

JEDRSKE EKSPLOZIJE IN POTRESI

Nuclear Explosions and Earthquakes

Renato Vidrih* UDK 550.34:621.039.58:623.454.8

Povzetek

Nekaj več kot dve leti po znamenitih francoskih jedrskih poskusih, ki so močno razburili svetovno javnost, se je maja 1998 ponovno začelo – tokrat Indija in Pakistan. Indija je izvedla jedrski poskus 11. maja, temu pa sta sledila 28. in 30. maja še pakistanska. Čeprav so bile to manjše jedrske eksplozije, ki po moči niso primerljive s tistimi v prvih treh desetletjih po drugi svetovni vojni, pa tudi z nekaterimi poznejšimi ne, so vznemirile svetovno javnost. K temu pa je pripomogel še katastrofalen potres, ki je v istem času zatresel Afganistan.

Abstract

A little more than two years after the resounding French nuclear tests in the Atolls in French Polynesia, a new series of nuclear tests began. India conducted nuclear tests on 11 May 1998, followed by Pakistani tests on the 28 and 30 May. Although these were small-size explosions that cannot be compared to those in the first three decades after World War II, they shattered the world. Simultaneously, Afghanistan was struck by a disastrous earthquake.

Zgodovina jedrskih poskusov

Prvi jedrski poskus je bil narejen 16. julija 1945 v puščavi blizu mesta Alamogordo v ameriški zvezni državi Nova Mehika. Temu sta sledili najbolj grozljivi atmosferski jedrski eksploziji 5. in 9. avgusta 1945, ko so Američani odvrgli atomski bombi na Hirošimo in Nagasaki. Po drugi svetovni vojni so bili številni atmosferski in podzemni poskusi, največ so jih opravili Američani. Dogajanja v najbolj intenzivnem obdobju jedrskega testiranja v letih 1945 do 1975 so na sliki 1. Od skupno več kot tisoč poskusov so jih Američani naredili več kot 600. Sledile so jim takratna Sovjetska zveza z več kot 350 poskusi (od leta 1949 dalje), Francija s 64 poskusi (od leta 1960), Velika Britanija s 27 poskusi (po letu 1952), Kitajska z 21 poskusi (od leta 1964 dalje) in Indija z enim poskusom leta 1974. Seveda je bila po tem obdobju še vrsta poskusov (več kot tisoč), ki pa so bili po sproščeni energiji bistveno šibkejši (1). Nekaj različnih tipov jedrskih eksplozij je predstavljenih na sliki 2.

Najbolj znani poligoni so bili in so na žalost še danes v Nevadi in na Aleutih v Združenih državah Amerike, vzhodnem Kazahstanu in Novi Zemlji v nekdanji Sovjetski zvezi (danes Rusiji), na polinezijskih otokih Mururoa in Fangataufa ter v Sahari in Alžiriji za francoske poskuse, Kitajci pa so imeli poligone ob jezeru Lop Nor v Sinkiangu na zahodnem Kitajskem.

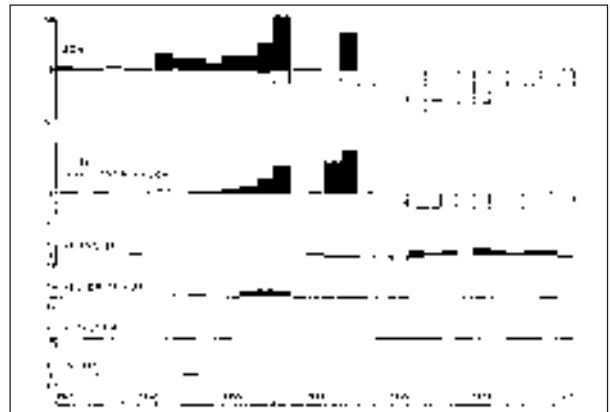
Moč jedrskih poskusov

Moč eksplozij je bila zelo različna, posebno po letu 1952, ko so Američani začeli s fuzijskimi atomskimi bombami (vodikova bomba). Vse do leta 1963 je bila večina eksplozij atmosferskih, šele po tem letu pa so prešli na »varnejše« podzemne poskuse. Le Francija in Kitajska sta nadaljevali atmosferske poskuse do leta 1975. Atmosferske eksplozije niso bile samo nevarnejše, ampak večinoma tudi močnejše od podzemnih. Če bi energijo najmočnejšega atmosferskega jedrskega poskusa, ki so ga 30. oktobra 1961 naredili na Novi Zemlji v takratni Sovjetski zvezi z močjo 58 megaton, spremenili v potresno, bi to ustrezalo potresu z magnitudo 8,4 (1). To je energija, ki jo sproščajo najmočnejši potresi, ki lahko nastanejo na našem planetu. V določenih letih skupno število vseh potresov, ki nastanejo na našem planetu, ne preseže te magnitude. Na srečo moramo upoštevati, da se pri jedrski eksploziji spremeni v potresno le manjši del celotne sproščene energije. Pri podzemnih eksplozijah je to približno 4×10^{-5} celotne energije, vse drugo pa je pritisk (udarni val), temperatura (toplotni val), sevanje (radioaktivnost) ipd (4).

Potresne magnitude predstavljamo v magnitudnih razredih, kjer se posamezni računi nekoliko razlikujejo. Pri enaki sproščeni energiji se potresne magnitude in magnitude podzemnih jedrskih eksplozij med seboj razlikujejo za približno 0,4 stopnje (jedske eksplozije imajo manjše vrednosti magnitud zaradi mehanizma nastanka in širjenja energije).

Seizmologija in jedrske eksplozije

Za seizmologijo so pomembnejše podzemne eksplozije. Najmočnejši poskusi v zgodovini so imeli nekaj megaton. Med najmočnejšimi je bila eksplozija 2. novembra 1974 na območju Nove Zemlje v nekdanji Sovjetski zvezi (slika 3). Imela je moč dve megatoni in magnitudo 6,7. Najmočnejša podzemna eksplozija pa je bila 6. novembra 1971 na Aleutih, kjer so Američani v globini 1760 metrov razstrelili 5 megaton razstreliva. Magnituda je bila 7,3. Za primerjavo: potres 20. junija 1990 v Iranu je imel magnitudo 7,0. Po moči nekoliko šibkejši potres od jedrske eksplozije je zahteval več kot 50 000 življenj. Seveda je ta primerjava le p nazoritev, za kako velike energije gre, saj sem že omenil, da se pri jedrskih eksplozijah v potresno energijo spremeni le manjši del celotne energije.

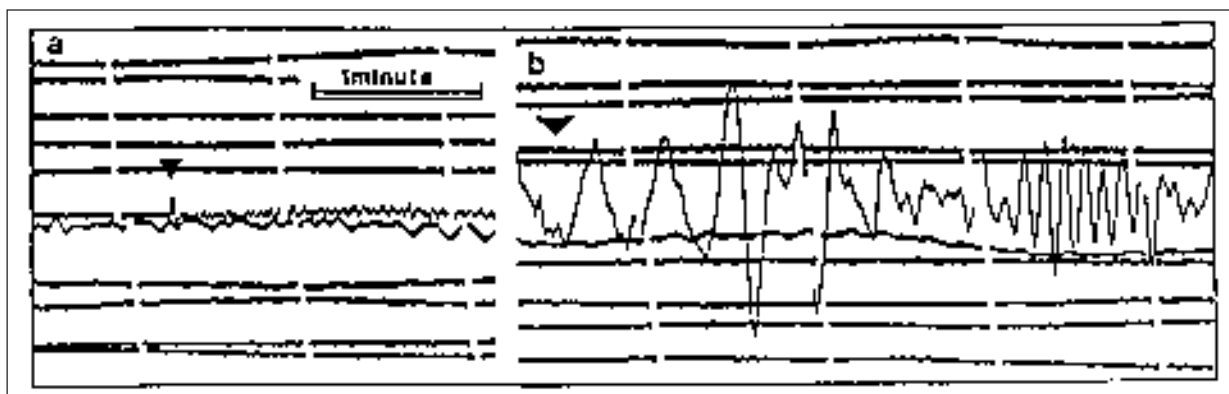


Slika 1. Število atmosferskih (črna polja) in podzemnih (pikčasta polja) jedrskih eksplozij, ki so jih v obdobju 1945 do 1975 izvedle Združene države Amerike, takratna Sovjetska zveza, Francija, Velika Britanija, Kitajska in Indija
Figure 1. Number of atmospheric and underground nuclear tests in the period from 1945 to 1975, conducted by the USA, former Soviet Union, France, Great Britain, China and India.

* mag., Ministrstvo za okolje in prostor, Uprava Republike Slovenije za geofiziko, Pot na Golovec 25, Ljubljana



Slika 2. Različni tipi jedrskih eksplozij
Figure 2. Different types of nuclear explosions.



Slika 3. Zapis ene močnejših jedrskih eksplozij v zgodovini 2. novembra 1974 ob 4. uri in 59 minut po svetovnem času na območju Nove Zemlje v takratni Sovjetski zvezi: slika (a) kaže vstop prvega vala, temu je čez 13 minut sledila skupina površinskih valov (b); eksplozijo so zapisali seizmografi na observatoriju na Golovcu ob 5. uri in 6 minut
Figure 3. Seismogram of one of the most powerful nuclear explosions ever, November, 2nd 1974, 04:59 UTC in Novaya Zemlja in the former Soviet Union.

V zadnjem času je bila najmočnejša jedrska eksplozija 15. maja 1995 v kitajski pokrajini Sinkiang (slika 4). Njena magnituda je bila 6,1. Skopski potres 26. julija 1963, na primer, je imel magnitudo 6,0, zahteval pa je več kot 1 100 življenj.

Jedrske eksplozije so povzročile razvoj seizmologije, saj je bil to edini način neposrednega nadzora eksplozij. V Ženevi pri Združenih narodih obstaja posebna komisija izvedencev – seizmologov, katerih glavna naloga je spremljanje jedrskih poskusov s seizmološkimi opazovanji. V tej komisiji sodeluje tudi Uprava RS za geofiziko (prej Seizmološki zavod Republike Slovenije).

Eksplozije pa niso vplivale le na pospešen razvoj seizmologije. Ljudje so namreč začeli verjeti v povezanost jedrskih eksplozij s potresi. Podzemne eksplozije lahko postopno sprožijo seizmičnost nekega območja. Nekatere jedrske eksplozije so povzročile nastanek potresnih sunkov, vendar je bila moč teh potresov manjša za najmanj dve stopnji po Richterjevi lestvici (primeri v Nevadi). Razlikovati pa moramo med poligoni, ki ležijo na območjih z naravno seizmičnostjo in območjih, ki so aseizmična. Ameriški poligoni v Nevadi so naravno seizmična območja, zato tam lahko pričakujemo pojavljanje naravnih potresov tudi kot posledico jedrskih poskusov. Poligoni v nekdanji Sovjetski zvezi pa ležijo na aseizmičnih območjih in zato tu ni pričakovati potresnih sunkov po razstreljevanjih. (op: Izraz aseizmično območje ni najbolj natančen, saj vemo, da popolnoma aseizmičnih območij ni.)

Jedrske eksplozije na naravno seizmičnost torej ne vplivajo, vsaj v večjem obsegu ne. Z veliko verjetnostjo domnevamo, da se lokalna seizmičnost lahko delno spremeni, vsekakor pa je napačno mnenje, da jedrske eksplozije vpli-



Slika 4. Zapis zadnje močne eksplozije 15. maja 1995 ob 4. uri in 5 minut po svetovnem času v pokrajini Sinkiang na Kitajskem: eksplozijo so zapisali seizmografi observatorija na Golovcu ob 4. uri in 15 minut
Figure 4. Seismogram of the last nuclear explosion, 15 May, 1995, 04:05 UTC in Sinkiang, China, recorded by the Geophysical Survey of Slovenia at 04:15 UTC.

vajo na svetovno seizmičnost.

Francoski jedrski poskusi (5. september 1995 – 27. januar 1996)

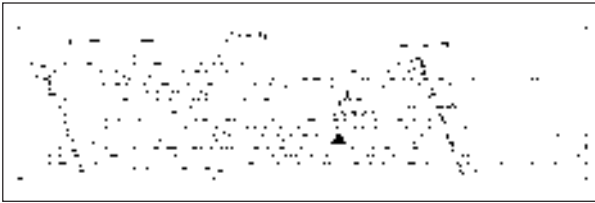
Obdobje 1945 do 1975 je bilo za nami in svet si je oddahnil od jedrskih poskusov, saj so leta 1976 Sovjetska zveza in Združene države Amerike podpisale sporazum o največji dovoljeni moči, ki naj bi znašala 150 kiloton. Eksplozije so bile odtlej redkejšje in šibkejšje, zato so francoski poskusi javnost zelo razburili. Zadnji ruski jedrski poskus je bil 24. oktobra 1990 ob 14. uri in 57 minut po svetovnem času (UTC) v Novi Zemlji. Njegova magnituda je bila 5,9. Američani so zadnji poskus izvedli v Nevadi 26. marca 1992 ob 16. uri in 30 minut UTC z magnitudo 5,6. Francoska serija pa se je začela 5. septembra 1995 ob 21. uri in 49 minut UTC (20 kiloton ali 20 000 kilogramov razstreliva TNT je doseglo moč med 4,0 in 4,5). Drugi poskus je bil 1. oktobra ob 23. uri in 49 minut UTC z močjo 120 kiloton. Magnituda je bila 5,5 do 6,0. Tretji poskus 27. oktobra ob 22. uri in 19 minut UTC je bil le nekoliko šibkejši s 110 kilotonami in magnitudo med 5,5 in 6,0. Četrta eksplozija je bila 21. novembra ob 21. uri in 49 minut UTC. Njena moč je bila okoli 40 kiloton, njena magnituda pa v razredu 4,5 do 5,0. Zadnja jedrska eksplozija leta 1995 je bila 27. decembra ob 21. uri in 49 minut UTC. 60 kiloton je povzročilo magnitudo 5,0 do 5,5. Zadnja eksplozija je bila 27. januarja 1996 ob 21. uri in 49 minut UTC (slika 5). Njena moč je bila okoli 120 kiloton, njena magnituda pa v razredu 5,6 do 6,0 (2, 3). Vseh šest eksplozij je bilo narejenih pod zemeljskim površjem v vrtinah globokih 800 metrov. Pri pripravi poligonov je sodelovalo več kot 10 000 ljudi, ki so porabili več kot 45 000 ton betona in 16 000 ton železa. Jedrsko razstrelivo je bilo na mreč zalito v betonski masi.

»Zadnji« kitajski poskus

Le nekaj mesecev pozneje, 29. julija 1996 ob 01. uri in 48 minut UTC, so izvedli svoj zadnji (?) jedrski poskus na Kitajskem v južnem Sinkiangu ob jezeru Lop Nor. Magnituda je bila 4,9 stopnje.

Indijski in pakistanski poskusi

Ko so tudi najbolj trmasti Kitajci svetu obljubili, da so to njihovi zadnji poskusi, pa je ponovno počilo. 11. maja 1998 ob 10. uri in 13 minut po svetovnem času je na indijsko-pakistanski meji (27,1N in 71,8E) odjeknila eksplozija z magni-



Slika 5. Seizmografi zapisujejo tudi šibkejšje jedrske eksplozije, zato tudi francoske niso mogle ostati skrivnost. Vse jedrske eksplozije na otoku Mururoa in zadnja na otoku Fagataufa so bile zapisane na seizmografih observatorija Uprave RS za geofiziko na Golovcu v Ljubljani. Na sliki je zadnja 27. januarja 1996 ob 21. uri in 49 minut po svetovnem času. Potresni valovi iz oddaljenosti 16 400 km so do observatorija potovali 19 minut in 40 sekund.

Figure 5. Seismometers record even the smallest nuclear explosions, which is why the French nuclear experiments could not remain secret. All nuclear explosions on the island of Mururoa and the last one on the island of Fagataufa were recorded by the Geophysical Survey of Slovenia in Ljubljana. The figure shows the last nuclear explosion in French Polynesia on January 27, 1996 at 21:49 UTC. Seismic waves travelled a distance of 16 400 km to the Ljubljana Observatory in 19 minutes and 40 seconds.

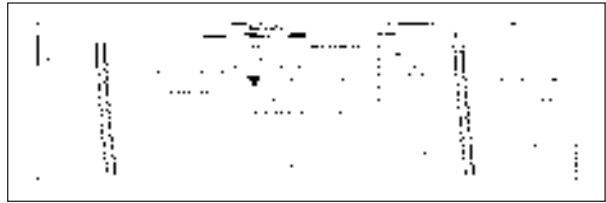
tudo 5,2 (slika 6). To je bil drugi indijski jedrski poskus v zgodovini (prvi je bil 18. maja 1974). Po nekaterih virih, naj bi Indijci 11. in 13. maja izvedli kar pet poskusov, vendar v virih, ki so na voljo ni podatkov o njih. Za to so tri razlage: ali je bilo pet zaporednih eksplozij, ki jih štejejo kot eno, ali so bile preostale štiri tako šibke, da jih svetovne potresne opazovalnice sploh niso registrirale, ali pa jih sploh ni bilo. Po nekaterih podatkih je v indijski pokrajini Pokaran nastala manjša gmotna škoda. 28. maja ob 10. uri in 16 minut je počilo v jugozahodnem Pakistanu (28,6N in 63,8E) z magnitudo 4,8. Dva dneva pozneje 30. maja, ob 06. uri 55 minut, je bila še ena eksplozija, z magnitudo 4,6.

Potres v Afganistanu

Dodatno ugibanje in sovraštvo do jedrskih poskusov je med ljudmi sprožil katastrofalen potres 30. maja 1998 ob 6. uri in 22 minut UTC na meji med Afganistanom in Tadžikistanom. Koordinati nadžarišča sta 37,1 N in 70,1 E. V potresu z magnitudo 6,9 je umrlo več kot 5 000 ljudi (podatki niso dokončni) v pokrajinah Badakšan in Takhar v Afganistanu, močno pa so ga čutili v celotnem Afganistanu. Paniko je povzročil tudi v pakistanskih mestih Islamabad, Pešavar in Ravalpindi ter v tadžikistanskem Dušanbeju.

Poznavanje seizmičnosti našega planeta dokazuje, da jedrske eksplozije s tem potresom niso imele ničesar skupnega. Potresna žarišča so na tem območju zelo pogosta. Ta predel pripada sredozemsko himalajskemu seizmičnemu pasu, ki se že na ozemlju Irana razširi na več kot 500 km in poteka dalje proti vzhodu. Na območju Pakistana, Afganistana, Indije, Tadžikistana, Kirgizistana se sredozemsko himalajski lok še razširi. Obsega območje od Tjan Šana na severu prek Pamirja, Hindukuša, Karakoruma do velikega nariva Himalaje nad Pandžabom in Gangeškim nižavjem. Številni in močni potresi so posledica tektonskih pritiskov različnih geotektonskih enot.

Potresno dejavnost tega območja je v zadnjem času potrdil potres 4. februarja 1998 ob 14. uri in 33 minut UTC na istem seizmičnem območju. Koordinati nadžarišča sta bili 37,1 N in 70,1 E, njegova magnituda pa je bila 6,1. Terjal je



Slika 6. Zapis jedrske eksplozije 11. maja 1998 ob 10. uri in 13 minut na indijsko-pakistanski meji na potresni opazovalnici Uprave RS za geofiziko v Bojancih v Beli krajini
Figure 6. Seismogram of nuclear explosion on 11 May 1998 at 10:13 UTC on the Indian-Pakistan border, recorded in Bojanci, Slovenia.

okoli 4 000 življenj (podatki niso dokončni). Njegova magnituda je bila 6,8, torej je bil po moči podoben potresu 30. maja (2, 3).

Uporabnost jedrskih poskusov

Za primerjavo velikosti sproščenih energij in razdiralnosti jedrskih poskusov omenimo primer jedrske eksplozije z močjo 3,1 kilotone, torej mnogo šibkejšje od zadnjih indijskih in pakistanskih poskusov. Poskus je potekal v opuščnem rudniku kamene soli v Novi Mehiki v Združenih državah Amerike leta 1961. Eksplozija je bila v globini 400 metrov. Ob njej je nastala votlina s premerom 40 metrov, raztopljenih je bilo 2 400 ton soli, še 15 000 ton materiala pa se je usulo s stropov. Leto pozneje so opravili še en poskus v globini 200 metrov z veliko večjo močjo – 100 kiloton. Nastal je 365 metrov velik krater z globino 100 metrov. To so bili prvi poskusi uporabe jedrskih eksplozij v miroljubne namene (za graditev predorov in podobno) (4).

Koristnost jedrskih poskusov kot umetnih potresov je v seizmologiji velika, saj jedrske eksplozije z velikimi magnitudami omogočajo študij notranjosti Zemlje. Seveda pa jih to ne opravičuje, zato upajmo, da jih bodo vse države prenehale opravljati (5).

Sklep

Podzemne jedrske eksplozije na svetovno seizmičnost ne vplivajo. Lahko se spremeni lokalna seizmičnost na območju jedrskih poskusov, ki je že naravno seizmično. Porušeno ravnotežje v zemeljskih plasteh neposredno na kraju eksplozije lahko dodatno sprosti potresno energijo in povzroči manj ali več poznejših, vendar šibkejših potresov.

Literatura

1. Dahlman, O., Israelson, H., 1977. Monitoring Underground Nuclear Explosions. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam-Oxford-New York, str. 440.
2. Preliminary Determination of Epicenters, Monthly Listing, January-May 1998. US Department of the Interior. Geological Survey, National Earthquake Information Center.
3. Preliminary Seismological Bulletin, No. 1–10. Geophysical Survey of Slovenia, Ljubljana 1998.
4. Ribarič, V., 1964. Zemlja se je stresla. Cankarjeva založba, Ljubljana, str.335.
5. Vidrih, R., Deterding, M., 1996. Kakšne so posledice francoskih jedrskih poskusov? Podatki kažejo, da jedrske eksplozije ne vplivajo na svetovno seizmičnost. DELO, priloga Znanost, 7. februar 1996.