

**AR 2010/1**

**Arhitektura, Raziskave**  
*Architecture, Research*

**Vojko Kilar**

**UVAJANJE NAPREDNIH TEHNOLOGIJ ZA POVEČANJE VARNOSTI V ARHITEKTURI  
SODOBNIH STANOVANJSKIH STAVB 3, 2009**

**IMPLEMENTATION OF ADVANCED TECHNOLOGIES FOR THE INCREASE OF SAFETY  
IN THE ARCHITECTURE OF MODERN RESIDENTIAL BUILDINGS 3, 2009**

# AR

## Arhitektura, raziskave / *Architecture, Research*

Fakulteta za arhitekturo  
Inštitut za arhitekturo in prostor

ISSN 1580-5573  
ISSN 1581-6974 (internet)  
<http://www.fa.uni-lj.si/ar/>

*revija izhaja dvakrat letno / published twice a year*

*urednik / editor*  
Borut Juvanec

*regionalna urednika / regional editors*  
Grigor Doytchinov, Avstrija  
Lenko Pleština, Hrvaška

*uredniški odbor / editorial board*  
prof dr Vladimir Brezar  
prof dr Peter Fister  
prof dr Borut Juvanec, urednik / editor  
prof dr Igor Kalčič  
doc dr Ljubo Lah

*znanstveni svet / scientific council*  
prof dr Paul Oliver, Oxford  
prof Christian Lassure, Pariz  
prof Enzo d'Angelo, Firence

*recenzentski svet / supervising council*  
dr Kaliopa Dimitrovska Andrews  
akademik dr Igor Grabec  
dr Hasso Hohmann, Gradec  
mag Peter Gabrijelčič, dekan FA

*tehnični urednik / technical editor*  
dr Domen Zupančič

*prelom / setting*  
VisArt studio, Barbara Kovačič

*lektoriranje, slovenščina / proofreading, Slovenian*  
Karmen Sluga

*prevodi, angleščina / translations, English*  
Milan Stepanovič, Studio PHI d.o.o.

*klasifikacija / classification*  
Doris Dekleva-Smrekar  
CTK UL

*uredništvo AR / AR editing*  
Fakulteta za arhitekturo  
Zoisova 12  
1000 Ljubljana  
Slovenija  
[urednistvo.ar@fa.uni-lj.si](mailto:urednistvo.ar@fa.uni-lj.si)

*naročanje / subscription*  
cena številke je 17,60 EUR / price per issue 17,60 EUR  
za študente 10,60 EUR / student price 10,60 EUR

revija je vpisana v razvid medijev pri MK pod številko 50  
revija je indeksirana: Cobiss, ICONDA

za vsebino člankov odgovarjajo avtorji / authors are responsible for their articles

*revija sofinancirata / cofinanced*  
JAK, Javna agencija za knjigo RS  
Ministrstvo za šolstvo in šport RS

*tisk / printing*  
Tiskarna Pleško

© AR, Arhitektura raziskave, Architecture Research  
Ljubljana 2010

**UVAJANJE NAPREDNIH TEHNOLOGIJ ZA POVEČANJE VARNOSTI V ARHITEKTURI SODOBNIH STANOVANJSKIH STAVB 3, 2009**

IMPLEMENTATION OF ADVANCED TECHNOLOGIES FOR THE INCREASE OF SAFETY IN THE ARCHITECTURE OF MODERN RESIDENTIAL BUILDINGS 3, 2009

PROJEKT ARRS ŠT. L5-9402, št. pogodbe 1000-07-219402 (2007-2010)

**ključne besede**

varnost v arhitekturi, potresna in požarna varnost, potresna izolacija, nesimetrične konstrukcije

**key words***safety in architecture, seismic safety, fire safety, seismic isolation, asymmetric structures,***Uvod**

Poročilo sestoji iz skupnega dela, ki opisuje potek in dosežke dela na raziskovalnem projektu v 2009 in sedmih individualnih delov, ki opisujejo delo udeleženca posameznika v letu 2009. Individualna poročila vključujejo 1) Izraznost potresno odporne gradnje v arhitekturi (Tomaž Slak), 2) Omejitve kot vir kreativnega projektiranja (Tadeja Zupančič), 3) Potresna izolacija in arhitekturna dediščina (Simon Petrovčič) 4) Metoda N2 za potresno izolirane stavbe (David Koren) 5) Potresna analiza nesimetrične jeklene konstrukcije (Vojko Kilar) 6) Požarna varnost starejših večstanovanjskih zgradb (Domen Kušar in Vojko Kilar) 7) Potresna varnost starejših večstanovanjskih zgradb (Vojko Kilar in Domen Kušar).

**Doseženi cilji in rezultati raziskovalnega projekta**

V letu 2009 smo v okviru projekta nadaljevali z raziskavami možnosti uporabe potresne izolacije za povečanje varnosti stavb in vplivov njene uporabe na projektiranje stavb v arhitekturi. V terminologiji potresnega inženirstva je regularna ali pravilna zasnova tista, ki se ob potresni obremenitvi obnaša nadzorovano in predvidljivo. Kot neregularne se smatrajo vse konstrukcije z izrazito nesimetrijo v tlorisu ali po višini (npr. mehke etaže), pri katerih pride zaradi horizontalne obtežbe tudi do torzijskih zasukov. Neregularnost konstrukcije je lahko posledica najrazličnejših konkretnih zahtev projektne naloge, ki jih določajo arhitekturno-urbanistični dejavniki. Neregularno zasnovano konstrukcijo je računsko možno projektirati tako, da prenese računske obremenitve, vendar se bo v primeru močnega potresnega sunka najverjetneje močno poškodovala prav na mestih nezveznosti in tam, kjer je konstrukcija očitno neregularna. Možnosti za projektiranje in dokaz varnosti nesimetrične nosilne konstrukcije je več, v raziskavi pa smo se podrobneje posvetili uporabi potresne izolacije, ki se kaže kot ena obetavnih možnosti za blaženje neugodnih vplivov nesimetrije.

Raziskave so potrdile hipotezo, da lahko z ustreznim izolacijskim sistemom zmanjšamo negativne vplive torzije pri nesimetričnih konstrukcijah, ki smo jim pogosto priča pri sodobnih arhitekturnih zasnovah. Jedro raziskave je predstavljala parametrična nelinearna analiza računalniških modelov večnadstropnih stavb, ki v grobem odražajo glavne arhitekturne značilnosti danes grajenih stanovanjskih stavb. Pri tem so se različne stopnje (ne)regularnosti konstrukcije dosegle s parametričnim spreminjanjem torzijske togosti in ekscentričnosti

ob nespremenjeni horizontalni togosti objekta. Ugotovljeno je bilo, da je v primeru sovpadanja centra mas in centra izolacije ( $CI = CM$ ) torzija na nivoju tal najmanjša, kar pa ne velja tudi za zgornjo konstrukcijo, ki ima v tem primeru precej večje torzijske rotacije kot pri drugačnih razporeditvah izolatorjev. Rezultate raziskav sva z mladim raziskovalcem Davidom Korenom objavila v reviji *Engineering Structures* (2009) in v monografiji *Damage control and prevention (Complexity, design, society, vol. 18)*, ki bo izšla na Dunaju v začetku 2010.

V letu 2009 smo začeli tudi z raziskavo poenostavljenih metod za račun potresno izoliranih konstrukcij, ki temeljijo na analizi idealiziranih nadomestnih modelov pri monotono naraščajoči horizontalni obtežbi in predstavljajo zadovoljivo ravnotežje med zahtevano natančnostjo ter uporabnostjo za potrebe zasnove in analize tovrstnih konstrukcij. Ena takšnih metod je N2 metoda, ki pav svetu še ni bila uporabljena za potresno izolirane konstrukcije. V tem primeru je najpomembnejši parameter ciljni pomik na vrhu konstrukcije, ki ga lahko ocenimo na različne načine. Preizkušali smo različne obstoječe metode, ki so vgrajene tudi v predpise, izoblikovali pa smo tudi predlog novega postopka za določitev ciljnega pomika, ki bo posebej prilagojen za izolirane konstrukcije. Uporabnost poenostavljenih metod posega tudi na področje zasnove konstrukcij, saj omogočajo razmeroma enostavno analizo in določitev glavnih parametrov izolacije kot tudi oceno njene ekonomske upravičenosti. Dobljeni rezultati kažejo, da lahko s predstavljeno modificirano N2 metodo na relativno enostaven način določimo pomike potresno izoliranih konstrukcij in preverimo učinkovitost izbrane potresne izolacije oziroma ocenimo stopnjo morebitne poškodovanosti zgornje konstrukcije v primeru močnih potresov. Prvi rezultati so bili objavljeni na svetovni konferenci COMPDYN (2009) in v članku v reviji *Earthquake Eng. and Struct. Dyn.* (2009).

V okviru projekta je bila posebna pozornost namenjena tudi povečanju varnosti stavb arhitekturne dediščine z uporabo potresne izolacije iz elastomernih ležišč. Pri tem smo za objekte z različnimi razmerji med višino, širino in položajem mas na temeljnih tleh različne kvalitete ugotavljali, kakšne so lahko največje dovoljene vitkosti objekta oziroma kulturnega spomenika, ki ga lahko postavimo na izolatorje, da v njih zaradi delovanja horizontalne potresne obtežbe ne bo prišlo do natezних napetosti. Rezultati so bili objavljeni v zborniku recenziranega mednarodnega kongresa STREMAH (2009), v reviji *Urbani izziv* (2009) in sprejeti v objavo v revijo *Varstvo spomenikov* (2009).

Iz vidika požarne varnosti smo izdelali statistično analizo glavnih vzrokov za nastanek požarov v večstanovanjskih stavbah pri nas. Sedanj a varnostna zakonodaj a zadovolj ivo urej a gradbeno-arhitekturne ukrepe za evakuacijo in preprečevanje širjenje požara, vendar je bila večina večstanovanjskih zgradb zgrajena v preteklosti in ne ustrezajo sedanjim zahtevam in pričakovanjem. Kot najbolj problematične so se pokazale visoke zgradbe (nad P+8 nadstropij), predvsem zaradi evakuacije stanovalcev. Primerjava z razvitimi državami na tem področju kaže dosti velik zaostanek Slovenije zlasti na preventivnem področju ozaveščanja prebivalstva in uvajanja ukrepov za preprečevanje nastanka požara ter odkrivanja požara. Izkušnje iz tujine namreč kažejo, da se da prav v tem segmentu doseči dobre rezultate tudi z relativno majhnimi vložki. Izdelan je bil tudi pregled ukrepov za zmanjšanje možnosti in širitve požarov in njihova ekonomska upravičenost. Začeli smo tudi s posebno geografsko študijo, ki je temeljila na analizi rezultatov popisa stanovanj s strani Statističnega urada republike Slovenije v letu 2002 in daje zanimive podatke o "najverjetnejši" požarni ogroženosti posameznih regij v Sloveniji. Rezultati so bili objavljeni v reviji Urbani izziv (2009). Podroben pregled dosežkov dela na projektu je razviden iz priloženih prispevkov sodelavcev na projektu.

#### Ocena realizacije

Rezultati dela na projektu so bili objavljeni v več mednarodnih in domačih monografijah pa tudi v monografijah in na strokovnih zborovanjih. Ugotavljam, da je projekt v zaključni fazi in da je delo na projektu v celoti teklo po zastavljenem terminskem planu. Menim, da je opravljeno delo vsebinsko skladno s programom in opravičuje vlaganja agencije in sofinancerjev. Smo v fazi izdelave zaključnih poročil in desiminacije rezultatov.

#### Ocena realizacije

Rezultati dela na projektu so bili objavljeni v več mednarodnih in domačih monografijah pa tudi v monografijah in na strokovnih zborovanjih. Ugotavljam, da je projekt v zaključni fazi in da je delo na projektu v celoti teklo po zastavljenem terminskem planu. Menim, da je opravljeno delo vsebinsko skladno s programom in opravičuje vlaganja agencije in sofinancerjev. Smo v fazi izdelave zaključnih poročil in desiminacije rezultatov.

#### Rezultati

- V. Kilar, D. Koren, *Seismic behaviour of asymmetric base isolated structures with various distributions of isolators*. Engineering Structures, Vol. 31, Issue 4, 910-921, 2009.
- S. Petrovčič, D. Koren, V. Kilar, *Možnosti uporabe potresne izolacije iz elastomernih ležišč za varstvo kulturne dediščine*. Urbani izziv, letnik 20, št. 1, str. 96-104, 2009.
- D. Kušar, V. Kilar, *Statistična ocena protipožarne varnosti večstanovanjskih zgradb v Sloveniji*. Urbani izziv, letnik 20, št. 2, str. 45-57, 2009.
- V. Kilar, D. Kušar, *Ocena potresne ogroženosti večstanovanjskih zgradb v Sloveniji*. Acta geographica Slovenica, letnik 49, št. 1, str. 89-118, 2009.

V. Kilar, D. Koren, *Simplified inelastic seismic analysis of base-isolated structures using the N2 method*. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, accepted for publication.

T. Slak, *Značilnosti, vrednotenje in potenciali potresne arhitekture: doktorska disertacija*. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, Ljubljana, 2010.

E. Wallner, *Sinergijski koncept konstrukcije pasivne hiše = Synergy concept of the passive house construction*. AR, Arhit. razisk. 2009/1, str. 50-55, 2009.

#### Prispevki sodelavcev v okviru projekta

##### Tomaž Slak

#### IZRAZNOST POTRESNO ODPORNE GRADNJE V ARHITEKTURI

Potresno odporna gradnja je na področjih s potresi nujna, pri čemer se bi morala arhitektura dejavneje vključevati in izkoriščati principe potresno odporne gradnje kot oblikovalski izziv. Potres kot generator oblikovanja in zasnove arhitekture ni nov, je pa relativno redko uporabljen princip v arhitekturi. V raziskavi ugotavljamo, da izrazna moč t.i. "potresne arhitekture" in njeni potenciali segajo preko področja sodobne potresno odporne gradnje, standardov, regularnih skeletov ali skozi vpeljavo potresne tehnologije. Kljub temu je poznavanje omenjenih principov za oblikovanje arhitekture v kontekstu potresne odpornosti nujno potrebno. Obstaja veliko možnosti in tudi razlogov, da se seizmo-logična arhitektura izrazi skozi formo arhitekture. Od izrazite tektonske zasnove (piramidalne in čokate oblike stavb, ki sugerirajo veliko prečno togost), do soočenja potencialne potresne problematike (npr. "mehke etaže"), s konstrukcijskimi rešitvami, ki tako postanejo pomembni arhitekturni elementi. Pri tem lahko izpostavimo elemente konstrukcije, katerih togost je lahko bolj ali manj očitna, ali pa potresno odporne sisteme močnejše izrazimo skozi oblikovanje fasade. Za izražanje konstrukcijskih pravil potresno odporne gradnje v arhitekturi je potrebno široko znanje o potresnem inženirstvu, ustrezno sodelovanje arhitekta in konstrukterja ter v končni fazi, integracija arhitekture in konstrukterstva.

Naš namen je izkoristiti zanimanje za izraznost konstrukcije in njene oblike ter ustvariti 'koda' ki bi bila lahko berljiva vsakemu, ki ima občutek za horizontalne obremenitve (kako delujejo in kako se jim upiramo). Ta nova 'koda' je pravzaprav "nova tektonika" konstrukcij odpornih na horizontalne obremenitve, pri čemer gre za razvijanje občutka oz. za umetnost spajanja in konstruiranja. Z raziskovanjem učinkovitih sistemov za prenašanje horizontalnih obremenitev se ta občutek gotovo krepi, arhitektura pa ob ustrezni asistenci inženirskih strok lahko povečuje berljivost te tektonike in jo s tem vtiskuje v splošno kolektivno zavest.

Na podlagi analize principov potresno odporne gradnje in uporabe le-teh na konkretnih primerih arhitekturnih rešitev, ki so izrabila potresno odpornost kot osnovni oblikovalski princip,

se je izkazalo, da je arhitekturna izraznost potresno odpornih stavb ne dovolj izkoriščen arhitekturni potencial, argumentiran s tektoniko, (potresnim) inženirstvom in s kontekstom potresno aktivnega prostora.

### Ključne besede

arhitektura, tektonika, potresna arhitektura, potresna varnost, izraznost v arhitekturi



Slika 1: Možnosti arhitekturnega izraza potresno odporne gradnje razdeljena na tri osnovne pristope, ter njihove povezave ali kombinacije. Oznaka 'PA' nakazuje moč, izraznost oz. stopnjo t.i. "potresne arhitekture".

### Tadeja Zupančič OMEJITVE KOT VIR KREATIVNEGA PROJEKTIRANJA

Oprelitev potresne ogroženosti kot ustvarjalnega izziva arhitektom je znamenje preobrata v sodobnem razmišljanju h globalni kulturi usmerjene arhitekturne stroke. Spodbuja namreč k razmisleku o tem, kako lahko vsak na prvi pogled omejujoč dejavnik arhitekturnega projektiranja obravnavamo kot izhodišče kreativnosti. Bolj kot je omejitev občutena v procesu ustvarjanja, večji izziv kreativnosti lahko predstavlja. Ne 'popolna umetniška svoboda', temveč razrešitev močno izraženega ustvarjalnega konflikta vodi k izjemnim, družbeno odgovornim umetniškim stvaritvam. Raziskave so pokazale, da se projektanti le redko vprašajo, kako je možno omejitve, ki jih določa npr. zakonodaja, uporabiti kot kreativno izhodišče ustvarjalnega procesa. Kdor se v študijskih sanjarijah ali pa v kruti praksi odgovorno sooča s projektnimi omejitvami in s konkretnimi razmerami arhitekturnega prostora kot dragocene občutljive javne dobrine, je na dobri poti k spoštljivi rešitvi. Če se problema loti ustvarjalno, bo morda uspel vzpostaviti izvirno, a odgovorno povezavo arhitekturne preteklosti in prihodnosti. V tem kontekstu lahko kreativni odziv arhitekta projektanta na zakonske in druge omejitve spoznamo kot ustrezen in argumentiran odziv skozi kreativno transformacijo. Prav vse omejitve, ki jih projektant kot takšne občuti, ali pa le ena, izbrana, z upoštevanjem preostalih, lahko postane glavni motiv pri sodobni arhitekturni zasnovi. Razvoj projektantske senzibilnosti pa je seveda pri tem ključnega pomena.

Ugotovitev, da je kreativni odgovor projektanta na zakonske in druge omejitve lahko ključni ustvarjalni izziv pri projektiranju posebne, sodobne, a lokalno pogojene arhitekture identitete, je uporabna predvsem za praktično, samokritično in odgovorno eksperimentalno delo. Ponuja tudi priliko za razvoj arhitekturnih birojev kot raziskovalnih laboratorijev arhitekturno-oblikovalskega procesa.

### Ključne besede

projektiranje v arhitekturi, kreativnost, zakonodaja

### Simon Petrovčič

#### POTRESNA IZOLACIJA IN ARHITEKTURNA DEDIŠČINA

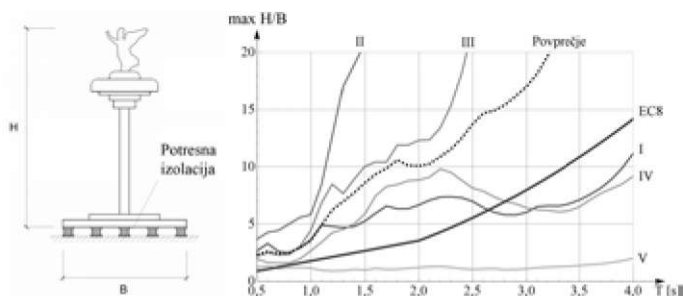
Raziskava proučuje možnosti uporabe potresne izolacije iz elastomernih ležišč za varstvo objektov arhitekturne dediščine. Prvi cilj raziskave je bil prikazati nekatere primeri uporabe tovrstne izolacije v svetu ter analizirati smernice za ohranjanje in upravljanje arhitekturne dediščine, ki jih podajajo nekatere listine in mednarodne resolucije o varovanju kulturnih spomenikov.

V splošnem morajo posegi v objekte arhitekturne dediščine, s katerimi lahko povečamo potresno varnost, v čim manjši meri vplivati na videz in funkcionalnost objekta. Drugi cilj raziskave pa je bila analiza posebnih zahtev, ki vplivajo na projektiranje sistema potresne izolacije. Podrobneje je bil analiziran vpliv vitkosti objekta na izbiro potresne izolacije, ki preprečuje nastop nateznih napetosti v ležiščih oziroma prevrnitev izoliranega objekta. Maksimalna vitkost objekta je bila določena kot razmerje med maksimalno višino proti širini objekta, ki ga je ob preprečitvi pogoja prevrnitve še mogoče postaviti na izolatorje in sicer na temeljnih tleh različne kvalitete in pri različnih intenzitetah vzbujanja tal. Določene so bile t.i. krivulje maksimalne vitkosti objekta, ki so bile izražene v odvisnosti od nihajnega časa potresno izoliranega sistema. Te krivulje so bile sprva določene na podlagi spektra pospeškov, ki ga podaja evropski predpis za projektiranje potresno odpornih konstrukcij (Evrokod 8), kasneje pa tudi na podlagi dinamičnih analiz, kjer so kot vhodni podatki bili uporabljeni akcelerogrami dejanskih potresov. Zapis potresov so bili ustrezno skalirani zaradi primerljivosti s krivuljami maksimalne vitkosti dobljenimi na podlagi spektra pospeškov.

Primerjave z dinamičnimi analizami kažejo, da so rezultati iz spektra pospeškov na varni strani, saj dovoljujejo nekoliko manjše vitkosti objektov. Na podlagi analiz maksimalnih vitkosti objektov smo predlagali enostaven postopek za izbiro nihajnega časa ležišč, ki je direktno uporaben tudi v praksi in sicer za oceno dimenzij ležišč in oceno učinkovitosti izolacije v posameznem primeru.

### Ključne besede

arhitekturna dediščina, potresna izolacija, elastomerna ležišča, potresna varnost



Slika 2: Shematski prikaz potresno izoliranega objekta arhitekturne dediščine in krivulje mejne vitkosti v odvisnosti od nihajnega časa, dobljene na podlagi spektra pospeškov po Evrokodu 8 (EC8) in nelinearnih dinamičnih analiz

(I - V).

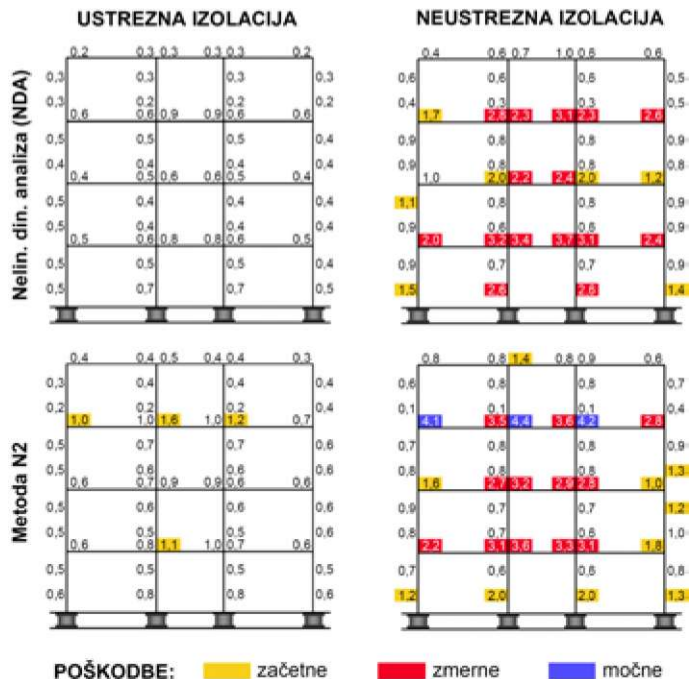
### David Koren METODA N2 ZA POTRESNO IZOLIRANE STAVBE

Metoda N2 je poenostavljena metoda za nelinearno analizo konstrukcij in se zaenkrat uporablja za račun potresno neizoliranih konstrukcij - tako simetričnih kot nesimetričnih. V naši raziskavi poskušamo njeno uporabnost razširiti na potresno izolirane (PI) stavbe.

V prvi fazi raziskave smo N2 metodo najprej aplicirali na simetrične konstrukcije. Z ekvivalentnim trilinearnim sistemom, ki vključuje mejo nastanka prvih poškodb in mejo porušitve zgornje konstrukcije, lahko preko spektra odziva grafično določimo največji pomik vrha konstrukcije in ugotovimo, če in do kolikšnih poškodb je dejansko prišlo. Metoda se je izkazala kot učinkovita in za vsakdanjo inženirsko prakso dovolj natančna, saj so se rezultati detajlnih nelinearnih dinamičnih analiz (NDA) zelo dobro ujemali z rezultati dobljenimi z metodo N2. Z njo lahko analiziramo PI konstrukcije tako v elastičnih stanjih (ustrezna izolacija), kot tudi izredne slučaje, ko so pospeški temeljnih tal večji od projektnih in povzročajo neželene poškodbe.

V drugi fazi raziskave pa uporabo metode razširjamo na nesimetrične konstrukcije, za katere je v splošnem značilno nepredvidljivo in neugodno obnašanje med potresi, saj pride do torzijskega odziva, ki se kaže v močnih obremenitvah na robovih stavb. Z ustrezno projektirano potresno izolacijo lahko sicer te neugodne vplive zmanjšamo, vendar pa dejstvo, da je potresna varnost nesimetričnih konstrukcij manjša od simetričnih, ostaja. Ker pri N2 metodi konstrukcijo statično postopoma obremenjujemo s horizontalnimi silami do ciljnega pomika v eni izbrani ravnini, je samo s tem težko zajeti 3D dinamično obnašanje konstrukcije. Zato si pomagamo z elastično dinamično analizo (modalna analiza s spektrom odziva) in z njenimi rezultati korigiramo rezultate statične analize ter se tako približamo dejanskemu odzivu. V parametrični študiji je bilo analizirano obnašanje PI nesimetričnih konstrukcij. Iz primerjave rezultatov NDA in rezultatov dobljenih s poenostavljeno N2 metodo sledi, da daje slednja za inženirsko prakso dovolj dobre ocene obnašanja dokler ekscentričnosti niso prevelike.

Z N2 metodo lahko analiziramo tudi PI konstrukcije, saj so dobljeni rezultati primerljivi z rezultati natančnih dinamičnih analiz tako za simetrične kot za nesimetrične sisteme,



Slika 3: Primerjava poškodb (dobljenih z NDA in N2) na najbolj obremenjenem robu nesimetrične konstrukcije v primeru ustrezno in neustrezno izbranih potresnih izolatorjev

kjer pa je uporabnost metode omejena z ekscentričnostjo. Z metodo je možno ugotavljati (ne)ustreznost izbrane potresne izolacije oz. oceniti stopnjo zaščite (poškodovanost) zgornje konstrukcije v primeru močnih potresov.

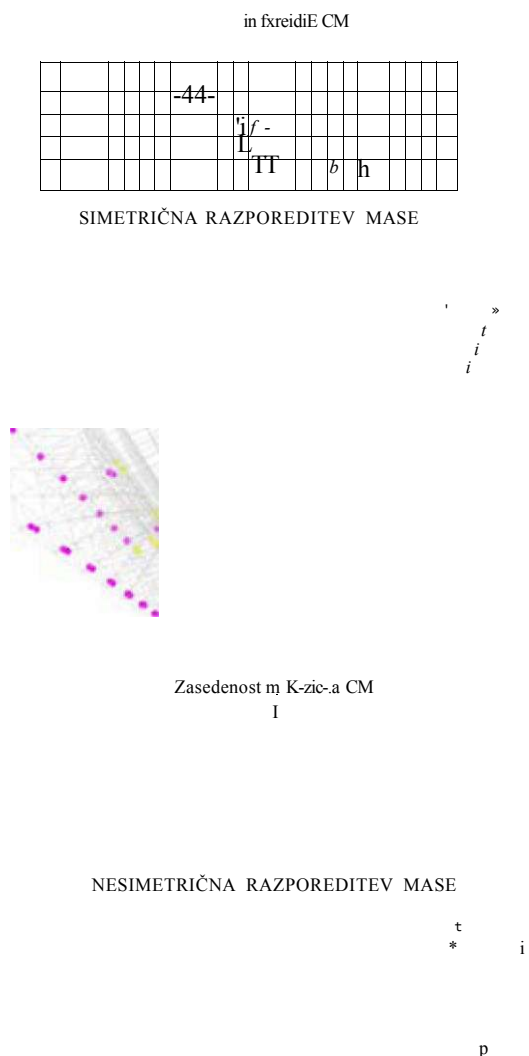
### Ključne besede

potresna izolacija, nesimetrične konstrukcije, torzija, poenostavljena nelinearna analiza, N2 metoda

### Vojko Kilar

#### POTRESNA ANALIZA NESIMETRIČNE JEKLENE KONSTRUKCIJE

Kot testni primer uporabe potresne izolacije za zmanjševanje torzijskih vplivov neregularnih konstrukcij smo analizirali obstoječo jekleno konstrukcijo visokoregalnega skladišča VRS 2 v Trebnjem, za katerega nam je sofinancer Trimo d.d. posredoval vse potrebne podatke. Gabaritne mere analiziranega regalnega bloka skupaj z obema stabilizacijskima blokoma so 52 x 13,2 x 25,6 m (B x W x H). Konstrukcijo smo analizirali pri projektnem pospešku tal (0,175g) in maksimalnem projektnem pospešku za Slovenijo na dobrih tleh (0,25g) pri različnih zasedenostih in različnih nesimetričnih razporeditvah palet. Upoštevana teža ene palete je znašala 48 kN. Konstrukcija je bila analizirana z uporabo nelinearne statične analize po metodi N2, pri čemer smo izbrane variante preverili tudi z nelinearno dinamično analizo in ugotovili zelo dobro ujemanje rezultatov. Pri nesimetričnih variantah je ekscentričnost mase skladiščenega blaga odvisna od zasedenosti regalnega bloka. Maksimalno ekscentričnost (izraženo kot % B) dobimo, če pri dani zasedenosti blago razporedimo skrajno levo oz. desno od središča tlora (najbolj neugodna razporeditev).



Slika 4: Simetrična in nesimetrična zasedenost ter pripadajoče poškodbe potresno neizolirane konstrukcije za  $ag = 0,175g$ .

Pokazalo se je, da je simetrično obremenjena konstrukcija pri projektnem pospešku sicer varna, ob najbolj neugodni nesimetrični razporeditvi palet po konstrukciji (t.j. pri 70% zasedenosti in 10% ekscentričnosti oz. pri 85% zasedenosti in 5% ekscentričnosti) pa lahko pride do resnejših poškodb, posebej pri projektnem pospešku  $0,25g$ . Šele pri zasedenosti skladišča 30% ali manj nesimetrično razporejene palete ne morejo povzročiti nobene škode med potresom.

Analizirali smo tudi potresno izolirane variante z elastomernimi ležišči, pri katerih je bilo obnašanje precej boljše, saj nesimetrija ob nobeni kombinaciji zasedenosti in ekscentričnosti ni

predstavljala posebne nevarnosti. Potresna izolacija se kaže kot učinkovita tudi za takšne konstrukcije, poleg tega je z njo zagotovljena tudi večja varnost skladiščenega blaga, saj nanj delujejo manjši pospeški. Dobljene zaključke lahko posplošimo tudi na podobne okvirne stavbe zavetrovane z diagonalami.

Ob nesimetrični razporeditvi palet v skladišču lahko med potresom pride do izrazitega torzijskega obnašanja in posledično nevarnih poškodb v stebrih na podajni strani konstrukcije. V primerih večje zasedenosti je zato potrebno paziti, da je tovor po konstrukciji porazdeljen dovolj simetrično. Alternativna rešitev je uporaba potresne izolacije.

### Ključne besede

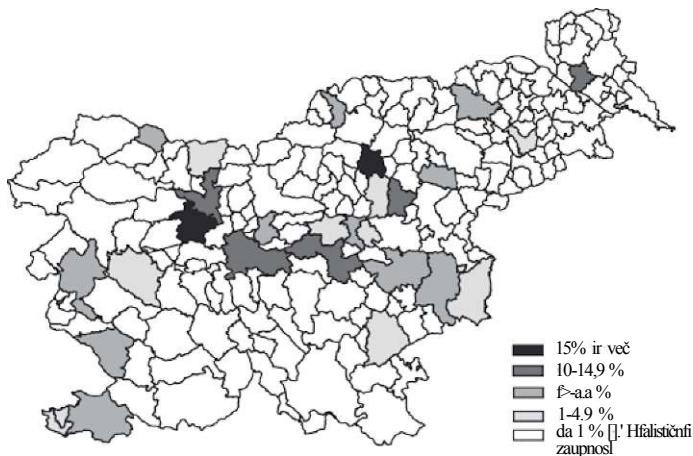
potresna analiza, visokoregalno skladišče, masna ekscentričnost, N2 metoda, potresna izolacija

### Domen Kušar in Vojko Kilar POŽARNA VARNOST STAREJŠIH VEČSTANOVANJSKIH ZGRADB

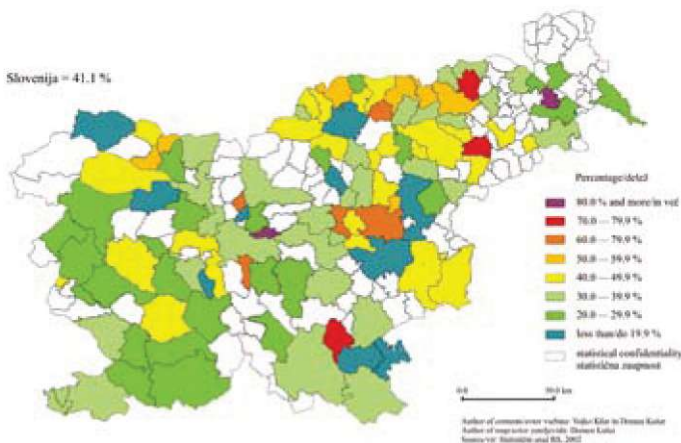
Sedanja varnostna zakonodaja zadovoljivo ureja gradbeno-arhitekturne ukrepe za evakuacijo in preprečevanje širjenja požara, vendar je bila večina večstanovanjskih zgradb zgrajena v preteklosti in ne ustrezajo sedanjim zahtevam in pričakovanjem. Kot najbolj problematične so se pokazale visoke zgradbe (nad P+8 nadstropij), predvsem zaradi evakuacije stanovalcev. Statistična analiza je pokazala, da je takih stavb v Sloveniji 1.171 ali 6,5% vseh večstanovanjskih zgradb.

Izboljšanje stanja bi bilo možno najhitreje doseči s preventivnimi ukrepi, ki bi po zgledu vodilnih držav na tem področju izboljšali požarno varnost stanovanjih. Sodobna tehnologija namreč ponuja več oblik zaznavanja požara, načina prenosa podatkov o požarih in gašenja. Najbolj preprosti, ceneni in učinkoviti so javljalniki dima. Požarno varnost je moč izboljšati tudi z vgradnjo avtomatskih gasilnih naprav. Njihova namestitve je v ZDA obvezna za vse večstanovanjske zgradbe, ki imajo 4 ali več etaž, in to že od leta 1992, sedaj pa delajo analize o ekonomski upravičenosti namestitve celo v enodružinskih hišah. V Sloveniji se torej pogreša ukrepe, ki bi prebivalstvo silili k ustreznemu ravnanju. Tovrstne ukrepe se najlažje izvede s pomočjo finančnih stimulacij in medijsko odmevnih akcij. Kot posebej problematični so se pokazali kletni prostori zaradi vnetljivih in nevarnih snovi, ki jih tam shranjujejo prebivalci. Tu je potreben jasen ukrep na ravni države, ki bi lastnike in uporabnike stanovanj podučil ter nato spodbudil k ustreznemu shranjevanju stvari in snovi. Čeprav določeni predpisi, ki urejajo tudi to področje že obstajajo (uporablja se jih predvsem v industriji in trgovini), bi bila smiselna njihova transformacija in prilagoditev v obliko kratkih navodil za uporabo nebivalnih kletnih prostorov v stanovanjskih zgradbah.

Primerjava z razvitimi državami na tem področju ukaže dosti velik zaostanek Slovenije zlasti na preventivnem področju ozaveščanja prebivalstva in uvajanja ukrepov za preprečevanje nastanka požara ter odkrivanja požara. Izkušnje iz tujine namreč kažejo, da se da prav v tem segmentu doseči dobre rezultate tudi z relativno majhnimi vložki.



Slika 5: Delež požarno bolj ogroženih večstanovanjskih zgradb po občinah.



Slika 6: Delež površine stanovanj v verjetno potresno nevarnih zgradbah glede na celotno površino večstanovanjskih zgradb po občinah.

### Ključne besede

požar, varnost, večstanovanjske zgradbe

### Vojko Kilar in Domen Kušar POTRESNA VARNOST STAREJŠIH VEČSTANOVANJSKIH ZGRADB

Rezultati raziskave potresne ogroženosti obstoječih večstanovanjskih zgradb v Sloveni potrjujejo zaskrbljenost, ki so jo izrazili tudi drugi strokovnjaki za potresno gradnjo, saj po naših analizah sodobnim zahtevam ustreza le nekaj manj kot polovica obstoječih večstanovanjskih stavb. Za razliko od drugih tovrstnih študij predstavljena raziskava temelji na statističnih podatkih iz popisa prebivalstva, gospodinjstev in stanovanj leta 2002. Rezultati po občinah so razkrili presenetljivo veliko potresno problematičnih objektov v severovzhodnem delu države, v pasu, ki se začne na Koroškem in se nadaljuje na obeh straneh Drave. Na srečo je to območje po sedanjih seizmičnih zemljevidih potresno manj ogroženo. Treba pa je izpostaviti skupino zgradb, ki so najbolj nevarne za bivanje. To so stavbe s petimi ali več etažami, ki so bile zgrajene pred letom 1981 in bi jih bilo treba najprej sanirati.

Teh stavb je v Sloveniji 1188. V njih je 23.721 stanovanj s skupno površino 1.263.921 m<sup>2</sup>. Vendar je treba še enkrat poudariti, da gre za zelo splošne ocene, temelječe na dostopnih statističnih podatkih, ki za natančnejšo oceno ne zadostujejo, omogočajo pa statistično oceno in prikaz grobe slike stanja ter obsega verjetno potrebnih potresnih sanacij. Bolj natančno sliko bi bilo mogoče dobiti z analizo vsake stavbe posebej, ki bi omogočala račun dejanske dodatne nosilnosti in s tem točno oceno dejanske ogroženosti, kar pa je zamudno in predvsem drago opravilo.

Rezultati pomenijo pomembno informacijo odgovornim na posameznih občinah pri načrtovanju prenove večstanovanjskih stavb in ukrepov v primeru potresov, saj je njihova aktivnost odvisna tudi od števila ogroženih stavb v občinah in števila ljudi, ki v njih bivajo. Po drugi strani lahko na osnovi kriterijev podanih v raziskavi vsak posameznik naredi splošno oceno potresne varnosti posamezne stavbe.

### Ključne besede

potres, varnost, večstanovanjske zgradbe



