



Javna agencija
za raziskovalno dejavnost
Republike Slovenije

Predstavitev znanstvenih dosežkov 2013
Ljubljana, FDV, 15.10.2014

POTRESNA VARNOST PASIVNIH HIŠ TEMELJENIH NA TOPLOTNI IZOLACIJI



Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za arhitekturo

Vojko Kilar

Projekti in raziskovalna skupina

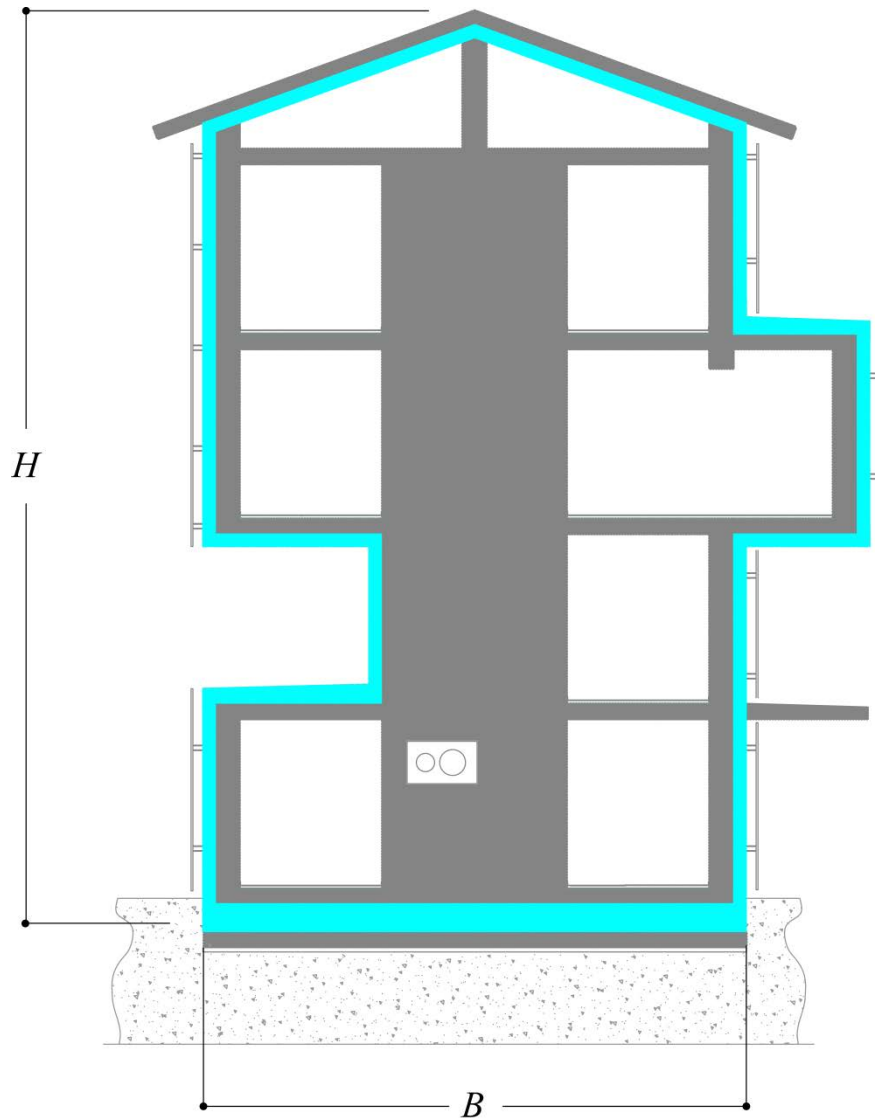
RAZISKOVALCI

- Martina Zbašnik-Senegačnik
- David Koren
- Boris Azinovič
- raziskovalci projekta L5-4319

RAZISKAVE

- VARNOST PASIVNIH HIŠ PRI POTRESU, L5-4319, 2011 - 2013
- TRAJNOSTNO OBLIKOVANJE KVALITETNEGA BIVALNEGA OKOLJA, P5-0068, 2013 -2017
 - 2014: POLYMER TESTING (Evaluation of the performance of extruded polystyrene boards – Implications for their application in earthquake engineering)
[DOI: 10.1016/j.polymertesting.2014.09.013](https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2014.09.013)
 - 2015: ENGINEERING STRUCTURES (The seismic response of low-energy buildings founded on a thermal insulation layer - a parametric study)
[DOI: 10.1016/j.engstruct.2014.10.015](https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2014.10.015)

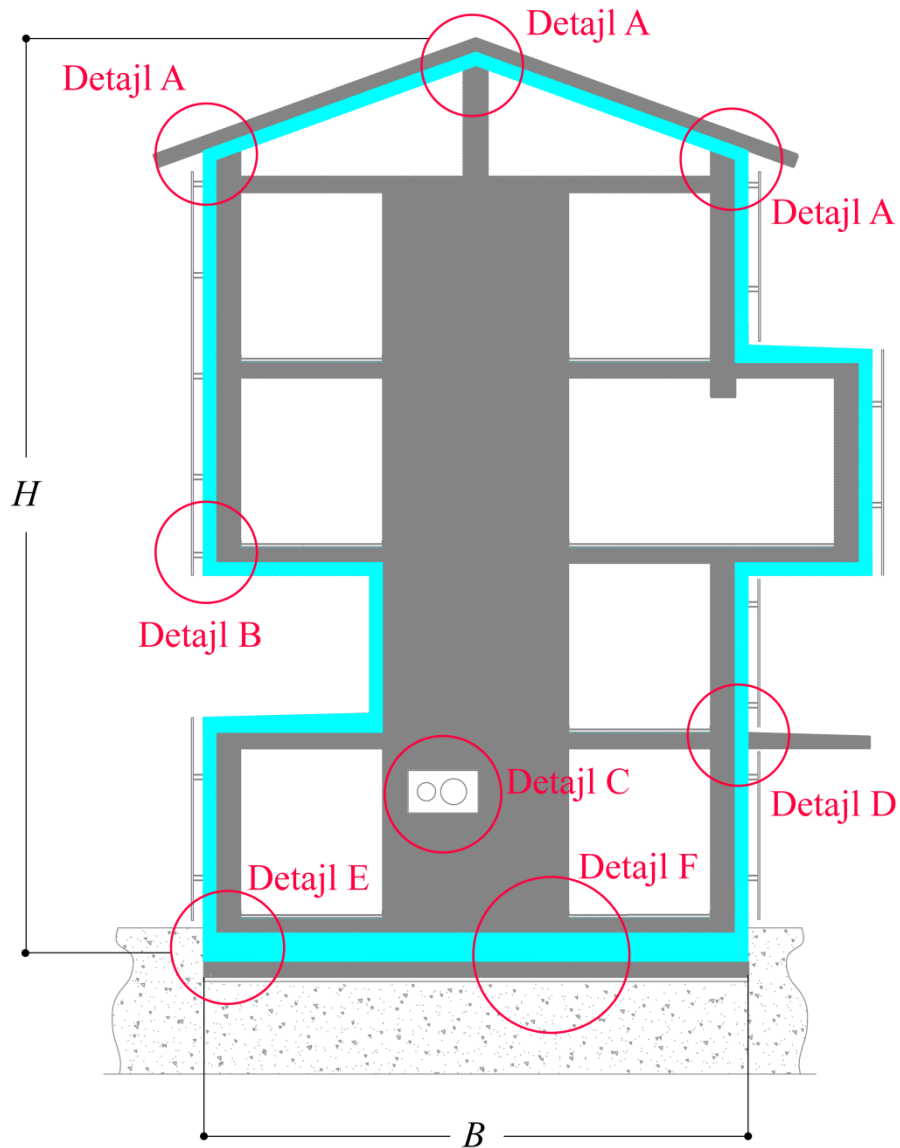
Predstavitev problematike



ENERGIJSKO ZELO UČINKOVITE STAVBE

- standardi energijsko učinkovitih stavb (Passivhaus, Minergie-P, nič enerjske stavbe...)
- minimalna poraba energije za ogrevanje $< 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- toplotne izgube ob ustrezni zasnovi ne presegajo $10 \text{ W}/\text{m}^2$ in jih je mogoče pokriti s t.i. toplozračnim ogrevanjem
- zrakotesnost zunanjega ovoja
- sklenjen toplotnoizolacijski ovoj brez toplotnih mostov

Predstavitev problematike



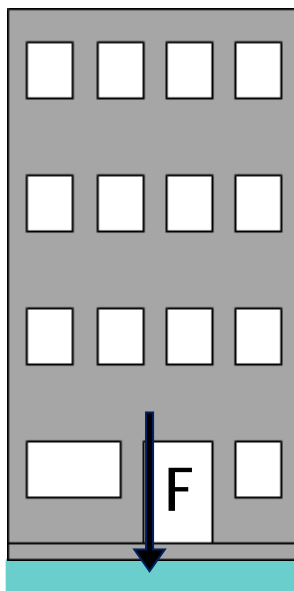
KRITIČNI DETAJLI Z VIDIKA POTRESNE ODPORNOSTI

- A. pritrjevanje strešne konstrukcije in zagotovitev toge strešne diafragme,
- B. pritrjevanje fasadnih elementov,
- C. prekinitev nosilne konstrukcije zaradi zahtevanega sistema kontroliranega prezračevanja,
- D. detajli za preprečevanje toplotnih mostov pri konzolnih konstrukcijah,
- E. posebni izolacijski podstavki za preprečevanje toplotnih mostov sten, ki nalegajo na hladne elemente,
- F. temeljenje na sloju toplotne izolacije.

Predstavitev problematike

TEMELJENJE NA SLOJU TOPLOTNE IZOLACIJE (TI) – detajl in izvedba

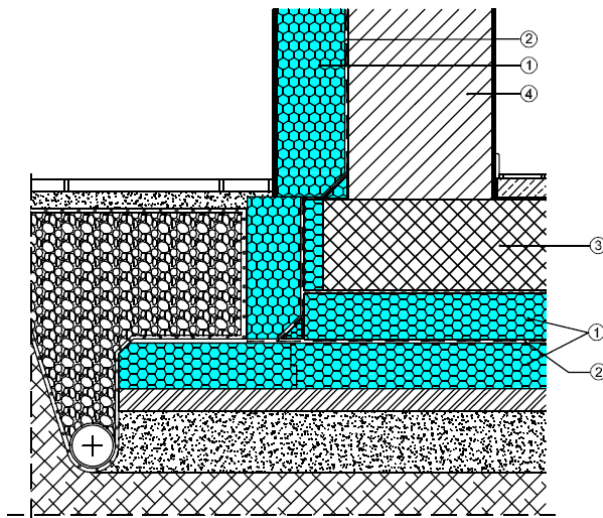
STATIČNA OBTEŽBA



σ - napetost v TI



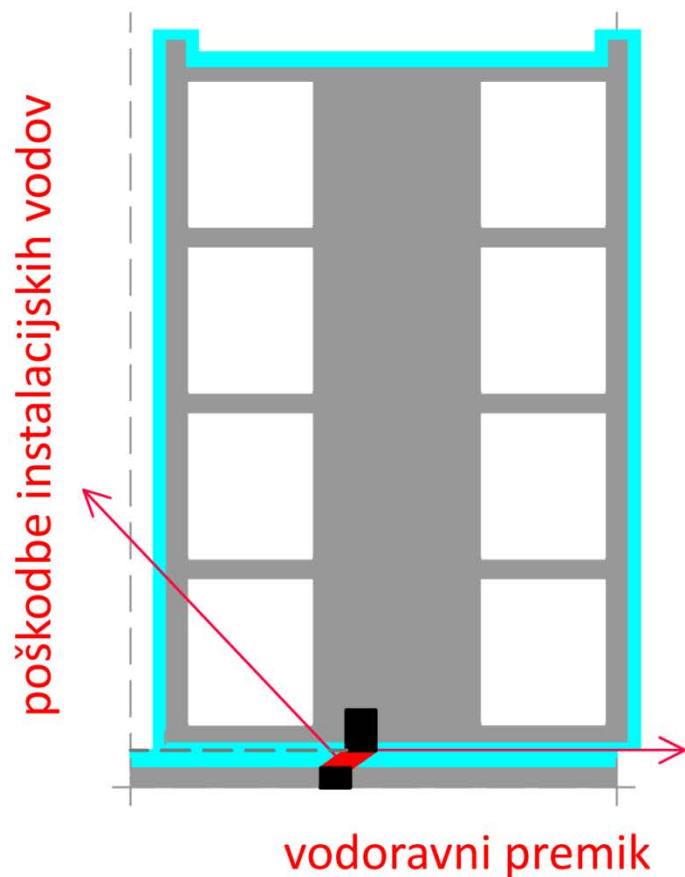
$$\sigma = F/A$$



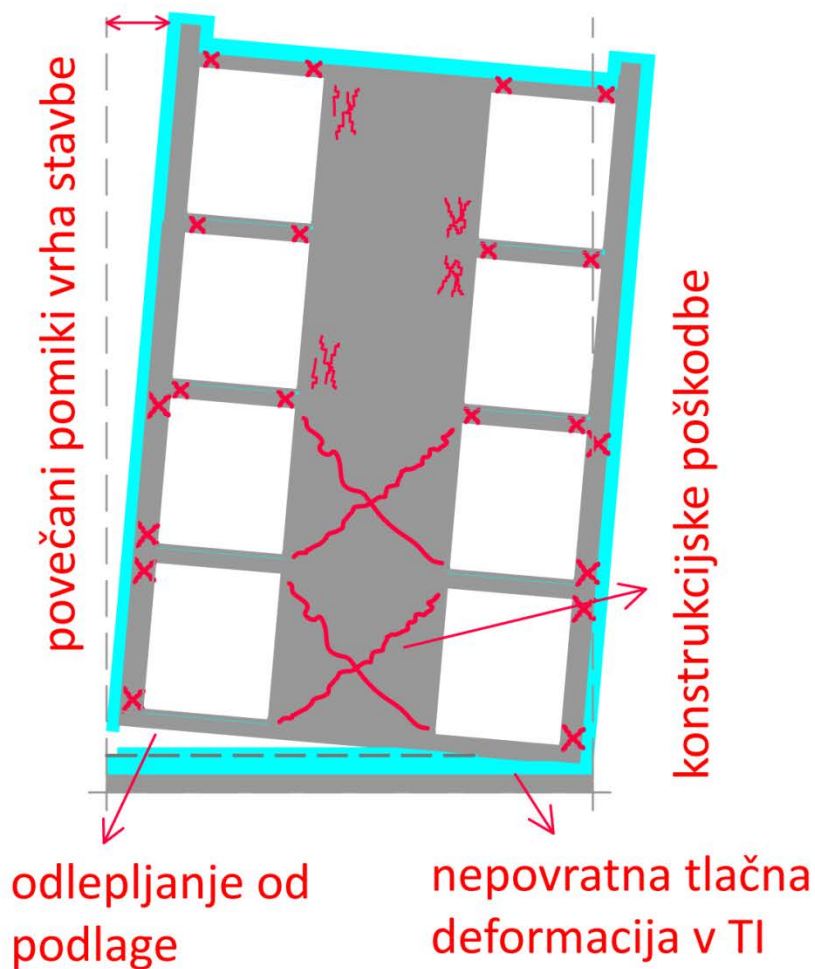
Predstavitev problematike

Potresni odziv stavb s toplotno izolacijo pod temeljno ploščo

ZDRS



ZIBANJE

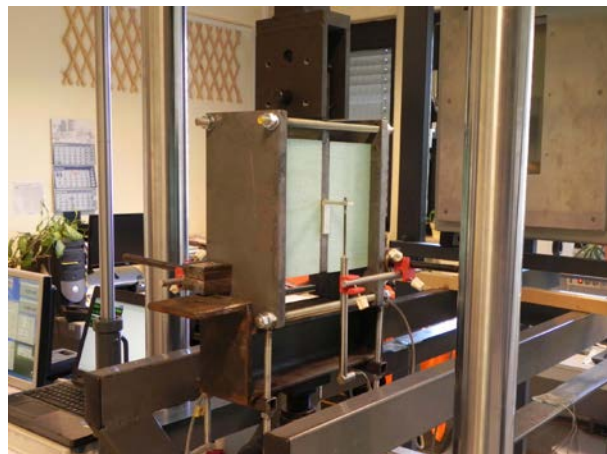


Eksperimentalne preiskave XPS-a

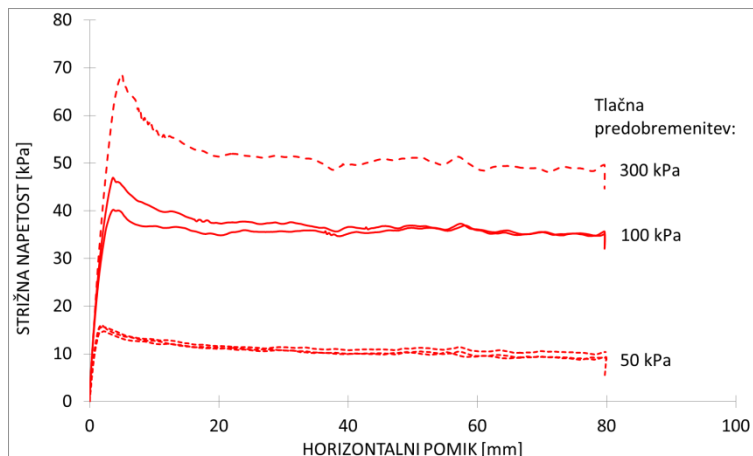
Tlačne preiskave



Strižne preiskave



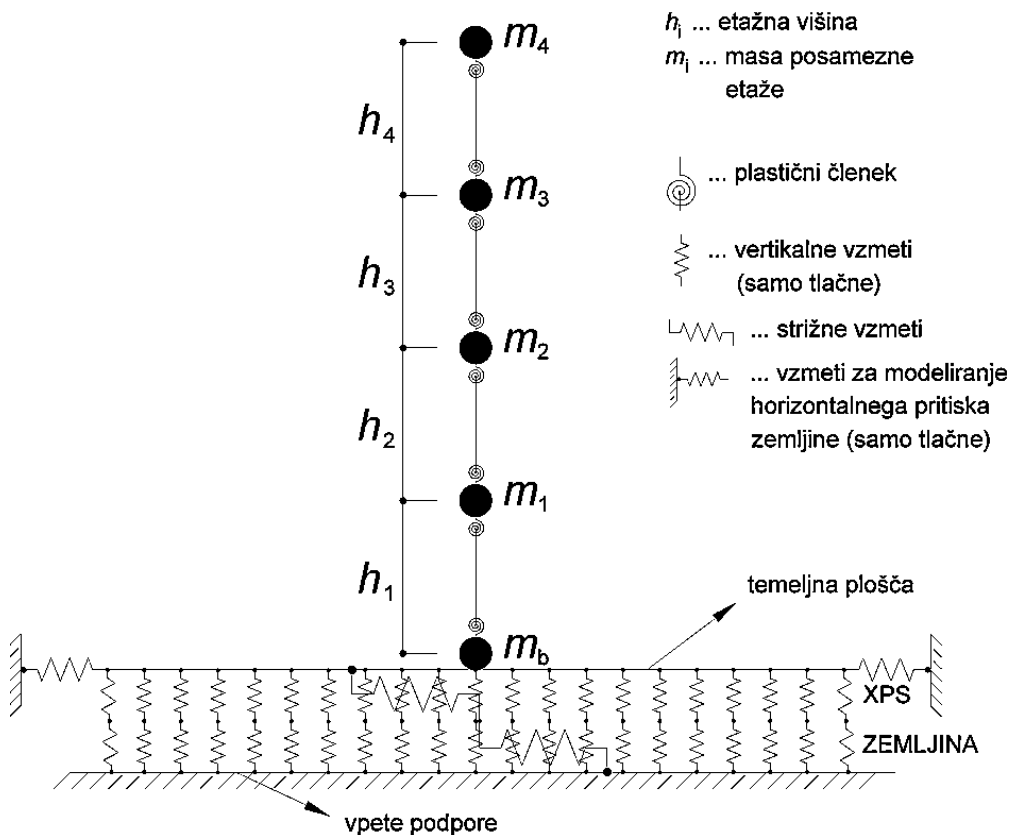
Preiskave zdrsa konstrukcijskega sklopa temeljne plošče na XPS-u



Sestava sklopa:
AB temeljna plošča
XPS plošča
hidroizolacija (HI)
XPS plošča
podložni beton

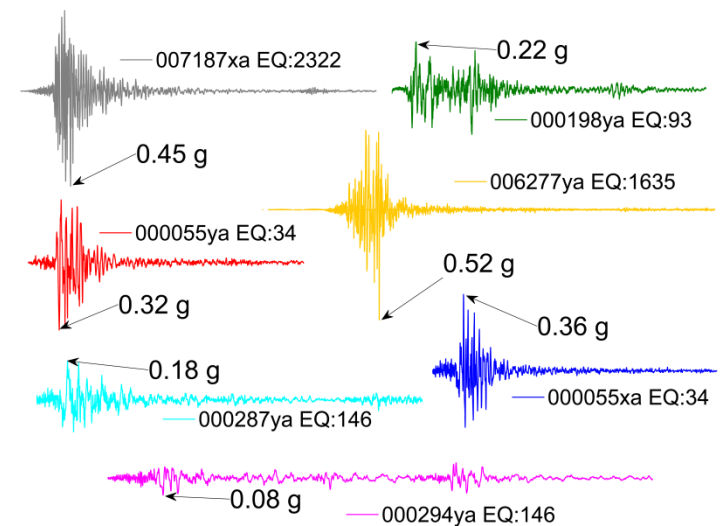
Parametrična potresna analiza stavb na sloju toplotne izolacije (XPS)

IDEALIZIRANI MODELI STAVB



POTRESNA OBTEŽBA

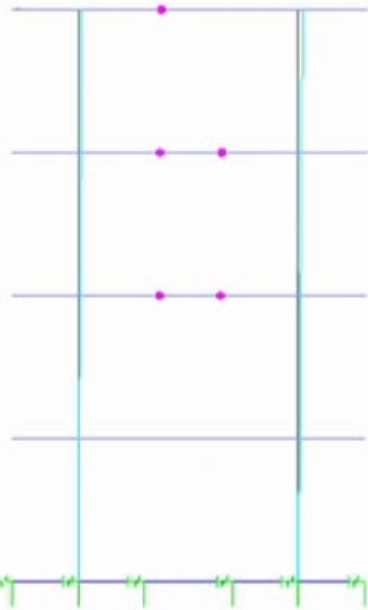
- nelinearna dinamična analiza z dejanskimi potresi
- inkrementalna dinamična analiza (IDA)



Primerjava potresnega odziva za štirietažno armiranobetonsko stavbo

BREZ XPS-a

$T_{FB} = 0,159 \text{ s}$



$U_y = 0,55 \text{ cm}$

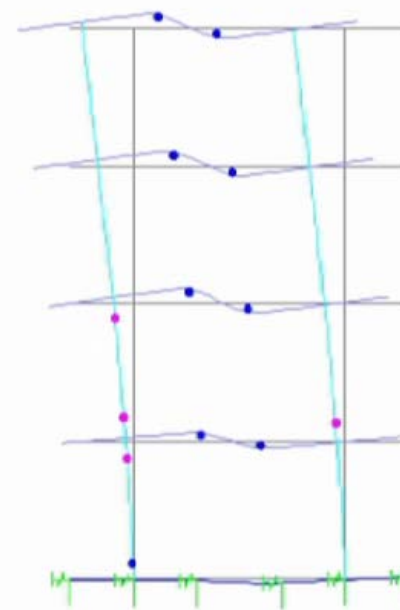
Legenda:

- začetne poškodbe
- zmerne poškodbe

$U_y = 0,001 \text{ cm}$
 $U_z = -0,01 \text{ cm}$

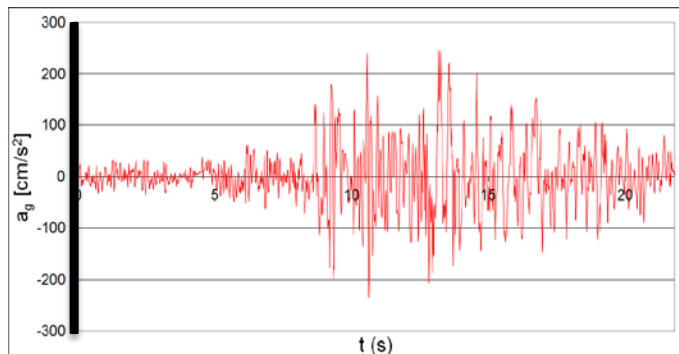
Z XPS-om 400-L, d=30 cm

$T_{BI} = 0,281 \text{ s}$



$U_y = 3,94 \text{ cm}$

$U_y = 0,29 \text{ cm}$
 $U_z = -0,36 \text{ cm}$



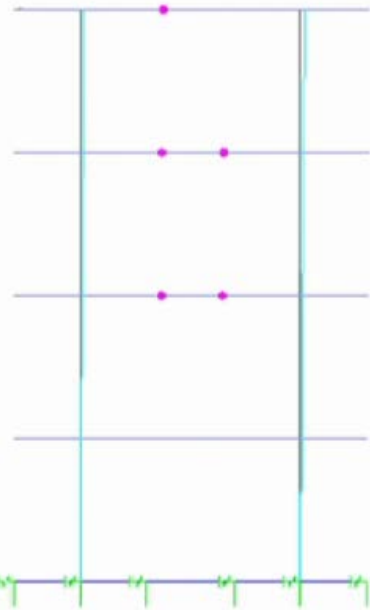
Zapis potresa Focsani (1986) prirejen na ciljni elastični spekter odziva:

- $a_g = 0.25 \text{ g}$
- zemljina tipa A
- dušenje 5%

Primerjava potresnega odziva za štirietažno armiranobetonsko stavbo

BREZ XPS-a

$T_{FB} = 0,159 \text{ s}$



$U_y = 0,55 \text{ cm}$

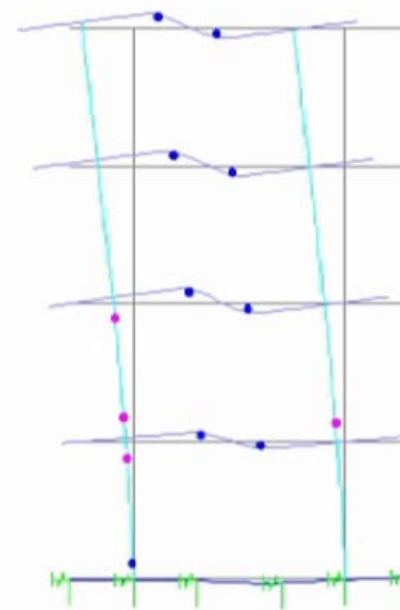
Legenda:

- začetne poškodbe
- zmerne poškodbe

$U_y = 0,001 \text{ cm}$
 $U_z = -0,01 \text{ cm}$

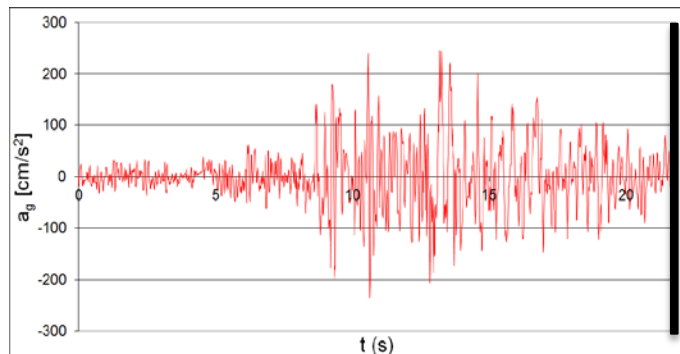
Z XPS-om 400-L, d=30 cm

$T_{BI} = 0,281 \text{ s}$



$U_y = 3,94 \text{ cm}$

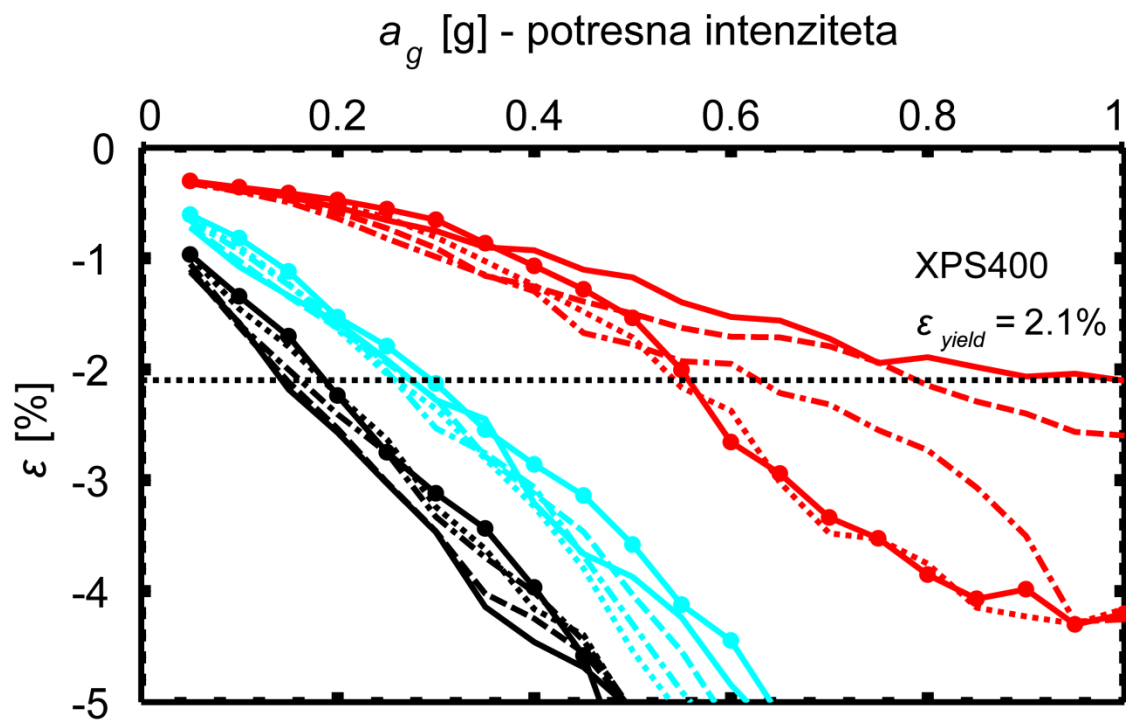
$U_y = 0,29 \text{ cm}$
 $U_z = -0,36 \text{ cm}$



Zapis potresa Focsani (1986) prirejen na ciljni elastični spekter odziva:

- $a_g = 0.25 \text{ g}$
- zemljina tipa A
- dušenje 5%

Odziv toplotnoizolacijskega sloja XPS – tlačne deformacije



2-etažne stavbe

4-etažne stavbe

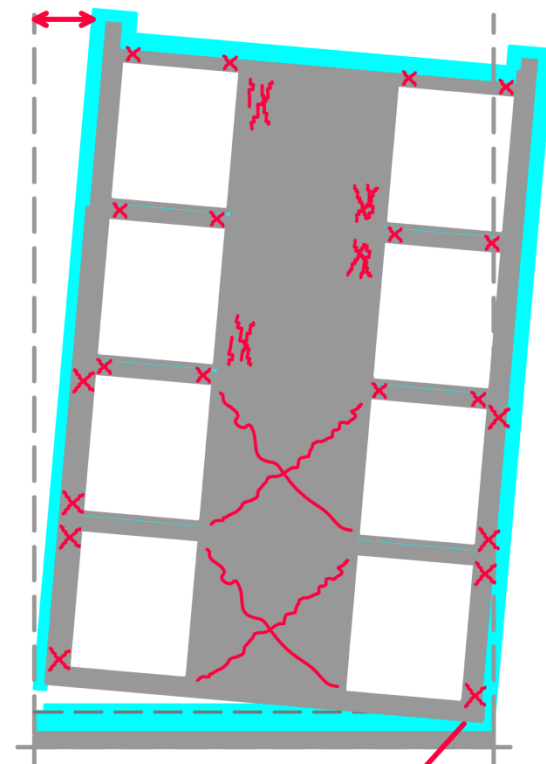
6-etažne stavbe

————— $T_{FB} = 0.1$ s

- - - - - $T_{FB} = 0.1$ s

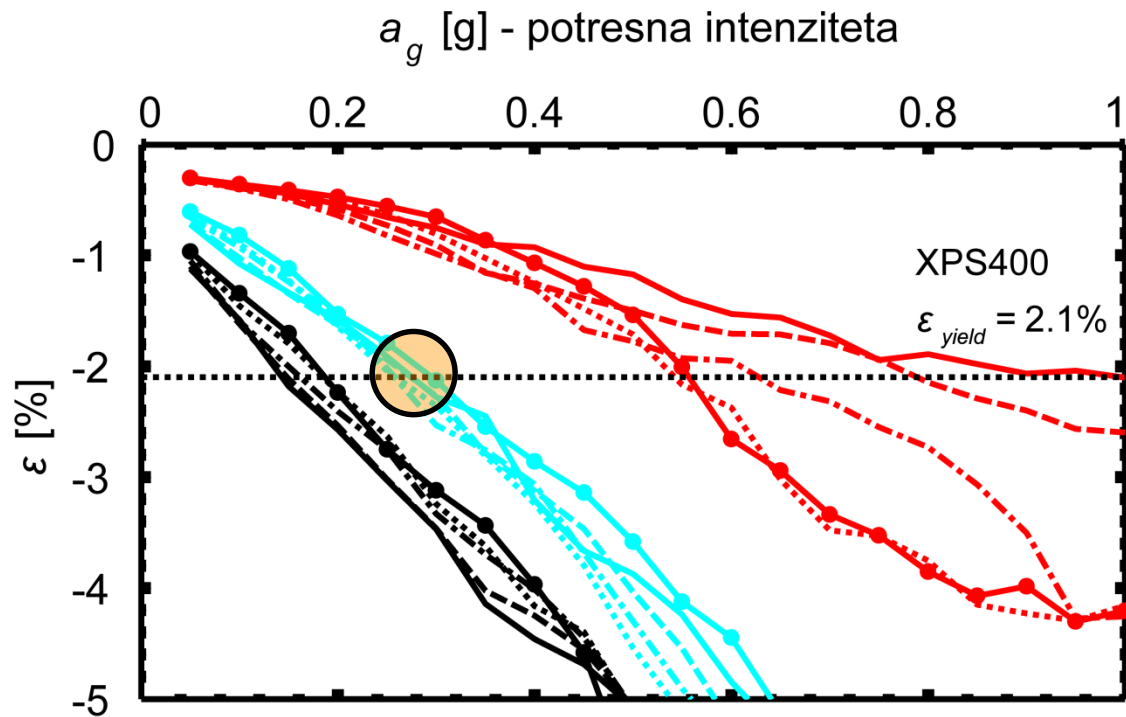
..... $T_{FB} = 0.5$ s

—●— $T_{FB} = 0.5$ s



Prekoračena tlačna deformacija (ε) v XPS

Odziv toplotnoizolacijskega sloja XPS – tlačne deformacije



2-etažne stavbe

4-etažne stavbe

6-etažne stavbe

————— $T_{FB} = 0.1$ s

----- $T_{FB} = 0.1$ s

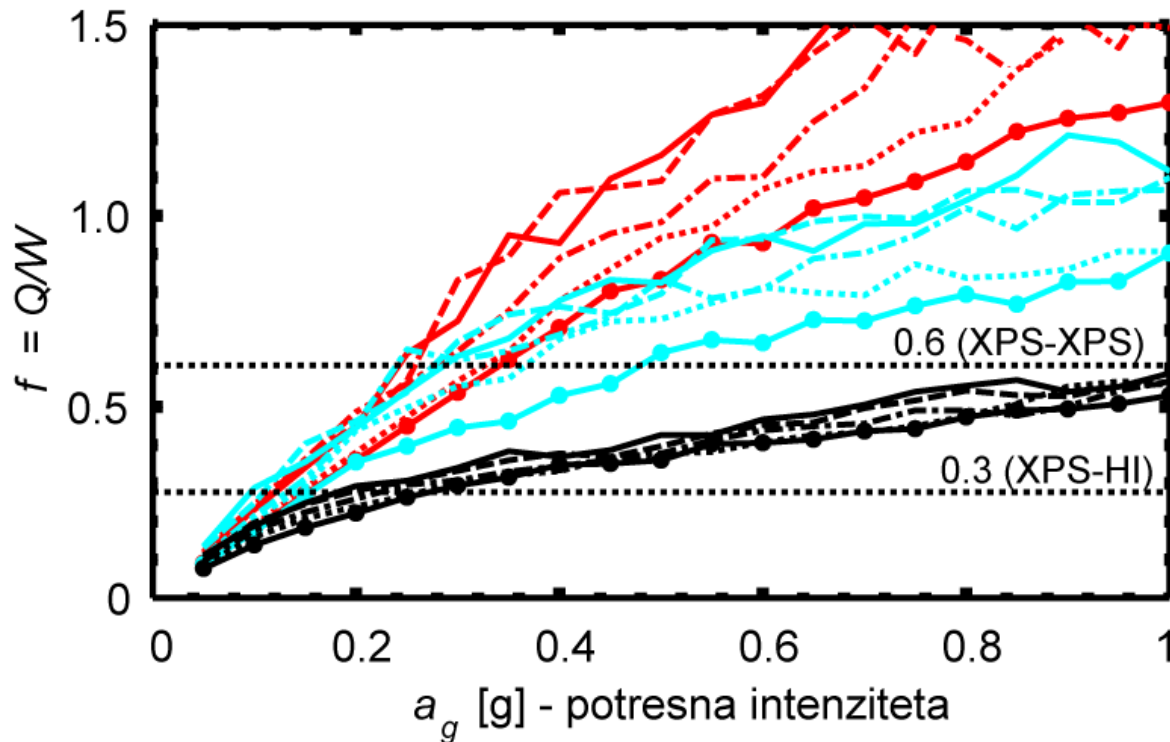
..... $T_{FB} = 0.5$ s

—●— $T_{FB} = 0.5$ s

Potresna intenziteta (a_g), pri kateri je dosežena nepovratna tlačna deformacija (ϵ_{yield}):

Nihajni čas T_{FB} [s]	0.10	0.30	0.50
2 etaži	/	0.63	0.56
4 etaže	0.25	0.27	0.30
6 etaž	0.16	0.18	0.20

Odziv toplotnoizolacijskega sloja XPS – vodoravni zdrs



2-etažne stavbe

4-etažne stavbe

6-etažne stavbe

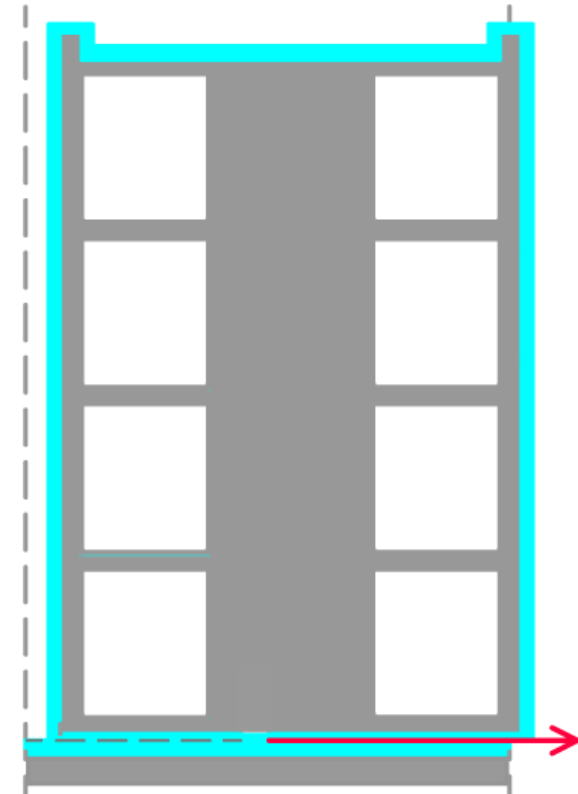
————— $T_{FB} = 0.1$ s

.....

—●— $T_{FB} = 0.5$ s

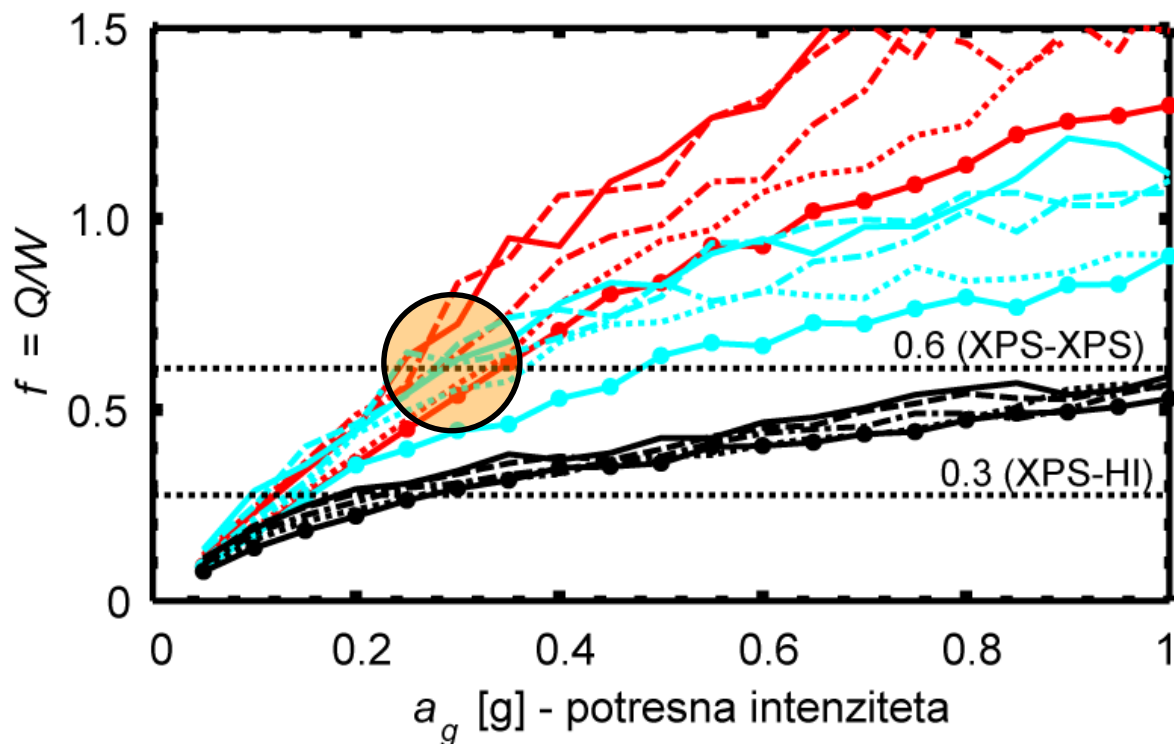
$T_{FB} = 0.1$ s

$T_{FB} = 0.5$ s



prekoračitev koeficienta
zdrsa (f)

Odziv toplotnoizolacijskega sloja XPS – vodoravni zdrs



2-etažne stavbe

4-etažne stavbe

6-etažne stavbe

————— $T_{FB} = 0.1$ s

.....

————●— $T_{FB} = 0.5$ s

Potresna intenziteta (a_g), pri kateri je dosežen zdrs na stiku XPS-XPS:

Nihajni čas T_{FB} [s]	0.10	0.30	0.50
2 etaži	0.25	0.30	0.35
4 etaže	0.25	0.30	0.50
6 etaž	/	/	/

Splošni zaključki

- temeljenje na toplotni izolaciji je možno tudi na potresno aktivnih področjih, vendar z dodatno pazljivostjo – pravilni detajli
- vitke in težje stavbe so kritične za prekoračitev mejne elastične deformacije v toplotni izolaciji
- toge stavbe na toplotni izolaciji so bolj izpostavljene poškodbam kot stavbe brez izolacije
- nižje in lažje stavbe → zdrs med sloji – patentna rešitev

Zaključki pomembni za Slovenijo

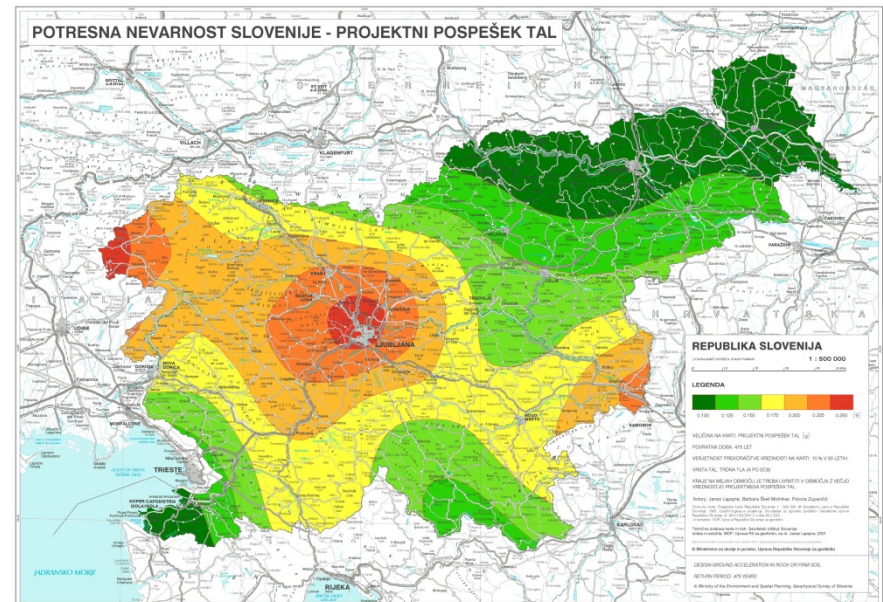
TLAČNA DEFORMACIJA V XPS*

- $a_g \leq 0.25 \text{ g}$ → stavbe do 4 etaž
- $a_g \leq 0.15 \text{ g}$ → stavbe do 6 etaž

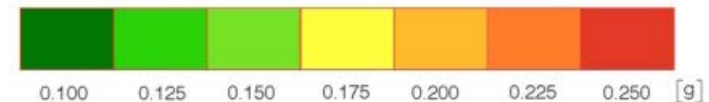
ZDRS MED SLOJI*

- tudi za nizke stavbe
- $a_g \geq 0.15 \text{ g}$ → stik XPS-HI
- $a_g \geq 0.25 \text{ g}$ → stik XPS-XPS

* odvisno od oblike tlorisa stavbe, njene teže, nosilnosti in duktilnosti zgornje konstrukcije, trdnosti in debeline XPS, ...



LEGENDA



HVALA ZA POZORNOST!