

IDENTIFIKACIJA I PROCJENA GEOLOŠKIH HAZARDA-ZEMLJOTRESA

1. Geotektonske karakteristike

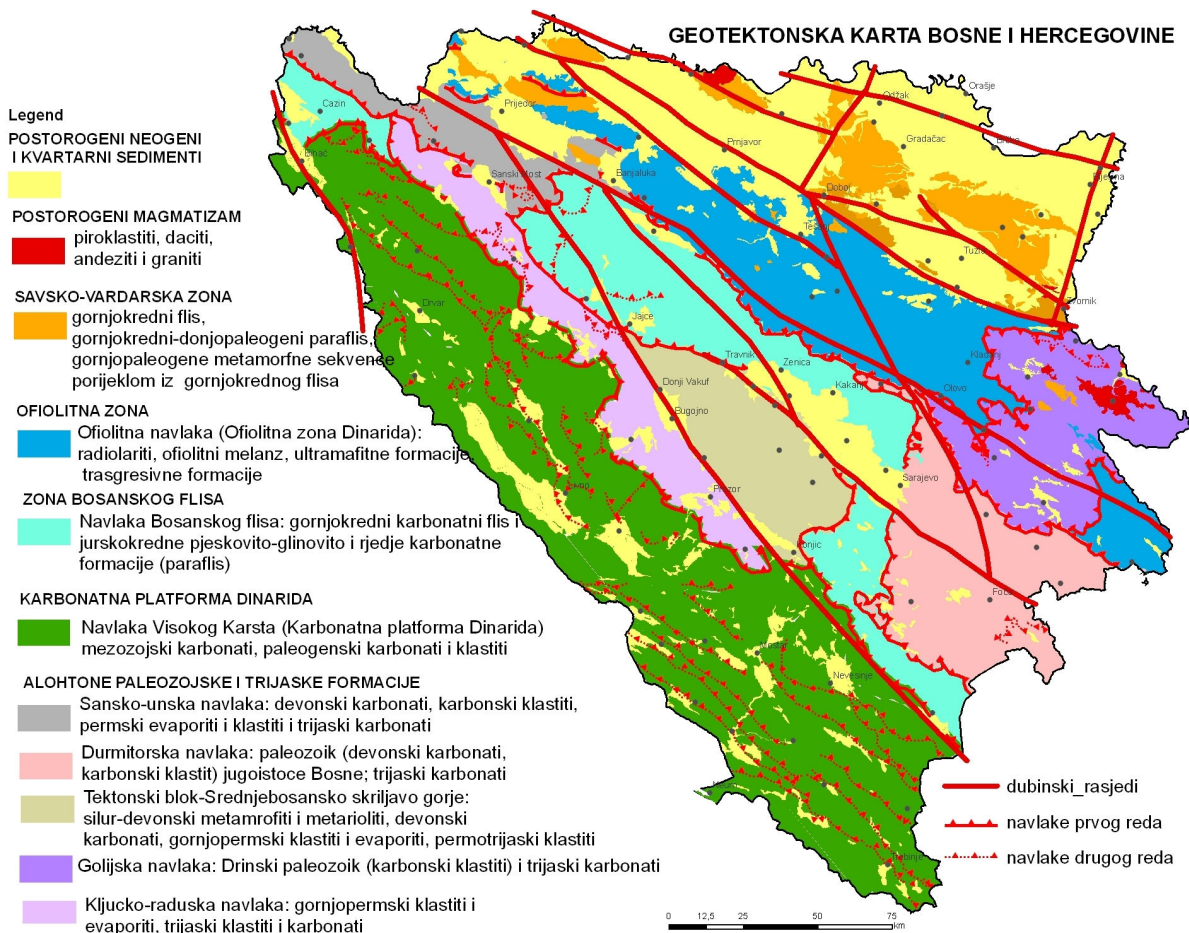
Područje Bosne i Hercegovine je uključeno u središnje dijelove Dinaridskog planinskog sistema koji je smješten sjeveroistočno od kompresionog geotektonskog kontakta između Jadranske mase i Dinarida (Sl. 1). Jadranska masa (Adriatic microplate), kao dio Afrike, je „pritisnuta“ između Apenina i Dinarida duž seizmički aktivnih rasjeda. Zabilježeni zemljotresi na području Bosne i Hercegovine su vezani za energiju nastaloj subdukcijom Afričke pod Evropsku ploču. Ova energija, primarno tektonska energija, je distribuirana kao seizmička energija preko seizmički aktivnih rasjeda (Sl.1. , tabela.).



Sl.1. Prikaz zone subdukcije Afričke pod Evropsku ploču

Područje Bosne i Hercegovine obuhvata nekoliko paleogeografsko-tektonostratigrafskih jedinica koje se razlikuju po svom sastavu, strukturi i genezi što za posljedicu ima različite uslove za nastanak prirodnih nesreća (zemljotresi i klizišta). U profilu od jugozapada prema sjeveroistoku mogu se izdvojiti slijedeće geotektonske zone (sl.2. Geotektonska karta Bosne i Hercegovine):

- 1.Karbonatna platforma Dinarida
- 2.Zona Bosanskog fliša
- 3.Ofiolitna zona
4. Savsko-Vardarska zona
- 5.Alohtone paleozojske i trijaske formacije
- 6.Postorogeni neogeni i kvartarni sedimenti



Sl.2. Geotektonska karta Bosne i Hercegovine (Hrvatović, 2006)

1) Karbonatna platforma Dinarida obuhvata prostor sjeveroistočno od obale Jadranskog mora, poznat pod imenom Visoki krš ili Vanjski Dinaridi. To je pojas dužine preko 700 i širine 80-200 km (nakon tektonske redukcije). Ovaj veliki karbonatni pojas se proteže od Julijskih Alpi u Sloveniji, zatim kroz zapadne i centralne dijelove jadranskog priobalnog pojasa u Hrvatskoj, kroz jugozapadne i južne dijelove Bosne i Hercegovine i dalje produžava na jugoistok u Crnu Goru. U ovom prostoru je bila karakteristična dugotrajna karbonatna sedimentacija (od srednjeg trijasa do srednjeg eocena, a u nekim dijelovima i od gornjeg perma) čiji je rezultat stvaranje veoma debelih naslaga sedimenata.

2) Zona Bosanskog fliša, također poznata kao flišna zona Sarajevo-Banja Luka. U ovoj zoni debljine oko 3000 m, izdvojene su dvije grupe formacija (Olujić, 1980):

a) Starija, Vrandučka grupa, karakterizira se alterniranjem neflišnih šejlova «paraflišnih» i turbiditnih sekvencija koje su uglavnom izgrađene od mikrita, arenita, šejlova, ponegdje interstratificiranih s radiolaritima kao rezultat pelagičkih ingresija; ova je jedinica lijaske do berijaske starosti. Ova grupa formacija sadrži obilan ofiolitni detritus što indicira da je područje njenog stvaranja bilo u području ispred obdukovanih ofiolita.

b) Mlađa, Ugarska grupa formacija, predstavlja pravi karbonatni fliš koji je uglavnom izgrađen od materijala sa karbonatne platforme Vanjskih Dinarida. Leže

diskordantno preko grupe formacija Vranduk. Ova je jedinica alpske do senonske starosti, a ponegdje sadrži i donjopaleogene mikrofosile.

3) Ofiolitna zona od Kozare pa preko Borje, Ozrena i Konjuha do planine Varde kod Višegrada. Izgrađena je od slijedećih jedinica (Pamić, 1982):

a) Radiolaritna formacija, srednje/gornjotrijaske do donjokredne starosti, predstavlja sloj-na-sloj sekvencu izgrađenu pretežno od radiolarita i šejlova s podređenim mikritima i bazaltima.

b) Gornjojurski olistostromski ofiolitni melanž ili divlji fliš («wildflyscht») u starijoj literaturi poznat kao dijabaz-rožna formacija ima debljinu veću od 1 km. Melanž je izgrađen od šejl-glinovitog matriksa u kojem se nalaze fragmenti grauvaka, ultramafita, gabrova, dijabaza, bazalta, tufova, amfibolita, rožnaca, škrljaca i krečnjaka. Najgornji dio melanža je metamorfisan kao rezultat konduktivne toplote nastale obdukovanjem vrućih i mlađih ultramafitnih geoloških tijela. Ovaj metamorfizam je gornjojurske starosti.

c) Ultramafitnih formacija: tektonitni peridotiti, kumulatni gabri i peridotiti, dijabazi, doleriti i bazalti.

d) Transgresivne formacije koje su izgrađene od titon-valendin grebenschkih krečnjaka i berisian to pre-alpskih konglomerata, breča i pješčara. Ove transgresivne formacije ukazuju na pre-titonsku (kimeridž) obdukciju ofiolita.

4) Savsko-Vardarska zona (aktivna kontinentalna margina) kao jedna od najvažnijih unutrašnjih jedinica Dinarida sadrži slijedeće jedinice (Pamić et al. 1998, 2002; Hrvatović 2006):

a) Kredno-paleogene flišne sekvence izgrađene od donjokrednih do albcenomanskih formacija koje su diskordantne preko turon-mastriht do donjopaleogenih turbidita (Jelaska, 1978). U pojedinim dijelovima zone, u donjim dijelovima fliša nalaze se bazalti i rioliti.

b) Progresivne metamorfne sekvence: faciju zelenih škrljaca, kvarc-muskovitske škrljice, gnajseve (48-38 Ma), amfibolite i mermere koji su nastali u uslovima vrlo niskog, niskog i srednjeg stepena metamorfizma, oko kredno-donjopaleogenih flišnih formacija.

c) Tektonizirani ofiolitni melanž koji je različit od jurskog melanžna ofiolitne zone Dinarida, visokim stepenom tektoniziranosti matriksa i fragmentima krečnjaka kredno-donjopaleogene starosti.

d) Granitodine stijene koje su predstavljene kolizionim S-tip, I-tip i A-tip granitima (55-48 Ma), koji su intrudirani u kredno-paleogeni fliš.. Također su zastupljeni oligoceni post-kolizijski I-tip graniti (32-28 Ma).

5) U geološkoj strukturi Dinarida Bosne i Hercegovine uključens su i alohtoni paleozojski i trijaski kompleksi. Paleozojski kompleksi s pridruženim trijaskim formacijama su alohtoni i pojavljuju se na slijedećim područjima: Ključ-planina Raduša, Srednjobosansko škrljavo gorje, Sana-Una, Jugoistočna Bosna (Foča-Prača –Durmitorska navlaka) i Istočna Bosna (Drina-Ivanjica područje-Golijska navlaka).

Paleozojski kompleksi su izgrađeni od metasedimenata i metavulkanita koji su dijelom pokriveni permskim sedimentima. Pored paleozojskih formacija prisutno je

obilje trijaskih krečnjaka i dolomita uz podređenije sinkrone magmatske i klastične stijene.

Paleozojski i trijaski kompleksi predstavljeni su Unsko - sanskog, Srednjobosanskim i Jugoistočno-bosanskim alohtonim masama.

U današnjoj strukturi Dinarida veoma važnu ulogu imaju postorogeni oligocensko-neogenski marinski i slatkovodni sedimenti sa naslagama uglja te magmatske stijene.

Poslije finalne eocenske deformacije Dinarida, kao rezultat podvlačenja Jadranske mikroploče pod Dinaride, počinje za vrijeme oligocena (32-28 Ma) proces transpresije. Na području sjevera Dinaridi se izdižu, a u sistemu velikih NNE-SSE i SSE-NNW orijentisanih, plitkovodnih do dubokovodnih transtenzionih depresija talože se marinski, brakični i slatkovodni sedimenti (Južni Paratetis). Stvaranje ovih bazena bilo je kontrolisano jakim rasjedima sa horizontalnim kretanjem. Duž ovih transkurentnih rasjeda u oligocenu je bila intenzivna vulkanska aktivnost (andeziti Maglaja i Srebrenice).

Duž rasjeda u oligocenu dolazi do izdizanja Dinarida. To izdizanje je generiralo stvaranje brojnih malih i velikih intramontan depresija u kojima, poslije jakih klimatskih promjena, počinje taloženje slatkovodnih sedimenata (ugljeni neogeni bazeni: Sarajevo-Zenica, Livno, Duvno, Glamoč, Bugojno, Tuzla, Ugljevik, Gacko, Lješljani, Kamengrad i dr.).

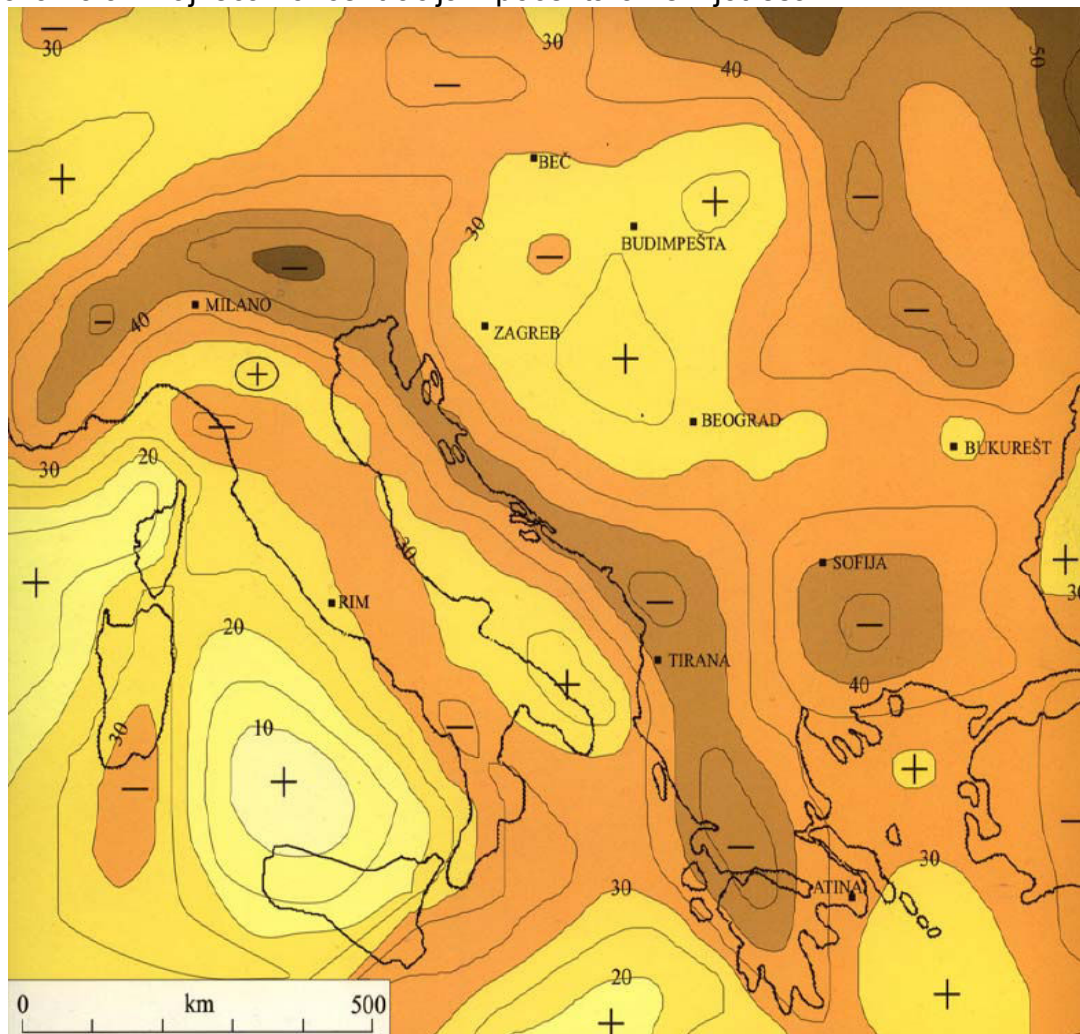
Tokom miocena i donjeg pliocena, tereni Bosne i Hercegovine su generalno bili izloženi spuštanju, poslije čega slijedi opće izdizanje koja traje i danas. Na prikazanim izolinijama vertikalnih kretanja (na seizmotektonskoj karti), uočavaju se različiti intenziteti izdizanja u Dinaridima. Te razlike se mogu vidjeti i po visinama riječnih terasa, nagibima i dužini riječnih tokova u Bosni i Hercegovini.

2. Debljina litosfere

Prema geofizičkim podacima u vanjskim dijelovima Dinarida Bosne i Hercegovine, debljina sedimentnog pokrivača varira od 8 do 13 km. Dalje prema sjeveru se njegova debljina smanjuje na 8 do 10 km u dodirnom području Bosanskog fliša i Dinaridske ofiolitne zone. U najsjevernijim Dinaridima i južnom dijelu Panonskog bazena debljina sedimenata iznosi samo 4-5 km. Isto je tako i granica između kore i gornjeg omotača najdublja ispod Vanjskih Dinarida i nalazi se na 40-45 km, dalje na sjever ispod Ofiolitne zone Dinarida je na oko 28-25 km, a najplića je manje od 25 km u sjevernim Dinaridima i Panonskom basenu (Dragašević, 1977).

Na slici br.3 prikazana je dubina do Mohorovičićevog diskontinuiteta (Dragašević, 1974; Aljinović, 1987), koja varira od 25 km, u Savsko-vardarskoj zoni, do 45 km u karbonatnoj platformi Dinarida. Aljinović (1987) je proučavao prostorni raspored i deformacije Mohorovičićeva diskontinuiteta u Dinaridima. Tom prilikom je izvršio izdvajanje zona sa izbočenim i udubljenim površinama Mohorovičićeva diskontinuiteta. Granice između tih zona, generalno se poklapaju sa geotektonskim jedinicama i ukazuju na duboke rasjedne zone. Na ovo ukazuju i podaci dubokog seizmičkog sondiranja i podaci o površinskoj geološkoj gradnji. Aljinović (1987) navodi da su deformacije Mohorovičićeva diskontinuiteta imale uticaja na oblikovanje geoloških struktura iznad njega. Zone deformacija Mohorovičićevog diskontinuiteta

spadaju u seizmički aktivne dijelove Dinarida Bosne i Hercegovine, jer se iznad tih dijelova nalazi najveća koncentracija hipocentara zemljotresa.



Sl.3. Dubina do Mohorovičićevog diskontinuiteta

3. Seizmičnost

Teritorija Bosne i Hercegovine je smještena na poznatim seizmičkim uslovima. U Bosni i Hercegovini je bilo epicentara jakih i razornih zemljotresa kroz historiju (Banja Luka, Tuzla, Mostar, Sl.). Izvori ovih zemljotresa su locirani u različitim seizmogenim zonama (sl.). Prema prikazu seizmičnosti, status zapisanih događaja (historijski i instrumentalno od 1901 godine) podijeljen je u četiri kategorije dubina do hipocentra zemljotresa (tabela 1).

Jačina zemljotresa mjeri se na 2 načina:

1. Kolika i kakva šteta je prouzrokovana zemljotresom?

- intenzitet zemljotresa = mjera učinka zemljotresa na ljude i objekte
- modificirana Mercalli-jeva ljestvica
- rimski brojevi I-XII (viši broj, veća šteta)

2. Kolika količina energije je oslobođena potresom?

- magnituda = mjera energije oslobođene tokom zemljotresa
- mjerenje visine (amplitude) krivulje na seizmogramu
- Richterova ljestvica (ili Gutenberg Richterova ljestvica) – kvantitativna ljestvica magnitude (količina energije zabilježena 100 km od epicentra);
- najveća izmjerena magnituda 9.5

Gruba usporedba intenziteta potresa (I) i magnitude potresa (M)

Intenzitet u stupnjevima MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg)	M (ljestvica po Rihteru)
I.	0,0 - 1,5
II. - III.	1,5 - 2,5
III. - IV.	2,5 - 3,0
IV. - V.	3,0 - 3,5
V. - VI.	3,5 - 4,5
VI. - VII.	4,5 - 5,0
VII. - VIII.	5,0 - 5,5
VIII. - IX.	5,5 - 6,0
IX. - X.	6,0 - 6,5
X. - XI.	6,5 - 7,0
XI. - XII.	7,0 - 7,5
XII.	7,5-10,0

Intenzitet MCS	Opis zemljotresa	Štete
1	Neosjetljiv zemljotres	Bilježe ga jedino seizmografi
2	Jedva osjetljiv zemljotres	Osjeti se samno o gornjim spratovima zgrada
3	Lagan zemljotres	Tlo podrhtava kao kad prođe automobil
4	Umjeren zemljotres	Zveče prozorska stakla
5	Prilično jak zemljotres	Njišu se slike na zidu, pojedinci izlaze iz objekata
6	Jak zemljotres	Slabije građene kuće pucaju, namještaj se pokreće,
7	Vrlo jak zemljotres	Ruše se dimnjaci, kuće pucaju, padaju krovovi (crijep)
8	Razoran zemljotres	Slabije građene kuće se ruše, jače građene pucaju, tlo puca
9	Pustošni zemljotres	Kuće se teško oštećuju, nastaju velike pukotine i pojavljuju klizišta
10	Uništavajući zemljotres	Većina kuća se ruši, ruše se brane i mostovi
11	Katastrofalan zemljotres	Srušena je većina zgrada, veliki pokreti tla i stijena
12	Veliki katastrofalan zemljotres	Ruši se sve što je čovjek izgradio.

	Mijenja se morfologija, nastaju jezera, rijeke mijenjaju tok
--	--

Tabela 1

EPICENTRI ZEMLJOTRESA od 1901-2010 godine (prema podacima Federalnog meteorološkog Zavoda)						
Broj događaja	magnituda	Dubina do hipocentra (km)				Napomena
		0-10	11-20	21-30	>30	
2	> 6		1	1		
10	5,6-6,0	3	4	2	2	
14	5,1-5,5	6	4	2	2	
78	4,6-5,0	48	16	10	2	
162	4,1-4,5	125	29	13	3	
406	3,6-4,0	363	38	4	1	
118	3,1-3,5	108	6	2	2	
790		653	92	34	11	

Instrumentalni podaci o dogodjenim zemljotresima, iz perioda od 1901 do 2010 godine, su realni podaci o magnitudi zemljotresa u proteklih 100 godina.

U tabeli 2 su prikazni podaci o jakim zemljotresima u Bosni i Hercegovini.

Tabela 2

Godina	Mjesec	Dan	Vrijeme	Latituda	Longituda	Dubina	Magnituda	Region
1969	10	27	8:10:58	44.85	17.22	33.0	6.6	Banja Luka
1520	5	17	7:00:00	42.50	18.10	20.0	6.5	Jadransko more-regija Dubrovnik
1667	4	6	8:54:00	42.50	18.40	23.0	6.4	tromeđa BiH-CG-H
1482	2	15	15:00:00	42.60	18.10	20.0	6.2	Jadransko more-regija Dubrovnik
1451	1	1	0:00:00	42.60	18.10	20.0	6.1	Jadransko more-regija Dubrovnik
1996	9	5	20:44:09	42.78	17.92	10.0	6.0	Slano
1942	12	29	3:42:14	43.40	17.20	9.0	6.0	region Imotski
1923	3	15	5:40:10	43.30	17.20	17.0	5.9	zaledje Makarske ka granici BiH
1962	6	11	7:15:40	43.60	18.40	14.0	6.0	Treskavica
1927	2	14	3:43:24	43.00	18.10	18.0	5.8	Ljubinje
1981	8	13	2:58:13	44.85	17.33	16.0	5.7	Banja Luka
1962	1	7	10:03:13	43.20	17.10	12.0	5.7	Jadransko more-region Podgore
1962	1	11	5:05:03	43.20	17.10	14.0	5.7	Jadransko more-region Podgore
1909	10	8	9:59:07	45.40	16.10	12.0	5.7	region Petrinja
1496	1	23	17:00:00	43.50	17.30	12.0	5.7	region Imotski
1472	1	1	0:00:00	42.60	18.10	10.0	5.7	Jadransko more-regija Dubrovnik
1869	1	10	10:37:00	42.60	18.10	20.0	5.6	Jadransko more-regija Dubrovnik
1830	1	1	0:00:00	42.80	17.70	20.0	5.6	Ston
1990	11	27	4:37:57	43.87	16.67	10.0	5.5	granica BiH-H region Sinj
1986	11	25	13:59:42	44.13	16.36	15.0	5.5	region Knin-u BiH

1888	4	20	10:30:00	44.90	16.90	20.0	5.5	Prijedor
1861	12	18	8:20:00	45.20	16.70	23.0	5.5	region Bos.Dubica
1480	10	18	0:00:00	43.10	17.90	10.0	5.5	region Stolac
1479	10	20	0:00:00	43.00	17.60	10.0	5.5	region Metković
1473	1	20	0:00:00	43.00	17.60	10.0	5.5	region Metković

Na osnovu dubina žarišta dogodjenih zemljotresa, na području Bosne i Hercegovine postoje četiri seizmoaktivna nivoa: 1) na dubinama od 0-10 km; 2) na dubinama od 11-20 km; 3) na dubinama od 21 –30 km i 4) na dubinama većim od 30 km. Ovi seizmoaktivni nivoi indiciraju da dubine seizmogenih rasjeda dopiru do Mohorovičićevog diskontinuiteta. Najveći broj dogodjenih zemljotresa zahvata prvi seizmoaktivni nivo (0-10 km), dok su najveće magnitude u nivou 11-20 km (Banja Luka i Treskavica).

Slijedeći podatke o dogodjenim zemljotresima (Sl.) može se istaći slijedeće:

-Na područje karbonatne platforme (Vanjski Dinaridi) zabilježena je jaka seizmička aktivnost pri čemu je zabilježeno nekoliko epicentara sa jakim zemljotresom magnituda od 5-6,5 stepeni. Jasno su uočljivi epicentri dogodjenih zemljotresa na potezima: Ljubinje-Stolac-Mostar-Široki Brijeg; Trebinje-Hutovo-Ljubuški-Tihaljina; Trebinje-Bileća-Gacko i Tomislavgrad-Livno. Navedeni pravci dogodjenih epicentara dogodjenih zemljotresa se poklapaju sa pravcem pružanja uzdužnih neotektonskih rasjeda i navlaka.

-U centralnim dijelovima Dinarida Bosne i Hercegovine, jasno su izražena slijedeća epicentralna područja: Jajce, Žepče-Zenica, Sarajevao Treskavica i Prača. Najjači zemljotres, magnituda 6 stepeni, zabilježen je na planini Treskavici.

-U unutrašnjosti, u Savsko-varcarskoj zoni, najvažnija epicentralna područja su: banjalučko, derventsko, tuzlansko, i skelansko. Na području Banja Luke je zabilježen zemljotres magnituda 6,4 stepeni.

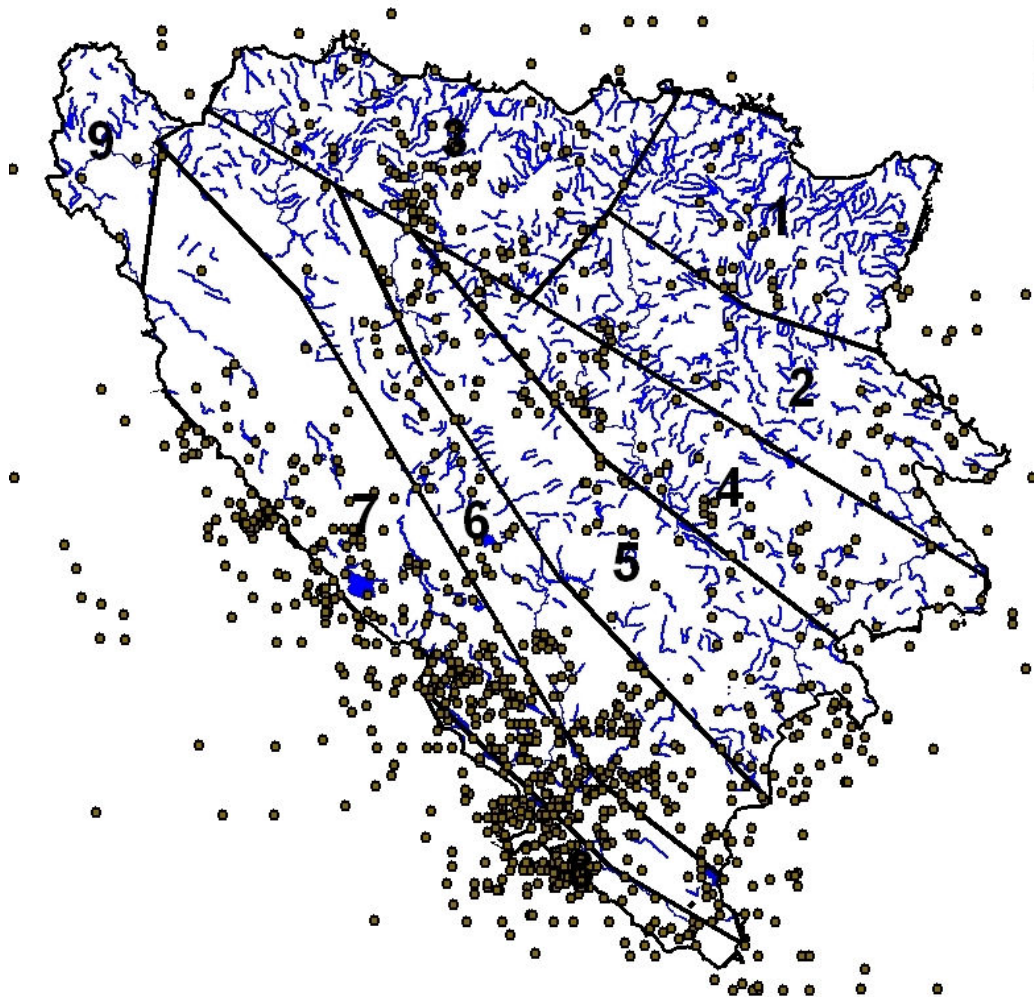
Vremenska varijacija seizmičke aktivnosti identifikovana na bazi historijskih zapisa i instrumentalnog mjerenja dogodjenih zemljotresa ukazuje na slijedeće:

-u 19 stoljeću su se desili jaki zemljotresi na području Bosne i Hercegovine

-početkom 20 stoljeća desili su se jaki na području Bosanskog Petrovca, Počitelja, Vlasenice, Bihaća, Jajca i Ljubinja,

-posljednjih 35 godina 20 stoljeća karakteriše se povećanom seizmičkom aktivnosti na području Banja Luke, Tuzle, Zenice i Hercegovine u cijelosti.

Slijedeći instrukcije „OHAZ“ izvršeno je izdvajanje seizmiogenih zona i seizmički aktivnih rasjeda. Na karti se jasno vidi da se mjesta presjeka uzdužnih dubinskih rasjeda i poprečnih rasjeda podudaraju sa pojavama jakih zemljotresa.



Sl. Karta zabilježenih zeljotresa i seizmičkih zona

4. Seizmotektonske karakteristike

Područje Bosne i Hercegovine je smješteno sjeveristočno od aktivnog kompresionog geotektonskog kontakta (duž obale Jadranskog mora) između Jadranske mase i Dinarida. Jadranska masa, kao dio Afrike, utisnuta je između Apenina i Dinarida duž koliziono-kompresionih rasjeda koji su neotektonski aktivni u jadranskom priobalju. Zemljotresi koji se javljaju u Dinaridima su nastali oslobadjanjem energije izazavne podvlačenjem (subdukcijom) Afričke ploče pod Evropsku. Ova energija kao primarni izvor tektonskih napona, oslobađa se u zaleđu kao seizmička energija preko seizmogenih struktura. Pojavljivanje zemljotresa magnitude od 5 do 6,5 M, ukazuju na autohtone zemljotrese kao i na postojanje seizmogenih zona i struktura na području Bosne i Hercegovine.

4.1. Seizmotektonska rejonizacija

Na seizmotektonskoj karti Bosne i Hercegovine (Sl.) prikazane su glavne tektonske jedinice, navlake, rasjedi, izolnije Mohorovičićevog diskontinuiteta, izolnije

vertikalnih pokreta Zemljine kore, seizmičke zone, seizmotektonski aktivne rasjede i zabilježene zemljotrese.

Prema rasporedu struktura, seizmotektonski aktivnih rasjeda i epicentara dogodjenih zemljotresa izvršena je izdvajanje seizmogenih zona (seismic source zones) (Sl.)

Seizmogene zone

Učestalost zemljotresa i koncentracija njihovog fokusa omogućilo je određivanje pozicija seizmogenih zona. Pojavljivanje različitih seizmogenih zona u Dinaridima Bosne i Hercegovine, vezano je za različite tektonostratigrafske i paleogeografske jedinice. Povećanje kretanja mikro-ploče prouzrokuje formiranje polja pritiska što prouzrokuje deformacije, kretanja i razdvajanje stijenskih masiva i formiranje seizmogenih aktivnih zona.

Seizmotektonski aktivne zone su formirane zahvaljujući pokretima segmenata Jadranske mikroploče koji se razlikuju po njihovoj veličini i iznosu kretanja i otpora Dinardske mase i vezane su za važne rasjede na površini. Granice seizmogenih zona su strmo nagnute u dubinu 10-20 km. U dubini su one zakrivljene zbog kompresije područja Dinarida. Za zakrivljene dijelove zona karakteristični su veliki pritisci i česti zemljotresi. Seizmogene granice blagog pada su karakteristične za područja navlačnog kretanja, a najvjerojatnije se zemljotresi javljaju na kontaktu stojenskih masiva različite gustine.

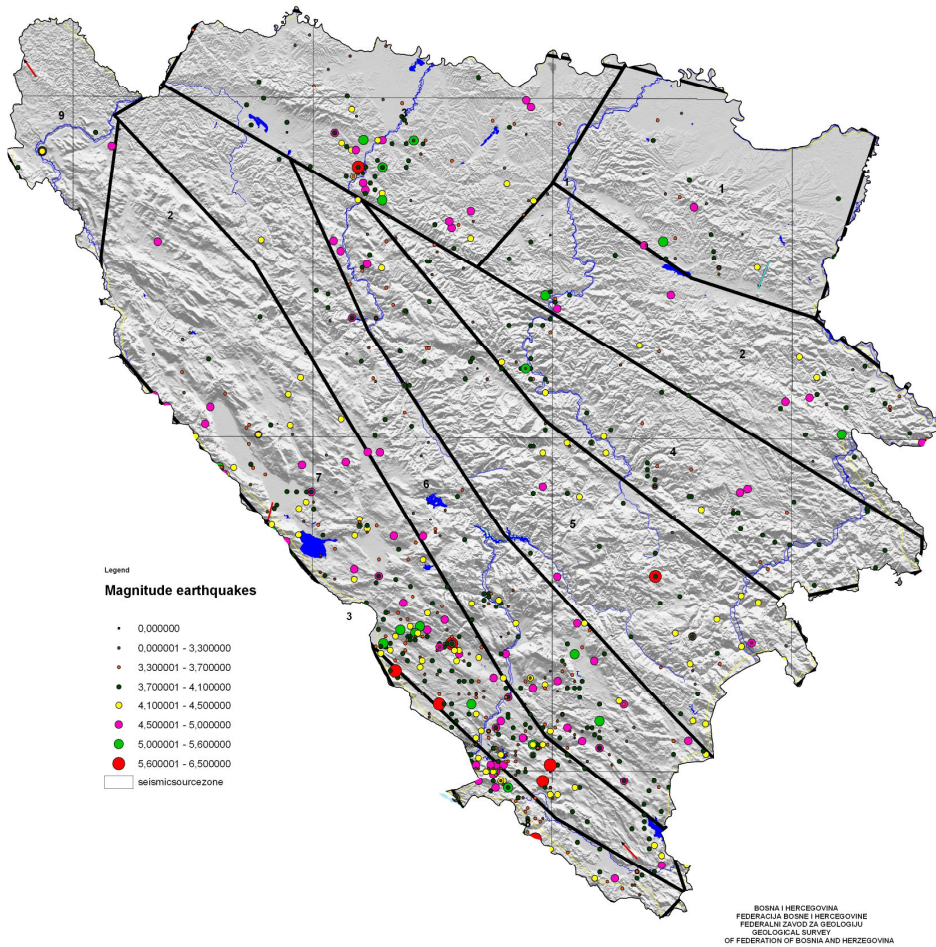
Na karti (Sl. i tabela) prikazano je devet (9) seizmogenih zona. Za svaku seizmogenu zonu je karakteristično pojavljivanje jedne ili više dominantnih tektonskih struktura kako slijedi:

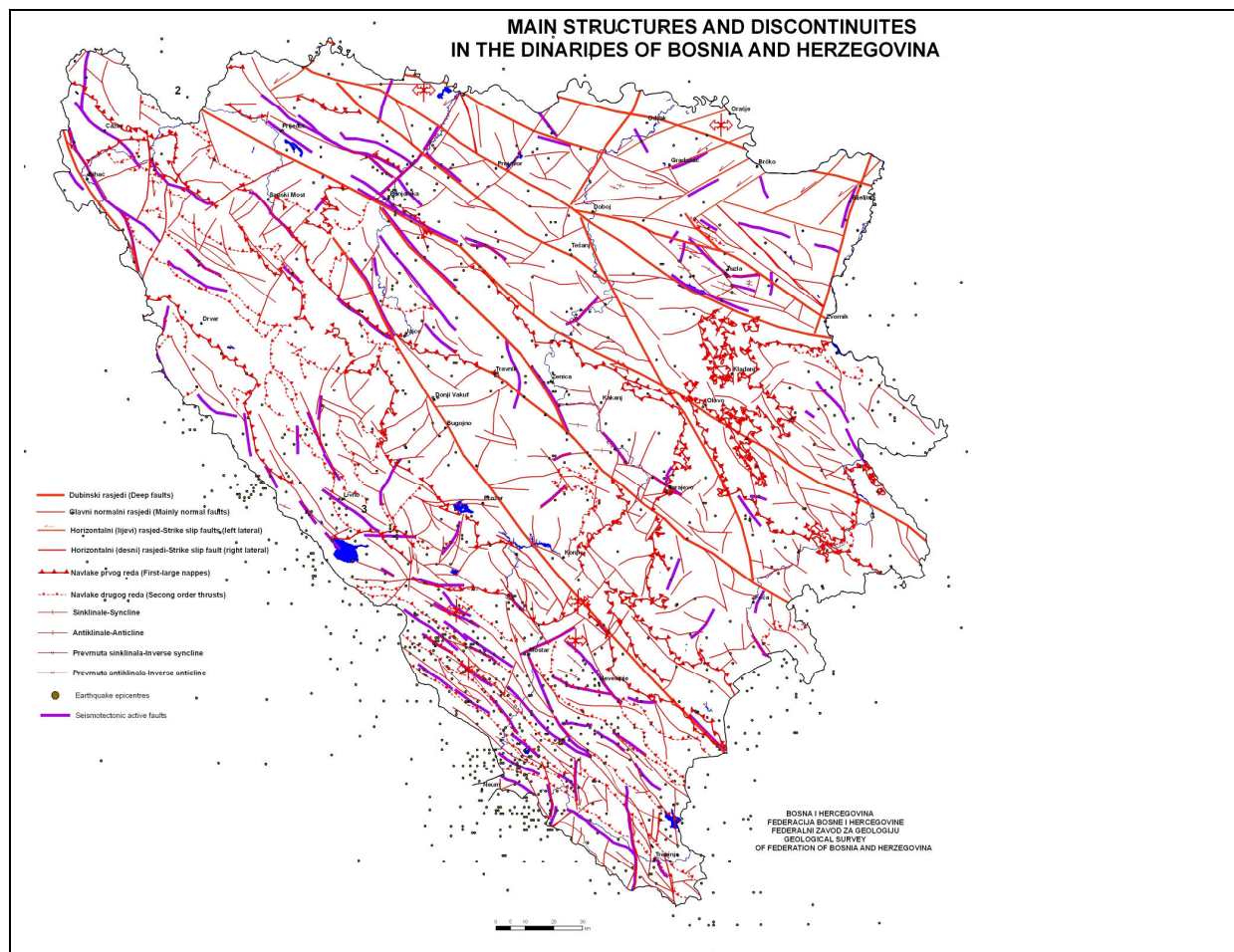
1. Tuzla: lijevi horizontalni rasjedi (pravca pružanja SI-JZ, desni horizontalni rasjedi (pravca pružanja SZ-JI) i normalni rasjedi.
2. Žepče-Srebrenica: normalni rasjedi (SZ-JI)
3. Banja Luka: normalni rasjedi (SZ-JI), horizontalni (SI-JZ i SZ-JI),
4. Zenica-Sarajevo: normalni rasjedi (SZ-JI),
5. Treskavica: normalni rasjedi, navlake
6. Mostar: lijevi horizontalni (SZ-JI) i navlake,
7. Livno-Tihaljina: navlake i normalni rasjedi
8. Neum-Trebinje: navlake i normalni rasjedi
9. Bihać: normalni rasjedi

Tabela

Zone	Površina km ²	Jaki zemljotresi-M (mjereni)	Jaki zemljotresi MCS (historijski)	Broj zemljotresa
1. Tuzla	5342	Duboštica		
2. Žepče-Srebrenica	6163			
3. Banjaluka	7186	Banjaluka		

4.Zenica-Sarajevo	5881			
5.Treskavica	8147	Treskavica		
6.Mostar	7835			
7.Livno-Tihaljina	9903		Tihaljina	
8.Neum-Trebinje	1727			
9.Bihać	3265			





Sl. Glavne strukture i diskontinuiteti u Dinaridima Bosne i Hercegovine (Hrvatović, 2000,20109-sizmički aktivni rasjedi (ljubičasta boja)

Seizmički aktivni rasjedi predstavljaju linijske izvore seizmičke energije čiji seizmoenergetski potencijal zavisi od dužine strukture i dubine zemljotresa koji se na njima stvaraju.

Prema seizmičkoj aktivnosti u 100 godina (koliko se mjeri jačina zemljotresa) izdvojeni su potencijalno seizmički aktivni rasjedi. Njihova dužina je od 7 do 60 km. Prema dužini seizmičkih rasjeda, dubine 5-20 km i pozicije rasjeda u tektonskom tenzionom polju određena je magnituda makroesimičkog polja. Seizmogenost rasjednih struktura i njihove okvirne dužine seizmoaktivnih segmenata utvrđene su analizom neotektonskog sklopa i rasporeda dogođenih zemljotresa na njima, veličine magnituda veće od 4M. Ti podaci su preuzeti iz ranijih isptivanja Jankovića (1988) i Sikoška (2000) te analize novih podataka o dogođenim zemljotresima i analizi satelitskih snimaka. Na seizmotektonskoj karti su prikazane seizmički aktivni rasjedi sa prognoznim seizmoenergetskim potencijalom. Iz toga se vidi da se očekuju zemljotresi veličine magnituda od 4 do 6,5 stepeni Richterove skale.

SEISMOTECTONIC MAP
OF BOSNIA AND HERZEGOVINA

Autor: Hazim Hrvatić, 2009



Sl. Seizmotektonska karta Bosne i Hercegovine (Hrvatović, 2005-2010)

Seizmoenergetski potencijal (tabela) seizmogenih struktura je utvrđivan prema obrascu (Sikošek, 1978) koji odgovara naponskim uslovima područja Dinarida:
tabela

Re d. br	Naziv seizmogene strukture	Dužina (km)	Magnituda (M)	Dubina hipocentrah (km)	Intenzitet u epicentru I ₀ -MCS ^o
1	Banja Luka	40	6,6	18	9,0
2	Laktaši	40	6,5	10	9,0
3	Dragočaj	38	6,4	10	9,0
4	Banja Luka-Prijedor	36	6,3	15	8,5
5	Bastasi	8	4,5	20	5,0
6	Laktaši II	19	5,5	10	8,0
7	Prijedor	5	4,0	10	5,5

8	Kozara	9	4,7	15	6,55
9	Sanski Most-Vrhopolje	11	4,92	10	6,55
10	Mrkonjić Grad	25	5,9	10	8,3
11	Bosanski Petrovac	9	4,5	10	6,1
12	Bosanska Krupa	8	4,5	10	6,25
13	Cazin	8	4,5	10	6,25
14	Bihać	12	5,0	10	6,25
15	Klokot	13	5,0	10	7,15
16	Ključ	15	5,3	10	7,45
17	Grahovo	15	5,1	15	7,2
18	Osječenica	19	4,8	15	6,55
19	Dinara	40	4,8	15	6,75
20	Kupres	10	4,8	10	7,0
21	Duvno	13	5,1	15	7,5
22	Livno	10	5,1	10	7,3
23	Buško jezero	10	5,0	10	7,2
24	Posušje	10	4,6	15	6,4
25	Tihaljina	10	6,0	15	8,0
26	Ljubuški	27	6,0	10	8,8
27	Široki Brijeg	8	4,5	10	6,5
28	Hutovo	10	5,0	15	7,0
29	Stolovi-Slano	15	4,8	10	7,0
30	Trebinje	15	4,5	10	6,5
31	Ravno	10	4,8	17	6,0
32	Stolac	27	6,0	17	8,5
33	Nevesinje	10	4,8	6	7,6
34	Gacko	11	4,9	10	7,0
35	Zelengora	11	4,9	7	7,0
36	Foča	10	4,8	7	7,0
37	Treskavica	27	6,0	19	8,0
38	Han Pijesak	20	5,6	6	8,5
39	Milići	10	4,8	6	7,0
40	Skelani	22	5,7	6	8,5
41	Žepče	10	4,8	4	8,0
42	Zenica	10	5,0	10	7,0
43	Travnik	10	4,8	10	7,0
44	Derventa	8	4,6	17	6,0
45	Modriča	15	5,3	8	7,7
46	Gradačac	15	5,3	8	7,7
47	Usora	18	5,5	10	7,7
48	Vučkovci	10	4,8	7	7,2
49	Maoča	15	5,3	7	7,9
50	Tinja-Moluhe	12	5,0	10	7,0
51	Srebrenik	11	4,9	10	7,0
52	Duboštica	7	4,4	7	6,1
53	Bijeljina	20	5,6	10	7,9
54	Sapna	12	5,0	10	7,0

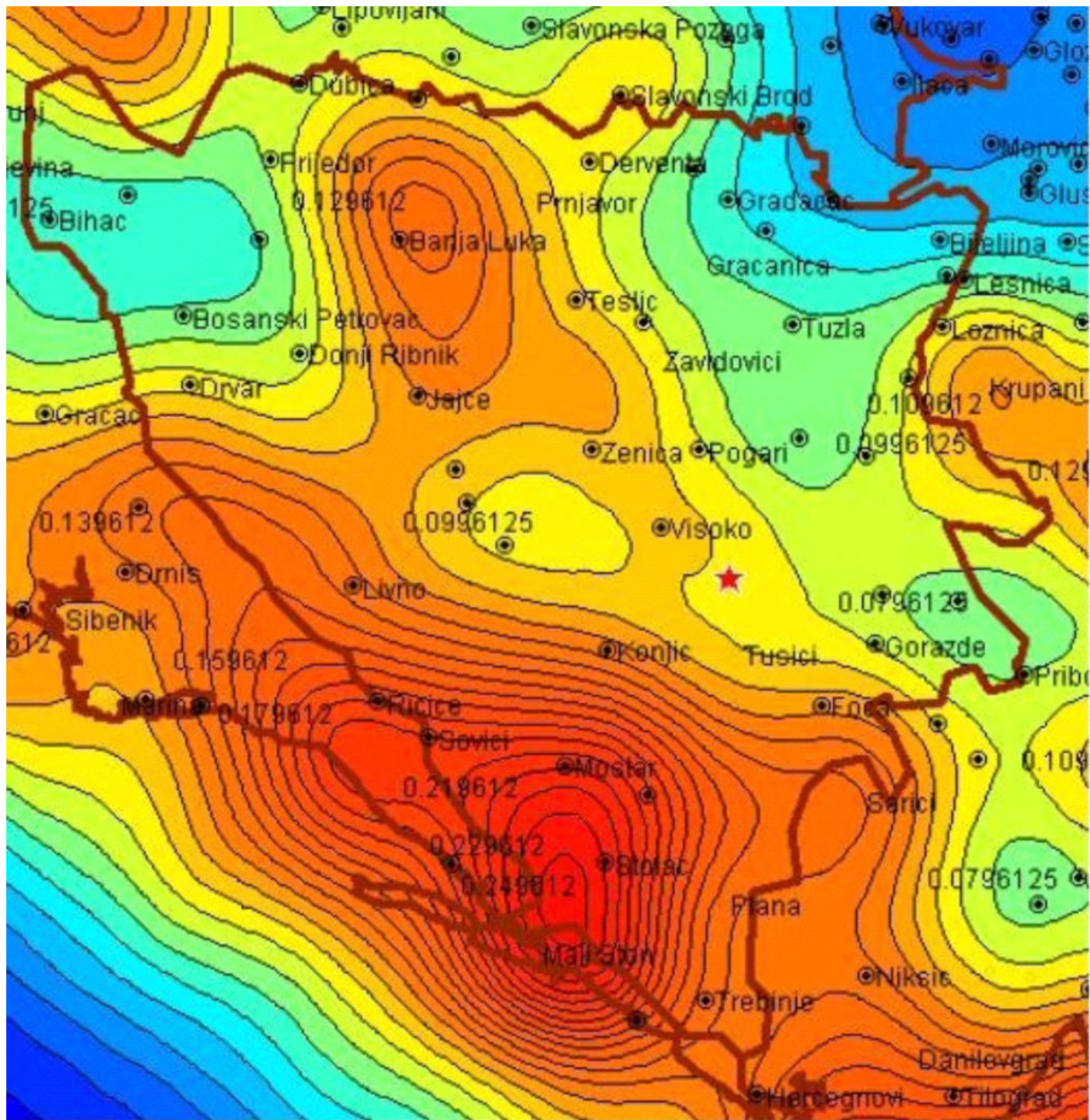
55	Kalesija	18	5,5	10	7,7
56	Živinice	15	5,5	10	7,4
57	Tuzla	11	4,9	10	6,8

Procjena seizmičkog hazarda

Seizmicki hazard predstavlja vjerovatnost pojave zemljotresa i seizmicki induciranih geoloških procesa (kretanje tla, likvefakcija, klizanje).

Seizmicko zoniranje (makrozoniranje) podrazumijeva izdvajanje zona koje su homogene po seizmološkim i geološkim svojstvima, te opis osobina svake od zona pridruživanjem dinamičkih parametara (vršno horizontalno ubrzanje - PGA, brzina - PGV ili spektralno ubrzanje- SA) sa specifičnom vjerovatnosti pojavljivanja. Kao takvo, seizmicko zoniranje predstavlja prvi korak za sve daljnje procjene seizmickog hazarda.

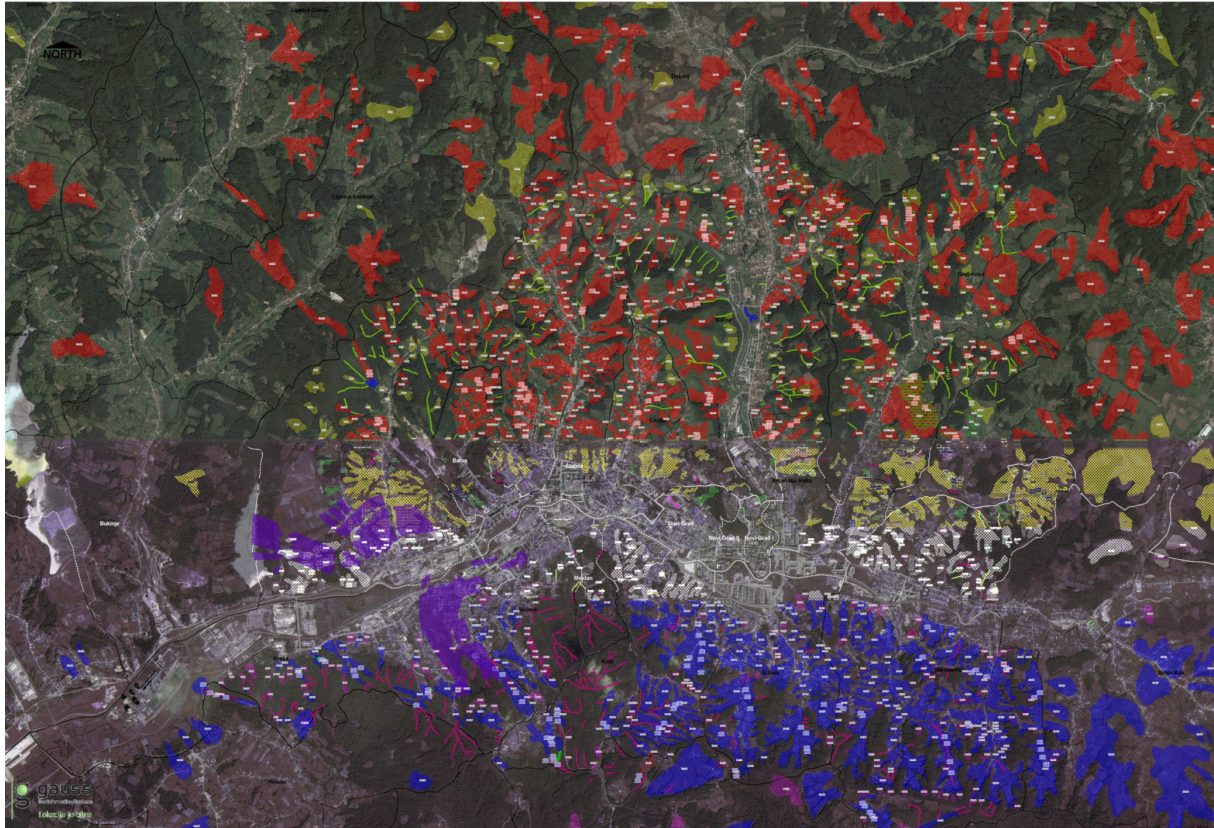
Kartiranje seizmičkog hazarda koje uključuje i lokalne utjecaje tla naziva se seizmičko mikrozoniranje



SI. PGA (Brek, 2010)

IDENTIFIKACIJA I PROCJENA GEOLOŠKIH HAZARDA (klizišta, odroni, tonjenje_tla)

Osnovne inženjerskogeološke karakteristike terena, stijena i tla



Slika br.3 Prikaz zastupljenih klizišta i labilnih padina u urbanom dijelu grada Tuzle (pozicionirana klizišta na satelitski snimak), koji de u II fazi biti katastarski obrađeni prema predviđenoj metodologiji i udi u bazu podataka (Mulać, M, 2008).

Tabela br. Prikaz površina terena prema stepenu stabilnosti i površina terena zahvaćeni procesom klizanja po pojedinim općinama Tuzlanskog kantona (prospekcijska analiza)

Općina	Površina općine (ha)	Stabilne površine (ha)	Struktura (%)	Uslovno stabilne površine (ha)	Struktura (%)	Nestabilne površine (ha)	Struktura (%)	Površina klizišta (ha)	Struktura (%)
Banovići	18196,82	13145,53	72,24	2556,75	14,05	2136,06	11,74	358,48	1,97
Celić	13971,12	3218,63	23,04	7248,16	51,88	2744,92	19,65	759,41	5,44
Doboj Istok	3995,62	1378,64	34,50	620,85	15,54	1577,05	39,47	419,08	10,49
Gračanica	21412,96	6942,49	32,42	10708,69	50,01	2707,19	12,64	1054,66	4,93
Gradačac	21470,78	11277,4	52,52	8883,49	41,37	902,61	4,20	407,27	1,90
Kalesija	19818,62	10126,38	51,10	5546,88	27,99	3016,47	15,22	1128,9	5,70
Kladanj	32762,55	16010,83	48,87	9557,93	29,17	5626,74	17,17	1567,06	4,78
Lukavac	35256,25	23290,54	66,06	5989,16	16,99	5017,63	14,23	958,91	2,72
Sapna	12159,79	1502,86	12,36	5712,47	46,98	3282,7	27,00	1661,77	13,67
Srebrenik	24772,02	8079,13	32,61	9228,67	37,25	5352,28	21,61	2111,94	8,53
Teočak	3284,28	505,5	15,39	1949,22	59,35	576,53	17,55	253,04	7,70
Tuzla	29685,75	6899,76	23,24	10564,01	35,59	8164,49	27,50	4057,48	13,67
Živinice	29092,03	21886,82	75,23	5488,47	18,87	1610,3	5,54	106,43	0,37
Tuzlanski kanton	265878,59	124264,51	46,74	84054,75	31,61	42714,97	16,07	14844,43	5,58

Stabilnost terena

Kategorizacija terena prema stepenu stabilnosti Područje Federacije BiH odlikuje se raznovrsnom i složenom geološkom građom gdje su zastupljene različite stratigrafske jedinice od paleozoika do kvaratara. Na razmatranom području formirane su različiti litološki tipovi sedimentnih, metamornih i magmatskih stijena koje se generalno odlikuju kako različitim stepenom dijageneze, fizičkomehničkim karakteristikama tako i različitim stepenom tektonske oštećenosti. Zbog svojih različitih i promjenljivih fizičko mehaničkih svojstava zastupljeni litološki članovi različito su podložne procesu raspadanja i formiranja glinovitih i glinovito-kamenitih pokrivača različitog genetskog porijekla, koji se generalno odlikuju promjenljivom moćnošću. Na promjenljivost fizičko-mehaničkih svojstava stijena na vrlo kratkim rastojanjima utiče i često smjenjivanje različitih litoloških članova kako u vertikalnom tako i u horizontalnom pravcu.

U onim zonama terena gdje su formirani deblji glinoviti pokrivači te zone predstavljaju potencijalne zone za formiranje različitih egzogeno geodinamičkih procesa i pojava. U zavisnosti od stepena zastupljenosti egzogenogeoloških i inženjerskogeoloških (tehnogenih) procesa i pojava zavisi kategorizacija terena prema stepenu stabilnosti i izrada Oleate stabilnosti.

Podloga za izradu Oleate stabilnosti terena Federacije BiH trebala je poslužiti predhodno urađena Inženjerskogeološka karta prema Uputstvu IAEG-a (Internacionalne asocijacije za inženjersku geologiju) gdje bi se na karti R 1:200.000 izdvojili odgovarajući litološki tipovi, kompleksi, formacije i svite tako da bi se preciznije mogle izdvojiti i zone intenzivnog razvoja različitih kategorija egzogenih procesa i pojava.

Za područje teritorije Federacije BiH dosada nije urađena pregledna inženjerskogeološka karta R 1:200.000, niti je zahtjevana njena predhodna izrada.

Prilikom izrade Oleate stabilnosti Federacije BiH korištene su sve Osnovne geološke karte R 1:100.000 koje zahvataju teritoriju Federacije, zatim je izvršena analiza morfoloških karakteristike terena (topografske podloge, satelitski snimci) uz korištenje inženjerskogeoloških karata različite razmjere i kvaliteta, a koje su bile prethodno urađene za različite potrebe (prostorni planovi, regionalna istraživanja, podloge za izrada različitih infrastrukturnih objekata i sl.), a vezano za pojedine dijelove Federacije. Takođe pri izradi Oleate stabilnosti korišteno je značajno dosadašnje stručno iskustvo u kategorizaciji terena prema stepenu stabilnosti. Prilikom izrade Oleate stabilnosti vodilo se računa da se što preciznije izdvoje različite kategorije terena prema stepenu stabilnosti, tako da se u okviru nestabilnog i uslovnostabilnog terena nisu izdvajane stabilne zone većih brda (grebeni) i aluvialni nanosi (ravničarski tereni), iako su u nekim dosadašnjim kategorizacijama terena prema stepenu stabilnosti i ovi dijelovi terena svrstani u tu kategoriju , ako se u blizini nalaze klizišta i odroni.

Na osnovu dobijenih rezultata provedenih geoloških, strukturno-tektonskih, geomorfoloških, hidrogeoloških, geotehničkih analiza izvršena je Kategorizacija terena Federacije BiH prema stepenu stabilnosti, a dobiveni rezultati prikazani su na Oleati R 1: 200.000.

Na razmatranom području izdvojene su tri kategorije terena prema stepenu stabilnosti i to:

Nestabilan teren

Ova kategorija terena predstavlja dio razmatranog područja koji je zahvaćen procesom klizanja, puzanja i odronjavanja. U izdvojenoj nestabilnoj kategoriji terena koja je prostorno jasno definisana, ne može se vršiti planiranje niti izgradnja novih niti legalizacija postojećih objekata. U ovoj kategoriji terena ne smije se vršiti zasijecanje terena kao i formiranje većih nasipa. U zoni nestabilnog terena predvidjeti izradu projekat sanacije terena, kako bi ovu kategoriju terena preveli u kategoriju uslovno stabilnog i stabilnog terena.

Uslovno stabilan teren

Ova kategorija terena u prirodnim uslovima je stabilan, ali zbog složenih geoloških, geomorfoloških, strukturno-tektonskih i hidrogeoloških karakteristika terena mogu se očekivati problemi sa stabilnošću u uslovima neadekvatne izgradnje i zasijecanja labilnog dijela terena. Pored labilnih padina, u ovom dijelu izdvojene su i moćne naslage siparskog materijala na strmijim padinama. Ova kategorija terena se uz odgovarajuće građevinske zahvate može prevesti u stabilnu kategoriju terena.

U ovoj kategoriji koncepcija uređenja terena i način izgradnje objekata uslovljena je inženjerskogeološkim karakteristikama terena. Ovo su tereni na kojima nema klizanja terena, ali predstavljaju potencijalne sredine za moguću pojavu klizišta. Za kompletnu kategoriju prije izrade detaljnije prostorno-urbanističke dokumentacije, potrebno je izvršiti detaljna inženjerskogeološka i geomehanička istraživanja, na osnovu čijih rezultata će se prilagoditi koncepcija izgradnje i uređenja terena.

Prilikom izbora koncepcije i utvrđivanja režima gradnje u ovoj zoni moraju se poštovati sljedeća pravila:

Povoljan položaj i raspored objekata. Treba nastojati da izgrađenost donjeg dijela padine bude što veća i da se u tom dijelu u grade viši objekti, a u ostalom dijelu niži objekti. Treba težiti da duža strana objekta bude okomita na izohipse;

Planirani objekti moraju biti jednostavnih tlocrtnih oblika. Fundiranje objekata (kolektivnog tipa) treba izvesti tako da se fundiraju u geološkom supstratu (oslanjanje na kontrafore i sl.); Izradom većih nasipa u nožici labilne padine; Dreniranje terena sistemom dubokih drenaža; Prilikom izgradnje puteva preko labilnih padina treba planirati tako da niveleta puta što više prati liniju terena tj. da bude što manje zasijecanja i nasipanja terena; Kontrolisani odvod površinskih i otpadnih voda;

U dijelu terena gdje je potrebna izrada potporne konstrukcije njezino temeljenje izvršiti u geološkom supstratu; Izvršiti rasterećenje pojedinih dijelova klizišta tj izvršiti tzv « peglanje terena»; Sve manje vodotoke koji protiču kroz labilne dijelove terena treba regulisati.

Stabilan teren

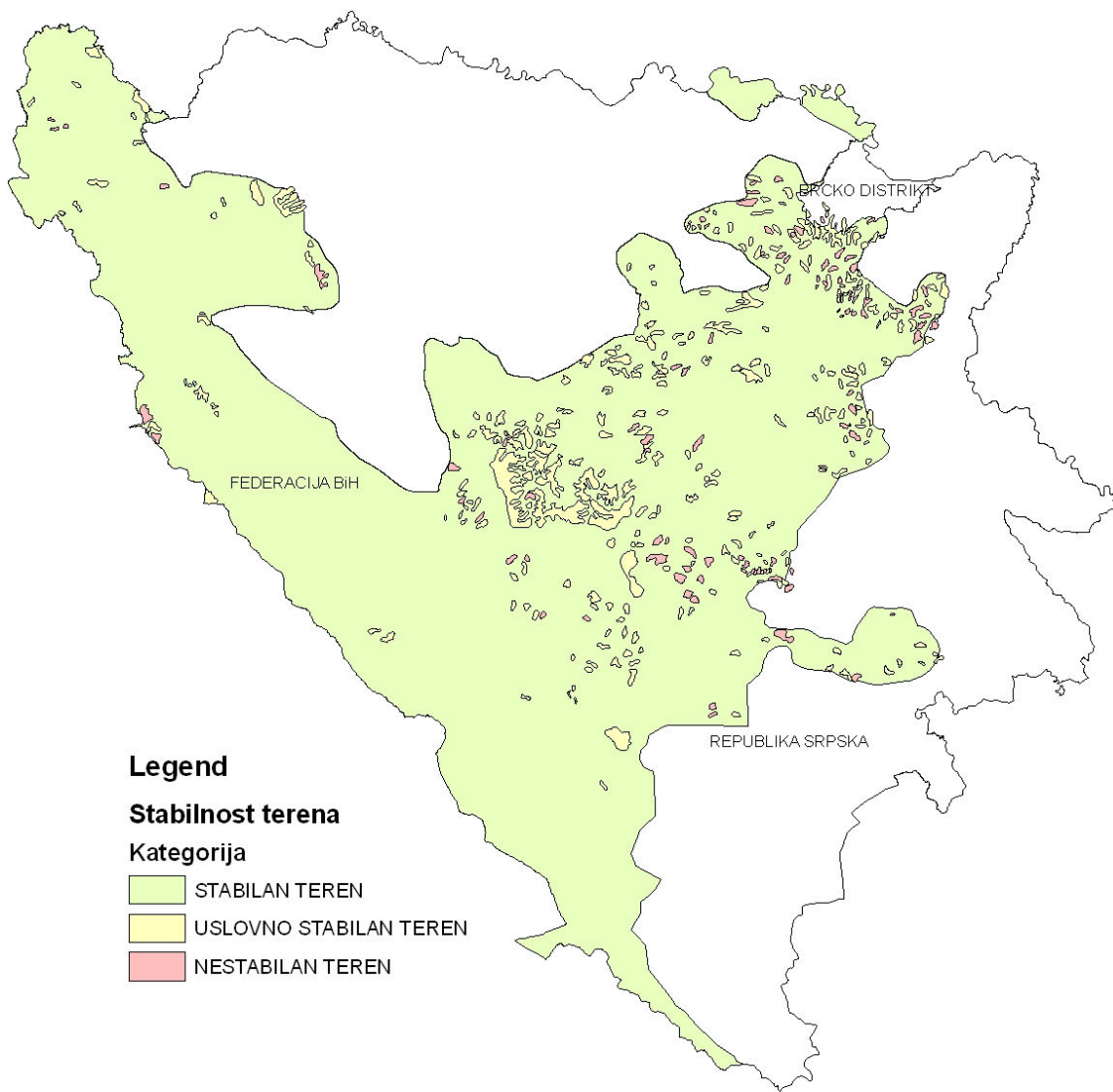
Ova kategorija terena zauzima najvišu površinu na teritoriji Federacije BiH. Ovaj teren je izgrađen od čvrstih stijena, na kojima je zastupljen tanji glinoviti pokrivač, zone grebenastih formi, planinskih visoravni, aluvialnih terena i dr. Na izdvojenoj stabilnoj kategoriji terena ne očekuje se širenja klizišta niti aktiviranje novih klizišta. U ovoj kategoriji može se planirati izgradnja naselja objekata bilo kakvog tipa sa pratećom infrastrukturom, s tim da se način i dubina temeljenja prilagodi lokalnim geološkim karakteristikama. Koncepcija uređenja terena nije geološki uslovljena i može se provesti prema zamislama urbanista.

Veća koncentracija klizišta na teritoriju BIH nalaze se u slijedećim područjima

Br.	LOKACIJA	KLIZIŠTA
1.	Bihać – Mala Kladuša	Ćoralići, Tržica, Pećigrad
2.	Kamengrad kod Sanskog Mosta	Kiska, Podkiska
3.	Banja Luka – Kotor Varoš	Čelinac, Kotor Varoš, Ljuboča, Snjegotina, Slatina, Groblje ispod Šehitluka
4.	Bosanski Novi	Bosanski Novi, Bosanska Dubica
5.	Doboj – Teslić – Modriča	Bukovice, Šušnjara, Lupljanice, Svilaj, Cerovac, Dragalovac, Tešanj, Novi Šeher
6.	Rogatica	Radave, Seljani, Tvičjak, Živaljevina, Rešetnik, Sijakovići, Lepenica, Gučevo
7.	Srebrenica	U blizini hidroakumulacije HE Bajna Bašta
8.	Višegrad	Valetovo, Crnčići, Gornji Dubovik, selo Babin Potok, Velji Lug, Moljevik, Lasci, Koritnik, Ubava, Omeragići, Rutanagići, Žlijeb, Kupusovići, Mramorje, Sendići, Pozderčić, Blace Gradina, Đurojevići, Klašnik, Paočići, Štitarevo, Kamenica
9.	Sarajevo	Mahmutovac, Djeka, Crni Vrh, Buća Potok, Bistrica potok, Kobilja glava, Gatačka ulica, Velešići, Humsko brdo, Pofalići, Vraca, Smederevska ulica, Vrbanja most, Panjina kula, Pionirska dolina, Breka, Bistrik, Hotonj, Hrasno, Alipašino polje, Lukavica, Betenija, Kozija ćuprija, Čeljigovići, Ivičin potok,

		Kobiljača, Pale, Vogošća, Semizovac, Trebević (dubine klizanja 3-12m)
10.	Olovo – Kladanj	Olovske luke, Olovo, Kladanj, dolina rijeke Drinjače (dubine klizanja 2-10m)
11.	Tuzla	Uz saobraćajnicu Tuzla-Bijeljina u dijelu preko Majevice, Lukavac, Crveno brdo, Hotića, Smoluća, Brijesnica, Gornja Tuzla, Šićki brod (registrovano preko 120 klizišta)
12.	Derventa	Registrovana 22 klizišta
13.	Gradačac	Registrovana brojna klizišta u široj okolini, a koja su izazvala oštećenja objekata
14.	Kiseljak – Visoko	Uz Fojničku rijeku, Kaćuni, Klokoti, Majdan u Varešu (locirana uglavno uz saobraćajnice)
15.	Rama	Mluša, Radin potok, Varvare, Matina stijena, Kovačevo polje, Stara separacija, Radiljevica, Šćita, uz akumulaciju HE Kovačevo polje
16.	Jablanica	Duž akumulacije HE Jablanica, Čelebići, Ostrožac, Ribički potok, tunel Kukovi
17.	Foča – Tjentište – Čemerno	Uz put Foča-Gacko, Belenski potok, Prijedel, Raće, Perovići, kanjon rijeke Sutjeske, Osoje (registrovano 14 klizišta)
18.	Zenica	Kamberović padina, Mala broda, Zlokuće, Gorica, Tičići, Raspotočje, Vjetrenik, Dobrinje, ušće Lašve u Bosnu, uz magistralni put Zenica-Sarejevo (registrovana brojna klizišta)
19.	Maglaj	Suljakovići, Liješnica, Muševac, Moševičko polje, Šehići (registrovano preko 50 aktivnih klizišta)

KARTA STABILNOSTI FEDERACIJE BOSNE I HERCEGOVINE



Legend

Stabilnost terena

Kategorija

- STABILAN TEREN
- USLOVNO STABILAN TEREN
- NESTABILAN TEREN

0 9.500 19.000 38.000 57.000 76.000 Meters



Karta stabilnosti terena

Tabela.br. Stepen zastupljenosti klizišta po mjesnim zajednicama u općini Tuzla (Mulać, M. 2008).

Red.br.	Naziv MZ	Površina MZ	Broj klizišta	Ukupna površina m ²	%
1	Batva	1.258.241,40	11	219.028,12	17,41
2	Brčanska Malta	969.583,13	17	256.434,37	26,45
3	Breške	9.278.322,00	14	1.210.837,90	13,05
4	Bukinje	6.773.020,03	1	40.640,99	0,60
5	Centar	2.165.568,64	32	532.862,30	24,61
6	Dobrnja	11.187.961,61	13	827.870,58	7,40
7	Dokanj	26.572.557,44	53	3.236.606,16	12,18
8	Dragunja	12.848.073,36	19	976.734,34	7,60
9	Gornja Tuzla	29.918.642,42	56	4.533.198,53	15,15
10	Grabovica	8.410.095,03	68	2.087.298,71	24,82
11	Husino	5.123.723,01	4	184.511,34	3,60
12	Jala	392.834,78	11	88.633,88	22,56
13	Kreka	6.236.885,00	31	475.293,64	7,62
14	Kula	3.205.041,00	36	875.196,84	27,31
15	Lipnica	4.234.340,00	2	100.788,27	2,38
16	Lipnica Gornja	10.092.625,00	22	1.808.270,82	17,92
17	Lipnica Srednja	10.613.164,00	14	1.042.935,73	9,83
18	Ljepunice	4.704.385,00	1	107.399,88	2,28
19	Mejdan	717.392,00	5	20.759,18	2,89
20	Mosnik	1.883.631,00	22	138.479,41	7,35
21	Mramor	12.634.456,00	9	381.830,14	3,02
22	Novi Grad I	241.144,00	1	2.153,68	0,89
23	Obodnica Donja	5.076.074,00	10	944.763,73	18,61
24	Obodnica Gornja	8.070.238,00	19	1.069.526,78	13,25
25	Par Selo	10.141.298,00	5	514.117,93	5,07
26	Pasci Gornji	5.929.898,00	1	45.871,62	0,77
27	Požarnica	28.693.083,00	45	3.662.777,73	12,77
28	Simin Han	11.209.544,00	24	2.281.752,54	20,36
29	Sjenjak	652.370,00	12	131.790,29	20,20
30	Slatina	301.683,00	5	48.239,56	15,99
31	Slavinovići	8.270.817,00	113	2.689.408,44	32,52
32	Solana	6.266.932,00	55	947.920,30	15,13
33	Solina	7.374.395,00	97	1.473.641,31	19,98
34	Stari Grad	664.967,00	2	15.237,62	2,29
35	Ši Selo	3.190.206,00	46	1.119.705,35	35,10
36	Šićki Brod	7.178.507,00	2	40.967,81	0,57
37	Tušanj	4.478.188,00	96	1.360.648,79	30,38
UKUPNO			974	35.494.134,61	

Tabela. br. Stepen zastupljenosti labilnih padina po mjesnim zajednicama općine Tuzla

Red.br.	Naziv MZ	Površina MZ	Broj LP	Ukupna površina LP m ²	%
1.	Batva	1.258.241,00	12	27.156,28	2,16
2.	Brčanska Mlata	969.583,00	6	13.305,77	1,37
3.	Breške	9.278.322,00	6	637.389,78	6,87
4.	Centar	2.165.568,00	10	42.019,08	1,94
5.	Dokanj	26.572.557,00	19	545.459,86	2,05
6.	Dragunja	12.848.073,00	11	810.269,56	6,31
7.	Gornja Tuzla	29.918.642,00	11	366.498,58	1,22
8.	Grabovica	8.410.095,00	36	259.272,18	3,08
9.	Jala	392.834,00	2	2.324,22	0,59
10.	Kreka	6.236.885,00	37	110.442,84	1,77
11.	Kula	3.205.040,00	7	17.010,51	0,53
12.	Lipnica Gornja	10.092.625,00	3	153.127,60	1,52
13.	Lipnica Srednja	10.613.164,00	6	326.958,22	3,08
14.	Mejdan	717.392,00	7	18.833,81	2,63
15.	Mosnik	1.883.631,00	24	59.296,82	3,15
16.	Mramor	12.634.456,00	6	329.395,26	2,61
17.	Novi grad	241.144,00	6	3.698,90	1,53
18.	Obodnica Donja	5.076.074,00	4	230.350,31	4,54
19.	Obodnica Gornja	8.070.238,00	3	75.240,55	0,93
20.	Par Selo	10.141.298,00	3	149.356,12	1,47
21.	Požarnica	28.693.083,00	13	860.873,15	3,00
22.	Simin Han	11.209.544,00	4	146.383,64	1,31
23.	Sjenjak	652.370,00	5	15.571,85	2,39
24.	Slatina	301.683,00	1	4.922,13	1,63
25.	Slavinovići	8.270.817,00	51	180.874,18	2,19
26.	Solana	6.266.932,00	52	275.628,37	4,40
27.	Solina	7.274.395,00	36	155.299,81	2,13
28.	Stari grad	664.967,00	1	17.910,52	2,69
29.	Ši Selo	3.190.206,00	12	37.995,87	1,19
30.	Tušanj	4.478.188,00	25	71.220,23	1,59
UKUPNO			419	5.944.157,00	