

POTRES 7. SEPTEMBRA 1999 V ATENAH

The 7 September 1999 Earthquake in Athens

Renato Vidrih*, Matjaž Godec**

UDK 550.34(495)»1999«

Povzetek

Dobrih dvajset dni po katastrofalnem potresu v Turčiji je 7. septembra ob 11. uri in 56 minut po UTC nastal srednje močan potres v bližini Aten v Grčiji. Potres z magnitudo $M_w = 6,0$ in globino žarišča okoli 10 km je bil le nekoliko močnejši od potresa v Zgornjem Posočju ($M_w = 5,6$), pa vendar je zahteval 143 življenj in več kot 800 ranjenih. Največji učinki so ocenjeni z IX. stopnjo po evropski potresni lestvici (EMS). Kar 34 ljudi je umrlo v porušeni štirinadstropni zgradbi, zgrajeni na pobočju doline reke Helidonou. Popolnoma uničenih je bilo 13.000 hiš, več kot 100.000 ljudi je ostalo brez strehe and glavo. Horizontalni pospeški so dosegli 0,20 g, vertikalni pa 0,11 g. Gledano z ekonomskega vidika je bila to največja naravna nesreča v novejši zgodovini Grčije.

Abstract

Twenty-one days after the disastrous earthquake in Turkey, a medium-intensity earthquake occurred in the vicinity of Athens, Greece at 11.56 a.m. UTC on 7 September. This earthquake, with a magnitude of $M_w = 6.0$ and a focal depth of around 10 km was somewhat stronger than the one in the Posočje ($M_w = 5.6$) region, but nevertheless claimed 143 lives and injured more than 800 people. The largest effects are assessed at IX EMS. As many as 34 people died in a collapsed four-storey building on the slope of the Helidonou River valley. Thirteen thousand houses were completely destroyed and more than 100,000 people lost their homes. Horizontal acceleration achieved up to 0.20 g, and vertical acceleration 0.11 g. From the economic point of view, this was the largest natural disaster in the modern history of Greece.

Uvod

Učinki potresnega sunka so zajeli celotno območje Aten in nikjer niso bili manjši od VI. stopnje EMS, največji pa so dosegli IX. stopnjo po EMS. Največ poškodb je nastalo na večnadstropnih zgradbah, kjer je bilo tudi največ mrtvih. Potres ni povzročil večjih sekundarnih pojavov, požarov, kemičnih onesnaženj ipd. Na srečo zgodovinski objekti niso bili poškodovani, razen manjših zamikov pri nekaterih stebrih. Po izračunih grške državne mreže (NOA - National Observatory of Athens) sta bili koordinati epicentra 38,1 severne širine in 23,6 vzhodne dolžine na jugovzhodnih pobočjih gore Parnis, 20 km severoseverozahodno od Aten. Za to območje so značilni triasni in kredni apnenci, ki ležijo nad paleozojskimi in triasnimi skrilavci in peščenjaki, med katerimi so ponekod filiti in kremenovi konglomerati. Območje je zgrajeno iz narivov v smeri vzhod-zahod in sever-zahod. Pomembna sta še dva normalna neotektonska preloma, nagnjena proti jugozahodu, preloma Aspropyrgos in Fili. Prelom Aspropyrgos ločuje apnenca, iz katerih je ozemlje na severu, od mlajših usedlin, ki na jugu zapolnjujejo prostor, kjer so zgrajene Atene. Ob tem prelomu je še več manjših vzporednih struktur. Potresni sunek nikjer ni povzročil koseizmičnega premika. Omrežje 30 potresnih opazovalnic državnega omrežja je v času od 13. septembra do 28. oktobra zabeležilo 450 popotresnih sunkov. V prvih dvajsetih dnevih so popotresi nastajali v globini med 3,5 in 15,5 km vzdolž preloma Fili. Največji pospešek ob tem prelomu je bil 0,31 g (3).

Splošno o potresu

Potres je nastal na območju, kjer do sedaj ni bilo še nobenega podobnega potresa in sicer 20 km od centra mesta na območju Ano Liossia in Aharnes. Tu je dosegel največje učinke VIII. stopnje, lokalno celo IX. stopnje po EMS. Žarišče je bilo v jugovzhodnem delu gore Mt. Parnis, kar je bilo za seizmologe veliko presenečenje.

Čas nastanka: 7. september 1999 (11.56 po GMT)

Moč potresa: $M_w = 6,0$, $M_s = 5,8$

Žrtve: 143 mrtvih, 800 ranjenih in 100.000 brezdomcev

Prizadeto območje: severni del Aten; stopnje poškodovanih

vanosti so označevali z rdečo, rumeno in zeleno barvo; 13.000 objektov je bilo popolnoma porušeni, 62.000 delno z možnostjo obnovitve in 110.000 objektov s manjšimi poškodbami.

Pospeški: 0,20 g horizontalni in 0,11 g vertikalni

Materialna škoda: 3 milijarde USD, nezaposlenost takoj po potresu povečana za 30.000

Ceste: nobenih bistvenih učinkov; razpoke na enem mostu so bile ocenjene kot predhodne.

Voda: na prizadetem območju je ni bilo en dan.

Elektrika: na epicentralnem območju je ni bilo en dan.

Plin: na tem območju ni plinske napeljave.

Telefoni: tudi mobilna telefonija je zaradi preobremenjenosti razpadla 5 do 10-krat.

Popotresni sunki so se širili v smeri od zahodseverozahoda proti vzhodjugovzhodu in padali v smeri proti jugojugozahodu. Globina žarišča glavnega potresa je bila 16,8 km. Popotresi so bili plitvejši in so nastajali predvsem na vzhodni strani preloma.

To je bil prvi znani tako močan potres v neposredni bližini Aten. Pravzaprav njegova moč ni bila nič posebnega (po moči podoben potresu v Zgornjem Posočju, $M = 5,6$), velika škoda pa je nastala predvsem zaradi njegovega nastanka v neposredni bližini urbanega območja. V potresni zgodovini Grčije sta znana podobna srednje močna potresa, ki sta nastala 13. septembra 1986 na območju Kalamate in 15. junija 1995 na območju Aeghio. Oba sta imela magnitudo $M_s = 6,2$; prvi je zahteval 20 smrtnih žrtev, drugi pa 26. Podoben primer srednje močnega potresa, ki je zahteval veliko smrtnih žrtev, je bil potres 10. oktobra 1986 v San Salvadorju. Potres z magnitudo 5,4 je zahteval 1.500 življenj in 10.000 ranjenih.

Potresna zgodovina centralne Grčije

Od 5. stoletja pred našim štetjem pa do današnjih dni je bilo na tem območju več kot 80 izrazitejših potresov, samo mesto pa je bilo le redko prizadeto (1). Prvi znani potres je nastal leta 427 pred n. št. z žariščem, oddaljenim več kot

* mag., Ministrstvo za okolje in prostor, Uprava Republike Slovenije za geofiziko, Kersnikova 3, Ljubljana, renato.vidrih@gov.si

** Ministrstvo za okolje in prostor, Uprava Republike Slovenije za geofiziko, Kersnikova 3, Ljubljana, matjaz.godec@gov.si

90 km od Aten. Leto dni kasneje naj bi potres premaknil Partenon za 2,5 cm, vendar večina zadnjih raziskav kaže, da to ni res. Potres leto dni prej naj bi bil predpotres tega velikega potresa, katerega žarišče je nastalo med krajema Atalanti in Scarpheia 140 km od Aten. Plutarh opisuje potres leta 420 pred n. št., Dionizij pa še potres leta 32 n. št. Kasneje, med 2. in 18. stoletjem, ni nikakršnih poročil o potresih, ki bi prizadeli Atene. Poškodbe v mestu so večinoma nastale leta 1687, ko so bile Atene oblegane. V 18. stoletju sta bila dva znana potresa, leta 1705 z žariščem okoli 30 km od Aten in leta 1785 z žariščem 35 km od Aten. V 19. stoletju je bilo nekaj močnejših potresov, katerih žarišča so nastajala več deset kilometrov od Aten. Potresi v letih 1805, 1837, 1853, 1874, 1889 in 1894 so v Atenah povzročali predvsem paniko in manjše poškodbe. Ob nekaterih so nastale manjše poškodbe na kulturnih spomenikih, npr. odpadanje posameznih marmornatih plošč. Tudi potresi v 20. stoletju niso povzročili večje škode. Potresi v letih 1914, 1928, 1930, 1938, 1965 so v Atenah povzročili le paniko in poškodovali nekaj dotrajanih objektov. Zadnji močan potres je nastal leta 1981 v oddaljenosti 77 km od Aten. Imel je magnitudo $M = 6,7$. Najmočnejši popotres je imel magnitudo $M = 6,4$ in je nastal 60 km od Aten. Glavni potres je močno poškodoval okoli 500 starejših, slabo zidanih objektov, po nekaterih podatkih pa se je za nekaj centimetrov premaknil tudi severovzhodni del Partenona.

Poškodbe stanovanjskih objektov

Potres 7. septembra 1999 je poškodoval okoli 185.000 objektov, od tega je bilo 13.000 popolnoma porušenih oz. tako poškodovanih, da se jih ni dalo obnoviti. Večina stanovanjskih objektov na prizadetem območju so tri do petnadstropne armiranobetonske konstrukcije. Pritličje je običajno odprto za garažo. V tem delu Aten je mnogo črnih gradenj, pa tudi drugače so bili graditelji lastniki sami. Vprašljiva je tako raven projektiranja kot tudi nadzora nad gradnjo.

Precej poškodb je nastalo zaradi porušitve ene ali dveh etaž, v štirih primerih pa je prišlo do popolne porušitve ob-

jekta. Mnoge zgradbe so bile hudo poškodovane. V tem predelu je tudi precej tradicionalnih zgradb, zgrajenih iz na zraku sušene opeke. Te so večinoma utrpele hude poškodbe, nekaj se jih je tudi porušilo.

Glavni vzroki porušitev so bili:

- učinek kratkih stebrov,
- pomanjkanje stremenske armature,
- slab sistem za prevzem horizontalnih sil,
- skoki v togosti posameznih etaž.

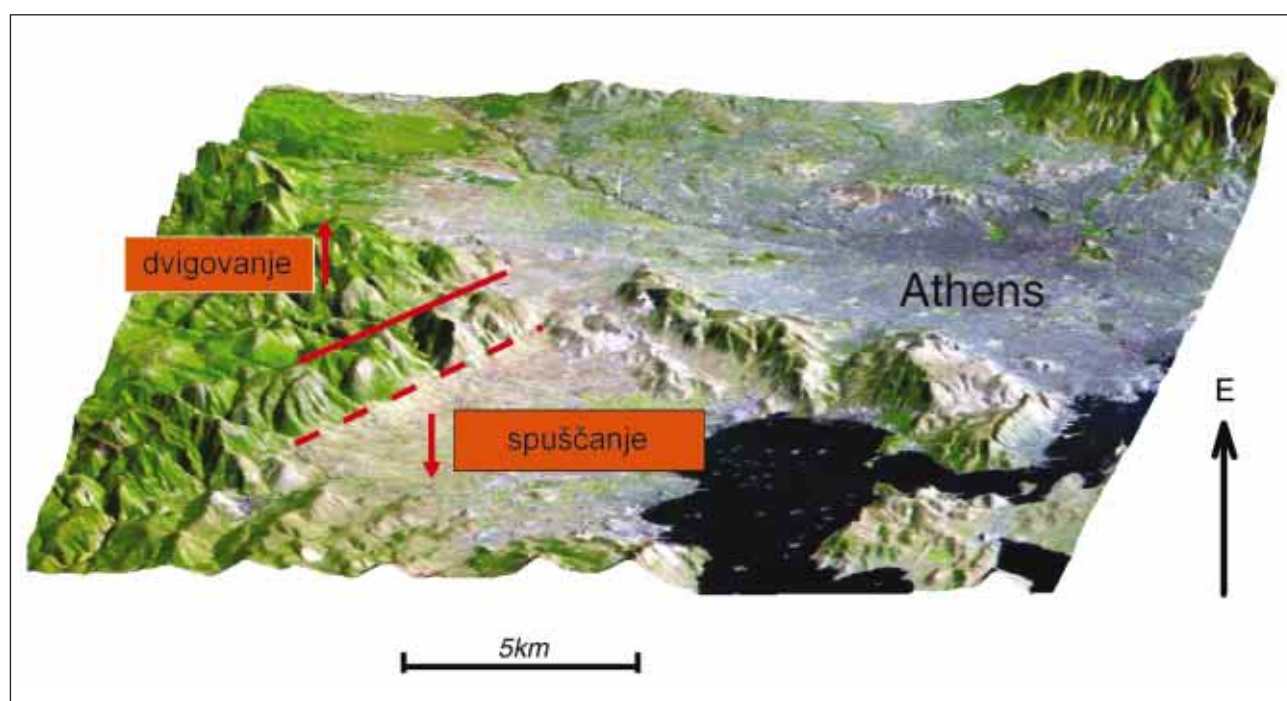
Popotresna ocena, opravljena do 14. septembra 1999, je pokazala, da je bilo od 59.000 pregledanih bivališč 11 % takšnih, ki jih je bilo treba odstraniti, 39 % je bilo takšnih, ki so zahtevala popravila pred vselitvijo, 50 % pa takšnih, ki so bila manj poškodovana in so lahko bila takoj vseljena.

Poškodbe industrijskih objektov

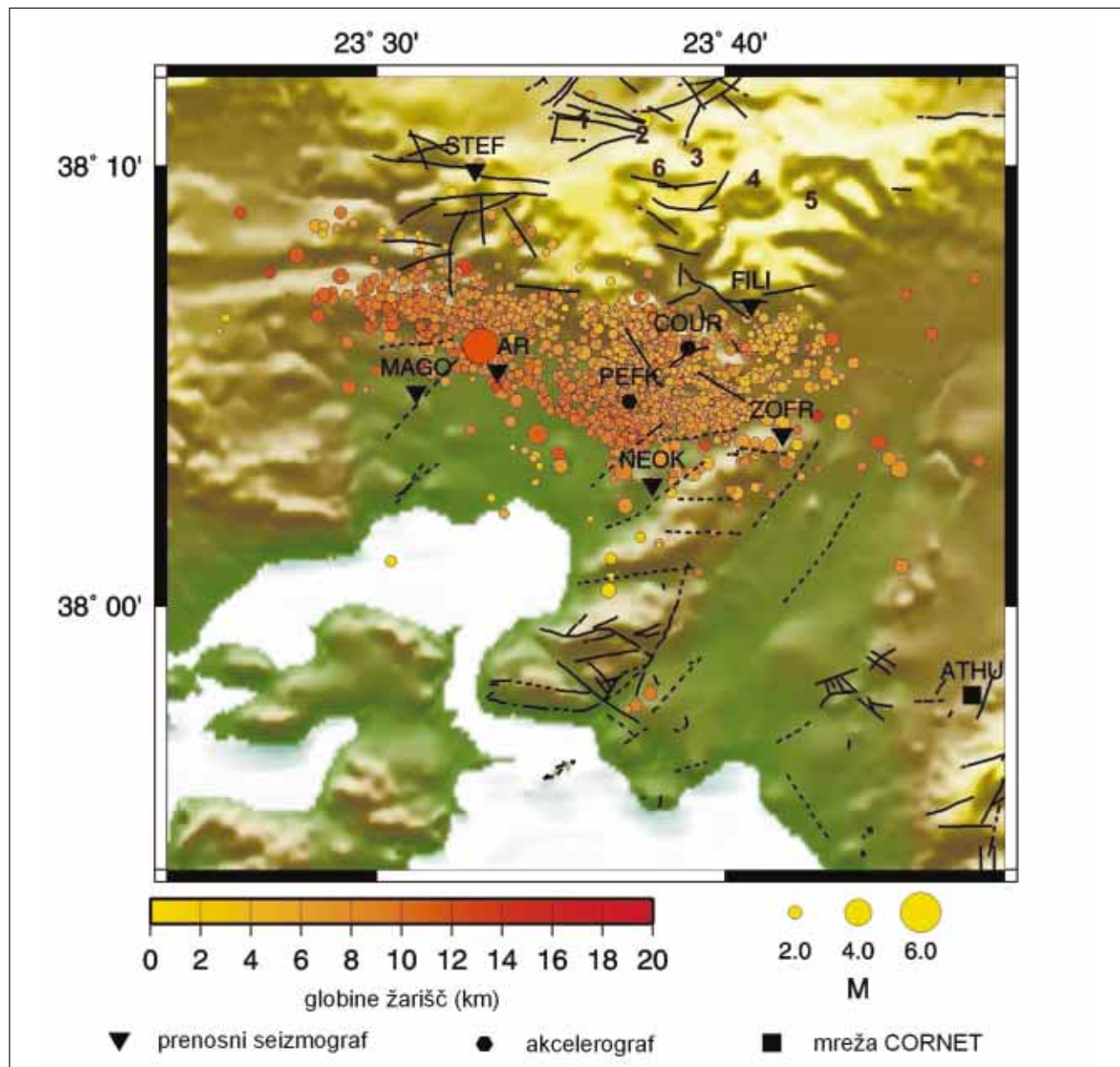
V tem delu je bilo mnogo industrijskih objektov. Za območje je značilna tradicionalna obdelava marmorja, prehrabena in tekstilna industrija ter industrija za predelavo plastičnih mas. Ti industrijski objekti so večinoma armiranobetonski, grajeni na licu mesta. Visoki so do pet nadstropij, največ pa je dvo- ali trinadstropnih. Nekaj je tudi jeklenih konstrukcij, vendar so to le pritlična skladišča.

Tri tovarne so bile popolnoma porušene in v njih je bilo tudi največ smrtnih žrtev. Poškodovanih je bilo tudi precej drugih industrijskih objektov, obseg poškodb pa je bil odvisen predvsem od obdobja izgradnje.

Novije tovarne (mlajše od 5 let) so potres prestale le z manjšimi poškodbami na nekonstruktivnih elementih. Starejši objekti so imeli običajne poškodbe armiranobetonskih stebrov kot posledico pomanjkljive stremenske armature. Pri teh objektih so tudi izpadale predelne stene, nekaj pa je bilo tudi primerov porušitve zaradi mehkih etaž (npr. hoteli, ki imajo v pritličju restavracije z mnogimi stebri in so brez sten).



Slika 1. Dvigovanje in spuščanje ozemlja na epicentralnem območju
Figure 1. Uplift and subsidence in the epicentral area



Slika 2. Potresne opazovalnice, epicenter glavnega potresa in popotresni sunki v prvih štirinajstih dneh (2047 dogodkov). Geotektonska karta bazena Thriassio je povzeta po geološki karti IGME.

Figure 2. Station locations, main shocks and spacial distribution in the first two weeks of aftershock activity (2047 events). The mapped geotectonic features of the Thriassio basin are taken from IGME geological maps.



Slika 3. Težke poškodbe objektov vzdolž ulice Dekelias Odos v Atenah
Figure 3. Heavily damaged building along Dekelias Odos Street (Athens)



Slika 4. V večjem delu tovarne »Faran« so bile težko poškodovane konstrukcije
Figure 4. Part of the »Faran« factory building collapsed and the remainder suffered serious structural damage

Tudi v malo poškodovanih objektih je prišlo do motenj v proizvodnji. Lahki in visoki stroji so bili običajno pritrjeni v tla, medtem ko težji stroji niso bili. Posledica tega je bila, da so se med potresom premikali in so bili neuporabni do ponovne namestitve, ki pa včasih, ko gre za povezavo z dobaviteljem opreme iz tujine, lahko traja tudi dlje časa.

Žerjavi in industrijska dvigala so potres dobro prestali. Mnogi žerjavi v industriji obdelave marmorja so bili popolnoma nepoškodovani.



Slika 5. V večjem delu tovarne »Fourlies« so bile težko poškodovane konstrukcije
Figure 5. Part of the »Fourlies« factory building collapsed and the remainder suffered serious structural damage

Poškodbe zgodovinskih spomenikov

Žarišče potresa je bilo le 18 km oddaljeno od zgodovinskega centra Aten, zato je bila velika sreča, da zgodovinski spomeniki niso utrpeli večjih poškodb. V bližnjem zgodovinsko-arheološkem delu Aten so manjše poškodbe opazili v nekaj muzejih. Kot zanimivost lahko navedemo, da je bilo v



Slika 8. Močno poškodovana tovarna »Ricomex«, kjer je bilo na enem mestu največ žrtev potresa (več kot 30)
Figure 8. The collapse of the »Ricomex« factory caused the highest death toll in a single place (more than 30)



Slika 6. Detajl porušene tovarne
Figure 6. Detail of collapsed factory



Slika 9. Podrta garaža v neposredni bližini tovarne »Ricomex«
Figure 9. Damaged garage near the »Ricomex« factory



Slika 7. Mnoge poškodbe objektov vzdolž ulice Dekelias v Atenah
Figure 7. Several damaged buildings along Dekelias Road (Athens)



Slika 10. Na cesti med krajema Aspropyrgos in Fili so na cesto zgrmeli številni kamninski podori
Figure 10. Rockfall on the road from Aspropyrgos to Fili

osrednjem arheološkem muzeju prevrnjenih in razbitih preko 230 antičnih skledic. Čeprav je bilo od leta 1970 narejenih mnogo študij o zavarovanju takšnih predmetov pred prevrnitvijo, žal nikoli nobena od metod ni bila uporabljena.

Predpisi o potresno varni gradnji

Sedanji predpis za potresno varno projektiranje armiranobetonskih konstrukcij iz leta 1993 je relativno nov in zagotavlja ustrezno potresno varnost. Predhodni predpis je bil iz leta 1978, pred tem pa še iz leta 1955. Predpisi pred letom 1993 niso posvečali pozornosti stremenski armaturi. To je pomenilo, da so bila stremena redka ter odprta, to pa je razgalil potres, saj je bilo veliko poškodb prav zaradi tega.

Sklepne misli

Potres 7. septembra 1999 z žariščem v bližini Aten je zanimiv dogodek, ker je kljub nizki magnitudi zahteval človeška življenja. Njegova moč je bila podobna moči potresa 12. aprila 1998 v Zgornjem Posočju. Žrtve so posledica žarišča, ki je nastalo v neposredni bližini urbanega okolja, in seveda slabe gradnje.

Povezanost s potresom v Turčiji, ki je nastal le dvanajst dni prej, je možna, čeprav malo verjetna. Potres v Turčiji je bil

izjemno močan (magnituda $M = 7,4$), zato je lahko v istem seizmogenem območju (na južnem obrobju turško-egejske plošče) povzročil nastanek šibkejšega potresa.

Literatura

1. Ambraseys, N., N., 1993. Material for the Investigation of the Seismicity of Central Greece. EC project »Review of Historical Seismicity in Europe« (RHISE), 1989-1993.
2. NEIC, 1999. Significant Earthquakes of the World. US Department of the Interior. Geological Survey, National Earthquake Information Center.
3. Papadopoulos, G., A., Drakatos, G., Papanastassiou, D., Kalogeras, I., Stavrakakis, G., 1999. Athens Earthquake. Preliminary results about the catastrophic earthquake of 7 september 1999 in Athens, Greece.

Opomba:

Avtorici fotografij poškodb sta Paola Albini (Istituto di Ricerca sul Rischio Sismico, Milano) in Vicky Kouskouna (Laboratory of Seismology, Univerza v Atenah).

Damage photo documentation by Paola Albini of the Istituto di Ricerca sul Rischio Sismico in Milan, and Vicky Kouskouna of the Laboratory of Seismology, University of Athens.