

Inženjerskogeološko istraživanje u svrhu projektiranja temelja stambenih zgrada na lokaciji Srebrnjak (Grad Zagreb)

Kapelj, Marko

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:169:846682>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-15**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Diplomski studij geološkog inženjerstva

Inženjerskogeološko istraživanje u svrhu projektiranja temelja stambenih zgrada na lokaciji
Srebrnjak (Grad Zagreb)

Diplomski rad

Marko Kapelj

G1965

Zagreb, 2021.



KLASA: 602-04/21-01/234
URBROJ: 251-70-14-21-2
U Zagrebu, 20.9.2021.

Marko Kapelj, student

RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-04/21-01/234, URBROJ: 251-70-14-21-1 od 6.9.2021. priopćujemo vam temu diplomskog rada koja glasi:

INŽENJERSKOGEOLOŠKO ISTRAŽIVANJE U SVRHU PROJEKTIRANJA TEMELJA STAMBENIH ZGRADA NA LOKACIJI SREBRNJAK (GRAD ZAGREB)

Za voditelja ovog diplomskog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i obrani diplomskog rada Doc. dr. sc. Martin Krkač nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i suvoditeljicu Dr. sc. Sanja Bernat Gazibara.

Voditelj:

(potpis)

Doc. dr. sc. Martin Krkač

(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za
završne i diplomske ispite:

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Stanko
Ružičić

(titula, ime i prezime)

Suvoditeljica

(potpis)

Dr. sc. Sanja Bernat Gazibara

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i
studente:

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Dalibor
Kuhinek

(titula, ime i prezime)

Inženjerskogeološko istraživanje u svrhu projektiranja temelja stambenih zgrada na lokaciji Srebrnjak (Grad Zagreb)

Marko Kapelj

Završni rad je izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

U okviru ovog diplomskog rada provedeno je inženjerskogeološko istraživanje na lokaciji Srebrnjak. Svrha istraživanja je interpretacija inženjerskogeološkog modela padine koji služi kao podloga za projektiranje temelja devet stambenih zgrada. U okviru istraživanja provedeno je geodetsko snimanje, inženjerskogeološko kartiranje, geotehničko istražno bušenje s determinacijom jezgre i *in situ* pokusima (SPP), laboratorijsko ispitivanje fizičkih i mehaničkih svojstava temeljnog tla na poremećenim i neporemećenim uzorcima te mjerenje razina podzemne vode u bušotini. Determinacijom i interpretacijom jezgre te korelacijom bušotina utvrđeno da istraživanu parcelu izgrađuje 5 inženjerskogeoloških tipova naslaga relativno sličnih fizičko-mehaničkih svojstava. Površinske naslage čine dva inženjerskogeološka tipa, umjetne naslage (nasip) te deluvijalne/eluvijalne gline, dok vertikalno i lateralno heterogenu podlogu izgrađuju tri inženjerskogeološka tipa pliokvartarne starosti koje možemo podijeliti na gline visoke i gline niske plastičnosti te na heterogenu mješavinu krupnozrnastog i sitnozrnastog tla. Inženjerskogeološki model istraživane lokacije prikazan je u obliku inženjerskogeološka karta mjerila 1:500 te 5 inženjerskogeoloških profila mjerila 1:500.

Ključne riječi: inženjerskogeološko kartiranje, determinacija jezgre, inženjerskogeološke jedinice, geotehničko istražno bušenje, inženjerskogeološki model

Završni rad sadrži: 34 stranica, 10 tablica, 14 slika, 12 priloga i 8 referenci

Jezik izvornika: hrvatski

Završni rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta
Pierottijeva 6, Zagreb

Voditelj: Doc. dr. sc. Martin Krkač, RGN fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Suvoditeljica: Dr. sc. Sanja Bernat Gazibara, RGN fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Ocjenjivači: Doc. dr. sc. Martin Krkač, RGN fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Prof. dr. sc. Snježana Mihalić Arbanas, RGN fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Prof. dr. sc. Željko Arbanas, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci

Datum obrane: 28. rujna 2021., Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Inženjerskogeološko istraživanje u svrhu projektiranja temelja stambenih zgrada na lokaciji Srebrnjak (Grad Zagreb)

MARKO KAPELJ

Thesis completed in: University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum engineering
Department of Geology and Geological engineering
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Abstract

Within this master's thesis engineering geological investigation has been carried out in the location in the Srebrnjak street. Aim of the investigation is the interpretation of the engineering geological model of the slope which serves as a basis for foundation design of nine planned residential buildings. Investigation included geodesy survey, engineering geological mapping, borehole drilling with core sampling, borehole logging and *in-situ* tests (*SPT*), laboratory tests of physical and mechanical properties on disturbed and undisturbed samples of foundation soil and groundwater level measurements. Determination, interpretation and correlation of borehole data gave an insight on the geological structure of the investigated location. Deposits were divided into five engineering geological units (engineering geological types) of relatively similar physical and mechanical properties. Superficial deposits are made of two engineering geological types, artificial deposits and diluvial/eluvial clays, while the vertically and laterally heterogeneous Plio-quatarnary bedrock is made of three engineering geological types which are divided into high plasticity clay deposits, low plasticity clay deposits and heterogeneous mixture of coarse-grained and fine-grained soil. Engineering geological model of the investigated location is presented in a form of engineering geological map and five engineering geological profiles at the scale of 1:500.

Keywords: Engineering geological mapping, borehole logging, engineering geological units, borehole drilling, engineering geological model

Thesis contains: 34 pages, 10 tables, 14 figures, 12 enclosures and 8 references.

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering
Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: PhD Martin Krkač, Assistant Professor, RGN Faculty, University of Zagreb

Co-supervisor: PhD Sanja Bernat Gazibara, RGN Faculty, University of Zagreb

Reviewers: PhD Martin Krkač, Assistant Professor, RGN Faculty, University of Zagreb
PhD Snježana Mihalić Arbanas, Full Professor, RGN Faculty, University of Zagreb
PhD Željko Arbanas, Full Professor, Faculty of Civil Engineering, University of Rijeka

Date of defence: 28th of September 2021., Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb

SADRŽAJ

1.	UVOD	1
2.	PRIRODNE ZNAČAJKE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA	2
2.1	Geografske značajke istraživnog područja	2
2.2	Geomorfološki uvjeti i aktivni geomorfološki procesi.....	4
2.3	Geološke značajke šire lokacije.....	6
2.4	Hidrološki i hidrogeološki uvjeti.....	8
3.	METODE I REZULTATI INŽENJERSKOGEOLOŠKOG ISTRAŽIVANJA	10
3.1.	Detaljno inženjerskogeološko kartiranje	11
3.2	Geotehnički istražni radovi.....	11
3.3	Determinacija jezgre.....	16
3.4	Laboratorijska ispitivanja	21
4.	INŽENJERSKOGEOLOŠKE JEDINICE	25
5.	DISKUSIJA	31
6.	ZAKLJUČAK	33
7.	LITERATURA	34

POPIS SLIKA

Slika 2.1.1. Slika zagrebačke podsljemenske zone (https://croatia.hr/en-GB/experiences/nature/nature-park-medvednica)	3
Slika 2.1.2. Granice istraživanog terena na isječku topografske podloge TK25 u originalnom mjerilu 1:25000.	3
Slika 2.2.1. Granice istraživanog terena na isječku HOK–e u mjerilu 1:5000.....	4
Slika 2.2.2. Granice istraživanog terena i granice klizišta na isječku Digitalnog ortofoto snimka (DOF) u mjerilu 1:5000.	5
Slika 2.3.1. Isječak Osnovne geološke karte SFRJ (originalno mjerilo 1:100000): listovi Zagreb (ŠIKIĆ et al., 1977) i Ivanić Grad (BASCH, O., 1981) uvećani na mjerilo 1:50000.	6
Slika 2.4.1. Primjer izmjene slabopropusnih sitnozrnastih i relativno propusnih glinovitih i prahovitih krupnozrnastih naslaga (bušotina B-3; 10–15 m).	8
Slika 2.4.2. Pojava vlaženja terena i površinske vode između bušotina B–2 i B–3.	9
Slika 3.2.1. Bušaće garniture tvrtke MKS Inženjering d.o.o. pri izvođenju bušotina a) Casagrande C6, na bušotini B-3, i b) Geotech 604, na bušotini B-4.....	12
Slika 3.2.2. a) Sanduk s prvih 5 metara jezgre bušotine B-3 i čeličnim cilindrom koji sadrži neporemećeni uzorak. b) Vađenje jezgre iz jezgrene cijevi vodom pod tlakom.	14
Slika 3.3.1. a) Istražno bušenje i determinacija jezgre na bušotini B-1, b) Terenski obrazac za determinaciju i opisivanje jezgre.	19
Slika 3.3.2. Sanduk s jezgrom, 2 neporemećena uzorka (NU) i poremećenim uzorcima (PU) iz jezgre i SPP-a (nož).	20
Slika 3.4.1. Prikaz preliminarnih rezultata laboratorijskih ispitivanja 1/3 (GAZDEK et al., 2021).....	22
Slika 3.4.2. Prikaz preliminarnih rezultata laboratorijskih ispitivanja 2/3 (GAZDEK ET AL., 2021).	22
Slika 3.4.3. Prikaz preliminarnih rezultata laboratorijskih ispitivanja 3/3(GAZDEK ET AL., 2021).....	24

POPIS TABLICA

Tablica 2.3.1. Inženjerskogeološke jedinice prikazane s obzirom na genezu.	7
Tablica 2.4.1. Mjerene dubine do podzemne vode u bušotinama na lokaciji Srebrnjak s označenim datumima mjerenja.	10
Tablica 3.2.1. Opći podaci o izvedenim istražnim bušotinama i obavljenim pokusima.	13
Tablica 3.2.2. Broj udaraca SPT-a (N) u odnosu na zbijenost kod pijesaka i konzistenciju kod glinovitih naslaga USBR (2001, vol. II).....	15
Tablica 3.3.1. Terminologija za opis inženjerskog tla prema preporukama USBR (2001).	17
Tablica 3.3.2. Terminologija za opis in situ uvjeta prema preporukama USBR (2001).	18
Tablica 3.4.1. Norme korištene za laboratorijska ispitivanja (GAZDEK ET AL, 2021)....	21
Tablica 4.1. Inženjerskogeološke jedinice prema IAEG(1981)(VALLEJO et al., 2011). .	25
Tablica 4.2. Inženjerskogeološke jedinice: inženjerskogeološki tipovi pokrivača i podloge na lokaciji Srebrnjak i fizičko-mehanička svojstva definirana na temelju provedenih terenskih istraživanja i laboratorijskih ispitivanja.	26
Tablica 4.3 Procijenjene vrijednosti geotehničkih parametara za geostatičke analize i projektiranje temelja na lokaciji Srebrnjak.....	30

POPIS PRILOGA

Prilog 1 Inženjerskogeloška karta u mjerilu 1:500

Prilog 2.1 Inženjerskogeloški presjek bušotine B-1

Prilog 2.2 Inženjerskogeloški presjek bušotine B-2

Prilog 2.3 Inženjerskogeloški presjek bušotine B-3

Prilog 2.4 Inženjerskogeloški presjek bušotine B-4

Prilog 2.5 Inženjerskogeloški presjek bušotine B-5

Prilog 2.6 Inženjerskogeloški presjek bušotine B-6

Prilog 3.1 Inženjerskogeološki profil 1-1 u mjerilu 1:500

Prilog 3.2 Inženjerskogeološki profil 2-2 u mjerilu 1:500

Prilog 3.3 Inženjerskogeološki profil 3-3 u mjerilu 1:500

Prilog 3.4 Inženjerskogeološki profil 4-4 u mjerilu 1:500

Prilog 3.5 Inženjerskogeološki profil 5-5 u mjerilu 1:500

1. UVOD

Velike dijelove južnih obronaka Medvednice, odnosno zagrebačke podsljemenske zone, zauzimaju urbanizirane zone grada Zagreba, a potreba za novim lokacijama za izgradnju objekata različitih namjena je sve veća bez obzira na već prisutnu veliku izgrađenost. Intenzivnija urbanizacija i izgradnja infrastrukture sve više narušava prirodne uvjete te dovodi do potencijalno štetnih pojava kao što su klizišta, usjedanja, erozije i dr. Povrh toga radi se o seizmički aktivnom području što znači da je kvalitetno temeljenje od iznimnog značaja za stabilnost građevina i konstrukcija na širem području podsljemenske zone. Zato je poznavanje inženjerskogeoloških značajki spomenutog prostora bitno prilikom svake nove gradnje.

Inženjerskogeološka istraživanja osnova su za ocjenu izvedivosti, projektiranje i građenje različitih objekata. U tu svrhu izvode se opsežna terenska izravna i neizravna ispitivanja te laboratorijska geomehanička ispitivanja. Interpretacijom dobivenih rezultata dobiva se inženjerskogeološki/geotehnički model podzemlja nužan za projektiranje temelja i drugih geotehničkih konstrukcija te analize stabilnosti padina.

U okviru ovog diplomskog rada prikazani su rezultati inženjerskogeoloških i geotehničkih istraživanja na primjeru kosine koja se nalazi u ulici Srebrnjak u Zagrebu. Na istraživanoj lokaciji je predviđena izgradnja niza od 9 stambenih zgrada. Provedena istraživanja uključuju: 1) snimanje detaljne geodetske podloge; 2) detaljno inženjerskogeološko kartiranje; 3) geotehničko istražno bušenje 6 bušotina (dubina od 6,3 do 30,7 m) s kontinuiranim jezgrovanjem i 4) laboratorijska ispitivanja. Na temelju rezultata istraživanja detaljno su opisane prirodne geološke, geomorfološke, geološke, hidrološke i hidrogeološke značajke istraživanog prostora, način provedbe inženjerskogeoloških istraživanja i geotehničkih ispitivanja te su u konačnici prodiskutirani dobiveni rezultati. Inženjerskogeološki model, kao sinteza i konačan rezultat svih istraživanja provedenih u razdoblju od travnja do srpnja 2021. godine prikazan je u obliku inženjerskogeološke karte mjerila 1:500 (*prilog 1*) i pet inženjerskogeoloških profila (*prilog 3*).

2. PRIRODNE ZNAČAJKE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Prirodne značajke relevantne za utvrđivanje inženjerskogeoloških uvjeta na terenu su geomorfološki uvjeti i aktivni geomorfološki procesi, geološki uvjeti, značajke stijena i tala te hidrološki i hidrogeološki uvjeti. Uz navedene, važne za projektiranje su i seizmičke značajke šire lokacije koje neće biti razmatrane u ovom diplomskom radu. Prirodne značajke šire lokacije određene su na temelju:

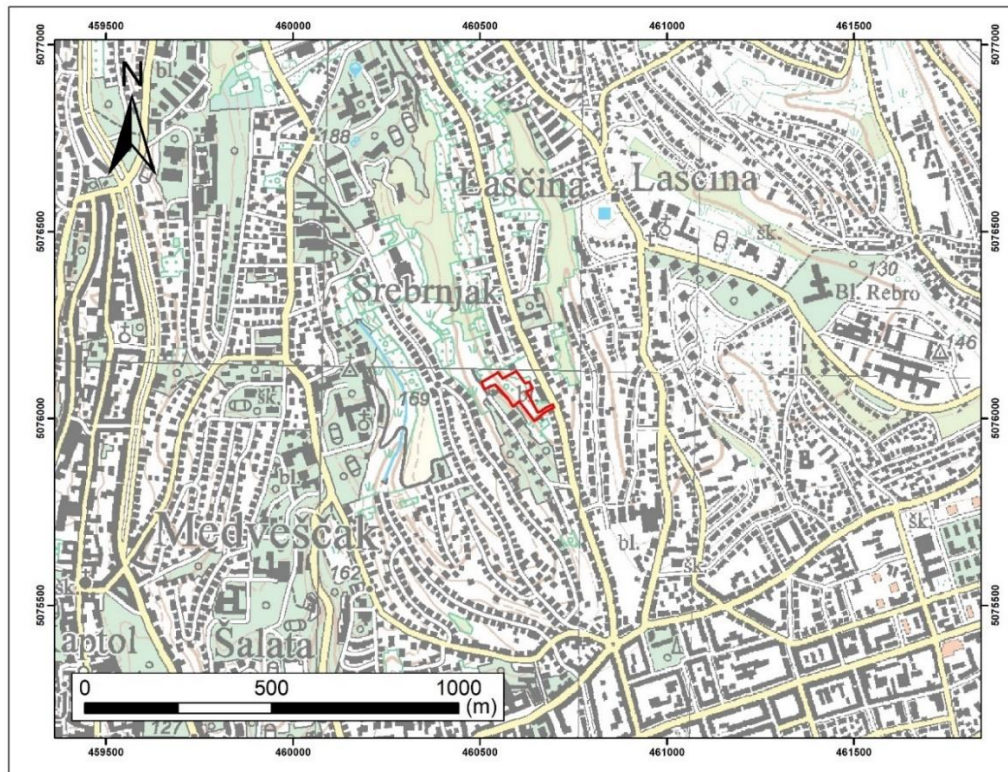
1. inženjerskogeološkog kartiranja
2. istražnog bušenja, „*in situ*“ i laboratorijskih ispitivanja
3. analize posebne geodetske podloge, Hrvatske osnovne karte 1:5000 (HOK) i Digitalnog ortofoto snimka (DOF)
4. uvidom u Osnovnu geološku kartu SFRJ (OGK), listove Zagreb (ŠIKIĆ et al., 1977) i Ivanić Grad (BASCH, O., 1981)

2.1 Geografske značajke istraživanog područja

Istraživani teren površine 7978,5 m² na kojem je planirana izgradnja niza stambenih objekata nalazi se u općini Gornji grad–Medveščak Grada Zagreba u ulici Srebrnjak koja predstavlja općinsku granicu između općine Gornji grad–Medveščak i općine Maksimir, a nalazi se u podsljemenskoj zoni Grada Zagreba koju obilježava izrazito brežuljkasti reljef (*slika 2.1.1.*). Geografski položaj istraživanog terena prikazan je na topografskoj podlozi TK25 mjerila 1:25000 (*slika 2.1.2.*), na podlozi Hrvatske osnovne karte (HOK) u mjerilu 1:5000 (*slika 2.2.1.*) te na podlozi Digitalnog ortofoto snimka (DOF) u mjerilu 1: 5000 (*slika 2.2.2.*).



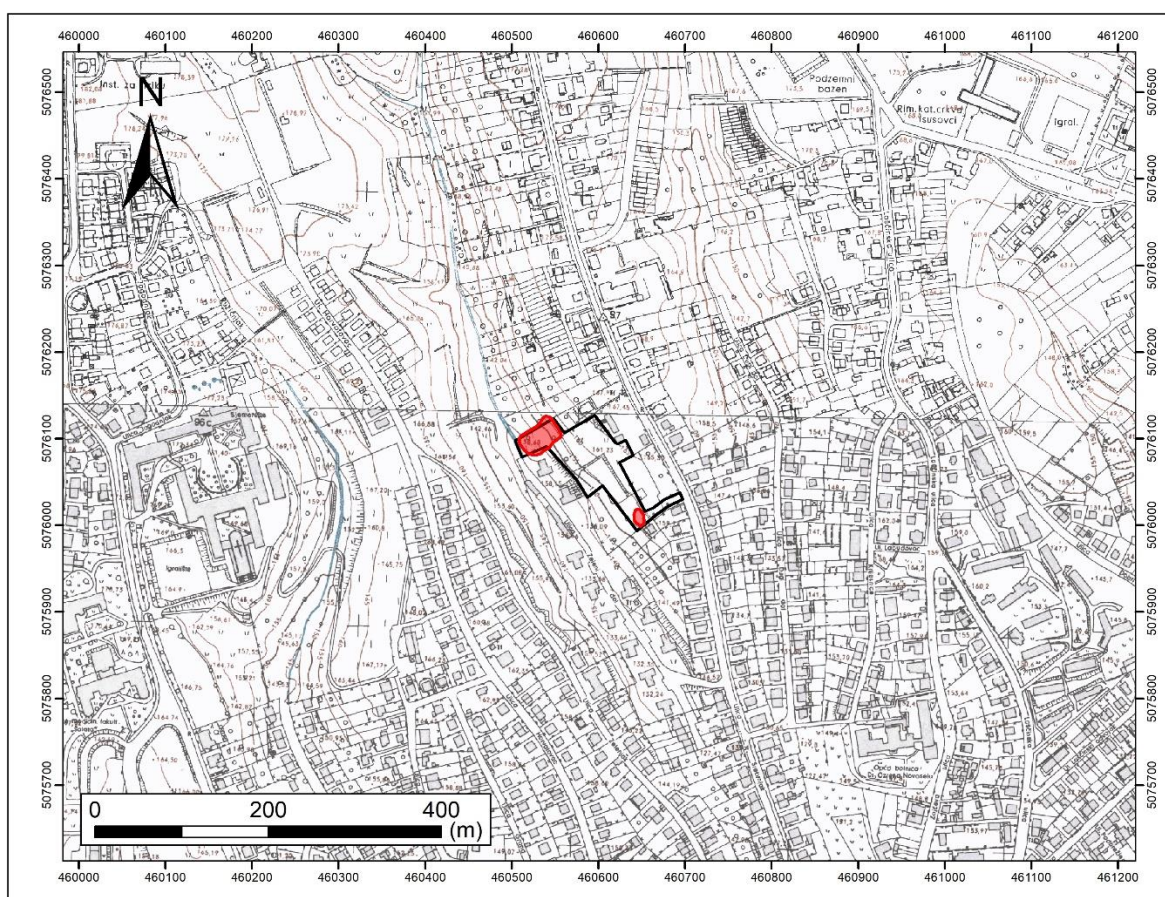
Slika 2.1.1. Slika zagrebačke podsljemenske zone (<https://croatia.hr/en-GB/experiences/nature/nature-park-medvednica>).



Slika 2.1.2. Granice istraživanog terena na isječku topografske podloge TK25 u originalnom mjerilu 1:25000.

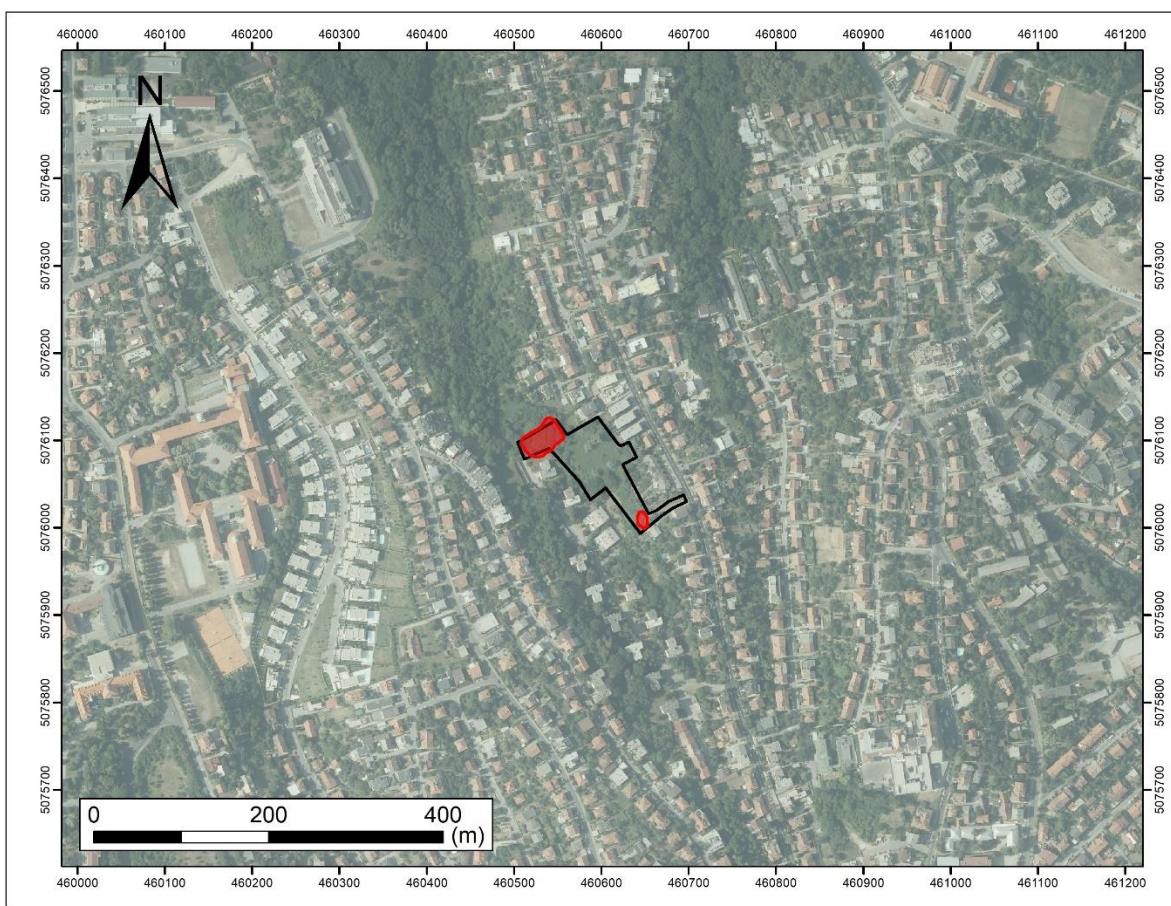
2.2 Geomorfološki uvjeti i aktivni geomorfološki procesi

Istraživano područje nalazi se na padini s prosječnim smjerom nagiba prema jugozapadu što se može vidjeti iz Hrvatske osnovne karte (HOK) 1:5000 (slika 2.2.1). Topografija, odnosno reljef terena najbolje se može iščitati iz posebne geodetske podloge koja je podloga inženjerskogeološkoj karti mjerila 1:500 (*prilog 1*). Najviša točka terena nalazi se na otprilike 165 m n.m. na sjevernom djelu parcele, a najniža na 135 m n.m. na jugozapadnom djelu parcele. Prosječan nagib padine na SI dijelu parcele iznosi oko 12–15° dok se nagib padine naglo povećava prema JZ djelu parcele od 18° do preko 30°.



Slika 2.2.1. Granice istraživanog terena na isječku HOK-e u mjerilu 1:5000.

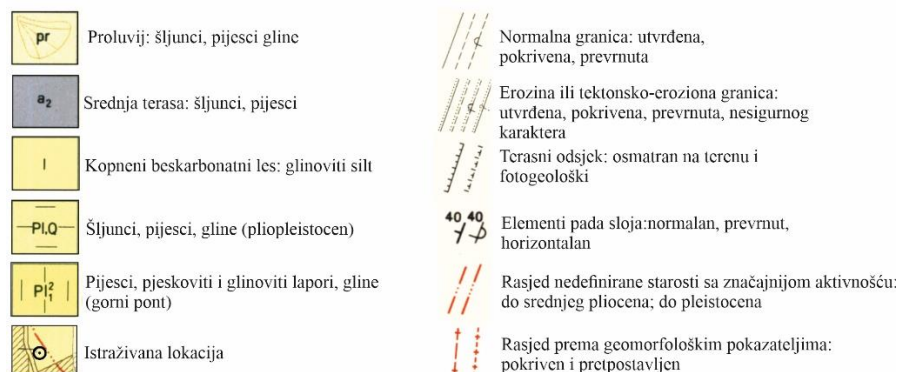
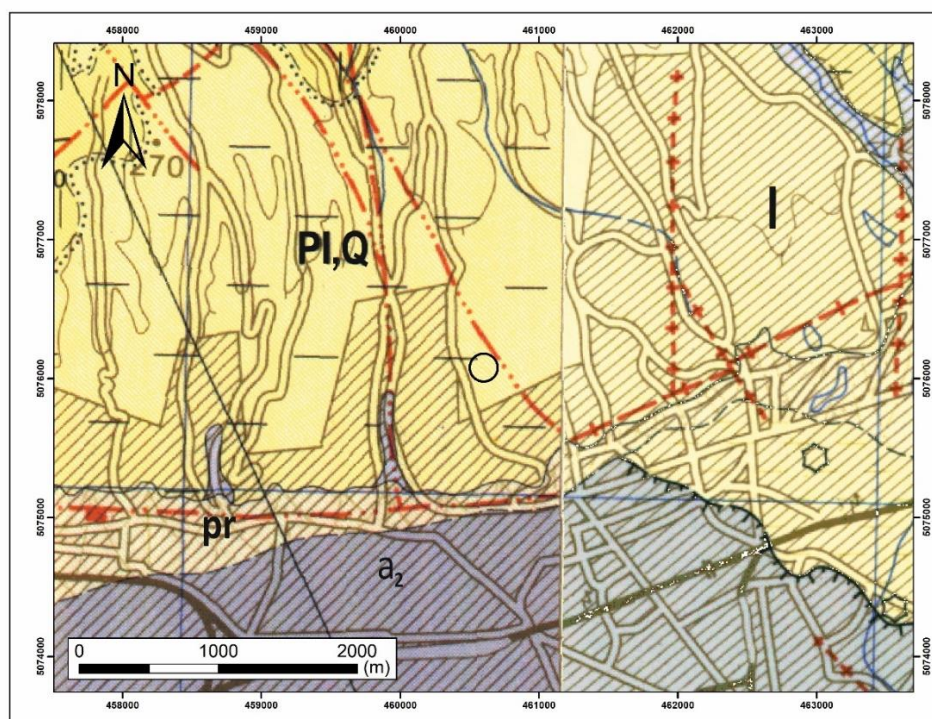
Pomoću digitalnog modela terena, dobivenog snimanjem posebne geodetske podloge, te inženjerskogeološkog rekognosciranja i kartiranja terena ocrtane su granice i pretpostavljena dva klizišta ukupne površine oko 1275 m². Veće klizište (43×23 m) se nalazi na sjeverozapadnoj, a manje (23×13 m) na jugoistočnoj strani istraživanog terena. Površina terena i granice klizišta prikazani su na isječku Hrvatske osnovne karte (HOK) u mjerilu 1:5000 (*slika 2.2.1.*) te na podlozi Digitalnog ortofoto snimka (DOF) u mjerilu 1: (*slika 2.2.2.*).



Slika 2.2.2. Granice istraživanog terena i granice klizišta na isječku Digitalnog ortofoto snimka (DOF) u mjerilu 1:5000.

2.3 Geološke značajke šire lokacije

Istraživačkim bušenjem i determinacijom jezgre te uvidom u Osnovnu geološku kartu SFRJ, listove Zagreb (ŠIKIĆ et al., 1977) i Ivanić Grad (BASCH, O., 1981) utvrđeno je da tlo na istraživanom području izgrađuju heterogene izmjene krupnozrnastog i sitnozrnastog materijala pliokvartarne starosti (PI,Q), uglavnom šljunaka, pijesaka i glina i njihovih mješavina. Položaj istraživane lokacije u odnosu na listove Zagreb (ŠIKIĆ et al., 1977) i Ivanić Grad (BASCH, O., 1981) prikazan je na slici 2.3.1..



Slika 2.3.1. Isječak Osnovne geološke karte SFRJ (originalno mjerilo 1:100000): listovi Zagreb (ŠIKIĆ et al., 1977) i Ivanić Grad (BASCH, O., 1981) uvećani na mjerilo 1:50000.

PLIOKVARTAR (Pl,Q)

Prema Tumaču OGK-e za list Zagreb (ŠIKIĆ et al., 1979) i OGK, list Zagreb (ŠIKIĆ et al., 1977) naslage pliokvartara su slatkovodni fluvijalno–jezerski sedimenti, molasnog tipa, koji leže diskordantno na različitim članovima tercijara, mezozoika i paleozoika. Na široj lokaciji naslage pliokvartara predstavljaju diskordantnu krovinu gornjopontskih sedimenata (Pl_1^2), a građene su od heterogenih izmjena šljunaka, pijesaka i glina s rijetkim ulošcima pješčenjaka i konglomerata. Šljunci su uglavnom slabo sortirani, sastoje se od valutica različitih ishodišnih stijena najčešćeg promjera do 5 cm, a rjeđe i do 20 cm. Pijeske nalazimo kao čiste pijeske, krupne pijeske, prahovite pijeske te glinovite pijeske. Sitnozrnasti sedimenti prisutni su kao prahovi, glinoviti prahovi i prahovite ili pjeskovite gline dok čiste gline dolaze u obliku tanjih proslajaka i leća. Debljina pliokvartarnih naslaga na listu Zagreb ne prelaze 150 m (ŠIKIĆ et al., 1977).

Naslage pliokvartara (Pl,Q) na istraživanoj lokaciji predstavljaju *podlogu*, a u inženjerskom smislu predstavljaju *inženjersko tlo* koje se sastoji od sitnozrnastog i krupnozrnastog materijala te njihovih mješavina. *Površinske naslage (pokrivač)* na istraživanom području također predstavljaju *inženjersko tlo*, a čine ga rezidualna (Q_{rt}) i deluvijalna (Q_d) tla građena od sitnozrnastih i krupnozrnastih materijala. U sjeveroistočnom dijelu istraživanog terena nalazimo i antropogene, umjetne naslage; nasip (Q_{ut}) koji se nalazi na površini terena. Inženjerskogeološke jedinice s obzirom na genezu, poredane prema starosti od najmlađih prema najstarijim, prikazane su u tablici 2.3.1. Detaljan opis inženjerskogeoloških jedinica prikazan je u poglavlju 4.

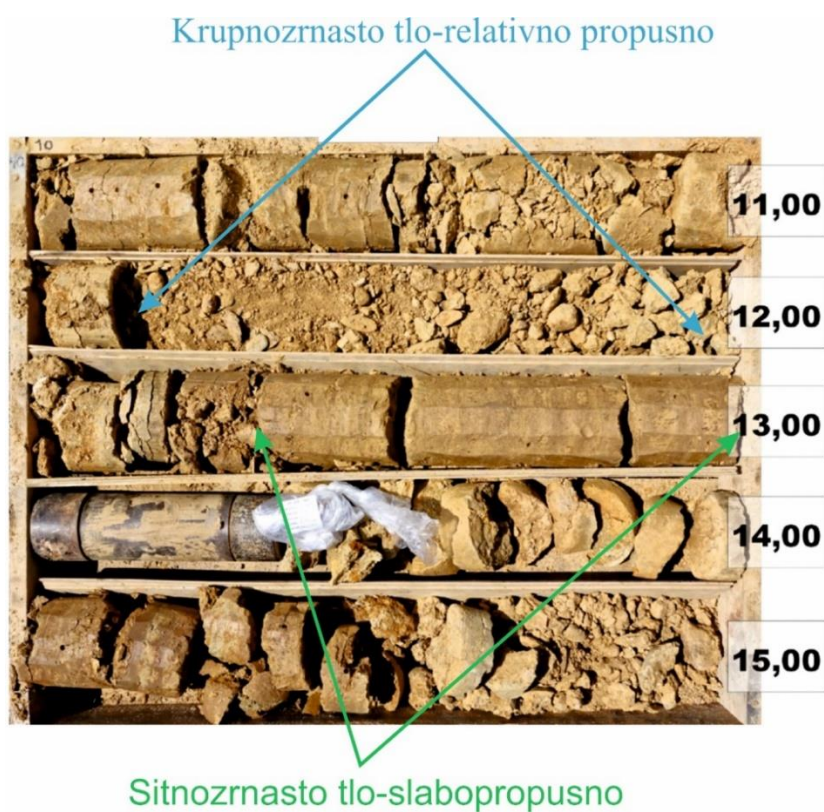
Tablica 2.3.1. Inženjerskogeološke jedinice prikazane s obzirom na genezu.

GENEZA (STRATIGRAFSKI SIMBOL)				VRSTA MATERIJALA
POKRIVAČ, POVRŠINSKE NASLAGE	UMJETNE NASLAGE	Q_{ut}	NASIP	Mješavina krupnozrnastog i sitnozrnastog tla te građevinskog materijala
	REZIDUALNO/DELUVIJALNO TLO	Q_{rt}	INŽENJERSKO TLO	Glina niske plastičnosti, glina visoke plastičnosti
PODLOGA	SLABO DO SREDNJE TROŠNI SEDIMENT: PLIOKVARTARNE NASLAGE	Pl,Q		Prahoviti šljunak s pijeskom, prahoviti pijesak sa šljunkom, glinoviti prah
				Glina niske plastičnosti, prah niske plastičnosti prah visoke plastičnosti
				Glina visoke plastičnosti

2.4 Hidrološki i hidrogeološki uvjeti

Hidrogeološki i hidrološki uvjeti posljedica su litološke građe, strukturnih odnosa, stupnja trošnosti stijena i tala, geomorfoloških i antropoloških uvjeta. U neposrednoj blizini istraživanog područja nisu zamijećeni stalni površinski vodotoci koji bi mogli imati utjecaja na građevinu.

Pliokvartarne naslage koje izgrađuju istraživanu lokaciju sastoje se od vertikalnih i lateralnih izmjena sitnozrnastih (prahova i glina) i krupnozrnastih (pijesaka i šljunaka) tala te njihovih mješavina kao što je spomenuto ranije u tekstu. Sitnozrnasti materijali karakterizirani su kao slabo propusni, dok su krupnozrnasti materijali relativno propusni (*slika 2.4.1.*) što ovisi udjelu sitnozrnaste frakcije.



Slika 2.4.1. Primjer izmjene slabopropusnih sitnozrnastih i relativno propusnih glinovitih i prahovitih krupnozrnastih naslaga (bušotina B-3; 10–15 m).

Prilikom inženjerskogeološkog kartiranja, na središnjem dijelu istraživane lokacije, odnosno u manjoj depresiji na pristupnom putu, između istraživačkih bušotina B-2 i B-3, uočena je i pojava vlaženja terena i pojave površinske vode koja otječe po površini terena, u obliku povremenog toka, po pristupnom putu prema bušotinama B-5 i B-4 (*slika 2.4.2*). što je prikazano na inženjerskogeološkoj karti mjerila 1:500 (prilog 1). Mogući uzroci ove pojave su: 1) procjeđivanja vode po kontaktu propusnog materijala nasipa i slabopropusnih deluvijalnih/eluvijalnih gлина; 2) dotjecanjem vode iz slomljene betonske cijevi sa susjedne parcele u smjeru sjeverozapada.



Slika 2.4.2. Pojava vlaženja terena i površinske vode između bušotina B-2 i B-3.

S obzirom na sastav materijala i prisutnost relativno vodopropusnih naslaga u obliku glinovitih i prahovitih šljunaka i pijesaka, u gotovo svim bušotinama, osim najbližoj bušotini B-6, uočena je pojava podzemne vode. Pojave podzemne vode tijekom bušenja zamijećene su na dubinama od 10 do 20 m, dok dubine do podzemne vode, izmjerene u razdoblju nakon bušenja, iznose od 10,7 do 17,8 m. Rezultati mjerenja dubine do podzemne vode prikazani su u tablici 2.4.1. S obzirom na to da je geotehničko istražno bušenje provedeno u relativno suhom periodu godine (svibanj–lipanj), za očekivati je da su u vlažnijim dijelovima godine dubine do podzemne vode značajno manje. Razine podzemne vode prikazani su na presjecima bušotina (*prilog 2*) te na inženjerskogeološkim profilima (*prilog 3*).

Tablica 2.4.1. Mjerene dubine do podzemne vode u bušotinama na lokaciji Srebrnjak s označenim datumima mjerenja. .

Bušotina	Dubina do podzemne vode(m)			
	03.05.2021.	07.05.2021.	10.05.2021.	10.06.2021.
B-1	/	/	16,10	13,70
B-2	12,80	12,70	12,70	12,70
B-3	17,80	16,00	11,30	10,70
B-4	/	/	/	6,5(pojava)
B-5	/	/	/	16,40
B-6	/	/	/	/

3. Metode i rezultati inženjerskogeološkog istraživanja

Svrha inženjerskogeološkog istraživanja pojedinačnih lokacija je identificirati i kvantificirati uvjete u tlu koji mogu utjecati na izvedivost, projektiranje i građenje inženjerskih konstrukcija (VALLEJO et al., 2011).

Metode terenskog istraživanja podzemlja možemo podijeliti na izravne i neizravne. Izravne metode obuhvaćaju istraživačko bušenje, istraživačke jame i iskope te geotehničke „in situ“ pokuse. Kod izravnih metoda omogućeno je uzimanje poremećenih i neporemećenih uzoraka te se nadopunjuju laboratorijskim ispitivanjima. Neizravne metode istraživanja podzemlja su geofizička ispitivanja od kojih su najraširenije električne (u novije vrijeme električna tomografija) i seizmičke metode (refleksijska i refrakcijska seizmika). U okviru ovog diplomskog rada, na istraživanoj lokaciji u ulici Srebrnjak, provedena su sljedeća istraživanja: detaljno inženjerskogeološko kartiranje, istraživačko bušenje s jezgrovanjem, uzorkovanjem i „in situ“ pokusima te laboratorijska ispitivanja. Na temelju ovih istraživanja interpretiran inženjerskogeološki/geotehnički model istraživane lokacije predviđene za izgradnju i temeljenje niza od 9 stambenih zgrada čiji je položaj prikazan na inženjerskogeološkoj karti mjerila 1:500 u *prilogu 1.*

3.1 Detaljno inženjerskogeološko kartiranje

Svrha inženjerskogeološkog kartiranja je prikazivanje geotehničkih i geoloških informacija koje služe za prostorno planiranje, građenje i održavanje inženjerskih konstrukcija i infrastrukture (VALLEJO et al., 2011).

Istraživana lokacija uglavnom je prekrivena gustom vegetacijom, s iznimkom izgrađenih pristupnih zasjeka i umjetnih nasipa, što je otežalo inženjerskogeološku prospekciju i kartiranje terena. Inženjerskogeološkim kartiranjem utvrđeno je da sjeveroistočnu polovicu parcele, koja je pretežito manjeg nagiba ($12\text{--}15^\circ$), prekrivaju antropogene, umjetne naslage lokalnog porijekla materijala, dok jugozapadnu polovicu padine od ($18\text{--}34^\circ$) prekrivaju eluvijalne/deluvijalne naslage što je prikazano na inženjerskogeološkoj karti mjerila 1:500 (*prilog 1*). Također, potvrđena su dva klizišta koja su okarakterizirana kao plitka i neaktivna (manje klizište, JI dio parcele), odnosno trajno umirena i reliktna (veće klizište, SZ dio parcele). Položaj klizne plohe vjerojatno je vezan za kontakt površinskih naslaga i podloge, a inicijator klizanja su vjerojatno bile intenzivne oborine i nagli porast razine podzemne vode. Granice klizišta ucrtane su na inženjerskogeološkoj karti mjerila 1:500 (*prilog 1*), dok su pretpostavljene klizne plohe ucrtane na inženjerskogeološkim profilima mjerila 1:500 (*prilog 3*).

3.2 Geotehnički istražni radovi

Od geotehničkih metoda provedeno je istražno bušenje s jezgrovanjem i standardnim penetracijskim pokusima na 6 istraživačkih bušotina čiji su položaji ucrtani na inženjerskogeološkoj karti mjerila 1:500 u odnosu na planirane stambene objekte (*prilog 1*). Svrha istražnog bušenja je određivanje inženjerskogeoloških profila tla korelacijom bušotina, odnosno granica i prostornog rasporeda inženjerskih jedinica sličnih fizičkih i mehaničkih svojstava. Općenito, istraživačko bušenje, in situ pokuse i uzorkovanja provode tvrtke specijalizirane za tu djelatnost, a bušači i inženjerski nadzor prate promjene u jezgri na osnovu kojih se odlučuje o izvedbi pokusa i uzorkovanja reprezentativnih uzoraka. Pravilno provedena uzorkovanja i pokusi rezultirati će, u konačnici, parametrima koji su iskoristivi za projektiranje

temelja i/ili analiza stabilnosti kosine. Također, zadatak inženjerskog geologa je i pozicioniranje samih bušotina, u suradnji sa geotehničarima i bušačima, tako da njihova dubina i međusobni raspored pruže adekvatne podatke za izradu inženjerskogeološkog (geotehničkog) modela podzemlja koji će se koristiti za projektiranje.

Geotehničke istražne radove provodila je tvrtka MKS Inženjering d.o.o. (slika 3.2.1.). Bušotine B–1 do B–5 izvedene su strojnim bušačim garniturama *Casagrande C6* i *Geotech 604*, dok je bušotina B–6 (u koluviju manjeg klizišta; JI dio parcele) izvedena ručno zbog nepristupačnosti terena za veće strojeve. Bušotina B–4 izvedena je manjom bušačom garniturom *Geotech 604* također zbog nepristupačnosti terena (slika 3.2.1. b).



Slika 3.2.1. Bušaće garniture tvrtke MKS Inženjering d.o.o. pri izvođenju bušotina a) Casagrande C6, na bušotini B–3, i b) Geotech 604, na bušotini B–4.

Ukupno je izvedeno 118,5 metara bušotina s kontinuiranim jezgrovanjem, 37 ispitivanja standardnim penetracijskim pokusom te 27 uzorkovanja neporemećenih uzoraka. Opći podaci o dubinama, datumima izvedbe, koordinatama bušotina te broju geotehničkih in situ pokusa u svakoj bušotini navedeni su u *tablici 3.2.1.*

Tablica 3.2.1. Opći podaci o izvedenim istražnim bušotinama i obavljenim pokusima.

OZNAKA BUŠOTINE	DATUM IZVEDBE BUŠOTINE	DUBINA BUŠOTINE	KOORDINATE BUŠOTINE(HTRS96/TM)			BROJ POKUSA	
			X	Y	Z(m n.m.)	SPP	NU
B-1	3.-7.5.2021.	26,20	460640,20	5076034,18	161,12	8	7
B-2	28.-30.4.2021.	21,00	460614,50	5076076,75	161,49	8	4
B-3	22.-26.4.2021.	20,00	460592,34	5076114,51	166,01	7	5
B-4	25.-28.5.2021.	14,30	460554,72	5076088,79	150,96	3	0
B-5	10.-12.5.2021.	30,70	460589,22	5076063,64	154,75	8	8
B-6	10.6.2021.	6,30	460640.13	5076004.78	155,38	3	3

Korišteno je rotacijsko bušenje s kontinuiranim jezgrovanjem pri kojem se dobiva cjelovita, no i dalje poremećena, jezgra koja se potom slaže u sanduke (*slika 3.2.2. a*). Jezgra se hvata i vadi pomoću posebne jezgrene cijevi kontinuirano u intervalima (manevrima) čija duljina ovisi o tipu i mehaničkim svojstvima bušenog tla pa će u mekšim, manje zbijenim tlama, koje je lakše bušiti, ti intervali biti dulji nego u zbijenijim naslagama. Vađenje jezgre iz jezgrene cijevi može se obaviti ručno ili pomoću vode pod tlakom što je prikazano na *slici 3.2.2. b*). Neporemećeni uzorci, koji se mogu koristiti u laboratorijskim ispitivanjima čvrstoće i stišljivosti, uzimaju se posebnim uzorkivačem i spremaju u čelične izolirane spremnike (cilindre) kako se ne bi poremetili do dolaska u laboratorij.



Slika 3.2.2. a) Sanduk s prvih 5 metara jezgre bušotine B-3 i čeličnim cilindrom koji sadrži neporemećeni uzorak. b) Vađenje jezgre iz jezgrene cijevi vodom pod tlakom.

Standardni penetracijski pokus (*SPP*) najraširenije je terensko in situ ispitivanje zbog svoje lakoće provedbe i relativno niske cijene te široke mogućnosti primjene. Svrha pokusa je određivanje relativne gustoće i zbijenosti naslaga te konzistencije koji su indikacija fizičko–mehaničkih svojstava temeljnog tla.

Pokus se provodi u bušotini spuštanjem cilindra na dno očišćene bušotine, a preko bušačih šipki je spojen s površinom. Na cilindar se prethodno navija nož koji uz broj udaraca daje i poremećeni uzorak koji se može koristiti u za laboratorijska ispitivanja prirodne vlažnosti, Atterbergovih granica, indeksnih pokazatelja i obujamske gustoće. U šljunkovitim i zbijenijim naslagama umjesto noža koristi se šiljak zbog mogućih oštećenja aparature. Na najvišoj šipki nalazi se nakovanj na koji pada malj standardizirane mase (63,5 kg) i sa standardizirane visine (76 cm), a mjeri se broj udaraca potreban da cilindar prođe kroz 3 intervala od 15 cm. Broj udaraca N potreban za prodiranje cilindra kroz druga dva intervala se zbraja i predstavlja mjerodavnu vrijednost broja udaraca za taj pokus. Broj udaraca se kasnije treba korigirati zbog utjecaja prijenosa energije jer postoje različite izvedbe uređaja za provedbu pokusa. Uz utjecaj prijenosa energije potrebne su i korekcije za utjecaj duljine šipki i pritiska nadsloja. Broj udaraca u odnosu na relativnu gustoću u pijescima i konzistenciju u glinama prikazan je u *tablici 3.2.2.*

Tablica 3.2.2. Broj udaraca SPT-a (N) u odnosu na zbijenost kod pijesaka i konzistenciju kod glinovitih naslaga USBR (2001, vol. II).

N(u pijescima)	Relativna gustoća	N (u glinama)	Konzistencija
0–4	Vrlo rahlo	>2	Vrlo mekano
4–10	Rahlo (rastresito)	2–4	Mekano
10–30	Srednje zbijeno	4–8	Srednje mekano
30–50	Zbijeno	8–15	Tvrdo
>50	Vrlo zbijeno	15-30	Vrlo Tvrdo
		>30	Čvrsto

3.3 Determinacija jezgre

Za inženjerskogeološku determinaciju korištena je USCS klasifikacija (engl. *Unified Soil Classification System*), a jezgra je opisivana prema preporukama „*United States Bureau of Reclamation*“ (USBR, 2001).

Inženjerskogeološka determinacija jezgre uključuje podjelu jezgre na intervale istovrsnih karakteristika te njihov detaljan opis. Detaljan opis intervala prilikom determinacije na terenu sastoji se od: 1) punog naziva tla i geomehaničkog simbola (prema USCS-u); 2) procjene težinskih omjera frakcija (granulometrijskog sastava); 3) opisa krupnozrnastih i/ili sitnozrnastih čestica; i 4) opisa *In-situ* uvjeta intervala. In situ uvjeti intervala U slučaju prisutnosti više frakcija prvo se opisuju one zastupljenije, a zatim one manje zastupljene. Zadatak inženjerskog geologa prilikom determinacije je i zapisivanje rezultata *in situ* pokusa, intervala uzorkovanja te terenska procjena jednoosne tlačne čvrstoće džepnim penetrometrom. Također, potrebno je bilježiti u napomenama sve moguće promjene u jezgri poput prisutnosti korijenja, povećane vlažnosti, građevinskog materijala, pojave zrna različitih mineralnih vrsta, pojave podzemne vode i dr.

Terminologija za opis inženjerskog tla te in situ uvjeta prema preporukama priručnika USBR (2001) nalazi se u *tablicama 3.3.1. i 3.3.2.*, a rezultati istražnog bušenja s opisima intervala, rezultatima in-situ pokusa, uzorkovanjima te procjenom jednoosne tlačne čvrstoće džepnim penetrometrom prikazani su na presjecima bušotina u *prilogu 2 (2.1-2.6)*.

Tablica 3.3.1. Terminologija za opis inženjerskog tla prema preporukama USBR (2001).

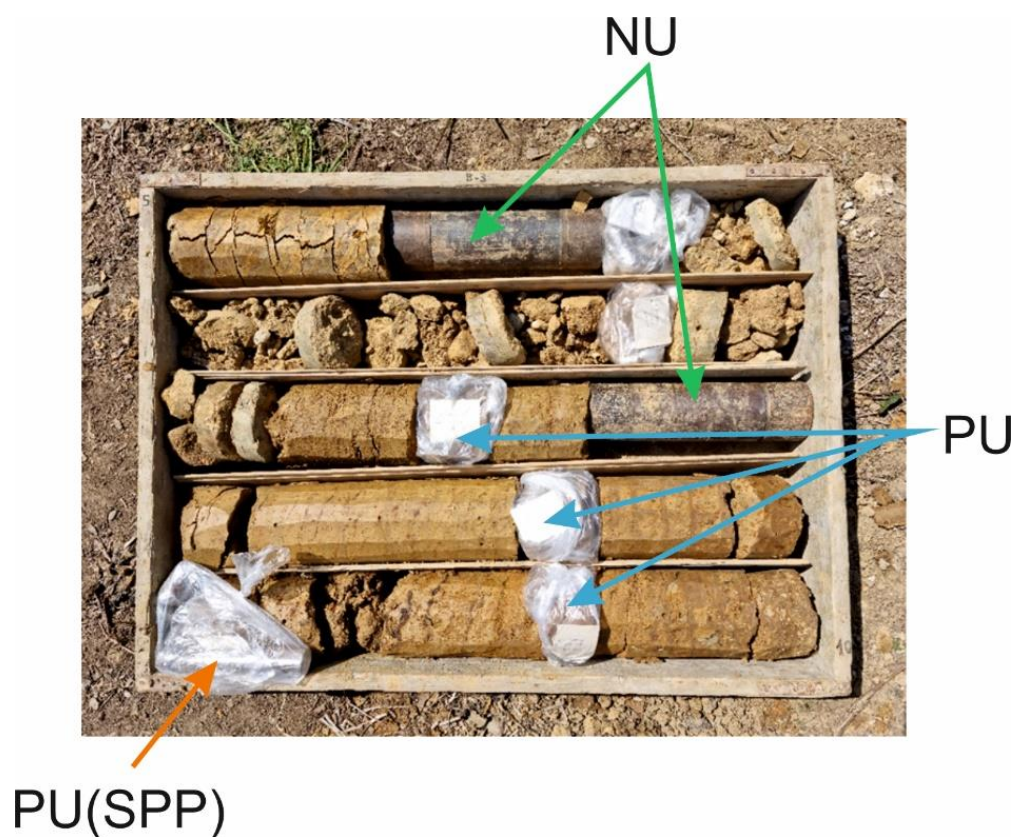
OPIS KRUPNOZRNASTOG TLA	PUNI NAZIV TLA	
	TEŽINSKI OMJERI FRAKCIJA	
OPIS KRUPNOZRNASTIH ČESTICA	RASPON VELIČINE ČESTICA	
	Pijesak: sitan, krupan, sitan do krupan	
	Šljunak: sitan, krupan, sitan do krupan	
	Maksimalna veličina čestica	
	OBLIK ZRNA	
	Plosnato	Omjer širine i debljine veći je od 3
	Izduženo	Omjer duljine i širine veći je od 3
	Plosnato i izduženo	Omjer širine/debljine i duljine/širine veći je od 3
	UGLATOST ZRNA	
	Uglato	Čestice imaju oštre rubove i relativno ravne plohe
	Poluuglato	Čestice su slične uglatima, zaobljenih uglova
	Poluzaobljeno	Čestice imaju skoro ravne plohe, zaobljenih uglova i rubova
	Zaobljeno	Čestice imaju glatke i zaobljene plohe, bez rubova
	RELATIVNA ČVRSTOĆA	
	H1 Ekstremno čvrsto	Jezgra, odlomak ili izdanak se ne može grebati nožem; može se okrhnuti s ponavljajućim, snažnim udarcima čekića.
	H2 Vrlo čvrsto	Ne može se grebati nožem. Jezgra ili odlomak lomi se snažnim, ponavljajućim, udarcima čekića.
	H3 Čvrsto	Može se grebati nožem, vrlo snažnim pritiskom. Snažan udarac čekićem može slomiti uzorak.
	H4 Srednje čvrsto	Može se grebati nožem, laganim ili srednjim pritiskom. Uzorak se lomi srednje snažnim udarcem čekića.
	H5 Srednje meko	Može se nožem napraviti brazda duboka 2 mm, sa srednjim ili snažnim pritiskom. Uzorak se lomi slabim udarcem čekića ili snažnim pritiskom ruke.
	H6 Meko	Može se nožem napraviti brazda laganim pritiskom, može se grebati noktom. Uzorak se lomi slabim ili snažnim pritiskom ruke.
H7 Vrlo meko	Uzorak se može lagano brazdati noktom, te se može napraviti otisak prstom. Slama se slabim pritiskom ruke.	
GRADUIRANOST		
Dobro	Prisutan kontinuirani niz frakcija (veličine zrna)	
Loše	Neke frakcije nisu prisutne	
Jednoliko	Veličina zrna jednolika u uzorku	
OPIS SITNOZRNASTOG TLA	PUNI NAZIV TLA	
	TEŽINSKI OMJERI FRAKCIJA	
	PLASTIČNOST	
	Nema	3 mm valjčić se ne može napraviti pri bilo kojoj vlažnosti.
	Niska	Valjčić se jedva napravi, a grumenje se ne može napraviti kada vlažnost padne ispod granice plastičnosti.
	Srednja	Valjčić se lako napravi, ali nije potrebno mnogo vremena da se dostigne granica plastičnosti. Grumenje se ne može ponovno valjati nakon što je dostignuta granica plastičnosti. Grumenje se lomi.
	Visoka	Potrebno je mnogo vremena valjanja i gnječenja da bi se postigla granica plastičnosti. Valjak se ne može valjati nekoliko puta nakon što se dostigne granica plastičnosti. Grumenje se može formirati i miješati bez drobljenja i kada je vlažnost manja od granice plastičnosti
	ŽILAVOST	
	Niska	Potrebna je mali pritisak za valjanje valjčića blizu granice plastičnosti. Valjčići i grumenje su slabi i mekani.
	Srednja	Srednji pritisak je potreban za valjanje valjčića blizu granice plastičnosti. Valjčići i grumenje imaju srednju stišljivost.
	Visoka	Značajan pritisak je potreban za valjanje valjčića blizu granice plastičnosti. Valjčići i grumenje imaju vrlo visoku stišljivost.
	SUHA ČVRSTOĆA	
	Nema	Suhi uzorak se raspada bez pritiska prstiju
	Niska	Suhi uzorak se raspada blagim pritiskom prstiju
	Srednja	Suhi uzorak se lomi u dijelove, ili raspada snažnim pritiskom prstiju
	Visoka	Suhi uzorak se ne može slomiti pritiskom prstima, no može pritiskom palca o čvrstu površinu
	Vrlo visoka	Suhi uzorak se ne može slomiti pritiskom palca o čvrstu površinu
	DILATACIJA	
	Nema	Nema vidljivih promjena na uzorku
	Blaga	Voda se pojavljuje sporo na površini uzorka tijekom trešnje i vrlo sporo, ili uopće ne nestaje stiskanjem
Visoka	Voda se brzo pojavljuje na površini uzorka tijekom trešnje i brzo nestaje stiskanjem	

Tablica 3.3.2. Terminologija za opis in situ uvjeta prema preporukama USBR (2001).

OPIS IN SITU UVJETA	KONZISTENCIJA	
	Vrlo meko	Palac penetrira u tlo više od 25 mm.
	Meko	Palac penetrira u tlo oko 25 mm
	Plastično	Palac penetrira u tlo oko 5 mm.
	Tvrdo	Palac se ne može utisnuti u tlo, dok se nokat može utisnuti.
	Vrlo tvrdo	Nokat se ne može utisnuti u tlo.
	STRUKTURA	
	Homogena	Izmjena slojeva različitog materijala, ili boje, u slojevima tanjim od 6 mm.
	Laminirana	Ista boja, tekstura i struktura u cijelom sloju
	CEMENTIRANOST	
	Slaba	Uzorak se drobi ili lomi laganim pritiskom prstiju.
	Srednja	Lomi se i drobi snažnim pritiskom prstiju
	Snažna	Ne lomi se, niti drobi pritiskom prstiju
	VLAŽNOST	
	Suho	Nedostatak vlage, prašnjavo, suho na opip.
	Vlažno	Vlažno, ali bez vidljive vode.
	Mokro	Vidljiva je slobodna voda, obično ispod RPV-e
	BOJA	
	Određuje se prema standardiziranim tablicama: npr. „Munsell Rock color chart“	
	MIRIS	
	Zapisuje se u slučaju da je organski ili neobičan (nafta ili neka druga kemikalija).	
	REAKCIJA S HCl	
	Nema	Nema vidljive reakcije.
	Slaba	Vlažno, ali bez vidljive vode.
	Snažna	Snažna reakcija s mjehurićima koji se odmah stvaraju

S obzirom na to da se prilikom determinacije na terenu prikuplja veliki broj podataka, gotovo pa da je nužno imati terenske obrasce za zapisivanje podataka. Obrazac za terenski opis tla, korišten za determinaciju jezgre za potrebe izrade ovog diplomskog rada prikazan je na *slici 3.3.1. b).*

Prilikom bušenja i determinacije uzimani su poremećeni i neporemećeni uzorci tla (*slika 3.3.2.*) koji moraju biti reprezentativni za interval kojem pripadaju. Poremećeni uzorci se uglavnom koriste za određivanje prirodne vlažnosti, Atterbergovih granica, indeksnih pokazatelja (indeksa plastičnosti i konzistencije) te granulometrijskog sastava. Neporemećeni uzorci spremaju se u čelične cilindre kako bi se što bolje zadržali in situ svojstva te moraju biti pažljivo transportirani do laboratorija gdje se mogu koristiti za određivanje parametara čvrstoće, modula stišljivosti, propusnosti i dr.



Slika 3.3.2. Sanduk s jezgrom, 2 neporemećena uzorka (NU) i poremećenim uzorcima (PU) iz jezgre i SPP-a (nož).

3.4 Laboratorijska ispitivanja

Laboratorijska ispitivanja izvođena su prema dogovorenom i utvrđenom programu ispitivanja. Ispitivanja su provedena u geomehničkom laboratoriju Geotehničkog fakulteta u Varaždinu Sveučilišta u Zagrebu (*GFV*). U periodu od 5. svibnja do 17 lipnja 2021. godine laboratorij je zaprimio ukupno 116 uzoraka (25 NU i 91 PU) od čega su ispitivanja provedena na 56 uzoraka. Laboratorijska ispitivanja provedena su u cilju utvrđivanja traženih fizičkih i mehaničkih svojstava relevantnih za uvid u postojeće stanje tla, a prilagođena su stanju i dubini vađenja uzoraka te zahtjevima od strane naručitelja. Određivane su sljedeće geomehničke karakteristike tla: vlažnost, Atterbergove granice, indeksni pokazatelji, granulometrijski sastav, obujamska gustoća tla, jednoosna čvrstoća sa slobodnim bočnim širenjem, posmična čvrstoća u konsolidiranom stanju i dreniranim uvjetima te deformabilnost tla (GAZDEK et al., 2021).

Klasifikacija tla provedena je prema USCS klasifikaciji, a korišteni su postupci ispitivanja prema važećim normama za geomehnička ispitivanja i preporukama za pojedina ispitivanja prema HRN ENV 1997-2:2001 (GAZDEK et al., 2021). Norme korištene pri laboratorijskim ispitivanjima prikazane su u *tablici 3.4.1.* a rezultati laboratorijskih ispitivanja na *slikama 3.4.1., 3.4.2. i 3.4.3.*

Tablica 3.4.1. Norme korištene za laboratorijska ispitivanja (GAZDEK ET AL, 2021)

OZNAKA NORME	NAZIV NORME U SLOBODNOM PRIJEVODU
ASTM D2216	Određivanje vlažnosti uzoraka tla
BS 1377-2; točka 4.4	Određivanje granice tečenja pomoću konusnog penetrometra
BS 1377-2; točka 5	Određivanje granice plastičnosti i indeksa plastičnosti
HRN EN ISO 17892-4	Određivanje granulometrijskog sastava tla
BS 1377-2, točka 7.2	Određivanje gustoće tla metodom mjerenja dimenzija uzorka
ASTM D2166	Jednoosna tlačna čvrstoća sa slobodnim bočnim širenjem
BS 1377-2, točka 4	Određivanje posmične čvrstoće tla izravnim posmikom u maloj ćeliji
BS 1377-2, točka 3	Jednodimenzionalna konsolidacija (stišljivost) tla

Slika 3.4.2. Prikaz preliminarnih rezultata laboratorijskih ispitivanja 2/3 (GAZDEK ET AL., 2021).

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU GEOTEHNIČKI FAKULTET ZAVOD ZA GEOTEHNIKU

GEOTEHNIČKI LABORATORIJ

R.N.: 22/21 Oznaka: OB7.8-02
 Građevina: Stambeni objekti Izdanje: 1
 Lokacija: Srebrnjak, ZAGREB Datum: 01.07.20.

R.N.: 22/21

PRELIMINARNI PREGLED REZULTATA LABORATORIJSKIH ISPITIVANJA
 (Izračuneli): **Geolindex d.o.o.**
 Građevina: **Stambeni objekti**
 Lokacija: **Srebrnjak, ZAGREB**

TABLICA 2/3

Izb. broj uzorka	Oznaka uzorka	Dubina uzorka [m]	Vrsta uzorka	VLAŽNOST MATERIJALA	GRANULOMETRIJSKI SASTAV				GRANICE KONDENZENCIJE				VRSTA ISPITIVANJA				Klasifikacija po USC sustavu		
					Sjajak [%]	Pijesak [%]	Pran [%]	Glina [%]	Granična tekućina w _L [%]	Granična plastičnost w _p [%]	Indeks lispitivanja I _p [%]	Indeks konzistencije I _c [%]	većina ρ _s [g/cm ³]	težina ρ _s [g/cm ³]	TLAČNA ČVRSTOĆA sa sobodnom tlačnom energijom q _c [kN/m ²]	Koeficijent k _v [1/m ²]		IZRAVNI POSMIK	MODULISTIVOSTI
24	46-22/21	B - 3	3.00 - 3.30	21.7	63.8	21.6	42.2	1.00	2.01	1.65	490.3	29.1	18.6	200	400	> 500	CH		
25	49-22/21	B - 3	5.35 - 5.60	20.7	44.7	20.4	24.3	0.99	1.53	1.60	20.7	25.0	2.70	9.09	14.29	20.00	500	CL	
26	53-22/21	B - 3	7.75 - 8.05	25.8	54.9	17.5	37.4	0.78	2.04	1.62	406.2	32.0	30.1	7.59	12.50	16.67	20.00	470	CH
27	56-22/21	B - 3	9.55 - 9.85	26.3	51.7	20.7	31.0	0.82	1.94	1.53	33.7	29.2	5.26	11.11	16.67	25.00	430	CH	
28	59-22/21	B - 3	13.00 - 13.30	26.7	49.3	25.5	23.8	0.95	1.94	1.53	33.7	29.2	5.26	11.11	16.67	25.00	> 500	CL	
29	63-22/21	B - 3	16.20 - 16.45	8.2	49.2	24.7	17.4	8.7	1.97	1.62	660.3	39.5	25.0				> 500	CH	
30	66-22/21	B - 3	19.00 - 19.25	21.5	51.2	24.5	26.6	1.12	1.97	1.62	660.3	39.5	25.0				> 500	CH	
31	105-22/21	B - 4	2.60 - 2.70	13.8	26.2	30.3	31.2	18.2										SC sa šljunkom	
32	104-22/21	B - 4	4.80 - 4.90	24.5	56.5	22.0	34.6	0.93										480	CH
33	105-22/21	B - 4	5.70 - 5.85	24.9	56.8	24.4	32.4	0.96										> 500	CH
34	106-22/21	B - 4	6.30 - 6.40	25.0	54.8	24.2	30.6	0.97										500	CH
35	107-22/21	B - 4	6.70 - 6.85	19.5	44.8	19.0	25.6	0.96										> 500	CL
36	108-22/21	B - 4	7.60 - 7.70	14.8	17.4	40.9	27.2	14.5	39.8	16.6	23.2	1.08						> 500	SC sa šljunkom
37	105-22/21	B - 4	8.30 - 8.45	25.0	49.1	23.3	25.8	0.90										360	CL
38	110-22/21	B - 4	9.45 - 9.55	28.5	47.4	19.6	27.8	0.68										-	CL

Odobrio: Doc. dr. sc. MARIO GAZDEK
 Varaždin, srpanj 2021

* - vrijednost suhe objamne gustoće izračuna se kao srednja vrijednost dobivenih gustoća iz preciznih tijela za jednokratnu tlačnu čvrstoću izravni posmik ili sličnosti tla

Tumač oznaka vrste uzorka
 Nepremješeni uzorak (NU)
 Premješeni uzorak (PU)
 Premješeni uzorak s jezgrom (PU_{jez})
 Premješeni uzorak s čimom za SPT (PU_{SPT})

4. Inženjerskogeološke jedinice

Prema preporukama Međunarodnog društva za inženjersku geologiju („*International association of Engineering Geology, 1981*“) za potrebe inženjerskogeološkog kartiranja i modeliranja treba razlikovati 4 ranga inženjerskogeoloških jedinica: 1) Inženjerskogeološki tip, 2) Litološki tip, 3) Litološki kompleks i 4) Litološka grupa. Značajke pojedinih vrsta, odnosno rangova inženjerskogeoloških jedinica opisane su u *tablici 4.1.*

Tablica 4.1. Inženjerskogeološke jedinice prema IAEG(1981)(VALLEJO et al., 2011).

INŽENJERSKOGEOLOŠKA JEDINICA	OPIS
INŽENJERSKOGEOLOŠKI TIP	<ul style="list-style-type: none">• Litološki i fizički homogena, homogeno uprosječena inženjerskogeološka svojstva utvrđena <i>in situ</i> i laboratorijskim ispitivanjima.• Prikazuju se na kartama i profilima krupnog mjerila (planovi)
LITOLOŠKI TIP	<ul style="list-style-type: none">• Homogenog litološkog sastava te strukture i teksture, nehomogena fizičko mehanička svojstva koja je nemoguće uprosječiti.• Prikazuju se na kartama i profilima srednjeg do krupnog mjerila.
LITOLOŠKI KOMPLEKS	<ul style="list-style-type: none">• Sastoji se od više litoloških tipova koji su se formirali u isto vrijeme i pri istim tektonskim uvjetima s promjenjivom litologijom i fizičkim svojstvima.• Prikazuju se na kartama srednjeg do sitnog mjerila
LITOLOŠKA GRUPA	<ul style="list-style-type: none">• Sastoji se od više litoloških kompleksa formiranih pod istim paleogeografskim i tektonskim uvjetima. Imaju specifične litološke karakteristike što ih razlikuje od drugih litoloških grupa. Opisuju se samo općenita inženjerskogeološka svojstva.• Prikazuju se na kartama sitnog mjerila

S obzirom na razinu inženjerskogeoloških istraživanja, izdvojene su inženjerskogeološke jedinice koje odgovaraju rangu *inženjerskogeoloških tipova*. U skladu s preporukama Međunarodnog društva za inženjersku geologiju za opis i klasifikaciju stijena i tala (IAEG, 1981), kriterij homogenosti za izdvajanje ovih jedinica bilo je fizičko stanje litološkog tipa (litološki sastav, struktura i stupanj trošnosti). Primarni izvor podataka na osnovi kojih su izdvojene jedinice bila je inženjerskogeološka determinacija i interpretacija materijala iz jezgre bušotina (prilozi 2.2.1-2.2.6) te rezultati provedenih laboratorijskih ispitivanja (poglavlje 3.4.).

Inženjerskogeološkom determinacijom i interpretacijom obuhvaćeno je šest istraživačkih bušotina (dubina 26,2, 21,0, 20,0, 14,3, 30,7 i 6,3 m) na temelju kojih je utvrđena detaljna

geološka građa na lokaciji planirane građevine (kronostratigrafska pripadnost; strukturno-geološke značajke; fizička i mehanička svojstva). Položaj bušotina prikazan je na inženjerskogeološkoj karti mjerila 1:500 (*prilog 1*). Na istraživanom području izdvojeno je ukupno pet inženjerskogeoloških tipova, čije su osnovne značajke navedene u *tablici 4.2*. Inženjerskogeološki tipovi pokrivača (nasip te gline i prahovi srednje do niske plastičnosti) i podloge (glina visoke plastičnosti, gline niske plastičnosti i mješavine šljunka, pijeska i praha i gline) prisutni na istraživanom području pripadaju *vezanim neokamenjenim stijenama*. Na temelju rezultata bušenja interpretirana je vertikalna i lateralna izmjena jedinica podloge, koje su općenito nagnute u smjeru zapada–jugozapada. Smjer nagiba naslaga podudara se s generalnim smjerom nagiba padine, a kut nagiba iznosi od 13 do 16°. Geometrija i orijentacija inženjerskogeoloških jedinica prikazana je na 5 inženjerskogeoloških profila (*prilog 3*), a položaj inženjerskogeoloških profila u prostoru na inženjerskogeološkoj karti 1:500 (*prilog 1*).

Tablica 4.2. Inženjerskogeološke jedinice: inženjerskogeološki tipovi pokrivača i podloge na lokaciji Srebrnjak i fizičko-mehanička svojstva definirana na temelju provedenih terenskih istraživanja i laboratorijskih ispitivanja.

Geneza/stratigrafski simbol		Inženjerskogeološki tip	Geomehnički simbol	Fizičko-mehanička svojstva tla
POKRIVAČ/POVRŠINSKE NASLAGE	UMJETNE NASLAGE (Q_{ut})	(001) NASIP:mješavina krupnozrnastog i sitnozrnastog tla te građevinskog materijala	/	
	REZIDUALNO TLO/DELUVIJALNE NASLAGE ($Q_{rt/d}$)	(010) INŽENJERSKO TLO: glina niske plastičnosti, glina visoke plastičnosti	CH, CL, CL/MH	$w_0=19,30-31,1\%$, $w_l=36,7-54,9\%$ $w_p=20,4-27,8\%$ $I_p=16,3-30,1\%$, $I_c=0,84-1,07$ plastično do tvrdo $\rho=1,93-2,01\text{ g/cm}^3$ $\rho_d=1,6-1,65\text{ g/cm}^3$ $c=20,7-29,1\text{ kPa}$, $\phi=18,6-29,0^\circ$ $q_u=366-490$
PODLOGA	SLABO DO SREDNJE TROŠNI SEDIMENTI PLIOKVARTARA (PI,Q)	(111) INŽENJERSKO TLO: prahoviti šljunak s pijeskom, prahoviti pijesak sa šljunkom, glinoviti prah	GM/GC, GM/SM, SM/SC, ML/CL, MH/CL	$w_0=12,9-28,5\%$, $w_l=38,2-49,9\%$ $w_p=16,6-25,5\%$ $I_p=15,6-28,3\%$, $I_c=0,68-1,15$ plastično do tvrdo $\rho=1,94-2,07\text{ g/cm}^3$ $\rho_d=1,42-1,76\text{ g/cm}^3$ $c=29,9-34,5\text{ kPa}$, $\phi=23,6-31,0^\circ$ $q_u=147-435$ SPP=20->50
		(112) INŽENJERSKO TLO: glina niske plastičnosti, prah niske plastičnosti, prah visoke plastičnosti	CL, ML, MH/CL	$w_0=14,1-29,1\%$, $w_l=38,1-59,7\%$ $w_p=18,8-25,4\%$ $I_p=17,6-34,3\%$, $I_c=0,7-1,04$ plastično do tvrdo $\rho=1,85-2,05\text{ g/cm}^3$ $\rho_d=1,43-1,69\text{ g/cm}^3$ $c=14,1-48,4\text{ kPa}$, $\phi=31,0-31,8^\circ$ $q_u=469-665$ SPP=19-36
		(113) INŽENJERSKO TLO: glina visoke plastičnosti	CH, CH/CL	$w_0=19,5-34,0\%$, $w_l=41,7-68,5\%$ $w_p=17,5-28,6\%$ $I_p=23,1-43,0\%$, $I_c=0,78-1,21$ tvrdo $\rho=1,88-2,12\text{ g/cm}^3$ $\rho_d=1,52-1,74\text{ g/cm}^3$ $c=22,9-58,3\text{ kPa}$, $\phi=21,4-31,1^\circ$ $q_u=272-915$ SPP=12->50

(001) INŽENJERSKO TLO: nasip (Q_{ut}) probušen je u bušotinama B-1 (0,0–1,4 m), B-2 (0,0–0,85 m), B-3 (0,0–2,3 m), B-5 (0,0–0,8 m) i B-6 (0,0–0,8 m). Ovaj materijal sastoji se od mješavine sitnozrnastog i krupnozrnastog tla te umjetnih materijala (građevinski otpad). Relativno je slabo zbijen te mjestimično vlažan. Porijeklo materijala je s okolnih parcela koje se nalaze u smjeru istoka, uz ulicu Srebrnjak.

(010) INŽENJERSKO TLO: terenski klasificirano kao glina niske do glina visoke plastičnosti (CH, CL, CL/MH) probušeno je u bušotinama B-1 (1,4–2,1 m), B-2 (0,85–2,3 m), B-3 (2,3–5,55 m), B-4 (0,0–1,2 m) i B-5 (0,8–3,6 m). Ovaj materijal genetski predstavlja mješavinu rezidualnog (trošnog) tla pliokvartarnih naslaga i deluvijalnog, odnosno padinskog materijala. Vizualno–manualnom determinacijom jezgre bušotine određeno je da materijal sadrži oko 100% sitnozrnaste frakcije, srednje do visoke plastičnosti i srednje do visoke žilavosti. Materijal mjestimično sadrži tragove sitnog do krupnog pijeska. Tlo je plastične do mjestimično tvrde konzistencije (rezultati ispitivanja džepnim penetrometrom iznose od 100 do 300 kPa, a mjestimično i preko 500 kPa), homogeno, tamno do srednje žućkasto smeđe, mjestimično svijetlo maslinasto smeđe boje, vlažno i slabo reagira s HCl-om. U ovim materijalima mjestimično se pojavljuju Fe i Mn–konkrecije, veličine do 4 mm. Na temelju provedenih laboratorijskih ispitivanja dobivene su sljedeće vrijednosti fizičkih svojstava: vlažnost (w_0) iznosi između 19,3 i 31,1 %, granica tečenja (w_1) između 36,7 i 54,9 %, indeks plastičnosti (I_p) između 16,3 i 30,1% i indeks konzistencije (I_c) između 0,84 i 1,07. Na temelju vrijednosti granice tečenja i indeksa plastičnosti, materijali su laboratorijski klasificirani kao CH i CL. Vrijednost gustoće tla iznosi između 1,93 i 2,01 g/cm³, a gustoće suhog tla između 1,5 i 1,65 g/cm³. Na tri uzorka provedeno je i ispitivanje mehaničkih svojstava izravnim posmikom pri čemu su dobivene vrijednosti parametara: kohezija (c) iznosi između 20,7 i 29,1 kPa i kut unutarnjeg trenja (ϕ) između 18,6 i 29,0°. Na dva uzorka provedeno je ispitivanje jednoosne tlačne čvrstoće, koja iznosi od 366 do 490 kPa.

(111) INŽENJERSKO TLO: prahoviti šljunak s pijeskom (GM/GC, GM/SM), prahoviti pijesak sa šljunkom (SM/SC), glinoviti prah (ML/CL, MH/CL) probušeno je u bušotinama B-1 (6,75–9,3, 10,65–14,5, 15,2–15,7, 16,5–18,3 i 19,0–23,75 m), B-2 (2,3–4,0, 5,9–8,5 i 10,2–14,5 m) B-3 (5,55–7,75 i 11,1–17,8 m), B-4 (1,2–4,5 i 7,3–14,3 m), B-5 (3,6–7,6, 11,1–17,3 i 22,2–23,7 m) i B-6 (0,8–3,7 m). Ovaj materijal genetski pripada pliokvartarnim naslagama. Vizualno-manualnom determinacijom jezgara bušotine određeno je da u ovom inženjerskogeološkom tipu prevladavaju krupnozrnasti materijali, s vizualno određenim udjelom šljunka od 20 do 45%, pijeska od 20 do 40% i sitnozrnastog tla od 20 do 50%. Unutar slojeva s prevladavajućim krupnozrnastim tlom pojavljuju se proslojci u kojima prevladavaju sitnozrnasti materijali s vizualno procijenjenih 70 do 90% sitnozrnastih čestica, do 20% pijeska i 10% šljunka. Na ukupno dvanaest uzoraka provedene su granulometrijske analize, pri čemu sadržaj šljunka iznosi od 0 do 68,2%, pijeska 8,4 do 50,0%, praha od 8,6 do 81,3% i gline od 4,3 do 21,8%. Maksimalna veličina krupnozrnastih čestica iznosi do 7 cm, mjestimično preko promjera bušotine. Krupnozrnaste čestice izgrađene su od različitih stijena (pješčanjak, škriljavac i kvarcit), različitog su oblika i stupnja zaobljenosti, često su vrlo trošne i niske čvrstoće. Sitnozrnaste čestice najčešće su niske do srednje plastičnosti i žilavosti. Naslage su slojevite do laminirane, heterogene, srednje žućkasto smeđe do tamno žućkasto narančaste boje, vlažne te ne reagiraju s HCl-om. Sitnozrnasti proslojci su najčešće plastične konzistencije (rezultati ispitivanja džepnim penetrometrom iznose od 150 do 350 kPa). Na temelju provedenih laboratorijskih ispitivanja na šest uzoraka u pretežno sitnozrnastim proslojcima dobivene su sljedeće vrijednosti fizičkih svojstava: vlažnost (w_0) iznosi između 21,1 i 36,6 %, granica tečenja (w_l) između 38,3 i 49,9 %, indeks plastičnosti (I_p) između 15,6 i 28,3% i indeks konzistencije (I_c) između 0,4 i 1,15. Vlažnosti pretežno krupnozrnastih uzoraka iznosi od 13,8 do 21,6%. Vrijednost gustoće pretežno sitnozrnastih tla iznosi između 1,94 i 2,07 g/cm³, a gustoće suhog tla između 1,42 i 1,76 g/cm³. Na tri pretežno sitnozrnasta uzorka provedeno je i ispitivanje mehaničkih svojstava izravnim posmikom, pri čemu su dobivene vrijednosti parametara: kohezija (c) iznosi između 29,9 i 34,5 kPa i kut unutarnjeg trenja (ϕ) između 23,6 i 31,0°. Na dva uzorka provedeno je ispitivanje jednoosne tlačne čvrstoće, koja iznosi od 147 (uzorak vjerojatno poremećen) do 435 kPa. Od terenskih ispitivanja u ovom inženjerskogeološkom tipu provedeno je 22 standardna penetracijska pokus pri čemu je broj udaraca iznosio od 20 do preko 50.

(112) INŽENJERSKO TLO: terenski klasificirano kao glina niske plastičnosti (CL), prah niske plastičnosti (ML) i prah visoke plastičnosti (MH/CL) probušeno je u bušotinama B-1 (2,85–6,75 i 9,3–11,65 m), B-2 (8,5–10,2 m), B-3 (9,0–11,1 m) i B-6 (3,7–6,3 m). Ovaj materijal genetski pripada pliokvartarnim naslagama. Vizualno-manualnom determinacijom jezgara bušotine određeno je da materijal sadrži od 90 do 100% sitnozrnastih čestica niske do srednje plastičnosti i žilavosti, te mjestimično proslojke koji mogu sadržavati i do 70% sitnog do krupnog pijeska. Tlo je plastične do tvrde konzistencije (rezultati ispitivanja džepnim penetrometrom iznose od 225 do preko 500 kPa), homogeno do laminirano, svijetlo do tamno žućkasto smeđe i maslinasto smeđe boje, vlažno i slabo reagira s HCl-om. Na temelju provedenih laboratorijskih ispitivanja dobivene su sljedeće vrijednosti fizičkih svojstava: vlažnost (w_0) iznosi između 14,1 i 29,1 %, granica tečenja (w_l) između 38,4 i 59,7 %, indeks plastičnosti (I_p) između 17,6 i 34,3% i indeks konzistencije (I_c) između 0,71 i 1,04. Na temelju vrijednosti granice tečenja i indeksa plastičnosti, materijali su laboratorijski klasificirani kao CL (šest uzoraka) i CH (dva uzorka). Vrijednost gustoće tla iznosi između 1,85 i 2,05 g/cm³, a gustoće suhog tla između 1,43 i 1,69 g/cm³. Na dva uzorka provedeno je i ispitivanje mehaničkih svojstava izravnim posmikom pri čemu su dobivene vrijednosti parametara: kohezija (c) iznosi između 14,7 i 48,4 kPa i kut unutarnjeg trenja (ϕ) između 31,0 i 31,8°. Na dva uzorka provedeno je ispitivanje jednoosne tlačne čvrstoće, koja iznosi od 470 do 665 kPa. Od terenskih ispitivanja u ovom inženjerskogeološkom tipu provedeno je 22 standardna penetracijska pokusa pri čemu je broj udaraca nožem iznosio od 19 do 36.

(113) INŽENJERSKO TLO: terenski klasificirano kao glina visoke plastičnosti (CH, CH/CL) probušeno je u bušotinama B-1 (2,1–2,85, 14,5–15,2, 15,7–16,5, 18,3–19,0 i 23,75–26,2 m), B-2 (4,0–5,9 i 14,5–21,0 m), B-3 (7,75–9,0 i 17,8–20,0 m), B-4 (4,5–7,3 m) i B-5 (7,6–11,1, 17,3–22,2 i 23,7–30,7 m). Ovaj materijal genetski pripada pliokvartarnim naslagama. Vizualno-manualnom determinacijom jezgara bušotine određeno je da materijal sadrži od 90 do 100% sitnozrnastih čestica visoke plastičnosti i žilavosti, te mjestimično proslojke koji mogu sadržavati i do 40% sitnog do krupnog pijeska. Tlo je uglavnom tvrde konzistencije (rezultati ispitivanja džepnim penetrometrom iznose od 375 do preko 500 kPa), homogeno do laminirano,

tamno žućkasto narančaste do srednje žućkasto smeđe boje, mjestimično blijedo zeleno, vlažno i slabo reagira s HCl-om. Na temelju provedenih laboratorijskih ispitivanja dobivene su sljedeće vrijednosti fizičkih svojstava: vlažnost (w_0) iznosi između 19,5 i 34,0 %, granica tečenja (w_l) između 41,7 i 68,5 %, indeks plastičnosti (I_p) između 23,2 i 43,0% i indeks konzistencije (I_c) između 0,78 i 1,12. Na temelju vrijednosti granice tečenja i indeksa plastičnosti, materijali su laboratorijski klasificirani kao CH (18 uzoraka) i CL (7 uzorka). Vrijednost gustoće tla iznosi između 1,88 i 2,12 g/cm³, a gustoće suhog tla između 1,52 i 1,74 g/cm³. Na 12 uzorka provedeno je ispitivanje mehaničkih svojstava izravnim posmikom pri čemu su dobivene vrijednosti parametara: kohezija (c) iznosi između 22,9 i 58,3 kPa i kut unutarnjeg trenja (ϕ) između 21,4 i 31,1°. Na 11 uzorka provedeno je ispitivanje jednoosne tlačne čvrstoće, koja iznosi od 272 do 915 kPa. Od terenskih ispitivanja u ovom inženjerskogeološkom tipu provedeno je 7 standardnih penetracijskih pokusa pri čemu je broj udaraca nožem iznosio od 12 (pri površini terena) do više od 50 udaraca.

Na temelju svih provedenih geotehničkih istraživanja i ispitivanja te iskustva o parametrima materijala pokrivača i podloge u sličnim materijalima, procijenjene vrijednosti geotehničkih parametara temeljnog tla potrebne za geostatičke analize i dimenzioniranje građevina na lokaciji Srebrnjak navedene su u *tablici 4.3*.

Tablica 4.3 Procijenjene vrijednosti geotehničkih parametara za geostatičke analize i projektiranje temelja na lokaciji Srebrnjak.

Inženjersko-geološka jedinica / Geotehnički parametar	(001) NASIP: mješavina krupnozrnastog i sitnozrnastog tla te građevinskog materijala	(010) INŽENJERSK O TLO: glina niske plastičnosti, glina visoke plastičnosti	(111) INŽENJERSK O TLO: prahoviti šljunak s pijeskom, prahoviti pijesak sa šljunkom, glinoviti prah	(112) INŽENJERSK O TLO: glina niske plastičnosti, prah niske plastičnosti, prah visoke plastičnosti	(113) INŽENJERSK O TLO: glina visoke plastičnosti
Zapreminska težina γ (kN/m ³)	19	19,5	21	20,5	20,5
Kohezija c (kPa)	5	22	10	20	25
Kut unutarnjeg trenja ϕ (°)	20	25	28	27	23

5. DISKUSIJA

Inženjerskogeološke karte i profili zajedno čine inženjerskogeološki model neke lokacije. Inženjerskogeološki model je podloga geotehničkim modeliranju, odnosno projektiranju temelja i drugih geotehničkih objekata te analizama stabilnosti kosina. Cilj modela je stvoriti što bolju predodžbu podzemlja i površine terena kako bi se projektiranje moglo provesti što kvalitetnije i što je najvažnije bez nepredviđenih troškova. Kako prikupljanje podataka uključuje više struka, nužno je osigurati dobru komunikaciju i suradnju kako bi se sva ispitivanja provela ispravno i kako bi dobili podatke iskoristive za izradu inženjerskogeološkog modela i projektiranje.

Prilikom istraživanja lokacije nije bilo moguće obuhvatiti sve inženjerskogeološke uvjete, odnosno prikupiti sve podatke nužne za definiranje inženjerskogeološkog modela. Primjerice, istraživana lokacija uglavnom je prekrivena gustom vegetacijom, s iznimkom izgrađenih pristupnih zasjeka te umjetnih nasipa, što je znatno otežalo inženjerskogeološku prospekciju i kartiranje terena. Iz tog razloga su kao ulazni podaci prilikom kartiranja najviše korišteni podaci s geodetskih podloga, odnosno posebne geodetske podloge, te digitalnog modela terena, dobivenog na temelju snimanja LIDAR-om (engl. „Light Detection and Ranging“). Na temelju geodetskih podataka, odnosno digitalnog modela terena na istraživanoj lokaciji su pretpostavljena i dva klizišta, dimenzija 23×13 m i 43×23 m. S obzirom na morfološke karakteristike, ova klizišta su relativno plitka i neaktivna, odnosno trajno umirena i reliktna. Položaj klizne plohe vezan je vjerojatno za kontakt površinskih naslaga i podloge, a inicijator klizanja su najvjerojatnije bile intenzivne oborine i nagli porast razine podzemne vode. Kako bi se sa sigurnošću utvrdilo postojanje klizišta u okviru budućih istraživačkih i građevinskih radova, na ovim lokacijama bi bilo potrebno ugraditi inklinometarske cijevi u podzemlju i stalne geodetske mjerne točke.

Geotehnička istraživanja uključivala su izvedbu 6 bušotina s kontinuiranim jezgrovanjem ukupne duljine 118,5 metara, provedbu standardnih penetracijskih pokusa (SPP), uzorkovanje neporemećenih uzoraka i determinaciju jezgre. Sve bušotine izvedene su strojno, bušačim garniturama osim relativno plitke bušotine B-6 (6 m) u pretpostavljenom klizištu koja je izvedena ručno zbog nepristupačnosti terena. Strojno jezgrovanje daje puno bolje rezultate od

ručnog jer značajno manje poremećuje jezgru pa su i podaci prvih 5 bušotina puno kvalitetniji od onih dobivenih bušotinom B–6.

Na osnovu bušotinskih podataka provedena je korelacija između bušotina te su izrađeni inženjerskogeološki profili (*prilog 3*). Materijali koji grade pokrivač i podlogu su vertikalno i lateralno vrlo heterogeni i postupno prelaze jedan u drugi u uskim intervalima što je dodatno otežalo korelaciju i jednoznačno definiranje inženjerskogeoloških jedinica i inženjerskogeološkog modela. Radi potpunog uvida u inženjerskogeološki model podzemlja potrebno bi bilo izvesti još tri dodatne istraživačke bušotine. Lokacije ovih bušotina bi se trebale nalaziti u donjem dijelu istraživane padine, odnosno na zaravnjenom dijelu terena ispod istraživane padine, u produžecima inženjerskogeoloških profila 3–3', 4–4' i 5–5' (*prilog 3*). Izvođenjem ovih bušotina dobio bi se potpuni uvid u geološku građu podzemlja, odnosno u mehanička i fizička svojstva materijala koji ju izgrađuju, od vrha padine do njenog dna, te bi se omogućilo potpuno definiranje inženjerskogeoloških profila potrebnih za provedbu analiza stabilnosti kosine

Laboratorijska klasifikacija i opis uzoraka poprilično se dobro poklapala s terenskom klasifikacijom te je uglavnom služila kao potvrda terenskoj klasifikaciji, a u manjem broju slučajeva kao korekcija istoj. Razlike u granulometrijskom sastavu nisu neočekivane zbog iznimne heterogenosti slijeda naslaga što je i jedan od razloga uzimanja velikog broja poremećenih uzoraka. Obično su se odstupanja događala u slučaju prisutnosti mješavina prahova i glina čiji je omjer nemoguće raspoznavati vizualno–manualnim ispitivanjima na terenu.

Podaci nužni za inženjerskogeološki model odnose se i na dubine do podzemne vode, koji bi u idealnom slučaju trebali obuhvatiti jednu hidrološku godinu, Dubine do podzemne vode, mjerene su samo u razdoblju nakon bušenja (svibanj–lipanj 2021.), a iznose od 10,7 do 17,8 m. Za očekivati je da su tijekom vlažnih razdoblja razine podzemnih voda značajno više. Također, prilikom inženjerskogeološkog kartiranja, na središnjem dijelu istraživane lokacije, odnosno u manjoj depresiji na pristupnom putu između istraživačkih bušotina B–2 i B–3, uočena je i pojava vode na površini terena. Ova voda se manjim dijelom procjeđuje u podzemlje, a većim dijelom otječe po površini terena, u obliku povremenog toka, po pristupnom putu prema bušotinama B–5 i B–4. S obzirom na navedene hidrološke i hidrogeološke karakteristike, prilikom

građevinskih radova potrebno je posvetiti pozornost na drenažu površinske i podzemne vode kako bi se spriječile eventualne nestabilnosti i aktiviranje novih klizišta.

6. ZAKLJUČAK

U razdoblju od kraja travnja do lipnja 2021. godine provedeni su terenski istražni radovi koji su obuhvatili snimanje detaljne geodetske podloge, detaljno inženjerskogeološkim kartiranje, geotehničko istraživačko bušenje i determinaciju jezgre šest istraživačkih bušotina, geomehanička laboratorijska ispitivanja te analizu postojećih podataka o istraživanom području. Na temelju rezultata terenskih radova te rezultata laboratorijskih ispitivanja, interpretiran je inženjerskogeološki model istraživane lokacije. Inženjerskogeološki model prikazan je u obliku inženjerskogeološke karte mjerila 1:500 (*prilog 1*) i pet inženjerskogeoloških profila mjerila 1:500 (*prilozi 3.1–3.5*). Ukupno je interpretirano pet inženjerskogeoloških jedinica, odnosno inženjerskogeoloških tipova, od kojih dvije jedinice pripadaju naslagama pokrivača, a odnose se na nasip i rezidualne, odnosno deluvijalne gline te tri jedinice koje pripadaju podlozi odnosno pliokvartarnim naslagama. Jedinice podloge generalno se mogu podijeliti na gline visoke plastičnosti (*I13*), gline niske plastičnosti (*I12*) te iznimno heterogene mješavine šljunka, pijeska i praha i gline (*I11*). Fizičko–mehaničke karakteristike materijala relativno su dobre, osobito s povećanjem dubine, gdje su materijali dobro zbijeni i uglavnom tvrde konzistencije. Prosljoci slabo zbijenih materijala, materijala povećane vlažnosti, odnosno niske konzistencije, nisu determiniran prilikom determinacije jezgri bušotina.

Istraživanje stabilnosti kosina u podsljemenskoj zoni, odnosno obroncima Medvednice od velikog je interesa znanosti i struke zbog sprečavanja opasnosti poglavito od formiranja klizišta. Stoga je za svaku lokaciju u tako osjetljivom području za potrebe projektiranja temelja i ocjenu stabilnosti budućeg objekta nužno provesti detaljna inženjerskogeološka/geotehnička i geomehanička ispitivanja kao što je razmatrani primjer u ulici Srebrnjak. Kod strukturno složenih i heterogenih geoloških okoliša kakav nalazimo na istraživanom terenu posebno je važna uloga inženjerskog geologa pri izradi inženjerskogeološkog i geotehničkog modela te inženjerskogeološkog izvještaja, odnosno geotehničkog elaborata te su oni često uključeni na takvim projektima.

7. LITERATURA

BASCH, O. (1981): Osnovna geološka karta SFRJ, list Ivanić Grad mjerila 1:100 000 L 33-81. Geološki zavod Zagreb (1969-1976), Savezni geološki zavod Beograd, Beograd.

DE VALLEJO, L.I.G.; FERRER, M. (2011): Geological Engineering. Boca Raton, Florida, SAD. CRC Press, Taylor & Francis Group.

IAEG (1981): Rock and soil description and classification for engineering geological mapping. International Association of Engineering Geology. Bull. No. 24, Paris. France, pp: 235-274.

ŠIKIĆ, K., BASCH, O. I ŠIMUNIĆ, A. (1977): Osnovna geološka karta SFRJ, list Zagreb 1:100 000 L 33-80, Institut za geološka istraživanja Zagreb (1972), Savezni geološki zavod Beograd, Beograd.

ŠIKIĆ, K., BASCH, O. I ŠIMUNIĆ, A. (1979): Osnovna geološka karta 1:100 000. Tumač za list Zagreb L 33-80, Institut za geološka istraživanja Zagreb (1972), Savezni geološki zavod Beograd, Beograd.

USBR (2001): Engineering Geology Field Manual. 2nd ed., Vol. 1. U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation.

USBR (2001): Engineering Geology Field Manual. 2nd ed., Vol. 2. U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation, str. 357

NEOBJAVLJENI RADOVI I DOKUMENTACIJA:

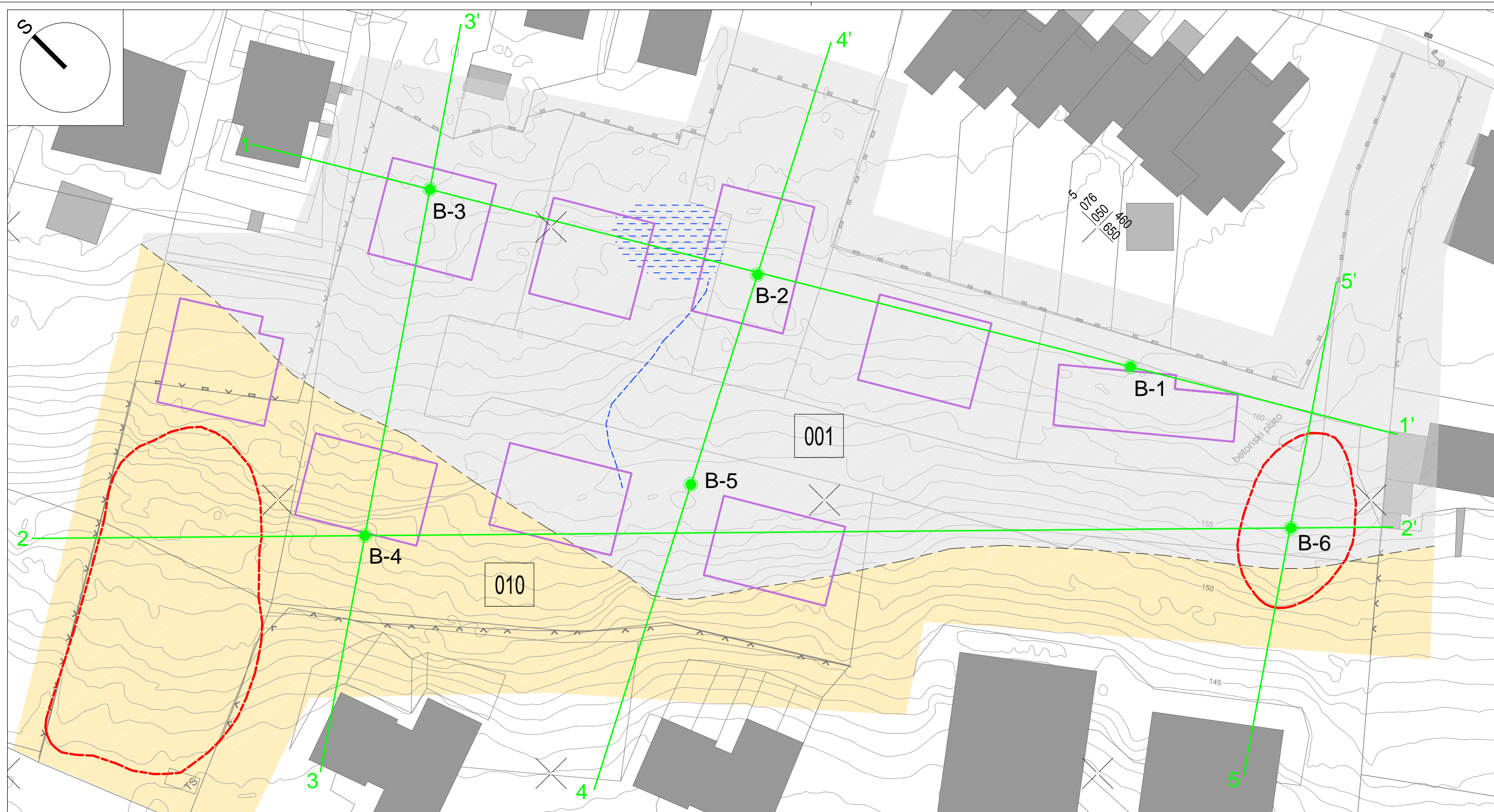
GAZDEK, M.;JEFTIĆ, G.;GRADEČAK, A. (2021) Izvješće o rezultatima geomehaničkih ispitivanja uzoraka tla, Srebrnjak, Zagreb; Geotehnički laboratorij, Geotehnički fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

WEB IZVORI:




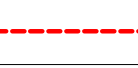

<https://croatia.hr/en-GB/experiences/nature/nature-park-medvednica>

(datum pristupanja 15.08.2021.)

PRILOZI



LEGENDA

-  ISTRAŽIVAČKA BUŠOTINA
-  INŽENJERSKOGEOLOŠKI PROFIL
-  PRETPOSTAVLJENA GRANICA INŽENJERSKOGEOLOŠKE ZONE
-  PRETPOSTAVLJENA GRANICA KLIZIŠTA
-  POJAVA I TEČENJE POVRŠINSKE VODE

INŽENJERSKOGEOLOŠKE JEDINICE

GENEZA / STATIGRAFSKI SIMBOL		OZNAKA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI TIP	GEOMEHANIČKI SIMBOL	PROSJEČNE VRIJEDNOSTI GEOTEHNIČKIH PARAMETARA
POKRIVAČ	TRANSPORTIRANO TLO: UMJETNE NASLAGE	Q_{ut} 001	mješavina krupnozrnastog i sitnozrnastog tla te građ. materijala	-	$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$, $c = 5 \text{ kPa}$, $\phi = 20^\circ$
	TRANSPORTIRANO TLO: ELUVIJ/DELUVIJ	$Q_{r/d}$ 010	glina niske do visoke plastičnosti	CH, CL, CL/MH	$\gamma = 19,5 \text{ kN/m}^3$, $c = 22 \text{ kPa}$, $\phi = 25^\circ$
PODLOGA	INŽENJERSKO TLO: SLABO DO SREDNJE TROŠNI SEDIMENT	111	prahoviti šljunak s pijeskom, prahoviti pijesak sa šljunkom, glinoviti prah	GM/GC, GM/SM, SM/SC, ML/CL, MH/CL	$\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$, $c = 10 \text{ kPa}$, $\phi = 28^\circ$
		112	glina niske plastičnosti, prah niske plastičnosti, prah visoke plastičnosti	CL, ML, MH/CL	$\gamma = 20,5 \text{ kN/m}^3$, $c = 20 \text{ kPa}$, $\phi = 27^\circ$
		113	glina visoke plastičnosti	CH, CH/CL	$\gamma = 20,5 \text{ kN/m}^3$, $c = 25 \text{ kPa}$, $\phi = 23^\circ$



Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo

DIPLOMSKI RAD

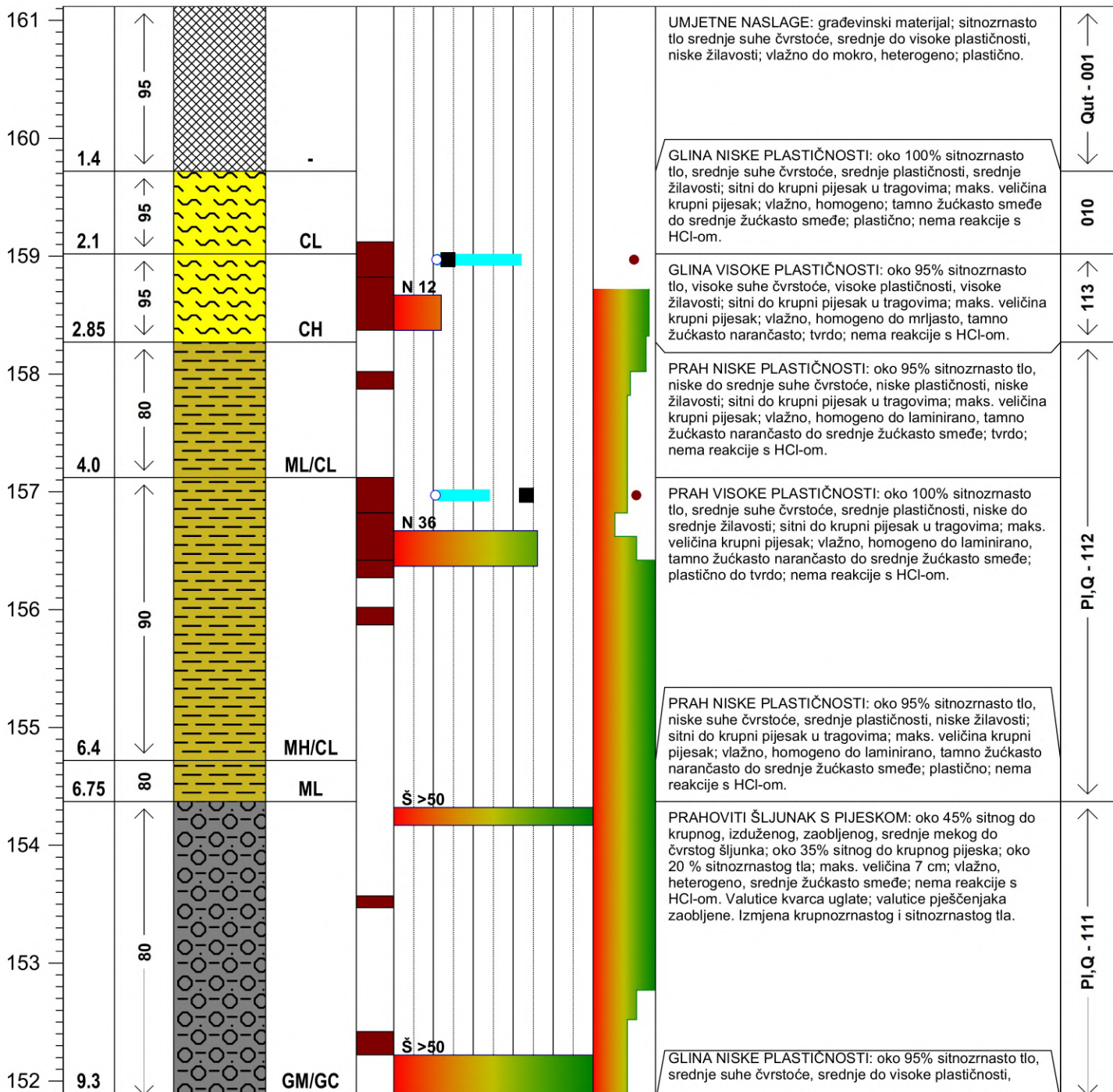
GRADEVINA	STAMBENI OBJEKTI SREBRNJAK k.č.br. 3450/1, 3450/4, 3450/3, 3450/5, 3450/2 i 3450/6, 3452/1, 3452/2, k.o. Centar
PROJEKT	GEOTEHNIČKI ELABORAT
VRSTA ISTRAŽIVANJA	INŽENJERSKOGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA
SADRŽAJ PRILOGA	INŽENJERSKOGEOLOŠKA KARTA
MENTOR dr.sc. M. Krkač, dipl.ing.geol.	IZRADIO M. Kapelj, univ.bacc.ing.geol.
DATUM srpanj, 2021.	MJERILO 1:500
	PRILOG BR. 1

PROJEKT: Diplomski rad **IZVOĐAČ:** M K S Inženjering d.o.o. **NADZOR:** M. Krkač
OBJEKT: Stambeni objekti **DATUM:** 3.-7.5.2021. **IG DETERMINACIJA:** M. Kapelj
LOKACIJA: Srebrnjak **NADM. VISINA:** 161,12 m n.m. **IG INTERPRETACIJA:** M. Kapelj
GEOTEHNIČAR: R. Ravlić, K. Ivandić **KOORDINATE:** x: 460640,21 y: 5076034,18

INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE B-1 **DUBINA:** 26.20 m **MJERILO:** 1:50 **PRILOG:** 2.1

NAPOMENA: napomena

NADM. VISINA (m)	DUBINA (m)	JEZGRA (%)	IG SIMBOL	GEOMEH. SIMBOL	UZORAK	IN SITU I LABORATORIJSKA ISPITIVANJA		INŽENJERSKOGEOLOŠKI OPIS
						SPP (br. udaraca)	Att. granice	
						■ SPP (br. udaraca)	— Att. granice	
						● prir. vlažnost	○ prir. vlažnost	● qpp
								● lc



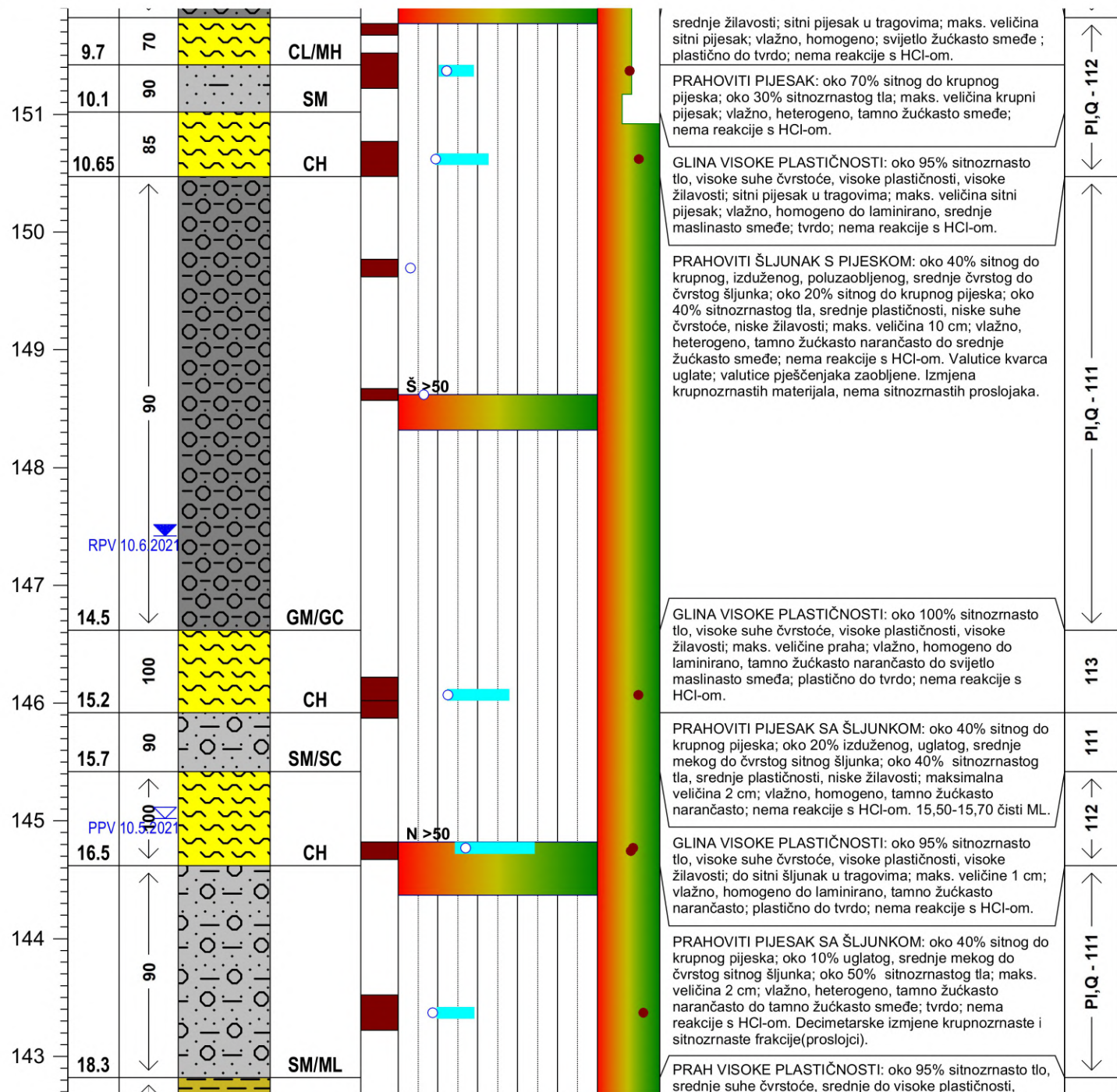
Wp, WI, Wo (%)	0	100		
SPP (udaraca)	0	50	0	500
qu (kPa)	0	1000	1.5	lc

PROJEKT: Diplomski rad **IZVOĐAČ:** M K S Inženjering d.o.o. **NADZOR:** M. Krkač
OBJEKT: Stambeni objekti **DATUM:** 3.-7.5.2021. **IG DETERMINACIJA:** M. Kapelj
LOKACIJA: Srebrnjak **NADM. VISINA:** 161,12 m n.m. **IG INTERPRETACIJA:** M. Kapelj
GEOTEHNIČAR: R. Ravlić, K. Ivandić **KOORDINATE:** x: 460640,21 y: 5076034,18

INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE B-1 **DUBINA:** 26.20 m **MJERILO:** 1:50 **PRILOG:** 2.1

NAPOMENA: napomena

NADM. VISINA (m)	DUBINA (m)	JEZGRA (%)	IG SIMBOL	GEOMEH. SIMBOL	UZORAK	IN SITU I LABORATORIJSKA ISPITIVANJA		INŽENJERSKOGEOLOŠKI OPIS	
						SPP (br. udaraca)	Att. granice	INŽENJERSKOGEOLOŠKA KLASIFIKACIJA	
						■ SPP (br. udaraca)	— Att. granice	● qpp	
						■ qu	○ prir. vlažnost	● lc	



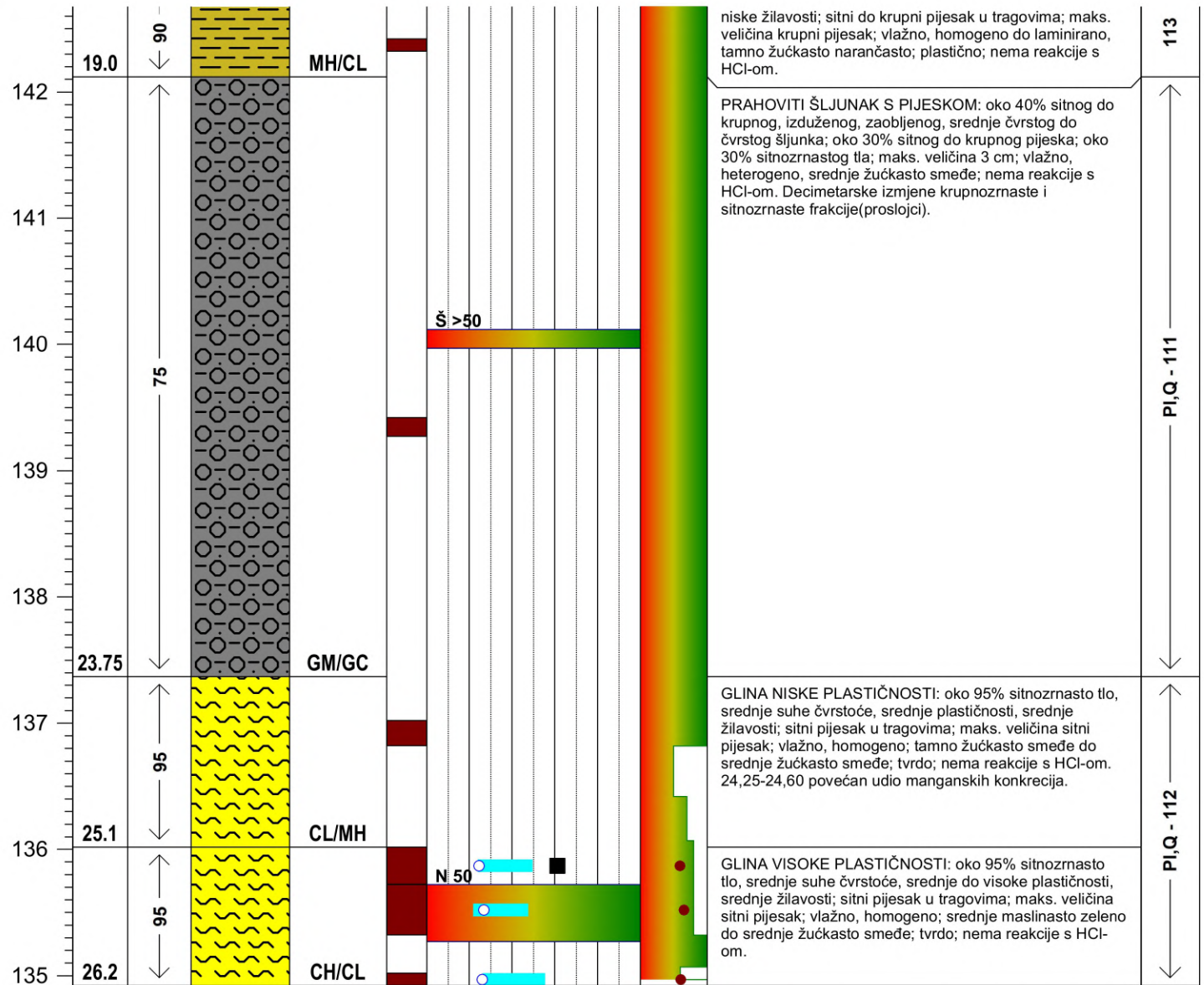
Wp, WI, Wo (%)	0	100		
SPP (udaraca)	0	50	0	500
qu (kPa)	0	1000		1.5
				lc

PROJEKT: Diplomski rad **IZVOĐAČ:** M K S Inženjering d.o.o. **NADZOR:** M. Krkač
OBJEKT: Stambeni objekti **DATUM:** 3.-7.5.2021. **IG DETERMINACIJA:** M. Kapelj
LOKACIJA: Srebrnjak **NADM. VISINA:** 161,12 m n.m. **IG INTERPRETACIJA:** M. Kapelj
GEOTEHNIČAR: R. Ravlić, K. Ivandić **KOORDINATE:** x: 460640,21 y: 5076034,18

INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE B-1 **DUBINA:** 26.20 m **MJERILO:** 1:50 **PRILOG: 2.1**

NAPOMENA: napomena

NADM. VISINA (m)	DUBINA (m)	JEZGRA (%)	IG SIMBOL	GEOMEH. SIMBOL	UZORAK	IN SITU I LABORATORIJSKA ISPITIVANJA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI OPIS
						SPP (br. udaraca) Att. granice qu prir. vlažnost	INŽENJERSKOGEOLOŠKA KLASIFIKACIJA



Wp, WI, Wo (%)	0	100		
SPP (udaraca)	0	50	0	500
qu (kPa)	0	1000		1.5
				lc

B-1



B-1



B-1

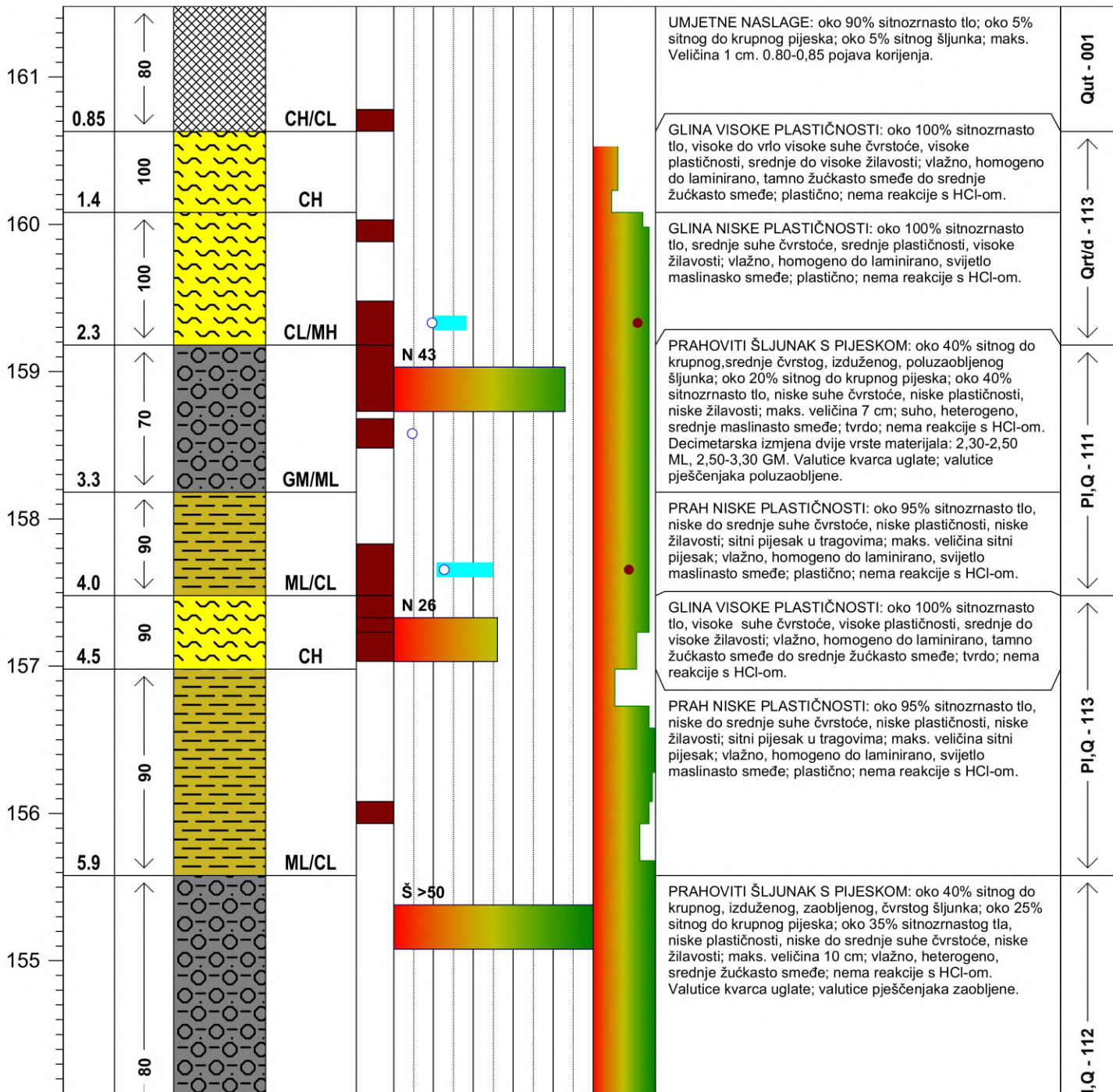


PROJEKT: Diplomski rad **IZVOĐAČ:** M K S Inženjering d.o.o. **NADZOR:** M. Krkač
OBJEKT: Stambeni objekti **DATUM:** 28.-30.4.2021. **IG DETERMINACIJA:** M. Kapelj
LOKACIJA: Srebrnjak **NADM. VISINA:** 161,48 m n.m. **IG INTERPRETACIJA:** M. Kapelj
GEOTEHNIČAR: R. Ravlić, K. Ivandić **KOORDINATE:** x: 460614,50 y: 5076076,75

INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE B-2 **DUBINA:** 21.00 m **MJERILO:** 1:40 **PRILOG:** 2.2

NAPOMENA: napomena

NADM. VISINA (m)	DUBINA (m)	JEZGRA (%)	IG SIMBOL	GEOMEH. SIMBOL	UZORAK	IN SITU I LABORATORIJSKA ISPITIVANJA		INŽENJERSKOGEOLOŠKI OPIS	
						SPP (br. udaraca)	Att. granice	INŽENJERSKOGEOLOŠKA KLASIFIKACIJA	
						■ SPP (br. udaraca)	▬ Att. granice	qpp	
						■ qu	○ prir. vlažnost	● lc	



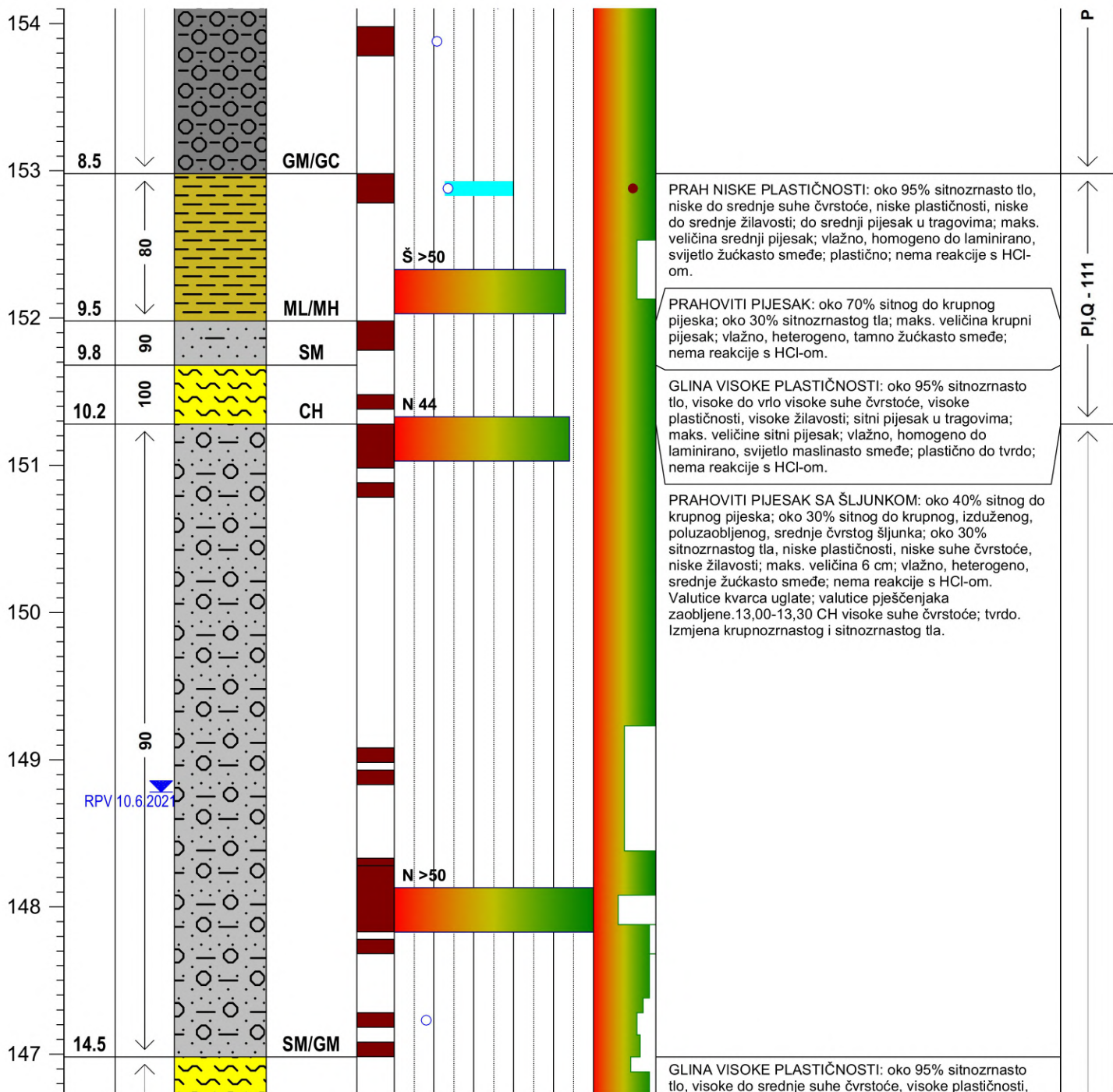
Wp, WI, Wo (%)	0	100		
SPP (udaraca)	0	50	0	500
qu (kPa)	0	1000		1.5
				lc

PROJEKT: Diplomski rad **IZVOĐAČ:** M K S Inženjering d.o.o. **NADZOR:** M. Krkač
OBJEKT: Stambeni objekti **DATUM:** 28.-30.4.2021. **IG DETERMINACIJA:** M. Kapelj
LOKACIJA: Srebrnjak **NADM. VISINA:** 161,48 m n.m. **IG INTERPRETACIJA:** M. Kapelj
GEOTEHNIČAR: R. Ravlić, K. Ivandić **KOORDINATE:** x: 460614,50 y: 5076076,75

INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE B-2 **DUBINA:** 21.00 m **MJERILO:** 1:40 **PRILOG: 2.2**

NAPOMENA: napomena

NADM. VISINA (m)	DUBINA (m)	JEZGRA (%)	IG SIMBOL	GEOMEH. SIMBOL	UZORAK	IN SITU I LABORATORIJSKA ISPITIVANJA		INŽENJERSKOGEOLOŠKI OPIS
						SPP (br. udaraca)	Att. granice	
						■ SPP (br. udaraca)	○ Att. granice	qpp ● lc
						■ qu		
						○ prir. vlažnost		



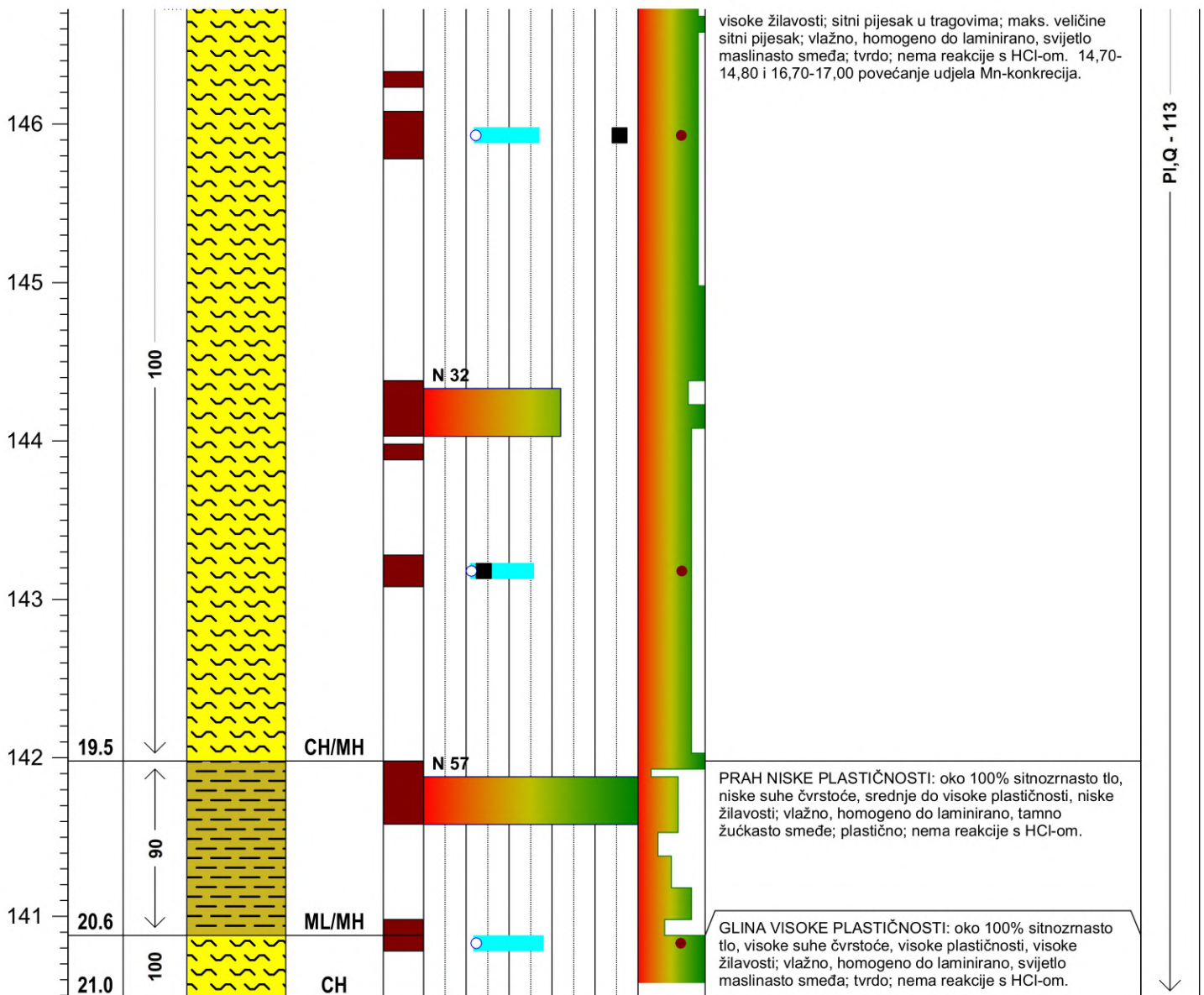
Wp, WI, Wo (%)	0	100	qpp (kPa)
	0	50	
SPP (udaraca)	0	1000	lc
qu (kPa)	0	1000	

PROJEKT: Diplomski rad **IZVOĐAČ:** M K S Inženjering d.o.o. **NADZOR:** M. Krkač
OBJEKT: Stambeni objekti **DATUM:** 28.-30.4.2021. **IG DETERMINACIJA:** M. Kapelj
LOKACIJA: Srebrnjak **NADM. VISINA:** 161,48 m n.m. **IG INTERPRETACIJA:** M. Kapelj
GEOTEHNIČAR: R. Ravlić, K. Ivandić **KOORDINATE:** x: 460614,50 y: 5076076,75

INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE B-2 **DUBINA:** 21.00 m **MJERILO:** 1:40 **PRILOG: 2.2**

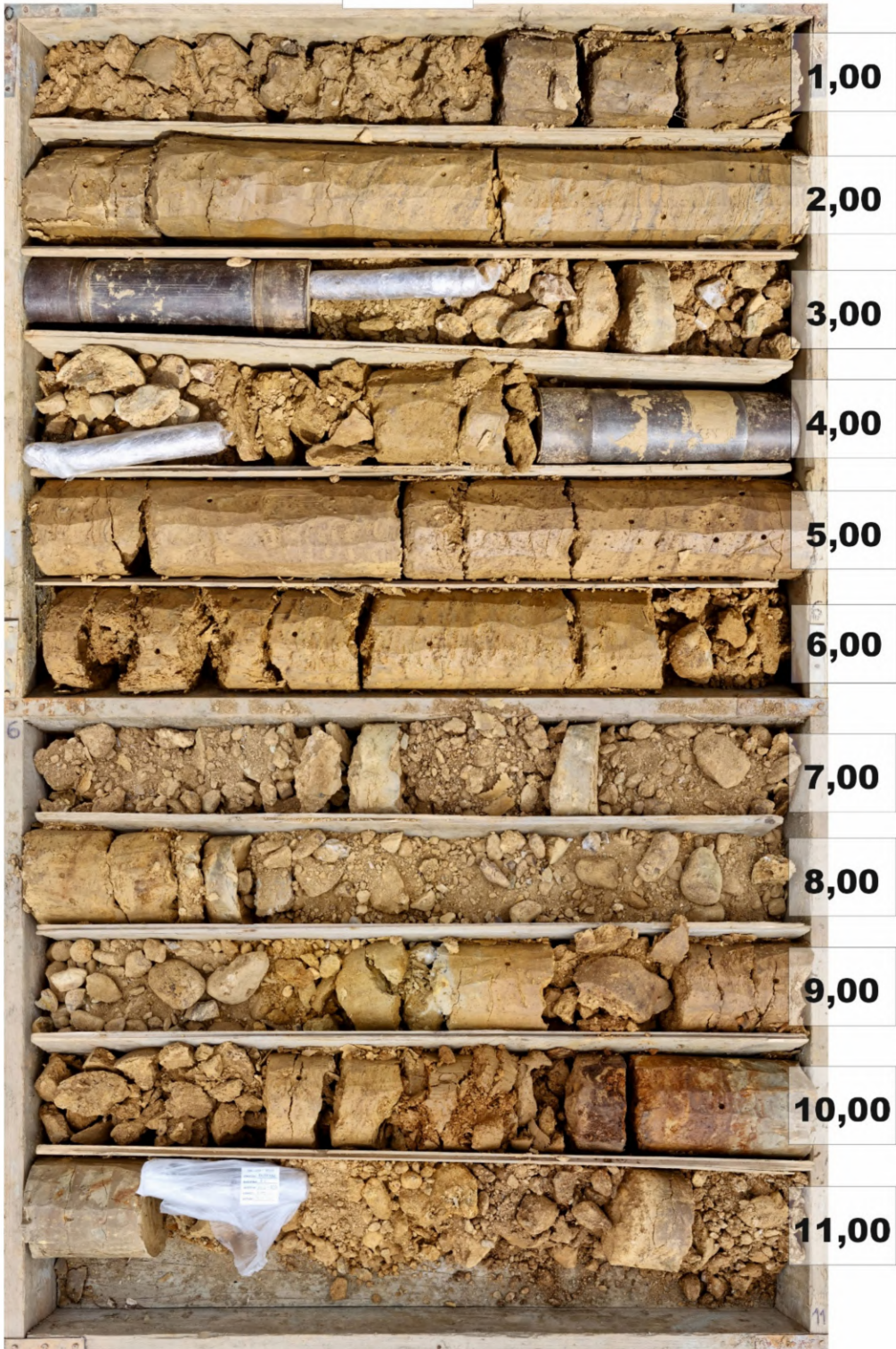
NAPOMENA: napomena

NADM. VISINA (m)	DUBINA (m)	JEZGRA (%)	IG SIMBOL	GEOMEH. SIMBOL	UZORAK	IN SITU I LABORATORIJSKA ISPITIVANJA		INŽENJERSKOGEOLOŠKI OPIS
						SPP (br. udaraca)	Att. granice	
						■ qu	● lc	
						○ prir. vlažnost	● lc	



Wp, WI, Wo (%)	0	100		
SPP (udaraca)	0	50	0	500
qu (kPa)	0	1000		1.5
				lc

B-2



B-2

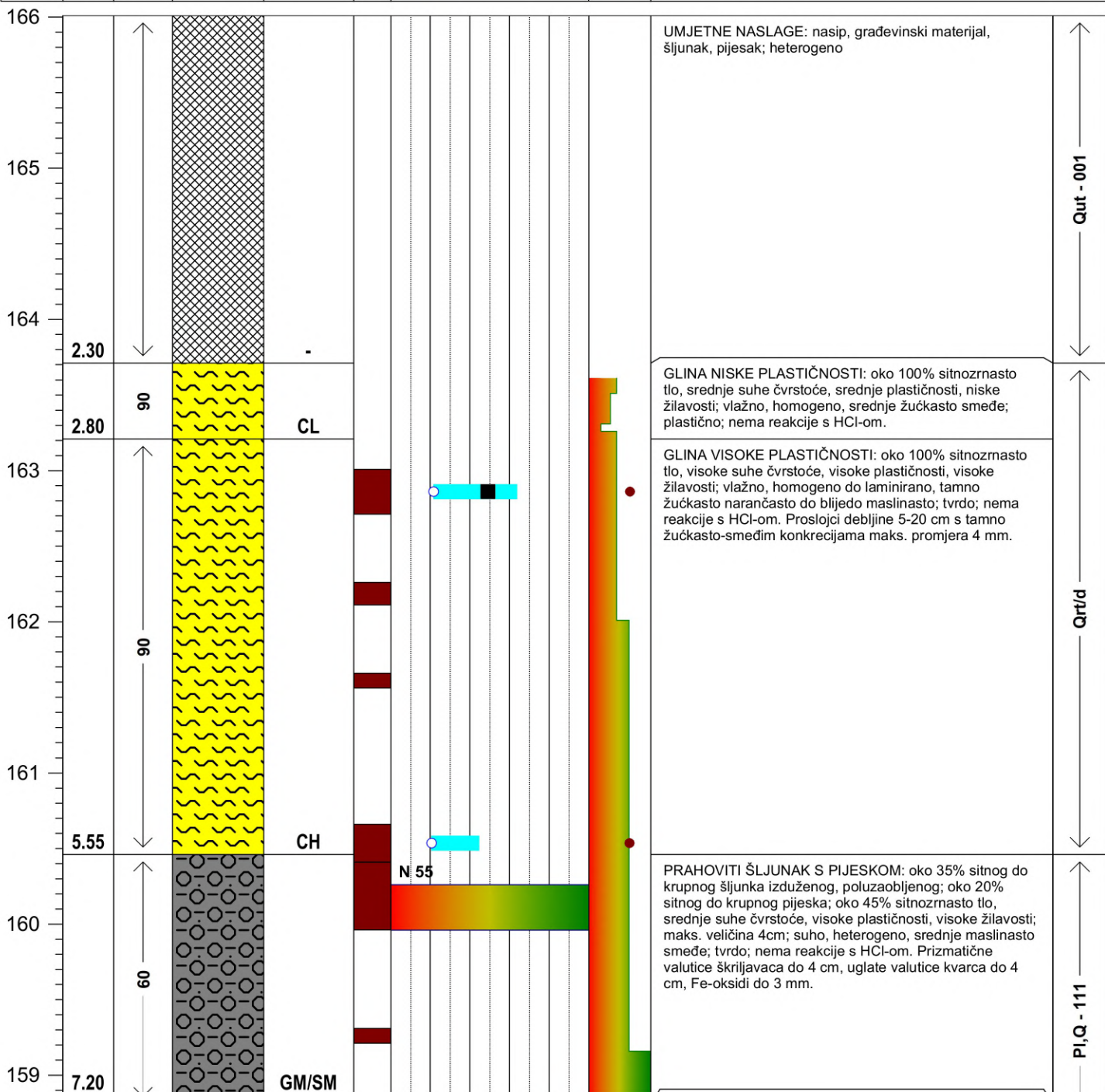


PROJEKT: Diplomski rad **IZVOĐAČ:** M K S Inženjering d.o.o. **NADZOR:** M. Krkač
OBJEKT: Stambeni objekti **DATUM:** 22.-26.4.2021. **IG DETERMINACIJA:** M. Kapelj
LOKACIJA: Srebrnjak **NADM. VISINA:** 166,01 m n.m. **IG INTERPRETACIJA:** M. Kapelj
GEOTEHNIČAR: R. Ravlić, K. Ivandić **KOORDINATE:** x: 460592,34 y: 5076114,51

INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE B-3 **DUBINA:** 20.00 m **MJERILO:** 1:40 **PRILOG: 2.3**

NAPOMENA: napomena

NADM. VISINA (m)	DUBINA (m)	JEZGRA (%)	IG SIMBOL	GEOMEH. SIMBOL	UZORAK	IN SITU I LABORATORIJSKA ISPITIVANJA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI OPIS
						SPP (br. udaraca) Att. granice qu prir. vlažnost	INŽENJERSKOGEOLOŠKA KLASIFIKACIJA qpp lc



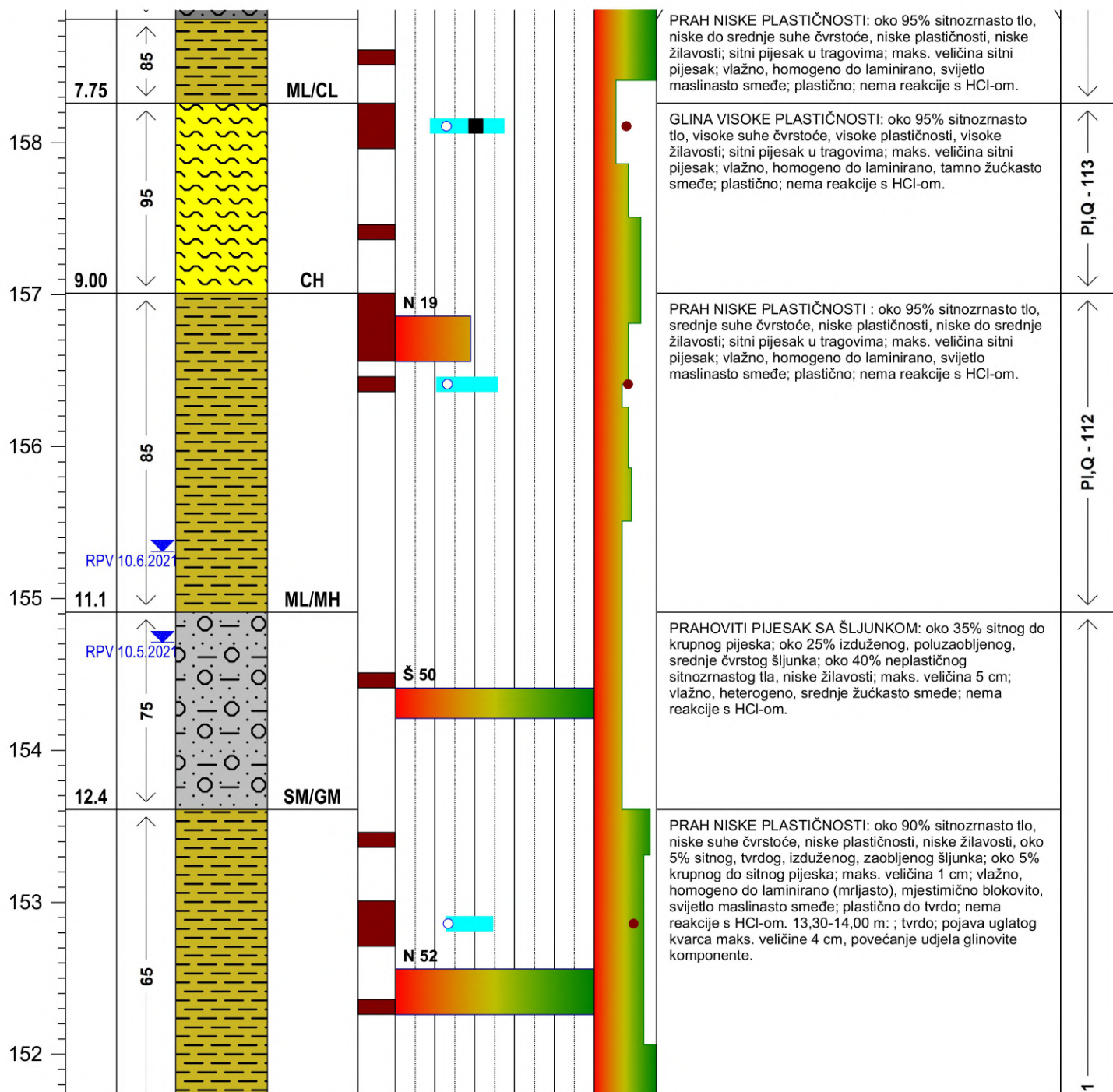
Wp, WI, Wo (%)	0	100		
SPP (udaraca)	0	50	0	500
qu (kPa)	0	1000		1.5
				lc

PROJEKT: Diplomski rad **IZVOĐAČ:** M K S Inženjering d.o.o. **NADZOR:** M. Krkač
OBJEKT: Stambeni objekti **DATUM:** 22.-26.4.2021. **IG DETERMINACIJA:** M. Kapelj
LOKACIJA: Srebrnjak **NADM. VISINA:** 166,01 m n.m. **IG INTERPRETACIJA:** M. Kapelj
GEOTEHNIČAR: R. Ravlić, K. Ivandić **KOORDINATE:** x: 460592,34 y: 5076114,51

INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE B-3 **DUBINA:** 20.00 m **MJERILO:** 1:40 **PRILOG:** 2.3

NAPOMENA: napomena

NADM. VISINA (m)	DUBINA (m)	JEZGRA (%)	IG SIMBOL	GEOMEH. SIMBOL	UZORAK	IN SITU I LABORATORIJSKA ISPITIVANJA		INŽENJERSKOGEOLOŠKI OPIS
						SPP (br. udaraca)	Att. granice	
						■ SPP (br. udaraca)	○ Att. granice	
						■ qu	○ prir. vlažnost	● qpp
						○ prir. vlažnost	● lc	



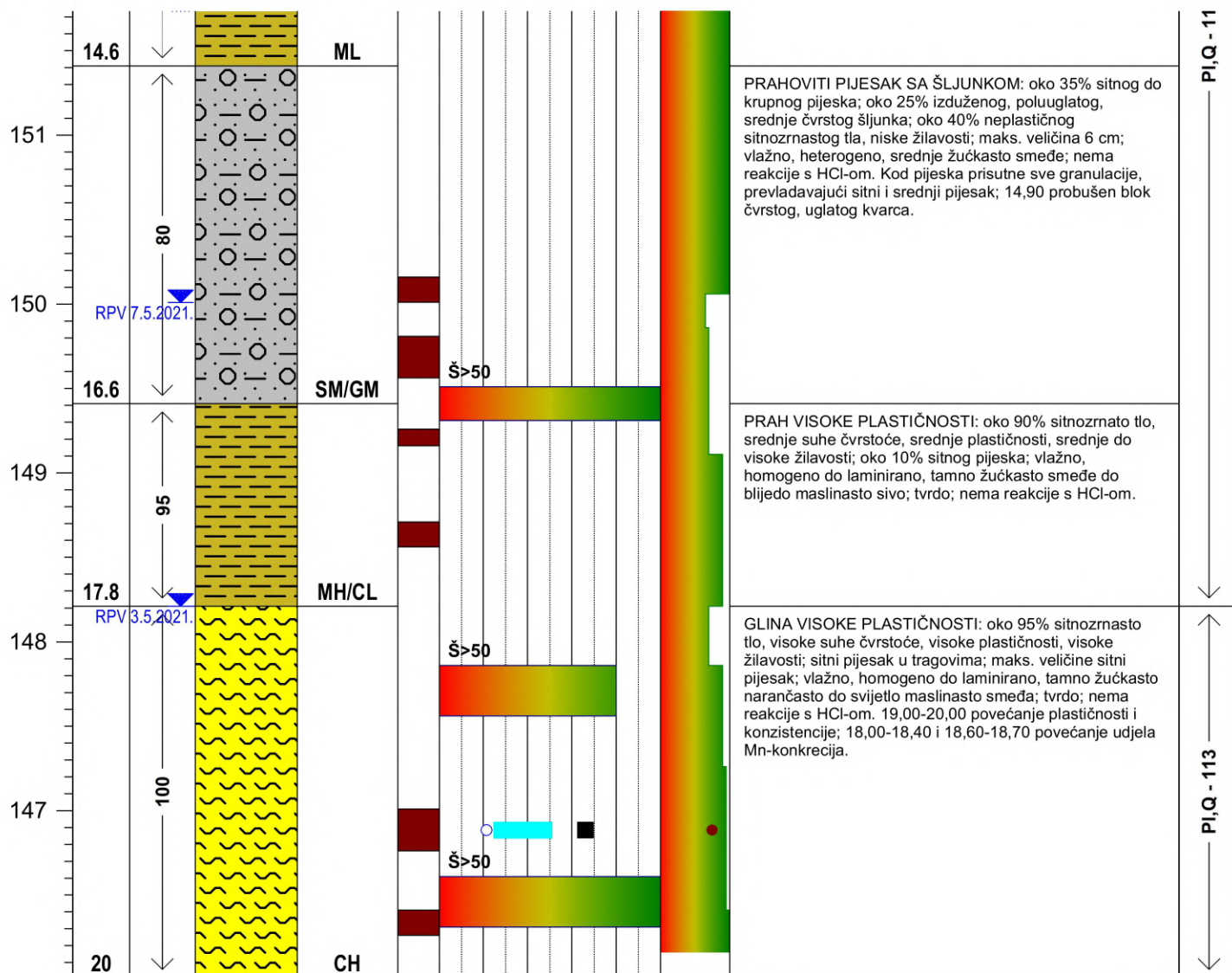
Wp, WI, Wo (%)	0	100		
SPP (udaraca)	0	50	0	500
qu (kPa)	0	1000		1.5
				lc

PROJEKT: Diplomski rad **IZVOĐAČ:** M K S Inženjering d.o.o. **NADZOR:** M. Krkač
OBJEKT: Stambeni objekti **DATUM:** 22.-26.4.2021. **IG DETERMINACIJA:** M. Kapelj
LOKACIJA: Srebrnjak **NADM. VISINA:** 166,01 m n.m. **IG INTERPRETACIJA:** M. Kapelj
GEOTEHNIČAR: R. Ravlić, K. Ivandić **KOORDINATE:** x: 460592,34 y: 5076114,51

INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE B-3 **DUBINA:** 20.00 m **MJERILO:** 1:40 **PRILOG:** 2.3

NAPOMENA: napomena

NADM. VISINA (m)	DUBINA (m)	JEZGRA (%)	IG SIMBOL	GEOMEH. SIMBOL	UZORAK	IN SITU I LABORATORIJSKA ISPITIVANJA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI OPIS
						SPP (br. udaraca) Att. granice qu prir. vlažnost	INŽENJERSKOGEOLOŠKA KLASIFIKACIJA
						qpp lc	

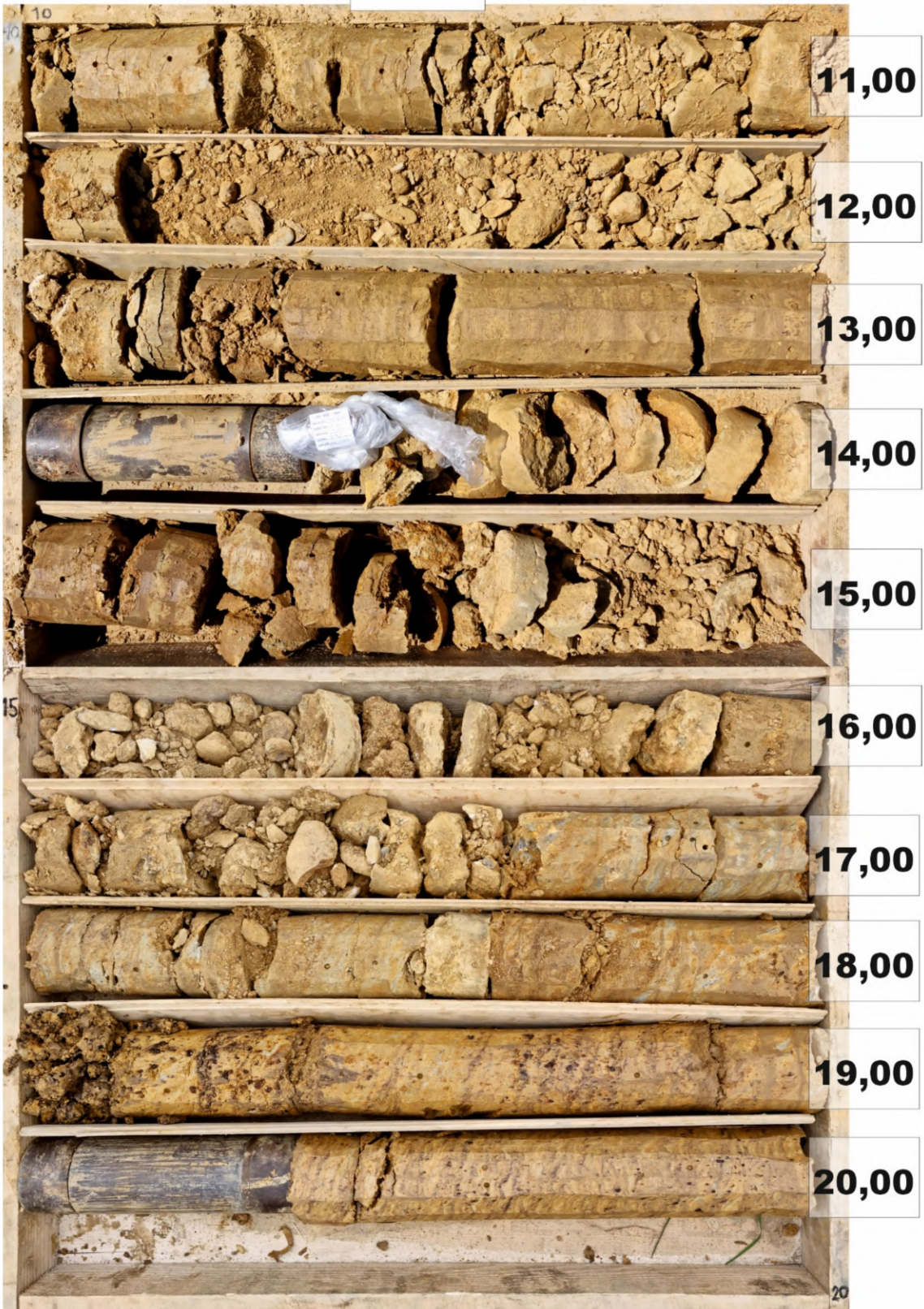


Wp, WI, Wo (%)	0	100	0	500	qpp (kPa)
	0	50			
SPP (udaraca)	0	1000	1.5	lc	
qu (kPa)	0	1000			

B-3



B-3

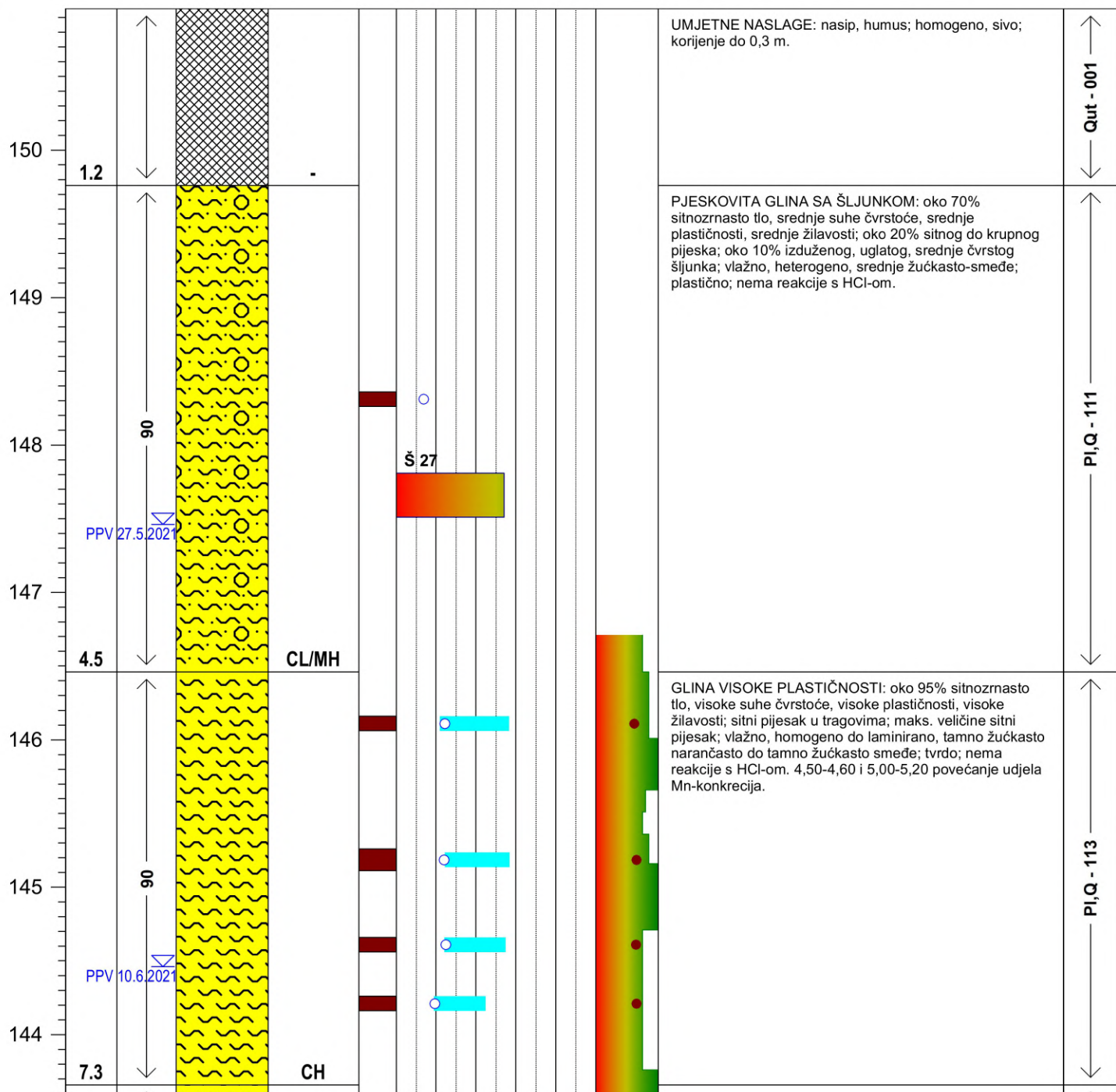


PROJEKT: Diplomski rad **IZVOĐAČ:** M K S Inženjering d.o.o. **NADZOR:** M. Krkač
OBJEKT: Stambeni objekti **DATUM:** 25.-28.5.2021. **IG DETERMINACIJA:** M. Kapelj
LOKACIJA: Srebrnjak **NADM. VISINA:** 150,96 m n.m. **IG INTERPRETACIJA:** M. Kapelj
GEOTEHNIČAR: R. Ravlić, K. Ivandić **KOORDINATE:** x: 460554,72 y: 5076088,79

INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE B-4 **DUBINA:** 14.30 m **MJERILO:** 1:40 **PRILOG: 2.4**

NAPOMENA: napomena

NADM. VISINA (m)	DUBINA (m)	JEZGRA (%)	IG SIMBOL	GEOMEH. SIMBOL	UZORAK	IN SITU I LABORATORIJSKA ISPITIVANJA		INŽENJERSKOGEOLOŠKI OPIS	
						SPP (br. udaraca)	Att. granice	INŽENJERSKOGEOLOŠKA KLASIFIKACIJA	
						■ SPP (br. udaraca)	▬ Att. granice	■ qpp	
						■ qu	○ prir. vlažnost	● lc	

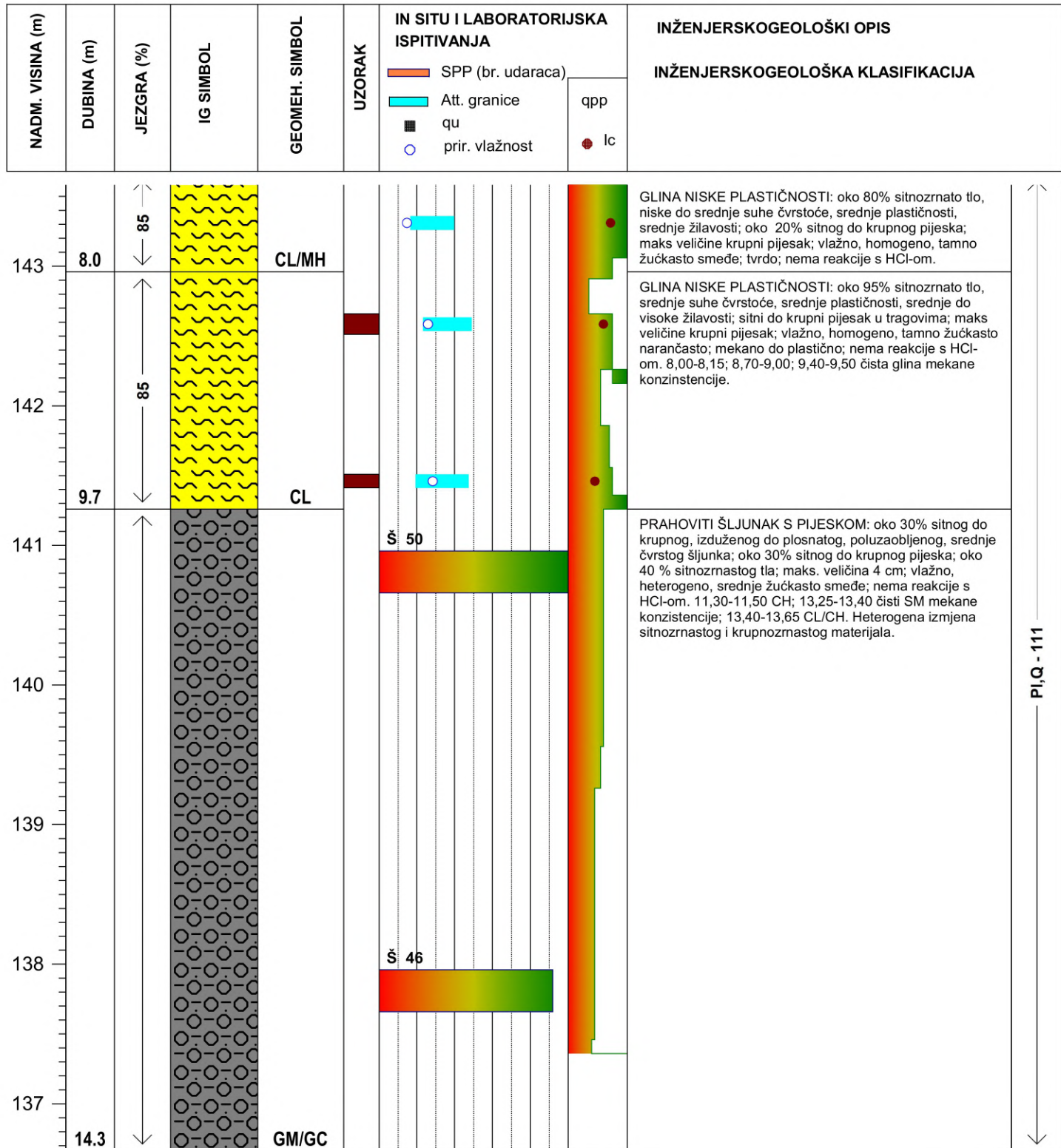


Wp, WI, Wo (%)	0	100		
SPP (udaraca)	0	50	0	500
qu (kPa)	0	1000		1.5
				lc

PROJEKT: Diplomski rad **IZVOĐAČ:** M K S Inženjering d.o.o. **NADZOR:** M. Krkač
OBJEKT: Stambeni objekti **DATUM:** 25.-28.5.2021. **IG DETERMINACIJA:** M. Kapelj
LOKACIJA: Srebrnjak **NADM. VISINA:** 150,96 m n.m. **IG INTERPRETACIJA:** M. Kapelj
GEOTEHNIČAR: R. Ravlić, K. Ivandić **KOORDINATE:** x: 460554,72 y: 5076088,79

INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE B-4 **DUBINA:** 14.30 m **MJERILO:** 1:40 **PRILOG: 2.4**

NAPOMENA: napomena



Wp, WI, Wo (%)	0	100		
SPP (udaraca)	0	50	0	500
qu (kPa)	0	1000		1.5
				lc

B-4



B-4

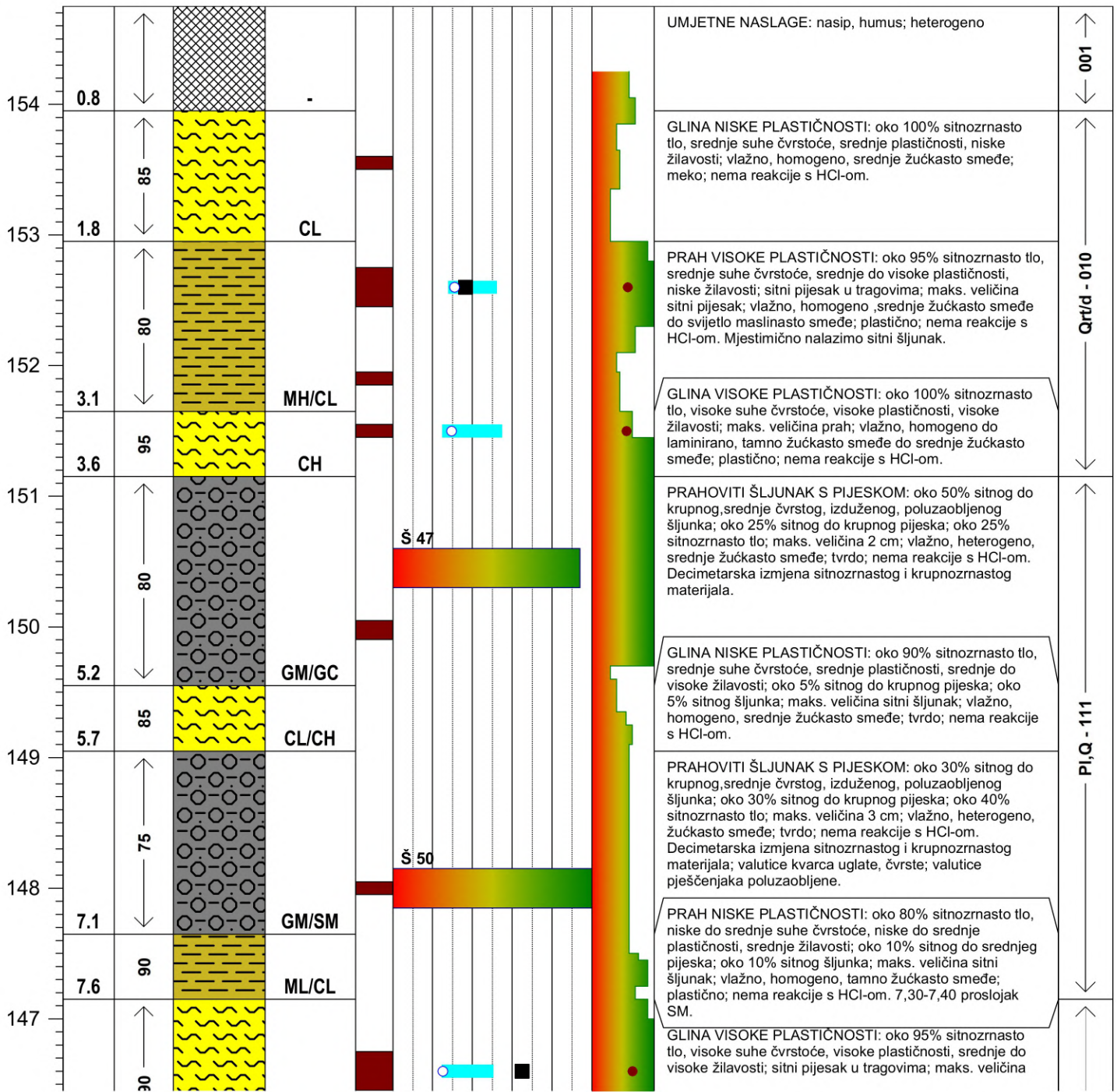


PROJEKT: Diplomski rad **IZVOĐAČ:** M K S Inženjering d.o.o. **NADZOR:** M. Krkač
OBJEKT: Stambeni objekti **DATUM:** 10.-12.5.2021. **IG DETERMINACIJA:** M. Kapelj
LOKACIJA: Srebrnjak **NADM. VISINA:** 154,75 m n.m. **IG INTERPRETACIJA:** M. Kapelj
GEOTEHNIČAR: R. Ravlić, K. Ivandić **KOORDINATE:** x: 460589,22 y: 5076063,64

INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE B-5 **DUBINA:** 30.70 m **MJERILO:** 1:45 **PRILOG:** 2.5

NAPOMENA: napomena

NADM. VISINA (m)	DUBINA (m)	JEZGRA (%)	IG SIMBOL	GEOMEH. SIMBOL	UZORAK	IN SITU I LABORATORIJSKA ISPITIVANJA		INŽENJERSKOGEOLOŠKI OPIS	
						SPP (br. udaraca)	Att. granice	INŽENJERSKOGEOLOŠKA KLASIFIKACIJA	
						■ SPP (br. udaraca)	— Att. granice	qpp	
						■ qu	○ prir. vlažnost	● lc	



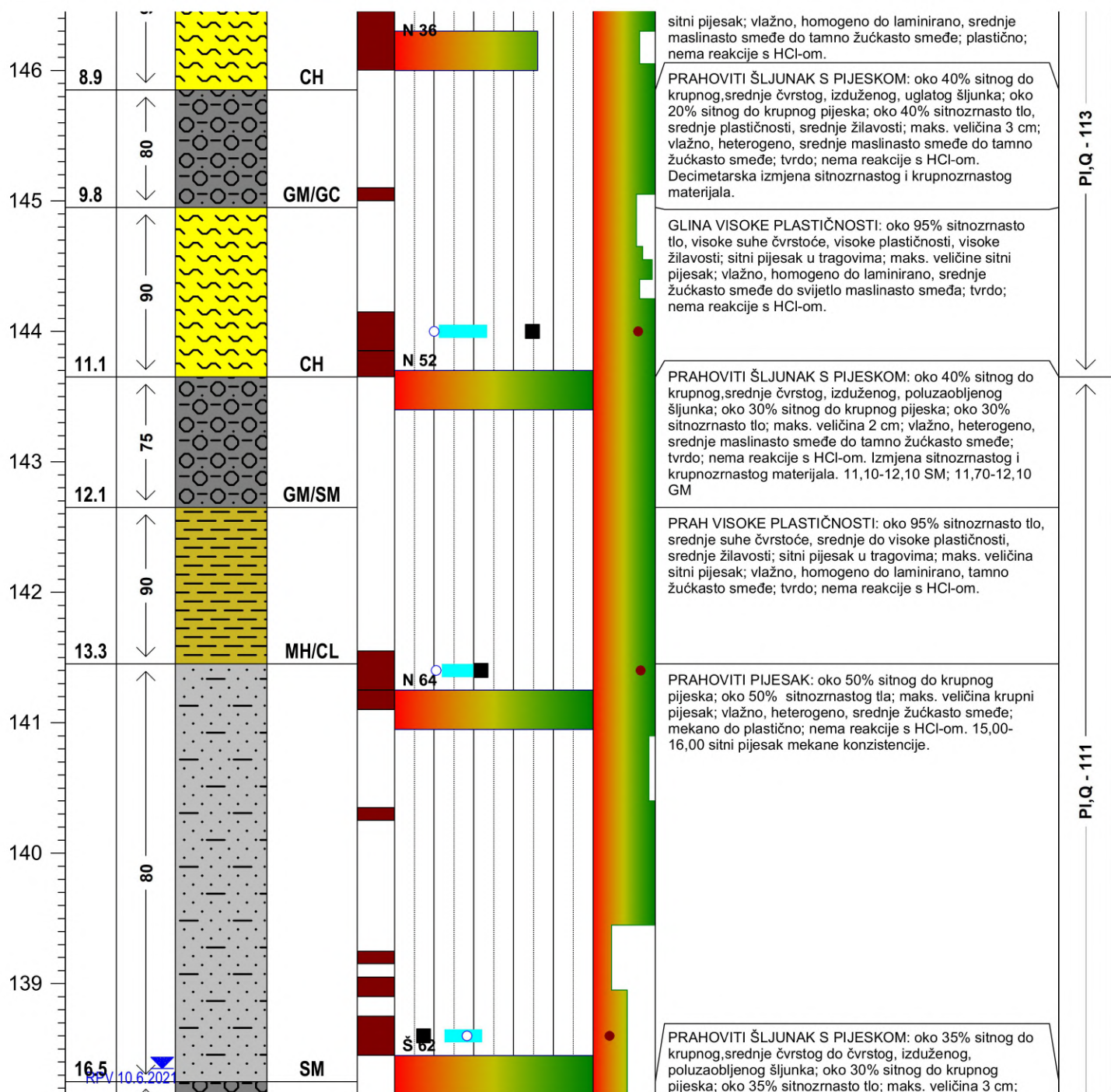
Wp, WI, Wo (%)	0	100	
SPP (udaraca)	0	50	0 500
qu (kPa)	0	1000	1.5
			lc

PROJEKT: Diplomski rad **IZVOĐAČ:** M K S Inženjering d.o.o. **NADZOR:** M. Krkač
OBJEKT: Stambeni objekti **DATUM:** 10.-12.5.2021. **IG DETERMINACIJA:** M. Kapelj
LOKACIJA: Srebrnjak **NADM. VISINA:** 154,75 m n.m. **IG INTERPRETACIJA:** M. Kapelj
GEOTEHNIČAR: R. Ravlić, K. Ivandić **KOORDINATE:** x: 460589,22 y: 5076063,64

INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE B-5 **DUBINA:** 30.70 m **MJERILO:** 1:45 **PRILOG:** 2.5

NAPOMENA: napomena

NADM. VISINA (m)	DUBINA (m)	JEZGRA (%)	IG SIMBOL	GEOMEH. SIMBOL	UZORAK	IN SITU I LABORATORIJSKA ISPITIVANJA		INŽENJERSKOGEOLOŠKI OPIS
						SPP (br. udaraca)	Att. granice	
						qu	qpp	
						prir. vlažnost	Ic	



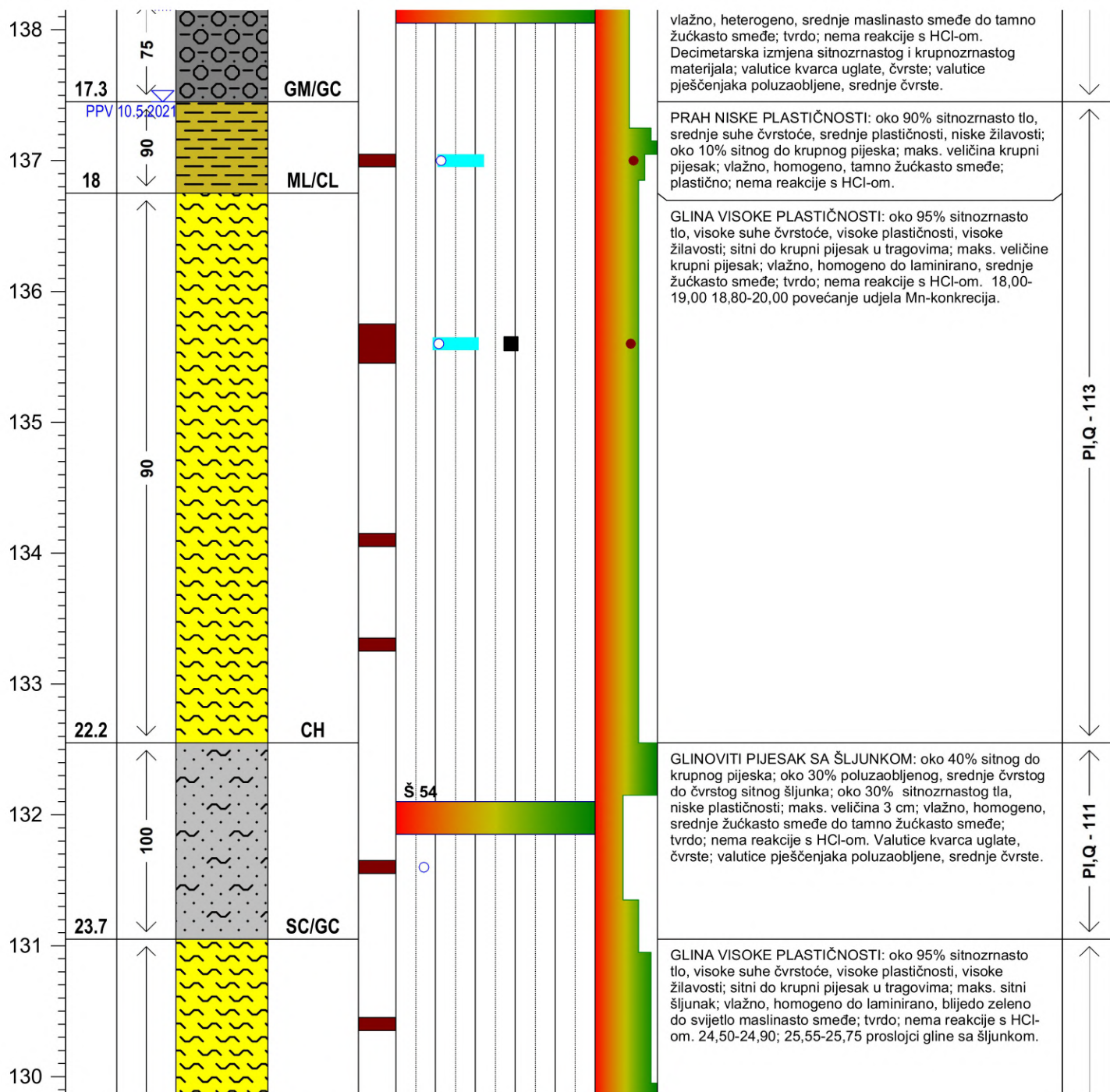
Wp, WI, Wo (%)	0	100		
SPP (udaraca)	0	50	0	500
qu (kPa)	0	1000		1.5
				Ic

PROJEKT: Diplomski rad **IZVOĐAČ:** M K S Inženjering d.o.o. **NADZOR:** M. Krkač
OBJEKT: Stambeni objekti **DATUM:** 10.-12.5.2021. **IG DETERMINACIJA:** M. Kapelj
LOKACIJA: Srebrnjak **NADM. VISINA:** 154,75 m n.m. **IG INTERPRETACIJA:** M. Kapelj
GEOTEHNIČAR: R. Ravlić, K. Ivandić **KOORDINATE:** x: 460589,22 y: 5076063,64

INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE B-5 DUBINA: 30.70 m MJERILO: 1:45 PRILOG: 2.5

NAPOMENA: napomena

NADM. VISINA (m)	DUBINA (m)	JEZGRA (%)	IG SIMBOL	GEOMEH. SIMBOL	UZORAK	IN SITU I LABORATORIJSKA ISPITIVANJA		INŽENJERSKOGEOLOŠKI OPIS
						SPP (br. udaraca)	Att. granice	
						■ SPP (br. udaraca)	○ Att. granice	
						■ qu	○ prir. vlažnost	● qpp
								● lc



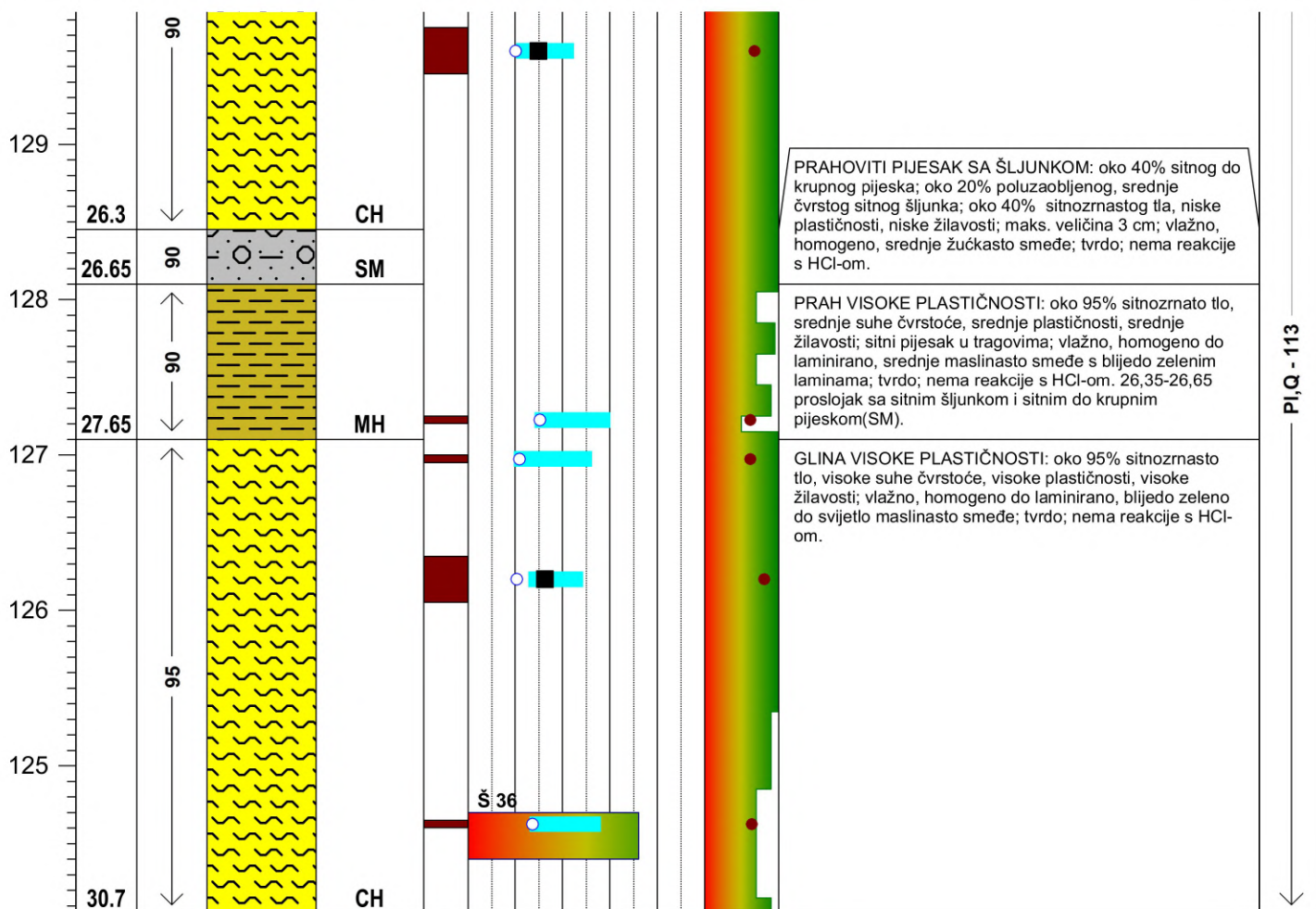
Wp, WI, Wo (%)	0	100		
SPP (udaraca)	0	50	0	500
qu (kPa)	0	1000		1.5
				lc

PROJEKT: Diplomski rad **IZVOĐAČ:** M K S Inženjering d.o.o. **NADZOR:** M. Krkač
OBJEKT: Stambeni objekti **DATUM:** 10.-12.5.2021. **IG DETERMINACIJA:** M. Kapelj
LOKACIJA: Srebrnjak **NADM. VISINA:** 154,75 m n.m. **IG INTERPRETACIJA:** M. Kapelj
GEOTEHNIČAR: R. Ravlić, K. Ivandić **KOORDINATE:** x: 460589,22 y: 5076063,64

INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE B-5 **DUBINA:** 30.70 m **MJERILO:** 1:45 **PRILOG:** 2.5

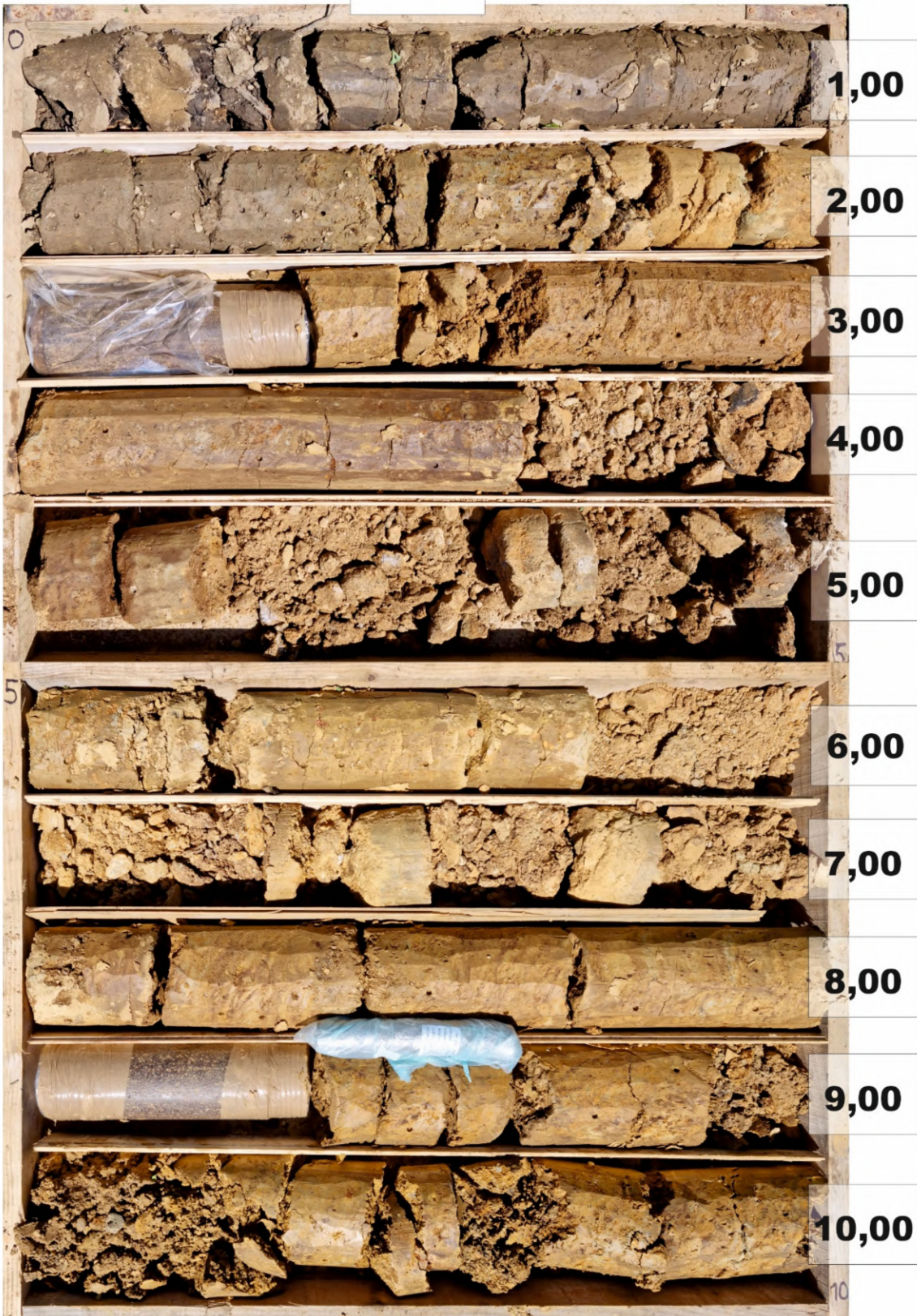
NAPOMENA: napomena

NADM. VISINA (m)	DUBINA (m)	JEZGRA (%)	IG SIMBOL	GEOMEH. SIMBOL	UZORAK	IN SITU I LABORATORIJSKA ISPITIVANJA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI OPIS
						SPP (br. udaraca) Att. granice qu prir. vlažnost	INŽENJERSKOGEOLOŠKA KLASIFIKACIJA qpp lc



Wp, WI, Wo (%)	0	100		
SPP (udaraca)	0	50	0	500
qu (kPa)	0	1000		1.5
				lc

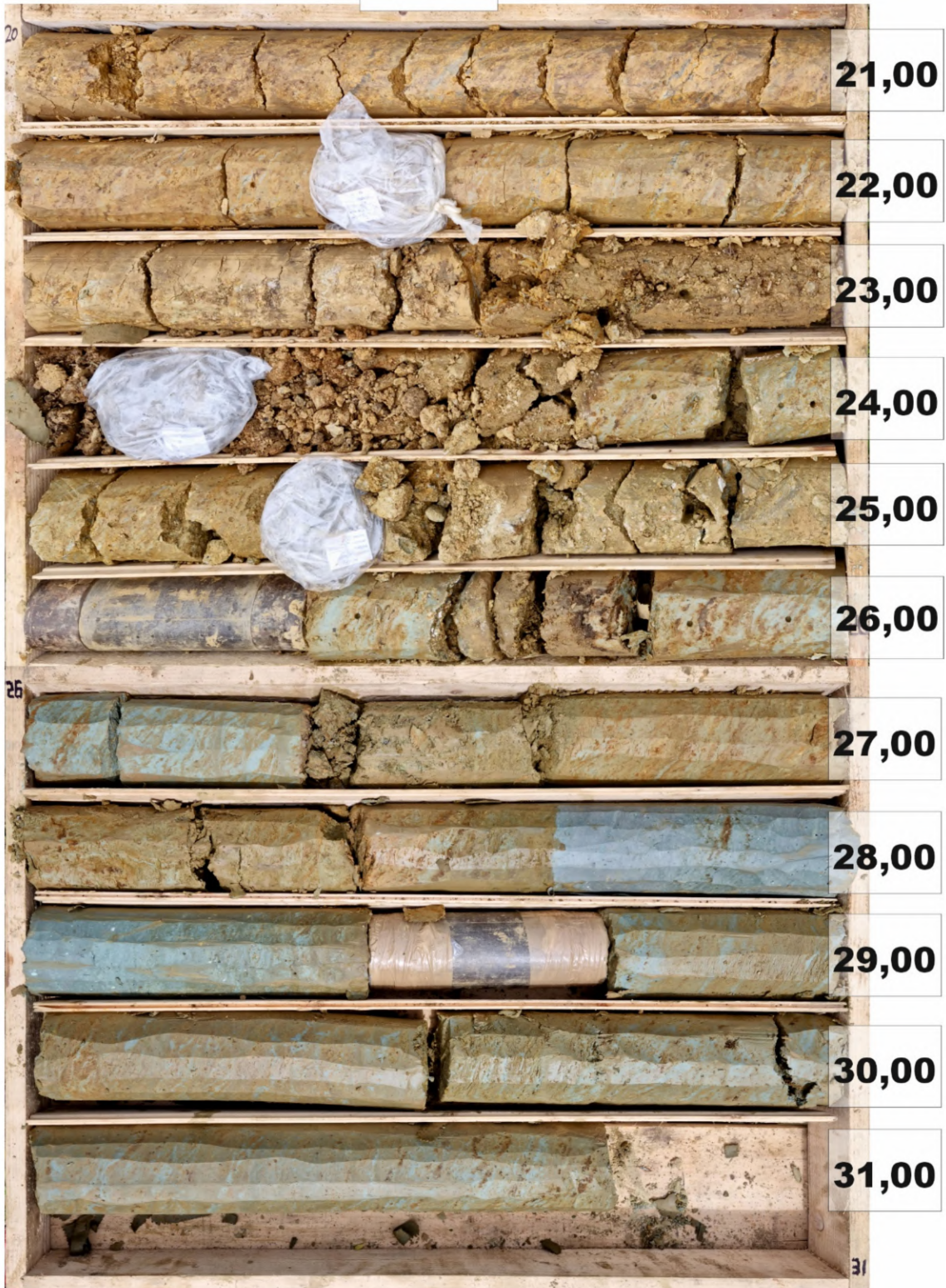
B-5



B-5



B-5

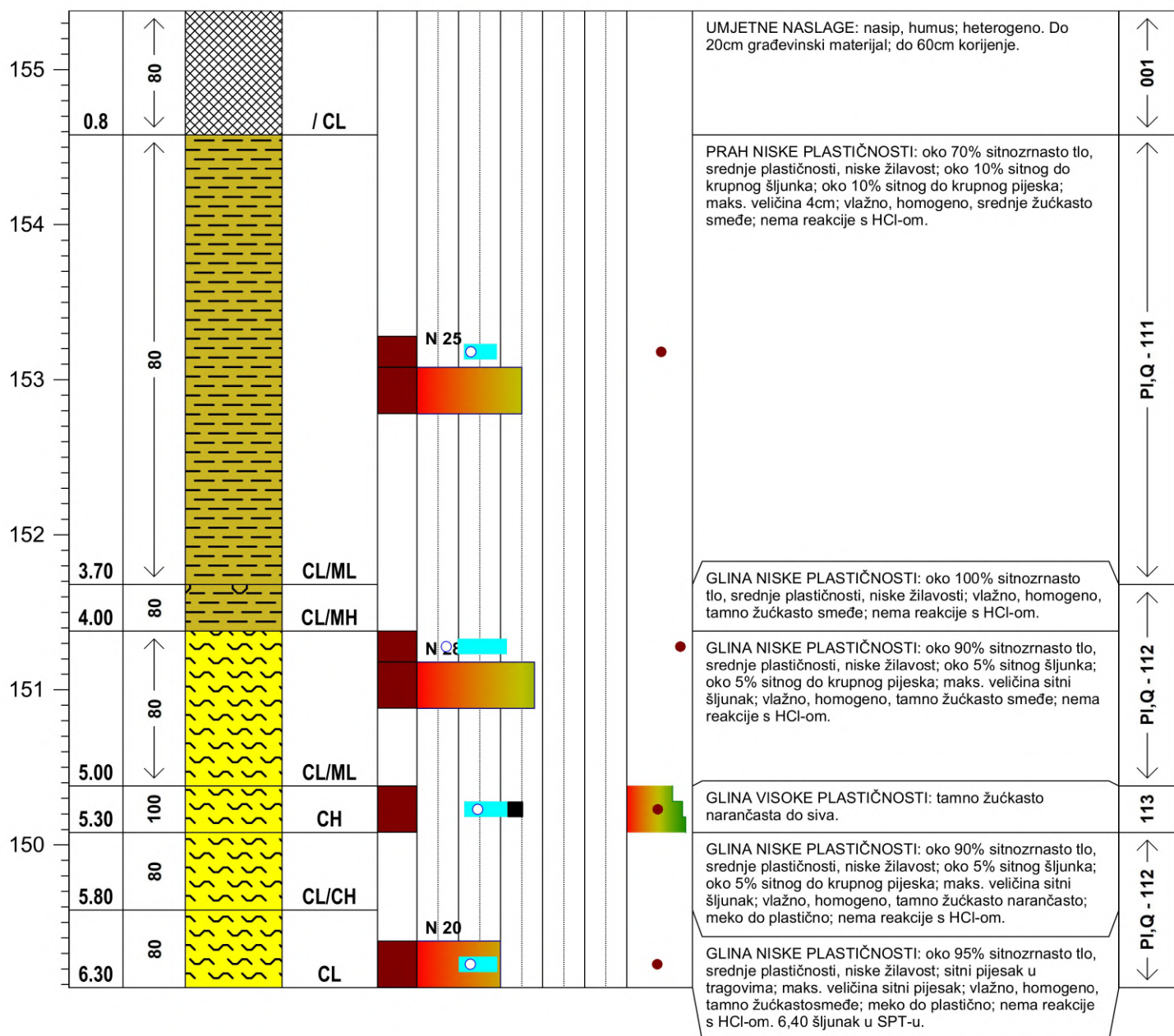


PROJEKT: Diplomski rad **IZVOĐAČ:** M K S Inženjering d.o.o. **NADZOR:** M. Krkač
OBJEKT: Stambeni objekti **DATUM:** 10.6.2021. **IG DETERMINACIJA:** M. Kapelj
LOKACIJA: Srebrnjak **NADM. VISINA:** 155,38 m n.m. **IG INTERPRETACIJA:** M. Kapelj
GEOTEHNIČAR: R. Ravlić, K. Ivandić **KOORDINATE:** x: 460640.13 y: 5076004.78

INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE B-6 **DUBINA:** 6.30 m **MJERILO:** 1:40 **PRILOG:** 2.6

NAPOMENA: napomena

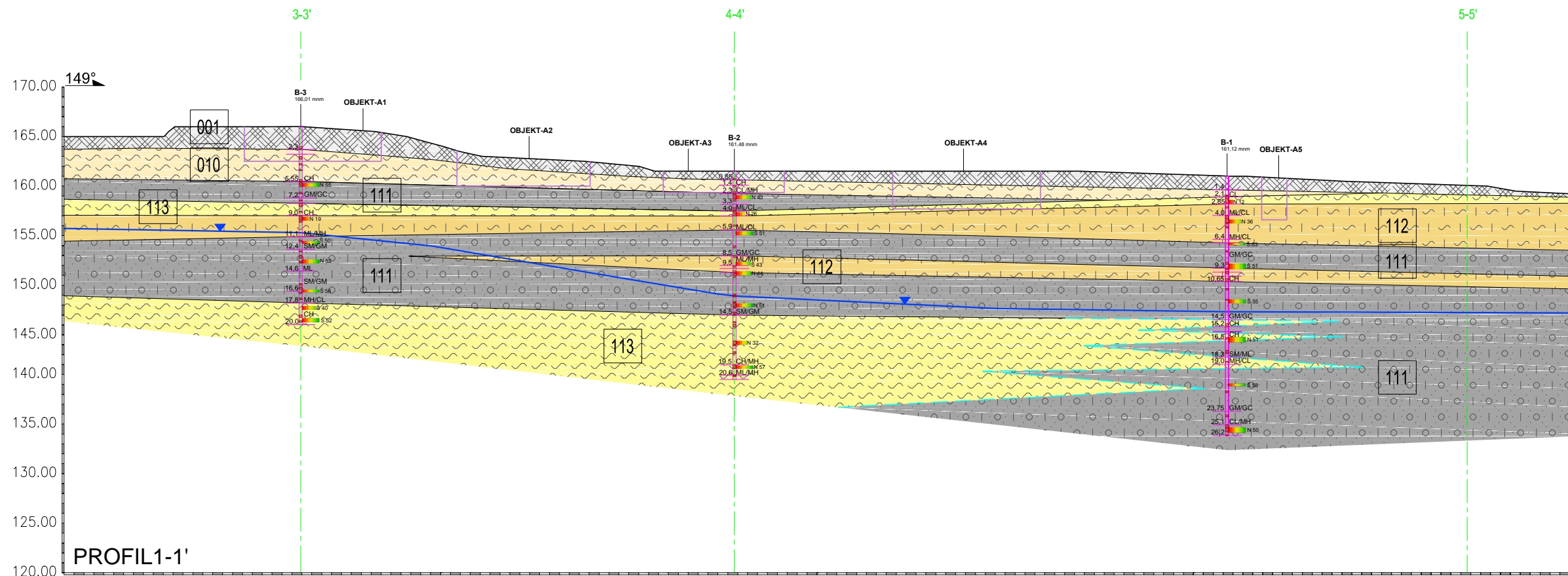
NADM. VISINA (m)	DUBINA (m)	JEZGRA (%)	IG SIMBOL	GEOMEH. SIMBOL	UZORAK	IN SITU I LABORATORIJSKA ISPITIVANJA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI OPIS
						SPP (br. udaraca) Att. granice qu prir. vlažnost	



Wp, WI, Wo (%)	0	100	qpp (kPa)
	0	50	
SPP (udaraca)	0	1000	lc
	0	1000	

B-6





LEGENDA

	GRANICA INŽENJERSKOGEOLOŠKE ZONE		OZNAKA BUŠOTINE
	PRETPOSTAVLJENJA GRANICA INŽENJERSKOGEOLOŠKE ZONE		POLOŽAJ INŽENJERSKOGEOLOŠKOG PROFILA
	PRETPOSTAVLJENA KLIZNA PLOHA		POLOŽAJ PLANIRANOG OBJEKTA
	RAZINA PODZEMNE VODE		

INŽENJERSKOGEOLOŠKE JEDINICE

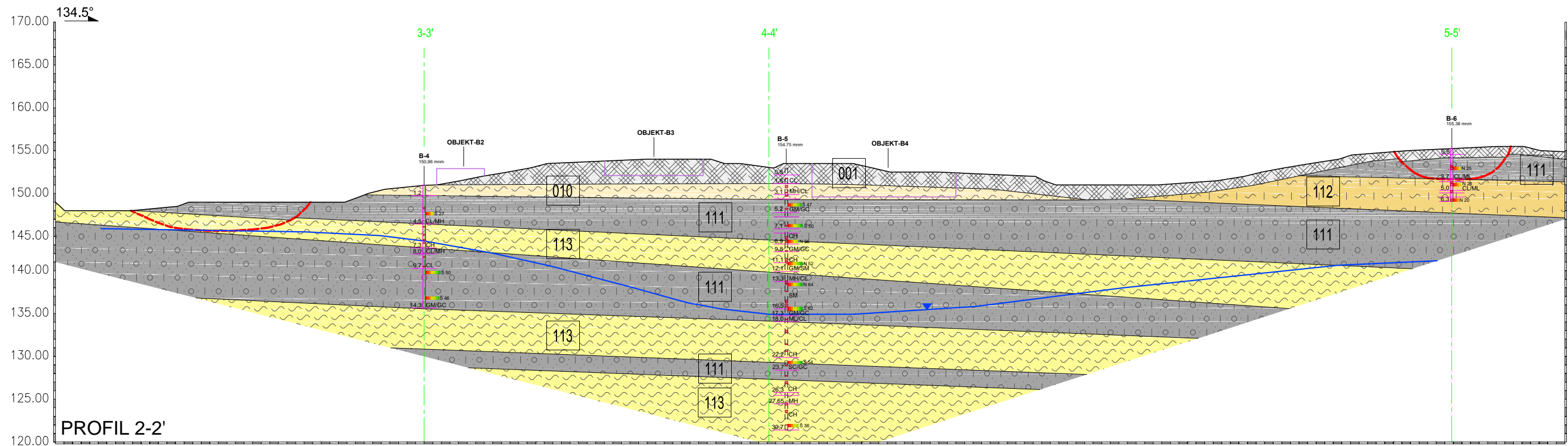
GENEZA / STATIGRAFSKI SIMBOL		OZNAKA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI TIP	GEOMEHANIČKI SIMBOL	PROSJEČNE VRIJEDNOSTI GEOTEHNIČKIH PARAMETARA
POKRIVAČ	TRANSPORTIRANO TLO: UMJETNE NASLAGE	001	mješavina krupnozrnastog i sitnozrnastog tla te građ. materijala	-	$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$, $c = 5 \text{ kPa}$, $\phi = 20^\circ$
	TRANSPORTIRANO TLO: ELUVIJ/DELUVIJ	010	glina niske do visoke plastičnosti	CH, CL, CL/MH	$\gamma = 19,5 \text{ kN/m}^3$, $c = 22 \text{ kPa}$, $\phi = 25^\circ$
PODLOGA	INŽENJERSKO TLO: SLABO DO SREDNJE TROŠNI SEDIMENT	111	prahoviti šljunak s pijeskom, prahoviti pijesak sa šljunkom, glinoviti prah	GM/GC, GM/SM, SM/SC, ML/CL, MH/CL	$\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$, $c = 10 \text{ kPa}$, $\phi = 28^\circ$
		112	glina niske plastičnosti, prah niske plastičnosti, prah visoke plastičnosti	CL, ML, MH/CL	$\gamma = 20,5 \text{ kN/m}^3$, $c = 20 \text{ kPa}$, $\phi = 27^\circ$
		113	glina visoke plastičnosti	CH, CH/CL	$\gamma = 20,5 \text{ kN/m}^3$, $c = 25 \text{ kPa}$, $\phi = 23^\circ$



Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo

DIPLOMSKI RAD

GRADEVINA	STAMBENI OBJEKTI SREBRNJAK k.č.br. 3450/1, 3450/4, 3450/3, 3450/5, 3450/2 3450/6, 3452/1, 3452/2, k.o. Centar
PROJEKT	GEOTEHNIČKI ELABORAT
VRSTA ISTRAŽIVANJA	INŽENJERSKOGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA
SADRŽAJ PRILOGA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI PROFIL 1-1'
MENTOR dr.sc. M. Krkač, dipl.ing.geol.	IZRADIO M. Kapelj, univ.bacc.ing.geol.
DATUM srpanj, 2021.	MJERILO 1:500 PRILOG BR. 3.1



LEGENDA

	GRANICA INŽENJERSKOGEOLOŠKE ZONE		OZNAKA BUŠOTINE
	PRETPOSTAVLJENJA GRANICA INŽENJERSKOGEOLOŠKE ZONE		POLOŽAJ INŽENJERSKOGEOLOŠKOG PROFILA
	PRETPOSTAVLJENA KLIZNA PLOHA		POLOŽAJ PLANIRANOG OBJEKTA
	RAZINA PODZEMNE VODE		

INŽENJERSKOGEOLOŠKE JEDINICE

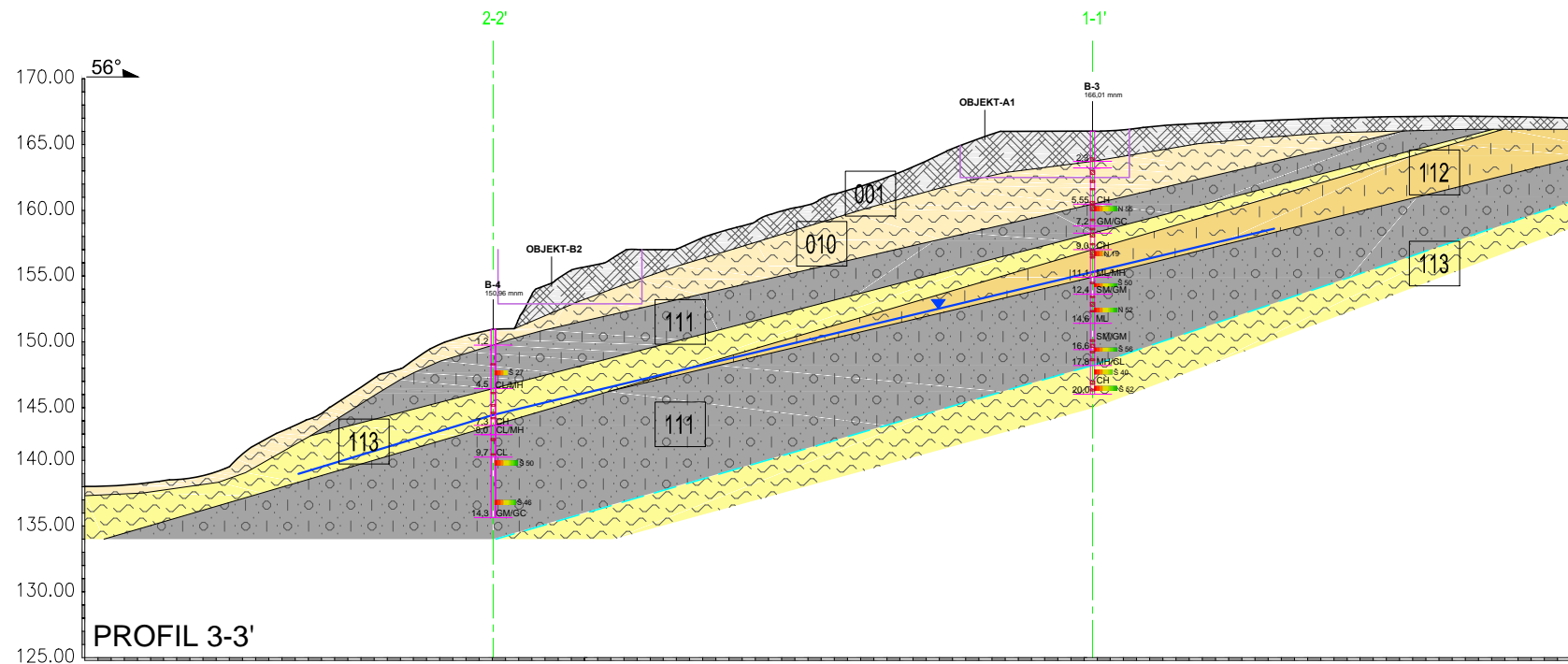
GENEZA / STATIGRAFSKI SIMBOL		OZNAKA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI TIP	GEOMEHANIČKI SIMBOL	PROSJEČNE VRIJEDNOSTI GEOTEHNIČKIH PARAMETARA
POKRIVAČ	TRANSPORTIRANO TLO: UMJETNE NASLAGE	001	mješavina krupnozrnastog i sitnozrnastog tla te građ. materijala	-	$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$, $c = 5 \text{ kPa}$, $\phi = 20^\circ$
	TRANSPORTIRANO TLO: ELUVIJ/DELUVIJ	010	glina niske do visoke plastičnosti	CH, CL, CL/MH	$\gamma = 19,5 \text{ kN/m}^3$, $c = 22 \text{ kPa}$, $\phi = 25^\circ$
PODLOGA	INŽENJERSKO TLO: SLABO DO SREDNJE TROŠNI SEDIMENT	111	prahoviti šljunak s pijeskom, prahoviti pijesak sa šljunkom, glinoviti prah	GM/GC, GM/SM, SM/SC, ML/CL, MH/CL	$\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$, $c = 10 \text{ kPa}$, $\phi = 28^\circ$
		112	glina niske plastičnosti, prah niske plastičnosti, prah visoke plastičnosti	CL, ML, MH/CL	$\gamma = 20,5 \text{ kN/m}^3$, $c = 20 \text{ kPa}$, $\phi = 27^\circ$
		113	glina visoke plastičnosti	CH, CH/CL	$\gamma = 20,5 \text{ kN/m}^3$, $c = 25 \text{ kPa}$, $\phi = 23^\circ$



Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo

DIPLOMSKI RAD

GRADEVINA	STAMBENI OBJEKTI SREBRNJAK k.č.br. 3450/1, 3450/4, 3450/3, 3450/5, 3450/2 3450/6, 3452/1, 3452/2, k.o. Centar	
PROJEKT	GEOTEHNIČKI ELABORAT	
VRSTA ISTRAŽIVANJA	INŽENJERSKOGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA	
SADRŽAJ PRILOGA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI PROFIL 2-2'	
MENTOR dr.sc. M. Krkač, dipl.ing.geol.	IZRADIO M. Kapelj, univ.bacc.ing.geol.	
DATUM srpanj, 2021.	MJERILO 1:500	PRILOG BR. 3.2



LEGENDA

	GRANICA INŽENJERSKOGEOLOŠKE ZONE		OZNAKA BUŠOTINE
	PRETPOSTAVLJENJA GRANICA INŽENJERSKOGEOLOŠKE ZONE		POLOŽAJ INŽENJERSKOGEOLOŠKOG PROFILA
	PRETPOSTAVLJENA KLIZNA PLOHA		POLOŽAJ PLANIRANOG OBJEKTA
	RAZINA PODZEMNE VODE		

INŽENJERSKOGEOLOŠKE JEDINICE

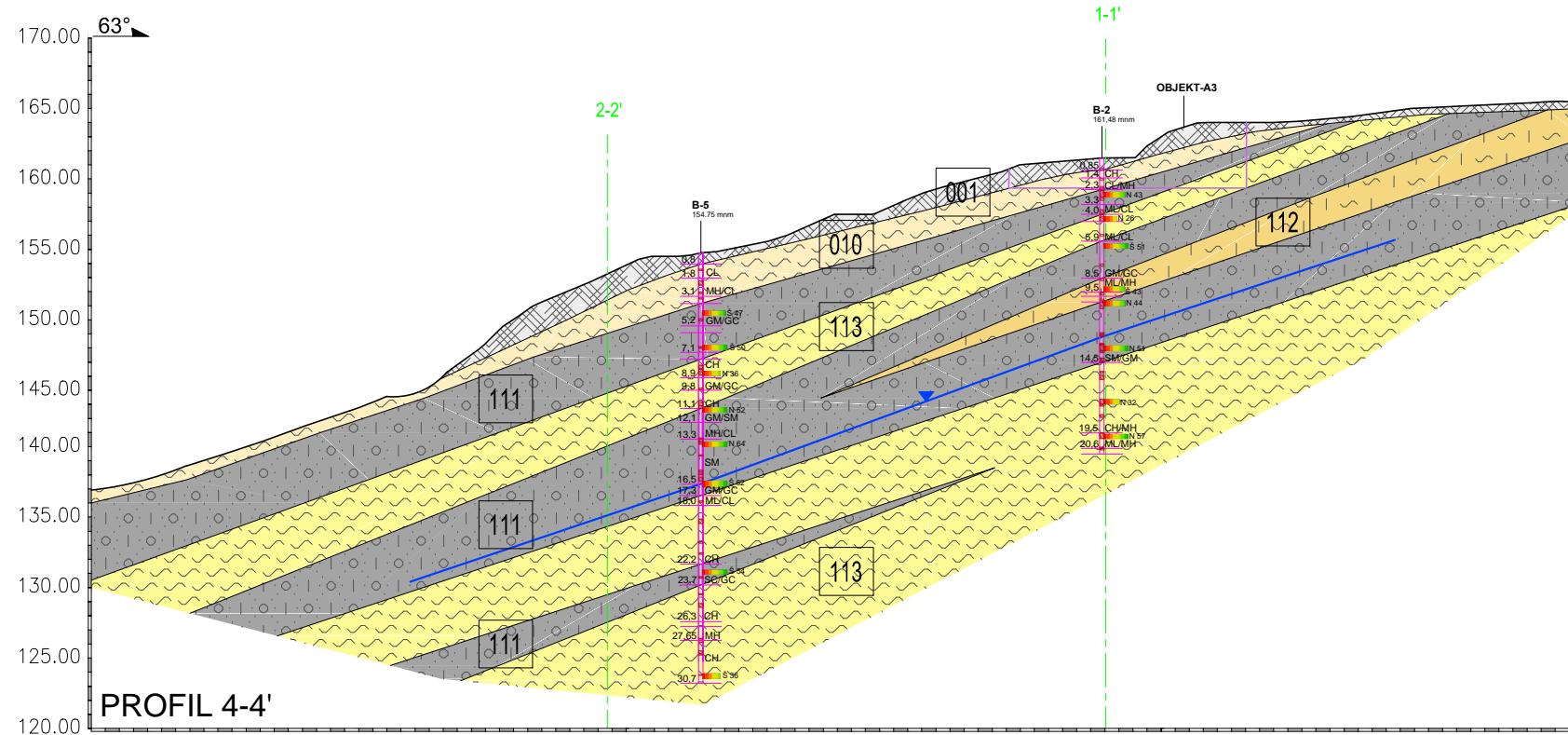
GENEZA / STATIGRAFSKI SIMBOL		OZNAKA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI TIP	GEOMEHANIČKI SIMBOL	PROSJEČNE VRIJEDNOSTI GEOTEHNIČKIH PARAMETARA
POKRIVAČ	TRANSPORTIRANO TLO: UMJETNE NASLAGE		mješavina krupnozrnastog i sitnozrnastog tla te građ. materijala	-	$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$, $c = 5 \text{ kPa}$, $\phi = 20^\circ$
	TRANSPORTIRANO TLO: ELUVIJ/DELUVIJ		glina niske do visoke plastičnosti	CH, CL, CL/MH	$\gamma = 19,5 \text{ kN/m}^3$, $c = 22 \text{ kPa}$, $\phi = 25^\circ$
PODLOGA	INŽENJERSKO TLO: SLABO DO SREDNJE TROŠNI SEDIMENT		prahoviti šljunak s pijeskom, prahoviti pijesak sa šljunkom, glinoviti prah	GM/GC, GM/SM, SM/SC, ML/CL, MH/CL	$\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$, $c = 10 \text{ kPa}$, $\phi = 28^\circ$
			glina niske plastičnosti, prah niske plastičnosti, prah visoke plastičnosti	CL, ML, MH/CL	$\gamma = 20,5 \text{ kN/m}^3$, $c = 20 \text{ kPa}$, $\phi = 27^\circ$
			glina visoke plastičnosti	CH, CH/CL	$\gamma = 20,5 \text{ kN/m}^3$, $c = 25 \text{ kPa}$, $\phi = 23^\circ$



Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo

DIPLOMSKI RAD

GRADEVINA	STAMBENI OBJEKTI SREBRNJAK k.č.br. 3450/1, 3450/4, 3450/3, 3450/5, 3450/2 3450/6, 3452/1, 3452/2, k.o. Centar
PROJEKT	GEOTEHNIČKI ELABORAT
VRSTA ISTRAŽIVANJA	INŽENJERSKOGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA
SADRŽAJ PRILOGA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI PROFIL 3-3'
MENTOR dr.sc. M. Krkač, dipl.ing.geol.	IZRADIO M. Kapelj, univ.bacc.ing.geol.
DATUM srpanj, 2021.	MJERILO 1:500 PRILOG BR. 3.3



LEGENDA

	GRANICA INŽENJERSKOGEOLOŠKE ZONE		OZNAKA BUŠOTINE
	PRETPOSTAVLJENJA GRANICA INŽENJERSKOGEOLOŠKE ZONE		POLOŽAJ INŽENJERSKOGEOLOŠKOG PROFILA
	PRETPOSTAVLJENA KLIZNA PLOHA		POLOŽAJ PLANIRANOG OBJEKTA
	RAZINA PODZEMNE VODE		

INŽENJERSKOGEOLOŠKE JEDINICE

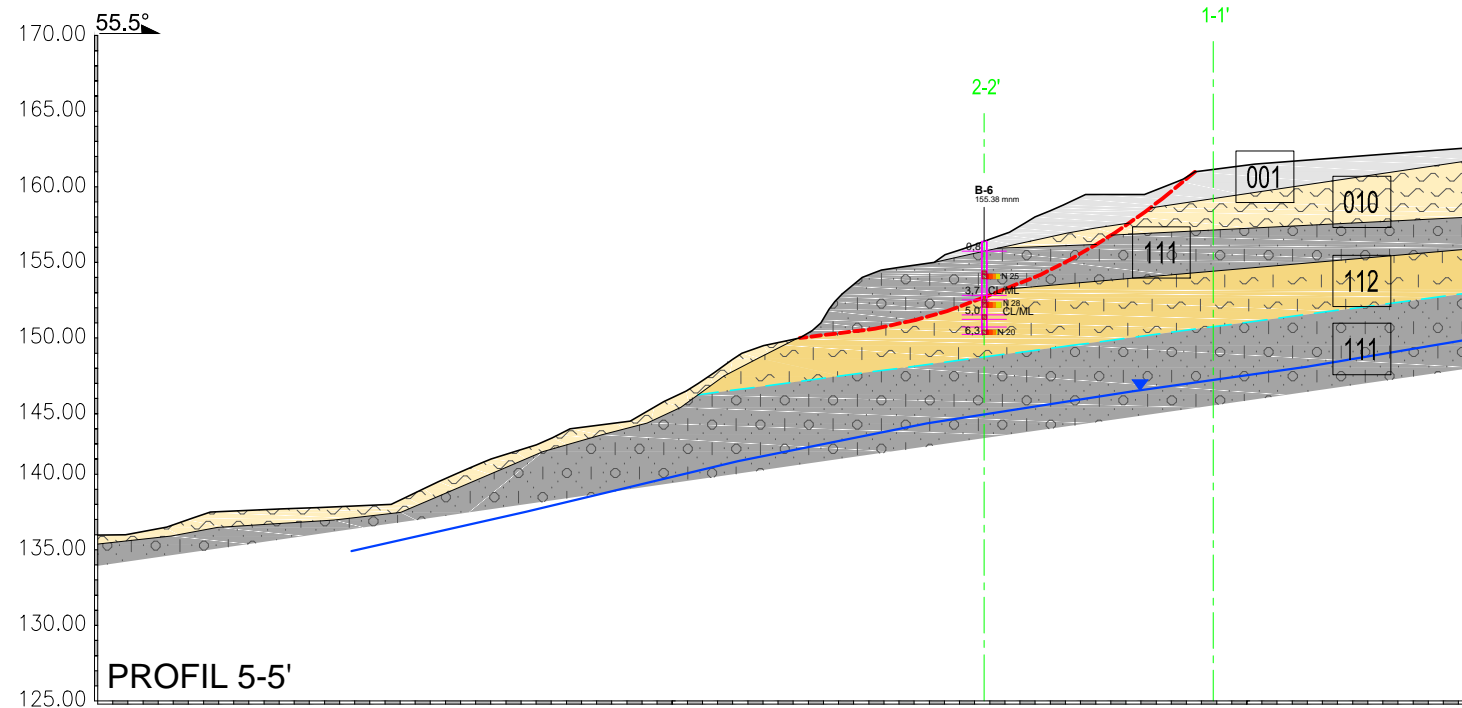
GENEZA / STATIGRAFSKI SIMBOL		OZNAKA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI TIP	GEOMEHANIČKI SIMBOL	PROSJEČNE VRIJEDNOSTI GEOTEHNIČKIH PARAMETARA
POKRIVAČ	TRANSPORTIRANO TLO: UMJETNE NASLAGE	001	mješavina krupnozrnastog i sitnozrnastog tla te građ. materijala	-	$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$, $c = 5 \text{ kPa}$, $\phi = 20^\circ$
	TRANSPORTIRANO TLO: ELUVIJ/DELUVIJ	010	glina niske do visoke plastičnosti	CH, CL, CL/MH	$\gamma = 19,5 \text{ kN/m}^3$, $c = 22 \text{ kPa}$, $\phi = 25^\circ$
PODLOGA	INŽENJERSKO TLO: SLABO DO SREDNJE TROŠNI SEDIMENT	111	prahoviti šljunak s pijeskom, prahoviti pijesak sa šljunkom, glinoviti prah	GM/GC, GM/SM, SM/SC, ML/CL, MH/CL	$\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$, $c = 10 \text{ kPa}$, $\phi = 28^\circ$
		112	glina niske plastičnosti, prah niske plastičnosti, prah visoke plastičnosti	CL, ML, MH/CL	$\gamma = 20,5 \text{ kN/m}^3$, $c = 20 \text{ kPa}$, $\phi = 27^\circ$
		113	glina visoke plastičnosti	CH, CH/CL	$\gamma = 20,5 \text{ kN/m}^3$, $c = 25 \text{ kPa}$, $\phi = 23^\circ$



Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo

DIPLOMSKI RAD

GRADEVINA	STAMBENI OBJEKTI SREBRNJAK k.č.br. 3450/1, 3450/4, 3450/3, 3450/5, 3450/2 3450/6, 3452/1, 3452/2, k.o. Centar
PROJEKT	GEOTEHNIČKI ELABORAT
VRSTA ISTRAŽIVANJA	INŽENJERSKOGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA
SADRŽAJ PRILOGA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI PROFIL 4-4'
MENTOR dr.sc. M. Krkač, dipl.ing.geol.	IZRADIO M. Kapelj, univ.bacc.ing.geol.
DATUM srpanj, 2021.	MJERILO 1:500 PRILOG BR. 3.4



LEGENDA

	GRANICA INŽENJERSKOGEOLOŠKE ZONE		OZNAKA BUŠOTINE
	PRETPOSTAVLJENJA GRANICA INŽENJERSKOGEOLOŠKE ZONE		POLOŽAJ INŽENJERSKOGEOLOŠKOG PROFILA
	PRETPOSTAVLJENA KLIZNA PLOHA		POLOŽAJ PLANIRANOG OBJEKTA
	RAZINA PODZEMNE VODE		

INŽENJERSKOGEOLOŠKE JEDINICE

GENEZA / STATIGRAFSKI SIMBOL		OZNAKA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI TIP	GEOMEHANIČKI SIMBOL	PROSJEČNE VRIJEDNOSTI GEOTEHNIČKIH PARAMETARA
POKRIVAČ	TRANSPORTIRANO TLO: UMJETNE NASLAGE	Q _{ut}	mješavina krupnozrnastog i sitnozrnastog tla te građ. materijala	-	$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$, $c = 5 \text{ kPa}$, $\phi = 20^\circ$
	TRANSPORTIRANO TLO: ELUVIJ/DELUVIJ	Q _{td}	glina niske do visoke plastičnosti	CH, CL, CL/MH	$\gamma = 19,5 \text{ kN/m}^3$, $c = 22 \text{ kPa}$, $\phi = 25^\circ$
PODLOGA	INŽENJERSKO TLO: SLABO DO SREDNJE TROŠNI SEDIMENT	PI, Q	prahoviti šljunak s pijeskom, prahoviti pijesak sa šljunkom, glinoviti prah	GM/GC, GM/SM, SM/SC, ML/CL, MH/CL	$\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$, $c = 10 \text{ kPa}$, $\phi = 28^\circ$
			glina niske plastičnosti, prah niske plastičnosti, prah visoke plastičnosti	CL, ML, MH/CL	$\gamma = 20,5 \text{ kN/m}^3$, $c = 20 \text{ kPa}$, $\phi = 27^\circ$
			glina visoke plastičnosti	CH, CH/CL	$\gamma = 20,5 \text{ kN/m}^3$, $c = 25 \text{ kPa}$, $\phi = 23^\circ$



Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo

DIPLOMSKI RAD

GRADEVINA	STAMBENI OBJEKTI SREBRNJAK k.č.br. 3450/1, 3450/4, 3450/3, 3450/5, 3450/2 3450/6, 3452/1, 3452/2, k.o. Centar
PROJEKT	GEOTEHNIČKI ELABORAT
VRSTA ISTRAŽIVANJA	INŽENJERSKOGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA
SADRŽAJ PRILOGA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI PROFIL 5-5'
MENTOR dr.sc. M. Krkač, dipl.ing.geol.	IZRADIO M. Kapelj, univ.bacc.ing.geol.
DATUM srpanj, 2021.	MJERILO 1:500 PRILOG BR. 3.5