

**GEOFIZIČKI INŽENJERING
BEOGRAD**

**IZVEŠTAJ
O GEOFIZIČKIM ISTRAŽIVANJIMA TERENA ZA IZGRADNJU
GRAĐEVINSKOG KOMPLEKSA (RIVER SIDE) NA K.P. 9928/8
K.O. NIŠ – BUBANJ OPŠTINA MEDIJANA U NIŠU**

AUTOR IZVEŠTAJA:

Vojislav Samolov

Vojislav Samolov, dipl. inž. geof.
Uverenje br. 152-981/80-08/1
29.02.1980.god.
Licenca broj: 493 1595 14
19.06.2014.god.



BEOGRAD

2 0 2 4.

S A D R Ź A J

	Strana
1. U V O D	
2. METODOLOGIJA GEOFIZIČKIH ISTRAŽIVANJA	4
3. INTERPRETACIJA REZULTATA GEOFIZIČKIH ISTRAŽIVANJA	5

S P I S A K P R I L O G A

	Razmera
1. Topografska karta	1:25.000
2. Osnovna geološka karta	1:50.000
3. Situacioni plan	1:5.000
4. Seizmički profil SP-1 – V_p talasi	1:1.000
5. Seizmički profil SP-1 – V_s talasi	1:1.000
6. Seizmički profil SP-2 – V_p talasi	1:1.000
7. Seizmički profil SP-2 – V_s talasi	1:1.000
8. Seizmički profil SP-3 – V_p talasi	1:1.000
9. Seizmički profil SP-3 – V_s talasi	1:1.000

1. U V O D

Za dobijanje inženjersko-geoloških podataka terena za izgradnju građevinskog kompleksa (River side) na katastarskoj parceli 9928/8 K.O. Niš – Bujanj, Opština Medijana u Nišu, izvršena su geofizička – seizmička ispitivanja. Ova geofizička ispitivanja imaju zadatak da se sa geomehaničkim istražnim bušenjem i laboratorijskim ispitivanjima na uzorcima kopanog i nabušenog materijala, odredi prostorni raspored i dubinsko zaleganje pojedinih litoloških članova.

Zadatak geofizičkih ispitivanja sastojao se u :

- određivanju dubina i brzina prostiranja elastičnih longitudinalnih V_p i transverzalnih talasa V_s
- određivanju debljine površinskog kompleksa
- određivanju prostornog rasporeda i dubinsko zaleganje pojedinih litoloških članova

Seizmička ispitivanja su izvedena primenom metode refrakcione seizmike, gde su određene vrednosti brzina prostiranja elastičnih longitudinalnih V_p i transverzalnih V_s talasa za kartirane litološke sredine. Seizmička ispitivanja su izvedena u vidu profila.

Geofizička ekipa iz Beograda, izvršila je u martu mesecu 2024.godine, terenska geofizička ispitivanja, a interpretaciju rezultata seizmičkih ispitivanja i merenih tačaka geoelektričnog sondiranja i tekstualni deo izveštaja uradio je: **Vojislav Samolov**, dipl.inž.geofizike sa saradnicima.

2. METODOLOGIJA GEOFIZIČKIH ISTRAŽIVANJA

Na ispitivanoj lokalnosti za izgradnju građevinskog kompleksa (River side) na katastarskoj parceli 9928/8 K.O. Niš – Bubanj, Opština Medijana u Nišu, izvršena su geofizička - seizmička ispitivanja ispitivanja.

Geofizička - seizmička ispitivanja duž profila su izvedena primenom metode refrakcione seizmike gde su određene vrednosti brzina prostiranja elastičnih longitudinalnih V_p i transverzalnih V_s talasa za kartirane litološke sredine. Izmeren je 3 (tri) refrakciono-seizmički profil. Profili su bili dužine od 150 metara, sa geofonima koji su bili na međusobnom rastojanju od 12,5 metara. Položaj seizmičkih profila prikazan je na situacionom planu (prilog 3).

Interpretacija rezultata seizmičkih ispitivanja izvršena je pomoću hodohrona brzina elastičnih longitudinalnih i transverzalnih seizmičkih talasa. Hodohrona brzina predstavljaju zavisnost prvih nailazaka elastičnih longitudinalnih talasa od tačke udara pa do prijemnika – geofona. Rezultati profilnih seizmičkih ispitivanja prikazana su u vidu hodohrona brzina sa interpretacionim geološkim profilom (prilozi 4, 6 i 8).

Na ispitivanoj lokalnosti izvedeno je seizmometrijsko etaloniranje brzina na profilima seizmometrijske refrakcije. Cilj postupka je određivanje brzina prostiranja transverzalnih talasa poluprostora i odnosa u kome se brzina ovih talasa nalazi sa brzinom longitudinalnih talasa. Etaloniranje je izvedeno tako što je na profilima, na poziciji geofona, postavljan horizontalni geofoni, a inicijacije su vršene maljem težine 10 kg.

Postupak se izvodi tako da se na svakoj tački registracija ponavlja dva puta (dva šota). U prvom slučaju, X – osa senzora orjentisana je ka tački inicijacije (uslovno „jug“), a u drugom, od nje (uslovno „sever“). Na taj način za svaku tačku registracije dobija se po 6 zapisa: tri po osama X, Y i Z za orijentaciju „jug“ i tri po osama X, Y i Z za orijentaciju „sever“. Zapisi po Z-osi korespondiraju sa longitudinalnim P talasima, dok zapisi po Y-osi najbolje odslikavaju karakter transverzalnih S talasa. Rezultati seizmičkih ispitivanja V_s talasa prikazana su u vidu hodohrona brzina talasa sa interpretacionim geološkim profilom (prilozi 5, 7 i 9).

Seizmička merenja su izvršena sa dvadesetčetvorokanalnom seizmičkom aparaturom **GEODE - Geometrix**, (USA) uz upotrebu geofona **SM-4** od 10 Hz.

Obrada podataka je izvršena kompjuterskim programom **SeisImager**.

3. INTERPRETACIJA REZULTATA GEOFIZIČKIH ISPITIVANJA

Za dobijanje inženjersko-geoloških podataka terena za izgradnju građevinskog kompleksa (River side) na katastarskoj parceli 9928/8 K.O. Niš – Bujanj, Opština Medijana u Nišu, izvršena su geofizička – seizmička ispitivanja. Ova seizmička ispitivanja imaju zadatak da se sa geomehaničkim istražnim bušenjem i laboratorijskim ispitivanjima na uzorcima kopanog i nabušenog materijala, odredi prostorni raspored i dubinsko zaleganje pojedinih litoloških članova.

Seizmička ispitivanja

Geofizička ispitivanja duž profila su izvedena primenom refrakciono-seizmičkih ispitivanja, gde su određene vrednosti brzina prostiranja elastičnih longitudinalnih V_p i transverzalnih V_s talasa za kartirane litološke sredine.

Interpretacija rezultata seizmičkih ispitivanja izvršena je pomoću hodohrona brzina elastičnih longitudinalnih V_p i transverzalnih V_s seizmičkih talasa. Hodohrona brzina predstavljaju zavisnost prvih nailazaka elastičnih longitudinalnih talasa od tačke udara pa do prijemnika – geofona. Rezultati seizmičkih ispitivanja elastičnih longitudinalnih V_p i transverzalnih V_s talasa prikazana su u vidu hodohrona brzina sa interpretacionim geološkim profilom (prilozi 4, 5, 6, 7, 8 i 9).

Svi ovi parametri dobijeni refrakciono - seizmičkim ispitivanjima i to: naziv litološke sredine, brzine prostiranja elastičnih longitudinalnih V_p i transverzalnih talasa V_s , i zapreminska težina γ , učestvuju u sastavljanju geodinamičkog modela terena i njihove vrednosti prikazane su tabelarno.

U Tabeli 1, prikazan je geodinamički profil terena za seizmički profil RP-1.

Tabela 1

Litološka sredina	Brzina prostiranja elastičnih seizmičkih talasa km/s		Zapreminska težina	Debljina
	V_p	V_s	KN/m ³	h m
Sredina 1	0,37	0,17	1,80 - 1,90 - 1,95	2,5
Sredina 2	1,61	0,37	1,90 - 1,95 - 2,00	5,5
Sredina 3	1,99	<u>0,45</u>	1,95 - 2,00 - 2,10	22,0

Srednja vrednost brzina prostiranja transferzalnih elatičnih talasa za navedeni model za debljinu geološkog dispozitiva od 30 metara iznosi $V_s = 382\text{m/s}$, i po kategorijizaciji tla prema Evrokodu EC8, tlo lokacije svrstali smo u kategoriju „B“.

U Tabeli 2, prikazan je geodinamički profil terena za seizmički profil RP-2.

Tabela 2

Litološka sredina	Brzina prostiranja elastičnih seizmičkih talasa km/s		Zapreminska težina KN/m ³	Debljina h m
	V _p	V _s		
Sredina 1	0,33	0,18	1,80 - 1,90 - 1,95	3,0
Sredina 2	1,46	0,39	1,90 - 1,95 - 2,00	6,5
Sredina 3	1,97	<u>0,47</u>	1,95 - 2,00 - 2,10	20,5

Srednja vrednost brzina prostiranja transferzalnih elastičnih talasa za navedeni model za debljinu geološkog dispozitiva od 30 metara iznosi **V_s = 390m/s**, i po kategorijizaciji tla prema Evrokodu EC8, tlo lokacije svrstali smo u kategoriju „B“.

U Tabeli 3, prikazan je geodinamički profil terena za seizmički profil RP-3.

Tabela 3

Litološka sredina	Brzina prostiranja elastičnih seizmičkih talasa km/s		Zapreminska težina KN/m ³	Debljina h m
	V _p	V _s		
Sredina 1	0,37	0,18	1,80 - 1,90 - 1,95	3,5
Sredina 2	1,59	0,36	1,90 - 1,95 - 2,00	8,5
Sredina 3	2,01	<u>0,52</u>	1,95 - 2,00 - 2,10	18

Srednja vrednost brzina prostiranja transferzalnih elastičnih talasa za navedeni model za debljinu geološkog dispozitiva od 30 metara iznosi **V_s = 387m/s**, i po kategorijizaciji tla prema Evrokodu EC8, tlo lokacije svrstali smo u kategoriju „B“.

Dinamičke parametre elastičnosti sračunate na osnovama veličina brzina prostiranja zapreminskih talasa sračunali preko formula koje su dalje navedene u tekstu, a dobijene rezultate predstavili smo u tabeli.

Puasonov moduo elastičnosti (μ) računali smo preko formue:

$$\mu = \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{2 \left[\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1\right]}$$

gde je: V_p – brzina prostiranja longitudinalnih elastičnih talasa;

V_s – brzina prostiranja transferzalnih elastičnih talasa

Moduo smicanja „G“ računat je preko formule:

$$G = V_s^2 \cdot \rho$$

gde je: ρ - gustina tla, V_s - brzina prostiranja elastičnih transferzalnih talasa.

Modulo Junga „E“ računali smo preko formule:

$$E = V_p^2 \cdot \rho \cdot f(\mu); \quad f(\mu) = \frac{(1+\mu)(1-2\mu)}{1-\mu}$$

Gde je; ρ - gustina tla.

Geofizička seizmička istraživanja ukazala su, da elastični odziv geološke sredine na lokaciji, karakteriše do dubine od 30 metara troslojni odziv (sredina 1, sredina 2 i sredina 3). Gustinu materijala konstatovanih elastičnih sredina ocenjivali smo na osnovu, osrednjenih zapreminskih težina za seizmički model i one su prevedene u gustine materijala konstatovanih sredina sa vrednostima datim dalje u tekstu.

- za sredinu 1: $\rho = 1,80 - 1,85 - 1,90 \cdot 10^3 \text{ Kg/m}^3$
- za sredinu 2: $\rho = 1,90 - 1,95 - 2,00 \cdot 10^3 \text{ Kg/m}^3$
- za sredinu 3: $\rho = 1,95 - 2,00 - 2,10 \cdot 10^3 \text{ Kg/m}^3$

Rezultate dobijene sračunavanjem po navedenim formulama i podacima prikazali smo tabelarno za seizmički profil RP-1:

Tabela 4

Izdvojene sredine	Sračunate vrednosti elastičnih parametara litološke članove					
	V_p (m/s)	V_s (m/s)	μ	$\rho \cdot 10^3$ (Kg/m ³)	E_{din} (Mpa)	G (MPa)
Sredina 1	370	170	0,366	1,80-1,85-1,90	142;146;150	52;53;55
Sredina 2	1610	370	0,472	1,90-1,95-2,00	769;789;809	260;267;274
Sredina 3	1990	450	0,473	1,95-2,00-2,10	1166;1195;1255	395;405;425

Orijentaciono, ocena modula deformacije na predmetnoj lokaciji za navedene sredine može se dobiti korišćenjem korelacione zavisnosti oblika:

$$\text{Log}V_s = 0,6\text{log}E_{dfr} + 1,55$$

gde je: V_s izraženo u m/s, a modulo deformacije E_{def} u MPA (mega paskalima)

Modulo deformacije E_{def} u MPA za sredinu 1, po navedenoj formuli iznosi $E_{def} = 14\text{Mpa}$.
Modulo deformacije E_{def} u MPA za sredinu 2, po navedenoj formuli iznosi $E_{def} = 50\text{Mpa}$.
Modulo deformacije E_{def} u MPA za sredinu 3, po navedenoj formuli iznosi $E_{def} = 69\text{Mpa}$.

NAPOMENA:

Moduli deformacije E_{def} treba tretirati kao podatak koji ukazuje na prostornu deformabilnost izdvojenih sredina. Za potrebe proračuna temeljenja konstrukcije, merodavni su parametri koji su dobijeni labaratoriskim putem i penetracijom.

Rezultate dobijene sračunavanjem po navedenim formulama i podacima prikazali smo tabelarno za seizmički profil RP-2:

Tabela 5

Izdvojene sredine	Sračunate vrednosti elastičnih parametara litološke članove					
	V _P (m/s)	V _S (m/s)	μ	$\rho \cdot 10^3$ (Kg/m ³)	E _{din} (Mpa)	G (MPa)
Sredina 1	330	180	0,288	1,80-1,85-1,90	150;154;159	58;60;62
Sredina 2	1460	390	0,462	1,90-1,95-2,00	836;858;880	289;297;304
Sredina 3	1970	470	0,470	1,95-2,00-2,10	1259;1292;1356	431;442;464

Orijentaciono, ocena modula deformacije na predmetnoj lokaciji za navedene sredine može se dobiti korišćenjem korelacione zavisnosti oblika:

$$\text{Log}V_s = 0,6\text{log}E_{\text{drf}} + 1,55$$

gde je: V_s izraženo u m/s, a moduo deformacije E_{def} u MPA (mega paskalima)

Moduo deformacije E_{def} u MPA za sredinu 1, po navedenoj formuli iznosi E_{def} = 15Mpa.
Moduo deformacije E_{def} u MPA za sredinu 2, po navedenoj formuli iznosi E_{def} = 54Mpa.
Moduo deformacije E_{def} u MPA za sredinu 3, po navedenoj formuli iznosi E_{def} = 74Mpa.

NAPOMENA:

Moduli deformacije E_{def} treba tretirati kao podatak koji ukazuje na prostornu deformabilnost izdvojenih sredina. Za potrebe proračuna temeljenja konstrukcije, merodavni su parametri koji su dobijeni labaratoriskim putem i penetracijom.

Rezultate dobijene sračunavanjem po navedenim formulama i podacima prikazali smo tabelarno za seizmički profil RP-3:

Tabela 6

Izdvojene sredine	Sračunate vrednosti elastičnih parametara litološke članove					
	V _P (m/s)	V _S (m/s)	μ	$\rho \cdot 10^3$ (Kg/m ³)	E _{din} (Mpa)	G (MPa)
Sredina 1	370	180	0,345	1,80-1,85-1,90	157;161;166	58;60;62
Sredina 2	1590	360	0,473	1,90-1,95-2,00	725;744;763	246;253;259
Sredina 3	2010	520	0,464	1,95-2,00-2,10	1549;1589;1668	527;540;568

Orijentaciono, ocena modula deformacije na predmetnoj lokaciji za navedene sredine može se dobiti korišćenjem korelacione zavisnosti oblika:

$$\text{Log}V_s = 0,6\text{log}E_{\text{drf}} + 1,55$$

gde je: V_s izraženo u m/s, a moduo deformacije E_{def} u MPA (mega paskalima)

Moduo deformacije E_{def} u MPA za sredinu 1, po navedenoj formuli iznosi E_{def} = 15Mpa.
Moduo deformacije E_{def} u MPA za sredinu 2, po navedenoj formuli iznosi E_{def} = 48Mpa.
Moduo deformacije E_{def} u MPA za sredinu 3, po navedenoj formuli iznosi E_{def} = 88Mpa.

NAPOMENA:

Moduli deformacije E_{def} treba tretirati kao podatak koji ukazuje na prostornu deformabilnost izdvojenih sredina. Za potrebe proračuna temeljenja konstrukcije, merodavni su parametri koji su dobijeni labaratoriskim putem i penetracijom.

**GEOFIZIČKI INŽENJERING
BEOGRAD**

**I Z V E Š T A J
O SEIZMIČKOJ MIKROREGIONALIZACIJI TERENA ZA
IZGRADNJU GRAĐEVINSKOG KOMPLEKSA “RIVER SIDE”
NA K.P. 9928/8 K.O. NIŠ – BUBANJ OPŠTINA MEDIJANA
U NIŠU**

- SEIZMIČNOST I PROJEKTNI PARAMETRI SEIZMIČNOSTI -

B E O G R A D

2 0 2 4.

U izradi izveštaja učestvovali su:

Geofizička istraživanja

Vojislav Samolov,dipl.inž.geol. Smer za primenjenu geofiziku

Seizmološka istraživanja:

Mr. Slobodan Nedeljković,dipl.inž.geol. Smer za primenjenu geofiziku – Seizmolog

Redni broj	S A D R Ź A J	Strana
1.	UVOD	12
2.	ZEMLJOTRESNA REGULATIVA I SEIZMIČKI HAZARD	13
3.	ANALIZA KATEGORIJE OBJEKTA	16
4.	ANALIZA SEIZMIČKOG HAZARDA	17
5.	SEIZMIČKI HAZARD I NJEGOVA INŽENJERSKA PARAMETARIZACIJA UZ UVAŽAVANJE GEOTEHNIČKE GRAĐE TERENA PROSTORA LOKACIJE	19
6.	PROJEKTNİ PARAMETRI SEIZMIČNOSTI	28
6.1.	PROJEKTNİ PARAMETRI ZA PRIMENU EVROKODA EC8 ZA OBJEKTE VISOKOGRADNJE NASELJA „RIVER SAISE“	36
6.1.1.	PROJEKTNİ PARAMETRI ZA PRIMENU EVROKODA EC8 ZA UTICAJ VRANČEJSKIH ZEMLJOTRESA	37
6.1.2.	PROJEKTNİ PARAMETRI ZA PRIMENU EVROKODA EC8 ZA UTICAJ KRESNA SIMITLI I NIŠKIH ZEMLJOTRESA	37

1.UVOD

Na lokaciji, za izgradnju građevinskog kompleksa „River Side“ na kat. parceli 9928/8 K.O. Niš – Bujanj, Opština Medijana u Nišu, sprovedena je seizmička mikroregionalizacija građevinske lokacije prostora na kome se planira njegova izgradnja, sa zadatkom da se definiraju projektni parametri seizmičnosti koji ulaze u proceduru zemljotresnog proračuna, u odnosu na zaprećenu zemljotresnu opasnost. Za navedene potrebe sprovedena su geofizička istraživanja kojim su definisani na predmetnom prostoru, elastični parametri geološke sredine debljine od 30 metara. Ova istraživanja daju ulazne projektne parametre seizmičnosti koji se koriste u proceduri zemljotresnog proračuna, za objekte predmetnog naselja po Srpskom Evrokodu EC8

Zemljotresnu pobudu odredili smo uvažavajući epicentralne zone iz kojih potiču zemljotresi koji su u prošlosti uznemiravali predmetni prostor intezitetom većim od 5⁰ stepeni seizmičke skale. Sam lokalni uticaj na zemljotresnu pobudu valorizovali smo uvažavanjem geološke građe terena lokacije debljine od 30 metara, sa aspekta elastističnih karakteristike sredina koji čine navedenu moćnost geološke sredine.

U našoj zemlji, za potrebe oformljenja tehničke dokumentacije za definisanje zemljotresne pobude koristi se procedura zemljotresnog proračuna po Evrokodu EC8.

Procedura zemljotresnog proračuna po Evrokodu EC8, definiše nivo prihvatljivog građevinskog seizmičkog rizika i njoj je primerena seizmološka karta na kojoj je zemljotresna opasnost predstavljena referentnim ubrzanjem (kod nas se koristi amplituda PGA).

Planerski seizmički rizik govori o prihvatljivom seizmičkom riziku funkcija širokog prostora unutar koga je locirana predmetna lokalnost. Praktično, funkcije predmetnog objekta u uslovima zemljotresa, zavise i od stepena povredljivosti šireg prostora (indirektne štete od zemljotresa). Zemljotresna opasnost za planerski seizmički rizik izražava se seizmičkim stepenom.

Građevinski seizmički rizik predstavlja parcijalni deo Planerskog seizmičkog rizika i odnosi se na prihvatljiv nivo šteta jediničnog građevinskog objekta. Zemljotresna opasnost za građevinski seizmički rizik izražena je referentnim maksimalnim ubrzanjem na tlu tipa „A“.

Harmonizacija zemljotresne opasnosti za potrebe planerskog i građevinskog seizmičkog rizika u našoj zemlji nije sprovedena, kao ni definisanje prihvatljivog planerskog seizmičkog rizika, bez koga nema uspešne preventivne zaštite od zemljotresa za prostor naše zemlje.

Seizmološku kartu ne treba shvatiti kao geografsku koja daje raspored seizmičke opasnosti, već kao dokument koji veoma utiče na ekonomiju i bezbednost države.

Treba istaći, da su u našoj zemlji za potrebe zemljotresnog proračuna bili su korišćeni propisi iz 1948. godine, 1964. godine, 1982. godine i 2019. godine. Svaki od navedenih propisa, za potrebe predstavljenja zemljotresne opasnosti, pratila je odgovarajuća seizmološka karta. U analizi zemljotresne opasnosti za predmetnu lokaciju koristili smo i zemljotresne informacije sa tih odgovarajućih seizmoloških karata.

U radu M. Čauševića i M. Bulića sa naslovom: Prijedlog spektra odziva u drugoj generaciji Evrokoda EN1998-1-1 za seizmička područja i usporedba s postojećom normom EN 1998-1:2004 koji je publikovan u Hrvatskom časopisu Građevinar 10/2020 navedeno je, da će za potrebe predstavljanja zemljotresne opasnosti umesto referentnog ubrzanja ili PGA koristiti spektralno ubrzanje. Naime, na seizmološkoj karti zemljotresna opasnost biće predstavljena sa dve spektralne ordinate S_a i S_b (kao u američkim propisima) što znači, da treba praviti nove seizmološke karte.

Seizmološka karta pruža polaznu informaciju o seizmičnosti prostora naše zemlje. Detaljnim istraživanjima na lokaciji definišu se uslovi terena na lokaciji, i uz poznavanje dinamičkih osobenosti objekta ocenjuje se interakcija tlo-objekat na očekivanu zemljotresnu pobudu. Na osnovu navedenih informacija određuju se projektni parametri koji se koriste u proceduri zemljotresnog proračuna.

2. ZEMLJOTRESNA REGULATIVA I SEIZMIČKI HAZARD

U Srbiji, za potrebe zemljotresnog proračuna usvojen je Eurocod EN 1998-1:2004 Eurocod 8: „Proračun seizmički otpornih konstrukcija“ - Deo 1. IT.DGKS. prevod) Beograd, novembar 2009. godine Eurocod EN 1998-1:2004.

Navedeni EC8 usvojen je Pravilnikom za građevinske konstrukcije („Sl.glasnik RS“ br.89/2019), gde je u osmom delu sa naslovom „Posebna pravila za projektovanje seizmički otpornih konstrukcija i opšte odredbe“, U članu 87 u stavu 3 (Pravilnika) rečeno (citirano): Za projektovanje seizmičke otpornosti građevinskih konstrukcija primenjuje se serija srpskih standarda SPRS EN 1998 sa pripadajućim nacionalnim priložima i drugi standardi na koje se ovi standardi pozivaju (završen citat).

Evrokod EC8, kao ulazni projektni parametar za zemljotresni proračun koristi vrednost referentnog maksimalnog ubrzanja a_{gr} na tlu tipa „A“, koje pomnoženo sa vrednošću kategorije objekta „ γ_1 “ nosi naziv projektno ubrzanje $a_g = \gamma_1 a_{gr}$. Seizmičkom mikrorejonomizacijom za potrebe sprovođenja zemljotresnog proračuna po proceduri Evrokoda EC8, zadatak je da se odredi veličina referentnog ubrzanja a_{gr} na tlu tipa „A“, kao i kategorija tla na predmetnoj lokaciji

Svaki zemljotresni Pravilnik ima dva dela, i to, deo koji se odnosi na proceduru zemljotresnog proračuna (u okviru koga je definisan zemljotresni rizik), i deo na kome je predstavljena seizmička opasnost (seizmički hazard). Seizmički rizik i seizmički hazard međusobno su u tesnoj vezi i ova veza mora biti harmonizovana.

Treba istaći, da je do sada korišćena seizmološka karta, koja je u upotrebi od 1990 godine bila testirana na uticaj više jakih potresa (uticaj jakih zemljotresa na epicentralnom području Mionice Trstenika i Kraljeva) koji su se u međuvremenu desili u našoj zemlji, i nije bilo potrebe da se na njoj vrše korekcije, što znači, da je izdržala proveru u praksi. Ova činjenica pokazuje, da ima puno osnova da se nastavi sa prilagođavanjem seizmičkog rizika u oblasti planiranja i građevine seizmičkoj opasnosti koja je na ovoj seizmološkoj karti i onoj namenjenoj Evrokodu EC8.

Seizmološka karta iz 1990. godine urađena je na osnovu rezultata istraživanja višegodišnjeg trajanja po petogodišnjem projektu UNESK-a (seizmičnost Balkanskog poluostrva), koji se odvijao u periodu 1970-1980 godine. Na ovoj karti seizmički

intezitet je izražen u stepenima seizmičke skale MSK-1964 i verovatnoća događanja inteziteta na svakoj oleati seizmološke karte iznosi 63%. Greške u protezanju izolinija različitog inteziteta iznosi $\pm 5\text{km}$. Sam seizmički intezitet na njemu ograničenom prostoru odnosi se na prosečne karakteristike tla koji je na tom prostoru. Takođe je napomenuto, da reviziju ove karte treba vršiti svakih 5 godina ili nakon dogođenog zemljotresa potresa koji svojim parametrima utiče na potrebu izmena i dopuna. Za objekte čiji je vek eksploatacije od 50 godina, ako se koristi seizmičnost sa oleate sa povratnim periodom zemljotresa od 500 godina seizmički rizik iznosi 10%, što je ista vrednost seizmičkog rizika koji traži i Evrokod EC8.

Treba dodati i to, da brzo posle dešavanja jakog potresa treba doneti odluku na koji nivo seizmičke opasnosti da se revitalizuju oštećeni objekti. U ovom smislu, prvo treba konstatovati, da li je pojavljena seizmička opasnost veća od one koja je navedena na oficijalnoj seizmološkoj karti za prostor pogođen novonastalim zemljotresom. Najbrži put pribavljanju potrebne informacije za našu zemlju, je izrada karte izoseista datog potresa i njeno upoređivanje sa seizmičkom opasnošću na seizmološkoj karti, kao i konstatacija kolika su odstupanja. Zadovoljavajuća gustina mreže akceleroagrafa na prostoru naše zemlje je dugoročan posao. Pored toga, amplitude registrovanih ubrzanja na prostoru pogođenom zemljotresom međusobno jako se razlikuju, i problem je koju uzeti kao referentnu.

Informacija o seizmičnosti koja je dobijena sa karte razmere 1:1.000.000 ili 1:500.000, je grube prirode i zato mora da sadrži unutar sebe i određeni faktor sigurnosti. Seizmičkom mikroregionalizacijom pribavljanjem detaljnih informacija o terenu lokacije objekta i njegovih dinamičkih osobenosti, redukujemo za određenu vrednost faktor sigurnosti koji je prisutan na karti pomenute razmere.

Evrokod EC8 ukazuje na potrebu definisanja maksimalne amplitude referentnog ubrzanja na geološkoj sredini tipa "A". U našoj analizi učinili smo i prelaz sa seizmološke karte namenjene planerskom seizmičkom riziku ka potrebnoj kako zahteva Evrokod EC8. Prelaz je učinjen redukovanjem seizmičkog stepena koji je naveden za predmetnu lokaciju na oficijalnoj seizmološkoj karti tako da odgovara tipu tla "A", a zatim je tako dobijeni seizmički stepen za predmetni prostor izražen referentnim maksimalnim ubrzanjem a_{gr} .

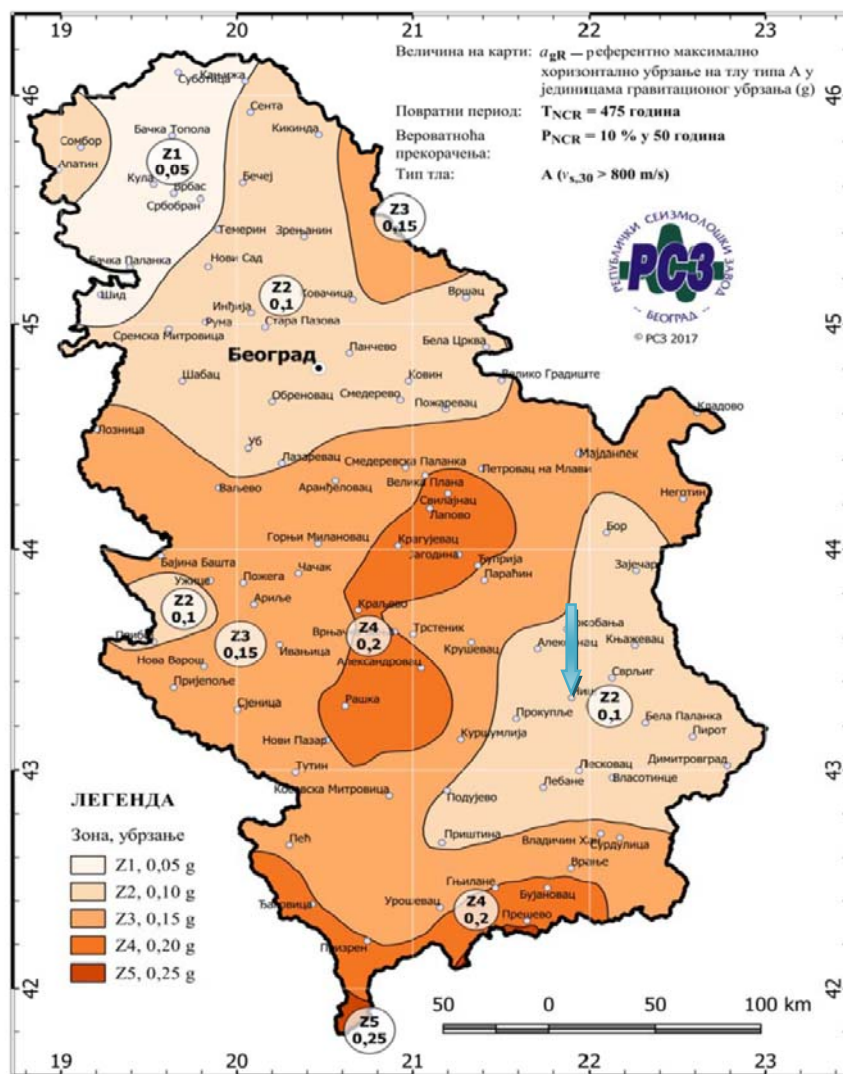
U Pravilniku za građevinske konstrukcije („Sl.glsnik RS“ br.89/2019) u osmom delu sa naslovom „Posebna pravila za projektovanje seizmiki otpornih konstrukcija i opšte odredbe“u članu 87 u stavu 3 je rečeno (citat): za projektovanje seizmičke otpornosti građevinskih konstrukcija primenjuje se serija srpskih standarda SPRS EN 1998 sa pripadajućim nacionalnim priložima i drugi standardi na koje se ovi standardi pozivaju (završen citat).

U srpekom standard SPRS EN1998 nema seizmološke karte koja bi predstavljala zemljotresnu opasnost za povratni period zemljotresa od 100 godina koja se koristi za zahtev zemljotresnog proračuna „zahtev ograničenih oštećenja“.

Na seizmološkoj karti koja je za korišćenje u srpekom standardu SPRS EN1998 prilog A, označena je kao **Informativna**.

Прилог А (информативан)

Република Србија — Карта зона максималних хоризонталних убрзања на тлу типа А за повратни период од 475 година



9

Slika 1. Ilustracija seizmološke karte (povratni period zemljotresa 475 godina) po parametru ubrzanja koja je u srpskom standardu EC8. Predmetni prostor nalazi se u zoni Z2 $a_{gr} = 0,10g$, (orijentacioni položaj predmetnog prostora naznačen je strelicom)

Želimo da istaknemo, da u Pravilniku koji je podzakonski akt, ne treba da budu prisutna „informativna“ pravila.

Seizmičkom mikrorejonizacijom za potrebe sprovođenja zemljotresnog proračuna po proceduri Evrokoda EC8 zadatak je:

- da se odredi veličina referentnog ubrzanja a_{gr} na tlu tipa „A“
- da se odredi kategorija tla na predmetnoj lokaciji
- da se odredi tip spektara odgovora koji treba koristiti u odnosu na zaprećenu seizmičku opasnost prema veličini magnitude

3. ANALIZA KATEGORIJE OBJEKTA

Kategorizacija objekata je uvedena da u cilju ispunjenja zahteva, da objekti iste kategorije, imaju isti seizmički rizik u odnosu na zaprećenu seizmičku opasnost (seizmički hazard). Tako, objekti iste kategorije imaju isti vek eksploatacije i taj vek se upoređuje sa povratnim periodom zemljotresa, koji jednak za sve njih, pa se na taj način definiše seizmički rizik, koji tako postaje jednak za sve objekte iste kategorije. Određivanje kategorije objekata u kompetenciji je konstruktera.

Pri kategorizaciji objekata visokogradnje za zamljotresne uslove, valorizuju se sledeća polazišta:

- Posledice koje može objekat svojim rušenjem da nanese široj društvenoj zajednici.
- Javni interes, da predmetni objekat zadrži svoju funkciju i za vreme dešavanja potresa i posle njeovog događanja.
- Mogućim ljudskim žrtvama koje su posledica razaranja objekta.
- Dragoceni ili izuzetno važni sadržaji koji su deponovani uobjektu i od značaja su zaširu društvenu zajednicu.

U Nacionalnom Pravilniku i njegovim izmenama i dopunama, navedene su četiri vrste kategorija. Prema značaju funkcije (okupljanje velikog broja ljudi) koju ima predmetni stanbeno poslovni objekat velike spratnosti, on ispunjava bonitet objekta druge do prve kategorije. Otuda, za polazna ocenu seizmičnosti lokacije korišćena je oleata oficijalne seizmološke karte sa povratnim periodom zemljotresa od 500 godina.

U Evrokodu EC 8 EN 1998-1:2004, takođe su navedene četiri klase značaja objekata i mi smo ih prikazali u tabeli br. 1.

Tabela1: Kategorizacija objekata prema značaju prema Evrokodu EC 8

Klasa značaja	Zgrade
1	Zgrade sa manjim značajem za sigurnost ljudi, npr. poljoprivrene zgrade i sl.
2	Obične zgrade, koje ne spadaju udruge kategorije.
3	Zgrade čija je seizmička otpornost značajna u smislu posledica rušenja, npr. škole, dvorane, kulturne institucije, itd.
4	Zgrade čiji je integritet tokom zemljotresa od vitalnog značaja za civilnu zaštitu, npr. bolnice, vatrogasne stanice, električne centrale, itd.

U pomnutom EC8 dalje je rečeno, da „vrednost faktora značaja γ_I za klasu značaja 2, po definiciji, jednaka je - „1“, a u napomeni je istaknuto da: „Vrednosti koje se dodeljuju parametrima γ_I za upotrebu u zemlji mogu da se nađu u njenom Nacionalnom aneksu.

Vrednosti za γ mogu biti različite za različite seizmičke zone u zemlji, u zavisnosti od uslova seizmičkog hazarda i razmatranja javne bezbednosti. Preporučena vrednost faktora značaja γ za klase značaja za ostali tip 1; 3 i 4, vrednosti faktora značaja γ su 0,8; 1,2 i 1,4 respektivno.

Za građevinske sadržaje naselja dobro je valorizovati njihovu funkciju i sa aspekta masovnog okupljanja ljudi ali iako to nije prisutno u navedenoj tabeli, i faktor njihve visine pa tako uvažiti i ovaj aspekt, pri određivanju numeričke vrednosti faktora značaja „ γ “. Napominjemo, da je kompetencija Projektanta određivanje kategorije građevinskih sadržaja predmetnog naselja, a naša je želja da ako možemo, da pomognemo Projektantu u odlukama.

4. ANALIZA SEIZMIČKOG HAZARDA

Seizmički hazard predstavlja seizmičku opasnost, i na seizmološkoj karti može biti predstavljena seizmičkim stepenom na prosečnom tlu obuhvaćenom datim seizmičkim stepenom, ili amplitudom maksimalnog referentnog ubrzanja na stenovitom tlu tipa „A“. Parametarizacija seizmičkih stepena u seizmičkoj skali odgovarajućim vrednostima amplitudnih intervala ubrzanja brzine oscilovanja i pomeranja tla je proces, koji je i danas u sferi istraživanja.

Seizmološka karta sastavni je deo tehničkih normativa za izgradnju objekata stvorene sredine u seizmičkim područjima. Ona prati proceduru zemljotresnog proračuna, ali i direktno utiče na cenu izgradnje jediničnog objekta stvorene sredine.

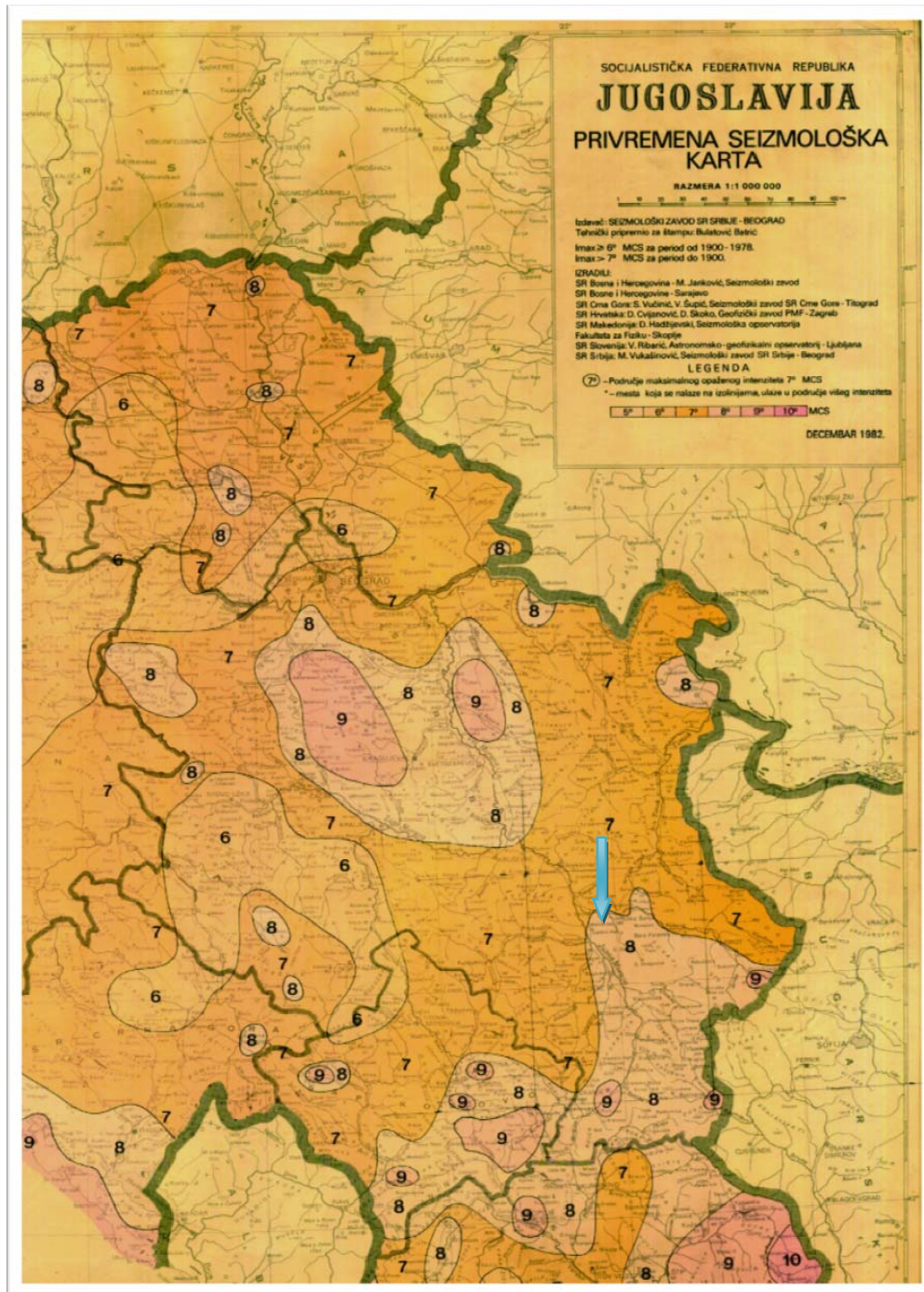
Praktično govoreći to znači, da ranije seizmološke karte koje su bile u oficijalnoj upotrebi nisu “pogrešne” već ne odgovaraju trenutno izabranoj koncepciji zemljotresne regulative, ali u onom delu u kome su upotrebljive, treba ih koristiti. Otuda, u našoj analizi zemljotresnog hazarda koristili smo i seizmološke karte koje su bile u ranijoj oficijalnoj upotrebi.

Posle zemljotresa u Skoplju 1964 godine doneti su prvi privremeni propisi za građenje u seizmički aktivnim područjima. Kako u to vreme nije postojala namenska ovoj materiji seizmološka karta to je bila usvojena kao sastavni deo ovih propisa seizmološka karta urađena 1950 godine. Ova seizmološka karta predstavljala je ilustraciju dogođenih maksimalnih intenziteta na području FNRJ, i imala je niz nedostataka koji su je ograničavali u inženjerskoj upotrebi. Na ovoj karti predmetni prostor nalazi se u zoni 8⁰ stepeni seizmičke skale MCS.

Da bi se otklonili nedostaci koji su bili prisutni u seizmološkoj karti iz 1950. godine, 1973. godine u Srbiji je izrađena za područje Srbije karta seizmičke regionalizacije Srbije, koja je Zakonom o investicionoj izgradnji Srbije 1974. godine preporučena za korišćenje za Srbiju u okviru pomenutih privremenih propisa. Predmetna karta predstavlja kartu relativnog hazarda ali ima i element prognoze za vremenski period od 100 do 150 godina i kao takva ima elemente za ocenu verovatnog seizmičkog rizika u odnosu na vek eksploatacije objekta. Na ovoj karti predmetni prostor nalazi se u zoni 7⁰ stepeni seizmičke skale MCS.

Za potrebe inovacije privremenih Propisa za građenje u seizmički aktivnim područjima iz 1964. godine urađena je nova Privremena seizmološka karta Jugoslavije 1980. godine. Inovacija pomenutih propisa izvršena je Pravilnikom o tehničkim normativima za

izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima (Sl. List SFRJ br 31/81). Pomenuta privremena seizmološka karta ušla je u upotrebu Pravilnikom o izmeni i dopuni Pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima (Sl. list SFRJ br 49/82). Kartu za prostor Srbije prikazan je na slici 2.



Slika 2. Na Privremenoj seizmološkoj karti predmetni prostor nalazi se u zoni 8⁰ stepeni seizmičke skale MCS.

Pravilnikom o izmeni i dopuni pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima (sl. list SFRJ br 52/90), ušla je u upotrebu nova seizmološka kartasa 6 oleata. Seizmički stepeni na ovoj seizmološkoj karti sa oleatama izraženi su sepenima seizmičke skale MSK-1964 godine.

U tabeli 2, na pregledan način, prikazana je seizmičnost predmetne lokacije na ranije oficijalnim seizmološkim kartama kao i na oleatama seizmološke karte iz 1990. godine.

Tabela 2

Redni broj	Seizmološkakarta	Seizmički stepen	
		MCS	MSK-64
1	Seizmološka kartaFNRJ iz 1950. god.	8 ⁰	
2	Karta seizmičke regionalizacije Srbije	7 ⁰	
3	Privremena Seizmološka karta SFRJ	8 ⁰	
4	Seizmološka karta SFRJ iz 1987		
	Oleata 50 godina		6 ⁰
	Oleata 100 godina		7 ⁰
	Oleata 200 godina		7 ⁰
	Oleata 500 godina		8 ⁰
	Oleata 1000 godina		8 ⁰

U EC8 traži se korišćenje oleata sa povratnim periodom od 100 i 500 godina, tj. traži se izrada dve oleate sa navedenim vremenskim periodima.

Seizmiloška karta iz 1990. godine daleko je informativnija jer pruža informacije i o povratnim periodima zemljotresa od 50, 200, 500 i 1.000 godina i navodi se verovatnoća dešavanja intenziteta na njima. Ove vrlo značajne informacije o seizmičnosti koja je prisutna za vremenske periode od 50, 200 i 1.000 godina propušta EC8 kada instistira isključivo na oleatama sa povratnim periodom od 100 i 500 godina.

5. SEIZMIČKI HAZARD I NJEGOVA INŽENJERSKA PARAMETARIZACIJA UZ UVAŽAVANJE GEOTEHNIČKE GRAĐE TERENA PROSTORA LOKACIJE

Seizmičnost se vezuje za aktivnosti neotektonskih kretanja, ali za objekte stvorene sredine od naročitog su značaja neotektonski rasedi koji pokazuju svoju seizmičku aktivnost u kvartarnom periodu.

Stepen povredljivosti površinskog pokrivača iznad kategorije geološke sredine tipa “A” pri različitim seizmičkim stepenima opisuje seizmička skala. Mi dalje u tekstu, ukratko navodimo ocene veličine intervala amplitude ubrzanja, brzine oscilovanja i pomeranja čestica tla pri različitim seizmičkim stepenima, kao i kategorizaciju površinskog pokrivača u zavisnosti od brzine prostiranja transferzalnih elastičnih talasa u tom pokrivaču.

Dosadašnja registracija amplitude ubrzanja u svetu pokazuje, da su danas prisutni intervali ubrzanja u Evropskoj skali MSK-1964 godine podcenjena u odnosu na ona koja su priusutna u realnosti pri tim stepenima.

U seizmičkim skalama koje su bile ranije u upotrebi skok amplituda ubrzanja od stepena na stepen predstavljen je faktorom 2. Ovaj faktor bio je opšte prihvaćeni i njega je uveo B. Gutenberg na osnovu analize ranije raspoloživih instrumentalnih podataka, no novi podaci pokazali su da navedeni faktor treba da ima vrednost 2,5.

U tabeli 3 prikazane su numeričke vrednosti inženjerskih parametara koje odgovaraju seizmičkim stepenima u projekta nove Nacionalne Ruske seizmičke skale. U Evropskoj seizmičkoj skali nema vrednosti navedenih inženjerskih parametara koje odgovaraju određenim seizmičkim stepenima.

Tabela 3: Vrednosti inženjerskih parametara koje odgovaraju različitim seizmičkim stepenima u ruskoj seizmičkoj skali.

Parametar	Seizmički intezitet I u stepenima							
	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5
PGA (sm/s ²)	44	70	110	180	280	440	700	1100
PGV (sm/s)	3,8	6,5	11	19	33	57	98	170
PGD (sm)	0,66	1,4	3,2	7	15	33	72	160
$PGA \cdot d^{0,8}$ (sm/s ^{1,5})	95	150	240	380	605	955	1515	2400
$\text{Log}(PGA \cdot PGV)$ sm ² /s ³	2,4	2,8	3,2	3,5	3,9	4,3	4,7	5,0

Veoma je važno istaći, da amplituda ubrzanja na fiksiranoj frekvenci od 2,5Hz ne odgovara maksimalnoj amplitudi. Pored toga, analiza registrovanih instrumentalnih podataka pokazuje da ne treba koristiti formulu $PGA=PGD \times (2\pi/T)^2$ jer ona odgovara sinusoidi, i pri realnim zapisima ona je niža oko 7 puta od realne. Vrednostima parametara navedenih u tabeli 3 odgovaraju instrumentalnim registracijama do dubine od 2,5m.

Pored toga, pri istim vrednostima ubrzanja intezitet zemljotresa je veći na mekim tlima u odnosu na tvrda (ali samo pri elastičnom ponašanju mekog tla pri zemljotresnom opterećenju), no kada su meka tla van elastičnog ponašanja amplitude ubrzanja na njemu su manje od onih koje se javljaju na tvrdom tlu. Na seizmički intezitet ne učestvuje samo nivo seizmičkih oscilacija. Važna je i dužina trajanja oscilacijai i na to ukazuje intezitet po Arijesu ili pak dužina intervala vremena u okviru koga obvojnica amplituda ubrzanja prevršuje polovinu maksimalne magnitude.

U tabeli 4, prikazali smo brzine transferzalnih talasa u površinskom delu geološke sredine debljine 30 metara i kategorije tla kojima one odgovaraju u Internacionalnom građevinskom kodu i u našem bivšem pravilniku (dobro, srednje i loše.)

Internacional bildig code	E					D				C			B	A
	Vs (m/s)	60	90	120	150	180	200	250	300	350	400	600	750	2500
Pravilnik	Loše tlo					Srednje tlo								Dobro tlo

U tabeli 5 dat je opis kategorizacije tla u SAD-u prema klasifikaciji (BSSC, 2003)

Tabela 5

Klasa tla	Opis tla	Brzina transferzalnih talasa V_s (m/s) u gornjih 30m	Otpornost na broj udara pentracije N	Nedrenirana čvrstoća Kpa
A	Jedra stena	<1500	-	-
B	Stenovito tlo	760 - 1500	-	-
C	Vrlo zbijeno tlo ili ispucalo stenovito tlo	360 - 760	>50	>100
CD	Tlo sa svojstvima između klasa C i D	270 - 555	15 - 50	50 - 100
D	Zbijeno dispersno tlo	180 - 360	<15	50 - 100
DE	Tlo sa svojstvima između klasa D i E	90 - 270		50 - 100
E	Rastresito disperzno tlo	<180		<50
F	Osobeno tlo za koje treba sprovesti specijalna istraživanja			

U Evrokodu EC8 polazi se od toga, da je za rezultat delovanja zemljotresa na površini terena odgovoran geološki prostor i njegova inženjersko geološka i hidrogeološka svojstva debljine od 30 metara. Za uslojenu geološku sredinu debljine 30 metara u sredinu Evrokod EC8 za potrebe njene klasifikacije traži korišćenje osrednjene vrednosti brzine smičućih talasa $V_{s,30}$ koju treba izračunati prema formuli:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{V_i}}$$

gde je: h_i i V_i označavaju redom debljinu u (metrima) i brzinu smičućih talasa (na nivou seizmičkih dilatacija reda 10^{-5} ili manje) za sloj i , od ukupno n koji se nalaze u gornjih 30 metara dubine. Pri izboru uslova terena na lokacijama koristi se kategorizacija terena koja je navedena tabelarno u Evrokodu EC8, i u ovom tekstu je prikazana u tabeli 6.

Tabela 6: Parametri kategorije geološke sredine (tla) po Evrokodu EC8

Kategorija tla	Opis geološkog profila	Parametri		
		$V_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} Udarci /30cm	C_u kPa
A	Stena ili stenska geološka formacija, uključujući najviše 5m slabijeg materijala na površini	>800	-----	--
B	Depoziti vrlo gustog peska, šljunka ili vrlo krute gline, debljine barem nekoliko desetina metara, sa povećanjem mehaničkih osobina sa dubinom	360 - 800	>50	>250
C	Duboki depziti gustog ili srednje gustog peska, šljunka ili krute gline, sa debljinama od nekoliko desetina do više stotina metara	180 - 360	15 - 50	70 - 250

<i>D</i>	<i>Depoziti slabo do srednje nekohe-zivnog tla (sa ili bez mekih kohezivnih slojeva) ili dominantno meko do čvrsto kohezivno tlo</i>	<i><180</i>	<i><15</i>	<i><70</i>
<i>E</i>	<i>Tlo čiji se profil sastoji iz alu-vijalnog sloja sa vrednostima V_{sz0} za tip C i D i sa debljinom koja varira između oko 5m i 20m, ispod kojeg je kruće tlo sa $V_s > 500\text{m/s}$</i>			
<i>S1</i>	<i>Depoziti koji se sastoje ili sadrže sloj od barem 10m debljine mekih glina/mulja sa visokim indeksom plastičnosti ($PL > 40$) i sa visokim sadržajem vode</i>	<i><100</i>	<i>-----</i>	<i>10-20</i>
<i>S2</i>	<i>Depoziti likvefabilnog tla, sastavljeni od osetljivih glina ili bilo kog drugog profila tla koji nije uključen u Tipove A-E ili S1</i>			

U detaljisanju zemljotresne opasnosti za potrebe zemljotresnog pororačuna u daljem potrebno je za potrebe oficijalne regulative oceniti specifičnosti uticaja zemljotresa autohtone seizmičnosti i alohtone seizmičnosti na lokaciju. Uticaj autohtone seizmičnosti u EC8 uvažava se zahtevom po kome ne treba graditi objekat u blizini uticajnosti seizmički aktivnih raseda.

Za dalju analizu regulative koja se odnosi na Srpski Evrokod EC8 naveli smo geografske koordinate Niša koje su na 43°19' severne geografske širine i 21°54' istočne geografske dužine. Navedene geografske koordinate nalaze se unutar prostora za koji se prema Srpskom Standardu EC8 primenjuje spektar odgovora 3 i mi smo dalje u tekstu citirali ovaj deo Standarda:

(citat)

2.9 Тачке 3.2.2.1(4), 3.2.2.2(2)II

На територији Србије користе се два типа спектра – тип 1 и тип 3.

Спектар типа 1 генерално се користи на територији Србије, а спектар типа 3 се користи само на делу територије означеној на слици NA 3.2 према табели NA 3.2.

Параметри S , T_B , T_C и T_D , којима се дефинише облик хоризонталног еластичног спектра типа 1, дати су у табели 3.2, SRPS EN 1998-1:2018.

За хоризонталне компоненте сеизмичког дејства, еластични спектар одговора типа 1 $S_e(T)$ дефинисан је следећим изразима (3.2), (3.3), (3.4) и (3.5) (видети слику 3.2, SRPS EN 1998-1:2018).

Вредности параметара S , T_B , T_C и T_D којима је дефинисан облик хоризонталног еластичног спектра типа 3, дате су у табели NA 3.1.

Табела NA 3.1 – Вредности параметара који описују препоручени тип 3 еластичног спектра одговора

Категорије тла	S	$T_B(s)$	$T_C(s)$	$T_D(s)$
A	1,0	0,07	0,7	3,0
B	1,1	0,07	0,7	3,0
C	1,05	0,07	0,7	3,0
D	1,25	0,10	0,8	3,0
E	1,3	0,10	0,8	3,0

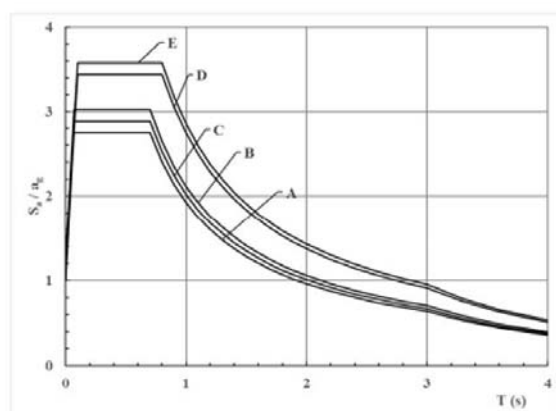
За хоризонталне компоненте сеизмичког дејства, еластични спектар одговора типа 3 $S_e(T)$ дефинисан је следећим изразима (видети слику NA 3.1):

$$0 \leq T \leq T_B : S_e(T) = a_g S \left[1 + \frac{T}{T_B} (2,75\eta - 1) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_e(T) = 2,75 a_g S \eta$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_e(T) = 2,75 a_g S \eta \left[\frac{T_C}{T} \right]$$

$$T_D \leq T \leq 4s : S_e(T) = 2,75 a_g S \eta \left[\frac{T_C T_D}{T^2} \right]$$

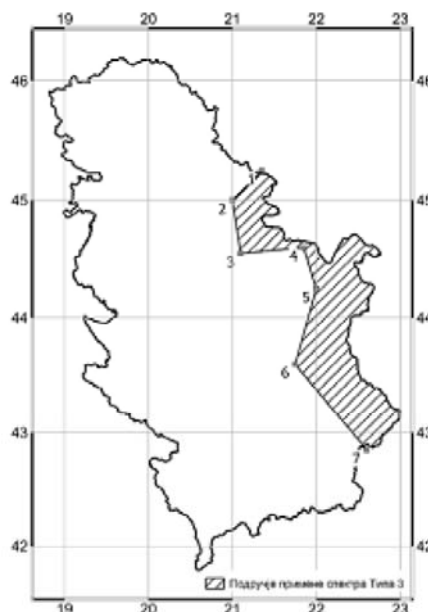


Слика NA 3.1 – Препоручени тип 3 еластичног спектра одговора за категорије тла А до Е (5% пригушења)

Подручје примене спектра типа 3 је дефинисано географским координатама датим у табели NA 3.2 и приказано је осенченом источном границом Србије на слици NA 3.2.

Табела NA 3.2 – Координате тачака подручја примене спектра типа 3

Бр.	Lat (N)	Lon (E)
1	45,25	21,35
2	45,00	21,00
3	44,55	21,10
4	44,60	21,85
5	44,25	22,00
6	43,60	21,75
7	42,85	22,60



Слика NA 3.2 – Подручје примене спектра типа 3

2.10 Тачка 3.2.2.3(1)П

Вредности параметара a_{vg} , T_B , T_C и T_D који дефинишу облик вертикалног еластичног спектра дате су у табели NA 3.3.

Табела NA 3.3 – Препоручене вредности параметара који дефинишу вертикалан спектар одговора

Спектар	a_{vg}/a_g	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
Тип 1	0,90	0,05	0,15	1,0
Тип 3	0,70	0,03	0,32	3,0

2.11 Тачка 3.2.2.5(4)П

Усваја се препоручена вредност $\beta = 0,2$.

2.12 Тачка 4.2.3.2(8)

(završen citat)

Citirani deo Srpskog Standarda odnosi se na uticajnost na definisani prostor u citiranom tekstu tzv. Vrančijskih zemljotresa magnitude veće od 7,5 jedinica Rihterove skale. Ovi zemljotresi naročito utiču na seizmo otpornost elastičnih objekata (tip kula) koji imaju veliki period sopstvenog oscilovanja.

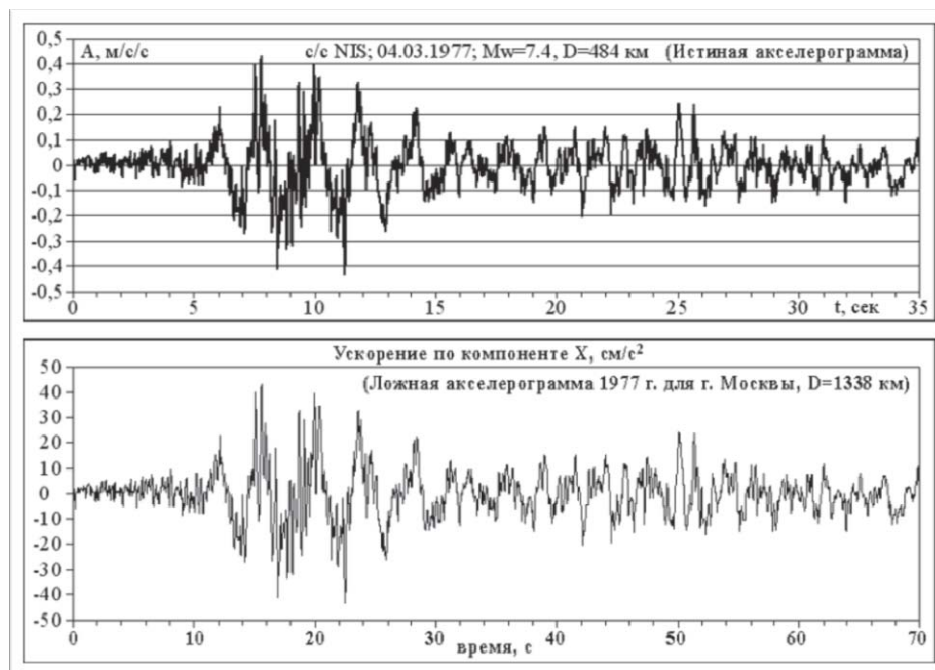
U prošlosti, masovna izgradnja visokih elastičnih nije bila značajno zastupljena i zato uticajnost ovih potresa nije bila uvažavana. Međutim, zemljotres iz epicentralnog područja Vranče-e od 04.03,1977. godine na soliterima na Novom Beogradu naneo je štete kozmetičke prirode dok je u Istočnoj Srbiji u Krajinskoj oblasti za sanaciju šteta na soliterima učestvovala svojim sredstvima država.

Na slici 3, prikazana je shematska karta izoseista potresa iz 1977. godine. Sa ove slike vidi se da je Niš kao i Beograd bio pogođen intenzitetom šestog stepena.



Slika 3: Shematska karta izoseista Rumunskog zemljotresa od 04.03.1977.godine. Prostor Niša bio je u zoni šestog stepena seizmičke skale.

Na slici 4, prikazali smo akceleroگرام tog zemljotresa iz 1977. godine koji je registrovan u Nišu, koji je bio zahvaćen istim seizmičkim stepenom kao i Beograd. Ovaj akceleroگرام preuzeli smo iz rada sa naslovom: „Instrumentalna osmatranja seizmičkih pojava istočno karpatskih zemljotresa na teritoriji Moskve“ čiji je autor V.I. Ulomov dr.fiz-mat. nauka, prof. Geofizike iz Instituta Fizike Zemlje i Moskve, RAN.

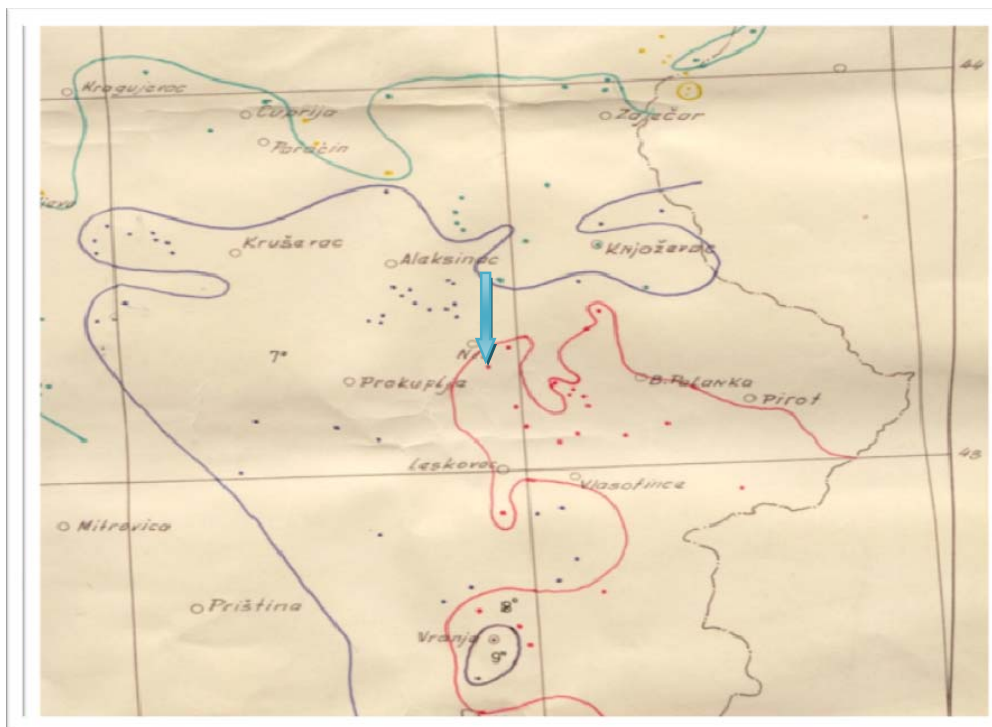


Slika 4: Gornji deo slike prikazuje horizontalnu komponentu akceleroograma potresa koji se desio 04.03.1977. godine, a epicentar mu je bio u epicentralnom području Vranče-e (registrovana u Nišu). Donji deo slike prikazuje horizontalnu sintetičku komponentu akceleroograma koja je predložena za Moskvu.

Za naše potrebe registrovani akceleroogram u Nišu koristan je izvor instrumentalne informacije za intezitet $I=6^0$ na našim prostorima. Akceleroogram registrovan u Nišu pokazuje, da je maksimalno ubrzanje na njemu oko vrednosti **42cm/s²**. Najveće vrednosti amplituda nalaze se u intervalu perioda 0,4s do 3-4s, što odgovara frekfentnom dijazonu od 0,3Hz do 2,5Hz.

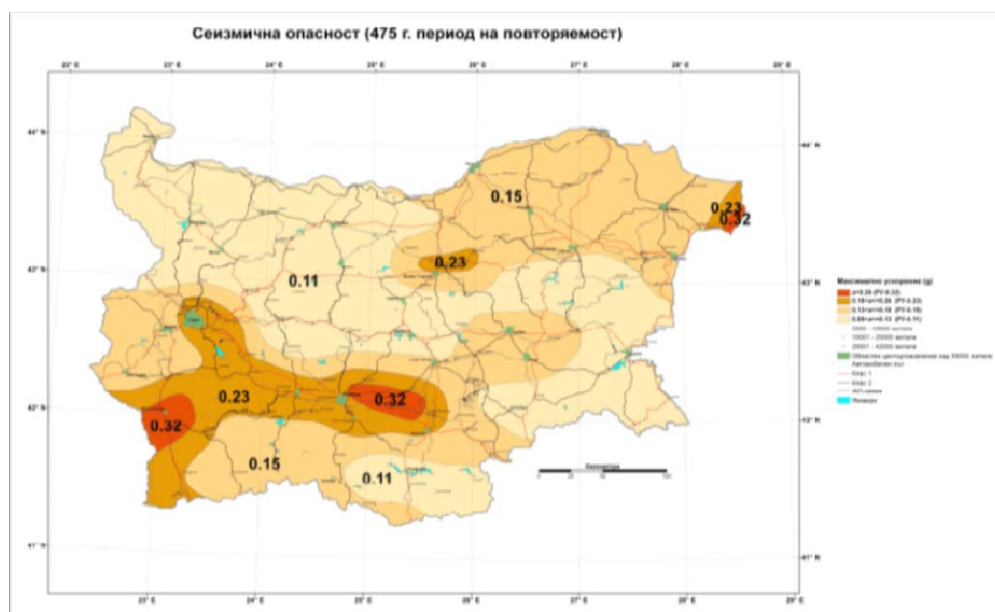
Ističemo, da u delu citiranog teksta Srpskog Standarda (slika na 3.2 – područje primene spektra 3) za naš slučaj, traži amplifikaciju $a_{gr} \cdot \gamma$. (gde je γ – factor značaja objekta, $a_{gr}=0,10g$ uz uvažavanje spectra odgovora 3.

Međutim, za prostor Niša na gornji prag seizmičnosti utiču jaki zemljotresi iz epicentralnog područja Kresna Simitli u Bugarskoj magnitude od 7,4 (prvi potres) i 7,8 (drugi potres). Navedeni potresi dogpdili su se 04. aprila 1904. godine i najači su do sada evidentirani potresi na Balkanskom Poluostrvu. Prvi se dogodio u 10^h 05^{min} i imao jed magnitudu $M_s=7,1$ jedinica Rihterove skale i intezitet $I_0=IX$ MSK, a drugi se dogodio istog dana u 10^h 26^{min} i imao je magnitudu $M_s=7,8$ jedinica Rihterove skale i intezitet $I_0=X$ MCS. Na slici 2 (Privremena seizmološka karta) podučje Niša bilo je pogođeno intezitetom osmog stepena. Inače, Privremena seizmološka karta uvažila je kartu reintrepiranu kartu izoseista navedenih potresa za prostor Srbije i ova karta prikazana je na slici 5.



Slika 5. Karta zbirnog uticaja potresa od 4. aprila 1904. godine prema M. Vukašiniću. Sa slike može se videti da je područje Niša bilo zahvaćeno intezitetom sedmog do osmog stepena seizmičke skale MCS

U daljem tekstu na slici 6, prikazana je seizmičnost prostora Bugarske na oleati koja se odnosi na povratni period zemljotresa od 475 godin, a pri čemu je seizmičnost izražena preko amplitude ubrzanja na tipu tla „A“.

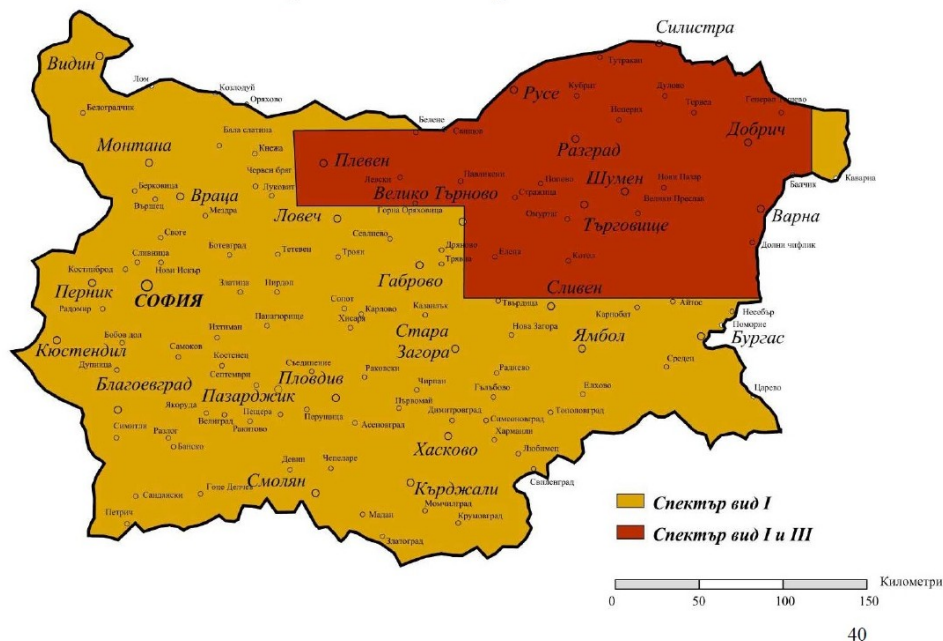


Slika 6. Oleata seizmološke karte Bugarske za povratni period zemljotresa od 475 godina, pri čemu je seizmičnost izražena preko amplitude ubrzanja na tipu tla „A“.

Sa slike 6, vidi se da je na prostoru sa granicom Srbije zona sa vrednošću 110 sm/s^2 i 150 sm/s^2 . No, na seizmološkoj karti za naš prostor prikazanoj na slici 1, kontaktna zona granice sa Bugarskom je sa ubrzanjem od $0,10g$.

Dalje, iz Bugarskog Evrokoda EC8 preuzeli smo sliku koja prikazuje prostor u Bugarskoj za koji se traži primena Spektra odgovora 1 i 3 slika 7.

България – спектар вид I и вид II

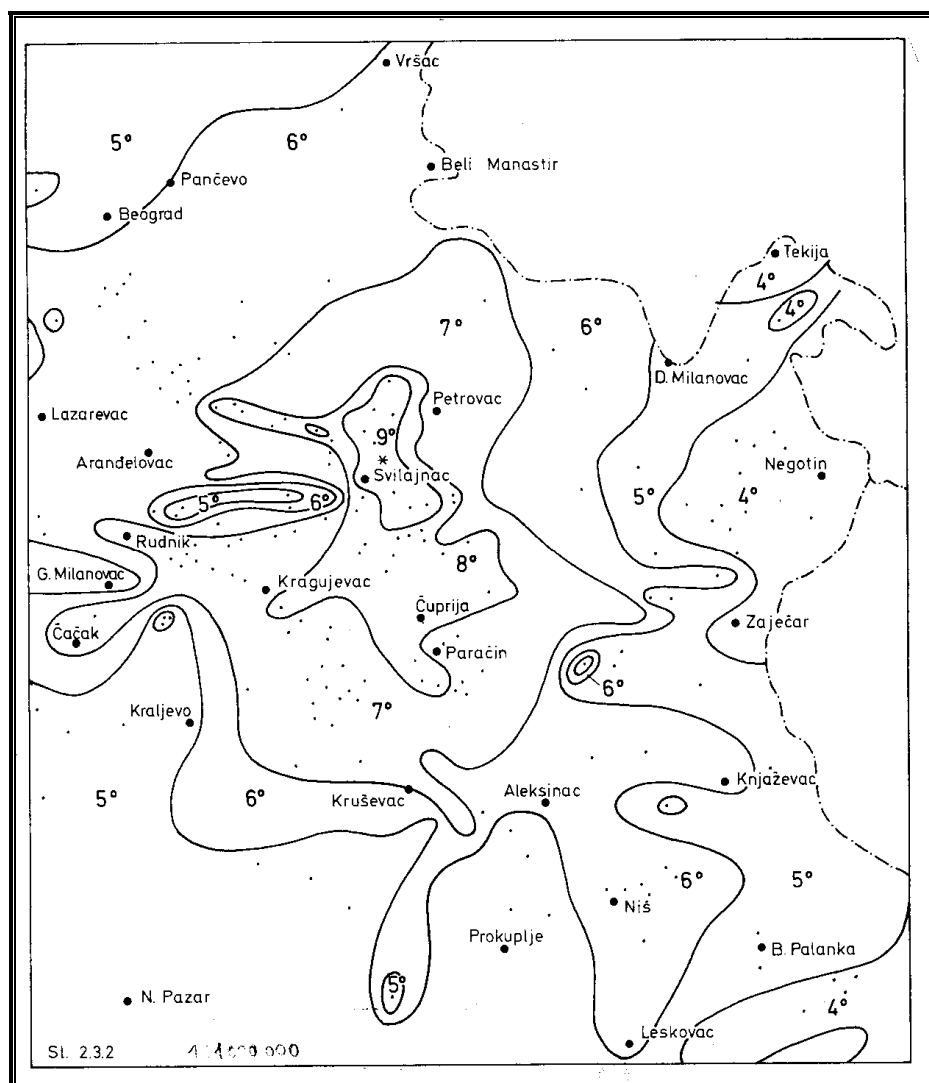


Slika 7. Prostor Bugarske za koji se uvažavaju spektri odgovora 1 i spektri odgovora 2.

Sa slike 7, vidi se apsolutna nepodudarnost prostora za koji se primenjuju spektri odgovora 1 i 3 koji su prisutni u Srbiji i Bugarskoj.

Treći značajniji uticaj na seizmičnost predmetne lokacije uzrokuju zemljotresi Svilajnačka epicentralna zona koja je vezana za seizmogeni rased koji se pruža duž doline reke Resave na potezu Svilajnac – Sedlare – Medveđa. Ova zona je 08.04.1893. godine generisala je jak zemljotres koji je u epicentru imao intenzitet 9^0 stepeni seizmičke MCS skale, dok je makro magnituda ovog potresa po M. Vukašiniću ocenjena sa $M=6,3$ jedinica Rihterove skale, a dubina ognjišta sa vrednošću $h=18 \text{ km}$.

M. Vukašinić je izvršio reinterpetaciju prikupljenih podataka o ovom zemljotresu jer u vreme kada se potres dogodio nije bilo seizmološke službe u Srbiji. Rezultat pomenute reintrepetacije je izrada karte izoseista ovog potresa i shematski izgled ove karte izoseista prikazan je na slici 8.



Slika 8. Karta izoseista Svilažnjakog zemljotresa koji je zahvatio Niš odnosno predmetni prostor intezitetom šestog seizmičkog stepena.

6. PROJEKTI PARAMETRI SEIZMIČNOSTI

Sprovedena analiza pokazala je, da je za seizmičnost predmetnog prostora bitna uticajnost jakih zemljotresa iz epicentralnih područja:

-Svilažnja koje je na epicentralnoj udaljenosti 110km i maksimalne magnitude $M=6,2 - 6,5$ jedinica Rihterove skale

-Kresna Simitli koje je na epicentralnoj udaljenosti 190km i maksimalne magnitude $M=7,4 - 7,8$ jedinica Rihterove skale

-Vrančee koja je na epicetralnoj udaljenosti od lokacije reda 500km I maksimalne magnitude $M=7,5 - 8,0$. jedinica Rihterove skale

-Prema seizmotektonskoj karti koju je uradio B. Sikošek u blizini Niša prisutan je seizmogeni rased koji je do sada generisao zemljotrese magnitude reda $M=3,5$ jedinica Rihterove skale ali prema njegovoj dužini on ima seizmogeni potencijal od 5 jedinica Rihterove skale i generisanjem u epicentralnoj zoni inteziteta od 7⁰ seizmičke skale.

Za potrebe određivanja kategorije tla na prostoru lokacije na kojoj se planira izgradnja predmetnog kompleksa objekata izvedena su tri refrakciona seizmička profila jedinične dužine po 150m, što obezbeđuje dubinski zahvat od 30 metara koji traži Evrokod EC8. Srednje vrednosti brzina prostiranja transferzalnih elastičnih talasa za modele debljine geološkog dispozitiva od 30 metara po Rrefrakcionim seizmičkim profilima su:

- Refrakcioni seizmički profil RP-1

Srednja vrednosti brzina prostiranja transferzalnih elastičnih talasa iznosi **382m/s**, i po kategorijizaciji tla prema Evrokodu EC8 tlo je svrstano u kategoriju „B“.

- Refrakcioni seizmički profil RP-2

Srednja vrednosti brzina prostiranja transferzalnih elastičnih talasa iznosi **390m/s**, i po kategorijizaciji tla prema Evrokodu EC8 tlo je svrstano u kategoriju „B“.

- Refrakcioni seizmički profil RP-3

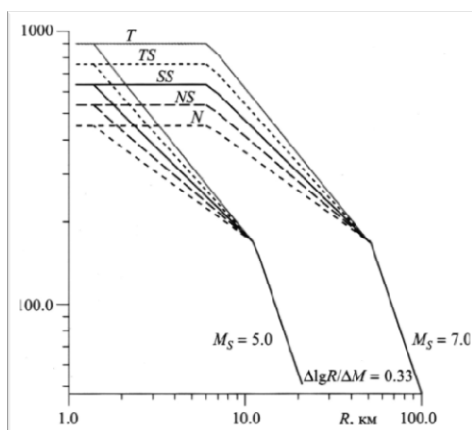
Srednja vrednosti brzina prostiranja transferzalnih elastičnih talasa iznosi **387m/s**, i po kategorijizaciji tla prema Evrokodu EC8 tlo je svrstano u kategoriju „B“.

Na osnovu rezultata refrakcionih seizmičkih ispitivanja merenjem srednjih vrednosti brzina prostiranja transferzalnih elastičnih talasa može se konstatovati da geološki prostor lokacija građevinskih sadržaja kompleksa pripada kategoriji „B“ po kategorizaciji Evrokoda EC8.

Hipocentri novih jakih zemljotresa iz istog epicentralnog područja ne javljaju se na istim mestima na kojima su dogodili raniji zemljotresi. Uzima se da je ova migracija reda za tri do četiri veličine radijusa ognjišta, duž seizmogenog raseda.

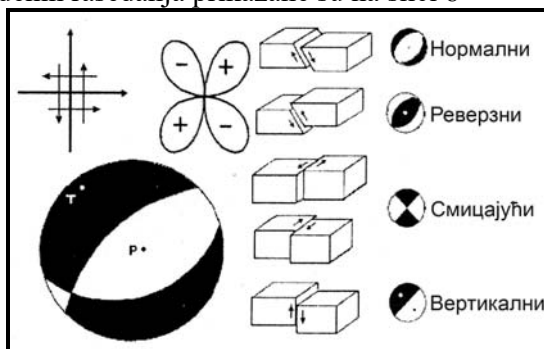
Pristup obrade instrumentalnih podataka dogođenih zemljotresa koji uvažava detalje zona uticaja nudi različite korelacione zavisnosti i dalje u tekstu korišćene su korelacione zavisnosti prof. F.F. Apitkaeva. Uticaje jakih zemljotresa koji su odgovorni za gornji prag seizmičnosti prostora predmetne lokacije razmatrali smo uvažavajući kako navedenu faktografiju tako i korelacione zavisnosti novjeg datuma koje su integrisale kako navedenu faktografiju tako i obrađene novo sakupljene instrumentalne podatke.

Tako je utvrđeno, da prigušenje amplituda ubrzanja sa udaljenjenjem od hipocentra ima tri zone: ognjišna, bliža i dalja zona i grafički prikaz ponašanja amplitude ubrzanja (prema F.F. Apitkaevu) ilustrovan je na slici 8. Na slici 8, na ordinati grafika je amplituda ubrzanja u sm/s^2 , a na apcisi najkraće rastojanje od raseda. Horizontalne grane na grafiku govore o ponašanju amplituda ubrzanja unutar ognjišne zone a druga grana grafika o ponašanju amplituda ubrzanja unutar bliže zone, dok treća grana govori o ponašanju amplituda ubrzanja u daljoj zoni. Simboli iznad horizontalnih grana govore o tipu rasedanja pri nastanku zemljotresa i mi smo te načine rasedanja ilustrovali na slici 10. Na slici 10, ilustrovano je polje sila koje se javlja pri dešavanju zemljotresa (strelice) a desno od njih („osmicama“) sa naznakom „+“ i „-“, prikazan je raspored prvih nailazaka „P“ talasa na seizmogramima seizmoloških stanica koje okružuju epicentar potresa pri čemu se znak + odnosi na orijentaciju kretanja oscilacije ka udaljavanju od epicentra a znak – odnosi se na orijentaciju kretanja oscilacije ka približavanju epicentru potresa, dok je na lopti predstavljena ilustracija kretanja rasednih krila raseda na Šmitovom dijagramu.



Slika 9. Grafički prikaz ponašanja amplituda ubrzanja u ognjišnoj zoni (prva grana), bližoj zoni (druga zona) i daljoj zoni (treća grana).

Bližu Ilustraciju navedenih rasedanja prikazane su na slici 8



Slika 10. Ilustracija raseda i njihov prikaz na Šmitovoj lopti, kao i raspored nodalnih površi u zavisnosti od orijentacije prvog nailaska talasa na seizmogramu koji se registruje na seizmološkoj stanici.

U ognjišnoj zoni maksimalni amplitudni nivo amplitude ubrzanja ne zavisi od veličine magnitude već od načina rasedanja koje se odvijalo pri generisanju datog zemljotresa, i u tabeli 7, navedene su veličine PGA_0 u zavisnosti od načina rasedanja u ognjištu zemljotresa.

Tabela 7

C	PGA_0 sm/s ²	Tip pokretanja visećeg krila
0,800	900	Reversni normalni (T)
0,717	757	Reversno smicajući (T-S)
0,633	637	Smičući (S)
0,550	536	Normalno smičući (N – S)
0,467	450	Normalni (N)

Iz slike 8 i tabele 7, vidi se da blizu rasednog ogledala amplituda ubrzanja ne zavisi od magnitude zemljotresa. Blizu rasednog ogledala amplituda ubrzanja zavisi od načina rasedanja (tip rasedanja).

Treba reći, da sa udaljenjem od rasednog ogledala amplituda ubrzanja može da raste ali ne u zoni maksimalnih deformacija, nego u zoni minimalne čvrstoće sredine i ovakav model loše se podudara sa faktom da je zona anomaliskih amplituda najčešće raspoređena simetrično u odnosu na rased. Dodatno, uzroku rasta amplituda ubrzanja sa udaljenošću

od rasednog ogledala je da zona rasednog ogledala nema energije, no rased daje mogućnost oslobađanja nakupljene energije deformacija koja je prisutna u okružujućoj sredini. Uslovno navedenom, energija seizmičkih talasa koji se šire dalje od rasednog ogledala rastu do neke vrednosti, dok elementi sredine budu izlučivali višak energije iznad one koju oni prigušuju.

Empirički podaci govore, da na površini raseda ubrzanje ne zavisi od magnitude. Pojava mestimičnih povećanih ili smanjenih amplituda ubrzanja na površini terena u epicentralnoj zoni može se objasniti i pojavom stojećih talasa u ognjišnoj zoni.

Radijus ognjišne zone u okviru koga su prisutne brojne vrednosti PGA_0 navedene u tabeli 7. Vrednost R_{og} u zavisnosti od veličine magnitude ocenjuje se preko formule:

$$\text{Log}R_{og} \leq 0,33M - 1,51$$

Amplitude ubrzanja PGA u okviru bliže zone koja se nalazi u okviru radijusa R_{bz} kojga određuju formule:

$$0,33M - 1,51 < R_{bz} < 0,33M - 0,61$$

Amplitude ubrzanja u bližoj zoni ocenjuju se preko formule:

$$\text{Log}(PGA) = 0,209M - 0,633\log R_{bz} - 0,156 \pm 0,16$$

Ili preko formule:

$$\text{Log}(PGA) = C(0,33M - 0,61 - \log R_{bz}) + 2,23 \pm 0,16$$

$$170 \text{ sm/s}^2 < PGA < PGA_0, R_{og} < R_{bz} < R$$

Za dalju zonu čije rastojanje od rasednog ogledala označeno simbolom R
 $R \geq 0,33M - 0,61$

Amplitudu ubrzanja za dalju zonu ocenjena je preko formule:

$$\text{Log}(PGA) = 0,634M - 1,92\log R - 0,94 + C \pm 0,20$$

gde veličina konstante C zavisi od kategorije tla i za kategoriju tla 1 (dobro tlo) iznosi $C = -0,17$; za kategoriju tla 2 (srednje tlo) iznosi $0,0$; za kategoriju tla tipa 3 i 4 (slabo tlo) iznosi $0,17$.

Za kategoriju tla tipa 1:

$$\text{Log}(PGA) = 0,634M - 1,92\log R - 1,11 \pm 0,20$$

Za kategoriju tla tipa 2:

$$\text{Log}(PGA) = 0,634M - 1,92\log R - 0,94 \pm 0,20$$

Za kategoriju tla tipa 3 i 4:

$$\text{Log}(PGA) = 0,634M - 1,92\log R - 0,77 \pm 0,20$$

Ili preko formule:

$$\log \text{PGA} = 0,634M - 1,92 \log R + 1,076 \pm 0,18$$

Preovlađujući period T odnosno period koji odgovara očekivanoj maksimalnoj amplitudi ubrzanja možemo oceniti korišćenjem formule:

$$\log T(\text{sek}) = 0,15M + 0,25 \log R + C_1 - 1,9 \pm 0,20$$

gde je: konstanta C za reversni rased ima vrednost -0,10, za normalni rased 0,10 i za smicajući rased 0,00. Mi smo koristili za u proračunu normalan način rasedanja pri generisanju uticajnih zemljotresa, odnosno formulu oblika:

$$\log T(\text{sek}) = 0,15M + 0,25 \log R - 1,8 \pm 0,20$$

Dužina trajanja zemljotresa u metodologiji koja se koristi u proceduri zemljotresnog proračuna koji se navodi u seizmičkom pravilniku nije valorazivana, ali praksa i istraživanja pokazuju da je to neopravdano.

Treba napomenuti, da se za potrebe opisa obvojnice amplituda akcelorograma koristi korelacija seizmičkog intenziteta sa karakteristikama seizmičkih oscilacija: $I = I(a, \Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3, \Delta t_4)$, gde je: a - maksimalna amplituda ubrzanja; Δt_i - vremenski interval između dva zadana nivoa na obvojnici. Zbir navedenih vremenskih intervalnih vrednosti govori o dužini trajanja procesa a deo vremenskog intervala u kome je $A_{ob} \geq 0,5 A_{max}$ zove se vreme trajanja impulsa. Parametar A_{ob} predstavlja tekuću amplitudu obvojnice. Širina impulsa ima suštinski uticaj na seizmički intenzitet. Istraživanja pokazuju, da je moguća promena za dva seizmička stepena u zavisnosti od širine impulsa pri čemu su ostali parametri jednaki. Na akcelorogramu dužina trajanja predstavlja tzv. vremensku istoriju. Vremensku istoriju kao pojam možemo tretirati na različite načine. Pod pojmom „apsolutna“ podrazumeva se dužina trajanja amplituda ubrzanja na nivou većem od neke fiksirane vrednosti na pr. 0,05g. „Relativnom“ dužinom trajanja nazivamo vremensko trajanje amplituda oscilacija na nivou većem od nekog dela (odnosno procenata) maksimalne amplitude. Pored ovih pojmova u praksi se koristi i dužina trajanja jakog dela oscilacija u kome je sadržano 90% od opšte energije odnosno intenziteta i ova dužina trajanja izračunava se prema Arijesu (autoru predloga) preko

integrala: $I_A = \frac{\pi}{2g_0} \int_0^{t_0} a^2(t) dt$, gde je: t_0 - opšta dužina zapisa. Istraživanja pokazuju, da je

uslov koji zahteva navedeni integral, ispunjen kada se tretira vreme trajanja nivoa amplituda koje su veće od 20% od maksimalne amplitude, i ovo vreme trajanja obično nosi naziv efektivno trajanje.

Minimalni broj nezavisnih parametara koji opisuje seizmičke oscilacije tla za potrebe inženjerstva bio bi oko četiri i to: maksimalna amplituda, period koji odgovara ovoj amplitudi, širina seizmičkog impulsa i logaritamska širina spektra. Na seizmički intenzitet više utiče amplitudni nivo od dužine trajanja, a takođe je od velikog uticaja i brzina narastanja amplituda do maksimalne.

Širina impulsa, tj. vremenski interval u okviru koga amplitude seizmičkih oscilacija prevrću polovinu maksimalne amplitude odredili smo preko formule:

$$\log d = 0,15M + 0,5\log R + C_1 + C_2 - 1,3$$

$C_1 = 0,25$ za normalni način rasedanja, za smicajući način rasedanja $C_1 = 0,00$, za reversni način rasedanja $C_1 = -0,25$. Za prvu kategoriju $C_2 = -0,15$, za drugu kategoriju C_2 – je nula, a za treću $C_2 = 0,40$

Za naš slučaj:

$$\log d = 0,15M + 0,5\log R + 0,25 - 1,3$$

odnosno:

$$\log d = 0,15M + 0,5\log R - 1,05$$

- Svilajnska epicentralna zona je na epicentralnoj udaljenosti 110km i njena maksimalna magnitude je $M=6,5$ jedinica Rihterove skale.
- Kresna Simitli epicentralna zona je na epicentralnoj udaljenosti 170-190km i maksimalne magnitude su $M=7,4 - 7,8$ jedinica Rihterove skale
- Vrančejska epicentralna zona je na epicentralnoj udaljenosti reda 500km i maksimalne magnitude ovih potresa su $M=7,5 - 8,0$ jedinica Rihterove skale
- Niška epicentralna zona je na hipocentralnoj udaljenosti od 15km i maksimalne magnitude je $M=5,0$ jedinica Rihterove skale

Amplitude ubrzanja na predmetnom prostoru koje mogu uzrokovati jaki zemljotresi iz navedenih epicentralnih zona, računane su po navedenim formulama i navedene su dalje u tekstu.

Za Kresna Simitli epicentralnu zonu:

Za magnitude 7,4 i hipocentralnu udaljenost od 170km PGA se kreće u granicama:

- $13\text{sm/s}^2 < 20\text{sm/s}^2 < 32\text{sm/s}^2$ (kategorija tla 1)
- $19\text{sm/s}^2 < 30\text{sm/s}^2 < 47\text{sm/s}^2$ (kategorija tla 2)
- $20\text{sm/s}^2 < 31\text{sm/s}^2 < 46\text{sm/s}^2$ (kategorija tla 1 do 2)

Za magnitude 7,8 i hipocentralnu udaljenost od 170km PGA se kreće u granicama:

- $22\text{sm/s}^2 < 36\text{sm/s}^2 < 57\text{sm/s}^2$ (kategorija tla 1)
- $33\text{sm/s}^2 < 53\text{sm/s}^2 < 85\text{sm/s}^2$ (kategorija tla 2)
- $36\text{sm/s}^2 < 55\text{sm/s}^2 < 83\text{sm/s}^2$ (kategorija tla 1 do 2)

Za magnitude 7,8 i hipocentralnu udaljenost od 190km PGA se kreće u granicama:

- $19\text{sm/s}^2 < 29\text{sm/s}^2 < 46\text{sm/s}^2$ (kategorija tla 1)
- $27\text{sm/s}^2 < 43\text{sm/s}^2 < 68\text{sm/s}^2$ (kategorija tla 2)
- $28\text{sm/s}^2 < 42\text{sm/s}^2 < 64\text{sm/s}^2$ (kategorija tla 1 do 2)

-Vrančejska epicentralna zona: Povratni period jakih Vrančejskih zemljotresa magnitude veće od 7,0 Rihterove skale je oko 42 godine pa je otuda seizmički rizik za objekte čija se izgradnja planira na predmetnom prostoru je daleko veći u odnosu na 10% koje traži Evrokod E8 i njegova srpska verzija. Imajući u vidu navedenu činjenicu, kao i veličinu amplitude PGA na akcelrogramu rumunskog zemljotresa iz 1977. godine koji je registrovan u Nišu, amplituda PGA za povratni period zemljotresa od 100 godina određena je sa vrednošću **50sm/s²**, a za povratni period zemljotresa od 500 godina (475) amplituda PGA određena je sa vrednošću **80sm/s²**.

Svilajnačka epicentralna zona:

Za magnitudu 6,5 i hipocentralnu udaljenost od 110km PGA za kategoriju tla 1 do 2 iznosi **19sm/s²**

Niška epicentralna zona:

Za magnitudu 5,0 i hipocentralnu udaljenost od 15km PGA za kategoriju tla 1 do 2 kreće se u granicama 65sm/s² < 97sm/s² < 147sm/s²

Preovlađujući period T koje mogu uzrokovati jaki zemljotresi iz navedenih epicentralnih zona na predmetnom prostoru, računane su po navedenoj formuli naveden je dalje u tekstu.

$$\log T(\text{sek}) = 0,15M + 0,25\log R - 1,8 \pm 0,20$$

Kresna Simitli epicentralna zona:

Za magnitudu 7,4 i hipocentralnu udaljenost od 170km, preovlađujući period T se kreće u granicama: 0,47s < 0,74s < 1,2s

Za magnitudu 7,8 i hipocentralnu udaljenost od 170km, preovlađujući period T se kreće u granicama: 0,53s < 0,85s < 1,34s

Za magnitudu 7,8 i hipocentralnu udaljenost od 190km, preovlađujući period T se kreće u granicama: 0,55s < 0,76s < 1,38s

Svilajnačka epicentralna zona:

Za magnitudu 6,5 i hipocentralnu udaljenost od 110km, preovlađujući period T se kreće u granicama: 0,31s < 0,48s < 0,77s

Niška epicentralna zona:

Za magnitudu 5,0 i hipocentralnu udaljenost od 15km, preovlađujući period T kreće se u granicama 0,11 < 0,18s < 0,28

Širina impulsa, koje mogu uzrokovati jaki zemljotresi iz navedenih epicentralnih zona na predmetnom prostoru, računane su po ranije navedenoj formuli, a dobieni rezultati dati su dalje u tekstu.

$$\log d = 0,15M + 0,5\log R - 1,05$$

Kresna Simitli epicentralna zona:

Za magnitudu 7,4 i hipocentralnu udaljenost od 170km širina impulsa d kreće se oko 15s.

Za magnitudu 7,8 i hipocentralnu udaljenost od 170km širina impulsa d kreće se oko 17s.

Za magnitudu 7,8 i hipocentralnu udaljenost od 190km širina impulsa d kreće se oko 18s.

Svilajnačka epicentralna zona:

Za magnitudu 6,5 i hipocentralnu udaljenost od 110km širina impulsa d kreće se oko 8,8s.

Niška epicentralna zona:

Za magnitudu 5,0 i hipocentralnu udaljenost od 15km širina impulsa d kreće se oko 2s.

6.1. PROJEKTNI PARAMETRI ZA PRIMENU EVROKODA EC8 ZA OBJEKTE VISOKOGRADNJE NASELJA „RIVER SIDE“

Planirani građevinski sadržaji predmetnog naselja obuhvataju izgradnju elastičnih i krutih objekata visokogradnje.

Zaprećena zemljotresna opasnost za planirani prostor na kome se planira izgradnja naselja potiče od jakih udaljenih zemljotresa iz oblasti Vrančije i Kresna Simitli, ali nije za podcjenjivanje ni uticaj jakih zemljotresa iz niške epicentralne zone. Uticaj jakih udaljenih zemljotresa iz oblasti Vrančije i Kresna Simitli dominantno utiču na seizmo otpornost krutih objekata. Jaki zemljotres iz oblasti Vrančije i Kresna Simitli je takav, da pobuđuje na oscilovanje celo tercijarno punjenje niške kotline što prevedeno na jezik Evrokoda EC8 traži uvažavanje uticaja tzv. duboke geologije. Otuda, u okviru kategorizacije tla na prostoru lokacije imali smo u vidu i navedeni uticaj.

Uticaj jakih zemljotresa iz oblasti Vrančije po parametru amplitude ubrzanja, podređen je u odnosu na uticajnost jakih zemljotresa iz epicentralne zone Kresna Simitli.

Po Srpskom Evrokodu EC8 predmetni prostor je u zoni koja traži uvažavanje spektra odgovora 3. U elaboratu, je navedena Bugarska seizmološku kartu (slika 7) koja je prisutna u Bugarskom Evrokodu EC8. Sa karte se vidi da se uticaj vrančijskih zemljotresa preko spektra odgovora 3 traži za severoistočni deo Bugarske tj, daleko od Vrančijskog prostora u našoj zemlji i sa njim nema nikakvog kontakta.

Preporuka je, da se elastični objekti **fundiranjem čvrsto povežu za temeljno tlo**, kako bi pri uticaju zemljotresa oscilovali u fazi sa tlom, i tako se što manje deformisali po visini. Ukoliko elastični objekat ima više dinamičkih celina takođe preporuka je, da budu segmentirani. Svakako treba izbeći fundiranje na istom temelju krutog i elastičnog objekta.

Elastični objekti, naročito su osetljivi (imaju problem gašenja vibracija) na dužinu trajanja dinamičkog opterećenja sa amplitudama PGA većim od $0,5PGA_{max}$, a to je karakteristika kako zemljotresa iz epicentralnog područja Vrančije-e tako i iz epicentralnog područja Kresna Simitli u Bugarskoj.

Za građevinske sadržaje naselja dobro je valorizovati njihovu funkciju i sa aspekta masovnog okupljanja ljudi, ali i faktor njihve visine pri određivanju numeričke vrednosti faktora značaja „ γ “. Napominjemo, da je kompetencija Projektanta određivanje kategorije građevinskih sadržaja predmetnog naselja, a naša je želja da ako možemo, da pomognemo Projektantu u odlukama.

Povratni period jakih Vrančijskih zemljotresa magnitude veće od 7,0 stepeni Rihterove skale je oko 42 godine, pa je otuda seizmički rizik za objekte čija se izgradnja planira na predmetnom prostoru je daleko veći u odnosu na 10% koje traži Evrokod E8 i njegova srpska verzija.

U blizini lokacije u Niču - Medoševcu **nema seizmogenih raseda** pa tako nema ograničenja za planiranu izgradnju predmetnog naselja sa ovog aspekta.

Sprovedenim istraživanjem određene su za potrebe sprovođenja procedure zemljotresnog proračuna određivanje veličine referentnog maksimalnog ubrzanja tla a_{gr} za tlo tipa „A“. **Ovo ubrzanje a_{gr} treba pomnožiti numeričkom vrednošću faktora značaja datog objekta „ γ_1 ” i na taj način odrediti projektnu vrednost ubrzanja $a_g = \gamma_1 a_{gr}$.**

Moguću pojavu likvefakcije **eliminise nivo zemljotresne pobude kao i kvalitet tla prostora** na kome se planira izgradnja predmetnog građevinskog kompleksa

6.1.1. PROJEKTNI PARAMETRI SEIZMIČNOSTI ZA UTICAJ VRANČEJSKIH ZEMLJOTRESA

Za „zahtev ograničenih oštećenja“

- Za tip tla „A“, vrednost maksimalnog ubrzanja tla $a_{gr} = 50\text{cm/s}^2 = 0,05g$
- Vrednost referentnog maksimalnog ubrzanja a_{gr} na tlu tipa „A“ a_{gr} treba ponožiti faktorom značaja datog objekta γ_1 (numeričku vrednost određuje Projektant), i na taj način dobiće se vrednost projektnog ubrzanja $a_g = \gamma_1 a_{gr}$
- Kategorija tla lokacije je *tipa „B“*
- Za potrebe zemljotresnog proračuna treba koristiti *spektar odgovora 3*

Za „zahtev da se objekat ne sruši“

- Za tip tla „A“, vrednost maksimalnog ubrzanja tla $a_{gr} = 80\text{cm/s}^2 = 0,08g$
- Vrednost referentnog maksimalnog ubrzanja a_{gr} na tlu tipa „A“ a_{gr} treba ponožiti faktorom značaja datog objekta γ_1 (numeričku vrednost određuje Projektant), i na taj način dobiće se vrednost projektnog ubrzanja $a_g = \gamma_1 a_{gr}$
- Kategorija tla lokacije je *tipa „B“*
- Za potrebe zemljotresnog proračuna treba koristiti *spektar odgovora 3*

6.2. PROJEKTNI PARAMETRI SEIZMIČNOSTI ZA UTICAJ KRESNA SIMITLI ZEMLJOTRESA I NIŠKIH ZEMLJOTRESA

Za „zahtev ograničenih oštećenja“

- Za tip tla „A“, vrednost maksimalnog ubrzanja tla $a_{gr} = 70\text{cm/s}^2 = 0,07g$
- Vrednost referentnog maksimalnog ubrzanja a_{gr} na tlu tipa „A“ a_{gr} treba ponožiti faktorom značaja datog objekta γ_1 (numeričku vrednost određuje Projektant), i na taj način dobiće se vrednost projektnog ubrzanja $a_g = \gamma_1 a_{gr}$
- Kategorija tla lokacije je *tipa „B“*.
- Za potrebe zemljotresnog proračuna treba koristiti *spektar odgovora 1*.

Za „zahtev da se objekat ne sruši“

- Za tip tla „A“, vrednost maksimalnog ubrzanja tla $a_{gr} = 100\text{cm/s}^2 = 0,10g$

- Vrednost referentnog maksimalnog ubrzanja a_{gr} na tlu tipa „A“ a_{gr} treba ponožiti faktorom značaja datog objekta „ γ_1 ” (numeričku vrednost određuje Projektant), i na taj način dobiće se vrednost projektnog ubrzanja $a_g = \gamma_1 a_{gr}$
- Kategorija tla lokacije je tipa „B“.
- Za potrebe zemljotresnog proračuna treba koristiti spektar odgovora 1.



Odgovorni projektanti

Slobodan Nedeljković

Mr. Slobodan Nedeljković, dipl. inž. geol.
- Smer za primenjenu geofiziku – Seizmolog

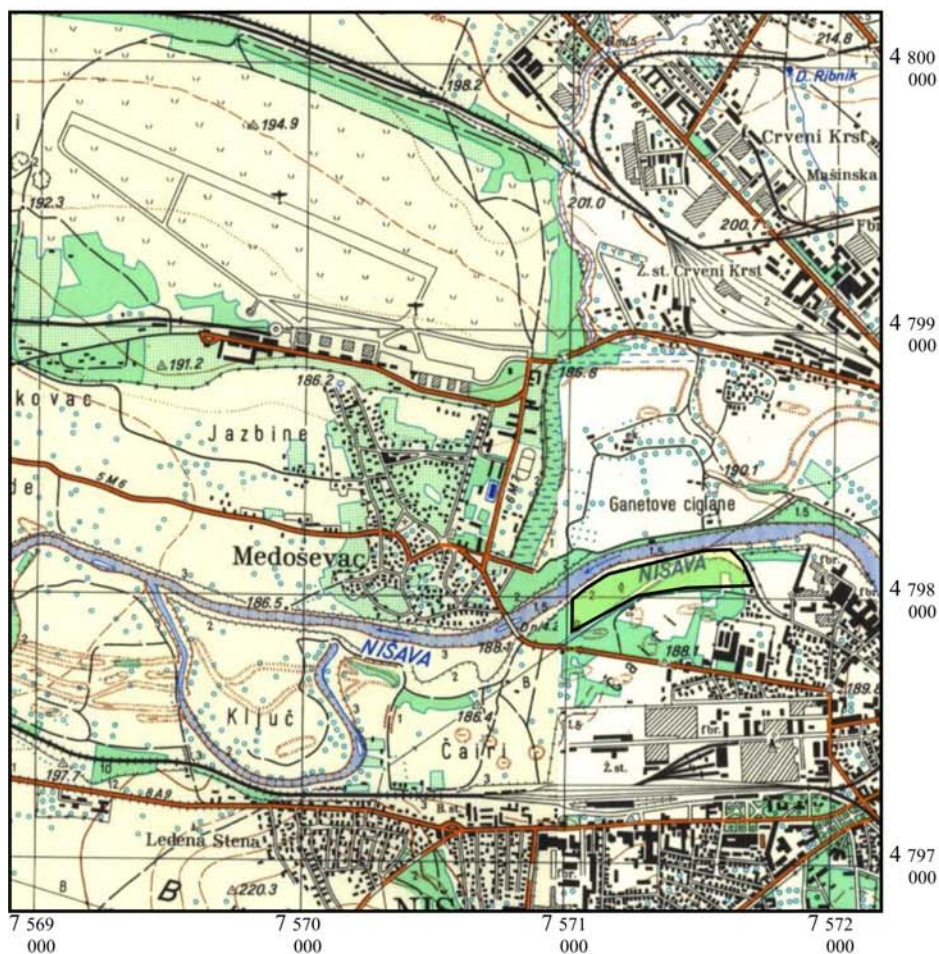


Vojislav Samolov

Vojislav Samolov, dipl. inž. geol.
Smer za primenjenu geofiziku

GRAFIČKI I DOKUMENTACIONI PRILOZI

TOPOGRAFSKA KARTA
 Niš 582_2_4
 Niš - Opština Medijana
 Stambeno-poslovni kompleks
 K.P.9928/8 K.O. Niš - Bujanj
 R 1 :25.000



LEGENDA:

- RP-1** Seizmički profil
-  Površina geofizički ispitana u 2024.god.

PRILOG 1.

OSNOVNA GEOLOŠKA KARTA

List: Niš

Niš - Opština Medijana

Stambeno-poslovni kompleks

K.P.9928/8 K.O. Niš - Bujanj

R 1 : 50.000

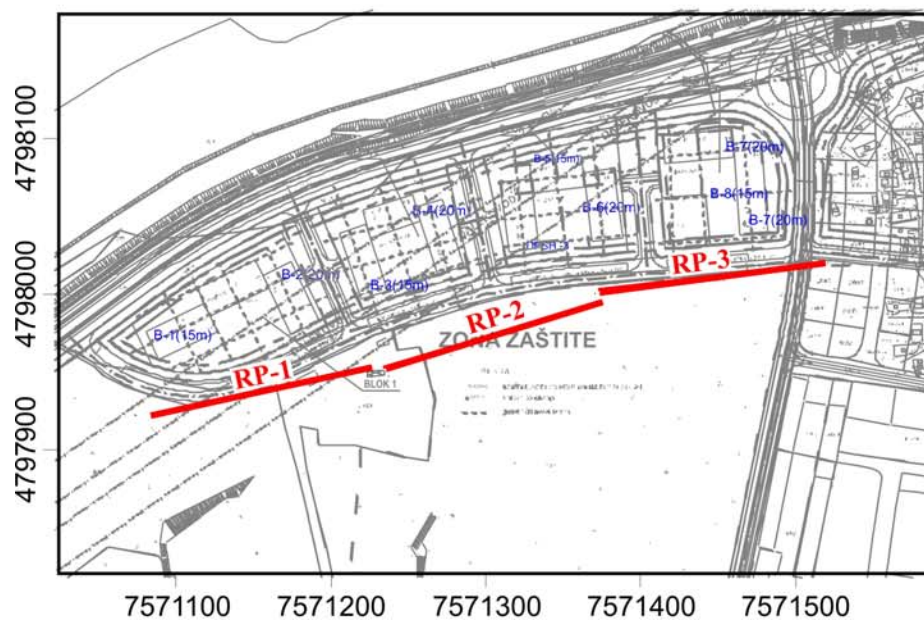


LEGENDA:

 Aluvijum	 Konglomerati, peščari, peskovi, gline, krečnjaci i laporci
 Najniža rečna terasa	 Krečnjaci
 Peskovi, šljunkovi i gline	 Površina geološki ispitana u 2024.god.

PRILOG 2.

SITUACIONI PLAN
Niš - Opština Medijana
Stambeno-poslovni kompleks
K.P.9928/8 K.O. Niš - Bubanj
R 1 : 5.000



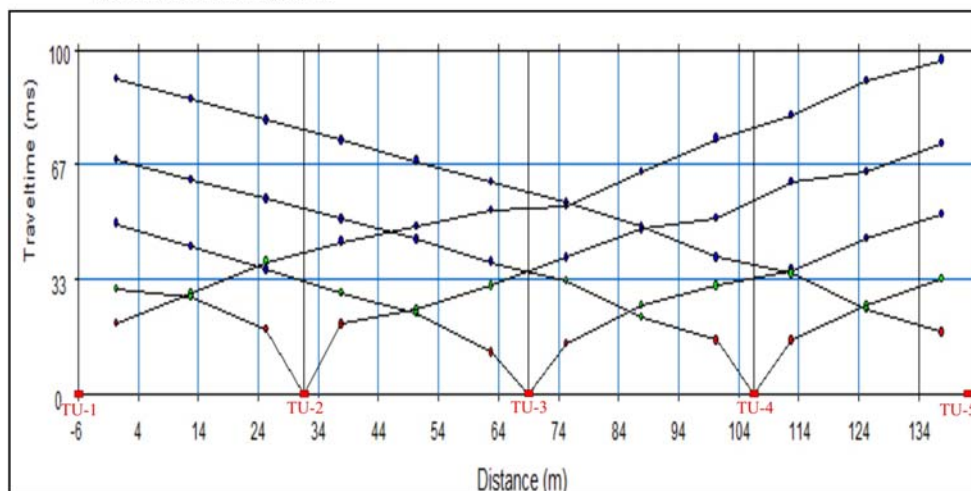
LEGENDA

RP-1 Seizmički profil

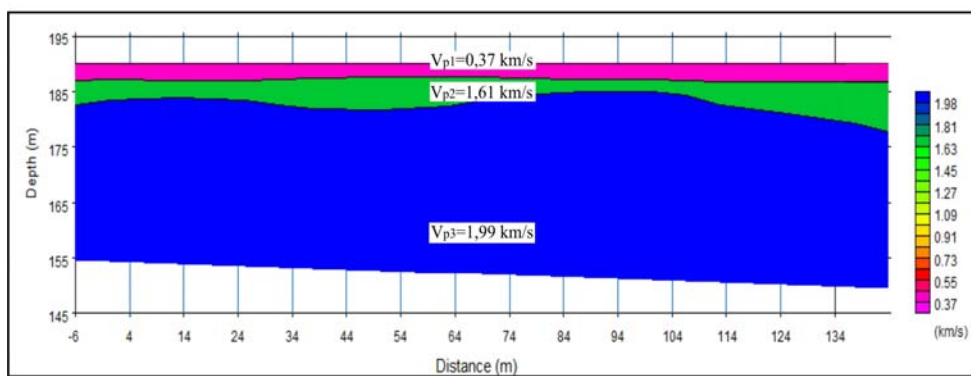
PRILOG 3.

SEIZMIČKI PROFIL **RP-1**
 Niš - Opština Medijana
 Stambeno-poslovni kompleks
 K.P.9928/8 K.O. Niš - Bubanj
 Seizmički V_p talasi
 R 1 : 1.000

Hodohrone brzina talasa V_p



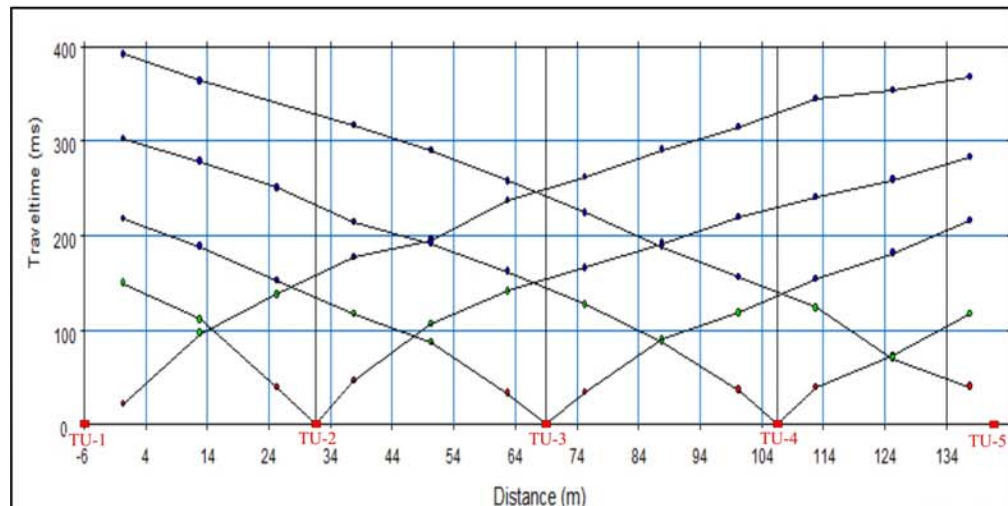
2D model model brzine longitudinalnih talasa V_p



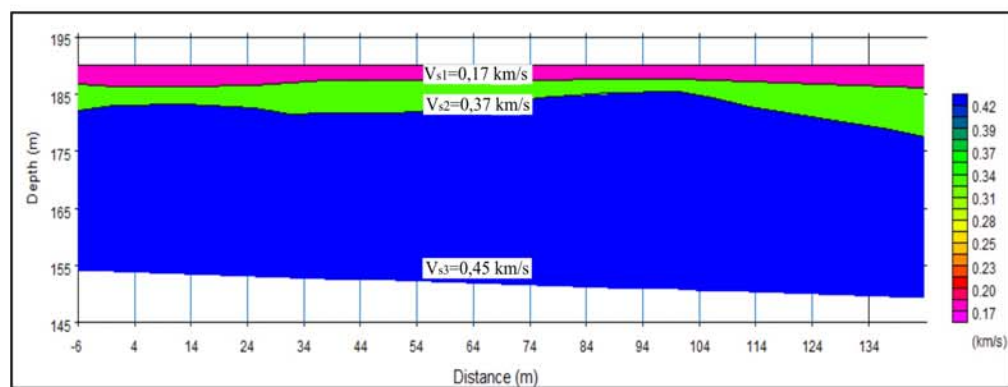
PRILOG 4.

SEIZMIČKI PROFIL **RP-1**
 Niš - Opština Medijana
 Stambeno-poslovni kompleks
 K.P.9928/8 K.O. Niš - Bujanj
 Seizmički V_s talasi
 R 1 :1.000

Hodohrone brzina talasa V_s

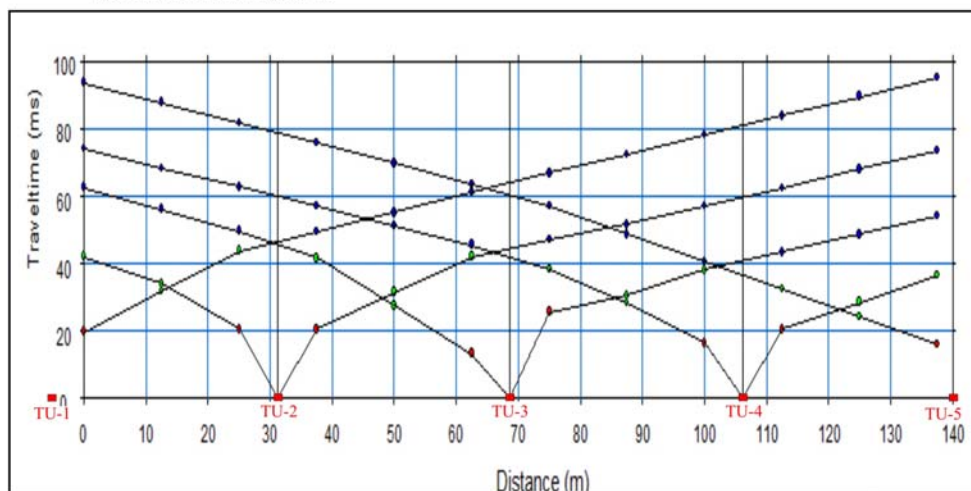


2D model model brzine longitudinalnih talasa V_s

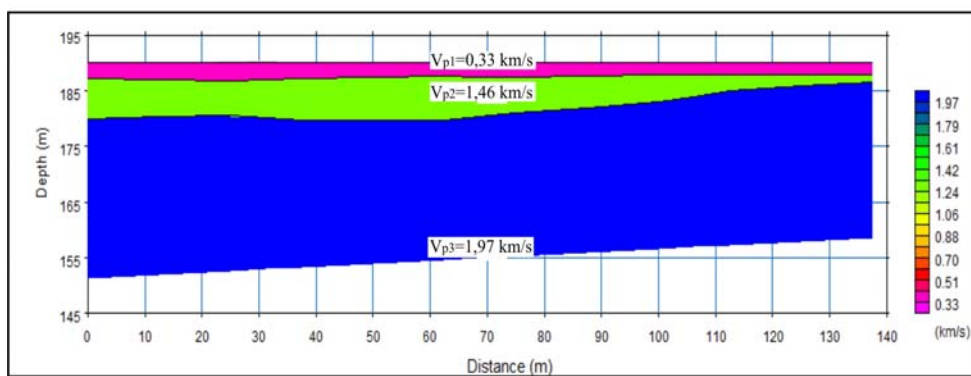


SEIZMIČKI PROFIL **RP-2**
Niš - Opština Medijana
Stambeno-poslovni kompleks
K.P.9928/8 K.O. Niš - Bubanj
Seizmički V_p talasi
R 1 : 1.000

Hodohrone brzina talasa V_p

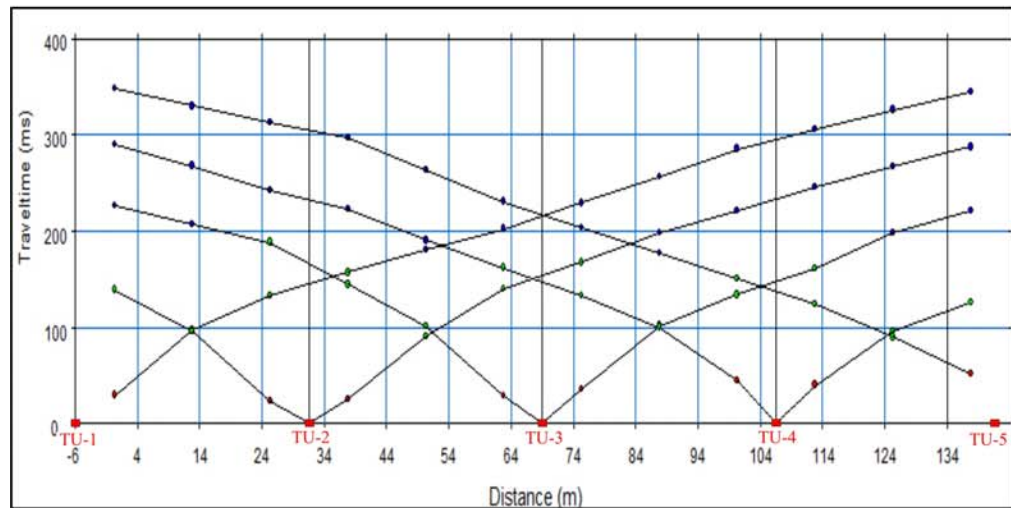


2D model model brzine longitudinalnih talasa V_p

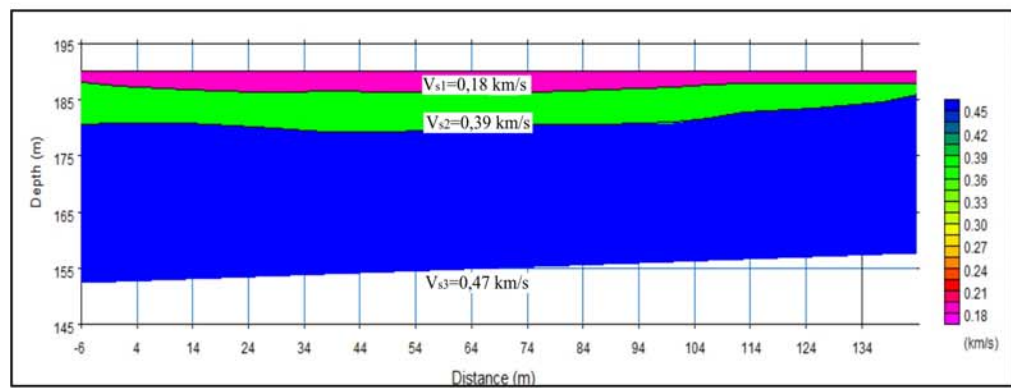


SEIZMIČKI PROFIL **RP-2**
 Niš - Opština Medijana
 Stambeno-poslovni kompleks
 K.P.9928/8 K.O. Niš - Bujanj
 Seizmički V_s talasi
 R 1:1.000

Hodohrone brzina talasa V_s

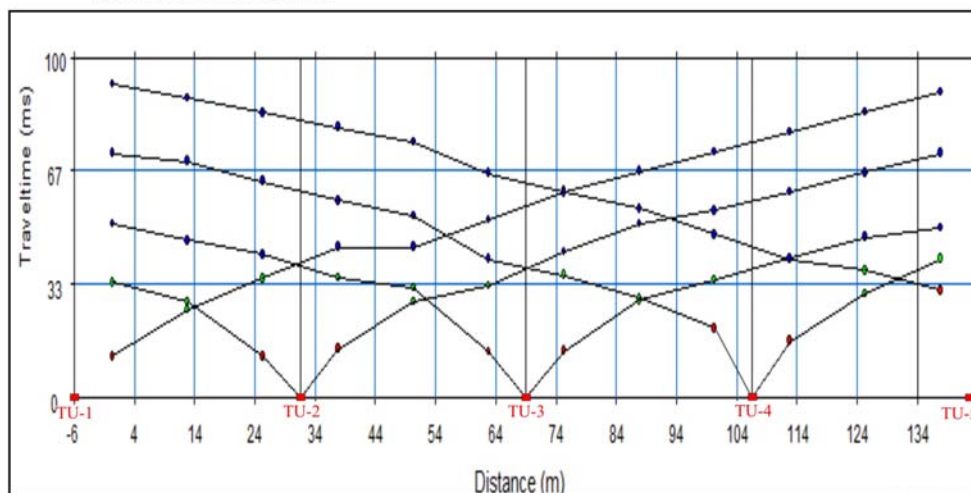


2D model model brzine longitudinalnih talasa V_s

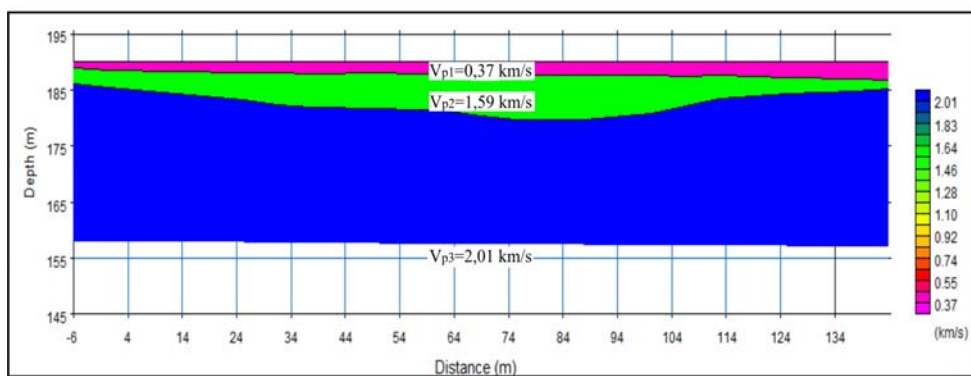


SEIZMIČKI PROFIL **RP-3**
 Niš - Opština Medijana
 Stambeno-poslovni kompleks
 K.P.9928/8 K.O. Niš - Bubanj
 Seizmički V_p talasi
 R 1 : 1.000

Hodohrone brzina talasa V_p

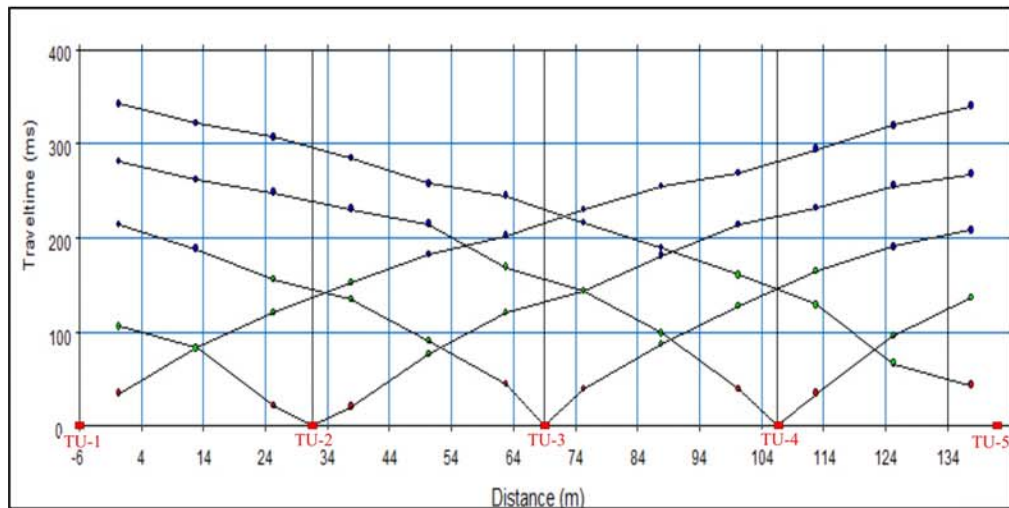


2D model model brzine longitudinalnih talasa V_p



SEIZMIČKI PROFIL **RP-3**
 Niš - Opština Medijana
 Stambeno-poslovni kompleks
 K.P.9928/8 K.O. Niš - Bujanj
 Seizmički V_s talasi
 R 1 :1.000

Hodohrone brzina talasa V_s



2D model model brzine longitudinalnih talasa V_s

