

# OBNAŠANJE »POTRESNO VARNIH« OBJEKTOV – PRIČAKOVANJA IN REALNOST

## The Behaviour of Earthquake-resistant Structures – Expectations and Reality

Peter Fajfar\* UDK 699.841:624.04

### Povzetek

V potresnem inženirstvu velja načelo, po katerem se običajni objekti projektirajo tako, da ostanejo v glavnem nepoškodovani med pogostimi manjšimi potresi in da se ne porušijo med najmočnejšim potresom, ki bi objekt lahko prizadel. V nasprotju s tem velika večina nestrokovnjakov, tudi lastnikov in uporabnikov objektov, pričakuje, da morajo moderni potresnoodporni grajeni objekti tudi zelo močan potres prenesti brez poškodb. Namen tega prispevka je pojasniti, kaj pravzaprav pomeni pojem »potresno varen« oziroma »potresnoodporen« objekt in kakšno bo verjetno obnašanje takega objekta med potresi. V prihodnosti bodo morali projektanti bolj natančno predvideti obnašanje objektov med različnimi potresi, seznaniti lastnike s predvideno škodo in se skupaj z njimi dogovoriti za ustrezno zaščito. Lastniki se lahko odločijo za večjo zaščito od tiste, ki jo nudijo predpisi, kar pomeni nekoliko večja začetna vlaganja in bistveno zmanjšanje škode med morebitnim potresom. Podobno velja tudi pri ojačevanju že zgrajenih objektov.

### Abstract

The basic philosophy of earthquake-resistant design of structures is, in the event of earthquakes, to prevent human injury, to insure the continuity of vital services and to minimise damage to property. It is recognised that complete protection against all earthquakes is not economically feasible for most types of structures. An earthquake-resistant structure is expected not to collapse during a severe earthquake. However, it is not expected to be undamaged after such an event. Unfortunately, the public, including building owners and users, is not informed about these expectations and is usually astonished by the extent of damage.

The objective of the paper is to explain the term "earthquake-resistant" and to discuss the behaviour of an "earthquake-resistant structure" during earthquakes. First, an overview of related clauses in different codes and standards relevant for Slovenia is given. Then the established principles of earthquake-resistant design are summarised and illustrated by using examples from the 1979 Montenegro earthquake. An evaluation of the consequences of the 1998 Bovec earthquake is given in view of the expected behaviour. Trends in seismic design and strengthening of structures are discussed. Finally, an analogy with cars is presented. It is concluded that in future, designers should more reliably predict the structural response to different earthquakes and inform on owners estimated damage. A level of protection higher than the minimum required by codes may be agreed with owners in order to reduce damage.

## Uvod

S. Otani, profesor na Tokijski univerzi, je na mednarodni delavnici na Bledu 1997 (Fajfar in Krawinkler, 1997) poročal o razvoju potresnoodpornega (v zadnjem času smo namesto izraza »potresno varen« začeli uporabljati izraz »potresnoodporen«) projektiranja na Japonskem, na katerega zelo pomembno vpliva rušilni potres leta 1995 s katastrofalnimi posledicami v Kobeju. Med drugim je povedal, da na Japonskem obstaja velika razlika med tem, kakšne posledice na stavbah pričakujejo lastniki in splošno javno mnenje na eni strani, in tem, kar predvidevajo strokovnjaki. Velika večina nestrokovnjakov namreč pričakuje, da morajo moderne potresnoodporni grajene stavbe prenesti tudi zelo močan potres brez poškodb. Ni jim znano, da v potresnem inženirstvu že dolgo velja načelo, po katerem se običajni objekti projektirajo tako, da ostanejo v glavnem nepoškodovani med pogostimi manjšimi potresi in da se ne porušijo med najmočnejšim potresom, ki bi objekt lahko prizadel. Verjetnost, da se bo takšen potres v življenjski dobi objekta zgodil, je namreč zelo majhna. Tudi v takšnem, zelo malo verjetnem primeru pa je pomembno, da življenje ljudi ni ogroženo.

Bistvena razlika med predstavo o obnašanju »potresno varno« oziroma »potresnoodporno« grajenih objektov, ki jo imajo lastniki in uporabniki objektov na eni strani ter projektanti teh objektov na drugi, ni značilna samo za Japonsko, temveč po našem mnenju povsod, tudi pri nas. Namen tega prispevka je pojasniti, kaj pravzaprav predstavlja pojem »potresno varen« oziroma »potresnoodporen« objekt in kakšno bo verjetno obnašanje takega objekta med potresi.

## Pregled določil v nekaterih predpisih

V uvodu omenjeno načelo, ki se uporablja pri projektiranju konstrukcij na potresnih območjih, je v različnih oblikah vključeno v veliko večino predpisov. V tem poglavju bomo predstavili določila treh predpisov oziroma (pred)standardov, ki so pomembni za Slovenijo: sedanji predpis (ki izhaja iz nekdanje Jugoslavije), ISO standard in novi evropski predstandard Eurocode 8, ki je bil leta 1995 kot vzporedni predstandard uradno sprejet tudi v Sloveniji.

Še vedno veljavni predpis o gradnji objektov visoke gradnje na seizmičnih območjih (Pravilnik, 1981) določa v splošnih

\* prof. dr., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo, Jamova 2, Ljubljana  
Članek je nekoliko predelan avtorjev prispevek na pogovoru za okroglo mizo Potresno varna graditev in popotresna obnova objektov v Posočju, ki ga je organiziralo Ministrstvo za okolje in prostor 2. oktobra 1998 v Kranju.

določbah, da se »v skladu z določbami pravilnika objekti visoke gradnje na seizmičnih območjih projektirajo tako, da potresi največje jakosti lahko povzročijo poškodbe nosilnih konstrukcij, ne sme pa priti do rušenja omenjenih objektov.« Kot »potresi največje jakosti« se po tem predpisu upoštevajo potresi s povratno dobo 500 let. Omenjeno velja za objekte običajne pomembnosti, medtem ko so za pomembnejše objekte navedene posebne zahteve.

Po ISO standardu (ISO, 1988) naj potresnoodporno projektiranje v primeru potresa

- prepreči človeške žrtve
- zagotovi delovanje najpomembnejših služb
- zmanjša materialno škodo na najmanjšo možno mero.

Med močnimi potresi naj se konstrukcija ne poruši in ne povzroči človeških žrtev. Med zmernimi potresnimi gibanji tal, ki jih pričakujemo na lokaciji v obratovalni dobi objekta, naj ostanejo konstrukcijski elementi nepoškodovani, poškodbe nekonstrukcijskih elementov pa naj ostanejo v sprejemljivih mejah.

Nova verzija ISO standarda, ki je tik pred sprejetjem, ohranja v bistvu enake formulacije.

Eurocode 8 (CEN, 1994, USM, 1995) se uporablja za projektiranje in gradnjo stavb in inženirskih objektov na potresnih območjih. Njegov namen v primeru potresa je:

- zaščititi človeška življenja
- omejiti škodo
- zagotoviti, da ostanejo konstrukcije, pomembne za civilno zaščito, uporabne.

Eurocode 8 opozarja, da je zaradi slučajne narave potresnih pojavov in omejenih sredstev, ki so na voljo za preprečevanje njihovih posledic, možno te cilje doseči samo delno. Meriti jih je možno samo z verjetnostnimi izrazi.

Eurocode 8 tudi navaja, da je obseg (verjetnostne) zaščite, ki jo je možno nuditi posameznim kategorijam stavb, vprašanje optimalne razporeditve sredstev. Zato se pričakuje, da se bo obseg spreminjal v različnih državah, v odvisnosti od relativne pomembnosti potresne ogroženosti glede na ogroženost zaradi drugih izvorov in glede na globalno ekonomsko moč države. Eurocode 8 omogoča potrebno prilagodljivost z vrsto parametrov, katerih vrednost določijo odgovorni organi v posameznih državah.

Po Eurocodu morajo biti konstrukcije na potresnih območjih projektirane in zgrajene tako, da so izpolnjene naslednje zahteve, vsaka s primerno stopnjo zanesljivosti:

- Zahteva po neporušitvi

Konstrukcija mora biti projektirana in zgrajena tako, da prenese projektni potresni vpliv, ne da bi se porušil del ali celota. Po projektnem potresnem dogodku mora biti ohranjena celovitost konstrukcije in ustrezna (preostala) nosilnost. Projektni potresni vpliv je v splošnem izbran glede na izbrano povratno dobo. Ni potrebno, da se ujema z najmočnejšim dogodkom, ki se lahko zgodi na dani lokaciji. Predpostavljeno je, da se predvidena verjetnost (ne)porušitve doseže s primerno izbiro vrednosti povratne dobe.

- Zahteva po omejitvi poškodb

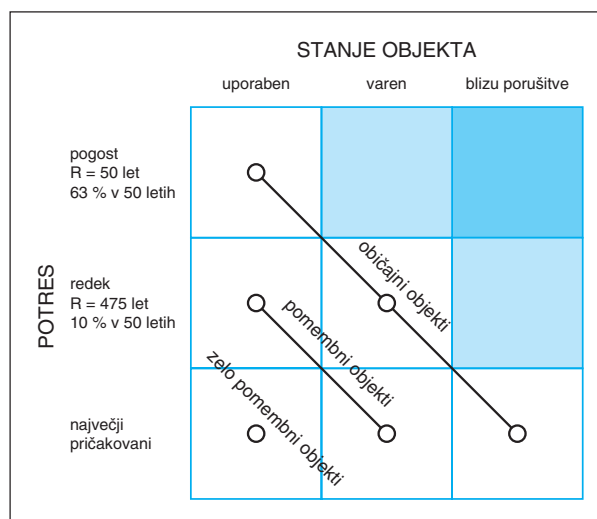
Konstrukcija mora biti projektirana in zgrajena tako, da preživi potresni vpliv, ki ima večjo verjetnost dogodka kot projektni potresni vpliv, ne da nastale take poškodbe in z njimi povezana omejitve uporabe, da bi bili stroški popravila v primerjavi s ceno konstrukcije nesorazmerno veliki.

Ciljne zanesljivosti za »zahtevo po neporušitvi« in za »zahtevo po omejitvi poškodb« določijo odgovorni organi v posameznih državah za različne tipe stavb in inženirskih objektov na podlagi posledic porušitve. Numerične vrednosti, ki so vključene v posamezne določila, povezana z varnostjo (v Eurocodu 8 podane samo kot indikacije), morajo biti skladne z izbranimi ciljnim zanesljivostmi.

meznih državah za različne tipe stavb in inženirskih objektov na podlagi posledic porušitve. Numerične vrednosti, ki so vključene v posamezne določila, povezana z varnostjo (v Eurocodu 8 podane samo kot indikacije), morajo biti skladne z izbranimi ciljnim zanesljivostmi.

## Predstavitev načel projektiranja na potresnih območjih

Osnovna načela projektiranja na potresnih območjih, ki so delno opisana v prejšnjih dveh poglavjih, predstavljamo v obliki matrike na sliki 1. V njej so v treh vrsticah razvrščeni potresi treh različnih jakosti, ki so definirani glede na verjetnost, da se bodo zgodili v obratovalni dobi objekta (predpostavljeno je, da znaša obratovalna doba 50 let). Stolpci se nanašajo na tri različna stanja objekta po potresu, medtem ko diagonale predstavljajo tipe objektov po njihovi pomembnosti. Matrika definira predvsem obnašanje objektov različne pomembnosti pri potresih različne jakosti. Pri tem je pomembno, da matrika predstavlja minimalne zahteve, ki jih običajno postavljajo predpisi. Investitor se vedno lahko odloči, da bo z nekaj večjimi stroški zagotovil objektu boljše zaščito.



Slika 1. Predvideno stanje različnih tipov objektov po potresih različne jakosti; označene so povratne dobe potresov in verjetnosti potresa

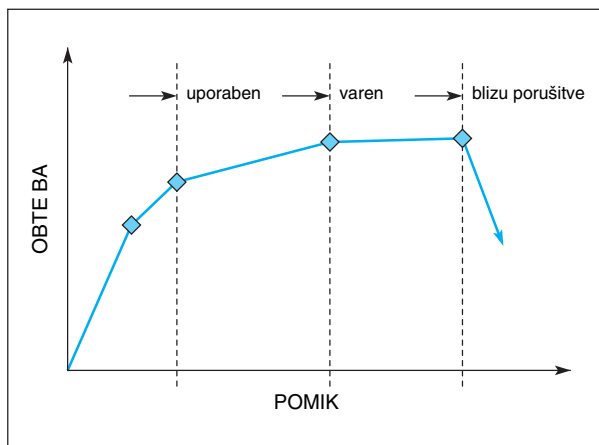
Figure 1. Structural performance levels for different earthquake levels; indicated are return periods of earthquakes and probabilities of occurrence

Kot vidimo na sliki, za objekte običajne pomembnosti pričakujemo, da bodo uporabni pri manjših potresih in varni pri močnejših. Kot močan potres je vzet potres s povratno dobo 475 (ali 500) let. Pri takšnem potresu se varnost običajno tudi računsko dokazuje. Obstaja zelo majhna verjetnost, da se bo v obratovalni dobi objekta zgodil še močnejši potres, zato mora imeti konstrukcija dovolj rezerve, da prenese tudi tak potres, vendar se tega praviloma ne dokazuje z računi. Pri objektih, ki so bistvenega pomena za obdobje neposredno po potresu (npr. bolnišnice, gasilski domovi, elektrarne) je pomembno, da so uporabni tudi po močnejših potresih. Večjo zaščito kot običajnim objektom zagotavljamo tudi tistim, katerih porušitev bi ogrozila veliko število ljudi (npr. šole, dvorane), in objektom s posebno dragoceno opremo (npr. pomembni muzeji). Najstrožje so zahteve za tiste objekte, ki predstavljajo potencialno nevarnost za okolico (npr. skladišča okolju škodljivih snovi, jezovi pri velikih akumulacijah, jedrske elektrarne). Takšni objekti morajo tudi

pri največjem pričakovanem potresu ostati uporabni. »Uporabnost« je pri tem treba razumeti v smislu zaščite okolice, ne pa v smislu možnosti nadaljnega obratovanja. Pri jedrskih elektrarnah se npr. kot največji pričakovani potres upošteva potres s povratno dobo 10000 let. Pri takem potresu se zahteva, da se elektrarna varno ustavi, ne zahteva pa se, da lahko po potresu spet začne obratovati.

Za potrebe projektiranja novih objektov in ocenjevanje potresne odpornosti že zgrajenih objektov je treba osnovna načela kvantificirati, kar pa ni preprosto. Ena od možnosti, ki je najbolj obetavna in ki se največ uporablja, je kontrola deformacij. Velikost deformacij namreč v veliki meri določa velikost poškodb. Na sliki 2 je predstavljen idealiziran odnos med obtežbo na objekt in deformacijo objekta, izraženo z vodoravnim pomikom na vrhu objekta. Dokler je obtežba majhna, je odnos med njo in pomikom linearen. V tem območju so vsi gradbeni objekti pri običajnih obtežbah. Potresi povzročajo izjemne obremenitve konstrukcij, ki so tako velike, da odnos med obtežbo in deformacijo ni več linearen. Nastanejo poškodbe in deformacije naraščajo hitreje kot obtežba. Na sliki 2 je označen pomik, ki predstavlja mejo za uporabnost objekta. Ta meja je postavljena nekoliko v nelinearno območje, saj je lahko večina objektov kljub manjšim poškodbam še vedno uporabna. Predstavitev meje uporabnosti na sliki 2 je tudi v skladu z zahtevami v Eurocode 8. Pri močnejšem potresu bodo deformacije bistveno večje, obtežba pa se ne bo bistveno povečala, saj je konstrukcija že dosegla svojo maksimalno nosilnost. Pomembno pa je, da je zgrajena tako, da lahko to nosilnost vzdržuje kljub večanju deformacij. Take konstrukcije imenujemo duktilne. Na sliki 2 je predstavljen mejni pomik, s katerim označimo »varno« stanje objekta. Pri takih deformacijah še ni nevarnosti za porušitev, poškodbe pa so lahko že zelo velike, mogoče celo tako velike, da je objekt ekonomsko uničen. To je stanje, ki ga po večini sedanjih predpisov pričakujemo po močnem potresu s povratno dobo 475 let. Pri objektih z obratovalno dobo 50 let je verjetnost, da se bo tak potres zgodil v obratovalni dobi objekta, samo desetodstotna. Ustrezno projektiran in zgrajen objekt mora imeti še rezerve v sposobnosti deformiranja, kot je predstavljeno na sliki 2. Rušenje se začne, ko začne sposobnost prenašanja obtežbe (nosilnost) pri majhnih povečanih deformacijah hitro padati.

Idealizirano predstavitev na sliki 2 bomo skušali ilustrirati s slikami, posnetimi po potresu v Črni gori leta 1979. Glede na seizmološke karte lahko ocenimo, da ta potres po jakosti približno ustreza potresu s povratno dobo 475 let. V skladu z načeli gradnje na potresnih območjih bi pričakovali, da



Slika 2. Idealiziran odnos med obtežbo in pomikom z označenimi različnimi stanji objekta  
Figure 2. Idealised force – displacement relationship. Indicated are different structural performance levels

bodo nastale poškodbe, ne pa tudi, da se bodo zgradbe porušile. V Črni gori so se številni objekti porušili, njihova potresna odpornost je bila očitno premajhna. Številni objekti so ostali nepoškodovani ali malo poškodovani, kar pomeni, da je bila njihova odpornost iz različnih vzrokov večja od tiste, zahtevane po predpisih. Veliko objektov pa se je obnašalo nekako v skladu s filozofijo predpisov – niso se porušili, vendar so bili precej poškodovani.

Na sliki 3 je stavba občine v Ulcinju z armiranobetonsko okvirno konstrukcijo po sanaciji. Na vseh stebrih v pritličju so vidne razpoke, ki so bile sanirane. V notranjosti je bilo precej poškodb, opečne predelne stene so bile večinoma popolnoma uničene. Celotna škoda je bila občutna, objekt je bil neposredno po potresu neuporaben, vendar varnost ni bila ogrožena in s precejšnjimi stroški ga je bilo možno sanirati. Objekt se je obnašal v skladu s pričakovanji strokovnjakov.



Slika 3. Konstrukcija stavbe občine v Ulcinju po sanaciji poškodb (foto: P. Fajfar)  
Figure 3. The structure of the Communal Assembly in Ulcinj after repair (photo: P. Fajfar)

Drug primer, zdravstveni dom v Ulcinju, je predstavljen na slikah 4 in 5. Tudi ta stavba je imela armiranobetonsko okvirno konstrukcijo. Zaradi napake v računih je bila konstrukcija preveč podajna, zato je bila notranjost povsem uničena (slika 4). Tudi osnovna konstrukcija je bila precej poškodovana (slika 5). Čeprav stabilnost (in s tem varnost) ni bila ogrožena, je bil z ekonomskega stališča objekt uničen in



Slika 4. Notranjost zdravstvenega doma v Ulcinju (foto: P. Fajfar)  
Figure 4. Interior of the Municipal Health Centre in Ulcinj (photo: P. Fajfar)

pozneje odstranjen. Formalno je objekt sicer izpolnil osnovno zahtevo predpisov (ni se porušil), vendar njegovo obnašanje ni bilo sprejemljivo ne za strokovnjake in seveda še manj za lastnike in uporabnike.



Slika 5. Poškodovana konstrukcija zdravstvenega doma v Ulcinju (foto: P. Fajfar)  
Figure 5. Damaged structure of the Municipal Health Centre in Ulcinj (photo: P. Fajfar)



Slika 6. Poškodbe naknadno zgrajene stene hotela v Petrovcu na moru (foto: P. Fajfar)  
Figure 6. Damaged wall of a hotel in Petrovac, built during repair and strengthening of the structure (photo: P. Fajfar)

Tretji primer predstavlja hotel v Petrovcu na moru (slika 6). Hotel je bil nekoliko poškodovan med manjšim potresom v črnogorskem primorju konec šestdesetih let. V nasprotju s številnimi drugimi objekti, ki so bili tudi poškodovani med tistim potresom in samo »kozmetično« popravljene, je bil ta hotel strokovno saniran in ojačen. Dodanih je bilo nekaj novih armiranobetonskih sten, ki so med močnim potresom leta 1979 prevzele največji del obremenitev in bile zelo poškodovane (slika 6). Varnost objekta je bila zagotovljena in projektant je bil zadovoljen, lastnik pa ne, saj je bil objekt ekonomsko uničen in ga je bilo treba podreti. Če bi bil objekt nov, bi njegovo obnašanje najbrž lahko ocenili za nesprejemljivo. Pri že zgrajenih objektih pa je večinoma težko naknadno zagotoviti potresno odpornost, povsem primerljivo s tisto, ki jo zahtevamo pri novih objektih. Iz tega razloga je bilo zadovoljstvo projektanta upravičeno, saj je s sanacijo dosegel osnovni namen – zagotovil je varnost.

## Ocena obnašanja objektov v Posočju

Najprej poskusimo oceniti jakost bovškega potresa leta 1998 v primerjavi s pričakovanimi potresi v Posočju. V preglednici 1 so povratne dobe in ustrezne intenzitete potresa po uradno veljavnih seizmoloških kartah, ki so sestavni del sedanjih predpisov. Intenziteta bovškega potresa je bila ocenjena na 7 do 8, kar nekako ustreza potresu s povratno dobo 200 let. Pri takem potresu je določena mera poškodb sprejemljiva, nedvomno pa niso sprejemljive tako velike poškodbe, da sanacija ni možna. Upoštevati je treba, da je pri zidanih stavbah, ki so bile poškodovane v Posočju, odnos med obtežbo in deformacijo drugačen od tistega na sliki 1. Zidane stavbe imajo le omejeno sposobnost duktilnega obnašanja (so precej krhke) in se porušijo pri bistveno manjših deformacijah kot stavbe s sodobno armiranobetonsko ali jekleno konstrukcijo. Pri zidanih stavbah je torej razlika med pomiki, ki na sliki 1 označujejo meje uporabnosti, varnosti in porušitve, bistveno manjša kot na sliki. Analiza posledic bovškega potresa kaže, da so se stavbe obnašale v glavnem v skladu s pričakovanji. Tisti objekti, ki so bili grajeni ali sanirani v skladu s predpisi, so bili nepoškodovani ali le rahlo poškodovani.

**Preglednica. Intenzitete potresov v Posočju za različne povratne dobe (po uradnih seizmoloških kartah iz leta 1987)**

**Table. Intensities of earthquake in Posočje in various return periods (according to official 1997 seismological maps)**

povratna doba return period	50 let	100 let	200 let	500 let	1000 let
intenziteta (MSK) intensity (MSK)	6 in 7	6 in 7	7 in 8	8 in 9	9

## Trendi pri projektiranju objektov na potresnih območjih in pri ojačevanju že zgrajenih objektov

Posledice zadnjih potresov v razvitih deželah z visoko ravno potresnega inženirstva (Kalifornija, Japonska) kažejo, da znamo graditi objekte, ki se ne porušijo tudi med zelo močnimi potresi. Za potrese v San Franciscu (Loma Prieta 1991), Los Angelesu (Northridge 1994) in Kobe-ju (1995) je značilno sorazmerno (glede na celotne posledice) majhno število človeških žrtev in ogromna materialna škoda. Praviloma so ljudje umrli zaradi rušenja starejših objektov, za katere je bilo znano, da niso dovolj potresno odporni. Po teh potresih so strokovnjaki po celem svetu ugotovili, da je pri

nadaljnem razvoju predpisov treba nameniti več pozornosti omejevanju škode. Razvit je bil koncept, ki se v angleščini imenuje »performance based design«, kar bi lahko prosto prevedli kot projektiranje kontroliranega obnašanja. Osnovna ideja je, da projektant čim bolj natančno predvidi obnašanje objektov pri potresih različne jakosti. V dogovoru z lastnikom se odloči za velikost sprejemljivih poškodb. Predpisi določajo minimalne ukrepe, ki so potrebni za zagotovitev varnosti, lastnik pa se lahko odloči za večjo potresno odpornost in s tem za zmanjšanje poškodb. Določen problem pri udejanjanju omenjenega pristopa trenutno predstavlja kvantifikacija poškodb, to je določitev povezave med merljivimi fizikalnimi količinami in škodo, izraženo v denarnih enotah.

Med močnimi potresi najbolj ogrožajo človeška življenja premalo odporni starejši objekti. Za ojačevanje teh objektov veljajo podobna načela kot za projektiranje novih objektov. Težave, ki se pojavljajo pri ojačevanju že zgrajenih objektov, niso tehnične, ampak finančne in organizacijske narave. Po svetu uporabljajo različne pristope, večinoma kombinacije »korenčka in palice«.

V nasprotju s potresi v Kaliforniji in na Japonskem so se med potresom v Turčiji septembra 1999 povsem porušili tudi številni novi objekti in pod seboj pokopali na tisoče ljudi. Pomembno sporočilo tega potresa je, da vrhunsko znanje raziskovalcev in posameznih inženirjev, ki se odraža v dobrih predpisih, še ne zagotavlja potresne odpornosti objektov. Če se predpisi ne upoštevajo pri vsakodnevnem projektiranju in/ali gradnji in če je nadzor neustrezen, so lahko posledice take, ki smo jih videli v Turčiji.

## Analogija z avtomobili

Med potresno varnostjo in varnostjo v prometu obstaja določena analogija. Avtomobil je, podobno kot gradbeni objekt, projektiran in izdelan tako, da zagotavlja nemoteno delovanje v normalnih okoliščinah. Trki so izjemni primeri, tako kot potresi pri gradbenih objektih. Pri manjših trkih pride lahko do manjših poškodb pločevine, kar pa ne preprečuje nadaljnje uporabe. Noben avto pa ni projektiran tako, da bi ostal uporaben v primeru hudih trkov, ki jih lahko primerjamo z močnim potresom. V takem primeru je pomembno v čim večji meri zaščititi človeška življenja. Posebni deli avtomobila so namenjeni temu, da se kinetična energija čim bolj učinkovito pretvori v druge oblike energije. Pri tem seveda nastanejo trajne poškodbe posameznih delov. Tudi pri potresu mora konstrukcija mehansko energijo pretvoriti v druge oblike in tudi v tem primeru se to dogaja s poškodbami materiala. V zadnjem času se razvijajo posebni konstrukcijski sistemi, ki naj bi na kontroliran način sipali energijo v gradbenih objektih. V nobenem primeru ni možno zagotoviti popolne zaščite, saj bi bili stroški preveliki. Stopnja tveganja, ki se nam zdi sprejemljiva, pa je pri vožnji z avtomobili in pri naravnih nesrečah, kot je npr. potres, različna. Vožnja

z avtom je namreč vsaj do neke mere prostovoljna dejavnost, poleg tega pa lahko voznik s svojim ravnanjem pomembno vpliva na to, da se verjetnost nezgode bistveno zmanjša. Pri potresu tega ni, zato je človek pripravljen sprejeti manjše tveganje in zahteva večjo stopnjo zaščite. Tako pri avtomobilih kot pri gradbenih objektih večja zaščita več stane, pri tem pa minimalne zahteve določajo predpisi.

## Sklep

V prispevku smo skušali pojasniti, da je pojem »potresno varen« zelo kompleksen in da ga ni možno preprosto definirati. Pomembno je, da ta pojem ne pomeni popolne varnosti, še manj pa odsotnosti poškodb na gradbenih objektih. Obratno, osnovno načelo gradnje običajnih objektov na potresnih območjih je, da pri močnih potresih na zgradbah lahko nastanejo poškodbe. Večina nestrokovnjakov, tudi lastnikov objektov, s tem ni seznanjena in je po močnih potresih zato neprijetno presenečena. V prihodnosti bodo morali projektanti bolj natančno predvideti obnašanje objektov med različnimi potresi, seznaniti lastnike s predvideno škodo in se v dogovoru z njimi dogovoriti za ustrezno zaščito. Ta mora biti seveda najmanj takšna, kot jo zahtevajo predpisi. Lastniki se lahko odločijo za nekoliko večja začetna vlaganja in s tem za bistveno zmanjšanje škode med morebitnim potresom. Podobno velja tudi pri ojačevanju že zgrajenih objektov. To se bo v praksi verjetno zgodilo samo takrat, ko po morebitnem močnem potresu ne bo nekritično solidarnostno povrnjena vsa nastala škoda ne glede na vzrok škode. Večjo vlogo kot doslej bodo morale prevzeti zavarovalnice, ki pa bi morale upoštevati različne ravni potresne ogroženosti objektov.

## Literatura

1. CEN (European Committee for Standardization), 1994. Eurocode 8 – Design provisions for earthquake resistance of structures – Part 1-1: General rules – Seismic actions and general requirements for structures, European Prestandard (ENV) 1988-1-1, Part 1-2: General rules – general rules for buildings, ENV 1988-1-2, Brussels.
2. Fajfar, P., Krawinkler, H., (urednika), 1997, Seismic design methodologies for the next generation of codes, Proceedings of the International Workshop, Bled, Balkema.
3. ISO, 1988. International standard ISO 3010: Bases for design of structures – Seismic actions on structures, International Organizations for Standardization.
4. Pravilnik, 1981. Pravilnik o tehničnih normativih zagraditev objektov visoke gradnje na seizmičnih območjih, Uradni list SFRJ, 31/1981, dopolnitve in spremembe 49/1982, 29/1983, 21/1988 in 52/1990.
5. USM, 1995. Slovenski predstandard SIST ENV 1988-1-1, Eurocode 8 – Projektiranje potresno odpornih konstrukcij – potresna obtežba in splošne zahteve za konstrukcije, SIST ENV 1988-1-2, Eurocode 8 – Projektiranje potresno odpornih konstrukcij – Splošna pravila – Splošna pravila za stavbe, MZT, Urad RS za standardizacijo in meroslovje.