbe se lahko predlagane kontrole stabilnosti smiselno prilagodijo, če so potrebne.

2.4.4.1 Kontrola prevrnitve

Standard SIST EN 1998-1 v točki 4.4.2.4 kot eno izmed osnovnih preverjanj zahteva kontrolo stabilnosti na prevrnitev pri potresnem stanju, kar izvedemo s primerjavo momenta zaradi potresne sile po Metodi z vodoravnimi silami F_b in momenta zaradi teže objekta W , določena glede na izbrano vretišče. Kontrola prevrnitve objekta po principu statičnega ravnovesja je za dinamične potresne sile precej konservativna zato lahko predpostavimo rezultanto horizontalnih potresnih sil na polovici višine objekta H . Pri tem je H merjen od temeljne plošče do zgornje etažne plošče. Kontrolo izvedemo za obe smeri potresa pri čemer upoštevamo dolžino stranice objekta L in faktor obnašanja q ustrezno izbrani smeri [7].

$$F_{bi} \cdot q_i \cdot H/2 \leq W \cdot L_i/2 \quad (4)$$

i ... indeks smeri potresa (X, Y)

Enačbo (4) lahko še nadalje poenostavimo, če iz spektra odziva privzamemo najbolj neugodno območje nihajnih časov in s tem največjo potresno silo določeno na osnovi elastičnega spektra pospeškov. Kontrola prevrnitve se v tem primeru prevede na omejitev višine glede na stranico objekta [7].

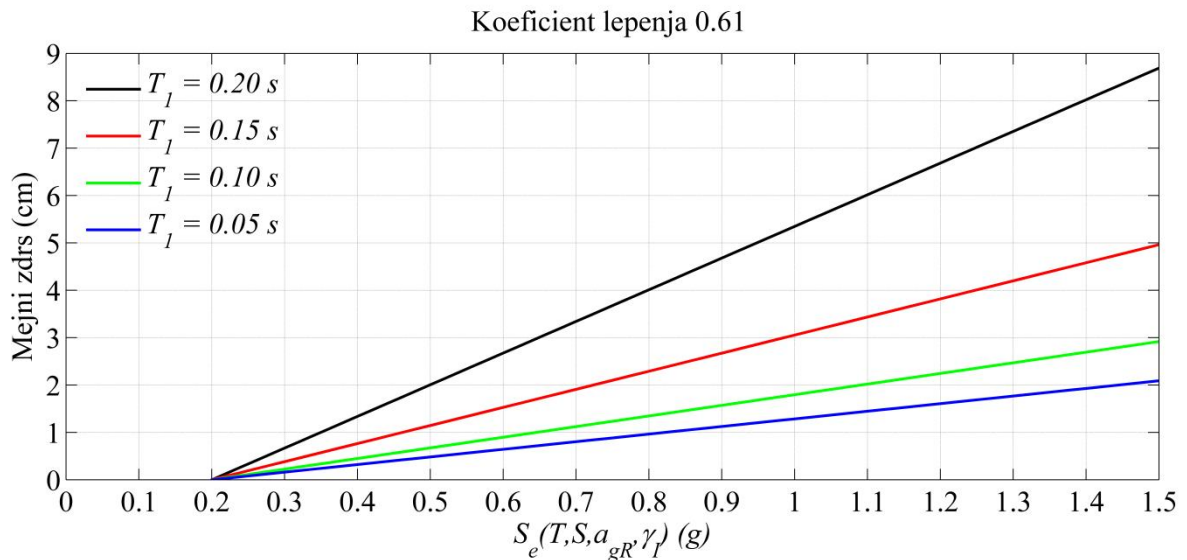
2.4.4.2 Kontrola zdrsa

Rezultati testiranj talnih sklopov na FGG IKPIR [7] so pokazali, da pri horizontalni obtežbi v mejnem stanju vedno pride do zdrsa na stiku EPSa in hidroizolacije. Stik EPSa in betona je bistveno bolj nosilen, saj je celo mehansko odstranjevanje EPSa od betonske površine težavno. Koeficient lepenja za stik varjene bitumenske hidroizolacije in EPSa je bil za prosto položene plošče EPSa pri tlačnih napetostih 50 in 100 kPa privzet kot minimalen izmed dobljenih vrednosti in sicer $k_f=0,61$.

Kljub solidnemu koeficientu lepenja obstaja možnost, da pri zelo močnih potresih pride do omejenega zdrsa objekta. Pri močnejših potresih EN 1998-1 dopušča, da se objekti močneje poškodujejo. Zdrsi pri tem niso problematični in so v primerjavi s pričakovanimi poškodbami samega objekta pri potresu nepomembni, če zagotovimo, da pri tem ne pride do poškodb instalacij plina in elektrike. V teh primerih je potrebno za velikost t.i. mejnega zdrsa omogočiti gibljivi del instalacijskih priključkov na objekte v vsaki smeri. V večini primerov nizkoenergijskih hiš je to najenostavneje izvesti s priključki v sloju fasadne toplotne izolacije z vložki iz mehke mineralne volne.

Instalacije plina in elektrike varujemo vse do mejnega zdrsa v vse smeri objekta. Mejni zdrs je tista velikost zdrsa kateri ustreza sprejemljiva zanesljivost za dosego kriterija po neporušitvi in neogrozitvi življenj. Kot sprejemljiva verjetnost v dobi enega leta za pojav mejnega zdrsa je za sisteme toplotne izolacije temeljnih plošč v študiji FGG IKPIR [7] privzeta vrednost $5 \cdot 10^{-5}$. Na podlagi verjetnostne analize je določen model mejnega zdrsa sklopa JUBHome BASE, katerega rezultat je prikazan s projektnim diagramom (slika 7). Na osnovi tega diagrama se odčita mejni zdrs v odvisnosti od nihajnega časa ter od razmerja med elastičnim spektralnim pospeškom $S_e(T, S, a_{gR}, \gamma_I)$ (izražen z deležem pospeška

prostega pada g) (SIST EN 1998-1, tč. 3.2.2.2) in težo objekta. Elastični spektralni pospešek $S_e(T, S, a_{gR}, \gamma_I)$ lahko poenostavljeno smatramo tudi kot razmerje med elastično potresno silo F_e in težo objekta W ($S_e \approx F_e/W$). Kontrolo izvedemo za obe smeri potresa.



Slika 7: Določitev zdrsa temelja v odvisnosti od nihajnega časa in elastičnega spektralnega pospeška

2.4.5 Dimenzioniranje plošče

Kot je bilo omenjeno v poglavju 2.4.3. učinke vplivov za dimenzioniranje plošče na osnovi predpisanih obtežnih kombinacij (vključno s potresno obtežno kombinacijo) skladno s SIST EN 1990 določimo tako, da za podajnost EPSa upoštevamo dolgotrajni elastični modul E_{cc} . Pri kombinacijah s kratkotrajno horizontalno obtežbo (veter, potres) smo pri tem na varni strani saj so projektne upogibne obremenitve plošče pri nižjem elastičnem modulu EPSa običajno višje. Velik del napetosti namreč tako ali tako odpade na lastno in stalno, to je dolgotrajno obtežbo, ki povzroča lezenje. Paziti je potrebno, da pri horizontalni obtežbi ne pride do nateznih napetosti pod talno ploščo. V tem primeru je treba skladno s projektantsko prakso ta del temeljne plošče izključiti iz sodelujoče kontaktne površine.

Za dimenzioniranje temeljne plošče se lahko uporabijo tudi vse ostale metode, ki upoštevajo navedene posebnosti EPS toplotne izolacije pod temeljno ploščo.

2.4.6 Kontrola EPSa pod talno ploščo

2.4.6.1 Varnostni faktor za EPS

Po EN 13163 se tlačna trdnost pri 10 % deformaciji deklarira kot minimalna izmerjena v proizvodnji in ne kot karakteristična. Proizvodnja EPSa podleže sistemu AVCP 2+ kar zagotavlja zunanjo kontrolo lastnosti EPSa. Trdnost je mogoče v vseh fazah proizvodnje in vgradnje na objektu tudi neposredno kontrolirati s penetrometrom. Vse navedene kontrole zagotavljajo ustrezno zanesljivost mehanskih lastnosti komponent EPSa.

Določitev materialnega varnostnega faktorja za nosilni EPS na slovenskem ali evropskem nivoju ni regulirana. Evropsko združenje proizvajalcev EPSa EUMEPS s svojo publikacijo EPS White Book [10] za uskladitev konstrukcijske uporabe EPSa z Evrokodi predlaga $\gamma_m=1,1$, kar se privzame za materialni varnostni faktor tudi pri projektiranju JUBHome BASE nosilne toplotne izolacije.

2.4.6.2 Kontrola tlačnih sil v EPSu

Projektne napetosti v EPSu pod temeljno ploščo za dolgotrajne kombinacije obtežnih primerov z lastno, stalno in dolgotrajno koristno obtežbo (upoštevamo tudi sneg) $\sigma_{EPS,d}$ morajo zaradi vpliva lezenja izpolnjevati pogoj:

$$\sigma_{EPS,d} < \sigma_{cc} / \gamma_m \quad \text{ali} \quad \sigma_{EPS,d} < 0,3 \cdot \sigma_{10} / \gamma_m \quad (5)$$

Projektne napetosti za kombinacije obtežnih primerov s kratkotrajno obtežbo (veter, potres) σ_d pa morajo izpolnjevati pogoj:

$$\sigma_{EPS,d} < 0,4 \cdot \sigma_{10} / \gamma_m \quad (6)$$

Glede na EPS White Book, bi lahko upoštevali polno projektno nosilnost EPSa σ_{10} / γ_m , vendar jo zaradi nevarnosti nepovratnih deformacij pri ciklični obtežbi omejimo na 40 % tlačne trdnosti pri 10 % deformaciji. S tem zagotovimo, da so deformacije še v povratno-elastičnem območju.

2.4.6.3 Kontrola strižnih sil v EPS

Faktorirane strižne napetosti v tlačnem delu temeljne plošče zaradi horizontalne sile τ_d morajo biti manjše od mejne strižne napetosti čepastega stika:

$$\tau_{EPS,d} < \tau_{spoj} / \gamma_m \quad (7)$$

V primeru potresne obtežbe je $\tau_{EPS,d} = \tau_{EPS,E}$.

Strižne trdnosti homogenega materiala zaradi višje nosilnosti od čepastega spoja ni potrebno kontrolirati.

3. Zaključek

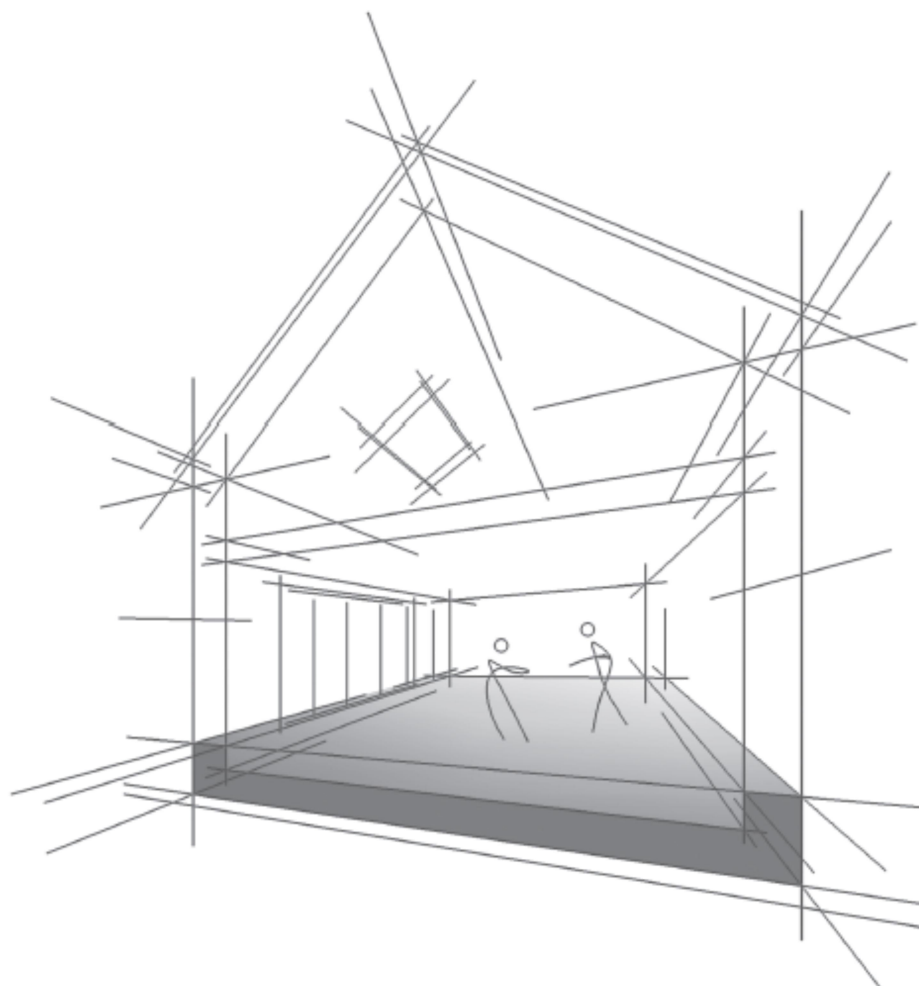
Pri dimenzioniranju temeljne plošče na toplotni izolaciji iz EPSa se lahko uporabijo vse poznane metode konstrukcijskega dimenzioniranja. Potrebno je upoštevati lezenje materiala, kar v računske metode vnesemo z ločitvijo elastičnega modula na kratkotrajni E in dolgotrajni E_{cc} elastični modul. Pozorni moramo biti tudi na omejitve končnih deformacij EPSa pod talno ploščo do cca 2 % po petdesetih letih in na ireverzibilnost deformacije EPSa, kar je zagotovljeno z omejitvami nivoja tlačnih projektnih napetosti. Pri kontroli zdrsa zaradi potresne obtežbe, se na osnovi verjetnostne analize in izbrane zanesljivosti določi mejni zdrs, ki je odvisen od nihajnega časa objekta temeljenega na sloju toplotne izolacije in pripadajočega elastičnega spektra pospeškov določenega na podlagi izbrane kategorije pomembnosti objekta, stopnje potresne nevarnosti za lokacijo objekta in tipa tal.

Mehanske lastnosti EPSa so preverjene z obširnimi testiranjem na homogenih preizkušancih v lastnih laboratorijih in nemškem FIW München, učinki potresne obtežbe na sestavljenih sklopih pa na FGK IKPIR Ljubljana. Skladno s priporočili EPS White book (2014) združenja evropskih proizvajalcev EPSa EUMAPS se za uskladiitev konstrukcijskih lastnosti materiala z Evrokodi privzame materialni varnostni faktor $\gamma_m=1,1$.

Miran Tekavec, Aljaž Šterk JUBHome d.o.o.

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, Finnland 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.
8. Wallner E. Temeljenje pasivnih hiš s potresno varovalko. 30. Zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije, Bled 2008.
9. Kilar V., Koren D., Zbašnik-Senegačnik M., Seismic behaviour of building founded on thermal insulation layer, Građevinar št. 5/2013.
10. EPS White Book, EUMEPS Background Information on standardisation of EPS, European Manufacturers of Expanded Polystirene, 2014.




JUBHome d.o.o.
 Dol pri Ljubljani 28, SI-1262 Dol pri Ljubljani
 T: 01 5884 120, F: 01 5884 250, E: info@jubhome.eu
Član Skupine JUB

Since 1875