

Kako imati koristi od potresa

Yasemin Leventeli

Sveučilište Akdeniz, Katedra za geol. inž., Antalya/Turska, izv. prof. Dr.,
leventeli@akdeniz.edu.tr

Ozgur Yilmazer

Atac Eng. & Cons. Ltd, A.T, Dr., yilmazer@atacmuhendislik.com.tr

Ilyas Yilmazer

Yilmazer Education and Eng. Ltd., Prof. Dr., ilyashocam@gmail.com

Sažetak: Potresi su prirodni događaji i prilično ih je lako i korisno pretvoriti u bogatstvo (nacionalno dobro), umjesto u katastrofu. Potresi uzrokuju katastrofu na zgradama/objektima temeljenim na zemljanim terenima. Ne postoji niti jedna studija slučaja potresa koji je izazvao katastrofu a da su objekti/zgrade temeljeni na/u kamenitom terenu koji nije pogodan za poljoprivredu. Međutim, gotovo svi kopneni potresi, osobito zone rasjeda s pomakom po pružanju i normalnih rasjeda, u konačnici stvaraju veći i deblji pokrov tla, koji se zagrijava (a) kinetičkom energijom koju proizvodi kretanje čestica i (b) višim geotermalnim gradijentom koji je svojstven aktivnim rasjednim zonama. Stoga bi ljudi trebali koristiti ravnice s plodnom zemljom za poljoprivredu, a okolna kamenita zemljišta za naseljavanje u skladu s preporukama majke prirode i državnih zakona te u skladu s maksimumom „Voli prirodu, nikad je ne izazivaj“.

Ključne riječi: potres, geotehnika, stijene, plodnost tla, poljoprivreda

How to Benefit from Earthquakes

Abstract: Earthquakes are natural events and it is quite easy and beneficial to convert them to wealth (national asset) rather than catastrophe. The earthquakes exert their catastrophe on the buildings/structures founded in soil grounds. There is not even a single case study of an earthquake that caused a catastrophe where structures/buildings are founded on/in a rocky ground that is not proper for agriculture. However, almost all inland earthquakes, particularly strike-slip and normal fault zones ultimately create larger and thicker soil mantle, which is heated by (a) kinetic energy created by particle movements and (b) higher geothermal gradient peculiar to active fault zones. So, people should use fertile soil plains for agriculture and surrounding rocky lands for settlement in accordance with the recommendations of Mother Nature and State Laws and in accordance with the maxim "Love the nature, never challenge it".

Key words: earthquake, geotechnics, rock, soil fertility, agriculture

Leventeli, Y., Yilmazer, O., Yilmazer, I.
Kako imati koristi od potresa

1. UVOD

Svake godine u svijetu potresi pogađaju oko 13 milijuna ljudi, poplave 1,8 milijardi, dok klizišta ugrožavaju 5 milijuna ljudi. Drugim riječima, gotovo četvrtina svjetske populacije je pod negativnim utjecajem prirodnih događaja [1]. Broj žrtava (poginulih i ozlijeđenih) premašuje 200 tisuća godišnje. Međutim, ti prirodni događaji bi se mogli pretvoriti u bogatstvo, umjesto u katastrofu. Predloženi pristup je prilično jednostavan i isplativ, osobito za nacionalna dobra [2,3].

Od sedamdesetih godina dvadesetog stoljeća tim autora nastoji prenijeti svima da kopneni potresi ubijaju isključivo i samo u zemljanim ravnicama koje pogoduju poljoprivredi, a ugrožavaju objekte. U mnogim zemljama takva tla su zaštićena zakonom.

Glavni razlog katastrofe u zemljanom tlu je (1) hipocentar svih potresa se nalazi u jačim stijenkama. (2) Seizmička energija slabi u jakim stijenkama vrlo velikom brzinom. (3) Seizmička energija od stijene do tla u trenutku je 1000 do 5000 puta veća od one koju zemljano tlo prenosi. (4) Višak energije pretvara se u pojačanje amplitude.

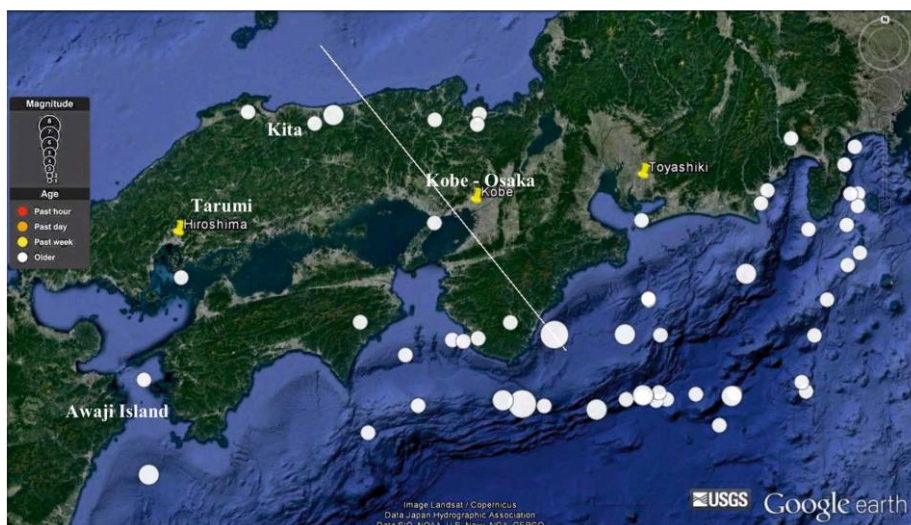
Autori ovu situaciju pokušavaju objasniti s dva primjera u nastavku.

2. POTRES U TARUMIJU

Potres u Tarumiju jedna je od vrlo poučnih studija slučaja. Pokazala je prednost kamenitog terena pred zemljanim s aspekta potresnih katastrofa. Broj žrtava u Tarumiju, koji se nalazi u blizini epicentra i smješten je na kamenitom tlu, je nula. Slično tome, broj žrtava u Kiti, Nishiju i Hanshinu, koji se nalaze na kamenitim terenima u blizini, također je nula. Međutim, broj žrtava u Kobeu, koji je oko 50 km udaljen od epicentra i smješten na ravničarskom tlu i umjetnim nasipima, je oko 41.000. Ovu situaciju pokušalo se prikazati na slikama 1 i 2.

"Ne ubija potres, nego zgrada." i slične neznanstvene tvrdnje sprječavaju da javnost shvati jednostavne i sažete činjenice o potresnoj katastrofi. Već oko pola stoljeća tim autora pokušava objasniti tisuću puta dokazanu istinu o potresnim stradanjima. Istina se potvrđuje pri svakom potresu magnitude (M_w)>5,5.

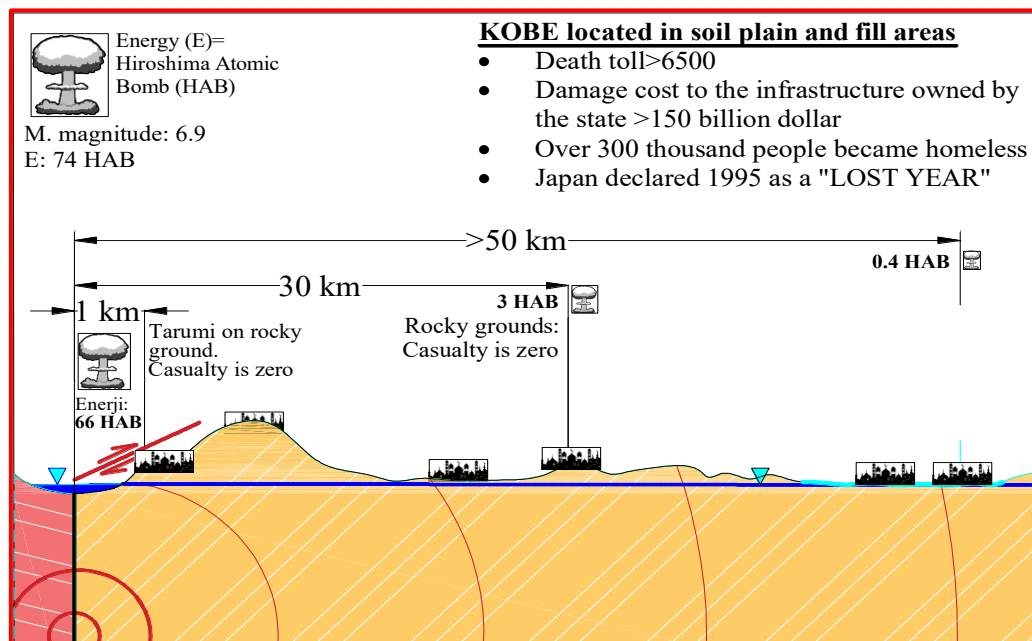
Slika 1. prikazuje epicentre (a) potresa u Tarumiju ($M=6,9$ i Džarišna=17,6 km, u UTC vremenu 1995-01-16 20:46:53) i ostalih koji imaju magnitudu veću od 5 stupnjeva u intervalu od 1900-2020)[4,5].



Slika 1. Epicentri potresa

Leventeli, Y., Yilmazer, O., Yilmazer, I.
Kako imati koristi od potresa

Potres u Tarumiju nije izazvao nikakvo stradanje u Tarumiju i drugim gradovima u blizini koji su temeljeni na stjenovitom tlu, dok je izazvao vrlo velika stradanja u Kobeu koji se nalazi na ravničarskom tlu i umjetnim nasipima (slika 2).



Slika 2. Posljedice potresa u Tarumiju

3. POTRES U MARASU/TURSKA I KARAKTERISTIKE ROMBOIDNIH GRABA FORMIRANIH DUŽ RASJEDA S POMAKOM PO PRUŽANJU

Nedavni potres (M_w : 7,7, Džarišna: 8,6 km, 6.02.2023, 04.17 sati) pogodio je Pazarcik/Maras/Turska. Epicentar se nalazi unutar nizine tla grada Cigdemtepe (Crocushill) čiji temelji leže na slaboj stijeni glinastog vapnenca Pazarcika [6]. Oslobođena energija u Cigdemtepeu je preko 1000 atomskih bombi Hirošime (HAB) na temelju formulacija [7,8,9]. Broj žrtava je nula.

Međutim, manje od jedne tisućinke od 1 HAB ($<1\text{HAB}/1000$) doseglo je ravnice tla Battalgazija i Harrana, udaljene od epicentra 160, odnosno 200 km, i uzrokovalo žestoku katastrofu. Unatoč tome, u tim dvjema i drugim zemljanim ravnicama dogodila se vrlo teška katastrofa. Žrtava uopće nije bilo na stjenovitim terenima čak ni u blizini pukotina rasjeda i vrlo blizu epicentra (slika 3. i slika 4.).

Dok je u Cigdemtepeu (Crocushill) u blizini epicentra potresa broj žrtava jednak nuli, u ravnici Harran, udaljenoj 200 km, on iznosi preko 2500. Prema [6] naglašava se da su objekti izloženi potresnom razaranju ako su izgrađeni u zemljanom tlu.

Leventeli, Y., Yilmazer, O., Yilmazer, I.
 Kako imati koristi od potresa



Slika 3. Posljedice potresa u ravnici Harran

Leventeli, Y., Yilmazer, O., Yilmazer, I.
Kako imati koristi od potresa



Crocushill primary and secondary school, in which a single crack did not form



KAHRAMANMARAS / PAZARCİK

ÇİĞDEMTEPE İLKOKULU

KAHRAMANMARAS / PAZARCİK

ÇİĞDEMTEPE ORTAOKULU



Slika 4. Troškovi štete iznose gotovo nula u Cigdemtepeu (Crocushill) koji se nalazi u blizini epicentra

Leventeli, Y., Yilmazer, O., Yilmazer, I.

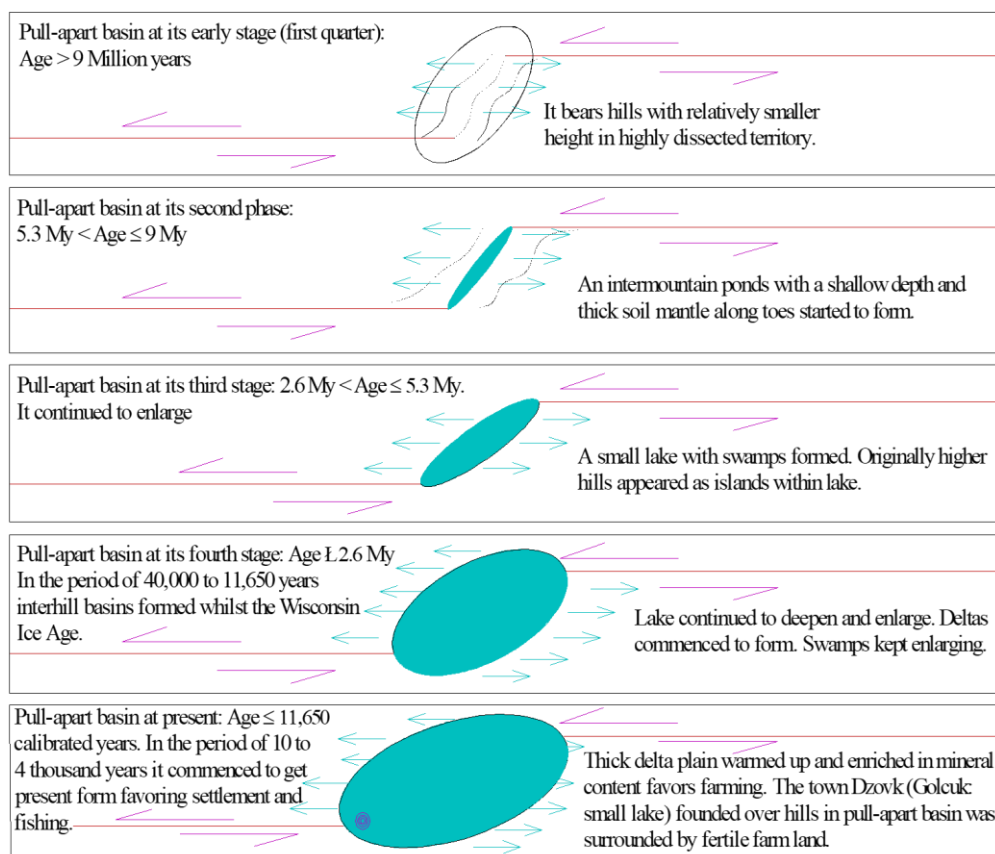
Kako imati koristi od potresa

Romboidna graba (bazen) je svojstvena rasjedima s pomakom po pružanju. Preko 90% takvih bazena ispunjeno je aluvijem (Qa) koji je mješavina brojnih organskih tvari i minerala nastalih u predmetnom slivu. To je najbolje tlo za poljoprivredu. Ostatak čine jezera (Slika 5) koja su neprocjenjivi sastavni dijelovi prirode.

Majka priroda stvorila je zemljano tlo za poljoprivredu i kameniti teren za naseljavanje. Izvan arktičke zone, niži dijelovi zemljanih ravnica bogati su CO₂, što je dobro za biljke, a viši predjeli kamenitih terena bogati su O₂, koji je povoljan za ljude.

Zbog veće molekularne težine (44 g) CO₂ od težine okolnog zraka (29 g), zemljane ravnice su prekrivene pokrivačem CO₂. Kroz ovaj pokrivač prolaze svjetlosni valovi kratke valne duljine (visoke frekvencije). Reflektirani val veće valne duljine ne bi mogao proći cijelom duljinom. Tako, okolni zrak postaje vruć i vlažniji. To je poželjno okruženje za biljke, ali negativno utječe na ljudsko zdravlje.

Slika 5. prikazuje nastajanje slatkovodnog jezera Hazar (površinskog prostiranja 6x20 km i dubine 213 m) pod mehanizmom razdvajanja koji djeluje duž rasjeda Mrtvog mora od Aqabe/Jordan na krajnjem jugu do Karliove/Turska na krajnjem sjeveru [5].



Slika 5. Nastajanje slatkovodnog jezera Hazar

4. RAZLOG VEĆE POTROŠNJE ENERGIJE U STIJENI

Dobro poznata jednostavna ispitna konfiguracija prikazana je u [6]. Ona pokazuje da se viskoznost povećava, valna duljina smanjuje (povećava se frekvencija) i energija vala brzo slabi. Stijena ima veća svojstva čvrstoće od zemljanog tla. Otuda, energija seizmičkih valova brzo slabi u stjenovitom mediju pa ne dolazi do oštećenja objekata. Kako se viskoznost (otpor protoku) povećava, amplituda i valna duljina se smanjuju, frekvencija se povećava, a energija

Leventeli, Y., Yilmazer, O., Yilmazer, I.

Kako imati koristi od potresa

vala brzo slabi. Energija seizmičkih valova slabi velikom brzinom u stijenama, dok u zemljanom tlu slabi sporije.

Ista pojava vrijedi i za slabljenje svjetlosne energije. Dok sunce izlazi i zalazi, sunce je na najudaljenijoj točki za promatrača. Horizontom dominira crvenilo. Stoga crvena svjetlost relativno veće valne duljine i niže frekvencije dopire do promatrača, dok se druge prigušuju ili nestaju (slika 6). Kako svi seizmički zapisi i relevantna literatura pokazuju, omjeri brzine i potrošnje energije su izravno proporcionalni s frekvencijom vala, dok je valna duljina obrnuto proporcionalna s frekvencijom.

Zvučni val valne duljine (λ , m) 2,5 širi se u morskoj vodi brzinom (v , m/s) 1600 i s frekvencijom od (f , Hz) 4000. Isti zvuk se širi u okolnom zraku brzinom od 343 m/s i s frekvencijom od 857,5 Hz. Odnos (R , -) gubitka kinetičke energije (E_k , kJ) u vodi (E_{kw}) i zraku (E_{ka}) se lako može pronaći uvrštavanjem $m_w=1000\text{g/lt}$, $m_a=29\text{g/22,4lt}$ i kvadrata odgovarajućih brzina u jednadžbu danu sa:

$$R = \frac{\left[\frac{1}{2}m_w v_w^2\right]}{\left[\frac{1}{2}m_a v_a^2\right]} = \frac{1000}{1,31} * \left[\left(\frac{1600^2}{343^2}\right)\right] = 763,36 * 2176 = 16.610 \quad (1)$$

Dakle, izgubljena energija po trenutku vremena je 16 610 puta veća u moru nego u zraku.

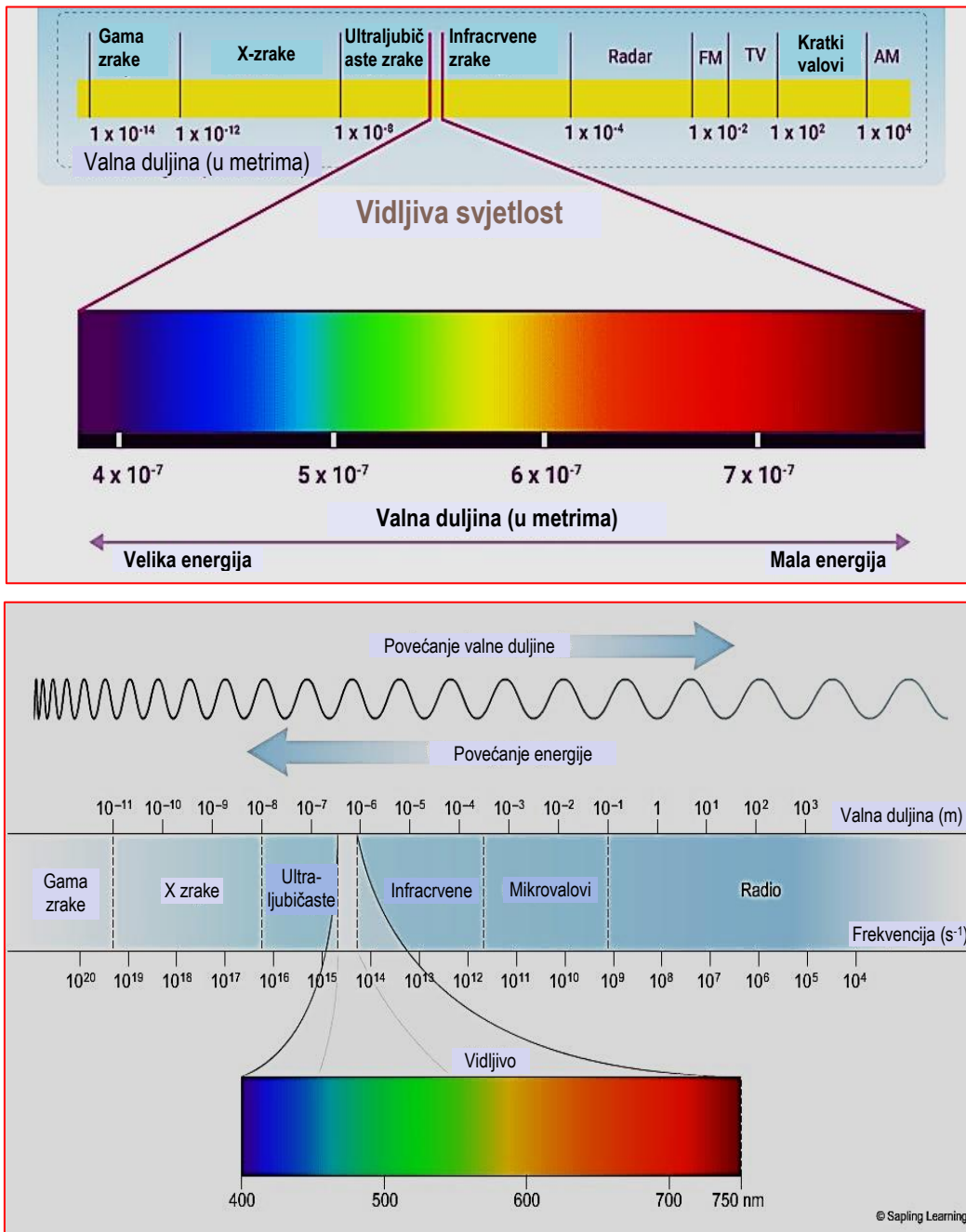
Jedinična masa stijene (γ_r , t/m³) ispod plašta tla počinje s 2,65 i raste s dubinom, i može doseći 4,6 u ultramafitnim stijenama. Praktički se može uzeti kao 3,2 pod uvjetom da je žarišna dubina (dubina do hipocentra) veća od 5 km. Seizmička brzina u stijeni (v_r , m/s) također raste s dubinom, kao i frekvencija. Prosječna v_r mogla bi biti 4000. Međutim, u tlu jedinična masa (γ_s) varira od 1,4 do 1,8 s dubinom, dok kod likvefakcije, ona se približava 1.2. Iz praktičnih razloga, može se uzeti da iznosi 1.6. Srednja vrijednost v_s za najviši plašt tla (koji je glavni interes u proučavanju katastrofa) može se uzeti kao 100.

$$R = \frac{\left[\frac{1}{2}m_r v_r^2\right]}{\left[\frac{1}{2}m_s v_s^2\right]} = \frac{3,2}{1,6} * \left[\left(\frac{4000^2}{100^2}\right)\right] = 2 * 1600 = 3200 \quad (2)$$

Dakle, energija izgubljena u trenutku vremena je 3200 puta veća u stijeni nego u tlu. To je glavni razlog zašto potres nije mogao ispoljiti svoje razorno djelovanje na naselja/objekte temeljene na stijeni. S nekoliko aspekata, kameniti teren s brežuljkastom topografijom pravo je mjesto za stambena područja, dok je ravnica dobra za poljoprivredu.

Načela valne duljine, frekvencije i stope potrošnje energije u pojedinom valu prikazane su na slici 6. U trenutku izlaska i zalaska sunca sunce je na najudaljenijoj točki za promatrača. Otuda, crveno svjetlo veće valne duljine (niže frekvencije) može doći do promatrača dok ostala slabe. To se može uočiti u trenutku izlaska i zalaska sunca. [10]

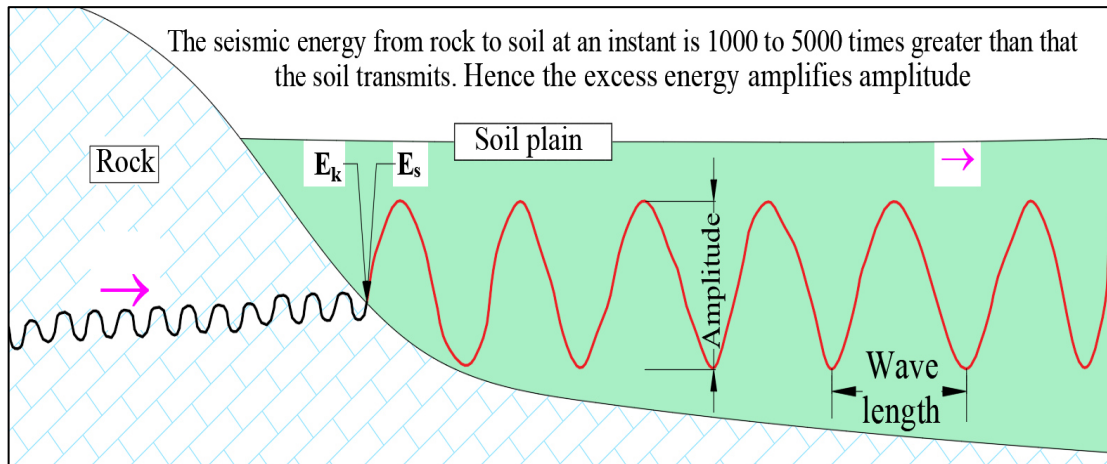
Leventeli, Y., Yilmazer, O., Yilmazer, I.
Kako imati koristi od potresa



Slika 6. Načela valne duljine, frekvencije i stope potrošnje energije u pojedinom valu

Leventeli, Y., Yilmazer, O., Yilmazer, I.
Kako imati koristi od potresa

U konačnici se može reći da je prijenos energije sa stijene na tlo u jednom trenutku "E", a u istom vremenskom rasponu zemljano tlo prenosi jedan od 3200 "E". Višak energije (3199 "E") pretvara se u amplitudno pojačanje u zemljanom tlu [10]. Zbog toga, uzrokuje katastrofe i stotinjak kilometara od epicentra (slika 7).



Slika 7. Seizmička energija brže slabi u jačim stijenama, energija koja se prenosi sa stijene na (zemljano) tlo u trenutku je " E_k ", tlo prenosi približno 0,1% E_k , dok preostala energija (višak energije) povećava amplitudu i, stoga, uzrokuje katastrofu.

5. RASPRAVA

Od sedamdesetih godina dvadesetog stoljeća, tim autora je promatrao i istraživao katastrofalne potrese, posebno u Anatoliji. U konačnici, autori su došli do sažetog i sveobuhvatnog zaključka da zgrade i ostali građevinski objekti čiji temelji leže na/u kamenitom terenu nisu značajno pogođene čak ni u blizini aktivnog rasjeda. Ovo vrijedi za svaku zemlju [5]. Glavni razlog za to je da zasićeni kameniti teren, u usporedbi sa zasićenim zemljanim tlom, ima; (a) nulti potencijal za likvefakciju, (b) milijun puta veći modul elastičnosti, (c) znatno veću čvrstoću, (d) krajnje mali potencijal za stvaranje rezonancije u slučaju dvokatne ($h \sim 6$ m) ili više zgrade, i (e) krajnje mali rizik od slojnog rasjeda [2].

Strateški sastojci koji održavaju uspon zemlje su zdrava hrana i piće. Rasjedni pojasevi stvaraju najplodnije zemljane ravnice. Na primjer, ravnice Menderes i Gediz (Turska), koje su postojbina kvalitetnih (endemskih) suhih smokava (Sarilop-Sarizeybek) i (endemskih) suhih grožđa (Sultani) formirali su Egejski rasjedni sustav graba i jedinica aluvija koja je nastala iz brojnih geoloških jedinica u slivu. Ravnice se još sliježu i aluvij se popunjava. Aluvij se obogaćuje elementima u tragovima i zagrijava odgovarajućim rasjedima. Također, potresi uzrokuju katastrofe u ovim plodnim ravnica. Osim toga, takva poljoprivredna zemljišta su zaštićena ustavom i pripadajućim zakonima, uredbama i propisima.

Imajte na umu da tvrdnja "Potresi uzrokuju katastrofu u naseljima temeljenim na zemljanoj ravnici, a ne na kamenitom terenu" vrijedi u cijelom svijetu. Štoviše, zemljane ravnice, posebno one nastale rasjedanjem i ispunjene aluvijalnim sedimentom, od vitalne su važnosti za poljoprivredu i sva plinovita teška zagađivala suspendirana su u vlazi koja prekriva zemljane ravnice (nizine) poput oblaka u obliku kupole i truju sve organizme koji udišu O_2 uključujući ljude.

Istraživači su mogli lako razumjeti predloženu suštinu potresa koja se sastoji od sljedećeg: (a) problem je tako jednostavan i lako ga je vizualizirati, (b) prilično je ostvarivo shvatiti i implementirati učinkovite prakse upravljanja, i (c) preporučeno rješenje je projekt s velikim dobitkom za spašavanje života i imovine i za dobivanje prostranih prvoklasnih poljoprivrednih

Leventeli, Y., Yilmazer, O., Yilmazer, I.

Kako imati koristi od potresa

polja koja pružaju strateške proizvode za jelo i piće. Najčešće pitanje koje se postavlja autorima je: "Zašto niste mogli svijetu reći te činjenice pola stoljeća, iako je prijedlog bio tako očit? Odgovor je trostruk.

1. Ponekad osoba vidi istinu. Pokušava objasniti dok joj se energija ne iscrpi. Zapravo, lako je razumjeti kada se govore činjenice. Ali oni koji su u prilici to vidjeti prije, odupiru se. Čine sve što mogu da to spriječe. Pribjegavaju čak i gruboj sili. Dugo kasnije tu stvarnost prihvaća mjerodavni medij. Međutim, život možda nije dovoljan za razdoblje koje bi trebalo očekivati.
2. Gotovo sve relevantne inženjerske discipline vrte se oko; (a) izgradnje zgrada otpornih na sile potresa i (b) predviđanje kada i gdje će potres udariti. Opiru se vidjeti istinu s kojom imaju iskustvo. Gotovo sve zemlje imaju predstavnike koji se infiltriraju u neke organizacije i institucije, osobito kako bi sakrili činjenicu o potresima. Njih financiraju oni koji se nadaju pomoći od gladi nevinih naroda. Ove organizacije i obavještajci, koji također drže sredstva komunikacije u svojim rukama, iznimno su moćni u obmanjivanju nevinih ljudi. Stoga ih je prilično teško spriječiti. Međutim, praktično pitanje bi trebalo biti "Gdje potres uzrokuje katastrofu?". Odgovor je jednostavno "debeo ($t > 20$ m) plašt zemlje s plitkom ($d < 20$ m) razinom podzemne vode".
3. Unatoč gore navedenim preprekama, tim autora uspio je spasiti više desetina milijuna nevinih ljudi i njihovu imovinu u zemlji i inozemstvu, osobito tijekom posljednja tri desetljeća. Ljudi bolje razumiju činjenice kada žive i vide stvarnost potresa. Stoga je najbolje i praktično rješenje osnovati novo naselje na kamenitom terenu prije nego što sljedeći potres udari u blizini.

Zaključno, oko jedne četvrtine svijeta je bilo izloženo katastrofama uzrokovanim potresima, poplavama i klizištima koji su prirodni događaji. Prilično je jednostavno, brzo i korisno takve prirodne događaje pretvoriti u bogatstvo, umjesto u katastrofu. Gotovo sve relevantne inženjerske discipline usmjerene su na; (a) izgradnju zgrada otpornih na sile potresa i (b) predviđanje kada i gdje će potres udariti. Naravno, takva istraživanja se moraju provoditi u akademskoj sredini. Međutim, to ne bi smjelo spriječiti odabir odgovarajućih kamenitih lokacija za gradnju, posebno u seizmički aktivnim područjima, i očuvanje plodnog tla za poljoprivredu. Žurno je potrebno spasiti ljude i njihovu imovinu od katastrofa izazvanih potresima, poplavama i klizištima.

Jako je preporučljivo da inženjeri prouče štetu na objektima i žrtve nakon svakog razornog potresa prije svega uzimajući u obzir jesu li objekti temeljeni u/na zemljanom tlu ili stijeni. Nedvojbeno će doći do istog zaključka da je kameniti teren mnogo bolji od zemljanog kako bi se katastrofa potresa svela na najmanju moguću mjeru ili izbjegla.

6. ZAKLJUČCI I PREPORUKE

Svaki potres magnitude veće od 5,5 pokazao je da se potresne (EQ) katastrofe događaju samo u zemljanom terenu. Debljina tla ($t > 20$ m), širina ravnice tla ($B > 200$ m) i uvjeti plitke ($d < 20$ m) podzemne vode značajno povećavaju rizik. Autori smatraju da je glavna prepreka odabiru pravih mjesta za sprječavanje potresne katastrofe zanemarivanje prednosti stjenovitog terena nad zemljanim po pitanju likvefakcije, povećanja amplitude, modula elastičnosti, čvrstoće na smicanje i drugih inženjerskih karakteristika pri odabiru odgovarajućeg zemljišta za naseljavanje (stjenoviti teren). Jednostavno, ali radikalno rješenje je (i) odabrati kameniti teren za naseljavanje, (ii) gradnja se izvodi u skladu s međunarodnim propisima, i (iii) plodno tlo se mora sačuvati za poljoprivredu.

Leventeli, Y., Yilmazer, O., Yilmazer, I.
Kako imati koristi od potresa

ZAHVALE

Autori i njihov tim su zahvalni donositeljima odluka koji slijede načela znanosti i umjetnosti. Moguće je okončati prirodne katastrofe uzrokovane potresima u roku od dvije godine. To je žurno, jednostavno i korisno. Svaka država ima sposobnost realizirati ovakav projekt. Oni mogu zaraditi više nego što potroše kratkoročno i zauvijek.

LITERATURA

1. Venn, D.: Helping Displaced Workers Back in to Jobs After a Natural Disaster, Recent Experiences in OECD Countries. OECD Social, Employment and Migration Working Papers, 2012, No. 142.
2. Leventeli, Y., Yilmazer, O., Yilmazer, I.: The importance of effective land use planning for reduction in earthquake catastrophe. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(19), 1010. Springer, 2020.
3. Yilmazer, O., Yilmazer, O., Ozvan, A., Leventeli, Y., Yilmazer, I.: Earthquake is a manmade catastrophe rather than a natural disaster: Turkey. Proceedings of the International Conference on "The Environment: Survival and Sustainability", organized by Near East University, Nicosia, North Cyprus, 2007.
4. USGS, 2020. Earthquakes | U.S. Geological Survey. Retrieved July 31, 2022, from Wikipedia, 2022. Fukushima nuclear disaster - Wikipedia.
5. Yilmazer, O., Kirkayak, Y., Yilmazer, I.: A Practical and Effective Solution to Earthquake (EQ) Catastrophe. *International Journal of Geotechnical Earthquake Engineering*, 12(2), 2021.
6. Leventeli, Y.: Site Selection For Engineering Structures And Earthquake. GEO-EXPO 2023, Geotechnical Society of Bosnia and Herzegovina, Mostar, 2023.
7. Idriss, I.: Earthquake Ground Motions at Soft Soil Sites. 2nd International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics. University of Missouri, 1991.
8. Kayal, J. R.: Earthquake Magnitude, Intensity, Energy, Power Law Relations and Source Mechanism. Geological Survey of India, 2006.
9. Ulusay, R., Tuncay, E., Sonmez, H., Gokceoglu, C.: An attenuation relationship based on Turkish strong motion data and iso-acceleration map of Turkey. *Engineering Geology*, 74(3–4), pp. 265–291, 2004.
10. Leventeli, Y., Simsek, Y., Yilmazer, I.: Curve fitting for seismic waves of earthquake with Hermite polynomials. *Publications de l'Institut Mathematique*, 115(129), pp. 101-116, 2024.