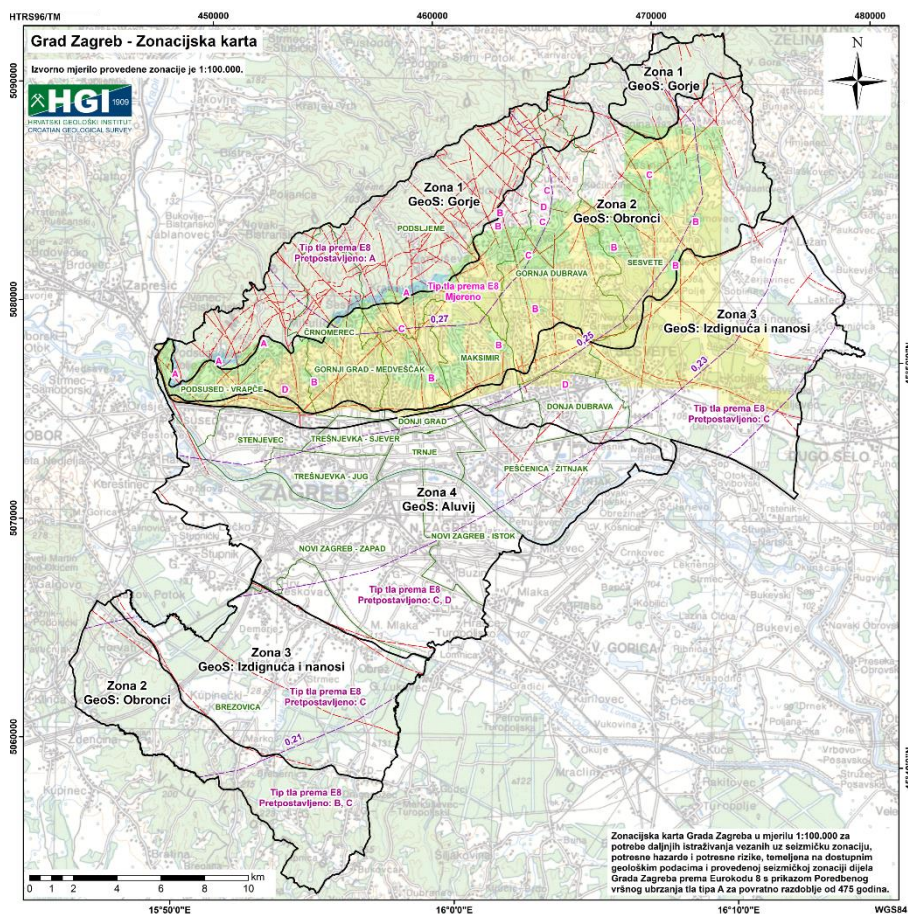


## PROCJENA POTRESNOG RIZIKA GRADA ZAGREBA GEOLOŠKI ELABORAT

HRVATSKI GEOLOŠKI INSTITUT



HRVATSKI GEOLOŠKI INSTITUT:

Elaborat broj: 047/23

Predstojnik Zavoda za hidrogeologiju i inženjersku geologiju:

Ravnatelj Instituta:

Dr.sc. Josip Terzić, dipl.ing.geol.

Dr.sc. Slobodan Miko, dipl.ing.geol.

Zagreb, lipanj 2023. godine

Naručitelj:

**CENTAR GRAĐEVINSKOG FAKULTETA d.o.o.**

**Sveti Duh 129, 10000 Zagreb, Hrvatska**

**MB: 02676796; OIB: 51108551424**



Izvođač:

**HRVATSKI GEOLOŠKI INSTITUT**

**Sachsova 2, 10 000, Zagreb**

**MB: 3219518; OIB: 43733878539**



Traženi opseg radova:

Ovim Ugovorom za izradu geološkog elaborata u sklopu projekta „Procjena potresnog rizika za grad Zagreb“ (dalje: Ugovor) Naručitelj povjerava, a Ugovaratelj preuzima obvezu izvršenja usluge izrade elaborata s podacima o seizmičkoj zonaciji s geološkog aspekta, sve za potrebe definiranja potresnog hazarda na području grada Zagreba.

Broj ugovora – HGI: 167/23

Datum potpisa ugovora: 18.01.2023.

Rok izvršenja: 5 mjeseci od dana potpisa ugovora

Autori Elaborata:

Dr. sc. Laszlo Podolszki, dipl. ing. geol., Hrvatski geološki institut

Dr. sc. Josip Terzić, dipl. ing. geol., Hrvatski geološki institut

Naručitelj se obvezuje zaštititi autorska prava u skladu s pozitivnim propisima Republike Hrvatske.

## REPUBLIKA HRVATSKA, TRGOVAČKI SUD U ZAGREBU, IZVADAK IZ SUDSKOG REGISTRA

## SUDSKI REGISTAR, PODACI O POSLOVNOM SUBJEKTU, VERZIJA ZA ISPIS:

**Nadležni sud**

Trgovački sud u Zagrebu

**MBS**

080140285

**OIB**

43733878539

**Status**

Bez postupka

**Naziv**

Hrvatski geološki institut

**Sjedište/adresa**Zagreb (Grad Zagreb)  
Sachsova ulica 2**Adresa elektroničke pošte**[ured@hgi-cgs.hr](mailto:ured@hgi-cgs.hr)**Pravni oblik**

ustanova

**Djelatnosti**

- \* istraživanje, izrada i izdavanje osnovnih geoloških karata, zajedno s pripadajućim tumačima
- \* temeljna i primjenjena geološka istraživanja
- \* prikupljanje, valorizacija, pohrana i distribucija svih vrsta geoloških podataka
- \* istraživanje i eksperimentalni razvoj u prirodnim, tehničkim i tehnološkim znanostima
- \* tehničko ispitivanje i analiza
- \* izdavanje knjiga
- \* izdavanje časopisa i periodičnih publikacija
- \* djelatnost knjižnice i arhiva
- \* stručni poslovi zaštite okoliša
- \* istraživanje mineralnih sirovina
- \* izrada dokumenata o rezervama mineralnih sirovina
- \* uzimanje uzoraka i ispitivanja voda
- \* izvođenje rudarskih istražnih radova
- \* hidrogeološka istraživanja
- \* geofizička istraživanja
- \* inženjerskogeološka istraživanja
- \* geološka istraživanja podmorja

**Osnivači/članovi društva**REPUBLIKA HRVATSKA, OIB: 52634238587 [\(Prikaži vezane subjekte\)](#)

- osnivač

**Osobe ovlaštene za zastupanje**Slobodan Miko, OIB: 97038631583 [\(Prikaži vezane subjekte\)](#)

Zagreb, Bosanska 65

- ravnatelj

---

- zastupa pojedinačno i samostalno od 18.04.2017. godine

## Pravni odnosi

### Statut:

Statut od 11.11.1996. godine

Odlukom Upravnog vijeća od 11.01.2001.god. izmijenjen i dopunjen Statut u čl. 18., 20., 22. i 29. odredbe o upravnom vijeću i znanstvenom vijeću. Odlukom Upravnog vijeća od 27.02.2001.god. dopunjen Statut čl.5a., odredbe djelatnosti. Pročišćeni tekst Statuta od 20.03.2001.god.

Statut od 05.05.2005. godine. Upravno vijeće Hrvatskog geološkog instituta je dana 05.05.2005. godine donijelo Statut Hrvatskog geološkog instituta kojim je u cijelosti izmijenio Statut Instituta za geološka istraživanja - pročišćeni tekst od 20.03.2001. godine. Statutom je izvršeno usklađivanje sa Zakonom o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju.

Upravno vijeće Hrvatskog geološkog instituta je dana 28.01.2014. godine donijelo Statut Hrvatskog geološkog instituta kojim je u cijelosti izmijenio Statut Hrvatskog geološkog instituta od 05.05.2005. godine i temeljem suglasnosti Republike Hrvatske, Ministarstva znanosti, obrazovanj i sporta, Kl. 640-01/14-01/00008, Ur. br. 533-28-14-0006 od 18.07.2014. godine, dostavljen je sudu i uložen u zbirku isprava.

Odlukom Upravnog vijeća Hrvatskog geološkog instituta o dopuni Statuta od 23.02.2018. godine, izmijenjen je Statut od 28.01.2014. godine u čl. 5. o djelatnosti ustanove te je ravnatelj donio pročišćeni tekst Statuta od 10.11.2020. godine, a koji je dostavljen sudu i uložen u zbirku isprava.

## Ostali podaci

Subjekt je bio upisan kod Trgovačkog suda u Zagrebu pod reg. brojem 1-1882.

## Evidencijske djelatnosti

\* snimanje iz zraka

REPUBLIKA HRVATSKA  
Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa

Klasa: UP/I-133-01/05-01/07  
Ur.br.: 533-08-05-1  
Redni broj evidencije: **263**  
Zagreb, 29. lipnja 2005. godine

Na temelju članka 24. Pravilnika o uvjetima i načinu polaganja stručnog ispita i  
ispitnom programu za samostalno obavljanje geoloških istraživanja (NN 14/88 i 82/95)

## MINISTARSTVO ZNANOSTI, OBRAZOVANJA I ŠPORTA

izdaje

# UVJERENJE

O OSPOSOBLJENOSTI ZA SAMOSTALNO OBAVLJANJE GEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA

**mr.sc. JOSIP (Karlo) TERZIĆ, dipl. ing. geologije,**

rođen 1. studenoga 1972. godine u Zagrebu, Republika Hrvatska,  
zaposlen u Hrvatskom geološkom institutu, Zagreb,  
polagao je 2. lipnja 2005. godine stručni ispit za samostalno obavljanje  
geoloških istraživanja pred ispitnom komisijom Ministarstva znanosti,  
obrazovanja i športa.

ISPITNA KOMISIJA JE OCIJENILA DA JE IMENOVANI-NA ISPIT POLOŽIO-LA.

Ovo uvjerenje oslobođeno je plaćanja upravnih pristojbi temeljem članka 7. stavak 1. točke 14.  
Zakona o upravnim pristojbama ("Narodne novine" broj 8/96, 131/97, 68/98, 163/03 i 17/04).

Predsjednik Ispitne komisije

Prof. dr. sc. Božidar Biondić



Ministar

Doc. dr. sc. Dragan Primorac



REPUBLIKA HRVATSKA  
Ministarstvo znanosti i obrazovanja

KLASA: UP/I-133-01/16-01/00004  
URBROJ: 533-19-16-0005  
Redni broj evidencije: **392**  
Zagreb, 10. siječnja 2017.

Na temelju članka 24. Pravilnika o uvjetima i načinu polaganja stručnog ispita i ispitnom programu za samostalno obavljanje geoloških istraživanja („Narodne novine“, broj: 14/88, 29/88 i 82/95)

**MINISTARSTVO ZNANOSTI I OBRAZOVANJA**

izdaje

**UVJERENJE**

O OSPOSOBLJENOSTI ZA SAMOSTALNO OBAVLJANJE GEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA

**dr. sc. LASZLO (Jožef) PODOLSZKI, dipl. ing. geol.,**

rođen 19. veljače 1980. godine u Bačkoj Topoli, Republika Srbija,

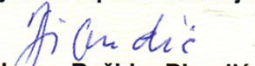
polagao je 28. studenoga 2016. godine stručni ispit za samostalno obavljanje geoloških

istraživanja pred ispitnom komisijom Ministarstva znanosti i obrazovanja.

ISPITNA KOMISIJA JE OCIJENILA DA JE IMENOVANI-NA ISPIT POLOŽIO-LA.

Ovo uvjerenje oslobođeno je plaćanja upravnih pristojbi temeljem članka 7. stavka 2. točke 22. Zakona o upravnim pristojbama (Narodne novine, broj 115/16).

**Predsjednik Ispitne komisije**

  
**prof. dr. sc. Božidar Biondić**



**MINISTAR**

  
**prof. dr. sc. Pavo Barišić**



## Sadržaj:

1. Uvod .....	1
2. Osnovni pojmovi – poredani prema cjelinama .....	2
3. Grad Zagreb – kratki pregled relevantnih informacija i podataka .....	5
3.1 Općenito o „Projektu kompleksnih geotehničkih i seizmičkih istraživanja za potrebe planiranja i građenja na području grada Zagreba“ .....	7
4. Razmatrane geološke podloge .....	12
4.1 Geološka karta u mjerilu 1:300.000 .....	13
4.2 Osnovna geološka karta u mjerilu 1:100.000.....	15
4.3 Hidrogeološka karta u mjerilu 1:500.000.....	18
4.4 Hidrogeološka karta u mjerilu 1:300.000.....	20
4.5 Inženjerskogeološka karta u mjerilu 1:500.000 .....	22
4.6 Inženjerskogeološka karta u mjerilu 1:300.000 .....	25
5. Razmatrane detaljnije geološke podloge i seizmička mikrozonacija prema Eurokodu 8 za dio područja Grada Zagreba .....	28
5.1 Geološka karta u mjerilu 1:25.000 .....	29
5.2 Hidrogeološka karta u mjerilu 1:25.000.....	30
5.3 Inženjerskogeološka karta u mjerilu 1:5.000 .....	31
5.4 Seizmička mikrozonacija u mjerilu 1:25.000 za dio područja Grada Zagreba prema Eurokodu 8 .....	32
6. Karta Grada Zagreba s predloženom zonacijom u mjerilu 1:100.000 .....	35
7. Diskusija, osvrt na provedeno zoniranje i preporuke za daljnje istraživanje .....	40
7.1 Osvrt na provedeno zoniranje .....	42
7.2 Preporuke za daljnje istraživanje .....	44
8. Zaključci .....	45
Literatura .....	47
Prilog.....	49

## 1. Uvod

Generalni trend povećanja stanovništva utječe i na razvoj i širenje gradova i gradskih područja odnosno potiče proces urbanizacije. Od tog procesa nije izuzet ni grad Zagreb koji je smješten na južnim obroncima Medvednice, u ravničarskom području oko rijeke Save te na sjevernim obroncima Vukomeričkih Gorica. Kako raste pritisak zbog sve većeg broja stanovnika razvoj i širenje Zagreba se odvija od „povoljnijeg“ područja prema „nepovoljnijem“ s obzirom na infrastrukturnu povezanost, ekonomsku vrijednost zemljišta, uvjete za gradnju itd. Stariji dijelovi Zagreba su izgrađeni na „povoljnijim“ lokacijama za gradnju, a „nepovoljnija“ su ostala neizgrađena. Širenje grada danas se provodi izgradnjom upravo na tim područjima. Tako područja koja su bila manje izgrađena u prošlosti (npr. područja uz rijeku Savu, padine Medvednice i Vukomeričkih Gorica), zbog opasnosti od prirodnih nepogoda (npr. potresa, poplava, klizišta) su danas, uslijed povećanja broja stanovnika grada, intenzivno urbanizirana i postala su sastavnim dijelom grada. Kao rezultat urbanizacije se javlja cijeli niz problema, između kojih se nalaze i problemi vezani uz mogućnost ugroze stanovništva kao posljedica potresa. Problematika vezana uz geohazarde (u širem smislu) je prisutna na širem području grada Zagreba već desetljećima, a realno je za očekivati i da će biti prisutna i u sljedećim desetljećima. S obzirom na navedeno, posljednjih 50-ak godina sve veća pažnja posvećuje se istraživanjima vezanim uz geohazarde i jasno je da su za adekvatno urbanističko planiranje i njegovu provedbu potrebna i istraživanja vezana uz geohazarde (u širem smislu), a procjena potresnog rizika za grad Zagreb je svakako važan aspekt pri procjeni moguće ugroze stanovništva i imovine odnosno korak prema ublažavanju negativnih posljedica geohazardne pojave (potresa).



## 2. Osnovni pojmovi – poredani prema cjelinama

GEOLOGIJA je znanost koja se bavi proučavanjem Zemlje.

GEOHAZARD predstavlja mogućnost pojavljivanja određene štetne pojave koja uključuje dugoročne ili kratkoročne geološke procese u određenom vremenu na određenom prostoru.

ZONACIJA je proces izdvajanja istovrsnih područja. Ovisno o korištenim parametrima i/ili namjeni zonacije mogu biti raznovrsne.

RIZIK je mjera vjerojatnosti i ozbiljnosti štetne pojave za zdravlje, imovinu ili okoliš.

SEIZMOLOGIJA je znanost koja se bavi potresima.

POTRES je iznenadna i kratkotrajna vibracija nastala zbog oslobađanja velike količine energije, a uzroci mogu biti različiti (tektonski, vulkanski, urušni).

MAGNITUDA je mjera koja služi za opis energije oslobođene u žarištu (hipocentru) potresa odnosno mjera za procjenu snage i jakosti potresa.

INTENZITET je mjera koja se temelji na opisu učinka potresa na objekte te opažanja i doživljaja ljudi. Intenzitet se ne može procijeniti ako ne postoji opažanje, odnosno opažač, te stoga u nenaseljenim područjima iznosi nula. Učinci koji se opažaju ovise o više faktora: jakosti potresa u izvoru (magnitudi), mehanizmu pomaka u žarištu potresa, svojstvima sredstva kroz koje val putuje, lokalnim geološkim svojstvima i vrsti građevine, odnosno načinu gradnje. U pravilu će potresi veće magnitude za posljedicu imati i veći intenzitet te se općenito može reći da se vrijednost intenziteta smanjuje što smo dalje od žarišta potresa. Međutim, kako ova veličina ovisi i o drugim spomenutim parametrima, intenzitet će se (za razliku od magnitude) razlikovati od lokacije do lokacije.

SEIZMIČKO MIKROZONIRANJE je proces označavanja područja u kojima će amplifikacija trešnje tla u odnosu na osnovnu stijenu biti podjednaka. Danas je u Hrvatskoj prihvaćena norma Eurokod 8 kojom se daju upute za protupotresnu gradnju objekata, stoga je i mikrozoniranje usklađeno s odredbama te norme. U Eurokodovima je potresna akcija određena spektrima odziva čije su amplitude definirane poredbenom vršnom akceleracijom tla na razini osnovne stijene te koeficijentima koji ovise o tipu tla na gradilištu. Zato se danas u praksi seizmičko mikrozoniranje svodi na kartiranje tipa tla („geološka podloga“).

OSNOVNA STIJENA prema Eurokodu-8 je definirana kao geološka formacija u kojoj se transversalni val rasprostire brzinom većom od 800 m/s (ponekad 750 m/s). U Eurokodu 8, ona odgovara tlu tipa A.

TIP TLA prema Eurokodu 8 odnosno definicije tipova tla dane su u Tablici 2.1. Definicije nisu stroge, naročito za ukupne debljine slojeva iznad osnovne stijene za tipove B, C i D, te  $S_1$  i  $S_2$ . Velika je težina dana parametru  $v_{s,30}$  odnosno prosječnoj brzini valova u prvih 30 m dubine. U seizmološkoj literaturi postoji mnogo radova koji analiziraju uspješnost te veličine za karakterizaciju amplifikacije potresnih valova unutar površinskih naslaga. U mnogim slučajevima pokazalo se da njezina uspješnost nije velika. Unatoč tome,  $v_{s,30}$  je danas univerzalno prihvaćen parametar koji praktički definira seizmičko mikrozoniranje.

Tablica 2.1 Tipovi tla prema Eurokodu 8

Tip tla	Opis stratigrafskog profila	Parametri		
		$v_{s,30}$ (m/s)	$N_{SPT}$ (udara/ 30 cm)	$c_u$ (kPa)
<b>A</b>	Stijena ili druga geološka formacija poput stijene uključujući najviše 5 m slabijeg materijala na površini	>800	–	–
<b>B</b>	Nanosi vrlo gustog pijeska, šljunka ili vrlo krute gline, debljine najmanje nekoliko desetaka metara, s postupnim povećanjem mehaničkih svojstava s dubinom	360–800	>50	> 250
<b>C</b>	Duboki nanosi gustog ili srednje gustog pijeska, šljunka ili krute gline debljine od nekoliko desetaka metara do više stotina metara	180–360	15–50	70–250
<b>D</b>	Nanosi rahlog do srednje zbijenog nekoherentnog tla (s nešto mekih koherentnih slojeva ili bez njih) ili pretežno meko do dobro koherentno tlo	< 180	< 15	< 70
<b>E</b>	Profil tla koja se sastoji od površinskog aluvijskog sloja s vrijednostima $v_s$ za tipove C ili D i debljinom između 5 i 20 m ispod kojeg je krući materijal s $v_s > 800$ m/s			
<b>S<sub>1</sub></b>	Nanosi koji se sastoje od, ili sadrže, sloj debljine najmanje 10 m mekih glina/praha s velikim indeksom plastičnosti ( $PI > 40$ ) i velikim sadržajem vode	< 100 (približno)	–	10–20
<b>S<sub>2</sub></b>	Nanosi tla podložnih likvefakciji, osjetljivih glina ili svaki drugi profil tla koji nije obuhvaćen tipovima A do E ili S <sub>1</sub>			

\*  $v_{s,30}$  je prosječna brzina rasprostiranja transversalnih valova do dubine od 30 metara. Definirana je kao omjer  $v_{s,30} = 30 / t_{30}$ , gdje je  $t_{30}$  ukupno vrijeme koje transversalnom valu koji vertikalno putuje iz dubine prema površini treba da prijeđe posljednjih 30 m puta.

#### Kratki opis nekih osnovnih pojmova

Potres je iznenadno oslobađanje nakupljene energije unutar ograničenog područja u Zemlji, a najčešći su tektonski potresi (>90 %) koji nastaju na rasjedima i rezultat su djelovanja tektonskih sila. Mjesto nastanka potresa u Zemljinoj unutrašnjosti naziva se žarište ili hipocentar, a točka na Zemljinoj površini vertikalno iznad zove se epicentar. Prema dubini na kojoj se nalazi žarište potresa, razlikuju se plitki (do 60 km), srednje duboki (od 60 do 350 km) i duboki potresi (dubine veće od 350 km). Iz žarišta potresa šire se u svim smjerovima seizmički ili potresni valovi. Razlikuju se dvije osnovne skupine seizmičkih valova: prostorni i površinski valovi. Prostorni valovi nastaju u samome žarištu, odnosno izvoru potresa i putuju na sve strane kroz Zemljinu unutrašnjost. Prostorni se valovi mogu podijeliti na tzv. P-valove (od lat. primus = prvi) i S-valove (od lat. secundus = drugi). P-valovi su zapravo longitudinalni valovi, što znači da kod njih čestice titraju oko svog ravnotežnog položaja u smjeru rasprostiranja vala. Često se još nazivaju i kompresijskim valovima jer uzrokuju kompresiju (sažimanje, zbijanje) sredstva kroz koje prolaze. P-valovi su najbrža vrsta seizmičkih valova, približne prosječne brzine 6 km/s u Zemljinoj kori. S-valovi su transversalni valovi i kod njih čestice titraju okomito na smjer samog putovanja vala. Nazivaju se i posmičnim valovima jer uzrokuju smicanje dijelova sredstva kroz koje se šire. S-valovi su sporiji, približne brzine 3,5 km/s u Zemljinoj kori, no njihove amplitude mogu biti višestruko veće od amplitude P-valova, stoga uzrokuju jače podrhtavanje površine. Površinski valovi putuju uz površinu Zemlje i njihova amplituda opada s dubinom. Nastaju međudjelovanjem prostornih valova s diskontinuitetima u Zemljinoj unutrašnjosti. Postoje dvije vrste površinskih valova:

Loveovi i Rayleighjevi valovi. Loveovi valovi uzrokuju pomicanje čestica sredstva s jedne na drugu stranu dok Rayleighjevi valovi imaju i horizontalnu i vertikalnu komponentu gibanja (izvor: [https://www.pmf.unizg.hr/geof/popularizacija\\_geofizike/seizmoloski\\_pojmovnik](https://www.pmf.unizg.hr/geof/popularizacija_geofizike/seizmoloski_pojmovnik)).

### 3. Grad Zagreb – kratki pregled relevantnih informacija i podataka

Treba istaknuti da razvoj pojedinog područja treba biti planiran i održiv. To se postiže na različite načine, a jedno od njih je adekvatno urbanističko planiranje temeljeno na adekvatnim podacima i specijalističkim podlogama. Za područje Republike Hrvatske (RH) su često ti podaci i podloge nepostojeći, nedostupni ili zastarjeli, odnosno tek ih treba prikupiti, analizirati, ažurirati i izraditi zavisno od buduće namjene. Ovisno o namjeni, potrebni podaci su različiti, odnosno mjerilo (detaljnost) podloga (tematske karte) varira od sitnog (pregledne karte) do krupnog (karte lokacija).

Mjerila i njihova primjenjivost se dijele na različite načine (zavisno od primjene karte i autora), a jedna od podjela je prikazana u tablicama (Tablica 3.1 i 3.2, Fell i dr., 2008). Okvirno se mjerila mogu podijeliti na nacionalna (<1:250.000, ili sitnija od), regionalna (1:25.000-1:250.000), lokalna/područna (1:5.000-1:25.000) i specifična/određene lokacije (>1:5.000, ili krupnija od), Corominas i dr., 2014.

Tablica 3.1 Preporučeni tipovi, razine zoniranja i mjerila karata za zoniranje geohazarda / pokreta na padinama (Fell i dr., 2008)

Svrha	Tip zoniranja				Razina zoniranja			Primjenjivo mjerilo karte zoniranja
	Inventar pojava	Podložnost	Hazard	Rizik	Preliminarna	Srednja	Napredna	
<b>Regionalno zoniranje</b>								1:25.000-1:250.000
Informativno	X	X			X			
Savjetodavno	X	X	(X)		X	(X)		
Zakonodavno	nije preporučljivo							
<b>Lokalno zoniranje</b>								1:5.000-1:25.000
Informativno	X	X	X	(X)	X	(X)		
Savjetodavno	(X)	X	X	X	X	X	X	
Zakonodavno			X	(X)		X	X	
<b>Zoniranje prema lokaciji</b>								1:1.000-1:5.000
Informativno	nije preporučljivo							
Savjetodavno	nije uobičajeno							
Zakonodavno		(X)	X	X		X	X	
Projektirano		(X)	(X)	X		(X)	X	

\* X = primjenjivo, (X) = može se primjeniti

Tablica 3.2 Mjerila karte zoniranja geohazarda (klizanja) i njihova primjena (Fell i dr., 2008)

Opis mjerila	Indikativan raspon mjerila	Primjene zoniranja na primjerima	Tipična površina zoniranja
Sitno	< 1:100.000	Katastar pojava i podložnost (osjetljivost) na pojavu u svrhu informiranja nadležnih službi i građana.	> 10.000 km <sup>2</sup>
Srednje	1:25.000 - 1:100.000	Katastar pojava i podložnost (osjetljivost) na pojavu u svrhu regionalnog razvoja ili inženjerskih projekata krupnih mjerila. Preliminarne razine kartiranja hazarda za lokalna područja.	1.000 – 10.000 km <sup>2</sup>
Krupno	1:5.000 - 1:25.000	Katastar pojava, podložnost (osjetljivost) na pojavu i zoniranje hazarda za lokalna područja. Srednje do napredno zoniranje hazarda u svrhu regionalnog razvoja. Preliminarna do srednja razina zoniranja rizika za lokalna područja i za napredne stadije planiranja za velike inženjerske strukture, cesta i željeznica.	10 – 1.000 km <sup>2</sup>
Detaljno	> 1:5.000	Srednje do napredno zoniranje hazarda i rizika za lokacije i lokalna područja i za faze u projektiranju velikih inženjerskih struktura, cesta i željeznica.	< 100 km <sup>2</sup>

Geološki hazardi uključuju široki spektar pojava (vulkansku aktivnost, potrese, pokrete masa, problematična tla, kontrolu rijeka i mora, djelovanje vjetrova, eroziju tla, odlaganje otpada, zagađenje podzemnih voda i slijeganje tla, prema Bell 1999), ali u ovom elaboratu je dan fokus na potrese i geološke podatke za područje Grada Zagreba.

Grad Zagreb ima relativno veliku površinu od ~641 km<sup>2</sup>, dok prema popisu stanovništva iz 2021. na tom području živi ~770.000 ljudi, što čini gustoću naseljenosti od ~1.200 stanovnika po km<sup>2</sup>. Iako su to za RH „veliki“ podaci, za područje Grada Zagreba postoje određeni setovi geoloških podataka (u širem smislu), ali oni su trenutačno „pregrubi“ (uglavnom su to podaci i karte u sitnom mjerilu od 1:500.000 do 1:100.000) za seizmičko mikrozoniranje (za izradu karata u mjerilu 1:25.000 ili detaljnije) ili za detaljnu procjenu potresnog rizika ili drugih geohazarda.

Postojeći setovi geoloških podataka (u širem smislu) mogu poslužiti za inicijalno zoniranje područja Grada Zagreba (641 km<sup>2</sup>) u mjerilu 1:100.000 s geološkog stajališta i u ovisnosti o očekivanim geohazardima na tom području mogu ukazati na potrebne buduće radnje i potrebu za budućim istraživanjima.

Kao primjer dobre prakse svakako treba istaknuti već provedenu „Seizmičku i geološku mikrozonaciju dijela Grada Zagreba“ (Miklin i dr., 2019) prema Eurokodu 8, za područje Podsljemenske zone, u mjerilu 1:25.000, za područje od 175 km<sup>2</sup>. Provedeno Seizmičko i geološko mikrozoniranje Podsljemenske zone je bilo temeljeno na višegodišnjem istraživanju i na brojnim i detaljnim istražnim radovima koji su uključivali laboratorijske analize te sintezu dobivenih rezultata i izradu novih (detaljnih i adekvatnih) podloga, a kratki osvrt na provedene radnje i postignute rezultate je dan i u kratkom preglednom radu Padovan i dr. (2021), koji je dostupan i na linku:

[https://crocee.grad.hr/event/1/contributions/45/attachments/49/85/002\\_CroCEE\\_ID\\_26.pdf](https://crocee.grad.hr/event/1/contributions/45/attachments/49/85/002_CroCEE_ID_26.pdf) .

Svakako treba istaknuti da su za razvijanje i izradu adekvatnih podloga na razini mikrozoniranja potrebni detaljni istražni radovi, detaljni podaci i detaljne analize, te da takav jedan postupak/proces zahtjeva višegodišnja velika ulaganja i dugogodišnje planiranje i izradu, ali benefiti koji ostaju nakon takvih ulaganja/projekata su višestruki: kvalitetni detaljni podaci, kvalitetne detaljne podloge i mogućnost korištenja istih i u budućim analizama i za brojne različite namjene.

### 3.1 Općenito o „Projektu kompleksnih geotehničkih i seizmičkih istraživanja za potrebe planiranja i građenja na području grada Zagreba“

Ranija istraživanja rezultirala su kartama različitih sadržaja i namjene, ali nisu dovela do prihvatljivog konačnog uratka. Osnutkom projektnog savjeta za vođenje i ostvarivanje „Projekta kompleksnih istraživanja“ 2004. godine, započinje razdoblje planom definiranih, interdisciplinarnih istraživanja za područje Grada Zagreba.

Mikrozoniranje je izdvajanje područja istih ili sličnih svojstava, na kartama detaljnog mjerila koje omogućuje lokalno razlikovanje specifičnosti utjecaja ili razmatranog kriterija izdvajanja.

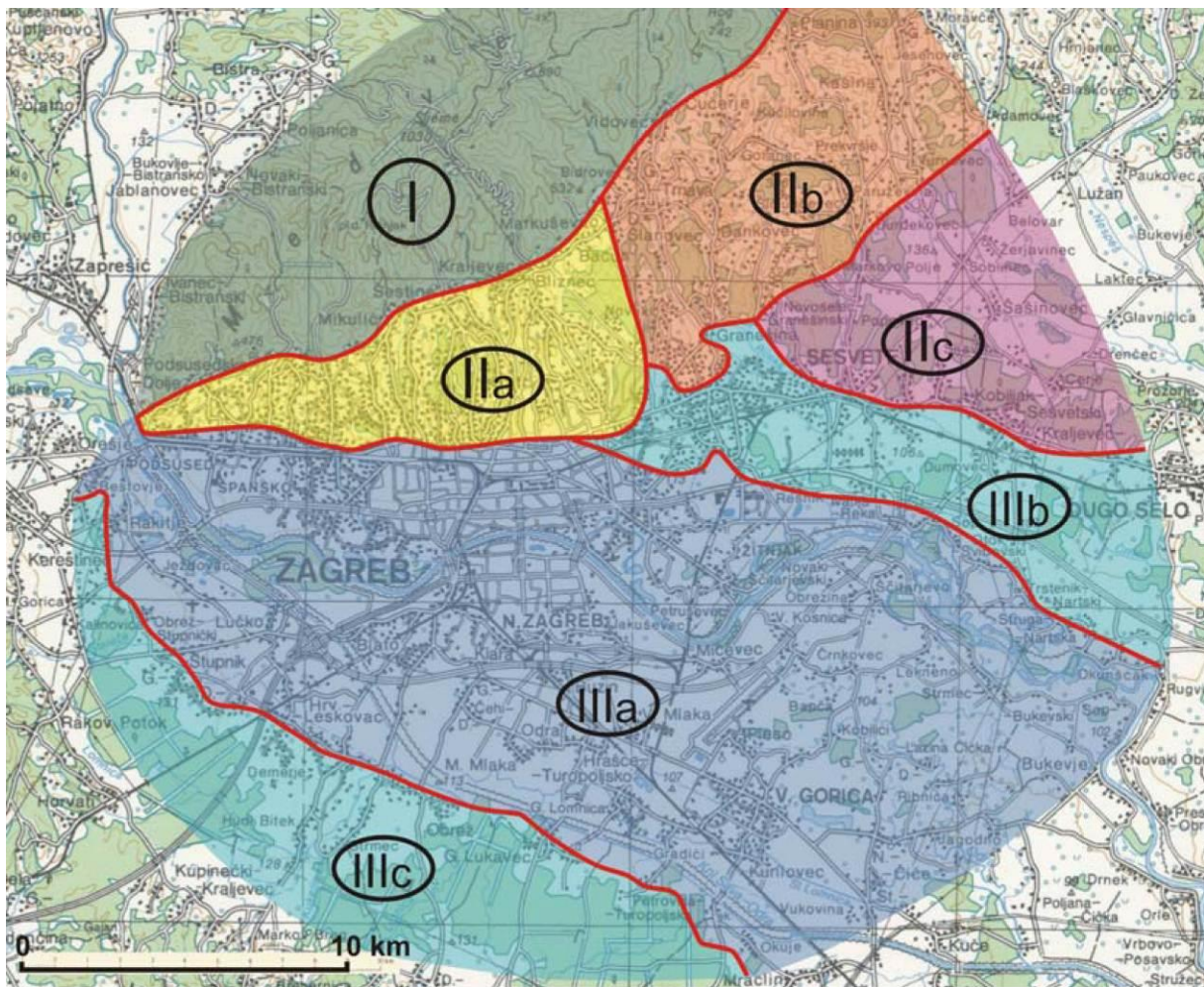
Općenito, geohazard je bilo koji geološki proces koji ugrožava ljude i njihovu imovinu. Mogu biti brzog ili čak naglog nastupa kao što su npr. potresi, klizišta, poplave i bujice, urušavanje kaverni; ili su to spori procesi kao što su npr. erozije tla, dugoročna promjena razine mora ili podzemnih voda, slijeganja (potonuća) tla na većim površinama i slično. Geohazardi su često međusobno povezani, npr. jake oborine ili potresi mogu aktivirati klizišta.

Mikrozoniranje geohazarda služi racionalnom gospodarenju prostorom s ovog aspekta te omogućuje usmjeravanje razvitka prema područjima manjeg rizika ili osigurava da će se u rizičnijim područjima poduzeti odgovarajuće inženjerske mjere za postizanje zadovoljavajuće sigurnosti ljudi i imovine. Također u već izgrađenim ili razvijenim područjima uz procjene hazarda se mogu dati i ocjene ranjivosti prostora i eventualnih gubitaka i mjera prevencije ili ublažavanja šteta prilikom nepogodnih ili katastrofičnih događaja.

Procjene hazarda zahtijevaju detaljno poznavanje prirodnih uvjeta i faktora što je područje djelovanja stručnjaka iz raznih disciplina geoznanosti. Daljnje ocjene rizika ili planiranja prostora uključuju i druge discipline kao što su urbanizam, ekonomija, graditeljstvo, promet, itd.

Činjenica je da Zagreb, za osnovu svojeg razvitka, još uvijek nema odgovarajuće suvremene geotehničke i seizmičke podloge za urbanističko planiranje, planiranje većih infrastrukturnih građevina, što je neizostavni dokument u planiranju. Pogotovo kad se uzme u obzir da na području Medvednice seizmičnost iznosi 8 do 9 stupnjeva po MSC skali (za povratno razdoblje od 500 godina), dok na području Zagreba intenziteti potresa su u intervalu od 7,0-7,5 (jugozapadni dio grada), do 8,5-9,0 MCS ljestvice (sjeveroistočni dio grada), za povratno razdoblje od 500 godina.

Zbog navedene situacije Gradski ured za graditeljstvo, komunalne i stambene poslove, promet i veze 1993. godine naručuje od Instituta građevinarstva Hrvatske „Projekt kompleksnih geotehničkih i seizmičkih istraživanja za potrebe planiranja i građenja na području Grada Zagreba“ (u daljnjem tekstu „Projekt“). Kao smjernica za planiranje opsežnih istraživanja s konačnim ciljem – realizacijom „Projekta“ uzeta je podjela šireg područja Zagreba na osnovne geotehničke sredine, što je uvjetovano obilježjima karakterističnih geotehničkih područja grada Zagreba, što je prikazano na Slici 3.1.1.



Slika 3.1.1 Mikrozoniranje šireg područja Zagreba po geološko-topografsko-hidromorfološkom kriteriju: I-gorska jezgra Medvednice; II-medvedničko prigorje/Podsljemenska urbanizirana zona: a-periklinalno položene mlađe naslage (neogenske i starije kvartarne), b-strukture boranja u mlađim naslagama (neogenskim), c-uzvisina starijeg kvartara i nanosa brdskih potoka; III-prisavska naplavna ravnica: a-savske naplavine, b i c-terasna izdignuća (terase), (prema Jurak i dr. 2008).

U sklopu „Projekta“ vrijedi izdvojiti veće studije koje su završene i koje su dale relevantne rezultate:

- Izrada Detaljne inženjerskogeološke karte Podsljemenske zone grada Zagreba DIGK-Faza I (2004.-2007.) i DIGK-Faza II (2015.-2018.)

Za potrebe što kvalitetnijeg planiranja i gradnje provedeni su geološki, geotehnički i geofizički istražni radovi te ažuriranje detaljne inženjerskogeološke karte Podsljemenske urbanizirane zone Grada Zagreba izrađene u sklopu DIGK-Faza I odnosno podataka vezanih uz klizišta na području istraživanja. Prva faza istraživanja (DIGK-Faza I, Miklin i dr., 2007) dala je detaljan pregled naslaga u dvije dimenzije (2D) i prikazana je na detaljnim inženjerskogeološkim kartama u M 1:5.000, a izrađena je i geološka karta u mjerilu 1:25.000 i hidrogeološka karta u mjerilu 1:25.000 predmetnog područja. U drugoj fazi istraživanja (DIGK-Faza II, Miklin i dr., 2018) izrađen je pojednostavljeni 3D model područja istraživanja odnosno izrađeno je 14 inženjerskogeoloških profila, a ažurirali su se i podaci vezani uz klizišta koji su zadnji put nadopunjavani 2011. godine za predmetno područje. U ovoj fazi istraživanja (DIGK-Faza II) naglasak je bio na istraživačkom bušenju, geofizičkim istraživanjima te in-situ pokusima i laboratorijskim istraživanjima radi pridobivanja podataka u trećoj dimenziji prostora (3D). Ovim

istraživanjima je bilo moguće poboljšati postojeće podatke i/ili dobiti dodatne podatke i/ili prikupiti nove podatke o debljini pokrivača i/ili površinske zone trošenja, te o inženjerskogeološkom i geotehničkom sastavu pokrivača/površinske zone trošenja odnosno o svojstvima i značajkama naslaga koja su vrlo bitna tijekom planiranja i izvedbe gradnje u širem smislu. Rezultati tih istraživanja su prikazani u pripadajućim knjigama izrađenim u sklopu Projekta (DIGK-Faza II). Također su za planiranje i izvedbu gradnje u širem smislu bitni i podaci vezani uz klizišta za predmetno područje čije je ažuriranje provedeno u sklopu projekta (DIGK-Faza II), a rezultati provedenih istraživanja su prikazani u pripadajućoj knjizi. Važno je napomenuti da je projekt DIGK-Faza II „povezan“ i s drugim projektima koja su se provodila ili provode na području istraživanja, a naročito se to odnosi na sljedeća tri projekta: (i) Geotehničko ispitivanje putem strateških (strukturnih) bušotina (T-200 i L-150) za potrebe izrade inženjerskogeološke karte Podsljemenske zone; (ii) Dodatne spoznaje o klizištu u ulici Črešnjevci - Inženjerskogeološki i geotehnički istražni radovi i (iii) Izrada studije Seizmička i geološka mikrozonacija dijela Grada Zagreba. Istraživanja i podaci prikupljeni i u sklopu ovih projekata se odnose na isto predmetno područje (južni obronci Medvednice) te se međusobno nadopunjuju i daju kvalitetniji okvir za sagledavanje postojeće problematike vezane uz provođenje što kvalitetnijeg planiranja i gradnje s obzirom na geološke, seizmičke i geotehničke aspekte.

- Seizmičko i geološko mikrozoniranje prema standardima Eurokoda 8 za zapadni dio podsljemenske urbanizirane zone – provedeno 2013. godine, te Izrada seizmičkog i geološkog mikrozoniranja prema standardima Eurokoda 8 za središnji i istočni dio Podsljemenske urbanizirane zone (III. Faza istraživanja) – izrada karte tipova tla odnosno „Seizmička i geološka mikrozonacija dijela Grada Zagreba“ (2017-2019)

U daljnjem tekstu dan je prikaz (preuzeto) iz Studije provedene 2013. godine (Herak i dr., 2013):

Ovaj je pilot-projekt (Studija) izravni nastavak istraživanja započelih projektom „Mjerenje i osnovna interpretacija mikroseizmičkog nemira na području Grada Zagreba“ (Herak i dr., 2010) koji je realiziran u sklopu „Projekta kompleksnih geotehničkih i seizmičkih istraživanja za potrebe planiranja i građenja na području Grada Zagreba“. Cilj mu je bio mjerenjem mikroseizmičkog nemira dobiti osnovne informacije o građi površinskih slojeva tla na području zagrebačke podsljemenske urbanizirane zone te tako doprinijeti spoznaji o njihovom odzivu na seizmičku pobudu. Takva mjerenja daju važne informacije o amplifikacijskom spektru i rezonantnim periodima osciliranja tla na pojedinoj lokaciji, zbog čega su tijekom posljednjih desetak godina postala standardni, a često i najvažniji element seizmičkog mikrozoniranja. Uzrok tome je u činjenici da se iz podataka prikupljenih pažljivim i kratkotrajnim mjerenjem, mogu prikupiti podaci koji mnogo govore o odzivu i tipu lokalnoga tla na pobudu potresnim valovima, te olakšavaju klasifikaciju tla u skladu s građevinskim propisima ili normama (npr. Eurokod 8). U usporedbi s konvencionalnim metodama geofizičkih i geotehničkih istraživanja, ona su brža i znatno jeftinija. Ipak, kako su rezultati često nejedinstveni, potrebno je mjerenja kalibrirati na terenima na kojima se dobro poznaju geotehnički parametri (debljine slojeva, gustoće, brzine seizmičkih valova, faktori neelastičnosti i sl.). Na žalost, na području grada Zagreba takvih mjesta praktički nema, pa se ovim projektom nastojalo u odabranom pilot-području u zapadnom dijelu podsljemenske zone provesti raznolika mjerenja, korelirati dobivene rezultate te definirati postupak koji će – u skladu sa suvremenim spoznajama – moći biti primijenjen za mikrozoniranje Gradskog prostora.



Iskustva u podsljemenskoj zoni presudna su i za planiranje sljedećih faza projekta, koje vode do konačnog cilja – mikrozoniranja Zagreba. Tako je, npr. bilo lako uočiti da postignuta gustoća mjerenja od 3 točke/km<sup>2</sup> često nije dovoljna za razlučivanje brzih lateralnih promjena u sastavu površinskih slojeva tla, kao i da će pri provođenju mikrozoniranja biti nužno mjerenja mikro seizmičkog nemira kombinirati s drugim vrstama mjerenja i analiza – prvenstveno s primijenjenim geofizičkim istraživanjima poput onih u bušotinama (npr. down-hole mjerenja), plitkih seizmičkih refrakcijskih i refleksijskih profiliranja, analize površinskih valova (ReMi, MASW) i sl., te s rezultatima detaljnog inženjerskogeološkog mikrozoniranja. Zbog toga je predloženo da se u odabranoj pilot-zoni unutar podsljemenske urbanizirane zone provedu i sva ostala potrebna dopunska istraživanja, te da se na temelju toga iskustva definira najučinkovitija metodologija seizmičkog mikrozoniranja koju će se primijeniti i u preostalom dijelu gradskog prostora. Kao pilot-područje odabran je zapadni dio podsljemenske zone površine 31,5 km<sup>2</sup>, jer gore navedena istraživanja ukazuju da je to prostor gdje se na maloj površini mogu očekivati relativno brze izmjene tipova tla.

Kako je u Hrvatskoj u međuvremenu prihvaćena europska norma EN 1998-1 Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija – Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade (Hrvatski zavod za norme, 2011a) kojom su definirani tipovi temeljnog tla i njihov utjecaj na projektne seizmičke sile, bilo je logično i ovaj projekt usmjeriti tako da njegov rezultat bude kompatibilan s navedenim dokumentom, te Nacionalnim dodatkom (Hrvatski zavod za norme, 2011b).

Izvedbom ovog pilot-projekta stečeno je dragocjeno iskustvo koje valja iskoristiti pri planiranju poslova potrebnih za provedbu seizmičkog mikrozoniranja preostalog teritorija Grada Zagreba. Pokazalo se da je to posao koji nužno zahtijeva multidisciplinarni pristup kako mjerenjima tako i interpretaciji rezultata.

U daljnjem tekstu dan je prikaz (preuzeto) iz Studije provedene 2019. godine (Miklin i dr., 2019):

Područje istraživanja Studije seizmička i geološka mikrozonacija dijela grada Zagreba iznosi približno 145 km<sup>2</sup>, dok područje istraživanja Seizmičke i geološke mikrozonacije prema standardima Eurokoda 8 za zapadni dio podsljemenske urbanizirane zone iznosi približno 30 km<sup>2</sup> i provedeno je 2013. godine. Područje se nalazi na južnim obroncima Medvednice, a ujedno se područje seizmičke i geološke mikrozonacije podudara i s područjem obuhvata Detaljne inženjerskogeološke karte Podsljemenske zone grada Zagreba DIGK-Faza I (provedeno 2007. godine) i DIGK-Faza II (provedeno 2018. godine) čiji je obuhvat približno 175 km<sup>2</sup>. „Preklapanje“ istraživanih područja je bilo ciljano iz više razloga:

- u sklopu istraživanja provedenih za potrebe izrade Detaljne inženjerskogeološke karte Podsljemenske zone grada Zagreba DIGK-Faza I i DIGK-Faza II su dobiveni brojni kvalitetni terenski, laboratorijski i kabinetski podaci koji su se mogli koristiti i tijekom izrade Studije seizmičke i geološke mikrozonacije dijela grada Zagreba,
- korištenjem rezultata istražnih radova iz DIGK-Faza I i DIGK-Faza II je ostvarena optimizacija utroška odnosno ostvarena je ekonomska ušteda pri financiranju i izvođenju istražnih radova (npr. izvedene bušotine su se koristile višestruko) i provođenju laboratorijskih testova,
- korištenjem rezultata istražnih radova iz DIGK-Faza I i DIGK-Faza II je uz ostvarenu optimizaciju troškova postignuta i veća kvaliteta same provedene Studije seizmičke i geološke mikrozonacije dijela grada Zagreba jer se Studija „oslanja“ na bitno veći broj geoloških, geotehničkih i geofizičkih podataka,

- iz istog razloga (optimizacija troškova i povećanje kvalitete) su korišteni i drugi dostupni relevantni podaci (npr. podaci vezani uz izvedene strukturne bušotine),
- u sklopu (ove) provedene Studije seizmičke i geološke mikrozonacije dijela grada Zagreba je odlučeno da se revidiraju i ažuriraju i podaci iz 2013. godine - Seizmičke i geološke mikrozonacije prema standardima Eurokoda 8 za zapadni dio podsljemenske urbanizirane zone odnosno da se cijelo područje od približno 175 km<sup>2</sup> promatra kao jedna cjelina i izradi jedinstvena Karta tipova tla prema Eurokodu 8 u mjerilu 1:25.000.

Od 2013. do 2019. godine, načinjeno je nekoliko kapitalnih istraživanja na podsljemenskom području i to izrada DIGK-Faza II i izrada dubokih stratigrafskih (strateških) bušotina T-300, L-200 i T 150. Završena su i geološka i inženjerskogeološka istraživanja za novu žičaru na Sljeme i još mnogo manjih lokalnih istraživanja (za pojedina klizišta, popravak cesta i slično) koja su pridonijela kvaliteti obavljene kategorizacije tla prema Eurokodu-8, odnosno korišteni su dostupni i relevantni podaci.

Osim toga u sklopu ove studije su rađena „nova“ geofizička mjerenja: MASW mjerenja i mjerenja duž seizmičkih refrakcijskih profila. Također su u ovom projektu izvedena i mjerenja mikrosezmičkog nemira na 100 točaka u centralnom i istočnom dijelu urbane podsljemenske zone grada Zagreba. Mjerenja su izvršena (generalno) uz bušotine koje su bušene u sklopu DIGK-Faza II odnosno duž prognoznih inženjerskogeoloških profila. Uz to položaji mjerenja su odabrani i tako da dopunjuju mrežu mjerenja koja su obavljena u okviru prethodnih projekata, te je tako dopunjena mreža mjerenja korištena za računanje HVSR profila i novih karata HVSR spektra za pojedine frekvencije i karte DAF-a. Na taj način su korišteni podaci od ukupno 627 mjerenja odnosno, 3,85 mjerenja po kilometru kvadratnom što je još uvijek manje od optimalnih pet mjerenja po kilometru kvadratnom (Herak i dr., 2013).

## 4. Razmatrane geološke podloge

Uzroci potresa mogu biti različiti, ali oslobađaju veliku količinu energije u Zemlji koja se onda širi potresnim valovima. Potresni valovi se šire kroz „geološki medij“ koji nije homogen: materijali imaju različite značajke odnosno različite stijene ili tla različito prenose energiju potresnih valova, a na prijenos energije ima utjecaja i strukturni sklop (npr. sustavi rasjeda), sadržaj vode, kao i fizičko-mehanički parametri materijala. Geološke podloge (u širem smislu) daju određene informacije o ovim vrlo važnim parametrima koji utječu na širenje potresnih valova.

Svaki set geoloških podataka (u širem smislu) daje vrijedne i relevantne informacije ovisno o potrebnim namjenama, a ovisno od mjerilu (područja koje je obuhvaćeno, npr. država, regija, županija, gradsko područje ili određena lokacija) se definiraju i potrebni podaci (detaljnost, brojnost, vrsta) za izradu iste.

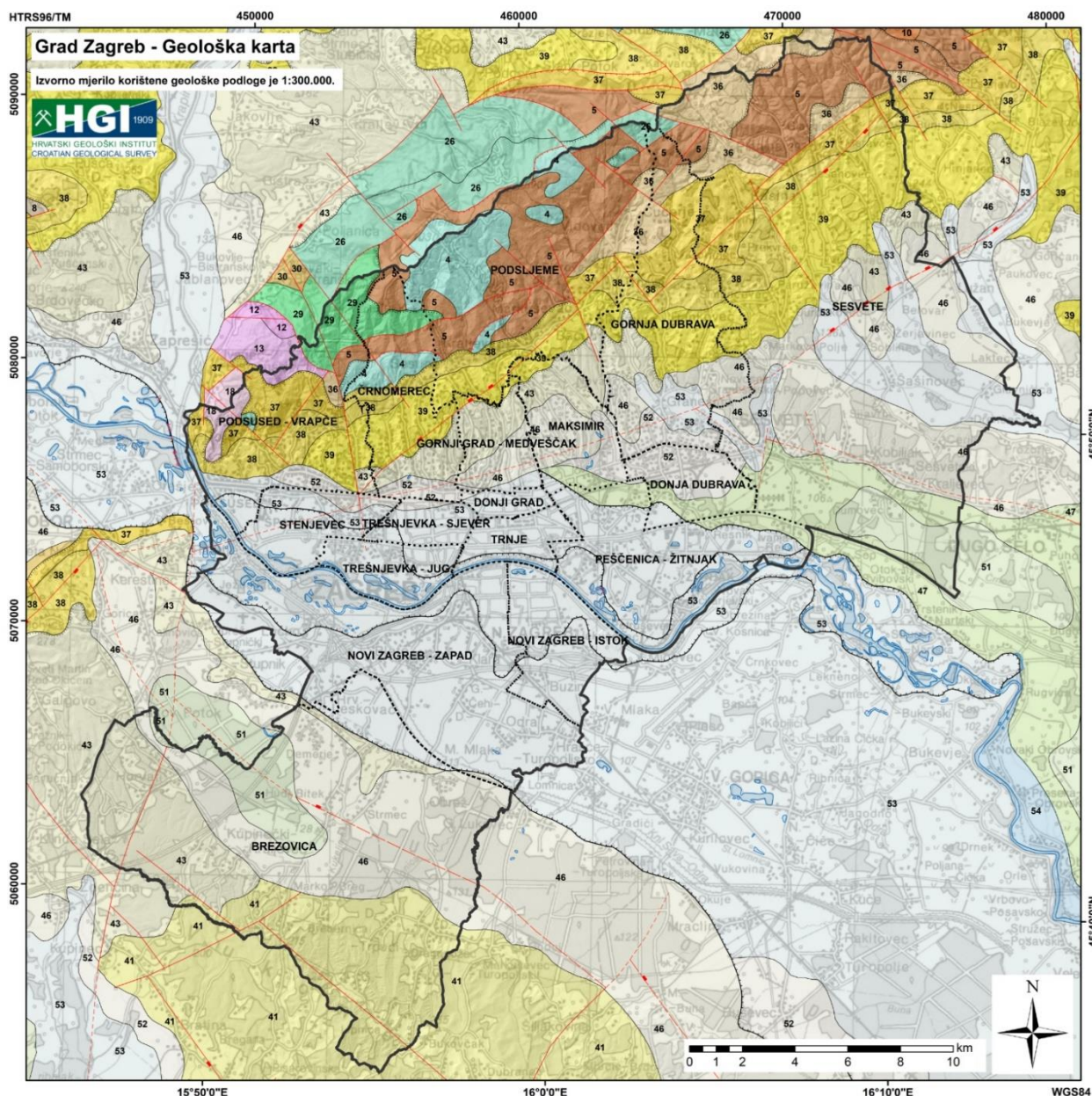
Treba razlikovati geološke podloge odnosno karte (u užem smislu) koje u pravilu daju informacije o vrstama naslaga na pojedinom području (litološki opis), njihovoj starosti (stratigrafska pripadnost) i strukturama. Strukturni sklop pojedinog područja je u pravilu prikazan i na karakterističnom profilu ili više njih, uz geološku kartu. Na geološkim kartama su u pravilu dane informacije o temeljnoj stijeni odnosno o „dubljim potpovršinskim“ naslagama. Hidrogeološke podloge odnosno karte u pravilu daju informacije o „mogućnostima“ sadržaja vode u pojedinim naslagama (informacije o vodonosniku) odnosno jesu li na pojedinom području prisutne naslage međuzrnske ili pukotinske poroznosti, tj. naslage „bez sadržaja vode“, a daju informacije o i stanju površinskih voda. U pravilu su i na hidrogeološkim podlogama naznačene informacije o litologiji, stratigrafiji i strukturnom sklopu pojedinog područja. Na hidrogeološkim kartama su u pravilu dane informacije o „pličim potpovršinskim“ naslagama i o stanju vodnih pojava na površini. Inženjerskogeološke podloge odnosno karte u pravilu daju informacije o fizičko-mehaničkim parametrima materijala, te o prisutnim površinskim procesima na području (geohazardima), ali u pravilu su i na inženjerskogeološkim podlogama naznačene i informacije o litologiji, stratigrafiji i strukturnom sklopu pojedinog područja. Na inženjerskogeološkim kartama su u pravilu dane informacije o „površinskim“ naslagama i o stanju egzogenih pojava na površini. Uvjetno rečeno geološke podloge (u užem smislu) razmatraju vrste naslaga i strukturni sklop do većih dubina nego hidrogeološke podloge, dok se inženjerskogeološke podloge „bave“ površinskim naslagama i procesima. Hidrogeološke podloge težište imaju na opisu „vodnih karakteristika naslaga i površinskih pojava vode“ određenog područja, dok inženjerskogeološke podloge težište imaju na opisu i svojstvima „površinskih“ materijala i „plitkih“ površinskih procesa.

Na razini Republike Hrvatske dostupne su geološke podloge odnosno karte (u širem smislu) sitnog mjerila („grube podloge“ u mjerilu 1:500.000, 1:300.000 i 1:100.000), ali i one mogu dati vrijedne informacije o pojedinom području odnosno mogu se iskoristiti za preliminarno zoniranje područja Grada Zagreba s obzirom na geološke aspekte područja, a u svrhu definiranja potrebnih daljnjih istraživanja vezanih uz seizmičku zonaciju, potresne hazarde i potresne rizike.

## 4.1 Geološka karta u mjerilu 1:300.000

Geološka karta Republike Hrvatske u mjerilu 1:300.000 (GK300) je pregledna cjelovita geološka karta države Hrvatske na kojoj je prikazana geološka građa i povijest stvaranja terena od prekambrija do kvartara, kroz vremensko razdoblje od preko 600 milijuna godina (Velić i Vlahović, ur., 2009; Hrvatski geološki institut, 2009). Na karti (Hrvatski geološki institut, 2009) i u pratećem tumaču karte (Velić i Vlahović, ur., 2009) je dan opis naslaga (stratigrafski i litološki) te tektonski pregled. Na karti su naznačene geološke granice i strukturne oznake. Na temelju tih podataka, na GK300 za područje Grada Zagreba se može izdvojiti šest većih cjelina/geoloških sredina sa sličnim geološkim značajkama unutar administrativnih granica Grada Zagreba, od sjevera prema jugu (Slika 4.1.1):

- Geološka sredina 1: Gorska jezgra Medvednice  
Generalno obuhvaća starije stijene: naslage paleozoika i naslage mezozoika (trijas, jura, kreda). Te su stijene izgrađene od: ortometamorfni stijena, parametamorfni stijena, ofiolitni stijena i karbonatni stijena (dolomiti, vapnenci, klastiti).
- Geološka sredina 2: Južni obronci Medvednice  
Generalno obuhvaća stijene kenozoika i to pretežito tercijarne starosti (uglavnom miocen), a mjestimično kvartarne starosti. Ti su članovi izgrađeni od: klastita i karbonata s klastitima, litotamnijskih vapnenaca (litavci) i klastični naslaga, vapnenačko-klastični naslaga, klastita i ugljena i klastični naslaga pliokvartara.
- Geološka sredina 3: Izdignuća i nanosi (sjever)  
Generalno obuhvaća naslage kvartarne starosti (pleistocen i holocen). Te su naslage izgrađene od: kopnenog prapora (les), barskog prapora (les), barskih naslaga, deluvijalno-proluvijalni naslaga i aluvijalni naslaga.
- Geološka sredina 4: Savski aluvij  
Generalno obuhvaća naslage kvartarne starosti (holocen). To su pretežito aluvijalne naslage.
- Geološka sredina 5: Izdignuća i nanosi (jug)  
Generalno obuhvaća naslage kvartarne starosti (pleistocen i holocen). Te su naslage izgrađene od: klastični naslaga pliokvartara, kopnenog lesa i barskih naslaga.
- Geološka sredina 6: Sjeverni obronci Vukomerički Gorica  
Generalno obuhvaća naslage kenozoika i to pretežito naslage neogena kvartarne starosti. To su pretežito paludinske naslage i klastične naslage pliokvartara.



Tumač oznaka:

**Litološki opis**

- 4 ORTOMETAMORFNE STIJENE (paleozoik, trijas)
- 5 PARAMETAMORFNE STIJENE (paleozoik, trijas)
- 13 KARBONATNE NASLAGE (srednji trijas)
- 18 DOLOMITI (gornji norik, ret)
- 26 OFIOLITNE STIJENE (srednja, gornja jura): magmatiti
- 29 KARBONATNI KLASTITI (pretežito fliš) I "SCAGLIA" VAPNENCI (gornja kreda)
- 36 KLASTITI I KARBONATI S KLASTITIMA (otnang, karpai)
- 37 LITAVAC I KALISTIČNE NASLAGE S VULKANITIMA (baden)
- 38 VAPNENAČKO-KLASTIČNE NASLAGE (sarmat, panon)
- 39 KLASTITI I UGLJEN (pont)
- 41 PALUDINSKE NASLAGE (dacij, romanij)
- 43 KLASTIČNE NASLAGE PLIOKVARTARA
- 46 KOPNENI LES (pleistocen)
- 47 BARSKE LES (pleistocen)
- 51 BARSKE NASLAGE (holocen)
- 52 DELUVIJALNO-PROLUVIJALNE NASLAGE (holocen)
- 53 ALUVIJALNE NASLAGE (holocen)

**Geološke granice i strukturne oznake**

- Kontinuirani prijelaz (normalna granica)
- Erozijska i/ili tektonsko-erozijska granica
- Rasjed bez oznake karaktera: utvrđen
- Rasjed bez oznake karaktera: pokriven
- Relativno spuštjeni blok: utvrđen
- Relativno spuštjeni blok: pokriven
- Reversni rasjed: utvrđen
- Reversni rasjed: pokriven
- Navlačni kontakt: pokriven
- Relativno spuštjeni navlačni kontakt normalnim rasjedom: utvrđen
- Relativno spuštjeni navlačni kontakt normalnim rasjedom: pokriven
- Tektonsko okno
- Navlačak: utvrđen
- Navlačak: pokriven
- Tektonski prodor-dijapirski kontakt: utvrđen
- Tektonski prodor-dijapirski kontakt: pokriven
- Strmac riječne terase
- Obalna linija

Slika 4.1.1 Grad Zagreb – Geološka karta. Izvorno mjerilo korištene geološke podloge je 1:300.000 (prema HGI, 2009).

## 4.2 Osnovna geološka karta u mjerilu 1:100.000

Područje Republike Hrvatske je pokriveno sa 74 lista Osnovne geološke karte u mjerilu 1:100.000 (OGK100). Na državnoj razini to su najdetaljniji i najcjelokupniji dostupni geološki podaci, iako treba napomenuti da nisu svi listovi OGK100 za područje RH objavljeni. Administrativno područje Grada Zagreba pokrivaju tri lista OGK100: OGK List Zagreb, OGK List Ivanić Grad i OGK List Karlovac (Slika 4.2.1). Iako OGK List Karlovac nije objavljen, na temelju listova OGK List Zagreb (Šikić i dr., 1972) i OGK List Ivanić Grad (Basch, 1980) i pratećih tumača (Šikić i dr., 1972; Basch, 1980) za područje Grada Zagreba se može izdvojiti pet većih cjelina/geoloških sredina sa sličnim geološkim značajkama unutar administrativnih granica Grada Zagreba, od sjevera prema jugu (Slika 4.2.1):

- Geološka sredina 1: Gorska jezgra Medvednice

*Prema OGK List Zagreb (pokriva zapadni dio područja grada Zagreba):*

Generalno obuhvaća starije stijene: naslage paleozoika (devon-karbon) i naslage mezozoika (trijas, jura, kreda). Naslage paleozoika su izgrađene od: ortometamornih stijena i parametamornih stijena. Naslage trijasa su izgrađene od: pješčenjaka, siltita, vapnenaca, dolomita, kalcitičnih lapora, lapora, rožnjaka, tufova, tufita, dolomitičnih vapnenaca i šejlova. U naslagama na prijelazu trijas-jura prevladavaju vapnenci i dolomitični vapnenci. Kredne naslage su izgrađene od: breča, konglomerata, vapnenaca, lapora i pješčenjaka.

*Prema OGK List Ivanić Grad (pokriva istočni dio područja grada Zagreba):*

Generalno obuhvaća starije naslage: naslage paleozoika i naslage mezozoika (kreda), te lokalno naslage kenozoika (paleogen). Naslage paleozoika su izgrađene od: metamorfoziranih dijabaza i gabra, te različitih škirljavaca, kvarcita i mramora. Kredne naslage su izgrađene od: konglomerata, vapnenaca, lapora, siltita i pješčenjaka, dok se lokalno mogu naći i konglomerati, pješčenjaci, lapori i vapnenci paleogena.

- Geološka sredina 2: Južni obronci Medvednice

*Prema OGK List Zagreb (pokriva zapadni dio područja grada Zagreba):*

Generalno obuhvaća članove kenozoika i to pretežito stijene neogena, odnosno miocena i pliocena. Miocenski članovi su izgrađeni od: konglomerata, šljunaka, pijesaka, glina, ugljena, vapnenačkih lapora, pješčenjaka, vapnenaca, glinovitih lapora, laporovitih vapnenaca i breča. Pliocenski članovi su izgrađeni od: lapora, laporovitih glina, pijesaka, pješčenjaka, šljunaka, konglomerata, glina.

*Prema OGK List Ivanić Grad (pokriva istočni dio područja grada Zagreba):*

Generalno obuhvaća kenozoik, i to pretežito stijene neogena odnosno miocena i pliocena. Miocenski članovi su izgrađeni od: konglomerata, šljunaka, pijesaka, pješčenjaka, vapnenaca, ugljena, lapora, glina, tufova, tufita, breča i kalcitičnih vapnenačkih lapora. Pliocenski članovi su izgrađeni od: lapora, glina, pijesaka, šljunaka i ugljena.

- Geološka sredina 3: Izdignuća i nanosi (sjever)

*Prema OGK List Zagreb (pokriva zapadni dio područja grada Zagreba):*

Generalno obuhvaća naslage na prijelazu neogensko-kvartarne starosti (pliocen-pleistocen). Te plio-kvartarne naslage su izgrađene od: šljunaka, pijesaka i glina, te proluvijalnih naslaga holocena (šljunci, pijesci, gline).

*Prema OGK List Ivanić Grad (pokriva istočni dio područja grada Zagreba):*

Generalno obuhvaća naslage na prijelazu neogen-kvartar starosti (pliocen-pleistocen) i naslage kvartarne starosti (pleistocen i holocen). Plio-kvartarne naslage su izgrađene od: šljunaka, pijesaka i glina. Kvartarne naslage su izgrađene od: šljunaka, pijesaka, glina, močvarnog i kopnenog prapora (les) kojega čine gline, siltovi (prahovi), pijesci, šljunci, ugljen (treset i lignit), deluvijalno-proluvijalnih naslaga (gline, pijesci, šljunci), barskih sedimenata (gline, prahovi), te aluvija recentnih tokova (šljunci, pijesci, prahovi, gline).

- Geološka sredina 4: Savski aluvij

*Prema OGK List Zagreb (pokriva zapadni dio područja grada Zagreba):*

Generalno obuhvaća naslage kvartarne starosti (holocen). To su pretežito aluvijalne naslage: aluvij recentnih tokova i savske terase, a čine ih šljunci, pijesci i gline.

*Prema OGK List Ivanić Grad (pokriva istočni dio područja grada Zagreba):*

Generalno obuhvaća naslage kvartarne starosti (holocen). To su pretežito aluvijalne naslage: aluvij recentnih tokova, facijes mrtvaja, facijes poplava, aluvij prve savske terase i aluvij druge savske terase, a čine ih šljunci, pijesci, prahovi, gline i muljevi.

- Geološka sredina 5: Izdignuća i nanosi (jug) i Sjeverni obronci Vukomeričkih Gorica

*Prema OGK List Zagreb (pokriva zapadni dio područja grada Zagreba):*

Generalno obuhvaća naslage na prijelazu neogensko-kvartarne starosti (pliocen-pleistocen). Te plio-kvartarne naslage su izgrađene od: šljunaka, pijesaka i glina.

*OGK List Karlovac nije izdan (južni dio područja grada Zagreba).*

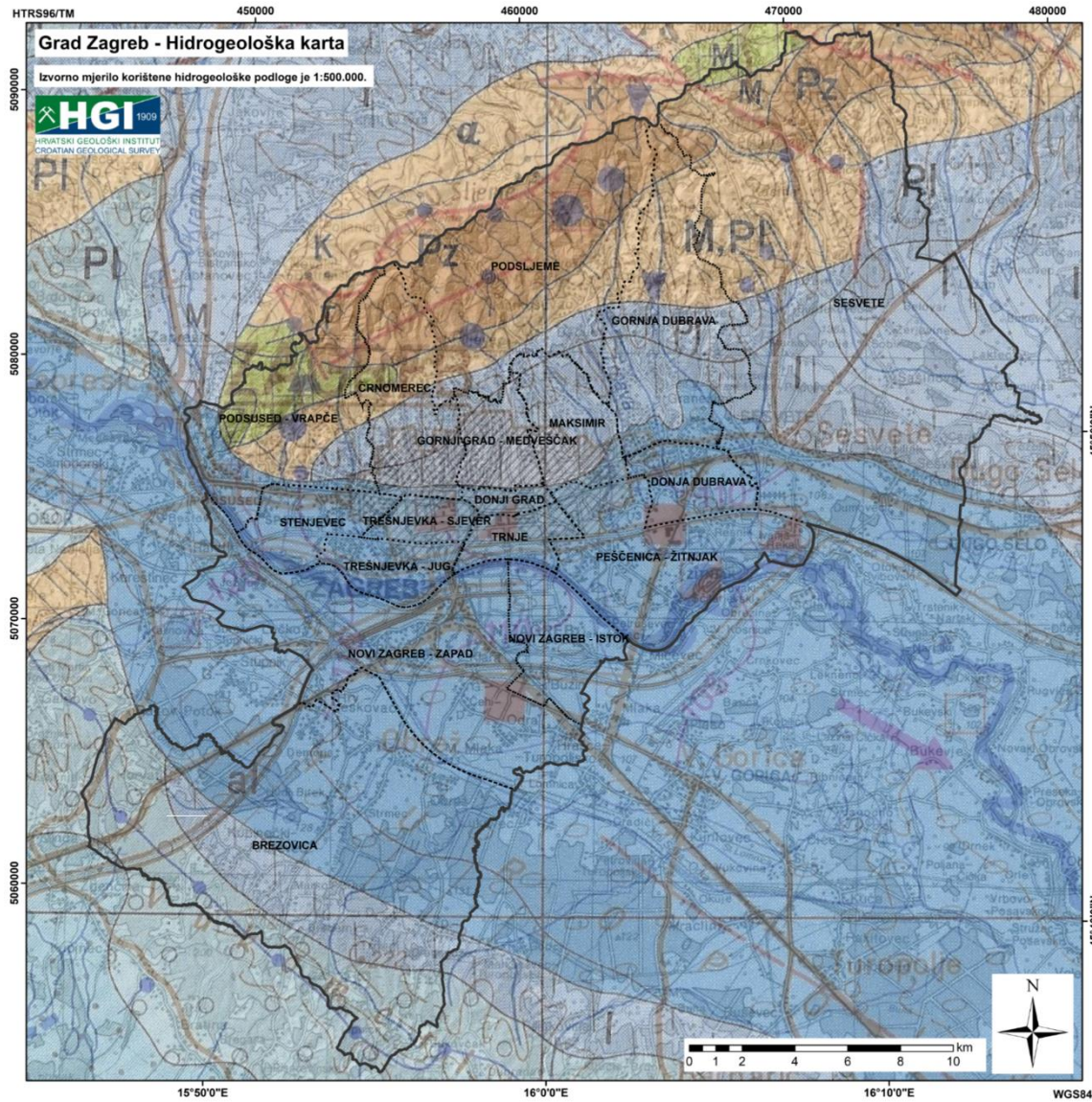




### 4.3 Hidrogeološka karta u mjerilu 1:500.000

Na hidrogeološkoj karti mjerila 1:500.000 (HGK500, Ivković i Komatina, 1980) i u pratećem tumaču (Ivković i dr., 1983) je teren hidrogeološki karakteriziran prema zastupljenosti vodonosnika u terenu i prema strukturi poroznosti vodonosnika koji izgrađuju teren, te je izdvojeno pet hidrogeoloških kategorija: (i) tereni s vodonosnicima međuzrske poroznosti; (ii) tereni s vodonosnicima međuzrske i pukotinske poroznosti; (iii) tereni s vodonosnicima kavernožno-pukotinske poroznosti; (iv) tereni s vodonosnicima pukotinske poroznosti; i (v) tereni praktično bez vodonosnika. Unutar hidrogeoloških kategorija su izdvojene hidrogeološke jedinice, s karakterističnim litološkim sastavom, a u okviru pojedinih kategorija terena hidrološke jedinice su svrstane u hidrogeološke grupe na osnovi veličine transmisivnosti i na osnovi izdašnosti – produktivnosti vodonosnika. Na temelju tih podataka, na HGK500 za područje Grada Zagreba se mogu izdvojiti šest većih cjelina/hidrogeoloških sredina sa sličnim hidrogeološkim značajkama unutar administrativnih granica Grada Zagreba, od sjevera prema jugu (Slika 4.3.1):

- Hidrogeološka sredina 1: Gorska jezgra Medvednice  
Tereni praktično bez vodonosnika. Svojstva vodonosnika: praktično nepropusni tereni. Naslage paleozoika: glineni škriljavci, filiti, pješčenjaci i konglomerati, mjestimično s lećama i proslojcima vapnenaca.
- Hidrogeološka sredina 2: Južni obronci Medvednice  
Tereni s vodonosnicima kavernožno-pukotinske poroznosti. Svojstva vodonosnika: srednje okršene sredine, srednje transmisivnosti. Stijene trijasa: laporoviti tankoslojeviti vapnenci. Stijene miocena: vapnenci s ulošcima pješčenjaka.  
Tereni s mogućim lokalnim vodonosnicima. Svojstva vodonosnika: tereni izrazito male izdašnosti. Naslage miocena, pliocena: gline, laporovite gline, pjeskovite i šljunkovite gline, u manjoj mjeri pijesci.
- Hidrogeološka sredina 3: Izdignuća i nanosi (sjever)  
Tereni s vodonosnicima međuzrske poroznosti. Svojstva vodonosnika: vodonosnici pretežno male izdašnosti. Naslage pliocena: šljunci, pijesci i gline riječnih i jezerskih terasa, te pijesci u izmjeni s glinama, laporima i ugljenom, te les i pjeskoviti les.
- Hidrogeološka sredina 4: Savski aluvij  
Tereni s vodonosnicima međuzrske poroznosti. Svojstva vodonosnika: vodonosnici pretežno velike izdašnosti. Naslage aluvija: šljunkovite i pjeskovite aluvijalne naslage.
- Hidrogeološka sredina 5: Izdignuća i nanosi (jug)  
Tereni s vodonosnicima međuzrske poroznosti. Svojstva vodonosnika: vodonosnici pretežno male izdašnosti (les i pjeskoviti les).
- Hidrogeološka sredina 6: Sjeverni obronci Vukomeričkih Gorica  
Tereni s vodonosnicima međuzrske poroznosti. Svojstva vodonosnika: vodonosnici izrazito različite izdašnosti. Terasa: šljunci, pijesci i gline riječnih i jezerskih terasa.



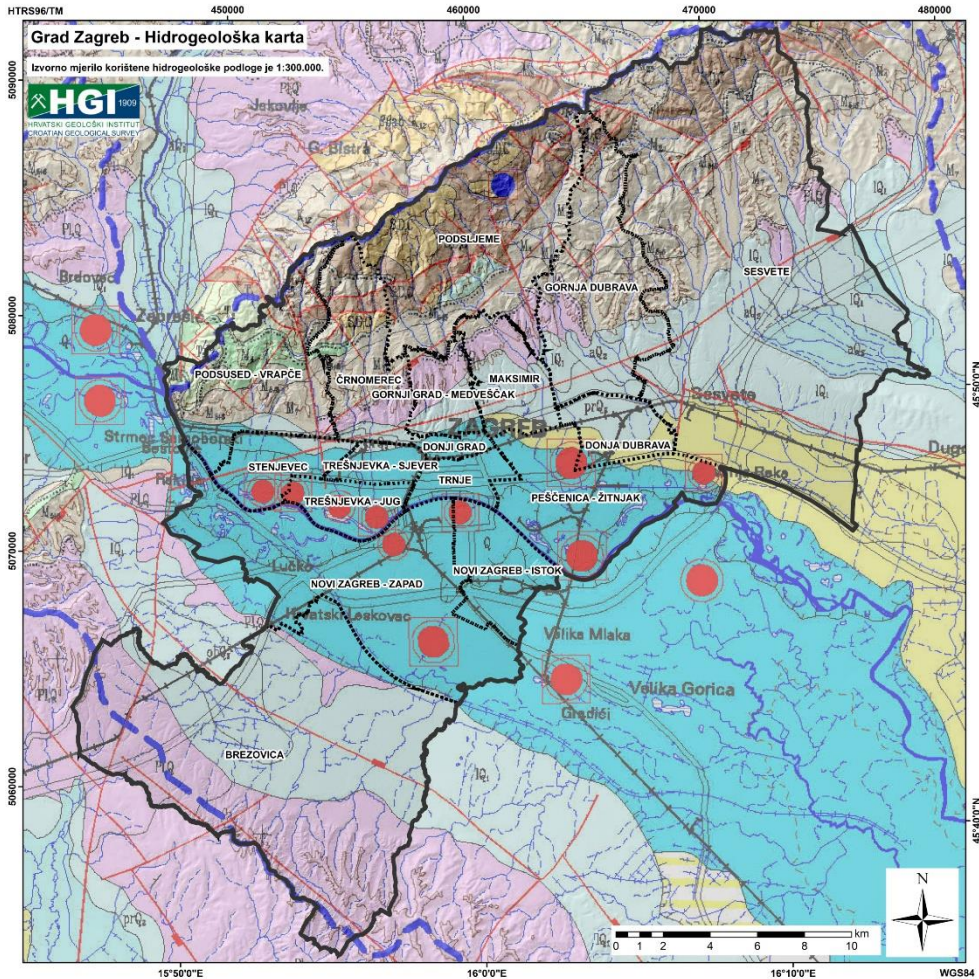
HIDROGEOLOŠKA KATEGORIZACIJA TERENA		LEGENDA		HIDROGEOLOŠKE OZNAKE	
HIDROGEOLOGICAL CATEGORIZATION OF TERRAIN		LEGENDA		HYDROGEOLOGICAL SYMBOLS	
IZOLIRANI SVETLOŠĆI	IZOLIRANI SVETLOŠĆI	IZOLIRANI SVETLOŠĆI	IZOLIRANI SVETLOŠĆI	IZOLIRANI SVETLOŠĆI	IZOLIRANI SVETLOŠĆI
	Podsljeme		Podsljeme		Podsljeme
	Sesvete		Sesvete		Sesvete
	Gornja Dubrava		Gornja Dubrava		Gornja Dubrava
	Novi Zagreb - Zapad		Novi Zagreb - Zapad		Novi Zagreb - Zapad
	Novi Zagreb - Istok		Novi Zagreb - Istok		Novi Zagreb - Istok
	Donji Grad		Donji Grad		Donji Grad
	Trnje		Trnje		Trnje
	Pescenica - Zitnjak		Pescenica - Zitnjak		Pescenica - Zitnjak
	Brezovica		Brezovica		Brezovica
	Podgorje		Podgorje		Podgorje
	Gorica		Gorica		Gorica
	Čukarica		Čukarica		Čukarica
	Stenjevec		Stenjevec		Stenjevec
	Šiškovac		Šiškovac		Šiškovac
	Črnomerec		Črnomerec		Črnomerec
	Podused - Vrapce		Podused - Vrapce		Podused - Vrapce
	Gornji Grad - Medveščak		Gornji Grad - Medveščak		Gornji Grad - Medveščak
	Maksimir		Maksimir		Maksimir

Slika 4.3.1 Grad Zagreb – Hidrogeološka karta. Izvano mjerilo korištene hidrogeološke podloge je 1:500.000 (prema Ivković i Komatina, 1980).





















































































































#### 4.4 Hidrogeološka karta u mjerilu 1:300.000

Na hidrogeološkoj karti mjerila 1:300.000 (HGK300, Biondić i dr., 2003) je područje RH hidrogeološki karakterizirano prema značajkama vodonosnika i vrstama naslaga/stijena u kojima se ti vodonosnici pojavljuju. Za područje RH na HGK300 je izdvojeno 15 kategorija od kojih se 10 nalazi i na području Grada Zagreba. Na temelju tih podataka, na HGK300 za područje Grada Zagreba se mogu izdvojiti šest većih cjelina/hidrogeoloških sredina sa sličnim hidrogeološkim značajkama unutar administrativnih granica Grada Zagreba, od sjevera prema jugu (Slika 4.4.1):

- Hidrogeološka sredina 1: Gorska jezgra Medvednice  
Nepropusne stijene (S,D,C, smeđa boja na karti).  
Eruptivi i metamorfne stijene vrlo slabe propusnosti (S,D,C, narančasta boja na karti).  
Karbonatne stijene s vodonosnicima slabe propusnosti (T<sub>2</sub>, svijetlo zelena boja na karti).  
Karbonatne stijene s vodonosnicima osrednje propusnosti (M<sub>4</sub>, zelena boja na karti).
- Hidrogeološka sredina 2: Južni obronci Medvednice  
Klastične stijene vrlo slabe propusnosti (M<sub>1-7</sub>, svijetlo smeđa boja na karti).  
Predkvartarne naslage s vodonosnicima slabe transmisivnosti (Pl,Q, ružičasta boja na karti).
- Hidrogeološka sredina 3: Izdignuća i nanosi (sjever)  
Kvartarne naslage s vodonosnicima slabe transmisivnosti (Q<sub>1-2</sub>, svijetlo plava boja na karti).  
Kvartarne naslage s vodonosnicima osrednje transmisivnosti (Q<sub>2</sub>, plava boja na karti).  
Kvartarne naslage vrlo slabe propusnosti (Q<sub>1-2</sub>, žuta boja na karti).
- Hidrogeološka sredina 4: Savski aluvij  
Kvartarne naslage s vodonosnicima vrlo dobre transmisivnosti (Q, tamno plava boja na karti).
- Hidrogeološka sredina 5: Izdignuća i nanosi (jug)  
Kvartarne naslage s vodonosnicima slabe transmisivnosti (Q<sub>1-2</sub>, svijetlo plava boja na karti).
- Hidrogeološka sredina 6: Sjeverni obronci Vukomeričkih Gorica  
Predkvartarne naslage s vodonosnicima slabe transmisivnosti (Pl,Q, ružičasta boja na karti).



TUMAČ OZNAKA :

	Kvartarne naslage s vodonosnicima vrlo dobre transmisivnosti		Stratigrafski simbol	(a) 	(b) 	1 - 10	Stalan izvor, min. izdašnost (l/s)
	Kvartarne naslage s vodonosnicima dobre transmisivnosti		Normalna litostratigrafska granica			10 - 100	
	Kvartarne naslage s vodonosnicima osrednje transmisivnosti		Erozijno-diskordantna granica			100 - 1000	
	Kvartarne naslage s vodonosnicima slabe transmisivnosti		Rasjed			> 1000	Povremeni izvor, ar. izdašnosti > 1000 l/s
	Kvartarne naslage s vodonosnicima vrlo slabe transmisivnosti		Spušteni blok			10 - 100	
	Pradkvartarne naslage s vodonosnicima slabe transmisivnosti		Reversni rasjed			> 100	Bočati stalni izvor, min. izdašnost (l/s)
	Karbonatna stijena s vodonosnicima dobre propusnosti		Gravitacijska navlika			10 - 100	
	Karbonatna stijena s vodonosnicima osrednje propusnosti		Navlika I reda			> 100	Vrulja
	Karbonatna stijena s vodonosnicima slabe propusnosti		Navlika II reda			> 100	
	Stijene pukotinske poroznosti slabe propusnosti		Relativno spuštana navlika			5 - 25	Bušeni zdenac, pojedinačna izdašnost (l/s)
	Kvartarne naslage vrlo slabe propusnosti		Tektonsko okno			25 - 100	
	Eruptivni i metamorfne stijene vrlo slabe propusnosti		Tektonski prodor - dijspirski kontakt			> 100	Kopani zdenac, pojedinačna izdašnost (l/s)
	Klastične stijene vrlo slabe propusnosti		Riječna terasa			5 - 25	
	Nespropune stijene		Hidrogeološka granica			25 - 100	Zahvat površinske vode izdašnost (l/s)
	Na maloj dubini kvartarne naslage s vodonosnicima vrlo dobre i dobre transmisivnosti pokrivene slabopropusnim naslagama		Položaj sloja (kos, uspravan, prebačen, vodoravan)			< 5	
	Na maloj dubini kvartarne naslage s vodonosnicima vrlo dobre i dobre transmisivnosti pokrivene slabopropusnim naslagama, praktički bez vodonosnika		Zonarna podzemna razvodnica između jeđranskog i crnomorskog sliva			5 - 25	Zahvat podzemne vode
			Zonarna podzemna razvodnica podsliva			25 - 100	
			Površinska razvodnica			1 - 25	Vodozahvatna galerija, izdašnost (l/s)
			Smjer kretanja podzemne vode			25 - 100	
			Smjer kretanja podzemne vode			> 100	Zahvat površinske vode izdašnost (l/s)
			Smjer kretanja podzemne vode			< 50	
			Smjer kretanja podzemne vode			> 50	Zahvat podzemne vode
			Smjer kretanja podzemne vode			> 100	
			Smjer kretanja podzemne vode			< 50	Pojedinačna pojava ili objekt Skupina pojava ili objekata
			Smjer kretanja podzemne vode			> 100	
			Smjer kretanja podzemne vode			< 50	Zahvat površinske vode izdašnost (l/s)
			Smjer kretanja podzemne vode			> 100	
			Smjer kretanja podzemne vode			< 50	Zahvat podzemne vode
			Smjer kretanja podzemne vode			> 100	

Slika 4.4.1 Grad Zagreb – Hidrogeološka karta. Izvorno mjerilo korištene hidrogeološke podloge je 1:300.000 (prema Biondić i dr., 2003).

## 4.5 Inženjerskogeološka karta u mjerilu 1:500.000

Na inženjerskogeološkoj karti mjerila 1:500.000 (IGK500, Čubrilović i dr., 1967) i u pratećem tumaču (Čubrilović, 1969) je teren karakteriziran na temelju litološkog sastava (izdvojena je 41 kategorija od kojih se 10 kategorija nalazi i na području Grada Zagreba) s važnijim fizičkim svojstvima stijena i kompleksa stijena, te pojava koje su nastale kao posljedica endogenih i egzogenih geoloških procesa. Suvremeni egzogeni geološki procesi su na IGK500 prikazani pojavama koje su neposredna posljedica tih procesa u terenu. To su područja koja su ugrožena klizanjem i odronima, bržim ispiranjima, stvaranjima jaruga i bujičnih naplavina. Na temelju tih inženjerskogeoloških značajki tereni su zonirani i prema stupnju stabilnosti u tri kategorije: stabilni tereni, tereni koji mogu postati nestabilni i nestabilni tereni. U pravilu inženjerskogeološke podloge daju informacije o površinskim procesima/pojavama na koje i potresi mogu bitno neposredno ili posredno utjecati (kao što su npr. likvefakcije, reaktivacije klizišta, poplave uslijed oštećenja nasipa, pojava urušnih vrtača, itd.), odnosno kako su inženjerskogeološki uvjeti na terenu pod utjecajem potresa, na IGK500 su razgraničena i područja različitih stupnjeva najjače potresne aktivnosti prema Mercalli-Cancani-Siebergovoj ljestvici. MCS ljestvica određuje pojave i promjene koje potresi izazivaju kod ljudi i životinja uz ocjenu veličine štete na objektima te sagledavanje promjena u prirodi kao posljedice potresa na skali od 1°-12°, a područje Grada Zagreba/Zagrebačke županije prema IGK500 se nalazi u području od 7°-9° MSC ljestvice. Na temelju tih podataka, na IGK500 se može izdvojiti pet većih cjelina/inženjerskogeoloških sredina sa sličnim inženjerskogeološkim značajkama unutar administrativnih granica Grada Zagreba, od sjevera prema jugu (Slika 4.5.1):

- Inženjerskogeološka sredina 1: Gorska jezgra Medvednice

Gnajs, različiti škriljavci s lećama kvarcita i mramora, predpaleozojski, različite škriljavosti, jako borani, izlomljeni i duboko raspadnuti, slabo vodopropusni, zona površinskog raspadanja podložna eroziji i klizanju (označeni ljubičastom rešetkastom šrafurom i brojem 40 na karti).

Glineni škriljavci savršene kalavosti, argilofiliti, pješčenjaci i rjeđe konglomerati i vapnenci, česta izmjena škriljavih plastičnih i uslojenih krutih masa, flišoliki kompleks mlađeg paleozoika, jako boran, savijan i izlomljen, vodonepropustan, duboko raspadnut i često podložan eroziji i klizanju (označeni ružičastom linijskom šrafurom i brojem 37 na karti).

Daciti i andenziti (uglavnom terciarni) i rjeđe porfiri i porfiriti (mezozojski i stariji), porfirne strukture, često masivni, mjestimično hidrotermalno promijenjeni (označeni crvenom linijskom šrafurom i brojem 32 na karti).

Vapnenci i dolomiti, kriptokristalasti, pretežno morski mezozojski sediment, slojeviti i debelo uslojeni, često lećasto isklinjeni, jako ispucani, okršeni, vodopropusni, površinski dijelovi bez vode (označeni zelenom linijskom šrafurom i brojem 28 na karti).

Vapnenci, kritokristalasti, pretežno morski sedimenti mezozoika, najčešće uslojeni, rjeđe masivni, jako ispucani, nejednoliki i često jako okršeni i vodopropusni, površinski dijelovi bez vode (označeni svijetlo zelenom rešetkastom šrafurom i brojem 26 na karti).

Kalcitični lapori, pjeskoviti vapnenci, škriljave tvrde gline, konglomerati i pješčenjaci, nepravilna izmjena litoloških članova. Flišoliki kompleks mezozoika, boran, obično jako ispucan, najčešće vodonepropustan i podložan eroziji i klizanju (označeni zelenom bojom i brojem 24 na karti).

- Inženjerskogeološka sredina 2: Južni obronci Medvednice

Kalcitični lapori i škriljave tvrde gline (uslojeni i pločasti), konglomerati i pješčenjaci (slojeviti i debelo uslojeni) i grebenski vapnenci. Kompleks jezerskih sedimenta starijeg neogena i oligocena, boran i jako ispucan, vodonepropustan, podložan lakom raspadanju i eroziji (označeni tamno zelenom rešetkastom šrafurom i brojem 23 na karti).

Pješčenjaci, laporovite gline, lapori i pijesci. Kompleks jezerskih, uslojenih sedimenata mlađeg neogena s velikim promjenama poroznosti i vodopropusnosti, podložan eroziji i klizanju (označeni smeđom bojom i brojem 15 na karti).

- Inženjerskogeološka sredina 3: Izdignuća i nanosi (sjever)

Pijesci, šljunci i gline, slojeviti. Kompleks jezerskih sedimenata mlađeg neogena s velikim promjenama poroznosti i vodopropusnosti, podložan eroziji i klizanju (označeni žutom bojom i brojem 7 na karti).

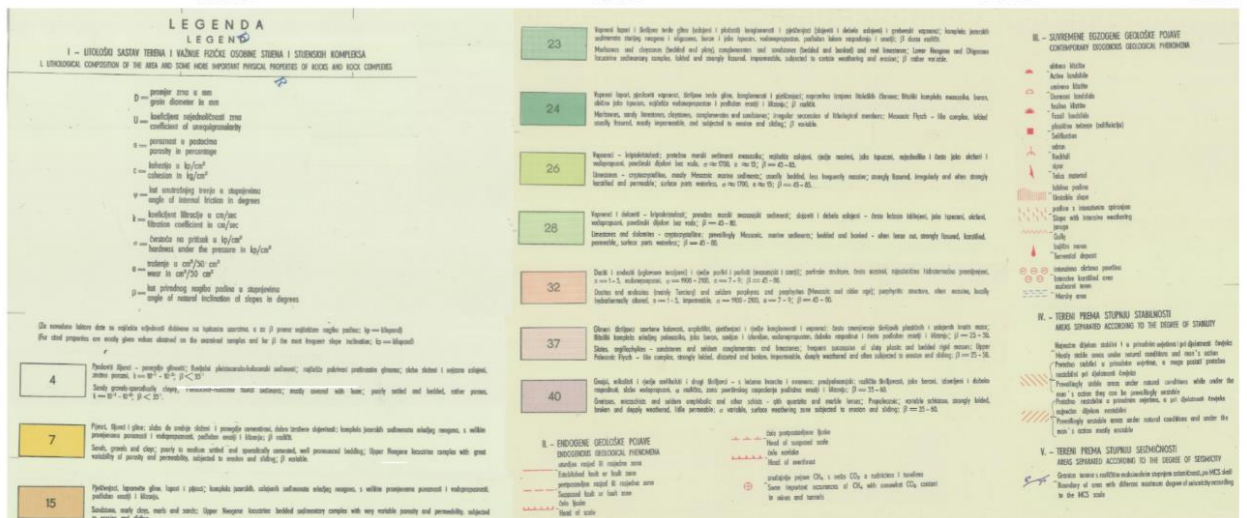
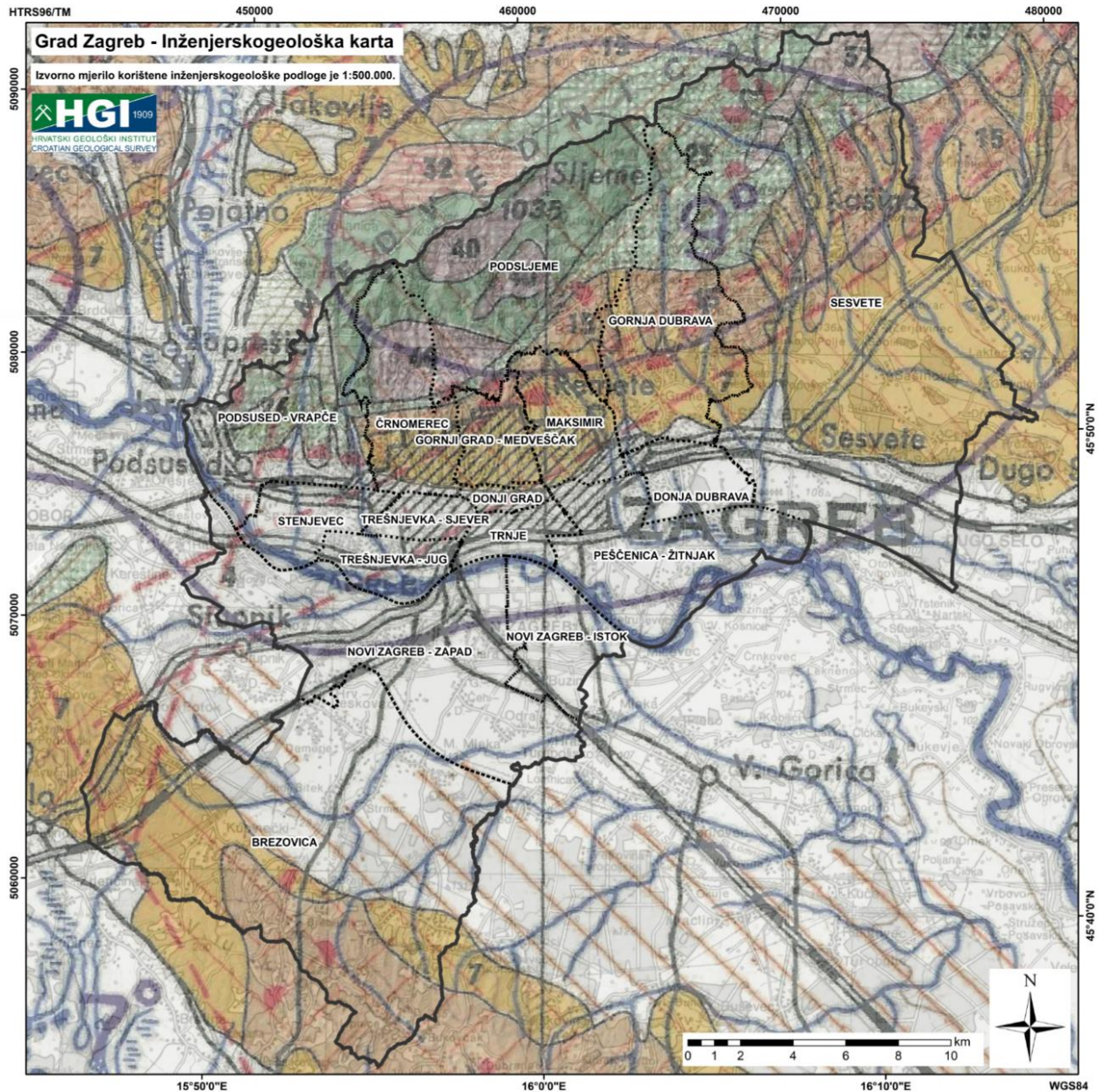
- Inženjerskogeološka sredina 4: Savski aluvij

Pjeskoviti šljunci, ponegdje glinoviti. Fluvijalni pleistocensko-holocenski sedimenti, najčešće pokriveni prahovitim glinama, porozni (označeni bijelom bojom i brojem 4 na karti).

- Inženjerskogeološka sredina 5: Izdignuća i nanosi (jug) i Sjeverni obronci Vukomeričkih Gorica

Pijesci, šljunci i gline, slojeviti. Kompleks jezerskih sedimenata mlađeg neogena s velikim promjenama poroznosti i vodopropusnosti, podložan eroziji i klizanju (označeni žutom bojom i brojem 7 na karti).

Pješčenjaci, laporovite gline, lapori i pijesci. Kompleks jezerskih, uslojenih sedimenata mlađeg neogena s velikim promjenama poroznosti i vodopropusnosti, podložan eroziji i klizanju (označeni smeđom bojom i brojem 15 na karti).



Slika 4.5.1 Grad Zagreb – Inženjerskogeološka karta. Izvorno mjerilo korištene inženjerskogeološke podloge je 1:500.000 (prema Čubrilović i dr., 1967).

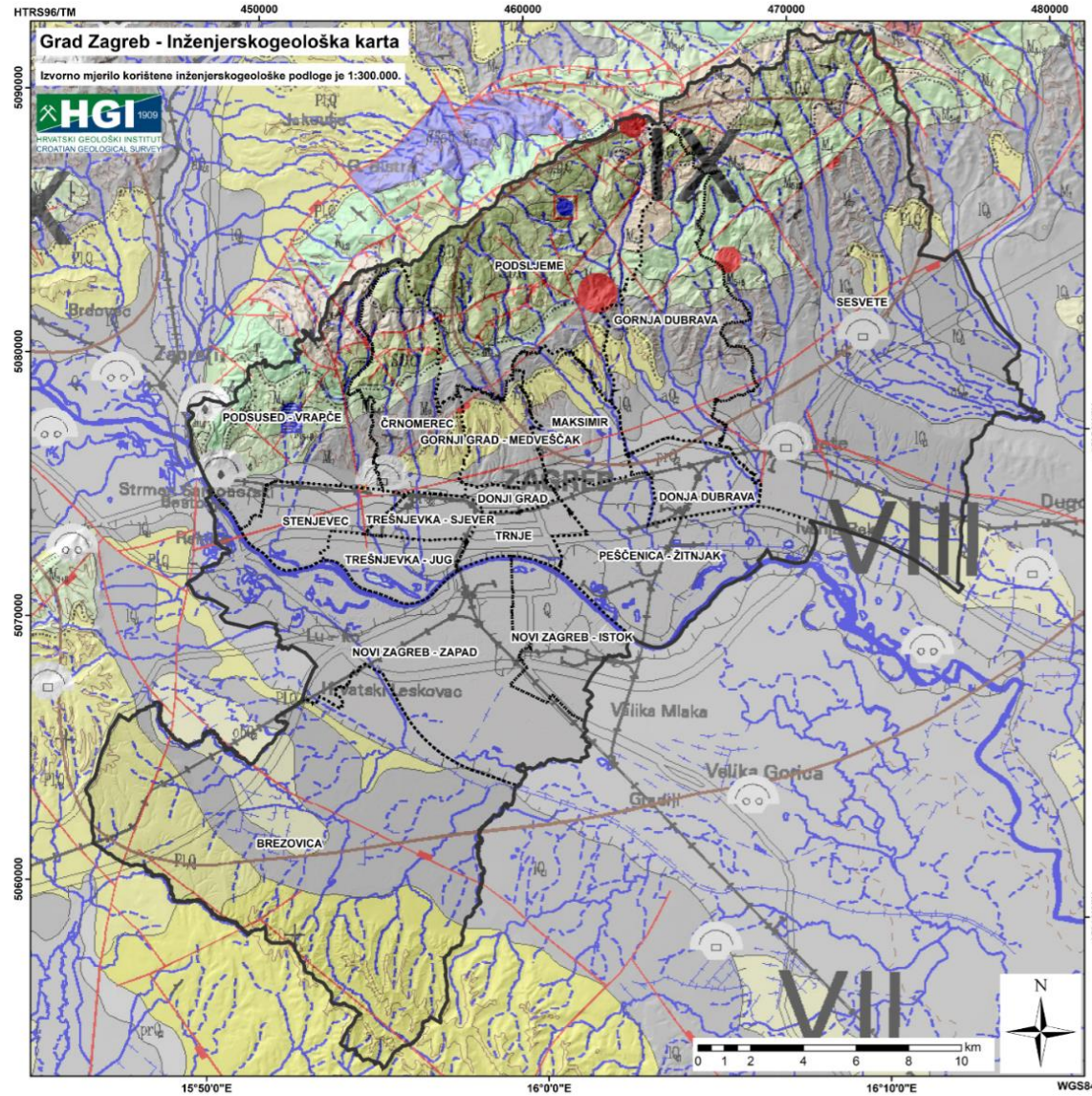
## 4.6 Inženjerskogeološka karta u mjerilu 1:300.000

Na inženjerskogeološkoj karti mjerila 1:300.000 (IGK300, Braun, 2002) je područje RH karakterizirano prema inženjerskogeološkim značajkama stijenskih masa odnosno razlikuju se: nevezane i slabo vezane stijene (tlo), sedimentne stijene i magmatogene stijene. Za područje RH na IGK300 u kategoriji nevezane i slabo vezane stijene – tlo, razlikuje se nekoherentno i koherentno tlo, a u kategoriji sedimentnih stijena se razlikuju klastične stijene i karbonatne stijene, te u kategoriji magmatogene stijene se razlikuju intruzivne stijene, efuzivne stijene, vulkanogeni-sedimentni i piroklastične stijene, te metamorfogeni kompleksi. Na području Grada Zagreba prema IGK300 se nalazi nekoherentno i koherentno tlo, klastične i karbonatne stijene, te metamorfogeni kompleksi. Na temelju tih podataka, na IGK300 se mogu izdvojiti šest većih cjelina/inženjerskogeoloških sredina sa sličnim inženjerskogeološkim značajkama unutar administrativnih granica Grada Zagreba, od sjevera prema jugu (Slika 4.6.1):

- Inženjerskogeološka sredina 1: Gorska jezgra Medvednice  
*Magmatogene stijene:*  
Metamorfogeni kompleksi: povoljna i dobra stijenska masa (nijanse tamno zelene na karti).  
*Sedimentne stijene:*  
Karbonatne stijene: od vrlo slabe do vrlo dobre stijenske mase (nijanse svijetlo zelene na karti).  
Klastične stijene: od vrlo slabe do vrlo dobre stijenske mase (nijanse smeđe na karti).
- Inženjerskogeološka sredina 2: Južni obronci Medvednice  
*Sedimentne stijene:*  
Klastične stijene: od vrlo slabe do vrlo dobre stijenske mase (nijanse smeđe na karti).  
*Nevezane i slabo vezane stijene – tlo*  
Koherentno tlo: od žitkog do prekonsolidarnog polučvrstog tla (nijanse žute na karti).  
Nekoherentno tlo: od vrlo rahlog do izuzetno dobro zbijenog tla ili dezintegrirane stijenske mase (nijanse sive na karti).
- Inženjerskogeološka sredina 3: Izdignuća i nanosi (sjever)  
*Nevezane i slabo vezane stijene – tlo*  
Koherentno tlo: od žitkog do prekonsolidarnog polučvrstog tla (nijanse žute na karti).  
Nekoherentno tlo: od vrlo rahlog do izuzetno dobro zbijenog tla ili dezintegrirane stijenske mase (nijanse sive na karti).
- Inženjerskogeološka sredina 4: Savski aluvij  
*Nevezane i slabo vezane stijene – tlo*  
Nekoherentno tlo: od vrlo rahlog do izuzetno dobro zbijenog tla ili dezintegrirane stijenske mase (nijanse sive na karti).
- Inženjerskogeološka sredina 5: Izdignuća i nanosi (jug)  
*Nevezane i slabo vezane stijene – tlo*  
Koherentno tlo: od žitkog do prekonsolidarnog polučvrstog tla (nijanse žute na karti).  
Nekoherentno tlo: od vrlo rahlog do izuzetno dobro zbijenog tla ili dezintegrirane stijenske mase (nijanse sive na karti).



- Inženjerskogeološka sredina 6: Sjeverni obronci Vukomeričkih Gorica  
*Nevezane i slabo vezane stijene – tlo*  
Koherentno tlo: od žitkog do prekonsolidarnog polučvrstog tla (nijanse žute na karti).



### INŽENJERSKOGEOLOŠKE ZNAČAJKE STIJSKIH MASA

#### NEVEZANE I SLABO VEZANE STIJSNE - TLO

NEKOHERENTNO TLO	Standardni geotehnički podaci	Relativni odstupenje %	Inženjerskogeološka oznaka
	< 4	< 20	Već vešta tla
	4-10	20-40	Malob vešta tla
	10-30	40-70	Srednje vešta tla
	30-50	70-85	Dobro vešta tla
	> 50	> 85	Izuzetno dobro vešta tla ili dnostrukturalna stijenska masa

KOHERENTNO TLO	Standardni geotehnički podaci	Relativni odstupenje %	Inženjerskogeološka oznaka
	< 4	< 0.50	Žilno do vrlo masno, jako gipčasto tlo, < 50 MPa
	4-8	0.50-0.75	Lako do srednje gipčasto tlo, 50-100 MPa
	8-15	0.75-1.25	Tvrdo gipčasto i polugipčasto tlo, 100-200 MPa
	> 15	> 1.25	Podobnostrukturalno polugipčasto tlo, > 200 MPa Ili izuzetno dobro stijenska masa

#### ČVRSTE SEDIMENTNE STIJSNE

ČVRSTE SEDIMENTNE KLASTIČNE STIJSNE	Inženjersko-geološka oznaka	Geotehnički podaci	Čvrstoća	Inženjerskogeološka oznaka
	20-40			Slabe stijenske mase, $\sigma_c = 1-50$ MPa, RQD = 0-30%
	40-60			Povoljne stijenske mase, $\sigma_c = 20-70$ MPa, RQD = 20-70%
	60-80			Dobre stijenske mase, $\sigma_c = 70-120$ MPa, RQD = 60-90%
	> 80			Već dobre stijenske mase, $\sigma_c = 100-250$ MPa, RQD = 80-100%

#### ČVRSTE SEDIMENTNE KARBONATNE STIJSNE

	20-40	Slabe stijenske mase, $\sigma_c = 1-50$ MPa, RQD = 0-30%
	40-60	Povoljne stijenske mase, $\sigma_c = 20-70$ MPa, RQD = 20-70%
	60-80	Dobre stijenske mase, $\sigma_c = 70-120$ MPa, RQD = 60-90%
	> 80	Već dobre stijenske mase, $\sigma_c = 100-250$ MPa, RQD = 80-100%

#### ČVRSTE MAGMATOGENETSKE STIJSNE

INTRUZIVNE STIJSNE	Inženjersko-geološka oznaka	Geotehnički podaci	Čvrstoća	Inženjerskogeološka oznaka
	20-40			Slabe stijenske mase, $\sigma_c = 1-50$ MPa, RQD = 0-30%
	40-60			Povoljne stijenske mase, $\sigma_c = 20-70$ MPa, RQD = 20-70%
	60-80			Dobre stijenske mase, $\sigma_c = 70-120$ MPa, RQD = 60-90%
	> 80			Već dobre stijenske mase, $\sigma_c = 100-250$ MPa, RQD = 80-100%

#### ERUZIVNE STIJSNE

	20-40	Slabe stijenske mase, $\sigma_c = 1-50$ MPa, RQD = 0-30%
	40-60	Povoljne stijenske mase, $\sigma_c = 20-70$ MPa, RQD = 20-70%
	60-80	Dobre stijenske mase, $\sigma_c = 70-120$ MPa, RQD = 60-90%
	> 80	Već dobre stijenske mase, $\sigma_c = 100-250$ MPa, RQD = 80-100%

#### VLAKANODNETSAD SEDIMENTNI KOMPLESI I FROKLASTIČNE STIJSNE

	20-40	Slabe stijenske mase, $\sigma_c = 1-50$ MPa, RQD = 0-30%
	40-60	Povoljne stijenske mase, $\sigma_c = 20-70$ MPa, RQD = 20-70%
	60-80	Dobre stijenske mase, $\sigma_c = 70-120$ MPa, RQD = 60-90%
	> 80	Već dobre stijenske mase, $\sigma_c = 100-250$ MPa, RQD = 80-100%

#### ČVRSTE STIJSNE METAMORFOGENETSkih KOMPLESA

	20-40	Slabe stijenske mase, $\sigma_c = 1-50$ MPa, RQD = 0-30%
	40-60	Povoljne stijenske mase, $\sigma_c = 20-70$ MPa, RQD = 20-70%
	60-80	Dobre stijenske mase, $\sigma_c = 70-120$ MPa, RQD = 60-90%
	> 80	Već dobre stijenske mase, $\sigma_c = 100-250$ MPa, RQD = 80-100%

### GEOLOŠKI PODACI

K <sub>1</sub>	Stratigrafski simbol
	Normalna litostratigrafska granica
	Erozivno-diskontinuitetna granica
	Položaj sloje, kos, uspravan, prebačen, vodoravan
	Položaj folijacije, kosa, uspravna, vodoravna, folijacija po ključu osane ravnine
	Os uspravne ili kose antiklinalne sa smjerom tonjenja
	Os prebačene ili pogoje antiklinalne sa smjerom tonjenja
	Os uspravne ili kose sinklinalne sa smjerom tonjenja
	Os prebačene ili pogoje sinklinalne sa smjerom tonjenja
	Normalan ili neodređen rasjed
	Normalan ili neodređen rasjed, s oznakom spuštenog bloka
	Reversan rasjed
	Čelo navlake
	Erozivno-diskontinuitetna granica u profilu i stupu
	Postupan prijelaz (rodakasta granica)

### POJAVE NESTABILNOSTI PADINE

	Nestabilna padina
	Aktivno klizište
	Umjerno klizište
	Klizište na kojem su provedene sanacije
	Aktivni odron
	Umjerno odron
	Odron na kojem su provedene sanacije
	Aktivno tečistište
	Umjerno tečistište
	Tečistište na kojem su provedene sanacije
	Površina intenzivnog spiranja
	Jenjava s aktivnom dubinskom erozijom
	Čista božnje erozije vodotoka
	Čista maturske erozije
	Područja nestabilnosti

### SEIZMIČKI PODACI

	Epicentri potresa, magnitude < 6 <sup>M</sup> MCS
	Epicentri potresa, magnitude > 6 <sup>M</sup> MCS
	Izolirne seizmičnosti terena
	Seizmotektonski aktivne zone
	Stupanj seizmičnosti po MCS

Slika 4.6.1 Grad Zagreb – Inženjerskogeološka karta. Izvorno mjerilo korištene inženjerskogeološke podloge je 1:300.000 (prema Braun, 2002).

## 5. Razmatrane detaljnije geološke podloge i seizmička mikrozonacija prema Eurokodu 8 za dio područja Grada Zagreba

Na području Grada Zagreba su u zadnjih 20-ak godina provedena brojna istraživanja i studije, ali svakako vrijedi istaknuti četiri veće studije koje su relevantne s obzirom na razmatranu tematiku: geološko i seizmičko zoniranje. To su dvije „geološke“ studije i dvije „seizmičke“ studije koje su usko povezane:

- Detaljna inženjerskogeološka karta Podsljemenske zone grada Zagreba - DIGK-Faza I (Miklin i dr., 2007),
- Detaljna inženjerskogeološka karta Podsljemenske zone grada Zagreba - DIGK-Faza II (Miklin i dr., 2018),
- Seizmičko i geološko mikrozoniranje prema standardima Eurokoda 8 za zapadni dio podsljemenske urbanizirane zone (Herak i dr., 2013), i
- Seizmička i geološka mikrozonacija dijela Grada Zagreba (Miklin i dr., 2019).

U tim studijama, na temelju detaljno provedenih terenskih kartiranja, detaljnih istražnih radova i detaljnih analiza za dio područja Grada Zagreba (Podsljemenska zona, 175 km<sup>2</sup>) su izrađene i kvalitetne podloge koje se mogu koristiti u mikrozoniranju prostora Grada Zagreba (mjerilo 1:25.000 ili detaljnije).

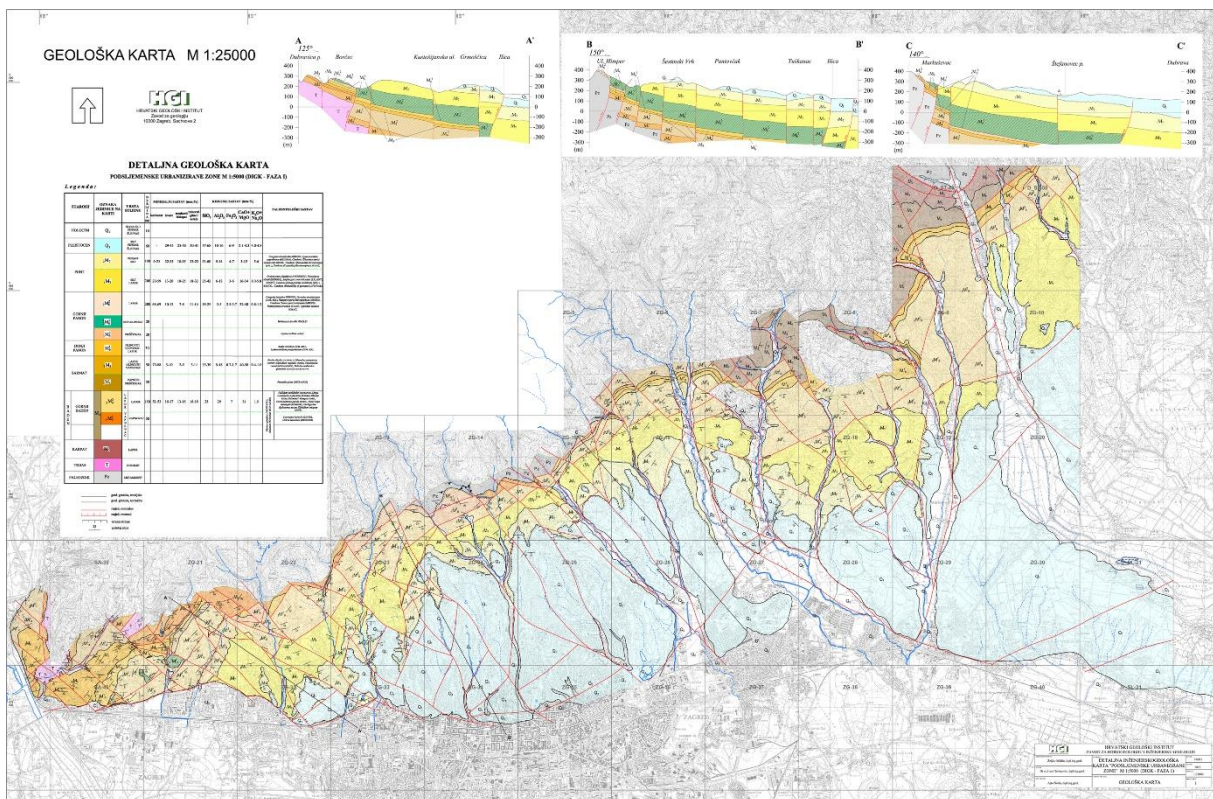
U sklopu DIGK (Faza I i Faza II) su izrađene: Geološka karta u mjerilu 1:25.000, Hidrogeološka karta u mjerilu 1:25.000 i Inženjerskogeološka karta u mjerilu 1:5.000 na kojima se u registrirana i klizišta na predmetnom području (Podsljemenska zona, 175 km<sup>2</sup>).

U sklopu provedenog Seizmičkog i geološkog mikrozoniranja je izrađena Karta seizmičkog mikrozoniranja prema standardima Eurokoda 8 za predmetno područje (Podsljemanska zona, 175 km<sup>2</sup>).

U daljnjem tekstu je dan kratki osvrt na gore spomenute detaljnije geološke podloge i seizmičku mikrozonaciju prema Eurokodu 8 za dio područja Grada Zagreba.

## 5.1 Geološka karta u mjerilu 1:25.000

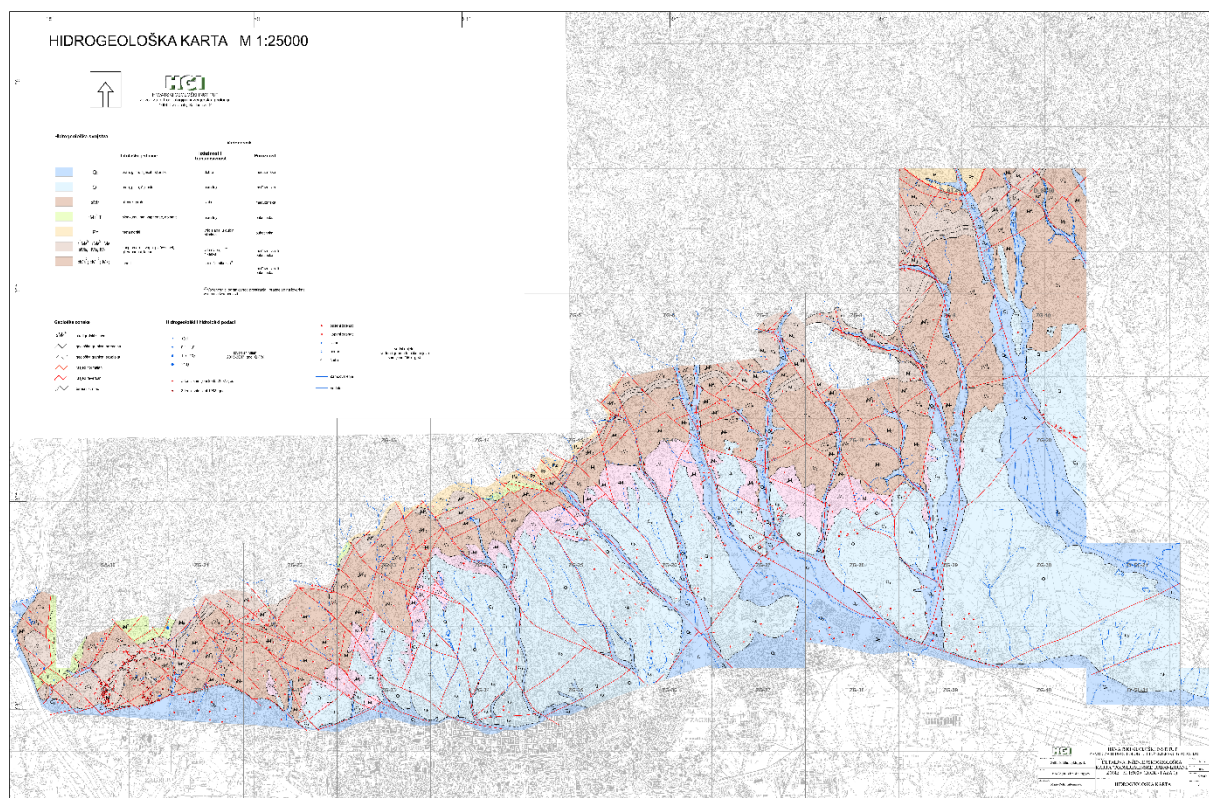
Geološka karta u mjerilu 1:25.000 i prateći opisi uz kartu su izrađeni u sklopu DIGK-Faza I (Miklin i dr., 2007) na temelju provedenog detaljnog terenskog kartiranja od strane tima stručnjaka predvođenog dr. Ivanom Hećimovićem (HGI). Na predmetnoj karti i pratećim profilima (Slika 5.1.1) unutar područja Podsljemenske zone/južnih obronaka Medvednice, mogu se razlikovati dvije veće cjeline: naslage miocenske starosti i naslage kvartarne starosti. Članovi miocenske starosti obuhvaćaju: vapnence, lapore, kalcitične pješčenjake, glinovite vapnence, pješčenjake, konglomerate, siltove (prahove) i pijeske (oznaka M<sub>3-7</sub>, generalno smeđa do žuta boja na karti). Naslage kvartarne starosti obuhvaćaju: šljunke, pijeske, siltove (prahove) i gline (oznaka Q<sub>1-2</sub>, plava i bijela boja na karti). Lokalno su na istraživanom području kartirane i starije naslage paleozoika (metamorfiti) i trijasa (dolomiti), ali te naslage možemo svrstati u područje gorske jezgre Medvednice.



Slika 5.1.1 Grad Zagreb – Geološka karta u mjerilu 1:25.000 izrađena u sklopu DIGK-Faza I (Miklin i dr., 2007).

## 5.2 Hidrogeološka karta u mjerilu 1:25.000

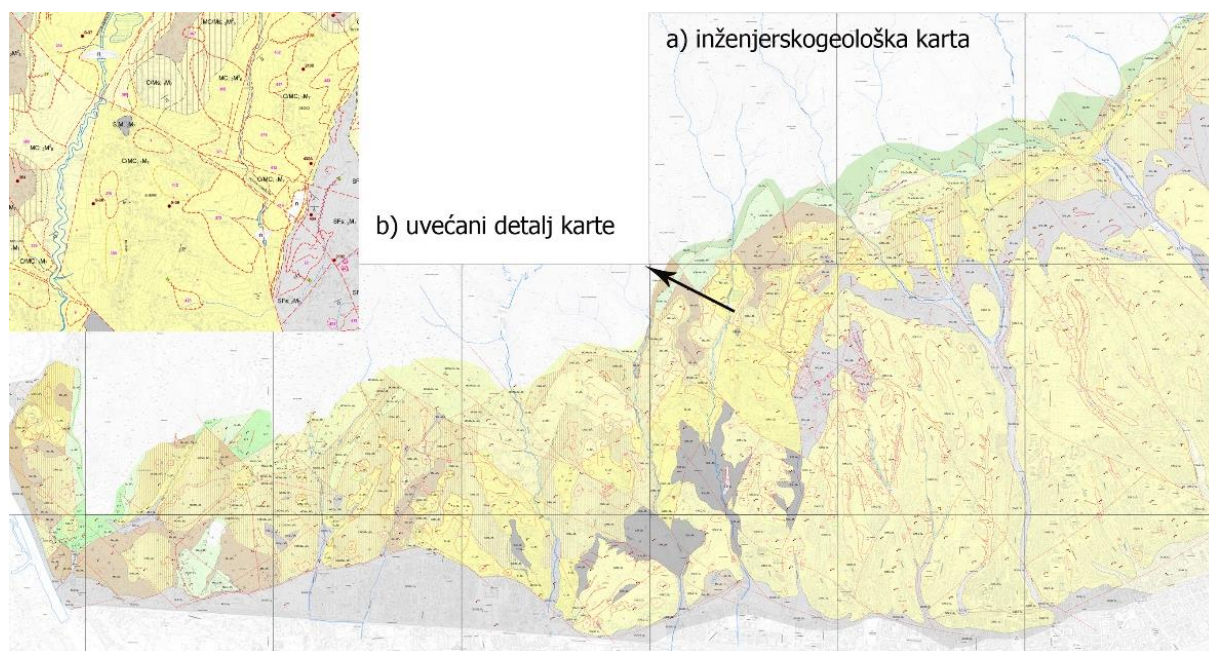
Hidrogeološka karta u mjerilu 1:25.000 i prateći opisi uz kartu su izrađeni u sklopu DIGK-Faza I (Miklin i dr., 2007) na temelju geološke karte istraživanog terena, podataka o registriranim pojavama vode na površini terena (zamočvarenja, lokve, izvori) i podataka o dubinama do podzemne vode izmjerenim uglavnom u kopanim zdencima. Podaci o površinskim vodama (stalni i povremeni vodotoci) preuzeti su s topografskih karata mjerila 1:5.000 i 1:25.000. Karta je izrađena od strane tima stručnjaka predvođenog dr. Željkom Brkić (HGI). Na predmetnoj karti (slika 5.2.1) unutar područja Podsljemenske zone/južnih obronaka Medvednice se mogu razlikovati dvije veće cjeline: naslage miocenske starosti i naslage kvartarne starosti. Naslage miocenske starosti (M, lapori, konglomerati, kalcitični pješčenjaci, glineni vapnenci, pijesci, prahovi) generalno obuhvaćaju vodonosnike „lošije“ transmisivnosti (praktički nikakva, vrlo slaba do nikakva, slaba, osrednja) i pukotinske ili međuzrnske poroznosti (generalno smeđa boja na karti). Naslage kvartarne starosti (Q, šljunci, pijesci, prahovi, gline) generalno obuhvaćaju vodonosnike „bolje“ transmisivnosti (osrednja, dobra) i međuzrnske poroznosti (generalno plava boja na karti). Lokalno su na istraživanom području kartirane i starije naslage paleozoika (metamorfiti) i trijasa (dolomiti, bioakumulirani vapnenci), ali te naslage možemo svrstati u područje gorske jezgre Medvednice, a vodonosnici u njima imaju „varijabilnu“ transmisivnost (od vrlo slabe, u dubini nikakve do osrednja) i pukotinsku poroznost.



Slika 5.2.1 Grad Zagreb – Hidrogeološka karta u mjerilu 1:25.000 izrađena u sklopu DIGK-Faza I (Miklin i dr., 2007).

### 5.3 Inženjerskogeološka karta u mjerilu 1:5.000

Inženjerskogeološka karta u (detaljnem) mjerilu 1:5.000 i prateći opisi uz kartu su izrađeni u sklopu DIGK-Faza I (Miklin i dr., 2007) na temelju provedenih detaljnih istraživanja. Na predmetnoj karti (Slika 5.3.1) je prikazana osnovna podjela terena: na inženjersko tlo, što podrazumijeva naslage pokrivača i trošni dio podloge i na stijenu, koja čini podlogu. Na predmetnoj karti su izdvojena nekoherentna tla, koherentna tla i osnovna stijene podloge. Osnovna boja za nekoherentna tla je siva boja (pijesak, šljunak; S, G) koja se razlikuje po intenzitetu, a intenzitet boje prikazuje zbijenost materijala (jače zbijen = tamnija boja). Žuta boja na karti označava koherentne materijale (glina, prah; C, M), a intenzitet boje prikazuje granice tečenja (više vrijednosti granice tečenja = tamnija boja). Osnovna stijena prikazana je u dvije boje: smeđa boja predstavlja meke (slabe) klastične stijene (lapore; Ms), a čvrste karbonatne stijene prikazane su zelenom bojom (vapnenci, dolomiti; Ls, D). Intenzitet smeđe i zelene boje prikazuje čvrstoću stijenske mase prema jednoosnoj tlačnoj čvrstoći (čvršće = tamnija boja). Metamorfne stijene (škriljavci, filiti, slejtovi, itd.), uglavnom paleozojske starosti prikazani su maslinasto zelenom bojom. Na karti su izdvojene i nestabilne padine/klizišta: aktivna klizišta (crveno), umirena klizišta (narančasto) i sanirana klizišta (zeleno).



Slika 5.3.1 Grad Zagreb – Inženjerskogeološka karta u mjerilu 1:5.000 izrađena u sklopu DIGK-Faza I: a) prikaz dijela istraživanog područja; b) prikaz uvećanog detalja karte (Miklin i dr., 2007).

## 5.4 Seizmička mikrozonacija u mjerilu 1:25.000 za dio područja Grada Zagreba prema Eurokodu 8

U daljnjem tekstu dan je prikaz (preuzeto) iz Studije provedene 2019. godine (Miklin i dr., 2019):

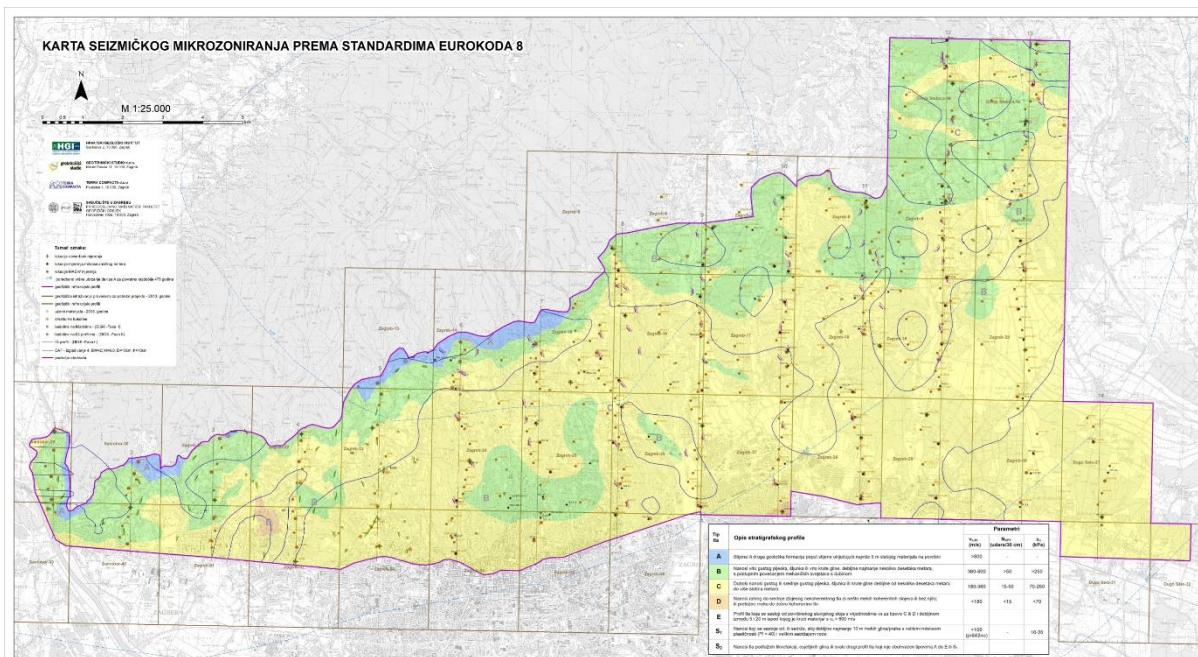
Tijekom izrade Studije seizmičke i geološke mikrozonacije dijela grada Zagreba (Miklin i dr., 2019) korišteni su dostupni i relevantni podaci odnosno podaci preko 600 lokacija/točaka gdje su bila izvršena mjerenja mikroseizmičkog nemira, preko 350 MASW mjerenja, preko 75 seizmičkih refrakcijskih profila, preko 25 down-hole mjerenja i brojni drugi podaci. Prema tim podacima i provedenim analizama na istraživanom području su prisutni tipovi tla A, B, C i D prema Eurokodu 8 (Tablica 5.4.1, Slika 5.4.1, Miklin i dr., 2019):

- tip tla A obuhvaća 2,9 km<sup>2</sup> i nalazi se na sjeverozapadnom dijelu istraživanog područja, te u prvom redu obuhvaća naslage osnovne stijene (lapori, pješčenjaci, klastiti, vapnenci), a može se odnositi i na druge naslage sličnih svojstava,
- tip tla B obuhvaća 46,8 km<sup>2</sup> i nalazi se pretežito na sjevernom dijelu istraživanog područja, te na manjim površinama i južnije na području istraživanja, a u prvom redu obuhvaća naslage lapora i trošnih stijena (vapnence, klastiti), a može se odnositi i na druge naslage sličnih svojstava (npr. trošne zone lapora, lapori, i slično),
- tip tla C obuhvaća 124,3 km<sup>2</sup> i nalazi se na većem dijelu istraživanog područja, a u prvom redu obuhvaća naslage glina, prahova, trošne zone lapora, lapore, a može se odnositi i na druge naslage sličnih svojstava,
- tip tla D obuhvaća 0,6 km<sup>2</sup> i nalazi se na manjim dijelovima istraživanog područja, a u prvom redu obuhvaća naslage nasipanog materijala, pijesaka, prahova, glina, a može se odnositi i na druge naslage sličnih svojstava,
- na području istraživanja je najzastupljeniji C tip tla (71,2 % površine), a slijedi ga B tip tla (26,8 % površine) dok su A tip tla (1,7 % površine) i D tip tla (0,3 % površine) slabo zastupljeni na području istraživanja (što je u skladu s očekivanjima),
- generalno se može reći da su „svojstva“ tipova tla „bolja“ prema sjeveru dok se prema jugu mogu očekivati i tipovi tla koji praktički nisu prisutni na području istraživanja npr. tip tla D, a možda i E (područje aluvijalnih naslaga rijeke Save) ili čak i tipovi tla S<sub>1</sub> i S<sub>2</sub>, ali, naravno, te pretpostavke treba potvrditi i istražnim radovima,
- prisutni tipovi tla na području istraživanja su u skladu s očekivanim rezultatima prema geološkim, geotehničkim, geofizičkim i seizmičkim značajkama prisutnih naslaga/materijala.

Tablica 5.4.1 Tipovi tla prema Eurokodu 8 i njihova zastupljenost na području istraživanja (Miklin i dr., 2019)

Tip tla	Opis stratigrafskog profila	Parametri			Površina (km <sup>2</sup> )
		$v_{s,30}$ (m/s)	$N_{SPT}$ (udara/30 cm)	$c_u$ (kPa)	
A	Stijena ili druga geološka formacija poput stijene uključujući najviše 5 m slabijeg materijala na površini	>800	–	–	2,9
B	Nanosi vrlo gustog pijeska, šljunka ili vrlo krute gline, debljine najmanje nekoliko desetaka metara, s postupnim povećanjem mehaničkih svojstava s dubinom	360–800	>50	>250	46,8
C	Duboki nanosi gustog ili srednje gustog pijeska, šljunka ili krute gline debljine od nekoliko desetaka metara do više stotina metara	180–360	15–50	70–250	124,3
D	Nanosi rahlog do srednje zbijenog nekoherentnog tla (s nešto mekih koherentnih slojeva ili bez njih), ili pretežno meko do dobro koherentno tlo	<180	< 15	<70	0,6
E	Profil tla koja se sastoji od površinskog aluvijskog sloja s vrijednostima $v_s$ za tipove C ili D i debljinom između 5 i 20 m ispod kojeg je krući materijal s $v_s > 800$ m/s				-
S <sub>1</sub>	Nanosi koji se sastoje od, ili sadrže, sloj debljine najmanje 10 m mekih glina/praha s velikim indeksom plastičnosti (PI > 40) i velikim sadržajem vode	<100 (približno)	–	10–20	-
S <sub>2</sub>	Nanosi tla podložnih likvefakciji, osjetljivih glina ili svaki drugi profil tla koji nije obuhvaćen tipovima A do E ili S <sub>1</sub>				-

\*  $v_{s,30}$  je prosječna brzina rasprostiranja transverzalnih valova do dubine od 30 metara.



Slika 5.4.1 Karta seizmičkog mikrozoniranja prema standardima Eurokoda 8 (izvorno mjerilo 1:25.000, vidi prilog): na istraživanom području prisutni su tipovi tla: A, B, C i D (Miklin i dr., 2019).

Studija (Miklin i dr., 2019) prikazuje kako se planiranjem istražnih radova prema tipu i vremenu mogu koristiti skupi istražni radovi za više projekata, npr. bušotine iz DIGK su „iskorištene“ i u Studiji za seizmičko zoniranje. Ne samo da su korišteni podaci o geološkoj građi, odnosno o inženjerskogeološkim i geotehničkim značajkama nabušenih materijala (in-situ i laboratorijska ispitivanja), nego je i određeni



broj bušotina planiran i izveden tako da se mogu provesti geofizička mjerenja neophodna za dobivanje parametara za kategorizaciju prema Eurokodu 8. Također je određen broj bušotina planiran i izveden tako da postoji mogućnost za njihovu daljnju upotrebu za buduća seizmička mjerenja i istraživanja. Planiranjem se mogu uštedjeti značajna materijalna sredstva, a učinci mogu biti višestruki. Iskustva iz provedenih projekata su presudna i za planiranje sljedećih faza projekta kojima bi se dovršilo mikrozoniranje cijelog područja grada Zagreba (~641 km<sup>2</sup>). Taj se prostor može podijeliti na nekoliko većih cjelina, od sjevera prema jugu: (I) na područje Medvednice i Parka prirode Medvednica unutar administrativne granice Grada Zagreba; (II) na područje Podsljemenske urbanizirane zone na južnim obroncima Medvednice; (III) na prijelazno područje Prisavska ravnica – terasna izdignuća (sjever i jug); (IV) na šire područje Prisavske ravnice i (V) na područje Vukomeričkih Gorica (Miklin i dr., 2019).

Karta seizmičkog mikrozoniranja u ovom se obliku može izravno primijeniti pri planiranju razvoja prostora, te projektiranju i izvedbi građevina u skladu sa standardima Eurokoda 8, osim na područjima klizišta. Na klizištima u svakom slučaju valja napraviti posebne studije koje će u obzir uzeti sve relevantne pokazatelje kako stabilnosti tako i povećanog rizika klizanja uslijed potresa (Miklin i dr., 2019).

## 6. Karta Grada Zagreba s predloženom zonacijom u mjerilu 1:100.000

Na temelju analiza dostupnih geoloških podloga može se izraditi zonacijska karta za područje Grada Zagreba u mjerilu 1:100.000 i izdvojiti veće cjeline sa sličnim geološkim značajkama unutar administrativnih granica Grada Zagreba (Slika 6.1, Prilog), odnosno modificirati, doraditi i ažurirati provedeno mikrozoniranje šireg područja Zagreba prema geološko-topografsko-hidromorfološkom kriteriju od strane Jurak i dr. (2008) čiji je prikaz dan u poglavlju 3.1 (Slika 3.1.1).

Na temelju postojeće zonacije (Jurak i dr., 2008) i razmatranih geoloških, hidrogeoloških i inženjerskogeoloških podataka (opisanih u poglavlju 4) unutar administrativnih granica Grada Zagreba za područje od 641 km<sup>2</sup> se generalno mogu izdvojiti četiri zone sličnih uvjeta (Gorje, Obronci, Izdignuća i nanosi, te Aluvij) sa šest geoloških sredina (Gorska jezgra Medvednice, Južni obronci Medvednice, Izdignuća i nanosi - sjever, Savski aluvij, Izdignuća i nanosi - jug, te Sjeverni obronci Vukomeričkih Gorica) i tri klase povoljnosti na potresne rizike (povoljno, manje povoljno, nepovoljno) s obzirom na geološke značajke naslaga (u širem smislu), od sjevera prema jugu (Tablica 6.1, Slika 6.1, Prilog):

### Zona 1 – Gorje (~90 km<sup>2</sup>, ~14 %)

- *Geološka sredina 1: Gorska jezgra Medvednice – područje*  
Obuhvaća dva područja unutar administrativnih granica Grada Zagreba (641 km<sup>2</sup>): sjeverozapadno područje gorske jezgre Medvednice površine ~75,2 km<sup>2</sup> (~12 % površine Grada Zagreba) i sjeveroistočno područje gorske jezgre Medvednice površine ~14,5 km<sup>2</sup> (~2 % površine Grada Zagreba) što čini ukupno ~90 km<sup>2</sup> (~14 % površine Grada Zagreba).
- *Zona 1 – Gorje: Generalne geološke značajke (u širem smislu)*  
Generalne geološke značajke: stijenski kompleksi (temeljna stijena je dobro litificirana).  
Generalne hidrogeološke značajke: tereni praktično bez vodonosnika i praktično nepropusni ili slabo propusni tereni.  
Generalne inženjerskogeološke značajke: čvrsta stijena s relativno plitkom zonom površinskog raspadanja koja je lokalno podložna eroziji i odronjavanju.
- *Zona 1 – Gorje: Generalna povoljnost na potresne rizike s obzirom na geološke značajke naslaga (u širem smislu):*  
Povoljno.  
Očekivani generalni Tip tla prema Eurokodu 8 na području Zone 1: Tip tla A.  
Lokalno su moguće i pojave pojačane erozije, odrona i bujičnih tokova.

### Zona 2 – Obronci (~216 km<sup>2</sup>, ~34 %)

- *Geološka sredina 2: Južni obronci Medvednice – područje*  
Obuhvaća dva područja unutar administrativnih granica Grada Zagreba (641 km<sup>2</sup>): područje južnih obronaka Medvednice površine ~160,7 km<sup>2</sup> (~25 % površine Grada Zagreba) i sjeveroistočno područje obronaka Medvednice površine ~0,7 km<sup>2</sup> (~0,1 % površine Grada Zagreba) što čini ukupno ~161 km<sup>2</sup> (~25 % površine Grada Zagreba).
- *Geološka sredina 6: Sjeverni obronci Vukomeričkih Gorica – područje*

Obuhvaća jedno područje unutar administrativnih granica Grada Zagreba (641 km<sup>2</sup>): područje sjevernih obronaka Vukomeričkih Gorica površine ~54,6 km<sup>2</sup> (~9 % površine Grada Zagreba) što čini ukupno ~55 km<sup>2</sup> (~9 % površine Grada Zagreba).

- *Geološka sredina 2 i 6 – ukupno područje*  
Obuhvaćaju ukupno područje ~216 km<sup>2</sup> (~34 % površine Grada Zagreba).
- *Zona 2 – Obronci: Generalne geološke značajke (u širem smislu)*  
Generalne geološke značajke: karbonati i klastiti (temeljna stijena je različito litificirana).  
Generalne hidrogeološke značajke: tereni s mogućim lokalnim vodonosnicima male izdašnosti i kavernožno-pukotinske poroznosti.  
Generalne inženjerskogeološke značajke: prijelaz iz meke stijene u čvrsto tlo s površinskom zonom trošenja koji je podložan lakom raspadanju, eroziji i klizanju.
- *Zona 2 – Obronci: Generalna povoljnost na potresne rizike s obzirom na geološke značajke naslaga (u širem smislu):*  
Manje povoljno.  
Očekivani generalni Tip tla prema Eurokodu 8 na području Zone 2: Tip tla B i C.  
Lokalno su moguće i pojave Tipa tla: D i S<sub>1</sub>.  
Lokalno su moguće i pojave pojačane erozije, klizanja i bujičnih tokova.

#### Zona 3 – Izdignuća i nanosi (~180 km<sup>2</sup>, ~28 %)

- *Geološka sredina 3: Izdignuća i nanosi (sjever) – područje*  
Obuhvaća jedno područje unutar administrativnih granica Grada Zagreba (641 km<sup>2</sup>): područje sjeverno od rijeke Save odnosno područje sjevernih izdignuća i nanosa površine ~113,4 km<sup>2</sup> (~18 % površine Grada Zagreba) što čini ukupno ~113 km<sup>2</sup> (~18 % površine Grada Zagreba).
- *Geološka sredina 5: Izdignuća i nanosi (jug) – područje*  
Obuhvaća jedno područje unutar administrativnih granica Grada Zagreba (641 km<sup>2</sup>): područje južno od rijeke Save odnosno područje južnih izdignuća i nanosa površine ~66,7 km<sup>2</sup> (~10 % površine Grada Zagreba) što čini ukupno ~67 km<sup>2</sup> (~10 % površine Grada Zagreba).
- *Geološka sredina 3 i 5 – ukupno područje*  
Obuhvaćaju ukupno područje ~180 km<sup>2</sup> (~28 % površine Grada Zagreba).
- *Zona 3 – Izdignuća i nanosi: Generalne geološke značajke (u širem smislu)*  
Generalne geološke značajke: naslage kvartarne starosti (slabo litificirane).  
Generalne hidrogeološke značajke: tereni s vodonosnicima međuzrnske poroznosti i pretežno male izdašnosti i slabe transmisivnosti.  
Generalne inženjerskogeološke značajke: prijelaz iz nevezanih i slabo vezanih stijena u tlo (koherentno i nekoherentno) s površinskom zonom trošenja koji je podložan eroziji, a lokalno su moguće i likvefakcije.
- *Zona 3 – Izdignuća i nanosi: Generalna povoljnost na potresne rizike s obzirom na geološke značajke naslaga (u širem smislu):*  
Manje povoljno.

Očekivani generalni Tip tla prema Eurokodu 8 na području Zone 3: Tip tla C.

Lokalno su moguće i pojave Tipa tla: D, S<sub>1</sub> i S<sub>2</sub>.

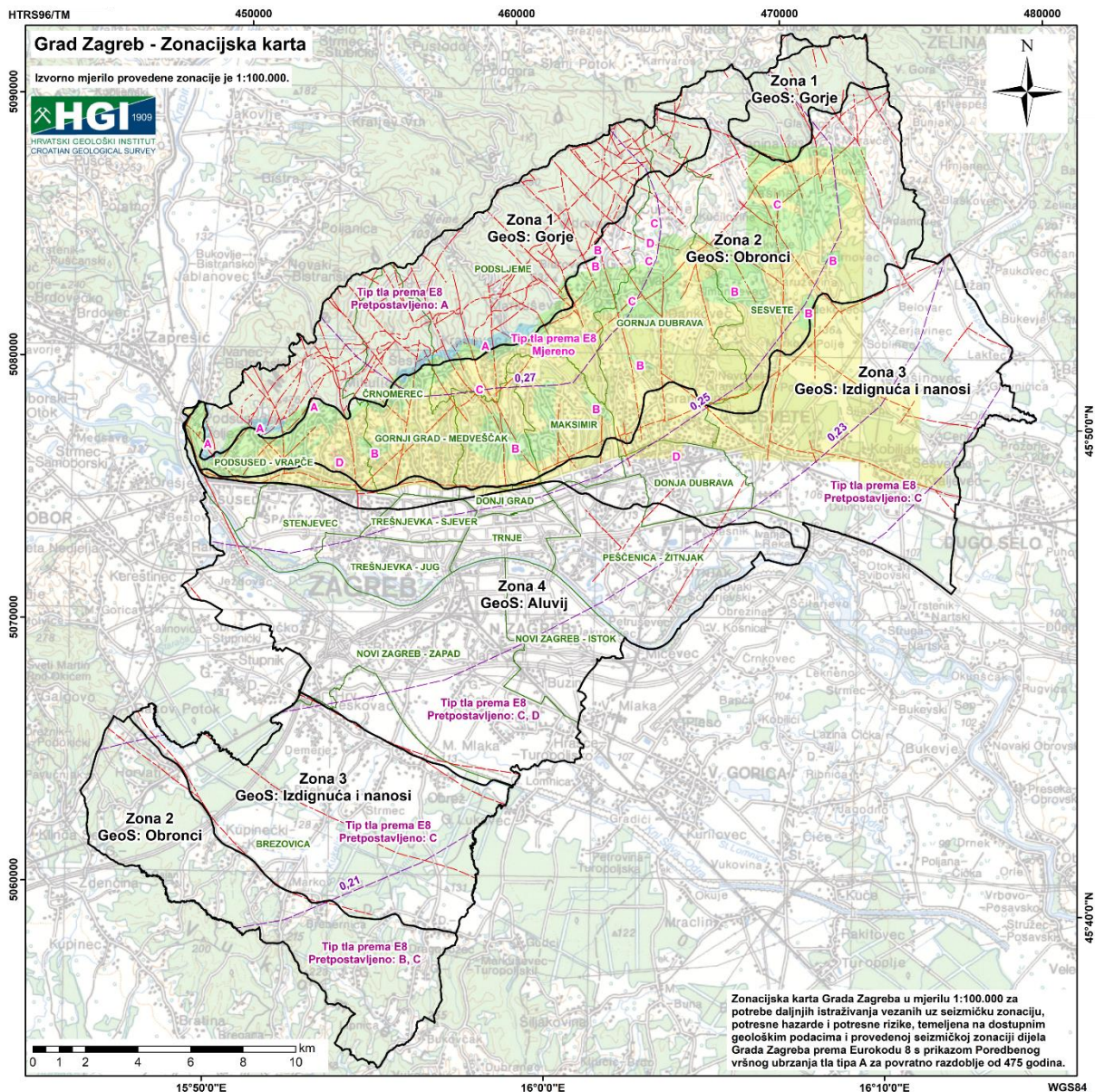
Lokalno su moguće i pojave pojačane erozije i likvefakcije.

#### Zona 4 – Aluvij (~155 km<sup>2</sup>, ~24 %)

- *Geološka sredina 4: Savski aluvij – područje*  
Obuhvaća jedno područje unutar administrativnih granica Grada Zagreba (641 km<sup>2</sup>): područje rijeke Save odnosno područje savskog aluvija površine ~155,3 km<sup>2</sup> (~24 % površine Grada Zagreba) što čini ukupno ~155 km<sup>2</sup> (~24 % površine Grada Zagreba).
- *Zona 4 – Aluvij: Generalne geološke značajke (u širem smislu)*  
Generalne geološke značajke: mlađe naslage kvartarne starosti (aluvijalne naslage: šljunci, pijesci i gline, nelitificirani materijal).  
Generalne hidrogeološke značajke: tereni s vodonosnicima međuzrnske poroznosti i pretežno velike izdašnosti i vrlo dobre transmisivnosti.  
Generalne inženjerskogeološke značajke: pretežito nekoheretno tlo (varira od vrlo rahlog do izuzetno dobro zbijenog), a lokalno su moguće i likvefakcije i poplave.
- *Zona 4 – Aluvij: Generalna povoljnost na potresne rizike s obzirom na geološke značajke naslaga (u širem smislu):*  
Nepovoljno.  
Očekivani generalni Tip tla prema Eurokodu 8 na području Zone 1: Tip tla C i D.  
Lokalno su moguće i pojave Tipa tla: S<sub>2</sub>.  
Lokalno su moguće i pojave likvefakcije i poplave.

Tablica 6.1. Zonacija Grada Zagreba – tablični prikaz podataka

Zona	Geološka sredina	Površina (km <sup>2</sup> )	Udio (%)	Povoljnost na potresne rizike	Očekivani Tip tla (Eurokod 8)	Karakteristične pojave*
Gorje	Gorska jezgra Medvednice	~90	~14	Povoljno	A	Pojačana erozija, odroni i bujični tokovi.
Obronci	Južni obronci Medvednice	~161	~25	Manje povoljno	B, C (D, S <sub>1</sub> )	Pojačana erozija, klizanje i bujični tokovi.
	Sjeverni obronci Vukomeričkih Gorica	~55	~9			
Izdignuća i nanosi	Izdignuća i nanosi (sjever)	~113	~18		C (D, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> )	Pojačana erozija i likvefakcije.
	Izdignuća i nanosi (jug)	~67	~10			
Aluvij	Savski aluvij	~155	~24	Nepovoljno	C, D (S <sub>2</sub> )	Likvefakcije i poplave.
Broj zona = 4	Broj GeoS = 6	$\Sigma = 641 \text{ km}^2$	$\Sigma = 100\%$	Broj klasa = 3	Tip tla E se ne očekuje na području.	*Moguće su i druge pojave na području.



**Tumač oznaka:**

Zona	Geološka sredina	Površina (km <sup>2</sup> )	Udio (%)	Povoljnost na potresne rizike	Očekivani Tip tla (Eurokod 8)	Karakteristične pojave*
Gorje	Gorska jezgra Medvednice	~90	~14	Povoljno	A	Pojačana erozija, odroni i bujični tokovi.
Obronci	Južni obronci Medvednice	~161	~25	Manje povoljno	B, C (D, S <sub>1</sub> )	Pojačana erozija, klizanje i bujični tokovi.
	Sjeverni obronci Vukomeričkih Gorica	~55	~9			
Izdignuća i nanosi	Izdignuća i nanosi (sjever)	~113	~18	Nepovoljno	C (D, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> )	Pojačana erozija i likvefakcije.
	Izdignuća i nanosi (jug)	~67	~10			
Aluvij	Savski aluvij	~155	~24	Nepovoljno	C, D (S <sub>2</sub> )	Likvefakcije i poplave.
Broj zona = 4	Broj GeoS = 6	Z = 641 km <sup>2</sup>	Z = 100%	Broj klasa = 3	Tip tla E se ne očekuje na području.	*Moguće su i druge pojave na području.

**Tip tla prema Eurokodu 8:**

- A - V<sub>S30</sub> > 800 m/s
- B - V<sub>S30</sub> = 360 - 800 m/s
- C - V<sub>S30</sub> = 180 - 360 m/s
- D - V<sub>S30</sub> > 180 m/s

- vršno ubrzanje A475 (g)
- gradske četvrti

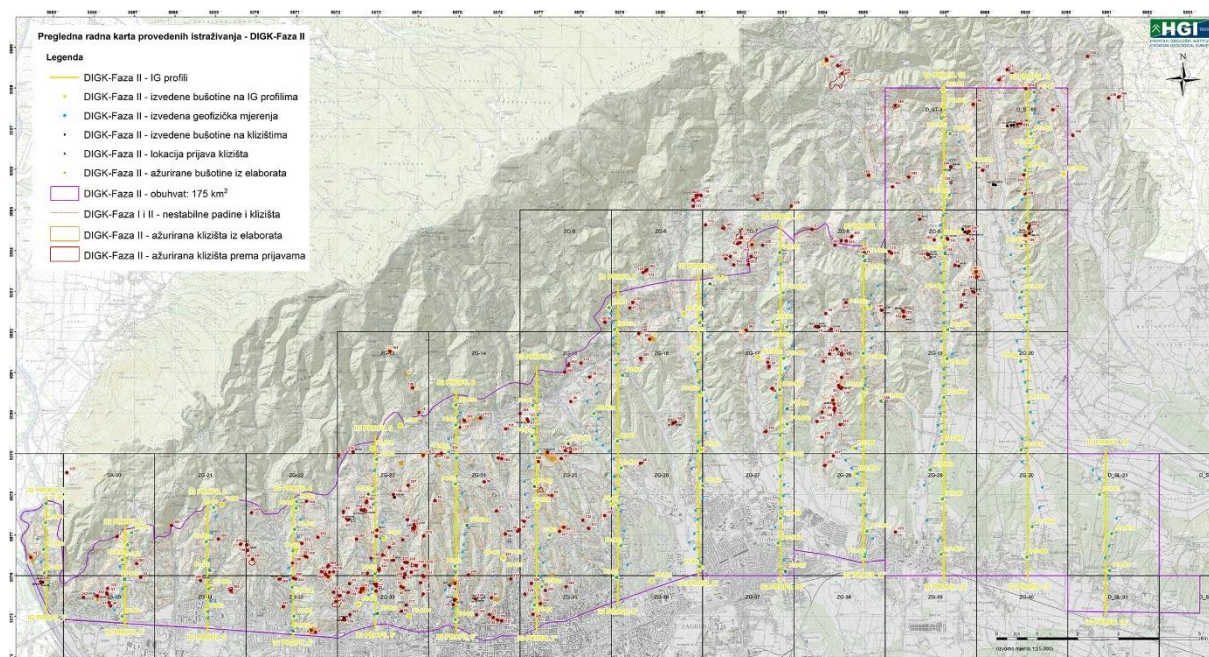
**Geološke granice i strukturne oznake**

- Kontinuirani prijelaz (normalna granica)
- Erozijska i/ili tektonsko-erozijska granica
- Rasjed bez oznake karaktera: utvrđen
- - - Rasjed bez oznake karaktera: pokriven
- Relativno spuštenu blok: utvrđen
- - - Relativno spuštenu blok: pokriven
- Reversni rasjed: utvrđen
- - - Reversni rasjed: pokriven
- Navlačni kontakt: pokriven
- Relativno spuštenu navlačni kontakt normalnim rasjedom: utvrđen
- - - Relativno spuštenu navlačni kontakt normalnim rasjedom: pokriven
- Tektonsko okno
- Navlačak: utvrđen
- - - Navlačak: pokriven
- ++++ Tektonski prodor-dijapirski kontakt: utvrđen
- ++++ Tektonski prodor-dijapirski kontakt: pokriven
- Strmac riječne terase
- Obalna linija

Slika 6.1 Zonacijska karta Grada Zagreba u mjerilu 1:100.000 za potrebe daljnjih istraživanja vezanih uz seizmičku zonaciju, potresne hazarde i potresne rizike temeljena na dostupnim geološkim podacima i provedenoj seizmičkoj zonaciji dijela Grada Zagreba prema Eurokodu 8 s prikazom Poredbenog vršnog ubrzanja tla tipa A za povratno razdoblje 475 godina (vidi i Prilog)

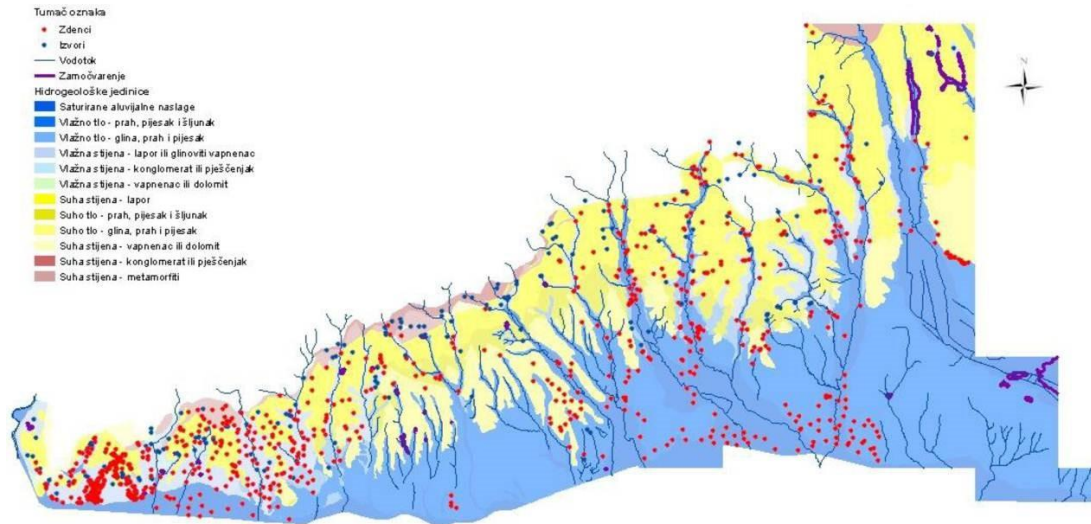
## 7. Diskusija, osvrt na provedeno zoniranje i preporuke za daljnje istraživanje

Za cjelokupno područje Grada Zagreba (administrativna površina od 641 km<sup>2</sup>) od geoloških podloga (u širem smislu) su razmatrani sljedeći podaci: geološke karte u mjerilu 1:100.000 i 1:300.000, hidrogeološke karte u mjerilu 1:300.000 i 1:500.000, te inženjerskogeološke karte u mjerilu 1:300.000 i 1:500.000. Iako su to relativno „grube“ podloge (1 mm na karti mjerila 1:100.000 je 100 m u prirodi) i one daju vrijedne informacije o pojedinom području odnosno mogu se iskoristiti za preliminarno zoniranje područja Grada Zagreba s obzirom na geološke aspekte. Ipak, kako je područje Grada Zagreba relativno veliko (641 km<sup>2</sup>) i složeno (heterogeno), za provedbu detaljnijih zonacija (u mjerilu 1:25.000 ili detaljnije) potrebni su i detaljni podaci. Takvi (detaljni) podaci su dostupni samo za dio područja Grada Zagreba (Podsljemenska zona, 175 km<sup>2</sup>), a oni su rezultat višegodišnjeg planiranja, istraživanja i analiza (vidi Poglavlje 3.1), Slika 7.1.

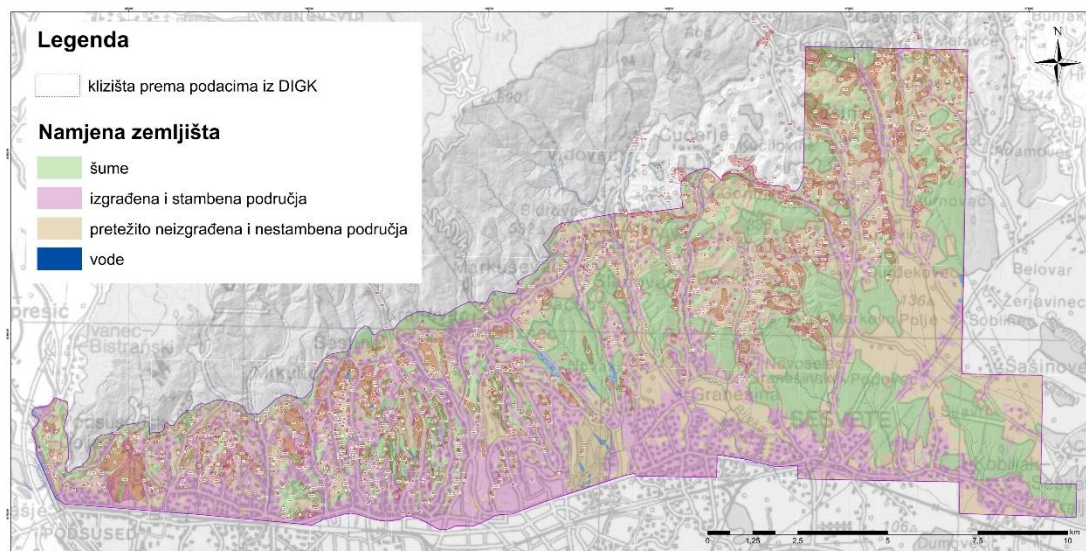


Slika 7.1 Karta „gustoće“ istražnih radova potrebnih za detaljnije podatke i izradu detaljnijih podloga (u mjerilu 1:25.000 ili detaljnije): potrebno je istraživani prostor pokriti planirano, adekvatno i s različitim vrstom podataka (zavisno od buduće namjene)– Pregledna radna karta provedenih istraživanja za potrebe izrade DIGK-Faza II (Miklin i dr., 2018)

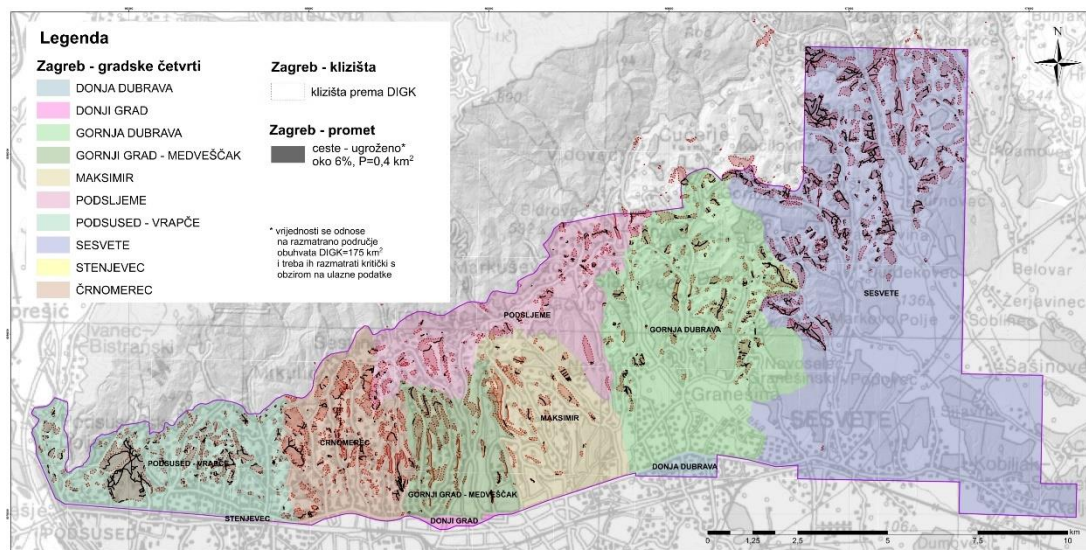
Važno je napomenuti da se iz postojećih detaljnih i kvalitetnih podataka mogu izraditi različite tematske karte odnosno karte koje se mogu koristiti za različite namjene, npr.: Karta „vlažnosti“ naslaga (Slika 7.2), Karta namjene zemljišta (Slika 7.3), Karta ugroženosti prometnica s obzirom na klizišta (Slika 7.4), itd. Također, jednom prikupljeni detaljni i kvalitetni podaci ostaju trajna vrijednost, te se mogu iskoristiti u različitim novim analizama i/ili interpretacijama, a ako je potrebno mogu se i ažurirati. Vrijedi napomenuti da je i svaku (tematsku) podlogu ipak poželjno periodički ažurirati jer je prostor (administrativni obuhvat Grada Zagreba) dinamičan, a dolazi i do napretka u saznanjima i tehnikama koje se mogu primijeniti u istraživanjima i analizama.



Slika 7.2 Karta „vlažnosti“ naslaga (Miklin i dr., 2007)



Slika 7.2 Karta namjene zemljišta (Pivčević 2020)



Slika 7.2 Karta ugroženosti prometnica s obzirom na klizišta (HGI, interno)



## 7.1 Osvrt na provedeno zoniranje

Relativno veliko područje Grada Zagreba (641 km<sup>2</sup>) je na temelju dostupnih geoloških podataka (u širem smislu) podijeljeno na manje smislene cjeline odnosno na četiri zone sa sličnim uvjetima (Gorje, Obronci, Izdignuća i nanosi, te Aluvij) koje se sastoje od šest Geoloških sredina: Gorska jezgra Medvednice, Južni obronci Medvednice, Izdignuća i nanosi - sjever, Savski aluvij, Izdignuća i nanosi - jug, te Sjeverni obronci Vukomeričkih Gorica (Tablica 6.1, Slika 6.1, Prilog). Svaka od izdvojenih zona i geoloških sredina ima svoje specifične značajke koje je potrebno uvažiti tijekom budućih istraživanja:

- Gorska jezgra Medvednice se generalno odnosi na šumovito područje koje obuhvaća područje Parka prirode Medvednice, te je kao takvo praktički nenaseljeno (neizgrađeno), ali je potrebno zaštititi prirodnu baštinu na tom području. S obzirom da je temeljna stijena dobro litificirana, da su to tereni praktički bez vode (osim površinskih tokova), te da je trošna zona relativno plitka, ali ipak lokalno podložna eroziji i odronjavanju, sa stajališta seizmičke zonacije s geološkog aspekta za potrebe definiranja potresnog hazarda na području grada Zagreba je to povoljno.
- Južni obronci Medvednice se generalno odnose na brežuljkasto područje koje obuhvaća izgrađeno područje s dugom povijesti „problema“ vezanih uz klizišta i ugrozu stanovništva i oštećenja na objektima i infrastrukturi. S obzirom da je temeljna stijena različito litificirana, da su to tereni na kojima je lokalno moguća prisutnost vode i da lokalni površinski tokovi bitno utječu na stabilnost padina, da je trošna zona izražena, kao i pojave izražene erozije i klizišta, sa stajališta seizmičke zonacije s geološkog aspekta za potrebe definiranja potresnog hazarda na području grada Zagreba je to manje povoljno.
- Izdignuća i nanosi – sjever se generalno odnose na prijelazno područje između južnih obronaka Medvednice i glavnog utjecajnog područja rijeka Save. To je generalno teren blage morfologije, izgrađen, ali i pokriven obradivim površinama. S obzirom da je teren izgrađen od mlađih naslaga koje su slabo litificirane (generalno), da su to ipak tereni s vodonosnicima međuzrnske poroznosti odnosno da podzemnu vodu treba očekivati na području i da su lokalni površinski tokovi prisutni (izgrađeni su razgranati sustavi za navodnjavanje), da se površinske naslage mogu okarakterizirati i kao inženjersko tlo (koherentno i nekoherentno) s površinskom zonom trošenja koje je podložno eroziji, a da su lokalno moguće i likvefakcije, sa stajališta seizmičke zonacije s geološkog aspekta za potrebe definiranja potresnog hazarda na području grada Zagreba je to manje povoljno.
- Savski aluvij se generalno odnosi na ravničarsko područje koje je pod izraženim utjecajem rijeke Save. To je područje koje je gusto izgrađeno, ali i pokriveno obradivim površinama. Teren je izgrađen od najmlađih naslaga prisutnih na području Grada Zagreba odnosno aluvijalnih naslaga koje pretežito izgrađuju šljunci i pijesci, ali su prisutni i prahovi i gline (nelitificirani materijal). To su tereni s vodonosnicima međuzrnske poroznosti koji su „bogati“ vodom (podzemna voda je prisutna na području), a i lokalni površinski tokovi su izraženi (npr. rijeka Sava) kao i manja jezera. Površinske naslage se mogu okarakterizirati i kao inženjersko tlo (pretežito nekoherentno), te su lokalno moguće likvefakcije i poplave. S obzirom na navedeno, sa stajališta seizmičke zonacije s geološkog aspekta za potrebe definiranja potresnog hazarda na području grada Zagreba je to nepovoljno.
- Izdignuća i nanosi – jug se generalno odnose na prijelazno područje između glavnog utjecajnog područja rijeka Save i sjevernih obronaka Vukomeričkih Gorica. To je generalno teren blage morfologije, manje izgrađeno, ali pokriveno obradivim površinama. S obzirom da

je teren izgrađen od mlađih naslaga koje su slabo litificirane (generalno), da su to ipak tereni s vodonosnicima međuzrnske poroznosti odnosno da podzemnu vodu treba očekivati na području i da su lokalni površinski tokovi prisutni (izgrađeni su razgranati sustavi za navodnjavanje), da se površinske naslage mogu okarakterizirati i kao inženjersko tlo (koherentno i nekoherentno) s površinskom zonom trošenja koje je podložno eroziji, a da lokalno su moguće i likvefakcije, sa stajališta seizmičke zonacije s geološkog aspekta za potrebe definiranja potresnog hazarda na području grada Zagreba je to manje povoljno.

- Sjeverni obronci Vukomeričkih Gorica se generalno odnose na brežuljkasto područje koje obuhvaća donekle izgrađeno područje sa obradivim površinama i šumama. S obzirom da je temeljna stijena različito litificirana, da su to tereni na kojima je lokalno moguća prisutnost vode i da lokalni površinski tokovi bitno utječu na stabilnost padina, da je trošna zona izražena, kao i pojave izražene erozije i moguća su klizišta, sa stajališta seizmičke zonacije s geološkog aspekta za potrebe definiranja potresnog hazarda na području grada Zagreba je to manje povoljno.

## 7.2 Preporuke za daljnje istraživanje

Za izradu detaljnijih geoloških podloga (u mjerilu 1:25.000 ili detaljnije) za cijelo područje Grada Zagreba potrebna su daljnja detaljna planska višegodišnja istraživanja. Između ostalog detaljniji podaci/detaljnije podloge su potrebne i za definiranje lokalnih specifičnosti odnosno lokacija pojačanih erozija, bujičnih tokova, odrona, klizišta, likvefakcija, poplava i drugih sličnih (geohazardnih) pojava koje mogu nastati i kao posljedica pojave potresa. Ujedno su i te „geohazardne“ lokacije one koje su posebno „ranjive“ odnosno potresi višestruko mogu potencirati „potencijal pojave“, te u kombinaciji (potres + druge geohazardne pojave) izazvati velike štete na objektima i infrastrukturi, ali i dovesti i do ugroze sigurnosti, npr. potresi mogu: izazvati poplave uslijed oštećenja nasipa, reaktivirati stara klizišta/odrone ili aktivirati nova, uzrokovati likvefakcije terena, te pojavu urušnih vrtača, itd.

Detaljniji podaci/detaljnije podloge bi omogućile i definiranje „podzona“ u izdvojenim zonama odnosno detaljniju definiciju geoloških sredina i njihovu daljnju podjelu koja bi mogla biti onda i (direktno) primjenjiva i u urbanističkom planiranju (u mjerilu 1:25.000 ili detaljnije). Preporuka je da se daljnja istraživanja nastave planski, po fazama odnosno da se prema izdvojenim zonama i geološkim sredinama definiraju prioritetna područja i to na sljedeći način:

- **Prioritetno područje Savski aluvij (Faza 1):**  
Gusto izgrađeno područje na vodom saturiranom terenu, što je nepovoljno sa stajališta mogućeg potresnog hazarda i rizika.
- **Prioritetna područja Južni obronci Medvednice i Izdignuća i nanosi – sjever (Faza 2):**  
Izgrađeno područje, na brežuljkastom dijelu području su prisutna klizišta, a na (morfološki) blažim dijelovima terena su moguće likvefakcije, što je manje povoljno sa stajališta mogućeg potresnog hazarda i rizika. To su područja koja su već većim dijelom detaljno istražena, ali treba razinu podataka ujednačiti odnosno za „neistražene“ dijelove provesti potrebne istraživačke radnje.
- **Prioritetna područja Sjeverni obronci Vukomeričkih Gorica i Izdignuća i nanosi – jug (Faza 3):**  
Donekle izgrađeno područje, na brežuljkastom dijelu području su moguća klizišta, a na (morfološki) blažim dijelovima terena su moguće likvefakcije, što je manje povoljno sa stajališta mogućeg potresnog hazarda i rizika. Područja koja su površinama relativno manja i smještena na južnom dijelu Grada Zagreba, s toga je preporuka i da se istraživačke radnje planiraju i izvedu kao jedna cjelina.
- **Prioritetno područje Gorska jezgra Medvednice (Faza 4):**  
Neizgrađeno šumovito područje Parka prirode Medvdnice na stjenovitom terenu, što je povoljno sa stajališta mogućeg potresnog hazarda i rizika.

## 8. Zaključci

Treba istaknuti da razvoj pojedinog područja treba biti planiran i održiv. To se postiže na različite načine, a jedno od njih je i adekvatno urbanističko planiranje temeljeno na adekvatnim podacima i specijalističkim podlogama (u mjerilu 1:25.000 ili detaljnije). Za cjelokupno područje Grada Zagreba (administrativna površina od 641 km<sup>2</sup>) od geoloških podloga (u širem smislu) su razmatrani sljedeći podaci: geološke karte u mjerilu 1:100.000 i 1:300.000, hidrogeološke karte u mjerilu 1:300.000 i 1:500.000, te inženjerskogeološke karte u mjerilu 1:300.000 i 1:500.000. Iako su to relativno „grube“ podloge (1 mm na karti mjerila 1:100.000 je 100 m u prirodi) i one daju vrijedne informacije o predmetnom području odnosno mogu se iskoristiti za preliminarno zoniranje područja Grada Zagreba s obzirom na geološke aspekte: generalno se mogu izdvojiti četiri zone sličnih uvjeta (Gorje, Obronci, Izdignuća i nanosi, te Aluvij) sa šest geoloških sredina (Gorska jezgra Medvednice, Južni obronci Medvednice, Izdignuća i nanosi - sjever, Savski aluvij, Izdignuća i nanosi - jug, te Sjeverni obronci Vukomeričkih Gorica) i tri klase povoljnosti na potresne rizike (povoljno, manje povoljno, nepovoljno) s obzirom na geološke značajke naslaga (u širem smislu).

Ipak, kako je područje Grada Zagreba relativno veliko (641 km<sup>2</sup>) i složeno (heterogeno), za provedbu detaljnijih zonacija (u mjerilu 1:25.000 ili detaljnije) potrebni su i detaljni podaci. Takvi (detaljni) podaci su dostupni samo za dio područja Grada Zagreba (Podsljemenska zona, 175 km<sup>2</sup>, ~27 % površine), a oni su rezultat višegodišnjeg planiranja, istraživanja i analiza, te je potrebno provesti daljnja detaljna planiranja višegodišnja istraživanja i za preostali „neistraženi“ dio odnosno za ~3/4 prostora Grada Zagreba (466 km<sup>2</sup>, ~73 % površine). Razlozi za to su višestruki:

- Detaljniji podaci/detaljnije podloge su potrebne i za definiranje lokalnih specifičnosti odnosno lokacija pojačanih erozija, bujičnih tokova, odrona, klizišta, likvefakcija, poplava i drugih sličnih (geohazardnih) pojava koje mogu nastati i kao posljedica pojave potresa.
- Ujedno su i te „geohazardne“ lokacije one koje su posebno „ranjive“ odnosno potresi višestruko mogu potencirati „potencijal pojave“, te u kombinaciji (potres + druge geohazardne pojave) izazvati velike štete na objektima i infrastrukturi, ali i dovesti i do ugroze sigurnosti, npr. potresi mogu: izazvati poplave uslijed oštećenja nasipa, reaktivirati stara klizišta/odrone ili aktivirati nova, uzrokovati likvefakcije terena, te pojavu urušnih vrtača, itd.
- Detaljniji podaci/detaljnije podloge bi omogućile i definiranje „podzona“ u izdvojenim zonama odnosno detaljniju definiciju geoloških sredina i njihovu daljnju podjelu koja bi mogla biti onda i (direktno) primjenjiva i u urbanističkom planiranju (u mjerilu 1:25.000 ili detaljnije).
- Važno je napomenuti da se iz postojećih detaljnih i kvalitetnih podataka mogu izraditi različite namjenske tematske karte, ali samo za dio područja Grada Zagreba (odnosno za područje obuhvaćeno tim podacima).
- Jednom prikupljeni detaljni i kvalitetni podaci ostaju trajna vrijednost, te se mogu iskoristiti u različitim novim analizama i/ili interpretacijama, a ako je potrebno mogu se i ažurirati.
- Ipak treba napomenuti da je svaku (tematsku) podlogu poželjno periodički ažurirati jer je prostor (administrativni obuhvat Grada Zagreba) dinamičan, a dolazi i do napretka u saznanjima i tehnikama koje se mogu primijeniti u istraživanjima i analizama.
- Preporuka je da se daljnja istraživanja nastave planski, po fazama odnosno da se prema izdvojenim zonama i geološkim sredinama definiraju prioritarna područja.

- Samo na kvalitetnim podacima se mogu provesti i kvalitetne analize i dobiti relevantni zaključci.

### Zahvala

Područje Grada Zagreba je relativno veliko i složeno, te je istraživano od brojnih stručnjaka kroz više desetljeća – s toga ide zahvala svima koji su na bilo koji način doprinijeli prikupljanju, analizi i izradi ovdje prikazanih i obrađenih podataka/podloga.

### Završna napomena:

PODACI I KARTE PRIKAZANI U SKLOPU OVOG IZVJEŠTAJA PRUŽAJU OSNOVNE (GEOLOŠKE) INFORMACIJE O PODRUČJU ISTRAŽIVANJA (GRAD ZAGREB) ZA MJERILO 1:100.000.

**PRIKAZANI PODACI NE MOGU SE KORISTITI KAO ZAMJENA ZA PODATKE KOJI NISU IZMJERENI (NPR. PRETPOSTAVLJENE VRIJEDNOSTI ZA  $v_{s30}$ ) ILI ZA GEOTEHNIČKE ISTRAŽNE RADOVE PRI PROJEKTIRANJU, KOJI SU DEFINIRANI U SKLADU S VAŽEĆIM PROPISIMA TE IH JE POTREBNO PREMA TIM PROPISIMA I PROVESTI!**

## Literatura

Basch, O. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000 – List Ivanić Grad L33-81. Geološki zavod, Zagreb, 1980.

Basch, O. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000 – Tumač za List Ivanić Grad L33-81. Geološki zavod, Zagreb, 1980, 1-61.

Bell, F.G. Geological hazards: Their assessments, avoidance and mitigation. E&FN Spon Press, London, 1999, 1-656.

Biondić, B., Brkić, Ž., Biondić, R. Republika Hrvatska – Hidrogeološka karta u Mjerilu 1:300.000. Hrvatski geološki institut, Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju, Zagreb, 2003.

Braun, K. Republika Hrvatska – Inženjerskogeološka karta u Mjerilu 1:300.000. Hrvatski geološki institut, Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju, Zagreb, 2002.

Corominas, J., van Westen, C., Frattini, P. et al. Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk. Bull. Eng. Geol. Environ. 2014, 73, 209–263. <https://doi.org/10.1007/s10064-013-0538-8>

Čubrilović, P. Tumač Inženjerskogeološke karte Jugoslavije 1:500.000. Geološki zavod, Beograd, 1969, 1-137.

Čubrilović, P., Palavestrić, L.J., Nikolić, T. Inženjerskogeološka karta Jugoslavije 1:500.000. Geološki zavod, Beograd, 1967

Fell, R., Corominas, J., Bonnard, C., Cascini, L., Leroi, E., Savage, W.Z. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. Engineering Geology 2008, 102, 85-98. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2008.03.022>

Herak M., Allegretti I., Dasović I., Fiket T., Herak D., Ivančić I., Kuk K., Kuk V., Marić K., Markušić S., Prevolnik S., Sović I., Stipčević J. Mjerenje i osnovna interpretacija mikro seizmičkog nemira na području Grada Zagreba. Elaborat o izvršenim mjeranjima, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovni-matematički fakultet, Geofizički odsjek, Zagreb, 2010.

Herak M., Miklin Ž., Allegretti I., Dasović I., Fiket T., Herak D., Ivančić I., Kuk K., Kuk V., Marić K., Markušić S., Prevolnik S., Podolszki L., Sović I., Stipčević J. Seizmičko i geološko mikrozoniranje prema standardima Eurokoda 8 za zapadni dio podsljemenske urbanizirane zone. Knjiga 1: Seizmološka istraživanja i rezultati studije, Prirodoslovni-matematički fakultet, Geofizički odsjek, Zagreb, 2013.

Hrvatski geološki institut. Geološka karta Republike Hrvatske M 1:300.000. Hrvatski geološki institut, Zavod za geologiju, Zagreb, 2009.

Hrvatski zavod za norme, 2011a. HRN EN 1998-1:2011 hr, Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija —1. dio: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade (EN 1998-1:2004+AC:2009). HZN - Oglasnik za normativne dokumente 6/2011.

Hrvatski zavod za norme, 2011b. Nacionalni dodatak za niz normi HRN EN 1998-1:2011/NA:2011, Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija - 1.dio: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade.

Ivković, A., Komatina, M. Hidrogeološka karta SFR Jugoslavije u mjerilu 1:500.000. Savezni geološki zavod, Beograd, 1980.

Ivković, A., Šarin, A., Komatina, M. Tumač za hidrogeološku kartu SFR Jugoslavije u mjerilu 1:500.000. Savezni geološki zavod, Beograd, 1983, 1-120.

Jurak, V., Ortolan, Ž., Ivšić, T., Herak, M., Šumanovac, F., Vukelić, I., Jukić, M., Šurina, Z. Geotehničko i seizmičko mikrozoniranje grada Zagreba – pokušaji i ostvarenje. Zbornik radova s konferencije razvitak Zagreba, Zagreb, 2008, 99-108

Miklin, Ž., Mlinar, Ž., Brkić, Ž., Hećimović, I. Detaljna inženjerskogeološka karta Podsljemenske urbanizirane zone mjerila 1:5.000 (DIGK-Faza I). Hrvatski geološki institut, Zagreb, 2007, Knjige 1-4, 44 karte, HGI arhiva

Miklin, Ž., Podolszki, L., Novosel, T., Sokolić, Ž., Sokolić, I., Ofak, J., Padovan, B., Zailac, K. Detaljna inženjerskogeološka karta Podsljemenske urbanizirane zone mjerila 1:5000 (DIGK-Faza II), Hrvatski geološki institut, Zagreb, 2018, Knjige 1-6, 41 karta, HGI arhiva

Miklin, Ž., Podolszki, L., Novosel, T., Sokolić, I., Ofak, J., Padovan, B., Sović, I. Studija Seizmička i geološka mikrozonacija dijela Grada Zagreba, Hrvatski geološki institut, Zagreb, 2019, Knjige 1-4, 1 karta, HGI arhiva

Padovan, B., Podolszki, L., Sokolić, I., Sović, I., Novosel, T., Pivčević, N., Kosović, I. Seismic and geological zonation of the part of the City of Zagreb area. In: Proceedings of 1st Croatian Conference on Earthquake Engineering, Edited by Lakušić, S. and Atalić, J., 1CroCEE Zagreb, Croatia - March 22nd to 24nd, 2021, 35-46. <https://doi.org/10.5592/CO/1CroCEE.2021.26>

Pivčević, N. Uloga vode pri pokretanju klizišta u „Podsljemenskoj zoni“ Grada Zagreba, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Centar za poslijediplomske studije, Sveučilišni interdisciplinarni poslijediplomski studij ekoinženjerstvo, Zagreb, 2020, 1-27, 10 priloga

Šikić, K., Basch, O., Šimunić, A. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000 – List Zagreb L33-80. Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 1972.

Šikić, K., Basch, O., Šimunić, A. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000 – Tumač za List Zagreb L33-80. Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 1972, 1-75.

Velić, I., Vlahović, I. Tumač geološke karte 1:300.000. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 2009, 147 str.

Dostupno online:

Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geofizički Odsjek: Seizmološki pojmovnik. [https://www.pmf.unizg.hr/geof/popularizacija\\_geofizike/seizmoloski\\_pojmovnik](https://www.pmf.unizg.hr/geof/popularizacija_geofizike/seizmoloski_pojmovnik). (Pristupljeno: 17. travnja 2023.)

## Prilog

### Karta:

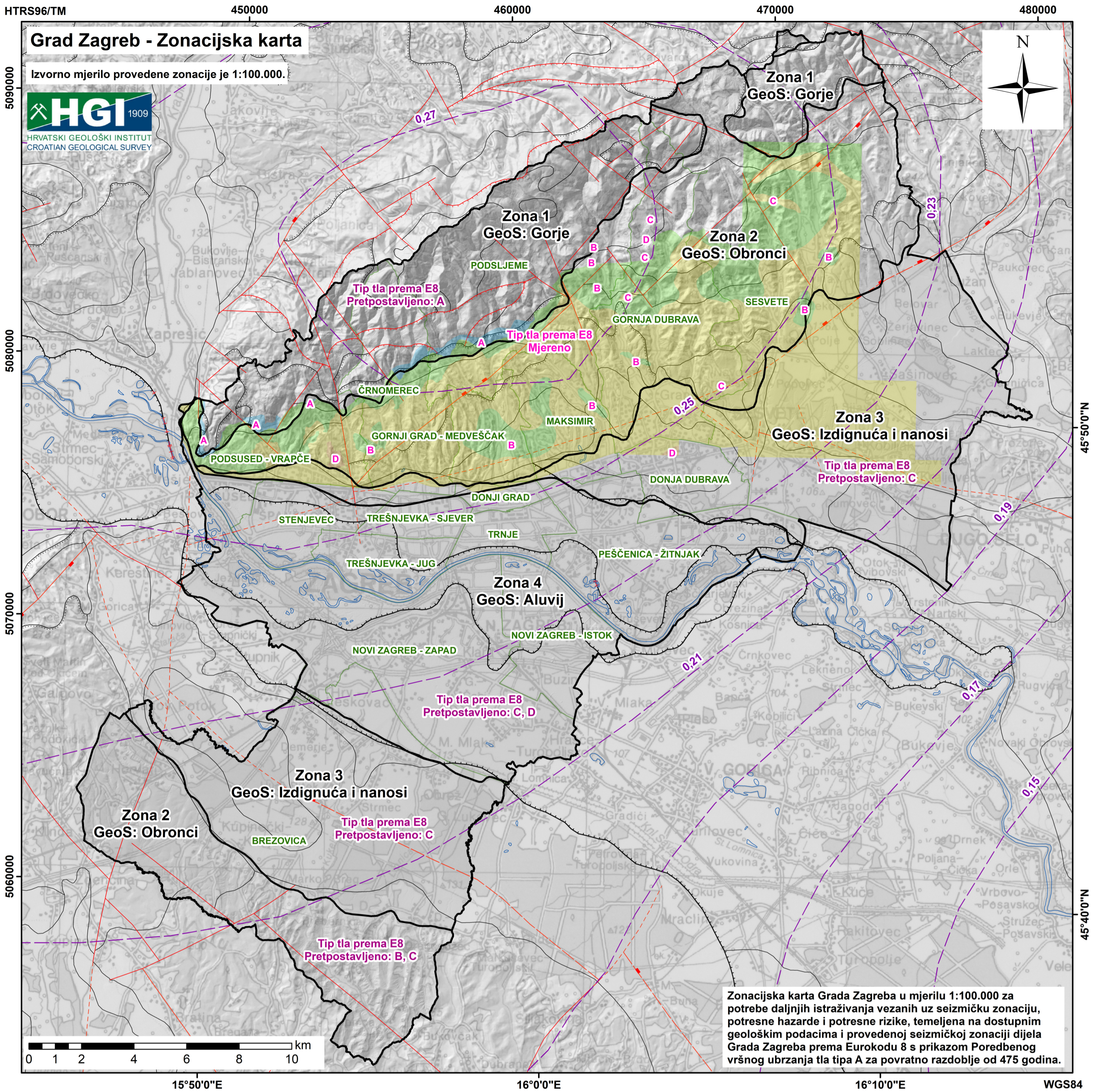
Zonacijska karta Grada Zagreba u mjerilu 1:100.000 za potrebe daljnjih istraživanja vezanih uz seizmičku zonaciju, potresne hazarde i potresne rizike temeljena na dostupnim geološkim podacima i provedenoj seizmičkoj zonaciji dijela Grada Zagreba prema Eurokodu 8 s prikazom Poredbenog vršnog ubrzanja tla tipa A za povratno razdoblje 475 godina

i

### GIS:

Prateći GIS projekt – digitalni i georeferencirani relevantni podaci (HTRS96/TM)





### Tumač oznaka:

Zona	Geološka sredina	Površina (km <sup>2</sup> )	Udio (%)	Povoljnost na potresne rizike	Očekivani Tip tla (Eurokod 8)	Karakteristične pojave*
Gorje	Gorska jezgra Medvednice	~90	~14	Povoljno	A	Pojačana erozija, odroni i bujični tokovi.
Obronci	Južni obronci Medvednice	~161	~25	Manje povoljno	B, C (D, S <sub>1</sub> )	Pojačana erozija, klizanje i bujični tokovi.
	Sjeverni obronci Vukomeričkih Gorica	~55	~9			
Izdignuća i nanosi	Izdignuća i nanosi (sjever)	~113	~18	C (D, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> )	Pojačana erozija i likvefakcije.	
	Izdignuća i nanosi (jug)	~67	~10			
Aluvij	Savski aluvij	~155	~24	Nepovoljno	C, D (S <sub>2</sub> )	Likvefakcije i poplave.
Broj zona = 4	Broj GeoS = 6	Σ = 641 km <sup>2</sup>	Σ = 100%	Broj klasa = 3	Tip tla E se ne očekuje na području.	*Moguće su i druge pojave na području.

### Geološke granice i strukturne oznake

- Kontinuirani prijelaz (normalna granica)
- - - - - Erozijska i/ili tektonsko-erozijska granica
- Rasjed bez oznake karaktera: utvrđen
- - - - - Rasjed bez oznake karaktera: pokriven
- Relativno spuštenu blok: utvrđen
- - - - - Relativno spuštenu blok: pokriven
- Reversni rasjed: utvrđen
- - - - - Reversni rasjed: pokriven
- - - - - Navlačni kontakt: pokriven
- Relativno spuštenu navlačni kontakt normalnim rasjedom: utvrđen
- - - - - Relativno spuštenu navlačni kontakt normalnim rasjedom: pokriven
- Tektonsko okno
- Navlačak: utvrđen
- - - - - Navlačak: pokriven
- Tektonski prodor-dijapirski kontakt: utvrđen
- - - - - Tektonski prodor-dijapirski kontakt: pokriven
- Strmac riječne terase
- Obalna linija

### Tip tla prema Eurokodu 8:

- A -  $v_{s30} > 800$  m/s
- B -  $v_{s30} = 360 - 800$  m/s
- C -  $v_{s30} = 180 - 360$  m/s
- D -  $v_{s30} > 180$  m/s
- vršno ubrzanje A475 (g)
- gradske četvrti