

Geodetski radovi u sklopu obnove Bazilike Presvetog Srca Isusova

Leko, Zoran

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geodesy / Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:256:824012>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-29**



Repository / Repozitorij:

repozitorij.geof.unizg.hr/en



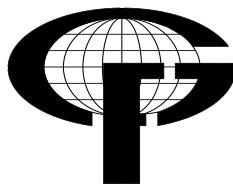
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEODETSKI FAKULTET



Zoran Leko

Geodetski radovi u sklopu obnove Bazilike
Presvetog Srca Isusova

Diplomski rad



Zagreb, 2024.

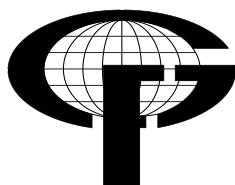
UNIVERSITY OF ZAGREB
FACULTY OF GEODESY



Zoran Leko

**Surveying work as part of the restoration of the
Basilica of the Sacred Heart of Jesus**

Diploma Thesis



Zagreb, 2024

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEODETSKI FAKULTET



Na temelju članka 19. Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu i Odluke br.: 1_349_11 Fakultetskog vijeća Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, od 26. 10. 2017. godine (klasa: 643-03/16-07/03), uređena je obaveza davanja „Izjave o izvornosti“ diplomskog / specijalističkog / doktorskog rada koji se vrednuju na diplomskom, specijalističkom studiju i poslijediplomskom doktorskome studiju geodezije i geoinformatike, a u svrhu potvrđivanja da je rad izvorni rezultat rada studenta te da taj rad ne sadržava druge izvore osim onih koji su u njima navedeni.

IZJAVLJUJEM

Izjavljujem da je moj diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi tog rada nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

Datum:

07. lipanj 2024.

Ime i prezime:

Zoran Leko

Ovaj diplomski rad posvećujem svojim roditeljima koji su uvijek živjeli po načelima istinskih kršćanskih vrijednosti. Njihova predanost radu i mudrost naučili su me da su vjera i znanje najveće vrijednosti koje nam nitko ne može oduzeti.

Zahvaljujem svojoj obitelji i supruzi Katici na nesebičnoj podršci. Također, veliko hvala mojim kolegama Zvonimiru, Josipu i Ivanu s kojima sam dijelio vrijedna iskustva. Posebno se zahvaljujem profesoru Lorisu Redovnikoviću, kolegama Tomislavu Borošaku, Krešimiru Jukiću, Marku Cindriću, Zlatanu Novaku te pateru Damiru Kočišu na pruženoj arhivskoj građi.

I. AUTOR	
Ime i prezime:	Zoran Leko
Datum i mjesto rođenja:	06. 01. 1976., Mostar, Hrvatska
II. DIPLOMSKI RAD	
Naslov:	Geodetski radovi u sklopu obnove Bazilike Presvetog Srca Isusova
Mentor:	doc. dr. sc. Loris Redovniković
Drugi mentor:	dr. sc. Sergej Baričević
Voditelj:	
III. OCJENA I OBRANA	
Datum zadavanja zadatka:	26. veljače 2024.
Datum obrane:	05.07. 2024.
Sastav povjerenstva pred kojim je branjen diplomski rad:	doc. dr. sc. Loris Redovniković prof. dr. sc. Đuro Barković prof. dr. sc. Mladen Zrinjski

Geodetski radovi u sklopu obnove Bazilike Presvetog Srca Isusova

SAŽETAK: Ovaj diplomski rad bavi se geodetskim radovima u sklopu obnove Bazilike Presvetog Srca Isusova u Zagrebu nakon potresa 2020. godine, s posebnim naglaskom na aktivnosti u kojima sam sudjelovao kao stručni suradnik u firmi Geogama d.o.o. Glavni fokus rada bio je na postavljanju nove geodetske osnove, snimanju stanja nosivih zidova nakon uklanjanja svoda, izradi geodetskih podloga za projektiranje AB grede i metalne konstrukcije svoda, iskolčenju osi metalne konstrukcije te analizi točnosti postavljenih anker ploča.

U uvodnom dijelu rada opisuju se potresi koji su uzrokovali značajna oštećenja bazilike i potreba za hitnom obnovom. Opisali smo geodetske radove koje je izvela firma Vektra d.o.o. tijekom faze projektiranja, a čije smo podloge i 3D sken koristili u ovom radu.

Prvo je uspostavljena nova mreža geodetskih točaka kao osnova za daljnje radove. Referentne točke određene su na ulazu i oltaru bazilike, što je omogućilo precizno postavljanje glavne osi i smještaj buduće konstrukcije. Mjerenja su obavljena totalnom stanicom Leica TPS803, a rezultati su uključivali izradu geodetske podloge i analize mjerenih podataka. Nakon uspostave nove geodetske osnove, Geogama d.o.o. pristupila je snimanju postojećeg stanja bočnih zidova lađe i greda krovišta. Ti podaci korišteni su za izradu novih geodetskih podloga i usporedbu s postojećim 3D laserskim snimkama. Ova mjerenja bila su ključna za precizno pozicioniranje i iskolčenje osi metalne konstrukcije svoda.

Analiza točnosti postavljenih anker ploča provedena je dvjema metodama: klasičnim putem koristeći Actcad i Geomir softver te pomoću AI tehnologije ChatGPT-4o uključujući Google Colab Python okruženje. Ova kombinacija omogućila je detaljnu provjeru i vizualizaciju razlika između projektiranog i izvedenog stanja anker ploča.

Zaključno, rad ističe važnost geodetskih radova u obnovi kulturne baštine te potrebu za jasnijim propisima i procedurama kako bi se osigurala točnost i integritet geodetskih radova u projektnoj i izvedbenoj fazi građenja. Korištenje naprednih tehnologija i multidisciplinarni pristup pokazali su se ključnima za uspješnu obnovu i očuvanje kulturnih objekata.

Ključne riječi: Geodetski radovi na obnovi kulturnog dobra, Iskolčenje metalne konstrukcije, AI analiza geodetskih mjerenja, AI kodiranje u python-u, Oštećenja Bazilike u Palmotićevoj.

Surveying works in the restoration of the Basilica of the Sacred Heart of Jesus

ABSTRACT: This thesis deals with surveying works in the restoration of the Basilica of the Sacred Heart of Jesus in Zagreb after the 2020 earthquake, focusing on activities I participated in as a professional associate at Geogama Ltd. The main tasks were establishing a new surveying network, surveying the lateral nave walls after vault removal, creating maps for the design of the reinforced concrete beams and metal vault structure, staking out the axes of the metal structure, and analyzing the accuracy of installed anchor plates.

The introductory part describes the earthquakes that caused significant damage to the basilica and the urgent need for restoration. We detailed the surveying works carried out by Vektra Ltd. during the design phase, using their bases and 3D scans in this work.

A new network of benchmarks was established as the basis for further works. Main reference points were set at the entrance and altar of the basilica, allowing precise placement of the main axis as a starting reference line. Measurements were performed with a Leica TPS803 total station, and the results included maps and analyses of the data. Geogama Ltd. then surveyed the existing condition of the lateral nave walls and roof beams. These data were used to create new maps and to compare with existing 3D laser scans. These measurements were crucial for the precise positioning and staking out of the metal structure's axes.

Accuracy analysis of the installed anchor plates was conducted using two methods: the classical method with Actcad and Geomir software, and AI technology ChatGPT-4, including the Google Colab Python environment. This combination allowed detailed checks and visualization of differences between the designed and executed states of the anchor plates.

In conclusion, the thesis highlights the importance of surveying works in cultural heritage restoration and the need for clearer regulations and procedures to ensure the accuracy and integrity of surveying works in the design and execution phases. Advanced technologies and a multidisciplinary approach proved crucial for the successful restoration and preservation of cultural objects.

Keywords: *Surveying works, Cultural heritage restoration, Staking out metal structures, AI analysis, AI coding in Python*

S A D R Ź A J

1. UVOD	1
2. POVIJEST IZGRADNJE BAZILIKE SRCA ISUSOVA.....	2
2.1. NACRT IZ 1901. GODINE	3
2.2. NACRT IZ 1902. GODINE	5
2.3. POTRESI I OŠTEĆENJA 2020 GODINE	8
3. PROJEKTNII ZADATAK ADAPTACIJE I OBNOVE BAZILIKE U FAZI PROJEKTIRANJA	12
3.1. GEODETSKI RADOVI U FAZI PROJEKTIRANJA	12
3.1.1. 3D Lasersko Skeniranje	12
3.1.2. Fotogrametrijska Izmjera	14
3.1.3. Izrada Arhitektonskih snimaka postojećeg stanja i CAD nacrt.....	15
3.1.4. Georeferencirani oblak točaka i arhitektonski nacrti	16
3.1.5. Rezime obavljenih radova.....	17
4. GEODETSKI RADOVI NA KONSTRUKTIVNOJ OBNOVI.....	18
4.1. DEFINIRANJE PROJEKTOG ZADATKA.....	18
4.2. USPOSTAVA NOVE GEODETSKE OSNOVE	20
4.3. SNIMAK POSTOJEĆEG STANJA	23
4.4. OBRADA PODATAKA I IZRADA GEODETSKE SITUACIJE POSTOJEĆEG STANJA	24
4.5. ANALIZA REZULTATA MJERENJA POSTOJEĆEG STANJA	27
5. ISKOLČENJE OSI	30
5.1. PRIPREMA PODATAKA U CAD-U I IZRADA SKICE ISKOLČENJA	30
5.2. ISKOLČENJE OSI ANKER PLOČA NA NANOSNU SKELU	32
6. SNIMAK IZVEDENOG STANJA ANKERA	35
6.1. IZRADA GEODETSKE SITUACIJE STVARNOG STANJA ANKER PLOČA	37
6.2. OBRADA PODATAKA I ANALIZA REZULTATA MJERENJA.....	37
7. ANALIZA PODATAKA MJERENJA KORIŠTENJEM AI TEHNOLOGIJE-CHATGPT 40	39
7.1. KORACI ANALIZE	40
7.1.1. Rezultati Analize	40
7.2. PREGLED PYTHON KODA I OPIS FUNKCIJA.....	41
7.2.1. Učitavanje Podataka.....	41
7.2.2. Izračunavanje Centralnih Točaka.....	42

7.2.3. Izračunavanje rotacije anker ploče	43
7.2.4. Izračunavanje odstupanja i aritmetička sredina	44
7.2.5. Vizualizacija.....	45
7.2.6. Izračunavanje udaljenosti (osni razmak) i export rezultata.....	47
7.2.7. Export rezultata u Excel:	48
7.3. USPOREDBA REZULTATA CAD/EXCEL I AI TEHNOLOGIJE.....	49
7.4. ZAKLJUČAK ANALIZE PODATAKA AI KODIRANJA U PYTHONU.....	51
8. .ZAKLJUČAK.....	52
LITERATURA	53
POPIS SLIKA	55
POPIS TABLICA	57
PRILOZI	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
ŽIVOTOPIS.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

1. UVOD

U posljednjem desetljeću, tehnološki napredak u informatici, a time i u geodeziji te daljinskim istraživanjima omogućio je efikasniju dokumentaciju kulturnih objekata, posebno u kontekstu obnove kulturne baštine koje su oštećene u prirodnim katastrofama. Potresi 22. ožujka i 28. prosinca 2020. godine, koji su pogodili Zagreb, ostavili su traga na mnogim značajnim zgradama, uključujući Baziliku Presvetog Srca Isusova u Palmotićevoj ulici, koja je pretrpjela znatna oštećenja. S obzirom na kulturnu i povijesnu važnost Bazilike, bilo je nužno brzo djelovati kako bi se procijenila šteta i planirala obnova. Uloga geodetske struke, uključujući primjenu 3D skeniranja, fotogrametrije i inženjerske geodezije u izradi podloga i kasnije u praćenju obnove, od ključne je važnosti u procesu obnove.

Ovaj diplomski rad usmjerava pažnju na primjenu geodetskih radova u izvedbenom dijelu obnove Bazilike Presvetog Srca Isusova u Palmotićevoj ulici 31 i 33, s fokusom na konstruktivnu obnovu, odnosno geodetske radove za projektiranje izvedbenog projekta i montažu metalne konstrukcije svoda.

Cilj ovog diplomskog rada je bio prikazati postupak obavljenih geodetskih radova, od snimke postojećeg stanja za potrebe projektiranja, samog iskolčenja do analize podataka izvedenog stanja. Analiza podataka je provedena na dva načina, prvi je klasični pristup, mjerenje, iscrtavanje u CAD okruženju te računanje razlika u Excel tablicama. Drugi prikazani način je analiza i vizualizacija podataka kreiranim kodom u programu Python, kreiranog uz pomoć umjetne inteligencije (AI) odnosno ChatGPT 4o. Ovakva analiza omogućila nam je uočavanje pomaka nastalih prilikom ugradnje anker ploča kako bi se ukazalo na problematiku prije same montaže i otklonila mogućnost pogrešnog pozicioniranja montažnih elemenata metalne konstrukcije.

Kroz multidisciplinarni pristup i bolju integraciju geodezije s arhitekturom, konzervacijom-restauracijom te građevinskim radovima, pruža se praktičan uvid u mogućnosti koje geodezija i tehnologija nude u službi očuvanja kulturne baštine.

2. POVIJEST IZGRADNJE BAZILIKE SRCA ISUSOVA

U razdoblju obnove i gradnje Bazilike Srca Isusova u Zagrebu, političke i crkvene okolnosti igrale su ključnu ulogu (Szabo, 2002). Svečana posveta novosagrađene bazilike 15. prosinca 1902. godine bila je vrhunac gotovo polustoljetnih priprema i napora zagrebačkih nadbiskupa i crkvenih zajednica (Szabo, 2002). Pripreme za gradnju i ponovni dolazak Isusovaca u Zagreb odvijale su se pod pokroviteljstvom nadbiskupa Jurja Haulika, Josipa Mihalovića, i Jurja Posilovića, čiji su napori bili usmjereni na obnovu kršćanskoga života i duhovnu pripremu naroda (Szabo, 2002).

Bazilika je predstavljala ne samo arhitektonski poduhvat, već i duhovni simbol obnove vjere u srcu hrvatskog naroda. Izgradnja je trajala više od godinu dana, no ukrašavanje i završni radovi na bazilici produžili su se na više od desetljeća, što ukazuje na složenost i opseg projekta (Szabo, 2002).

Osim arhitektonskih i duhovnih aspekata, financiranje gradnje bazilike bilo je značajno pitanje. Mecenatski darovi nadbiskupa, zajedno s darovima vjernika i podrškom iseljene Hrvatske, bili su ključni u dovršavanju projekta. Nadbiskup Posilović posebno je doprinio svojim mecenatskim darom, ali i angažmanom u prikupljanju dodatnih sredstava za ukrašavanje crkve (Szabo, 2002).

Povijest Isusovačkog reda u Hrvatskoj, koji je bio zadužen za upravljanje bazilikom, također je važan segment u kontekstu gradnje. Ponovna uspostava Družbe Isusove od strane pape Pija VII. 1814. godine omogućila je njihov dolazak u Hrvatsku i njihovu važnu ulogu u širenju pobožnosti prema Presvetom Srcu Isusovu (Szabo, 2002).

Unatoč otporu dijela zagrebačkog liberalnog građanstva i biskupijskih svećenika, koji su smatrali da dolazak Isusovaca može štetiti razvitku "slavske narodnosti" i "odgojivanja omladine", njihova uloga u gradnji bazilike i duhovnom preporodu naroda bila je neupitna (Szabo, 2002).

U zaključku, gradnja Bazilike Srca Isusova u Zagrebu bila je višedimenzionalan projekt koji je obuhvaćao ne samo arhitektonske i estetske aspekte, već i duboke političke, duhovne, i društvene dimenzije. Napori zagrebačkih nadbiskupa, mecenatski darovi, i duhovna obnova koju su predvodili Isusovci, odigrali su ključnu ulogu u realizaciji ovog značajnog crkvenog objekta (Szabo, 2002).

2.1. Nacrt iz 1901. godine

Prvim konceptom bazilike, prema tlocrtu u mjerilu 1:200 i nacrtima u mjerilu 1:100, arhitekt Holjac (slika 2.1.) projektirao je jednobrodnu baziliku s transeptom (Slika 2.2.) Brod bazilike i transept tako bi završavali polukružnim apsidama. Središnji prostor bočno je proširen s tri pravokutne kapele s obje strane. Bočno od nartekusa su po dva kvadratna zvonika. Na prvom katu nad nartekсом je pjevalište, a na drugom, nad kapelama, oratoriji-galerije. Arhitekt Holjac odmah je planirao raščlaniti projekt na faze, stoga su iste ucrtane na nacrtima. Prva faza prvog projekta obuhvaćala je izgradnju broda bazilike s tri bočne kapele s obje strane i privremenim oltarnim prostorom na poziciji transepta, zatim zvonike, nartekusa i pjevalište te iznad bočnih kapela kontinuirane galerije bez razdjelnih zidova kao drugi kat. Privremeno svetište, na mjestu planiranog transepta, u širini glavnog broda završeno je ravnim zidovima. Povišeno je za tri stube i odvojeno od broda balustradom, a pod bočnih kapela izdignut je za visinu jedne stube. Sakristija je s južne strane svetišta, u širini kapela. U drugoj fazi prvog projekta planirana je izgradnja transepta, šireg od dužine pojedine kapele, a njegova dužina izlazi za dubinu polukružnih apsida iz glavnog tijela bazilike. Oltari u bočnim kapelama planirani su na istočnoj strani, uz razdjelne zidove. Prema tlocrtu, planirani su i oltari u apsidama na završetku transepta. Svetište je širine glavnog broda, a sastoji se od traveja i polukružne apsida. Oko svetišta nalazi se polukružni ophod sa osam radijalnih zidova koji imaju ulogu kontrafora. Holjac je ovdje prikazao i poprečni i uzdužni presjek bez završne apsida. Brod bazilike bio bi nadsvođen bačvasto, s pojasnicama. Svodovi galerija u nacrtima se oslanjaju na poprečne, polukružne lukove. Visina svoda pjevališta bila bi niža od bačvastog svoda glavnog broda, a nadsvođena je bačvastim svodom. Iz presjeka se vidi kako bi bazilika u tom slučaju imala pod koji bi za četiri stube bio viši od ulične razine poda. Osnovni materijal konstrukcije zidova, svodova, stupaca i lukova je opeka. Krovnište je projektirano kao kombinirana jednostruka visulja. Svod bazilike nosili bi stiješnjeni lukovi galerija i križni stupci, na kvadratnoj osnovi, sa zidovima koji imaju ulogu kontrafora. Na bočnim stranicama stupaca, u kapelama bi se nalazio mali red toskanskih pilastara, a na katu udvojeni toskanski pilastri koji nose stiješnjene lukove galerija. Stvarnu funkciju statike galerija osiguravaju, po nacrtu, čelični I nosači. Kamene balustrade su na prvom nacrtu uvučene. Ograda na poziciji transepta bi se sastojala od tri polja sa po pet balustara. Pažnja je bila na svakom detalju pri osmišljanju prostora, pa je tako unutrašnji pročeljni zid nad pjevalištem nosio stiješnjeni luk oslonjen na bočne zidove zvonika s pilastrom koji završava vijencem u visini kapitela velikog reda broda. Pjevalište prema unutrašnjem prostoru

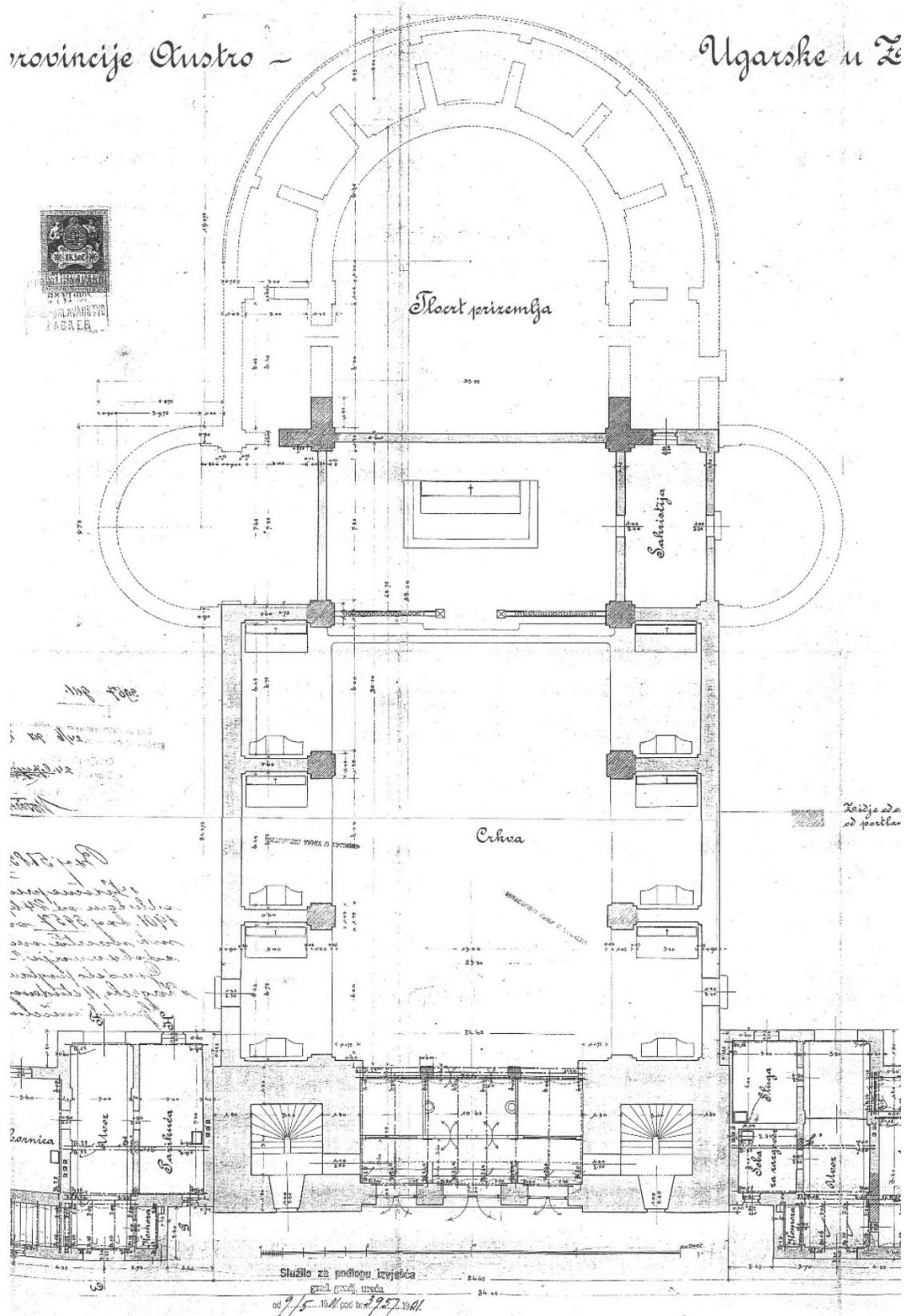
bazilike podupirala bi tako dva stupca, a balustrada pjevališta nalazila bi se u osi bočnih pilastara. Kako bi se prostor ispunio prirodnom svjetlosti, u bočnim kapelama planirani su bili visoki četvrtasti prozori koji su šprljcima podijeljeni na četiri dijela. Prirodno osvjetljenje bazilike dodatno bi se ostvarilo pomoću galerijske bifore, s polukružnim prozorom pjevališta, okulusa nad pjevalištem te s dva prozora na svakom kraku transepta s obje strane. Od dekorativnih elemenata formirala bi se pravokutna polja s kaneliranim istacima i kružnim vijencem na tijelima pilastara velikog reda. Konzole koje vizualno nose galerije ukrašene bi bile volutama. Stupci koji nose pjevalište bili bi ukrašeni kanelirama, kružnim vijencem i ukrasnom trakom. Girlande bi se nalazile ispod prozora u kapelama. Pročelje bazilike je uvučeno od linije ulice i smješteno između dva simetrično postavljena dvokatna krila, kongregacijske namjene na sjeveru i samostanske namjene na jugu. Po horizontali se sastoji od donjeg dijela i gornjeg dijela s zvoncima i zabatom. Donji dio sastoji se od prve (prizemne) zone i druge (dvokatne) zone, a zaključen je frizom i vijencem u visini završnih vijenaca bočnih krila. Gornji dio se sastoji od četverokutnih tijela zvonika, osmerokutnih tambura i polukružnih kupola s križevima. Između zvonika je potkrovlje sa trokutnim zabatom. Iznad završnog vijenca donjeg dijela pročelja horizontalnu podjelu naglašava istaknuta balkonska ograda po cijeloj širini pročelja (Integrirani projekt revitalizacija i valorizacija Bazilike Srca Isusova u Gradu Zagrebu, Code architect d.o.o. Maksimirska cesta 8. 10000 Zagreb, 2020).



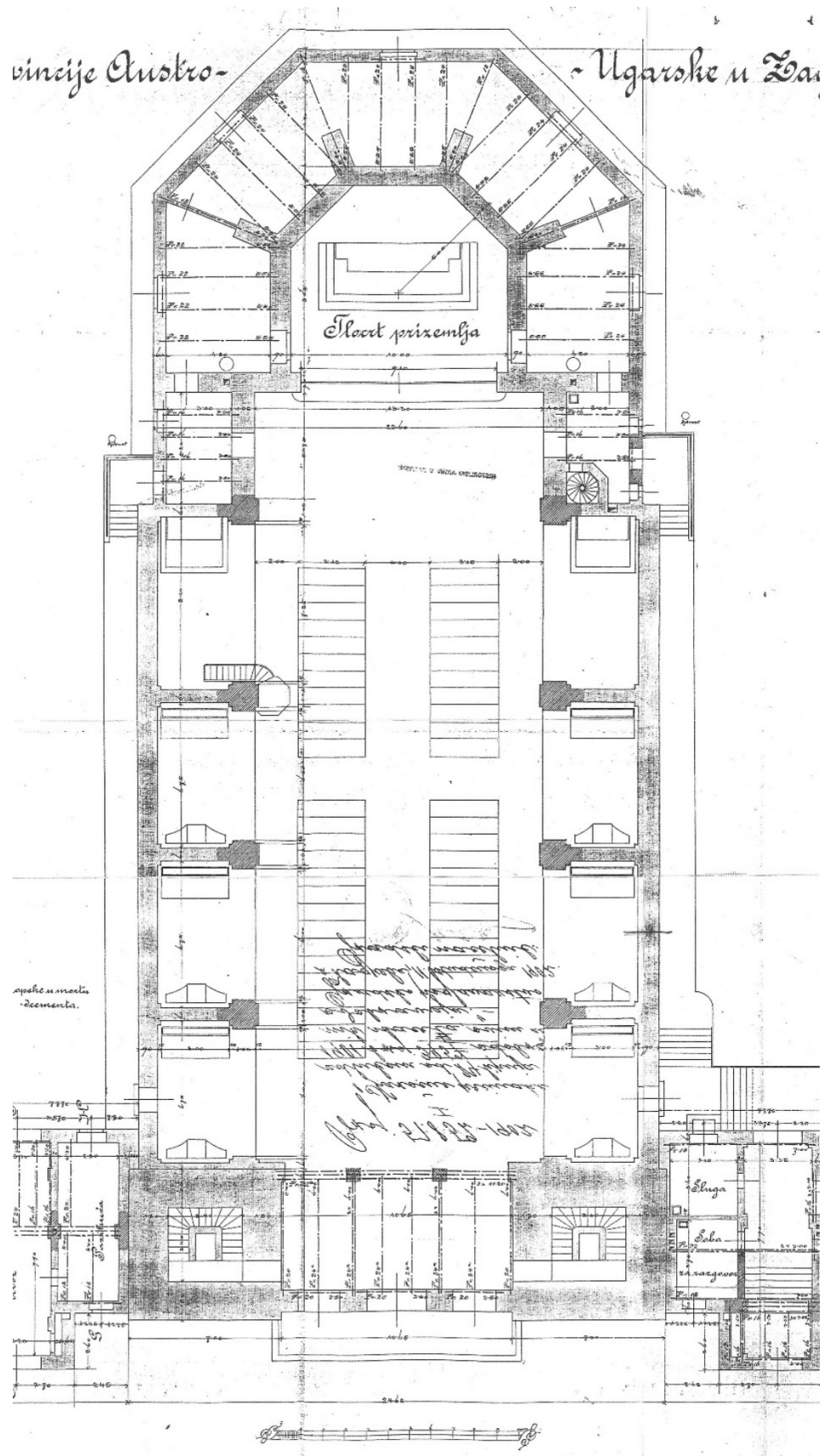
Slika 2.1. Janko Holjac, Vlaho Bukovac 1910 (<https://www.mgz.h.r/en/exhibitions/zagreb---city-people-life,1578.html>)

2.2. Nacrt iz 1902. godine

Kritika koja je upućena arhitektu Holjcu nakon prvog nacrt iz 1901. godine je prihvaćena te su promjene implementirane u idućem nacrtu (Slika 2.3). Prva promjena koju uočavamo i koja je najizraženija je micanje transepta s polukružnim završetcima. Na mjestu završetka transepta dodana je četvrta kapela s obje strane što je omogućilo produljenje same galerije. Glavni brod je produžen užim travejem koji predstavlja predsvetišni prostor, no ovom intervencijom je prostor svetišta postao kraćim i užim. Pričesna klupa (balustrada) je planirana ispod trijumfalnog luka. Područje svetišta u drugom projektu uže je od glavnog broda za manje od širine pročelnog zida trijumfalnog luka. Svetišna apsida je projektirana na osmerokutnoj osnovi. Apsida je planirana sa šest kontrafora koji se izdižu u visini prvog i drugog kata, iznad ophodne prizemne zone sakristije. Na bočnim stranicama prezbiterija nalaze se ulazi u sakristiju. Holjac je dodao i zavojne stube što vode iz južnog pred sakristijskog prostora u južnu galeriju, a stube se izvana čitaju kao mali poligonalni aneks u kutu, između pred sakristijskog prostora i zida posljednje kapele. Prostor narteksa nije dodatno pregrađen vjetrobranskim vratima kao u prvom planu. Središnja vertikala zvonika oko koje je stubište je povećana te sad poprima pravokutan presjek. Uspoređujući uzdužni presjek koncepta prvog i drugog plana, također, se uočavaju razlike. U drugom planu, arhitekt Holjac radi veći pristupni plato pred glavnim ulazom crkve u visini druge stuba, a treća stuba je planirana u visini poda crkve. Bočne kapele i predsvetišni prostor izdignuti su za jednu stubu, a svetište za dvije. Prvobitno polukružno završene kupole tornjeva sada su osmerokutne, po presjeku povišene, a dodana je osmerokutna lanterna. U kapelama su planirani prozorski otvori bez šprljaka, pretpostavlja se kako su u planu bili vitraji. Ograde galerija koje su sada produžene od zida do zida, imaju vitkije balustre. I ovdje je svaka ograda podijeljena u tri polja parapetnim stupcima, ali polja ograda iznad prva tri para kapela imaju po pet balustara, dok nad posljednjim kapelama prva dva polja imaju sedam, a treće osam. U dekorativnim se elementima razlikuju ukrasni istaci na tijelima pilastara, nema girlanda pod prozorima kapela i drugačija su polja ukrasnih plošnih postolja prozora.



Slika 2.2. Nacrt iz 1901. god, Slika preuzeta iz (Integrirani projekt revitalizacija i valorizacija Bazilike Srca Isusova u Gradu Zagrebu, Code architect d.o.o. Maksimirska cesta 8. 10000 Zagreb (2020))



Slika 2.3.. Nacrt iz 1902.god, Slika preuzeta iz (Integrirani projekt revitalizacija i valorizacija Bazilike Srca Isusova u Gradu Zagrebu, Code architect d.o.o. Maksimirska cesta 8. 10000 Zagreb (2020))

Ukratko, prema nacrtu iz 1902. godine, Bazilika Presvetog Srca Isusova u Zagrebu doživjela je značajne izmjene u odnosu na prvobitni plan. Uklonjen je transept s polukružnim završetcima, a na njegovom mjestu dodane su četvrte bočne kapele s obje strane, čime je produžena galerija. Glavni brod je produžen užim travejem, što je predsvetišni prostor učinilo užim i kraćim. Svetište je sada užeg prostora, a apsida je projektirana na osmerokutnoj osnovi, s ophodnim prostorom oko nje.

Dimenzije bazilike su sljedeće:

- Širina broda: 23,80 metara
- Dužina broda: 59,10 metara

Ove promjene omogućile su bolju funkcionalnost i estetsku jednostavnost prostora, prilagođavajući se potrebama korisnika i arhitektonskim standardima tog vremena.

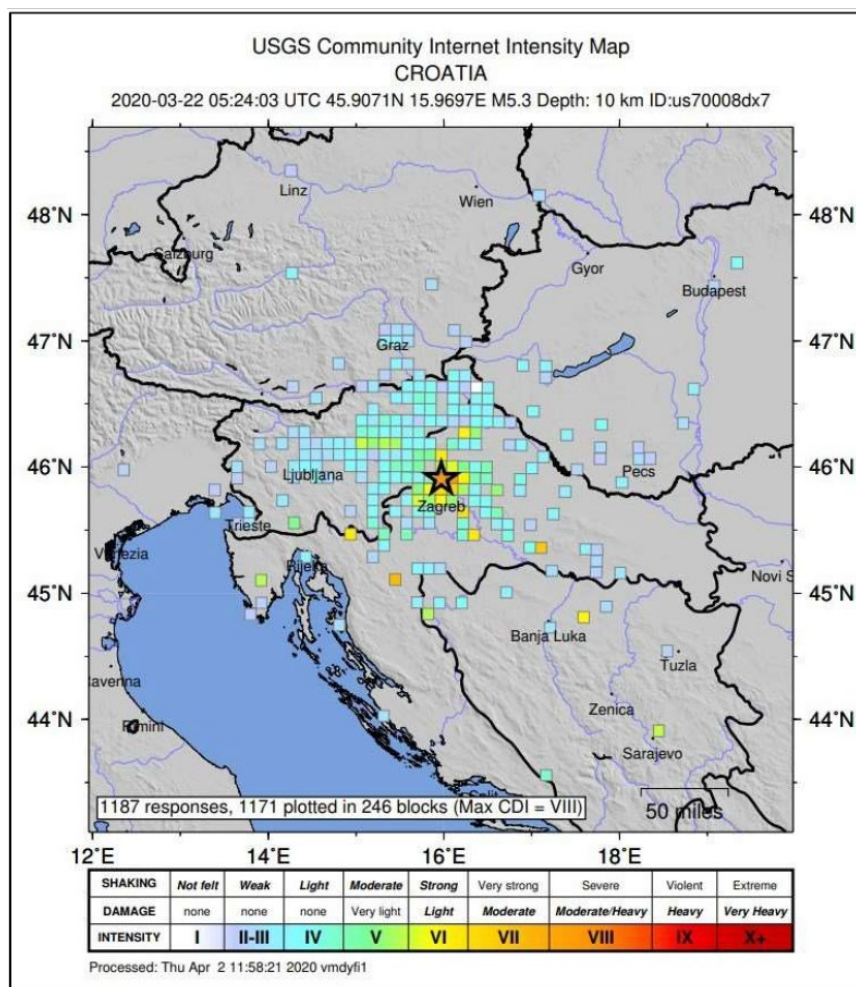
Svečano blagoslivljanje predvodio je zagrebački kanonik Ivan Pliverić 15. prosinca 1902. godine. Godine 2002. crkva je uzdignuta na čast bazilike postavši Nacionalnim svetištem Srca Isusova. Bazilika Srca Isusova nalazi se u krugu vodećih kulturnih institucija Republike Hrvatske. Kako se pri samoj njezinoj gradnji vodila briga o blizini Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti, ne čudi da se danas nalazi okružena brojnim povijesnim kulturnim dobrima. Danas je cijeli ovaj prostor pod zaštitom Ministarstva kulture Republike Hrvatske kao nepokretno kulturno dobro klasificirano kao kulturno-povijesna cjelina Grada Zagreba (Integrirani projekt revitalizacija i valorizacija Bazilike Srca Isusova u Gradu Zagrebu, Code architect d.o.o. Maksimirska cesta 8. 10000 Zagreb, 2020).

2.3. Potresi i oštećenja 2020 godine

Posljednji značajni potres nakon velikog zagrebačkog potresa iz 1880. godine dogodio se 22. ožujka 2020. godine u 06:24 sati prema lokalnom vremenu (*Slika 2.4.*) Epicentar potresa bio je 7 kilometara sjeverno od središta grada Zagreba u blizini Markuševca i Čučerja, a hipocentar je bio na dubini od oko 10 kilometara (MARKUŠIĆ i sur., 2020). Potres magnitude $M_L=5,5$ prema Richteru osjetio se maksimalnim intenzitetom od VII - VIII °MSC. Ovi potresi su uzdrmali Baziliku Presvetog Srca Isusova i nanijeli veliku materijalnu štetu.

Potres se osjetio diljem Hrvatske, pa čak i na udaljenostima većim od 1000 kilometara od epicentra potresa na području Slovenije, Bosne i Hercegovine, Srbije, Austrije, Italije, ali i Češke. Drugi jaki potres 22. ožujka 2020. godine jačine $ML=4,9$ dogodio se u 07:01 sati, a treći potres jačine $ML=3,7$ zabilježen je u 07:41 sati prema lokalnom vremenu. Nakon glavnog potresa koji je pogodio zagrebačko područje toga dana, u nešto više od 24 sata na području grada Zagreba dogodilo se 57 potresa magnitude veće ili jednake 2,0 (MARKUŠIĆ i sur., 2020). Ovaj potres bio je jedan od najjačih koji su pogodili ovaj grad u posljednjih 100 godina i otkrio je brojne slabosti u konstrukciji stambenih zgrada, posebno onih izgrađenih u prvoj polovici 20. stoljeća (Markušić et al., 2020). Zbog toga su odmah nakon glavnog udara provedena opsežna seizmološka, geološka, geodetska i građevinsko-inženjerska istraživanja. Studija Markušić i suradnici (2020) pruža opise oštećenja, specificirajući performanse zgrada i njihovu korelaciju s lokalnim karakteristikama tla, tj. pojačavanjem seizmičkog gibanja. Procjena ko-seizmičkog vertikalnog pomaka tla identificirala je područje s najvećim učinkom prema podacima interferometrije širokog raspona Sentinel-1.

Istraživanje Atalić i suradnika (2021) ističe glavne značajke potresa magnitude $Mw5.4$ u Zagrebu. Potres je generirao vršno ubrzanje tla veće od 0,2 g i maksimalnu spektralnu akceleraciju od oko 0,6 g na 0,1 sekundi u povijesnom središtu grada, što je bio poseban izazov s obzirom na to da se događaj odvio usred djelomičnog zatvaranja zbog Covid-19 virusa i na temperaturama bliskim 0 °C. Atalić et al. (2021) navode da je potres iznenada povećao ekonomske troškove potrebne za potpunu obnovu oštećenih zgrada i infrastrukture u pogođenom području, trenutno procijenjene na više od 10 milijardi eura. Fokus je na performansama starijih zidanih stambenih i kulturnih naslijeđa u povijesnom središtu grada, njihovom pregledu i procjeni oštećenja na strukturnim i nestrukturnim komponentama.

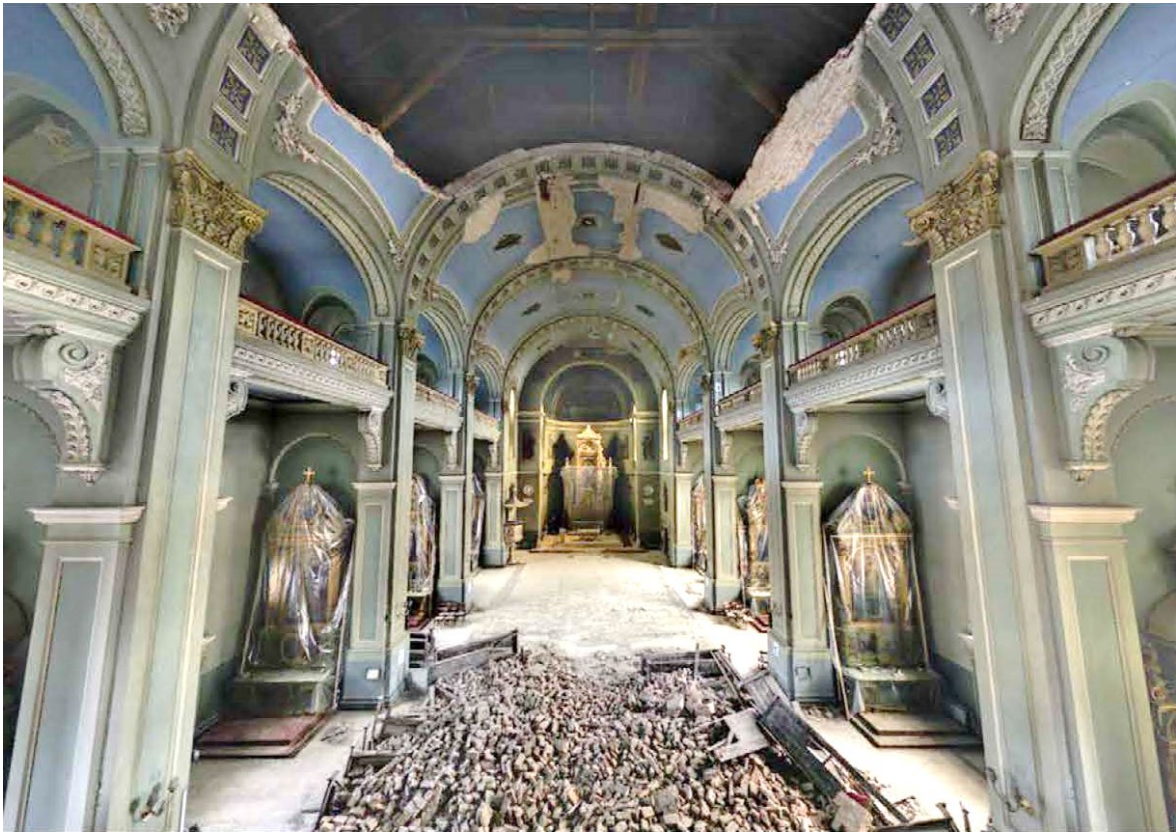


Slika 2.4. Karta intenziteta zagrebačkog potresa 22. ožujka 2020. godine prema USGS (MARKUŠIĆ i sur., 2020)

Pregledom nakon potresa utvrđena su veća oštećenja Bazilike, njene unutrašnjosti, isusovačke rezidencije i pastoralnog centra – najviše gornji katovi. Manja oštećenja uglavnom se odnose na pokrajnje kapele, odvajanje i raspuknuća žbuke. Također, glavni oltar nije značajnije oštećen kao ni grob blaženog Ivana Merza. Najveće oštećenje pretrpio je svod, koji se urušio više od trećine (Slika 2.5.). Na koru je srušena ograda, a u lađi prilikom urušavanja stropa stradale su masivne drvene klupe. Raspelo s glavnog oltara također je pretrpjelo veću štetu.

U potresu koji se dogodio 28. prosinca 2020. godine nastala su nova oštećenja na svodu, zidovima i svodu pjevališta. Manja oštećenja u vidu pukotina vidljiva su na zvonicima i pročelju. Statika nosivih zidova nije nepovratno ugrožena, ali zbog opasnosti od urušavanja preostalog dijela svoda i palog materijala bazilika je zatvorena. (INTERKONZALTING d.o.o. Restauracijski elaborat 2021. god.)

Gradski zavod za zaštitu spomenika kulture i prirode, Zagreb, Kuševićeva 2, po službenoj dužnosti donio je rješenje (Klasa: UP/I-612-08/20-14/5; Ur. Broj: 251-18-01-20-01; Zagreb 30.9.2020.) za cjelovitu sanaciju oštećenja Bazilike Srca Isusova sa samostanom, Zagreb, Palmotićeve 31-33, za koju je potrebno izraditi detaljnu dokumentaciju. Dokumentacija uključuje povijesni pregled, umjetničku analizu, opis zatečenog stanja, prijedlog konzervatorsko-restauratorskih radova, smjernice za zaštitu i deponiranje pokretnih komada crkvenog inventara tijekom izvođenja građevinskih radova uz troškovnik predloženih konzervatorsko-restauratorskih radova. (INTERKONZALTING d.o.o. Restauracijski elaborat 2021. god.)



Slika 2.5. Slika uzeta sa stajališta 3D skenera Vektra d.o.o. (2020)

3. PROJEKTNI ZADATAK ADAPTACIJE I OBNOVE BAZILIKE U FAZI PROJEKTIRANJA

Cjelokupni projekt adaptacije i obnove Bazilike Presvetog Srca Isusova sa samostanom reda Družbe Isusove predstavlja integrirani projekt revitalizacije prostora bazilike nakon potresa 22.3.2020. godine. Uvidom investitora u detaljno opisan projektni zadatak, krenulo se u detaljnu izradu cjelovitog projektnog programa "Integrirani projekt revitalizacije i valorizacije Bazilike Srca Isusova". Zbog kompleksnosti i zahtjevnosti predviđenog programa, bilo je nužno formirati koncept fazne obnove, koji je strukturiran po cjelinama koje se preklapaju s povijesnim elementima. Bazilika je formirana u etažama, a na pojedinim etažama nalaze se arhitektonski elementi koje je potrebno zasebno obraditi - kako povijesno, tako restauratorski, arhitektonski i konstruktivno. Formirana slojevitost građevina u projektnom obuhvatu postavila je metodologiju i redoslijed fragmenata fazne obnove, podijeljene po povijesnim, kulturnim, socijalnim i tržišnim potrebama. U sklopu ovog projekta, objekti koji se nalaze u dvorištu bazilike nisu dio predmeta intervencije. (*Integrirani projekt revitalizacija i valorizacija Bazilike Srca Isusova u Gradu Zagrebu, Code architect d.o.o. Maksimirska cesta 8. 10000 Zagreb (2020)*)

3.1. Geodetski radovi u fazi projektiranja

U ovoj fazi pripreme projektne dokumentacije angažirana je geodetska firma Vektra d.o.o. iz Varaždina za izradu arhitektonske snimke postojećeg stanja Bazilike Presvetog Srca Isusova u Zagrebu. Glavni zadatak tvrtke bio je izrada detaljne i precizne dokumentacije kroz proces 3D laserskog skeniranja i fotogrametrijske izmjere. Ova metoda omogućava precizno i brzo prikupljanje prostornih podataka, čime se stvara osnovna baza za daljnju izradu CAD nacrti i 3D modela.

3.1.1. 3D Lasersko Skeniranje

Primarni alat korišten u ovom projektu bio je 3D laserski skener Z+F Imager 5016. Ovaj uređaj omogućava prikupljanje velike količine preciznih prostornih podataka putem laserskih impulsa, stvarajući tzv. oblak točaka. Svaka točka u oblaku definirana je visokom preciznošću unutar koordinatnog sustava, što omogućava vrlo detaljan prikaz i analizu skeniranog objekta. Ovi podaci koriste se za izradu mjerljivog 3D modela koji može poslužiti za različite konzervatorske i restauratorske radove potrebne za očuvanje kulturne baštine.

Z+F IMAGER® 5016 je suvremeni 3D laserski skener koji kombinira kompaktni dizajn i lakoću s naprednom tehnologijom laserskog skeniranja, pružajući visoku razinu učinkovitosti i preciznosti. Ovaj instrument (*Slika 3.1.*) opremljen je integriranom HDR kamerom, unutarnjim osvjetljenjem i sustavom pozicioniranja koji omogućava automatsku registraciju na terenu, sa ili bez ciljeva. Sve komponente su dalje razvijene i prilagođene novom dizajnu, što rezultira još boljim rezultatima skeniranja i učinkovitijim radnim tijekom. Instrument ima maksimalni domet do 360 metara (1,180 stopa) i maksimalnu brzinu prikupljanja podataka sa više od 1 milijun točaka u sekundi, što osigurava izuzetno detaljne rezultate čak i na velikim udaljenostima. Njegovo vidno polje od 360° x 320° omogućuje odlično pokrivanje skeniranog područja, smanjujući potreban broj pozicija skeniranja na minimum. Z+F IMAGER® 5016 klasificiran je kao "siguran za oči" prema laserskoj klasi 1 i stoga se može koristiti u javnim prostorima bez ograničenja. Uređaj je opremljen integriranim sustavom pozicioniranja, koji omogućava automatsku registraciju na terenu, sa ili bez ciljeva, i sve predobrade se mogu obavljati u realnom vremenu, povećavajući učinkovitost. Osim toga, skener dolazi s integriranom HDR kamerom koja korisniku omogućava brzo snimanje informacija o boji - čak i u izazovnim svjetlosnim uvjetima. Integrirani LED spotovi omogućuju dodatnu fleksibilnost, tako da za snimanje slika u tamnom okruženju nisu potrebni vanjski izvori svjetlosti. Sveukupno, Z+F IMAGER® 5016 predstavlja vrhunski alat za širok spektar primjena, uključujući dokumentaciju nesreća, arheologiju, arhitekturu, građevinske izmjere, forenziku, dokumentaciju baštine, industriju, infrastrukturu, osiguranje i nadzor ('Z+F IMAGER® 5016', [online] dostupno na: <https://www.zofre.de>, pristupljeno: 19 June 2024).



Laser system			
Laser class	1		
Beam diameter / divergence	~ 3.5 mm @ 1m / ~ 0.3 mrad (1/e ² , half angle)		
Measurement Range	0.3 m ... 365 m (ambiguity interval)		
Range resolution	0.1 mm		
Data acquisition rate	Max. 1.1 million pixel/sec. (adjustable)		
Linearity error ¹	≤ 1 mm + 10 ppm/m		
Range noise	black 14 %	grey 37 %	white 80 %
Range noise, 10 m ¹²	0.30 mm rms	0.25 mm rms	0.20 mm rms
Range noise, 25 m ¹²	0.39 mm rms	0.28 mm rms	0.25 mm rms
Range noise, 50 m ¹²	0.8 mm rms	0.5 mm rms	0.3 mm rms
Range noise, 100 m ^{12,3}	2.6 mm rms	1.1 mm rms	0.7 mm rms
Range noise, 200 m ^{12,3}	9.6 mm rms	3.6 mm rms	1.7 mm rms
Temperature drift	negligible		

Slika 3.1. Z+F IMAGER® 5016

3.1.2. Fotogrametrijska Izmjera

Pored laserskog skeniranja, za prikupljanje dodatnih prostornih podataka korištena je fotogrametrijska izmjera. Fotogrametrijski sustav 3D eye, zajedno s fotoaparatom Nikon D200 (Slika 3.2) i Sony ILCE 6000 (Slika 3.3.), korišten je za detaljnu izmjeru površina i struktura bazilike. Fotogrametrija omogućava precizno preklapanje fotografija i 3D modela, stvarajući visokorezolucijske teksture koje se integriraju u konačni model (Arhitektonska snimka postojećeg stanja, Vektra d.o.o., 2020).



Slika 3.2. Nikon D200 18-70mm, Sony ILCE 6000 19mm, Sony ILCE 6000 16-50mm (Arhitektonska snimka postojećeg stanja, Vektra d.o.o., 2020)



Slika 3.3. Sony ILCE 6000 (Arhitektonska snimka postojećeg stanja, Vektra d.o.o., 2020)

3.1.3. Izrada Arhitektonskih snimaka postojećeg stanja i CAD nacrt

Na temelju prikupljenih podataka iz 3D laserskog skeniranja i fotogrametrijske izmjere, izrađeni su CAD nacrti postojećeg stanja bazilike. Proces crtanja obavljen je u specijaliziranim CAD aplikacijama koje omogućuju upravljanje velikim količinama podataka iz oblaka točaka. Dodatna obrada podataka izvršena je u Autodesk AutoCAD aplikaciji, gdje su kreirani detaljni 2D vektorski nacrti. Ovi nacrti uključuju tlocrte prizemlja, kora, oratorija, krovništa i različite presjeke objekta. (Arhitektonska snimka postojećeg stanja, Vektra d.o.o., 2020)



Slika 3.4. AutoCad prikaz pročelja Bazilike Srca Isusova((Arhitektonska snimka postojećeg stanja, Vektra d.o.o., 2020)

Izrađeno je ukupno osam arhitektonskih snimaka tlocrta i trinaest presjeka u mjerilu 1:100. Za potrebe izrade ovog diplomskog rada koristili smo tri nacrti iz Arhitektonska snimka postojećeg stanja Kojima smo prilagodili mjerilo i to;

- Tlocrt prizemlja mj 1:200 (Prilog 1)
- Tlocrt krovništa mj 1:150 (Prilog 2)
- Presjek 5-5 mj 1:150(Prilog 3)

3.1.4. Georeferencirani oblak točaka i arhitektonski nacrti

Kao rezultat projekta, izrađen je georeferencirani 3D model u obliku oblaka točaka i poligonalni model s visokom razinom detalja (slika 3.5.). Takvi digitalni modeli omogućuju trajno čuvanje i daljnju obradu podataka bez potrebe za ponavljanjem terenskih mjerenja, čime su se značajno uštedjeli vrijeme i resursi (Arhitektonska snimka postojećeg stanja, Vektra d.o.o., 2020).



Slika 3.5. Georeferencirani 3D model, pogled sa pozicije stajališta skenera

Ovaj oblak točaka kasnije je korišten za dobivanje poprečnih presjeka i tlocrta po zadanim visinama. Isti su kasnije korišteni za usporedbu i kontrolu mjerenja provedenih mjernom stanicom. Takvi podaci će biti od koristi za daljnje projektiranje metalne konstrukcije krova. Nakon što se i preostali svod bazilike sruši odnosno ukloni, na njegovo mjesto će doći spomenuta metalna konstrukcija.

3.1.5. Rezime obavljenih radova

Cjelokupni projekt adaptacije i obnove Bazilike Presvetog Srca Isusova sa samostanom reda Družbe Isusove predstavlja integrirani projekt revitalizacije prostora bazilike nakon potresa 22. ožujka 2020. godine. Projekt je započeo detaljnom izradom cjelovitog projektnog programa "Integrirani projekt revitalizacije i valorizacije Bazilike Srca Isusova", koji je zbog svoje kompleksnosti i zahtjevnosti predviđen u fazama. Ove faze su oblikovane u skladu s povijesnim elementima, te su različite etaže bazilike obrađene zasebno s povijesnog, restauratorskog, arhitektonskog i konstruktivnog aspekta.

Geodetska firma Vektra d.o.o. bila je angažirana na izradi arhitektonske snimke postojećeg stanja Bazilike Presvetog Srca Isusova u Zagrebu. Njihov glavni zadatak bio je izrada detaljne i precizne dokumentacije kroz proces 3D laserskog skeniranja i fotogrametrijske izmjere. Korištenjem naprednih alata poput 3D laserskog skenera Z+F Imager 5016 i fotogrametrijskih sustava, omogućeno je precizno i brzo prikupljanje prostornih podataka, što je stvorilo osnovu za daljnju izradu CAD nacрта i 3D modela.

Primjena ovih suvremenih metoda omogućila je izvođaču da osigura visoku razinu točnosti i učinkovitosti, što je bilo ključno za preciznu dokumentaciju i analizu povijesne građevine. Kao rezultat projekta, izrađen je georeferencirani 3D model u obliku oblaka točaka i poligonalni model s visokom razinom detalja, čime su značajno uštedjeni vrijeme i resursi za daljnje projektiranje.

4. GEODETSKI RADOVI NA KONSTRUKTIVNOJ OBNOVI

Podaci o projektu:

- Naziv projekta: Bazilika Presvetog Srca Isusova sa samostanom reda družbe Isusove, Projekt obnove konstrukcije zgrade
- Investitor: Bazilika Srca Isusova, Palmotićeve 31, Zagreb
- Glavni projektant: Kristina Vujica, dipl.ing.arh. Planaxis d.o.o., Slavka Kolara 33, Velika Gorica (10410)
- Projektant arhitektonskog projekta: Nenad Bach, dipl.ing.arh., Fai Stoecker Bach Arhitekti d.o.o. Radnička Cesta 27, Zagreb (10000)
- Projektant konstrukcije: Branko Galić dipl.ing.građ., Radionica statike d.o.o., Andrije Kačića Miošića 22, Zagreb (10000)
- Glavni izvođač: PP Invest d.o.o. Pod bregom 1, 10255, Donji Stupnik
- Montažer metalne konstrukcije: HRŠAK d.o.o.. Ulica Frana Galovića 17, 49000, Krapina.

4.1. Definiranje projektnog zadatka

Na konstruktivnoj obnovi Bazilike Presvetog Srca Isusova, a na zahtjev glavnog izvođača PP Invest d.o.o. za poslove geodetske izmjere i iskolčenja metalne konstrukcije angažirana je geodetska firma Geogama d.o.o. u kojoj sam aktivan kao stručni suradnik.

Prvi sastanak s investitorom, projektantom i izvođačem bio je ključan za definiranje daljnjih koraka. Cilj je bio odraditi dodatna geodetska mjerenja greda konstrukcije postojećeg krovišta i nosivih zidova, unatoč postojanju već spomenutih 3D modela i oblaka točaka.

Projektant arhitektonskog projekta, Nenad Bach, dao je osnovne upute za daljnje radove. Prezentirane su referentne točke na ulazu i oltaru Bazilike, kao i referentna linija, odnosno ravnina žbuke na ulazu. Ove referentne točke i ravnina će kasnije poslužiti kao osnova za smještaj i orijentaciju buduće metalne konstrukcije unutar prostora bazilike (*Slika 4.1.*)



Slika 4.1. Izgled postavljene metalne konstrukcije svoda

Nakon upoznavanja s trenutnim građevinskim aktivnostima i projektnim zadacima, zajedno s projektantom i izvođačem radova, prikazani su nam elementi građevine koji trebaju biti obuhvaćeni novim geodetskim snimanjem, kao što su bočni nosivi zidovi, poprečne grede krovne konstrukcije, srušeni dio stropa, odnosno sav uklonjeni strop iznad središnje lađe, transepta i apside. Prolazeći krovijem iznad pokrajnje lađe kroz složenu mrežu postojećih drvenih greda, identificirali smo dijelove koji će se dodatno ukloniti i koje bi trebalo obuhvatiti geodetskim snimanjem.

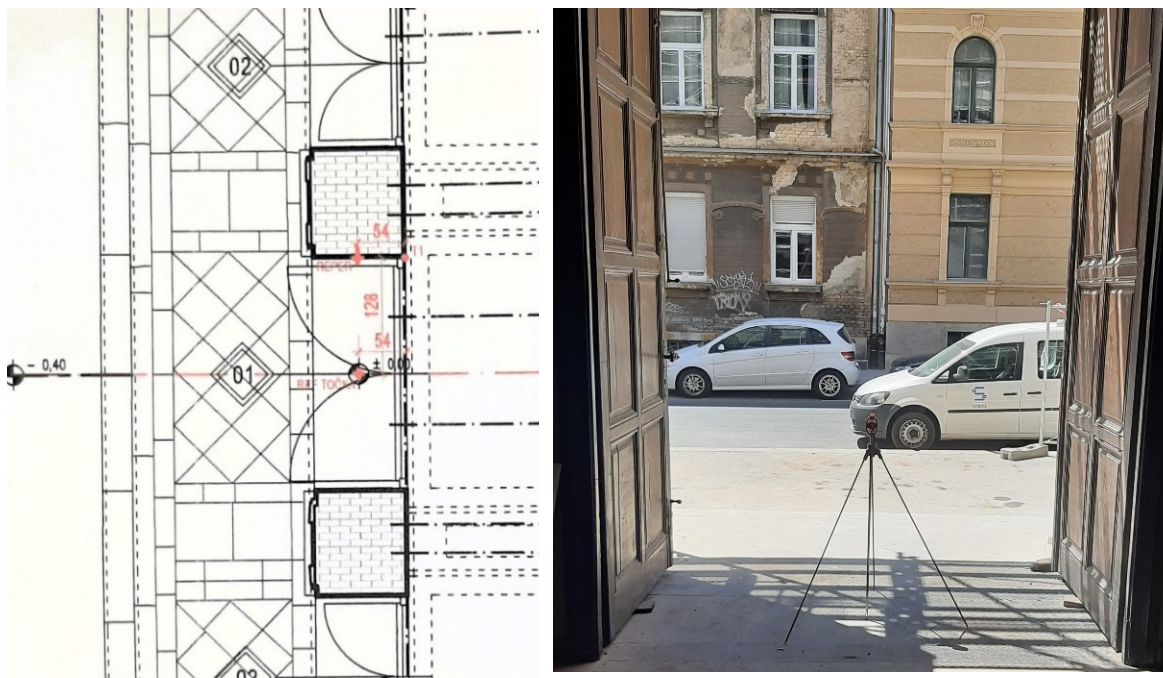
Da bi se mogli izvršiti svi potrebni zahtjevi izvođača i projektanta definiran je geodetski projektni zadatak po koracima:

- Uspostava nove geodetske osnove
- Geodetska situacija postojećeg stanja (GSSS)
- Iskolčenje metalne konstrukcije svoda
- Geodetski snimak izvedenog stanja anker ploča (GSG)
- Analiza rezultata mjerenja

4.2. Uspostava nove geodetske osnove

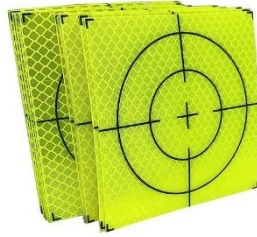
Kako bismo proveli sve definirane korake i pristupili mjerenju, bilo je potrebno uspostaviti novu mrežu geodetskih točaka kao osnovu za snimanje. Problem je nastao jer u fazi projektiranja i izrade ponudbene dokumentacije nije bilo predviđeno stabilizirati poligonsku osnovu u Bazilici za kasnije izvođenje radova. Zbog toga smo morali uspostaviti novu lokalnu mrežu i odrediti novu os te osnovnu referentnu točku - "nulu" objekta, prema uputama glavnog projektanta.

Projektant arhitektonskog projekta, g. Nenad Bach, dao je osnovne upute, pokazao referentne točke na ulazu i oltaru, te odredio referentnu liniju, odnosno ravninu žbuke na ulazu u Baziliku, kao osnovu za geometriju, smještaj i orijentaciju buduće konstrukcije unutar prostora bazilike. Prva referentna točka, nazvana "OS1", bila je ključna; ta točka izvađena je iz arhivskih nacрта (Slika 4.2.). Smještena je 128 cm od bočnog zida na ulazu i 54 cm od ravnine žbuke iza vrata na ulazu u crkvu. Druga referentna točka, nazvana "OS2", smještena je na pragu druge stepenice koja vodi prema oltaru, nakon što je snimljeno postojeće stanje i uklopljene osi koje su dobijene iz projekta.



Slika 4.2. Referentna točka „OS1“ na ulazu u baziliku

Referentna točka "OS1" privremeno je označena markerom zbog kamene ploče koju se nije smjelo bušiti, dok je na drugu točku "OS2" postavljena samoljepljiva reflektirajuća markica dimenzija 50x50 mm (Slika 4.3.).



Slika 4.3. Reflektirajuća markica 50x50mm

Daljnji problem predstavljala je već postavljena skela na bočnim stranama lađe i apside, na koju je planirano stabilizirati reflektirajuće markice. Odlučeno je da se mjerenja obave odmah i da se sva opažanja izvrše s jednog stajališta, jer bi kasnije bilo teško ponovno centrirati instrument na istu poziciju i visinu zbog loše preglednosti i osvjjetljenja unutar bazilike. Također, zbog intenzivnih radova na uklanjanju poda nije bilo moguće stabilizirati poligonsku točku stajališta P0.



Slika 4.4. Pozicija prvog stajališta „P0“

Totalna stanica „Leica TPS 803“ postavljena je na sredini lađe na privremenom stajalištu "P0" (Slika 4.4.) tako da su bile vidljive obje referentne točke OS1 i OS2, a također tako da se s te točke mogu vidjeti glavne poligonske točke, odnosno sve postavljene reflektirajuće markice.

Stajalištu "P0" pridodane su relativne koordinate Y, X, Z s vrijednostima 1000.000, 2000.000, 100.000. Orijehtacija kuta postavljena je prema oltaru, a horizontalni kut resetiran je na nulu ($H_z=0$). Ova orijentacija uzeta je približno i prethodno isplanirana radi orijentacije postojećih arhitektonskih nacрта, jer se oltar nalazi na vrhu nacрта. Mjerenja poligonskih točaka P1, P2, P3, P4, P5 i P6 obavljena su opažanjem svake poligonske točke u dva položaja durbina (Tablica 4.1.) te je izračunavanjem njihove aritmetičke sredine dobiven konačan rezultat. Visine poligonskih točaka reducirane su za 98.026 m na visinu "nulte" točke OS1. Iz opažanih mjerenja u prvom i drugom položaju instrumenta vidljivo je da razlika koordinata Y, X i Z zadovoljava našu potrebnu točnost, koja iznosi ± 3 mm u položajnom i ± 5 mm u visinskom smislu. Stoga smo uzeli aritmetičku sredinu tih koordinata i dobili rezultate poligonskih točaka iskazane u tablici (Tablica 4.2.)

Tablica 4.1. Poligonske točke opažane u dva položaja durbina

Br.Toč.	Y	X	Z	X 1 - X 2	Y 1 - Y 2	Z 1 - Z 2
OS1 1	1000.540	1979.846	98.027			
OS1 2	1000.540	1979.847	98.025	-1	-1	2
OS2 1	1000.002	2022.896	98.604			
OS2 2	1000.002	2022.898	98.602	0	-2	1
P1 1	1004.632	2022.488	109.380			
P1 2	1004.630	2022.485	109.376	1	3	5
P3 1	995.383	2022.383	109.582			
P3 2	995.385	2022.383	109.585	-1	0	-4
P5 1	995.196	1986.189	108.554			
P5 2	995.198	1986.191	108.554	-2	-2	1
P6 1	1005.685	1986.321	108.557			
P6 2	1005.683	1986.324	108.555	2	-3	2
P2 1	1006.971	2001.307	10.421			
P2 2	1006.973	2001.310	10.421	-2	-3	0
P4 1	993.572	2001.138	10.431			
P4 2	993.574	2001.139	10.428	-2	-2	3
P7 1	993.387	2004.207	17.616			
P7 2	993.389	2004.210	17.614	-2	-2	3
P8 1	992.487	2012.046	18.475			
P8 2	992.489	2012.044	18.471	-2	1	4
P9 1	1007.019	2012.251	17.583			
P9 2	1007.018	2012.252	17.584	1	-1	-1
P10 1	1006.981	2004.409	17.290			
P10 2	1006.977	2004.408	17.287	4	1	3

Pomoćne poligonske točke P7, P8, P9 i P10 dobivene su mjerenjem iz potkrovlja, s vizurama na bočne strane glavne lađe, osiguravajući dogledanje prema barem tri glavne točke. Instrument je postavljen na visini od oko 17 m, na rubu nosivih zidova svoda, s pogledom na srednju lađu bazilike. Metodom "Free station" i programom totalne stanice TPS 803 izračunate su koordinate privremenih točaka stajališta (ST1 i ST2) opažanjem glavnih točaka u dva položaja durbina te računanjem presjeka nazad. Srednja pogreška presjeka nije prelazila ± 2 mm, što je bilo potvrda da su koordinate glavnih točaka unutar dozvoljenog odstupanja. Pomoćne točke su također opažane u dva položaja durbina, a koordinate izračunate aritmetičkom sredinom.

Tablica 4.2..Koordinate poligonskih točaka

Poligonske točke			
Br.toč.	Y	X	Z
P1	1004.631	2022.487	11.352
P2	1006.972	2001.308	10.421
P3	995.384	2022.383	11.557
P4	993.573	2001.138	10.430
P5	995.197	1986.190	10.528
P6	1005.684	1986.323	10.530
OS1	1000.540	1979.846	0.000
OS2	1000.002	2022.897	0.577
Pomoćne točke			
P7	993.388	2004.208	17.615
P8	992.488	2012.045	18.473
P9	1007.019	2012.251	17.583
P10	1006.978	2004.408	17.288

4.3. Snimak postojećeg stanja

Po završetku postavljanja i izmjere poligonskih točaka, pristupilo se mjerenju detaljnih točaka Bazilike. Iako je postojao kvalitetan oblak točaka i izrađen arhitektonski tlocrt bazilike, bilo je potrebno obaviti nova mjerenja iz dva razloga. Prvo, poligonske točke nisu bile postavljene u fazi projektiranja, što je onemogućilo iskolčavanje nove građevine. Drugo, došlo je do promjena na samoj građevini.

Nakon rušenja preostalog svoda i uklanjanja zaštitnog materijala, obloge grede i žbuke s nosivih zidova, postojala je potreba za novom izmjerom i izradom nove podloge za projektiranje montažne konstrukcije. Ponovno angažiranje skeniranja bilo bi skupo i neučinkovito zbog manjeg opsega posla i postavljene skele, koja je ograničila vidljivost i preglednost detaljnih točaka.

4.4. Obrada podataka i izrada geodetske situacije postojećeg stanja

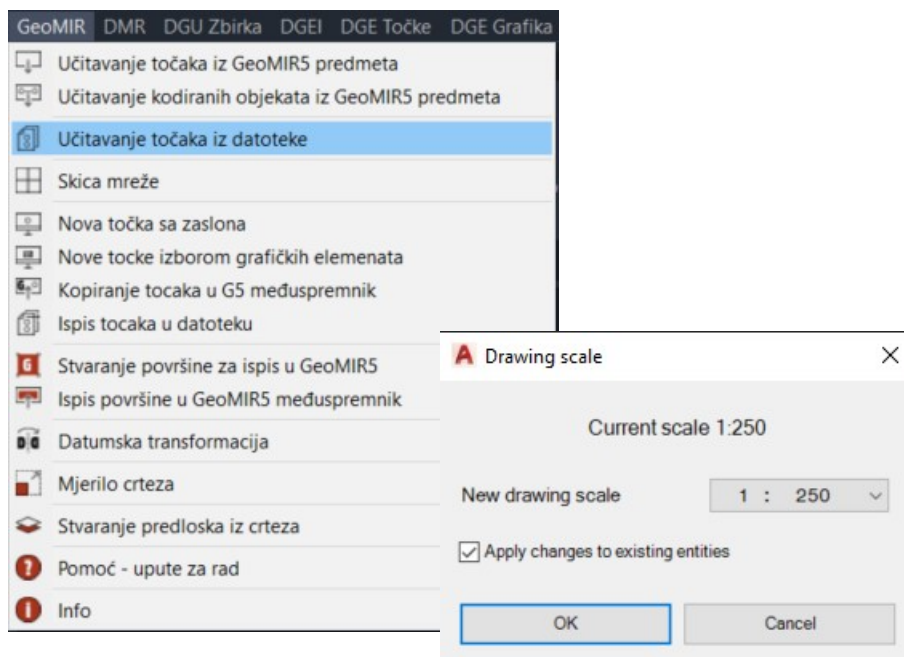
Za obradu podataka mjerenja korišten je program Leica Geo Office te programski paket GeoMIR5 i ActCad 2021.

Leica Geo Office (LGO) je softver za upravljanje i obradu geodetskih podataka. Da bi prebacili podatke iz TPS 803 stanice na računalo, prvo se povezuje stanic s računalom pomoću odgovarajućeg kabela. Zatim se otvara LGO softver i odabire opcija za uvoz podataka. Odabire se TPS 803 kao izvor podataka i specificira vrsta podataka koje želimo prenijeti (.idx). Nakon prijenosa, podaci su pohranjeni u projektu unutar LGO-a za daljnju analizu i obradu.

GeoMIR5 s ActCAD-om je profesionalno, sveobuhvatno i cjelovito softversko okruženje za geodetske radove koje uključuje dva neovisna softvera - geodetski softver GeoMIR5 i CAD softver ActCAD. Iako se GeoMIR softver već 18 godina s uspjehom koristi u nekoliko austrijskih tvrtki, široj javnosti je još uvijek manje poznat. GeoMIR5 je robustan geodetski softver s podrškom za potpuno kodirano mjerenje. Podaci su organizirani po projektima, pri čemu je svaki projekt predstavljen zasebnom bazom podataka kako bi se osigurala sigurnost podataka i brzina pristupa (GeoMIR5, 2024).

Po učitavanju detaljnih i poligonskih točaka u GeoMIR5, program nudi odabir mjerila kako bi izračunao veličinu teksta i simbola (Slika 4.5.). Za izradu ove geodetske situacije odabrali smo mjerilo 1:200 kako bismo mogli što zornije prikazati tlocrt na formatu papira A3.

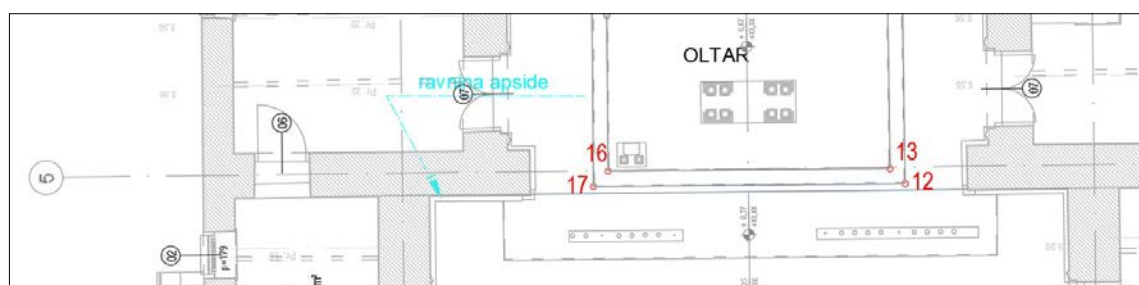
Točke su učitane i prilagođene odabranom mjerilu zajedno s visinom teksta i veličinom simbola. GeoMIR5 već ima zadani predložak sa slojevima, vrstama linija, layoutom (okvirom za printanje) i ostalim standardima iscrtavanja zadanih od DGU-a. Zatim su uređene i očišćene nepotrebne točke, te konstruirane određene linije prema terenskoj skici.



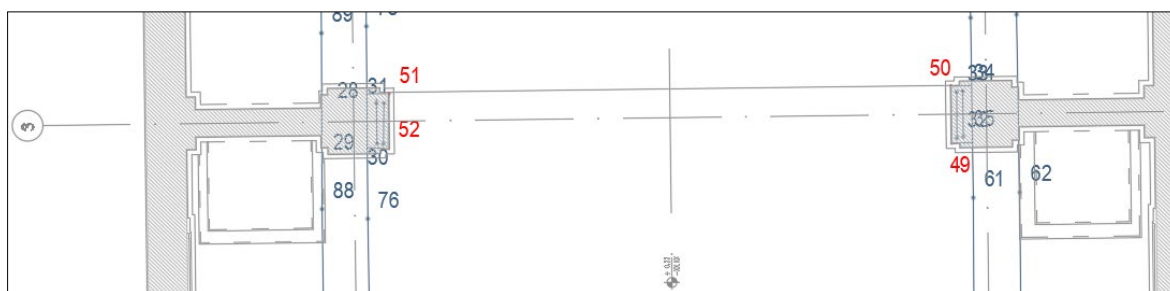
Slika 4.5. GeoMIR5 unos točaka

Po izradi geodetske situacije pristupilo se uklapanju glavne osi. Iz postojećih arhitektonskih snimki postojećeg stanja korišten je „Tlocrt prizemlja mj 1:100“ koji je uklopljen na novo snimljenu geodetsku situaciju te je na kraju dobivena „Geodetsku situaciju stvarnog stanja M 1:200 - Preklop sa tlocrtom prizemlja“ (Prilog 1). Prema uputama glavnog nadzora te na osnovu starih i novih snimki postojećeg stanja, došlo se do zaključka da se centralna os proteže od točke „OS1“ na ulazu te prolazi centralnim dijelom između stupova glavne lađe.

Ipak, zbog deformacija nastalih potresom i različite vertikalne nagnutosti stupova u osi br. 1, osi br. 2 i osi br. 3, za uklapanje su uzete četiri rubne točke oltara, odnosno vrhovi stepenica, točke u osi pet pod brojem 12, 13, 16 i 17 (slika 4.6.). Kao kontrolne točke odabrane su detaljne točke stupova u osi 3, br. 49, 50, 51 i 52 (slika 4.7.)



Slika 4.6. Točke uklopa na oltaru u osi 5-5



Slika 4.7. Kontrolne točke uklopa u osi 3

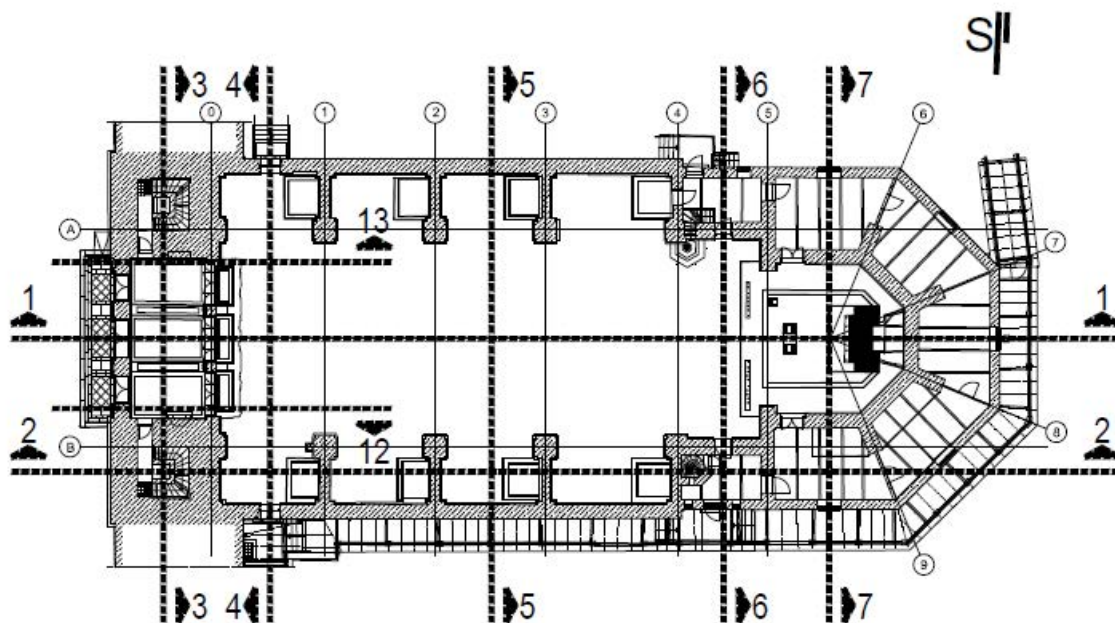
Naredba „alignment“ u CAD-u omogućila nam je precizno poravnavanje crteža pomoću navedenih referentnih točaka, čime se osiguralo točno preklapanje i integracija geodetskih podataka. Koordinate svih detaljnih točaka dane su u prilogu (Prilog 4).

Detaljne točke oltara br. 12, 13, 16 i 17 odstupale su od 3 do 6 mm nakon uklapanja, točke stupova br. 49 i 50 oko 5 mm, dok su točke stupova br. 51 i 52 odstupale oko 15 mm u prosjeku. Najbitniji podatak za nas bio je uklop glavne osi koji je u točki „OS1“ iznosio 0 mm, dok je glavna os u točki „OS2“ odstupala 2 mm. Ovi rezultati postignuti su relativno brzo zahvaljujući visokokvalitetnim geodetskim snimkama 3D laserskog skeniranja, arhitektonskim snimkama postojećeg stanja, te preciznim mjerenjima s trosekundnim instrumentom Leica TPS 803.

Konačno, preklapanjem „Arhitektonske snimke postojećeg stanja“, tlocrta krovništa izrađenog od tvrtke Vektra d.o.o., i nove snimke dobivene pomoću mjerne stanice, mogu se ustanoviti minimalne razlike u položajnom smislu od 1-1.5 cm te u visinskom unutar jednog centimetra. Ovakav rezultat daje sigurnost da je poligonska osnova kvalitetna što je jako bitno prilikom izrade podloge za izvršenje projektnog zadatka. Na kraju možemo zaključiti da su ova mjerenja bila neophodna za izradu geodetske podloge za projektiranje buduće AB grede i metalne konstrukcije kako bi se na precizan način mogli izraditi izvedbeni nacrti.

4.5. Analiza rezultata mjerenja postojećeg stanja

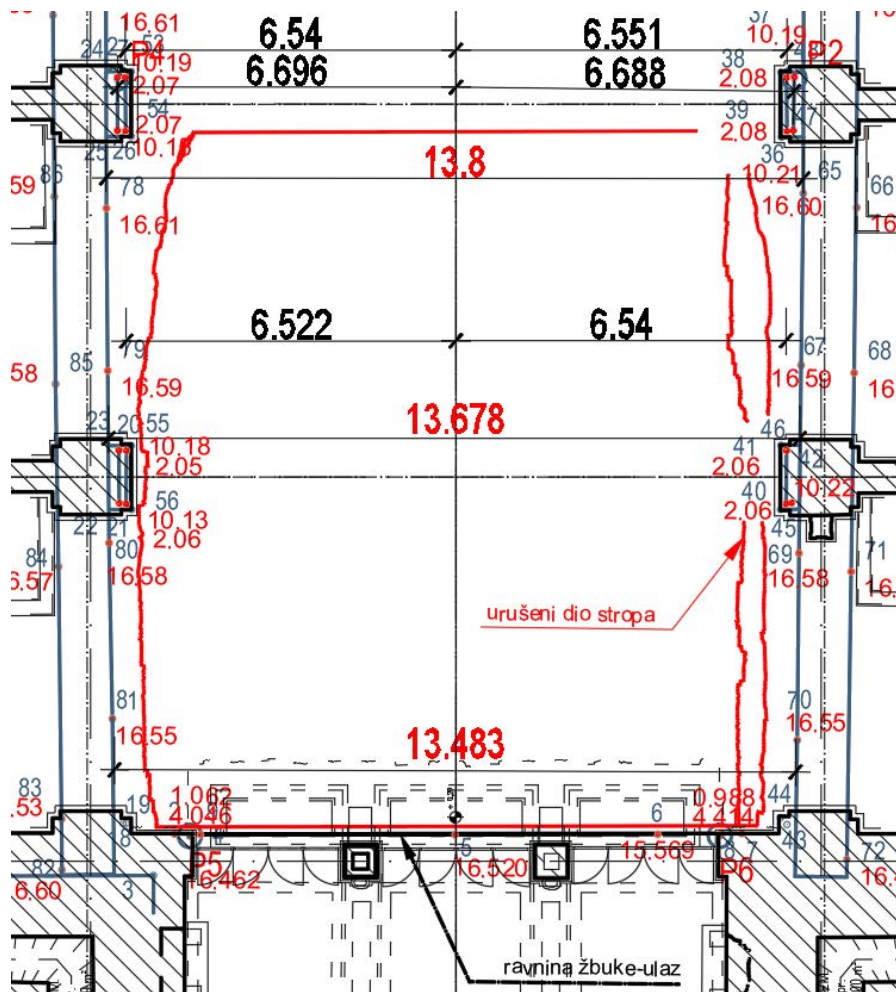
Da bi se bolje predočila geodetska situacija i analiza dobivenih rezultata, poželjno je prikazati preglednu kartu s glavnim osima i presjecima. Na arhitektonskim nacrtima izrađenim na temelju 3D skeniranja, osi (presjeci) nisu postavljeni na istim pozicijama niti imaju iste nazive kao na nacrtima glavnog projekta izrađenog od strane firme Interkonzalting d.o.o. Na slici su prikazane preklapljene osi 3D snimka (osi 1-7) i osi glavnog projekta koje ćemo dalje koristiti, a to su osi od 0 do 9 te osi A i B (slika 4.8.).



Slika 4.8. Pregled osi i presjeka

Na izrađenoj Geodetskoj situaciji može se vidjeti koliki utjecaj je imao potres na promjenu dimenzija Bazilike. Kao geodetski stručnjaci ne možemo točno utvrditi koliki pomaci su nastali uslijed potresa tijekom posljednjih 120 godina, a koliki su se pomaci dogodili u zadnja dva potresa 2020. godine, budući da nemamo prethodna geodetska mjerenja. Drugi važan faktor je koliko je masa svoda tijekom vremena utjecala na horizontalni pomak nosivih zidova.

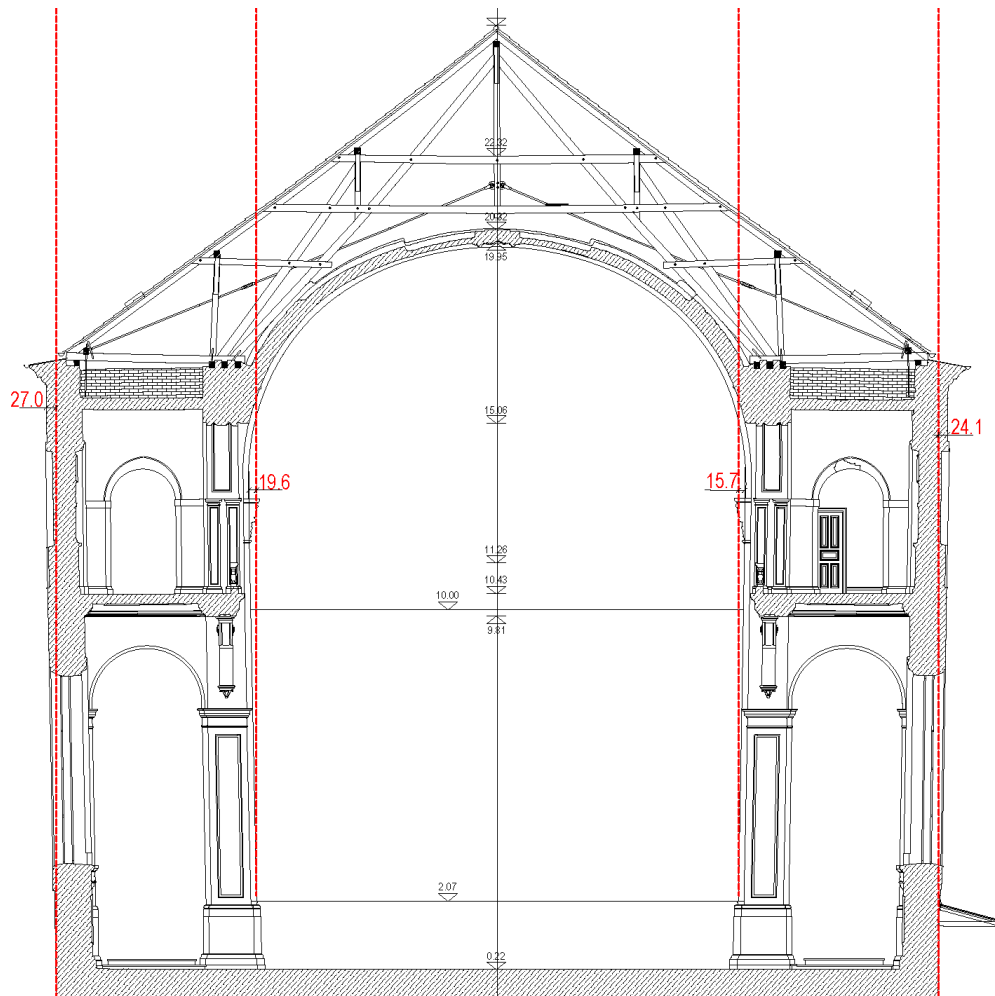
Ako pogledamo dimenzije raspona svoda samo u tlocrtnom pogledu u osi 0, 1 i 2, koja redom iznose 13.48, 13.68 i 13.80m (slika 4.9.) možemo zaključiti da je pomak unutarnjih bočnih zidova glavne lađe Bazilike iznosio oko 32cm upravo na mjestu gdje se svod urušio. Maksimalni horizontalni pomak uočen je u osi 2, i on iznosi 36 cm.



Slika 4.9. Urušeni dio svoda Bazilike Srca Isusova

Također, iz ovih geodetskih snimki, uspoređujući točke koje su snimljene na visinama 2.0 m i 10 m, može se zaključiti da je narušena vertikalnost samih stupova. U osi 1, 2 i 3, odstupanja iznose od 15 do 20 cm, ovisno o osi u kojoj se promatra presjek.

Ako pogledamo arhitektonski nacrt presjeka 5-5, koji se nalazi točno na središtu između osi 2 i osi 3 (slika 4.10, Prilog 3), također se može primijetiti nagnutost stupova od 15.7 do 19.6 cm i nagnutost vanjskih zidova od 24 do 27 cm. Ovi rezultati pokazuju slične vrijednosti kao i kod mjerenja obavljenih mjernom stanicom TPS 803.



Slika 4.10. Nagnutost zidova i stupova u presjeku 5-5

Na temelju geodetskih mjerenja i usporedbe s arhitektonskim nacrtima, vidljive su deformacije i pomaci nastali tijekom posljednjih 120 godina. Točno razdoblje nastanka tih pomaka ne može se utvrditi jer ne postoje prethodna dokumentirana mjerenja. Nije jasno jesu li pomaci djelomično nastali tijekom gradnje ili zbog težine stropa, koji je prema voditelju građevinskih radova težio oko 600 tona. Također, nije poznato koliki pomaci su nastali uzrokovani potresima iz 2020. godine. No geodetska mjerenja omogućila su precizno dokumentiranje sadašnjeg stanja Bazilike, pružajući čvrstu osnovu za daljnje analize i restauracijske radove. Korištenje suvremenih tehnologija poput 3D laserskog skeniranja i naprednih geodetskih instrumenata osigurava visoku preciznost i pouzdanost podataka.

Usporedba s arhitektonskim snimkama postojećeg stanja otkrila je minimalne razlike u položaju i visini, što potvrđuje kvalitetu poligonske osnove za buduće projektne zadatke. Ova mjerenja bila su ključna za izradu geodetske podloge potrebne za preciznu izradu izvedbenih nacrtu armiranobetonske grede i metalne konstrukcije.

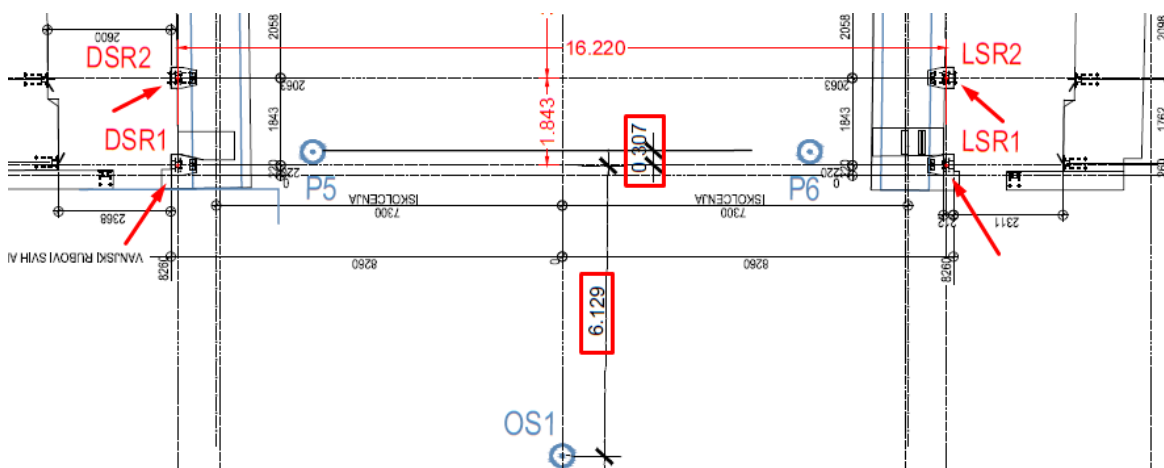
5. ISKOLČENJE OSI

Za iskolčenje ovog dijela građevine bili su nam potrebni nacrti armirano betonske i metalne konstrukcije. Nakon snimka postojećeg stanja bilo je potrebno neko vrijeme da se pripreme radionički nacrti za metalnu konstrukciju. Projekt je izradio projektant konstrukcije Branko Galić dipl. ing. građ, odnosno firma Radionica statike d.o.o.

5.1. Priprema podataka u CAD-u i izrada skice iskolčenja

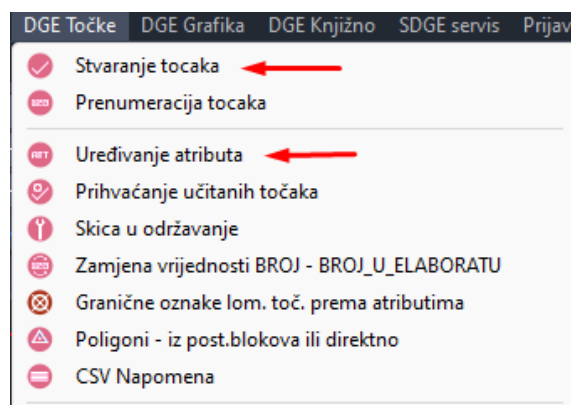
Pošto su radionički nacrti dobiveni u digitalnom CAD formatu bilo je potrebno prilagoditi jedinice (milimetre u metre) i dovesti ih u naš lokalni sustav za iskolčenje. U CAD programu ActCad korištene su naredbe „scale“ za skaliranje i „align“ za poravnanje osi projektiranog u osi našeg nacrti „Skica iskolčenja anker ploča“, Prilog 7.

Na radioničkom crtežu zadane su sve glavne uzdužne i poprečne osi s određenim razmacima. Glavne uzdužne osi su označene s „DS“ na desnoj strani i „LS“ na lijevoj strani, dok su poprečne osi označene nazivima od R1 do R12. U daljnjem radu biti će korišteni samo podaci za anker ploče u osima od R1 do R9. Os R1 je od nulte točke na ulazu udaljena 6.129 m, a od referentne linije žbuke 30.7 cm, što zadovoljava pretpostavku od potrebnih 30 cm (Slika 5.1.). Sve osi su paralelne, no razmaci između poprečnih osi nisu konstantni i zato su kreirane točke na centrima anker ploča. Točke su pripremljene u programskom paketu GeoMir 5 koji radi u sklopu CAD okruženja ActCad. Na slici 5.1. prikazan je isječak iz Skice iskolčenja kao primjer dva prva para anker ploča „DSR1-LSR1“ i „DSR2-LSR2“

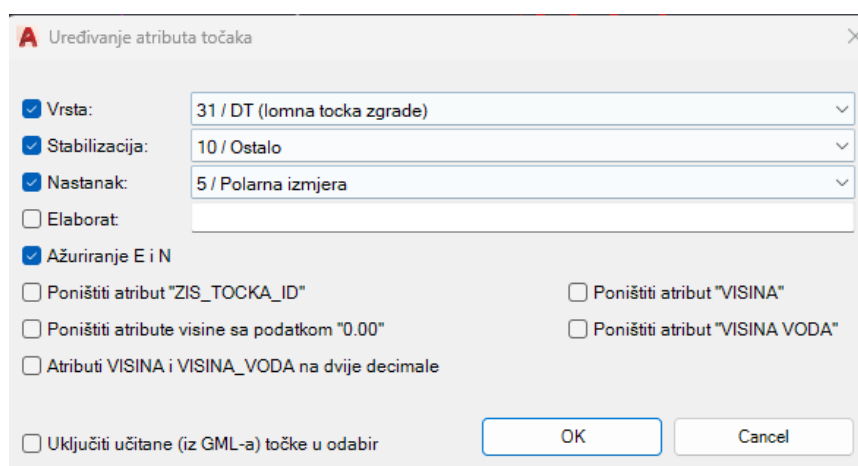


Slika 5.1. Točke iskolčenja „DSR1-LSR1“ i „DSR2-LSR2“ i referentne udaljenosti

U programskom paketu GeoMir 5 na početku su definirani osnovni parametri, kao što je opisano u Poglavlju 4.4. Za mjerilo skice iskolčenja odabrano je 1:150 zbog lakšeg prikaza na papiru formata A3. Nakon toga odabirom „DGE Točke“ s padajućeg izbornika stvorene su točke odabirom elemenata u ActCad-u. Iza toga su samo uređeni atributi: Vrsta, Stabilizacija, Nastanak i Ažuriranje koordinata (Slika 5.2. i 5.3).



Slika 5.2. Stvaranje točaka-GeoMir 5



Slika 5.3. Ažuriranje atributa-GeoMir 5

Nakon pripreme i ažuriranja svih atributa točaka, dodijeljena je projektna visina točkama koja iznosi 16,45 m. Sve pripremljene točke su rađene u sloju "toc_isk_osi" radi bolje kontrole i lakše selekcije. Točke iz CAD-a su eksportirane na disk u .txt formatu s tri decimalna mjesta. Zatim je u Leica Geo Office (LGO) kreiran projekt i podaci su prebačeni u totalnu stanicu.

Izbjegavanjem manualnog unosa koordinata smanjena je mogućnost pogrešaka, a priprema i korištenje navedenih programa omogućili su veću sigurnost i efikasnost prilikom daljnjih mjerenja i iskolčenja građevine. Planiranje naziva točaka u određenom nizu i s asocijacijom na dane osi također je bitno pri korištenju programa "referentne linije" u totalnoj stanici TPS 803 kako bi se izbjegao krivi odabir željene osi prilikom samog iskolčenja.

5.2. Iskolčenje osi anker ploča na nanosnu skelu

Nanosna drvena skela, koja se postavlja za iskolčenje osi građevine, koristi se kao privremena konstrukcija prilikom izgradnje. Ova skela omogućava precizno označavanje i održavanje osovinskih linija građevine tokom zemljanih radova, temeljenja, ili u ovom slučaju, za postavljanje anker ploča. Sastoji se od horizontalnih drvenih elemenata koji se povezuju i osiguravaju stabilnost, često postavljenih u obliku pravokutnika ili kvadrata oko građevinskog područja. Njena uloga je ključna za točno postavljanje anker ploča prema projektnoj dokumentaciji.

Da bi bili u mogućnosti odraditi glavno iskolčenje osi morali smo izvođaču dati „preliminarno“ iskolčenje kako bi izvođač mogao znati gdje će postaviti nanosnu skelu koja je koristila za precizno iskolčenje (Slika 5.4.). Iz skice iskolčenja vidljivo je da su razmaci između osi DS i LS 16.22m odnosno da je razmak od glavne osi polovina ove vrijednosti 8.11 m. Sa izvođačem je odlučeno da se ove uzdužne osi iskolče na poprečnim letvicama 5x3 cm, na udaljenosti od 7.30 m od glavne osi. Ova pozicija je odgovarala iz razloga što su se letvice mogle dobro učvrstiti i nisu smetale izvođenju radova. Poprečne osi pravca postavljene su na drvene grede 10x10 cm koje su prethodno učvršćene za nosive drvene stupove krovišta i na drugoj strani na donjoj podrožnici..



Slika 5.4. Pozicioniranje privremene nanosne skele

Nakon učvršćivanja i pripreme nanosne skele za anker ploče (slika 5.5.) ostalo je jako malo prostora za centriranje instrumenta što je znatno otežalo i usporilo radove. Vidljivost prema poligonskim točkama i prema osima iskolčenja bila je ograničena i bilo je potrebno mijenjati više stajališta na svakoj strani Bazilike.



Slika 5.5. Nanosna skela anker ploča

Sami proces iskolčenja totalnom stanicom TPS 803 pomoću referentne linije zahtijevao je pažljivo praćenje i precizno izvršenje na terenu.

Instrument je prvo centriran na odgovarajućoj poziciji, vodeći računa da se s te pozicije može vidjeti što više točaka iskolčenja i da pozicija bude stabilna. Nije bilo toliko bitno gdje će se točno postaviti instrument, ali je bilo važno osigurati povoljne kutove presjeka za bolju točnost mjerenja.

Nakon postavljanja totalne stanice, napravljen je presjek nazad, odnosno postupak "free station," kako bi se odredila točna pozicija instrumenta. Rezultat presjeka je provjeravan, i ako su odstupanja bila unutar dozvoljenih 3-4 mm položajno i 3-4 mm visinski, nastavljeno je s iskolčenjem.

Za iskolčenje su odabrane dvije referentne točke i osi su kolčene u jednom smjeru. Totalna stanica, uz pomoć prizme, omogućuje precizno određivanje pozicija iskolčenih točaka na temelju udaljenosti i azimuta u odnosu na referentnu liniju. Nakon iskolčenja točaka u jednom smjeru, odabrane su dvije nove referentne točke za iskolčenje osi u drugom smjeru.

Ovaj postupak je ponovljen za svaku pojedinačnu os, označavajući iskolčene točke markerima i čavlima na nanosnu skelu. Povremeno se prekontrolirala prethodna os kako bi bili sigurni da nije došlo do pomaka instrumenta ili promjene konstante prizme, što bi moglo biti izvor pogreške. Treba biti oprezan kada se kombiniraju mjerenja s laserom i malom prizmom, jer prizma ima konstantu 17.4 mm, dok laser ima konstantu 34.4 mm pa može doći do pogrešaka u iskolčenju ukoliko se ne promjeni konstanta prizme u programu instrumenta.

Na kraju su iskolčeni početni poligoni s kojih je uzet presjek, radi kontrole pomaka instrumenta, čime je dodatno potvrđena točnost iskolčenja i stabilnost pozicije instrumenta.

6. SNIMAK IZVEDENOG STANJA ANKERA

Proces postavljanja nanosne skele, izrade i postavljanja armature, varenja anker ploča i instalacije ankera, kao i sama betonaža AB greda trajali su nekoliko tjedana (slika 6.1.). Razlog tome su bili otežani uvjeti rada jer se sav materijal i betonaža odvijala u segmentima. Krovšte se otvaralo u dijelovima kako bi se materijal mogao dobiti i ugraditi.

Tijekom ovog dijela građenja, nismo imali aktivnosti na gradilištu i čekalo se da betonaža betonskih greda bude gotova te da se ukloni sva moguća oplata kako bi se moglo pristupiti mjerenju izvedenog stanja.



Slika 6.1. Postavljena anker ploča pozicija DSRI

Po završetku betonaže i uklanjanja oplata s osi DS i LS, pristupili smo mjerenju izvedenog stanja ankera. Totalna stanica je postavljena kao i kod postupka iskolčenja, koristeći modul "Survey" u Leica softveru za mjerenje. Proces mjerenja započeo je postavljanjem stanice na slobodno odabrano mjesto, nakon čega je izveden presjek prema referentnim točkama. U ovom slučaju, pomoćne točke na krovštu bile su P7, P8, P9 i P10.

Izveden je presjek nazad, odnosno "free station," u dva položaja durbina. Stanica je dala rezultat presjeka i srednju pogrešku. Srednja pogreška nije odstupala više od 3 mm, što nam

je dalo sigurnost da se može započeti s mjerenjem. Mjerenja su vršena koristeći malu prizmu s konstantom 17.4 mm (Leica miniprism).

Snimljeni su svi ankeri na anker pločama, njih ukupno 36 u osi DS i 36 u osi LS. Ankeri su snimljeni s ukupno dva stajališta, s lijeve i desne strane krovništa. Snimane su kontrolne točke, odnosno ankeri na suprotnoj strani, kako bi se osigurala točnost podataka tijekom obrade. Zbog slabe vidljivosti u potkrovlju, mjerenje je bilo otežano, pa su korištene ručne lampe za osvjetljavanje prizme radi točnijeg viziranja. Laser nije bio od velike pomoći, kao ni noćno osvjetljenje nitnog križa instrumenta. Podaci su spremljeni u memoriju instrumenta u .gsi formatu i u .idx formatu. Primjer zapisa totalne stanice TPS 803 prikazan je na slici 6.2.

```

HEADER
  VERSION 1.20
  SYSTEM "0"
  UNITS
    ANGULAR DMS
    LINEAR METRE
    TEMP CELSIUS
    PRESS HPA
    TIME DMY
  END UNITS
  PROJECT
    NAME "PALMA"
    OPERATOR "IZ"
    CREATION_DATE 20-07-2022/12:46:31.0
  END PROJECT
END HEADER
DATABASE
POINTS(PointNo, PointID, East, North, Elevation, Code, Date, CLASS)
1000002, "AN1", 991.946577, 2014.407644, 16.652138, "", 16-12-2022/11:58:43.0, MEAS;
1000003, "AN2", 992.045823, 2014.408475, 16.650647, "", 16-12-2022/11:59:00.0, MEAS;
1000004, "AN3", 991.944031, 2014.667353, 16.653626, "", 16-12-2022/11:59:15.0, MEAS;
1000005, "AN4", 992.043551, 2014.671516, 16.654152, "", 16-12-2022/11:59:29.0, MEAS;
1000006, "AN5", 992.017605, 2010.295895, 16.651513, "", 16-12-2022/12:00:30.0, MEAS;
1000007, "AN6", 992.116820, 2010.297958, 16.651752, "", 16-12-2022/12:00:44.0, MEAS;
1000008, "AN7", 992.119522, 2010.040252, 16.650298, "", 16-12-2022/12:01:01.0, MEAS;
1000009, "AN8", 992.021981, 2010.039380, 16.649987, "", 16-12-2022/12:01:16.0, MEAS;
1000010, "AN9", 992.074383, 2006.265348, 16.647766, "", 16-12-2022/12:01:50.0, MEAS;
1000011, "AN10", 992.174373, 2006.265572, 16.649136, "", 16-12-2022/12:02:05.0, MEAS;
1000012, "AN11", 992.079077, 2006.007537, 16.649219, "", 16-12-2022/12:02:32.0, MEAS;
1000013, "AN12", 992.180019, 2006.005189, 16.649132, "", 16-12-2022/12:02:52.0, MEAS;
1000015, "AN13", 992.217870, 2002.589554, 16.654453, "", 16-12-2022/12:03:46.0, MEAS;
1000016, "AN14", 992.119059, 2002.590176, 16.655229, "", 16-12-2022/12:03:53.0, MEAS;
1000017, "AN15", 992.220467, 2002.330193, 16.656048, "", 16-12-2022/12:04:06.0, MEAS;
1000018, "AN16", 992.120489, 2002.327736, 16.655884, "", 16-12-2022/12:04:15.0, MEAS;
1000019, "AN17", 992.162739, 1998.904416, 16.653223, "", 16-12-2022/12:04:40.0, MEAS;
1000020, "AN18", 992.261351, 1998.906262, 16.653018, "", 16-12-2022/12:04:46.0, MEAS;
1000021, "AN19", 992.264628, 1998.645751, 16.651116, "", 16-12-2022/12:04:54.0, MEAS;
1000022, "AN20", 992.166797, 1998.638790, 16.648152, "", 16-12-2022/12:05:00.0, MEAS;
1000024, "AN21", 992.299734, 1995.219299, 16.652334, "", 16-12-2022/12:06:25.0, MEAS;
1000025, "AN22", 992.197365, 1995.218252, 16.652172, "", 16-12-2022/12:06:36.0, MEAS;
1000026, "AN23", 992.208199, 1994.959049, 16.652290, "", 16-12-2022/12:06:53.0, MEAS;

```

Slika 6.2. Zapis .idx formata Leica TPS803

- **PointNo:** Broj točke (npr. 1000002)
- **PointID:** ID točke (npr. "AN1")
- **East:** Istočna koordinata (npr. 991.946577)
- **North:** Sjeverna koordinata (npr. 2014.407644)
- **Elevation:** Elevacija (npr. 16.652138)
- **Code:** Kod (npr. "")
- **Date:** Datum i vrijeme (npr. 16-12-2022/11:58:43.0)
- **Class:** Klasa (npr. MEAS)

Ovi podatci su korišteni za daljnju obradu i prilagođeni kroz Leica Geo Office kako bi se dobio željeni format .txt ili .csv za unos u GeoMir 5.

6.1. Izrada geodetske situacije stvarnog stanja anker ploča

Cilj ovog zadatka bio je, na osnovu mjerenja, izraditi preglednu geodetsku situaciju izvedenog stanja svih ankera (GSG) te izračunati koordinatne razlike centara anker ploča. Utvrdili smo pomak anker ploča, dužinu između projektiranih i mjerenih centara anker ploča te njihove razlike prikazali u Excel tablici. Sve te razlike bile su prikazane u milimetrima. Nadalje, izrađeni su pregledni nacrti u mjerilu 1:10 kako bi se predočila svaka anker ploča u DS i LS osi.

Prikaz uključuje nacрте s 18 glavnih anker ploča, 9 u osi DS i 9 u osi LS (Prilog 10 i 11). Na osnovu obrađenih podataka, izradili smo i Geodetsku situaciju izvedenog stanja anker ploča (GSG, prilog 9). Ovi nacrti i geodetska situacija prikazali su sve relevantne dimenzije i pomake, omogućujući projektantu da lako uoči potrebne korekcije.

- **Prilog 9:** GSG Izvedeno stanje anker ploča
- **Prilog 10:** GSG Izvedeno stanje anker ploča u osi DS, M 1:10
- **Prilog 11:** GSG Izvedeno stanje anker ploča u osi LS, M 1:10
- **Prilog 12:** Razlike projektirano i izvedeno stanje (Excel tablica)

6.2. Obrada podataka i analiza rezultata mjerenja

Koristeći softverske alate kao što su GeoMir5, ActCad, Leica Geo Office i Excel, obrađeni su podatci i iscrtane točke na isti način kao što je opisano kod izrade snimke postojećeg stanja (Poglavlje 4.3.). U CAD nacrtima prikazani su izvedeni osni razmaci između DS i LS anker ploča (Prilog 9, Prilog 10 i Prilog 11) te su ti podatci uneseni u Excel tablicu, gdje je prikazana razlika između izvedenog i projektiranog stanja (Prilog 12).

Analiza Razlika

- Koristeći Excel, izračunati su pomaci anker ploča u odnosu na projektirane pozicije (delta x, delta y, i delta z).
- Osni razmaci između projektiranih i izvedenih centara anker ploča izmjerene su u CAD-u, a kasnije su te vrijednosti izračunte i uz pomoć AI tehnologije u Pythonu.

Na osnovu podataka iz CAD-a, izvezene su sve točke koje su mjerene na terenu, a projektirane točke su ručno kreirane na uklopljenim projektiranim nacrtima koji su

pripremljeni još prije samog iskolčenja. Zatim su u Excelu grupirane te točke kako bi se mogle raditi tablične kalkulacije, formule itd. Rezultat je Excel tablica koja služi za daljnju obradu podataka.

Tablica 6.1. Dio tablice koordinatnih odstupanja izvedenog stanja ankera u osi DS i LS

Anker ploča	IZVEDENO STANJE				PROJEKTIRANO STANJE			ODSTUPANJE mm			SR. VR. GRUPE mm		
	br.to č.	X	Y	Z	X	Y	Z	Δx	Δy	Δz	ΔX	ΔY	ΔZ
DS-R1	33	992.283	1986.007	16.644	992.302	1986.003	16.645	-19	4	-1	-17	9	0
	34	992.388	1986.004	16.645	992.402	1986.004	16.645	14	0	0			
	35	992.293	1985.757	16.646	992.306	1985.743	16.645	13	14	1			
	36	992.386	1985.762	16.647	992.406	1985.744	16.645	20	18	2			
LS-R1	50	1008.507	1985.949	16.647	1008.524	1985.945	16.645	-17	4	2	-15	2	1
	51	1008.508	1986.207	16.647	1008.521	1986.205	16.645	13	2	2			
	52	1008.608	1986.206	16.647	1008.621	1986.207	16.645	13	-1	2			
	53	1008.607	1985.948	16.643	1008.624	1985.947	16.645	17	1	-2			

Tablica 6.2. Tablica osnih razmaka anker ploča projektirano-izvedeno stanje

Anker ploča	Udaljenost projektirano (mm)	Udaljenost izvedeno (mm)	Razlika (mm)
DS-R1 > LS-R1	16220	16220	0
DS-R2 > LS-R2	16220	16218	-2
DS-R3 > LS-R3	16220	16214	-6
DS-R4 > LS-R4	16220	16194	-26
DS-R5 > LS-R5	16220	16189	-31
DS-R6 > LS-R6	16220	16189	-31
DS-R7 > LS-R7	16220	16181	-39
DS-R8 > LS-R8	16220	16194	-26
DS-R9 > LS-R9	16220	16215	-5

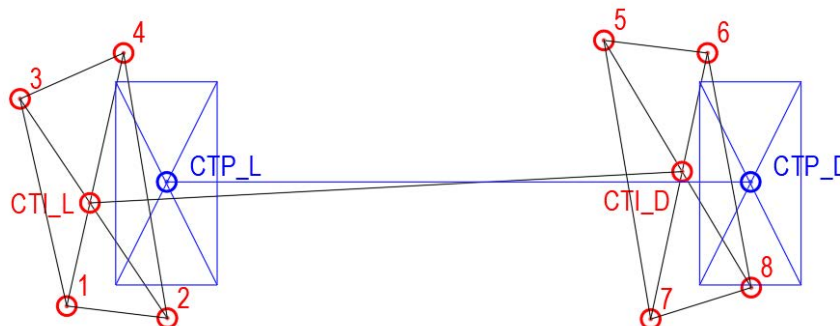
7. ANALIZA PODATAKA MJERENJA KORIŠTENJEM AI TEHNOLOGIJE-CHATGPT 40

U ovom dijelu ćemo opisati kako smo analizirali podatke koristeći AI tehnologiju ChatGPT4o.

Unos podataka za ChatGPT. Unijeli smo opisni tekst našeg projekta koliko je moguće preciznije kako bi opisali postupke mjerenja, opisali osnovne pojmove, elemente, opis matematičke operacije, itd.

Cilj zadatka je izračunati koordinatne razlike centara anker ploča, pomak anker ploče, osni razmak između projektiranih i mjerenih centara anker ploča te njihove razlike (Slika 7.1.). Sve te razlike potrebno je prikazati u milimetrima. Također na kraju je potrebno vizualizirati svaku anker ploču, ukupno devet anker ploča na desnoj strani sa prefiksom DS, devet anker ploča na lijevoj strani označene prefiksom LS. Potrebno je napraviti vizualizaciju tako da se na papiru A4 može vizualizirati i vidjeti razlike između lijevih i desnih uparenih anker ploča, npr. DSR1 i LSR1 kako bi mogli uočiti razlike pomaka projektiranog i izvedenog stanja. Za svaku anker ploču treba vizualizirati pozicije svih točki ankera, projektirano i mjereno stanje zajedno sa centrima CTP - centralna točka projektirano stanje i CTI - centralna točka izvedeno stanje. Također je potrebno vizualizirati razlike tih pozicija CTP i CTI u milimetrima.

Za analizu i vizualizaciju podataka AI je savjetovao korištenje Google Colab, to je besplatna usluga Googla koja omogućuje korištenje Python koda u pregledniku bez potreba za instalacijom. Razlog ovome je količina i brzina podataka jer je bilo dosta prekida u izradi koda.



Slika 7.1. Skica CTP-CTI

7.1. Koraci Analize

- **Učitavanje podataka:** Podaci su učitani iz Excel datoteke koja sadrži koordinate projektiranog i izvedenog stanja anker ploča (Prilog 13. Tablica koordinata za unos u Python).
- **Izračunavanje centralnih točaka:**
 - **Projektirano stanje (CTP):** Izračunata je koordinata centroida koristeći aritmetičku sredinu koordinata.
 - **Izvedeno stanje (CTI):** Izračunata je koordinata presjeka dijagonala četverokuta i provjerena unutar granica četverokuta.
- **Izračun pomaka i rotacija anker ploče:** Izračunati su pomaci između projektiranih i izvedenih centralnih točaka za svaku anker ploču te su razlike prikazane u milimetrima. Također su izračunate rotacije između projektiranog i izvedenog stanja koristeći Singular Value Decomposition (SVD) metodu.
- **Izračunavanje koordinatnih razlika i srednjih vrijednosti (Δx , Δy , Δz):** Izračunata su koordinatna odstupanja za svaki anker, ukupno 4 ankera po ploči u odnosu na projektirano stanje, te su izračunate prosječne vrijednosti odstupanja za svaku grupu ankera.
- **Vizualizacija podataka:** Vizualizirane su sve anker ploče, prikazano je projektirano i izvedeno stanje zajedno s centralnim točkama, razlikama i rotacijama.
- **Izvoz rezultata:** Svi rezultati su izvezeni u jednu Excel datoteku na različite listove za centralne točke, udaljenosti i razlike, rotacije i pomaci, koordinatna odstupanja i srednje vrijednosti odstupanja koordinata (Prilog 14. Tablica rezultata-Google Colab).

7.1.1. Rezultati Analize

Rezultati analize prikazani su u pet glavnih tablica:

- **Centralne točke (CTP i CTI):** Tablica koja prikazuje centralne točke za svaku anker ploču, kako za projektirano, tako i za izvedeno stanje.

- **Udaljenosti i razlike:** Tablica koja prikazuje udaljenosti između projektiranih i izvedenih centralnih točaka te njihove razlike u milimetrima.
- **Rotacije i pomaci:** Tablica koja prikazuje rotacijske kutove između projektiranog i izvedenog stanja te pomake u milimetrima za svaku anker ploču.
- **Odstupanja x,y,z :** Tablica koja prikazuje odstupanja između projektiranih i izvedenih koordinata za svaku točku ankera.
- **Srednje vrijednosti:** Tablica koja prikazuje prosječne vrijednosti odstupanja po koordinatama za svaku anker ploču.

Iz analize je vidljivo da postoje određena odstupanja između projektiranih i izvedenih stanja anker ploča. Ta odstupanja su kvantificirana i vizualizirana kako bi se dobio jasniji uvid u točnost izvedbe.

7.2. Pregled Python koda i opis funkcija

7.2.1. Učitavanje Podataka

- **Učitavanje Excel datoteke:**

```
uploaded = files.upload()
file_name = list(uploaded.keys())[0]
print(f"File {file_name} uploaded.")
df = pd.read_excel(file_name)
```

Podaci su učitani iz Excel datoteke pomoću funkcije `files.upload()` za učitavanje i `pd.read_excel()` za čitanje Excel datoteke u DataFrame `df`.

Tablica 7.1. Dio tablice pripremljen za unos u Python-Google Colab

Anker ploča	broj_tocke	IZV.STANJE X	IZV.STANJE Y	PROJ. STANJE X	PROJ. STANJE Y
DS-R1	33	992.283	1986.007	992.302	1986.003
DS-R1	34	992.388	1986.004	992.402	1986.004
DS-R1	35	992.293	1985.757	992.306	1985.743
DS-R1	36	992.386	1985.762	992.406	1985.744
DS-R2	29	992.367	1987.848	992.379	1987.846
DS-R2	30	992.265	1987.846	992.279	1987.845
DS-R2	31	992.371	1987.588	992.383	1987.586

7.2.2. Izračunavanje Centralnih Točaka

- **Izračun centroida (CTP-centralna točka projektirano):**

```
def izracunaj_centroid(grupa, x_col, y_col):
    centroid_x = grupa[x_col].mean()
    centroid_y = grupa[y_col].mean()
    return centroid_x, centroid_y
```

Funkcija `izracunaj_centroid` izračunava centroid grupe točaka koristeći aritmetičku sredinu koordinata X i Y.

- **Izračun presjeka dužina:**

```
def izracun_presjeka_duzina(x1, y1, x2, y2, x3, y3, x4, y4):
    ...
    return x, y
```

Funkcija `izracun_presjeka_duzina` izračunava presjek dviju dužina koristeći analitičku geometriju.

- **Provjera je li točka unutar “nepravilnog četverokuta”:**

```
def unutar_cetverokuta(x, y, koordinate):
    ...
    return x_min <= x <= x_max and y_min <= y <= y_max
```

Funkcija `unutar_cetverokuta` provjerava je li točka unutar definiranih granica četverokuta.

- **Izračun CTI-centralna točka izvedenog stanja:**

```
def izracunaj_cti(grupa):
    ...
    return presjek[0], presjek[1]
```

Funkcija `izracunaj_cti` izračunava centralnu točku izvedenog stanja kao presjek dijagonala četverokuta.

- **Grupiranje podataka po “Anker ploča” i izračunavanje centralnih točaka:**

```
centralne_tocke = []
for ime_ploce, grupa in df.groupby('Anker ploca'):
    ctp_x, ctp_y = izracunaj_centroid(grupa, 'PROJEKTIRANO STANJE
X', 'PROJEKTIRANO STANJE Y')
    cti_x, cti_y = izracunaj_cti(grupa)
    centralne_tocke.append({
        'Anker ploca': ime_ploce,
        'CTP X': ctp_x,
        'CTP Y': ctp_y,
        'CTI X': cti_x,
        'CTI Y': cti_y
    })
df_centralne_tocke = pd.DataFrame(centralne_tocke)
```

```
print(df_centralne_tocke)
```

Podaci su grupirani po Anker ploča, a centralne točke za svaku grupu su izračunate i pohranjene u DataFrame `df_centralne_tocke`.

	Anker ploča	CTP X	CTP Y	CTI X	CTI Y
0	DS-R1	992.35400	1985.8735	992.338437	1985.875136
1	DS-R2	992.33100	1987.7155	992.318502	1987.715779
2	DS-R3	992.28500	1991.4005	992.279410	1991.403167
3	DS-R4	992.23900	1995.0855	992.252664	1995.085224
4	DS-R5	992.19300	1998.7700	992.214466	1998.773822
5	DS-R6	992.14650	2002.4545	992.169436	2002.460165
6	DS-R7	992.10050	2006.1395	992.126350	2006.136594
7	DS-R8	992.05050	2010.1690	992.069165	2010.167586
8	DS-R9	991.99550	2014.5435	991.994783	2014.538050
9	LS-R1	1008.57250	1986.0760	1008.557500	1986.077500
10	LS-R2	1008.54950	1987.9185	1008.534608	1987.916701
11	LS-R3	1008.50350	1991.6030	1008.491693	1991.608527
12	LS-R4	1008.45750	1995.2875	1008.445500	1995.286000
13	LS-R5	1008.41150	1998.9725	1008.402596	1998.976747
14	LS-R6	1008.36550	2002.6575	1008.357096	2002.654262
15	LS-R7	1008.31950	2006.3420	1008.305619	2006.335469
16	LS-R8	1008.26925	2010.3715	1008.261904	2010.373233
17	LS-R9	1008.21450	2014.7465	1008.208500	2014.745500

Slika 7.2. Izračunati centri anker ploča CTP-CTI

7.2.3. Izračunavanje rotacije anker ploče

- **Izračun rotacije:**

```
def izracunaj_rotaciju(ime_ploce, df):
    ...
    return theta
```

Funkcija `izracunaj_rotaciju` koristi Singular Value Decomposition (SVD) za izračunavanje rotacije između projektiranog i izvedenog stanja.

- **Rotacije, centroidi i pomaci:**

```
rotacije = []
pomaci = []
for ploča in anker_ploce:
    ...
    print(f"Anker ploča: {ploča}, Rotacijski kut: {theta:.2f}
    stupnjeva ({smjer_rotacije}), Pomak: {pomak:.2f} mm")
```

Za svaku anker ploču, rotacija i pomak su izračunati i pohranjeni u odgovarajuće liste.

Anker ploča: DS-R1, Rotacijski kut: 0.04 stupnjeva (suprotno smjeru kazaljke na satu), Pomak: 15.65 mm
 Anker ploča: DS-R2, Rotacijski kut: 0.26 stupnjeva (suprotno smjeru kazaljke na satu), Pomak: 12.50 mm
 Anker ploča: DS-R3, Rotacijski kut: 0.58 stupnjeva (suprotno smjeru kazaljke na satu), Pomak: 6.19 mm
 Anker ploča: DS-R4, Rotacijski kut: 0.79 stupnjeva (suprotno smjeru kazaljke na satu), Pomak: 13.67 mm
 Anker ploča: DS-R5, Rotacijski kut: 0.18 stupnjeva (suprotno smjeru kazaljke na satu), Pomak: 21.80 mm
 Anker ploča: DS-R6, Rotacijski kut: -0.29 stupnjeva (u smjeru kazaljke na satu), Pomak: 23.63 mm
 Anker ploča: DS-R7, Rotacijski kut: 0.33 stupnjeva (suprotno smjeru kazaljke na satu), Pomak: 26.01 mm
 Anker ploča: DS-R8, Rotacijski kut: 0.07 stupnjeva (suprotno smjeru kazaljke na satu), Pomak: 18.72 mm
 Anker ploča: DS-R9, Rotacijski kut: 0.01 stupnjeva (suprotno smjeru kazaljke na satu), Pomak: 5.50 mm
 Anker ploča: LS-R1, Rotacijski kut: -0.99 stupnjeva (u smjeru kazaljke na satu), Pomak: 15.07 mm
 Anker ploča: LS-R2, Rotacijski kut: -1.89 stupnjeva (u smjeru kazaljke na satu), Pomak: 15.00 mm
 Anker ploča: LS-R3, Rotacijski kut: 0.31 stupnjeva (suprotno smjeru kazaljke na satu), Pomak: 13.04 mm
 Anker ploča: LS-R4, Rotacijski kut: -0.46 stupnjeva (u smjeru kazaljke na satu), Pomak: 12.09 mm
 Anker ploča: LS-R5, Rotacijski kut: -0.88 stupnjeva (u smjeru kazaljke na satu), Pomak: 9.86 mm
 Anker ploča: LS-R6, Rotacijski kut: 0.30 stupnjeva (suprotno smjeru kazaljke na satu), Pomak: 9.01 mm
 Anker ploča: LS-R7, Rotacijski kut: -0.12 stupnjeva (u smjeru kazaljke na satu), Pomak: 15.34 mm
 Anker ploča: LS-R8, Rotacijski kut: 0.59 stupnjeva (suprotno smjeru kazaljke na satu), Pomak: 7.55 mm
 Anker ploča: LS-R9, Rotacijski kut: 0.00 stupnjeva (suprotno smjeru kazaljke na satu), Pomak: 6.08 mm

Slika 7.3. Kut rotacije i pomak prema projektiranom centru

7.2.4. Izračunavanje odstupanja i aritmetička sredina

- **Izračunavanje odstupanja i aritmetičke vrijednosti grupa:**

```
def izracunaj_odstupanja(df):
    ...
    return df_odstupanja, srednje_vrijednosti
df_odstupanja, df_srednje_vrijednosti = izracunaj_odstupanja(df)
print(df_srednje_vrijednosti)
```

Funkcija `izracunaj_odstupanja` računa odstupanja između projektiranog i izvedenog stanja te izračunava srednje vrijednosti za svaku grupu.

	Anker ploča	Prosječna Δx	Prosječna Δy	Prosječna Δz
0	DS-R1	-16	9	0
1	DS-R2	-12	1	4
2	DS-R3	-5	1	0
3	DS-R4	13	3	7
4	DS-R5	20	3	6
5	DS-R6	22	4	10
6	DS-R7	25	-2	3
7	DS-R8	18	0	5
8	DS-R9	0	-4	7
9	LS-R1	-15	2	0
10	LS-R2	-14	-2	4
11	LS-R3	-12	6	0
12	LS-R4	-12	0	-1
13	LS-R5	-9	3	-1
14	LS-R6	-8	-3	0
15	LS-R7	-14	-6	-1
16	LS-R8	-7	1	0
17	LS-R9	-6	0	0

Slika 7.4. Izračunate srednje vrijednosti koordinatnih pomaka

7.2.5. Vizualizacija

- **Funkcija za crtanje anker ploče:**

```
def crtaj_anker_plocu(grupa, centralne_tocke, rotacije, ax):
```

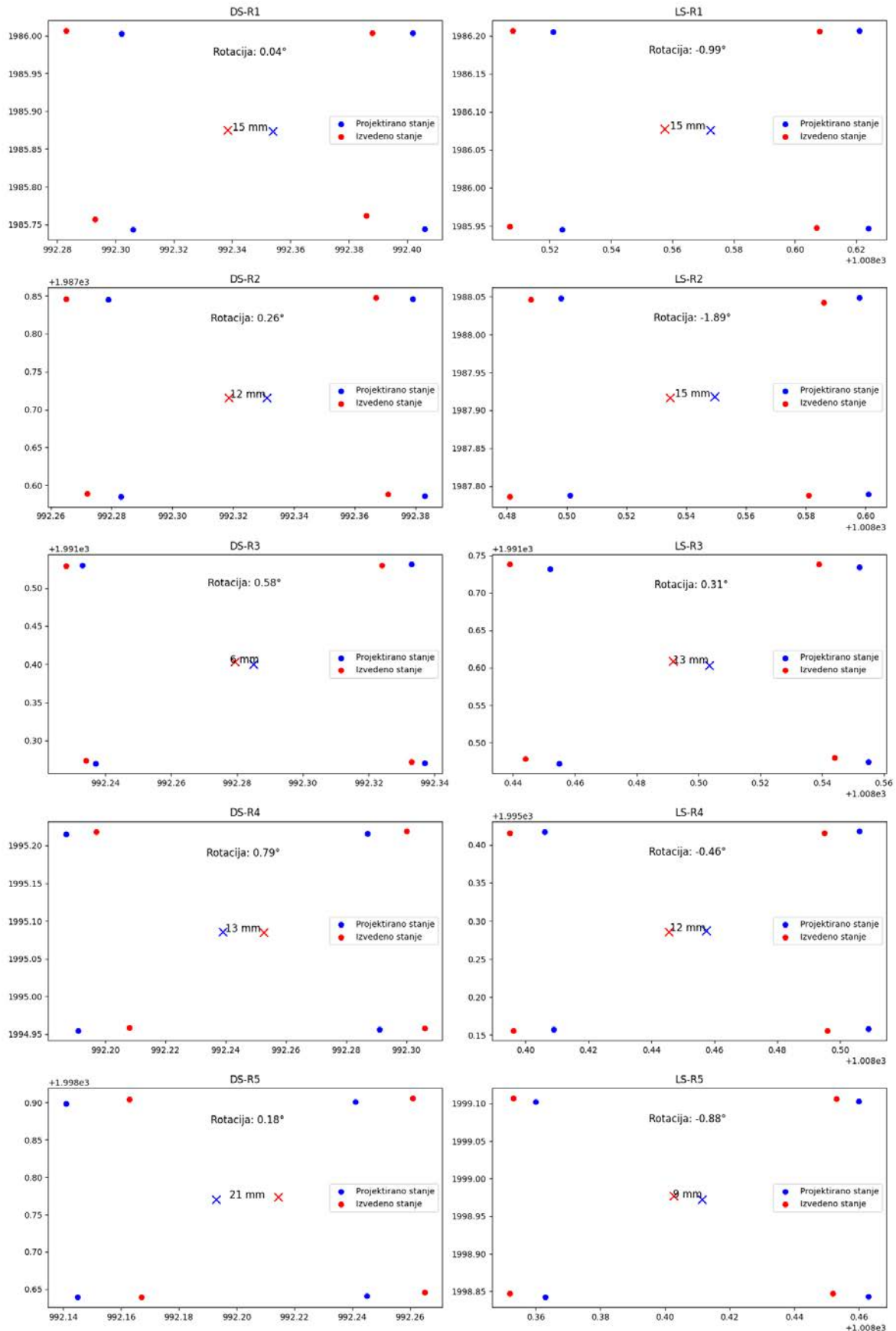
```
    ...  
    ax.legend()
```

Funkcija `crtaj_anker_plocu` vizualizira svaku anker ploču, prikazujući projektirano i izvedeno stanje zajedno s centralnim točkama, razlikama i rotacijama.

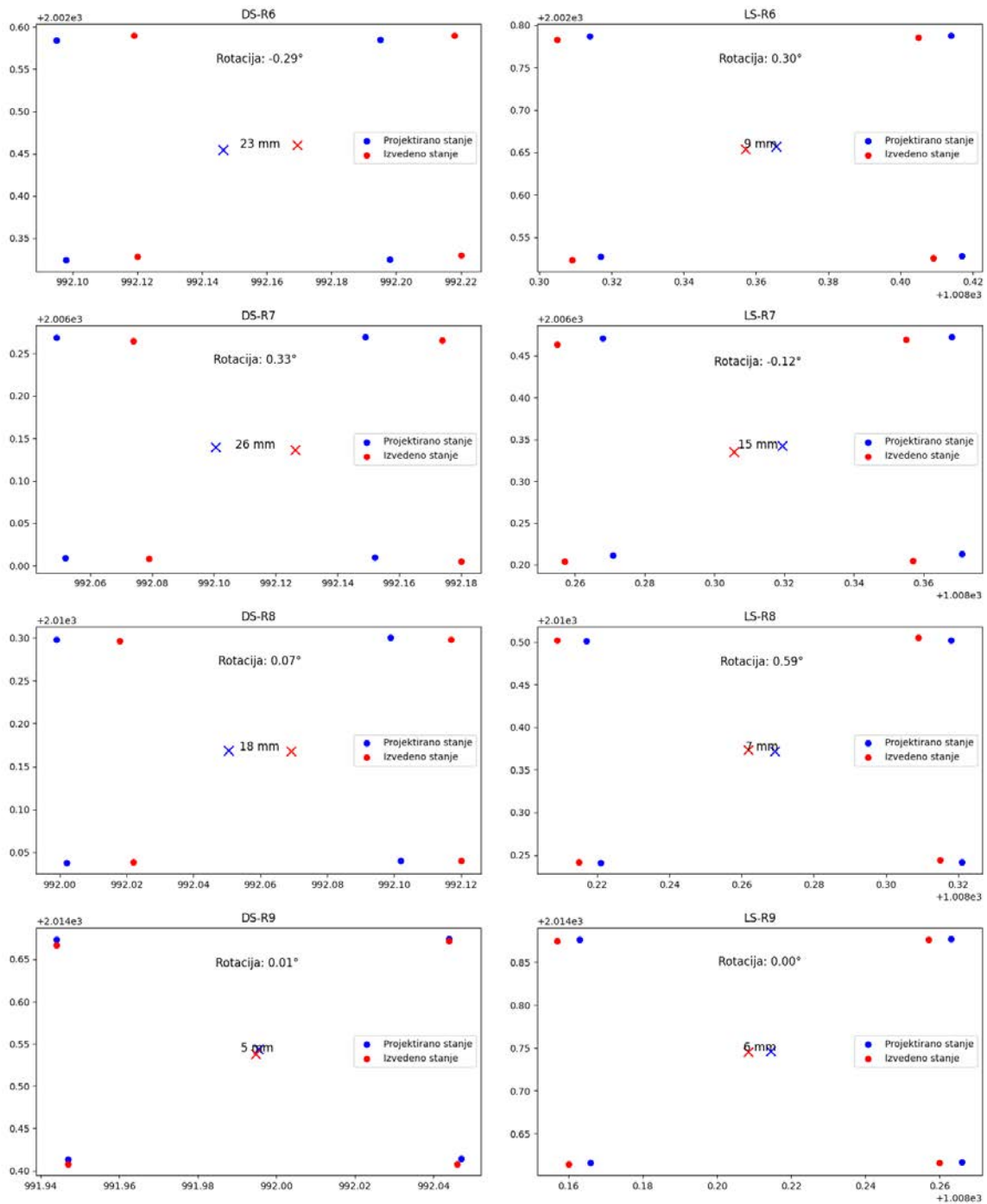
- **Crtnje svih anker ploča:**

```
fig, axs = plt.subplots(9, 2, figsize=(15, 40))  
for i, ((ds_ime_ploce, ds_grupa), (ls_ime_ploce, ls_grupa)) in  
    enumerate(zip(ds_groups, ls_groups)):  
    crtaj_anker_plocu(ds_grupa, df_centralne_tocke, rotacije,  
axs[i, 0])  
    crtaj_anker_plocu(ls_grupa, df_centralne_tocke, rotacije,  
axs[i, 1])  
plt.tight_layout()  
plt.show()
```

Sve anker ploče su vizualizirane u subplotovima, gdje se prikazuju uparene desne i lijeve ploče.



Slika 7.5. Vizualizacija projektiranog i izvedenog stanja (prvih 5 anker ploča)



Slika 7.6. Vizualizacija projektiranog i izvedenog stanja (zadnjih 4 anker ploča)

7.2.6. Izračunavanje udaljenosti (osni razmak) i export rezultata

- **Izračunavanje udaljenosti:**

```
udaljenosti = []
for i in range(len(df_centralne_tocke) // 2):
    ...
    udaljenosti.append({
        'Anker ploca': f"{ds['Anker ploca']} > {ls['Anker ploca']}",
    })
```

```

        'Udaljenost projektirano (mm)':
int(udaljenost_projektirano),
        'Udaljenost izvedeno (mm)': int(udaljenost_izvedeno),
        'Razlika (mm)': int(razlika)
    })
df_udaljenosti = pd.DataFrame(udaljenosti)
print(df_udaljenosti)

```

Funkcija izračunava udaljenosti između projektiranih i izvedenih centralnih točaka i pohranjuje ih u DataFrame `df_udaljenosti`.

	Anker ploča	Udaljenost proj.(mm)	Udaljenost izv.(mm)	Razlika (mm)
0	DS-R1 > IS-R1	16219	16220	0
1	DS-R2 > IS-R2	16219	16217	-2
2	DS-R3 > IS-R3	16219	16213	-6
3	DS-R4 > IS-R4	16219	16194	-25
4	DS-R5 > IS-R5	16219	16189	-30
5	DS-R6 > IS-R6	16220	16188	-31
6	DS-R7 > IS-R7	16220	16180	-39
7	DS-R8 > IS-R8	16220	16194	-25
8	DS-R9 > IS-R9	16220	16215	-5

Slika 7.7. Rezultati udaljenosti anker ploča

7.2.7. Export rezultata u Excel:

```

with pd.ExcelWriter('Rezultati_ankera.xlsx') as writer:
    df_centralne_tocke.to_excel(writer, sheet_name='Centralne
točke', index=False)
    df_udaljenosti.to_excel(writer, sheet_name='Udaljenosti i
razlike', index=False)
    df_rotacije.to_excel(writer, sheet_name='Rotacije i pomaci',
index=False)
    df_odstupanja.to_excel(writer, sheet_name='Odstupanja',
index=False)
    df_srednje_vrijednosti.to_excel(writer, sheet_name='Srednje
vrijednosti', index=False)
files.download('Rezultati_ankera.xlsx')

```

Svi rezultati su eksportirani u Excel datoteku s različitim sheetovima za centralne točke, udaljenosti, rotacije, odstupanja i srednje vrijednosti (Prilog 14).

7.3. Usporedba rezultata CAD/Excel i AI tehnologije

Da bismo usporedili rezultate, važno je navesti način kako smo došli do ulaznih podataka kod klasične obrade podataka i dobivenih rezultata CAD-Excel te podataka i rezultata unosom u Python. Centralne točke projektiranog stanja anker ploča (CTP) u CAD-u dobivamo kreiranjem linija, odnosno spajanjem nasuprotnih ankeri i kreiranjem točke na presjecištu tih linija (create point on intersection) za svaku pojedinu anker ploču. Isto tako moramo kreirati centralne točke izvedenog stanja (CTI). Nasuprot tome, u Python kodu smo matematički izračunali točke kao koordinatu centroida pravokutnika i koordinatu presjecišta dijagonala nepravilnog četverokuta. Time smo izbjegli manualno crtanje i mogućnost pogreške prilikom kreiranja točaka na presjecištima. U tablici (tablica 7.2.) su prikazane koordinate dobivene iz CAD-a i koordinate izračunate u Pythonu.

Tablica 7.2. CTP i CTI dobivene u CADu i Pythonu

Anker ploča	CAD				Python			
	CTP X	CTP Y	CTI X	CTI Y	CTP X	CTP Y	CTI X	CTI Y
DS-R1	992.354	1985.873	992.338	1985.875	992.354	1985.874	992.338	1985.875
DS-R2	992.331	1987.716	992.319	1987.716	992.331	1987.716	992.319	1987.716
DS-R3	992.285	1991.400	992.279	1991.402	992.285	1991.401	992.279	1991.403
DS-R4	992.239	1995.085	992.253	1995.085	992.239	1995.086	992.253	1995.085
DS-R5	992.193	1998.770	992.214	1998.774	992.193	1998.770	992.214	1998.774
DS-R6	992.147	2002.455	992.169	2002.460	992.147	2002.455	992.169	2002.460
DS-R7	992.101	2006.139	992.126	2006.137	992.101	2006.140	992.126	2006.137
DS-R8	992.050	2010.169	992.069	2010.168	992.051	2010.169	992.069	2010.168
DS-R9	991.996	2014.544	991.995	2014.538	991.996	2014.544	991.995	2014.538
LS-R1	1008.573	1986.076	1008.558	1986.078	1008.573	1986.076	1008.558	1986.078
LS-R2	1008.550	1987.918	1008.535	1987.916	1008.550	1987.919	1008.535	1987.917
LS-R3	1008.504	1991.603	1008.492	1991.609	1008.504	1991.603	1008.492	1991.609
LS-R4	1008.458	1995.288	1008.446	1995.286	1008.458	1995.288	1008.446	1995.286
LS-R5	1008.412	1998.973	1008.403	1998.977	1008.412	1998.973	1008.403	1998.977
LS-R6	1008.366	2002.657	1008.357	2002.654	1008.366	2002.658	1008.357	2002.654
LS-R7	1008.320	2006.342	1008.306	2006.336	1008.320	2006.342	1008.306	2006.335
LS-R8	1008.269	2010.372	1008.262	2010.373	1008.269	2010.372	1008.262	2010.373
LS-R9	1008.214	2014.746	1008.209	2014.745	1008.215	2014.747	1008.209	2014.746

Na temelju ove tablice 7.2. možemo zaključiti da su metode korištenja CAD-a i Python-a za izračun koordinata centralnih točaka projektiranih i izvedenih stanja anker ploča vrlo slične, s minimalnim razlikama u rezultatima.

Tablica 7.3. prikazuje usporedbu razlika između projektiranih i izvedenih rezultata dobivenih korištenjem CAD/Excel i AI/Python metoda. Kolona "Razlika rezultata proj. CAD/AI (mm)" prikazuje razlike između projektiranih vrijednosti dobivenih pomoću CAD-a i AI-a, gdje većina razlika iznosi 1 mm. Kolona "Razlika rezultata izv. (mm)" prikazuje razlike između izvedenih vrijednosti dobivenih pomoću CAD-a i AI-a, gdje većina razlika iznosi 0 mm ili 1 mm. Kolona "Razlika rezultata CAD/AI" prikazuje ukupnu razliku između metoda za projektirane i izvedene vrijednosti, gdje su razlike minimalne i iznose između -1 mm i 0 mm, što ukazuje na visoku sličnost i preciznost obje metode.

Tablica 7.3. Razlike u dobivenim rezultatima CAD/Python za osne razmake

Anker ploca	Razlika rezultata proj. udaljenosti CAD/AI (mm)	Razlika rezultata udaljenosti izv.stanje CAD/AI (mm)	Razlika rezultata pogreške CAD/AI (mm)
DS-R1 > LS-R1	1	0	0
DS-R2 > LS-R2	1	1	0
DS-R3 > LS-R3	1	1	0
DS-R4 > LS-R4	1	0	-1
DS-R5 > LS-R5	1	0	-1
DS-R6 > LS-R6	0	1	0
DS-R7 > LS-R7	0	1	0
DS-R8 > LS-R8	0	0	-1
DS-R9 > LS-R9	0	0	0

Točnost metoda korištenjem CAD-a i Excela te AI tehnologije je skoro identična, razlike su minimalne unutar jednog milimetra, što se svodi na zaokruživanje brojki rezultata. Razlika je u metodi dobivanja rezultata, brzini i mogućnosti pogreške. U CAD-u moramo raditi puno ponavljajućih i manualnih radnji kreiranja točaka, mjerenja dužina, mjerenja rotacija, itd., da bismo te podatke kasnije izvezli u Excel, kreirali formule i oblikovali tablice da bismo dobili rezultate.

Kodiranjem uz pomoć ChatGPT-a, s druge strane, na matematički način izračunavamo podatke koristeći samo jednu tablicu koja je pripremljena za unos, i dobivamo puno više analiza s rezultatima vizualizacije, na koje nemamo utjecaj pogrešnog crtanja. Dakle, za AI potpomognuto kodiranje u ovom slučaju smo koristili samo ChatGPT i Google Colab, dok smo za klasični način koristili Geomir5, ActCad i Excel.

7.4. Zaključak analize podataka AI kodiranja u Pythonu

Na temelju dobivenih rezultata možemo zaključiti da je došlo do odstupanja između projektiranog i izvedenog stanja anker ploča. Ova odstupanja su unutar prihvatljivih granica za većinu anker ploča, ali nekoliko njih zahtijeva dodatnu pažnju i moguće korektivne mjere prilikom izrade naglavnih anker ploča. Metodologija korištena u ovom radu pokazala se efikasnom za preciznu analizu i vizualizaciju razlika u koordinatama, što može biti korisno za buduće slične projekte u građevinarstvu.

Korištenjem AI tehnologije, konkretno ChatGPT-4, mogli smo automatizirati i ubrzati proces analize podataka. AI je omogućio brzo izračunavanje i vizualizaciju podataka te nam pomogao da prepoznamo odstupanja u izvedbi. Upotreba Google Colaba omogućila nam je efikasno upravljanje velikim količinama podataka i izvođenje složenih izračuna bez potrebe za naprednom hardverskom opremom. Rezultat je datoteka koju možemo spremiti na disk, a sadrži:

- Tablicu koordinata centralnih točaka projektiranog i izvedenog stanja (CTP i CTI).
- Tablicu u kojoj su prikazane osne dužine između projektiranih i izvedenih centara anker ploča te njihove razlike.
- Tablicu s rotacijskim kutovima između projektiranog i izvedenog stanja te pomacima u milimetrima za svaku anker ploču.
- Tablicu koja prikazuje odstupanja između projektiranih i izvedenih koordinata za svaku točku.
- Vizualizaciju anker ploča CTP i CTI sa vidljivim razlikama pomaka i rotacije ploče.

Na temelju ovih rezultata mogu se izvršiti popravci na anker pločama kako bi se izbjegli problemi prilikom same montaže.

U zaključku, korištenje AI tehnologije pokazalo se kao efikasnija i brža metoda za analizu i obradu velikih količina podataka, smanjujući mogućnost ljudske pogreške pri unosu podataka. Ovaj pristup može biti vrlo koristan za buduće slične projekte u građevinarstvu, omogućujući bržu i točniju analizu izvedenih radova. Sljedeći ovakav ili sličan projekt znatno skraćuje vrijeme izrade nacrtu i rezultata, te povećava efikasnost rada.

8. ZAKLJUČAK

Ovaj diplomski rad fokusira se na geodetske radove provedene u sklopu obnove Bazilike Presvetog Srca Isusova u Zagrebu, koja je pretrpjela značajna oštećenja tijekom potresa u 2020. godini. Rad obuhvaća postavljanje nove geodetske osnove, snimanje stanja nosivih zidova, izradu geodetskih podloga za projektiranje, iskolčenje osi metalne konstrukcije, te analizu točnosti postavljenih anker ploča.

U uvodnom dijelu rada opisani su potresi i njihovi utjecaji na baziliku, te je naglašena potreba za hitnom obnovom. Detaljno su opisani geodetski radovi koje je provela firma Vektra d.o.o. koristeći 3D lasersko skeniranje i fotogrametrijsku izmjeru kako bi se izradile precizne podloge za daljnje radove.

Nova mreža geodetskih točaka uspostavljena je kao osnova za daljnje radove, omogućujući precizno postavljanje glavne osi i smještaj buduće konstrukcije. Mjerenja su obavljena totalnom stanicom Leica TPS 803, a rezultati su uključivali geodetske podloge i analize mjerenih podataka.

Snimanje postojećeg stanja bočnih zidova lađe i krovnih greda bilo je ključno za izradu novih geodetskih podloga i usporedbu s postojećim 3D laserskim snimkama. Ova mjerenja omogućila su precizno pozicioniranje i iskolčenje osi metalne konstrukcije svoda.

Analiza točnosti postavljenih anker ploča provedena je klasičnom metodom koristeći ActCad i Geomir softver te pomoću AI tehnologije ChatGPT-4 u Google Colab Python okruženju. Kombinacija ovih metoda omogućila je detaljnu provjeru i vizualizaciju razlika između projektiranog i izvedenog stanja anker ploča.

Zaključno, rad ističe važnost geodetskih radova u obnovi kulturne baštine te potrebu za jasnijim propisima i procedurama kako bi se osigurala točnost i integritet geodetskih radova u projektnoj i izvedbenoj fazi građenja. Korištenje naprednih tehnologija i multidisciplinarni pristup pokazali su se ključnima za uspješnu obnovu i očuvanje kulturnih objekata.

..

.

LITERATURA

Atalić, J., Uroš, M., Šavor Novak, M., Demšić, M., & Nastev, M. (2021). The Mw5.4 Zagreb (Croatia) earthquake of March 22, 2020: impacts and response. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 19, 3461-3489. DOI:10.1007/s10518-021-01117-w

Bach, Bruna, Bazilika Srca Isusova u Zagrebu, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Filozofski fakultet, Zagreb, 2010. godine.

DAZG ,GPZ, GO, sign. 2119, Nalaz gradskog građevinskog ureda (9.5.1901) i Integrirani projekt revitalizacija i valorizacija Bazilike Srca Isusova u Gradu Zagrebu (studija), Code architect d.o.o. Maksimirska cesta 8. 10000 Zagreb (1902)

GeoMIR5. (2024) 'Advanced software for surveyors', Available at: <https://www.geomir.org/jg5/index.php/en/infos-en/geomir5-en> (Accessed: 10 June 2024).

Google Colab (2024). Dostupno na: Google Colab

Integrirani projekt revitalizacija i valorizacija Bazilike Srca Isusova u Gradu Zagrebu, Code architect d.o.o. Maksimirska cesta 8. 10000 Zagreb(2020)

Johnson, R., & Williams, M. (2018). *Data Analysis and Visualization in Python*. New York: O'Reilly Media

Lee, T. (2019). *Advanced Construction Techniques*. London: Springer

Markušić, S., Stanko, D., Korbar, T., Belic, N., Penava, D. and Kordić, B., 2020. The Zagreb (Croatia) M5.5 Earthquake on 22 March 2020. *Geosciences*, 10(7), p.252. [online] Available at: <https://doi.org/10.3390/geosciences10070252> [Accessed 24 June 2024].

Miklobušec, V. (2005). 'Drugi dolazak isusovaca u sjevernu Hrvatsku (III. dio)

Restauratorski elaborat za provedbu mjera zaštite kulturne baštine oštećene u potresu, Kompleks, Crkva Srca Isusova. Zagreb, Split (rujan 2021), INTERKONZALTING d.o.o., Ulica grada Vukovara 43c, 10000 Zagreb, eLABORO d.o.o.

Smith, J. (2020). *Geodetske metode u građevinarstvu*. Zagreb: Tehnička knjiga

Szabo, A. (2002). "Političke i crkvene okolnosti u doba gradnje Bazilike Srca Isusova u Zagrebu. Godišnjak Društva za povijest Zagrebačke Nadbiskupije Tkalčić, 6, 191-230."

Zoller + Fröhlich Laser Scanner (2024) 'Z+F IMAGER® 5016', [online] Available at: <https://www.zofre.de> (Accessed: 19 June 2024).

Mrežne adrese

GeoMIR5 (2024). Available at: <https://www.geomir.org/jg5/index.php/en/infos-en/geomir5-en> (Accessed: 24 June 2024).

Leica Geo Office (2024). Available at: <https://leica-geosystems.com/products/gnss-software/leica-geo-office> (Accessed: 24 June 2024).

Muzej grada Zagreba (2024). Available at: <http://www.mgz.hr> (Accessed: 24 June 2024).

Google Colab (2024). Available at: <https://colab.research.google.com> (Accessed: 24 June 2024).

Leica TPS 803 Manual (2024). Available at: <https://w3.leica-geosystems.com/downloads123/tps/manuals/lgs/tps800/tps800.pdf> (Accessed: 24 June 2024).

POPIS SLIKA

SLIKA 2.1. JANKO HOLJAC ,VLAHO BUKOVAC 1910 (HTTPS://WWW.MGZ.HR/EN/EXHIBITIONS/ZAGREB---CITY-PEOPLE-LIFE,1578.HTML)	4
SLIKA 2.2. NACRT IZ 1901.GOD, SLIKA PREUZETA IZ (INTEGRIRANI PROJEKT REVITALIZACIJA I VALORIZACIJA BAZILIKE SRCA ISUSOVA U GRADU ZAGREBU, CODE ARCHITECT D.O.O. MAKSIMIRSKA CESTA 8. 10000 ZAGREB(2020)	6
SLIKA 2.3.. NACRT IZ 1902.GOD, SLIKA PREUZETA IZ (INTEGRIRANI PROJEKT REVITALIZACIJA I VALORIZACIJA BAZILIKE SRCA ISUSOVA U GRADU ZAGREBU, CODE ARCHITECT D.O.O. MAKSIMIRSKA CESTA 8. 10000 ZAGREB(2020)	7
SLIKA 2.4. KARTA INTENZITETA ZAGREBAČKOG POTRESA 22. OŽUJKA 2020. GODINE PREMA USGS (MARKUŠIĆ I SUR.,2020).....	10
SLIKA 2.5. SLIKA UZETA SA STAJALIŠTA 3D SKENERA VEKTRA D.O.O. (2020)	11
SLIKA 3.1. Z+F IMAGER® 5016.....	13
SLIKA 3.2. NIKON D200 18-70MM, SONY ILCE 6000 19MM, SONY ILCE 6000 16- 50MM(ARHITEKTONSKA SNIMKA POSTOJEĆEG STANJA, VEKTRA D.O.O.,2020) ...	14
SLIKA 3.3. SONY ILCE 6000(ARHITEKTONSKA SNIMKA POSTOJEĆEG STANJA, VEKTRA D.O.O.,2020).....	14
SLIKA 3.4. AUTOCAD PRIKAZ PROČELJA BAZILIKE SRCA ISUSOVA((ARHITEKTONSKA SNIMKA POSTOJEĆEG STANJA, VEKTRA D.O.O.,2020).....	15
SLIKA 3.5. GEOREFERENCIRANI 3D MODEL, POGLED SA POZICIJE STAJALIŠTA SKENERA	16
SLIKA 4.1.. IZGLED POSTAVLJENE METALNE KONSTRUKCIJE SVODA.....	19
SLIKA 4.2. REFERENTNA TOČKA „OS1“ NA ULAZU U BAZILIKU	20
SLIKA 4.3. REFLEKTIRAJUĆA MARKICA 50X50MM.....	21
SLIKA 4.4. POZICIJA PRVOG STAJALIŠTA „P0“	21
SLIKA 4.5. GEOMIR5 UNOS TOČAKA.....	25
SLIKA 4.6. TOČKE UKLOPA NA OLTARU U OSI 5-5	25
SLIKA 4.7. KONTROLNE TOČKE UKLOPA U OSI 3	26
SLIKA 4.8. PREGLEDO OSI I PRESJEKA	27
SLIKA 4.9. URUŠENI DIO SVODA BAZILIKE SRCA ISUSOVA	28
SLIKA 4.10. NAGNUTOST ZIDOVA I STUPOVA U PRESJEKU 5-5	29

SLIKA 5.1. TOČKE ISKOLČENJA „DSR1-LSR1“ I „DSR2-LSR2“ I REFERENTNE UDALJENOSTI	30
SLIKA 5.2. STVARANJE TOČAKA-GEOMIR 5	31
SLIKA 5.3. AŽURIRANJE ATRIBUTA-GEOMIR 5	31
SLIKA 5.4. POZICIONIRANJE PRIVREMENE NANOSNE SKELE	32
SLIKA 5.5. NANOSNA SKELA ANKER PLOČA	33
SLIKA 6.1. POSTAVLJENA ANKER PLOČA POZICIJA DSR1	35
SLIKA 6.2. ZAPIS .IDX FORMATA LEICA TPS803	36
SLIKA 7.1. SKICA CTP-CTI	39
SLIKA 7.2. IZRAČUNATI CENTRI ANKER PLOČA CTP-CTI	43
SLIKA 7.3. KUT ROTACIJE I POMAK PREMA PROJEKTIRANOM CENTRU	44
SLIKA 7.4. IZRAČUNATE SREDNJE VRIJEDNOSTI KOORDINATNIH POMAKA	44
SLIKA 7.5. VIZUALIZACIJA PROJEKTIRANOG I IZVEDENOG STANJA (PRVIH 5 ANKER PLOČA)	46
SLIKA 7.6. VIZUALIZACIJA PROJEKTIRANOG I IZVEDENOG STANJA (ZADNIH 4 ANKER PLOČA)	47
SLIKA 7.7. REZULTATI UDALJENOSTI ANKER PLOČA	48

POPIS TABLICA

TABLICA 4.1. POLIGONSKE TOČKE OPAŽANE U DVA POLOŽAJA DURBINA.....	22
TABLICA 4.2..KOORDINATE POLIGONSKIH TOČAKA.....	23
TABLICA 6.1. DIO TABLICE KOORDINATNIH Odstupanja IZVEDENOG STANJA ANKERA U OSI DS I LS.....	38
TABLICA 6.2. TABLICA OSNIH RAZMAKA ANKER PLOČA PROJEKTIRANO-IZVEDENO STANJE.....	38
TABLICA 7.1. DIO TABLICE PRIPREMLJEN ZA UNOS U PYTHON-GOOGLE COLAB.....	41
TABLICA 7.2. CTP I CTI DOBIJENE U CADU I PYTHONU	49
TABLICA 7.3. RAZLIKE U DOBIVENIM REZULTATIMA CAD/PYTHON ZA OSNE RAZMAKE.....	50

PRILOZI

Popis priloga:

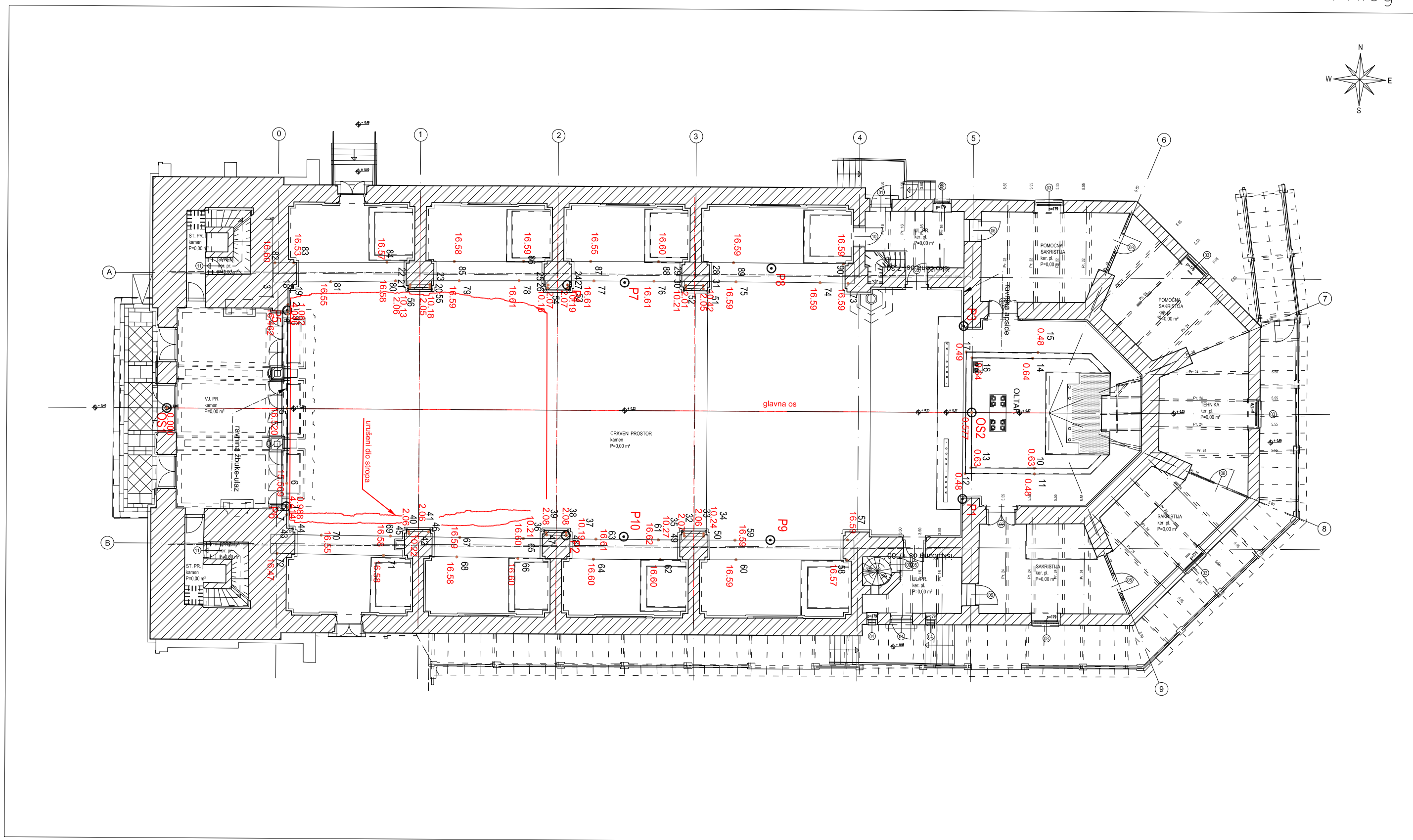
- Prilog 1. GSSS M 1:200 , Preklop sa tlocrtom prizemlja
- Prilog 2. GSSS M 1:150, Preklop sa tlocrtom krovista
- Prilog 3 Presjek 5-5 M 1:150
- Prilog 4 Koordinate detaljnih točaka
- Prilog 5 Skica poligonskih točaka M 1:250
- Prilog 6 Koordinate poligonskih točaka
- Prilog 7 Skica iskolčenja anker ploča
- Prilog 8 Koordiate točaka iskolčenja
- Prilog 9 GSG Izvedeno stanje anker ploča
- Prilog 10 GSG Izvedeno stanje anker ploča u osi DS ,M 1:10
- Prilog 11 GSG Izvedeno stanje anker ploča u osi LS ,M 1:10
- Prilog 12 Razlike projektirano i izvedeno stanje (excel tablica)
- Prilog 13 Tablica za unos u Payton (Google Colab)
- Prilog 14 Python kod

GEODETSKA SITUACIJA STVARNOG STANJA

PREKLOP SA TLOCRTOM PRIZEMLJA

Mjerilo 1:200

Prilog 1.



Izradio/la:
Zoran Leko ing.geod.
Zagreb, SRPANJ, 2022. godine

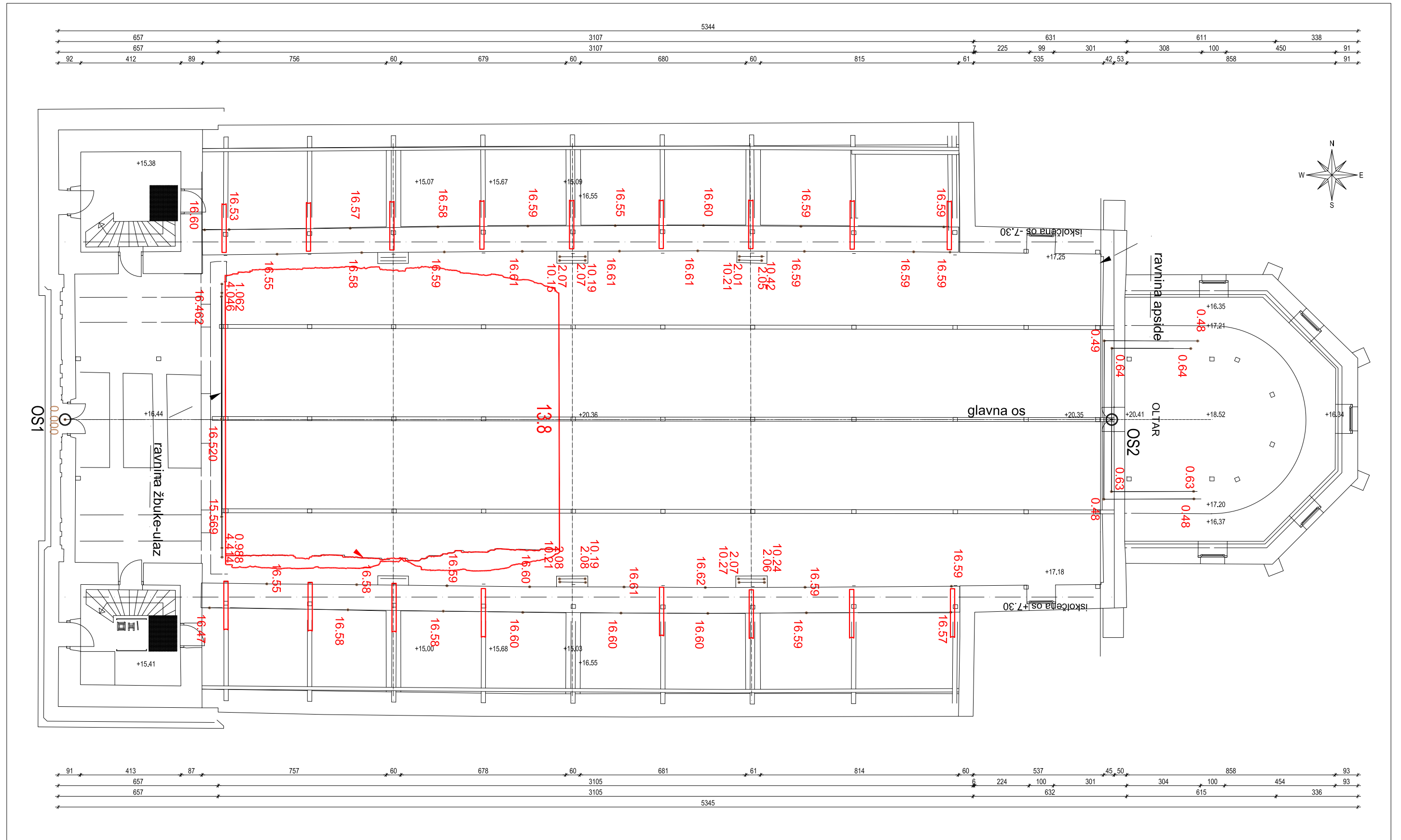
Odgovorna osoba za obavljanje stručnih
geodetskih poslova:
Tomislav Borošak, dipl.ing.geod.

GEODETSKA SITUACIJA STVARNOG STANJA

PREKLOP SA TLOCRTOM KROVIŠTA

Mjerilo 1:150

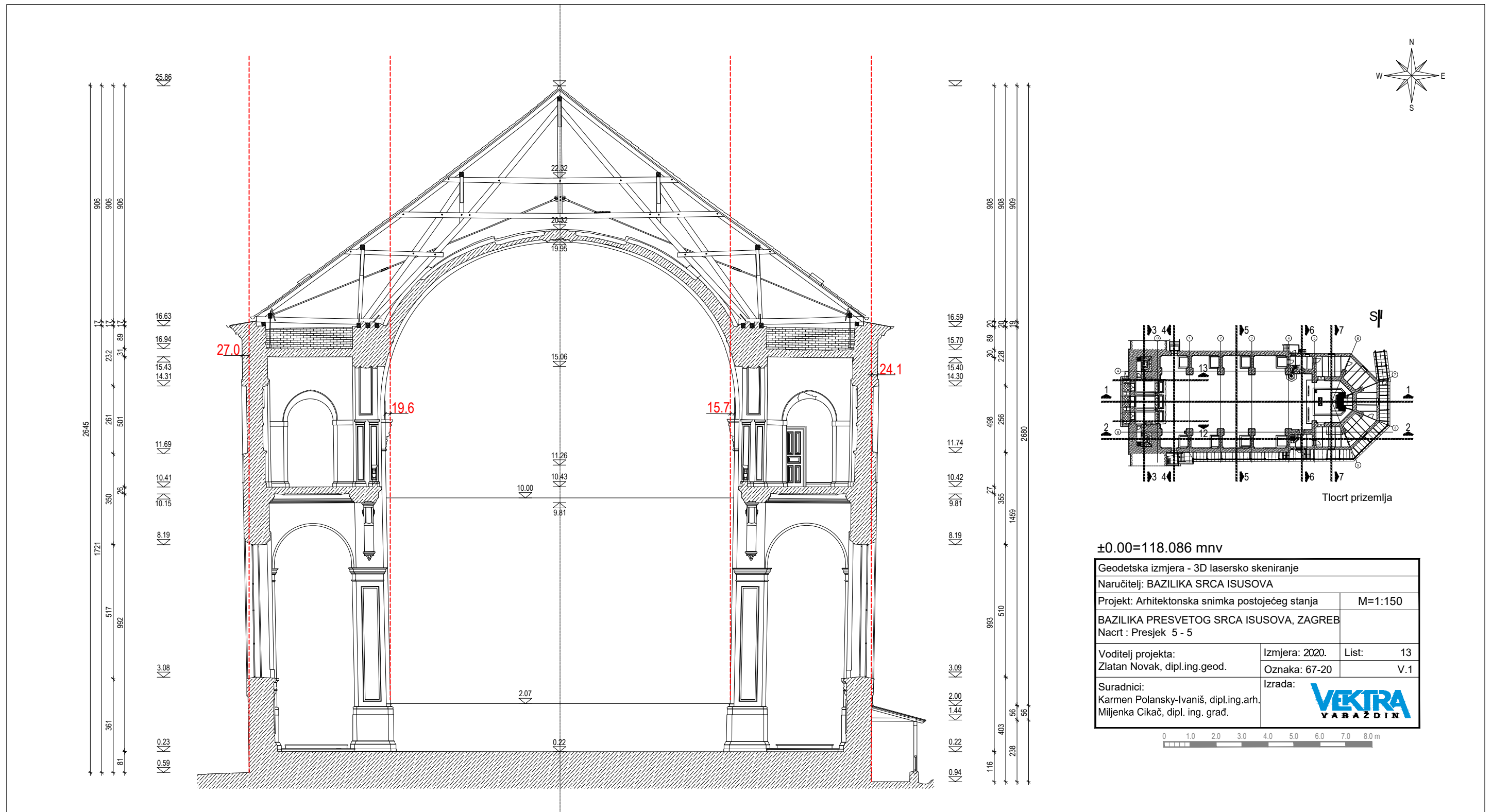
Prilog 2.




PRESJEK 5-5

Mjerilo 1:150

PRILOG 3.



±0.00=118.086 mnv

Geodetska izmjera - 3D lasersko skeniranje		
Naručitelj: BAZILIKA SRCA ISUSOVA		
Projekt: Arhitektonska snimka postojećeg stanja	M=1:150	
BAZILIKA PRESVETOG SRCA ISUSOVA, ZAGREB		
Nacrt : Presjek 5 - 5		
Voditelj projekta:	Izmjera: 2020.	List: 13
Zlatan Novak, dipl.ing.geod.	Oznaka: 67-20	V.1
Suradnici:	Izrada:	
Karmen Polansky-Ivaniš, dipl.ing.arh.		
Miljenka Cikač, dipl. ing. grad.		

Izradio/la:
Zoran Leko ing.geod.
Zagreb, SRPANJ, 2022. godine

Odgovorna osoba za obavljanje stručnih
geodetskih poslova:
Tomislav Borošak, dipl.ing.geod.

PRILOG 4. Koordinate detaljnih točaka

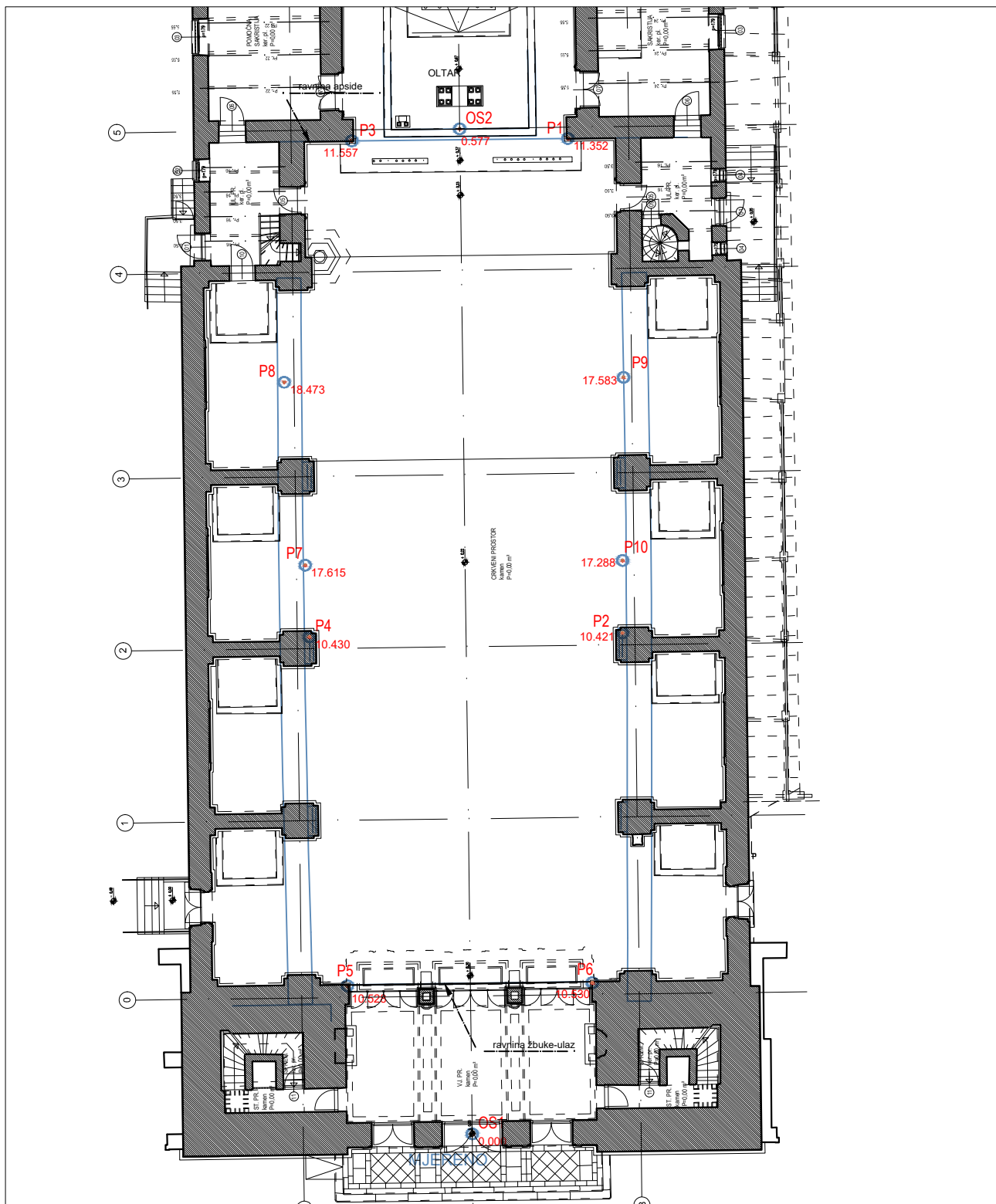
Koordinate detaljnih točaka			
TOČKA	X	Y	Z
1	990.289	1985.332	17.083
2	994.891	1986.224	4.046
3	994.483	1985.395	18.957
4	995.407	1986.218	16.462
5	1000.446	1986.277	16.520
6	1004.458	1986.336	15.569
7	1006.118	1986.373	4.414
8	1005.736	1986.366	0.988
9	995.250	1986.229	1.062
10	1002.915	2026.297	0.630
11	1003.224	2026.312	0.480
12	1003.282	2022.604	0.480
13	1002.965	2022.916	0.630
14	997.044	2026.106	0.640
15	996.729	2026.384	0.480
16	997.073	2022.863	0.640
17	996.769	2022.543	0.490
18	993.871	1986.419	10.160
19	993.929	1986.424	2.040
20	993.843	1993.791	2.050
21	993.856	1992.732	2.060
22	993.717	1992.744	10.130
23	993.693	1993.792	10.180
24	993.575	2001.157	10.190
25	993.593	2000.108	10.150
26	993.749	2000.101	2.070
27	993.730	2001.159	2.070
28	993.478	2008.416	10.420
29	993.491	2007.494	10.210
30	993.638	2007.489	2.010
31	993.648	2008.414	2.050
32	1006.744	2007.623	2.070
33	1006.739	2008.678	2.060
34	1006.876	2008.690	10.240
35	1006.889	2007.650	10.270
36	1006.964	2000.278	10.210
37	1006.970	2001.335	10.190
38	1006.821	2001.319	2.080
39	1006.839	2000.261	2.080
40	1006.913	1992.898	2.060
41	1006.909	1993.956	2.060
42	1007.021	1992.917	10.220
43	1007.010	1986.563	10.210
44	1006.881	1986.696	1.810
45	1006.803	1992.786	1.830

Koordinate detaljnih točaka			
TOČKA	X	Y	Z
46	1006.801	1994.052	1.840
47	1006.728	2000.138	1.850
48	1006.705	2001.424	1.850
49	1006.632	2007.509	1.830
50	1006.608	2008.806	1.830
51	993.762	2008.632	1.830
52	993.742	2007.392	1.830
53	993.845	2001.271	1.850
54	993.864	1999.992	1.850
55	993.943	1993.887	1.830
56	993.967	1992.626	1.830
57	1006.941	2016.386	16.590
58	1008.007	2016.368	16.570
59	1007.056	2010.364	16.590
60	1008.105	2010.435	16.590
61	1007.118	2006.262	16.620
62	1008.179	2006.382	16.600
63	1007.137	2002.921	16.610
64	1008.211	2002.810	16.600
65	1007.179	1999.039	16.600
66	1008.235	1998.769	16.600
67	1007.178	1995.638	16.590
68	1008.224	1995.499	16.580
69	1007.178	1991.925	16.580
70	1007.193	1988.229	16.550
71	1008.218	1991.577	16.580
72	1008.207	1985.885	16.470
73	993.203	2016.157	16.590
74	993.209	2014.659	16.590
75	993.246	2010.167	16.590
76	993.281	2005.780	16.610
77	993.334	2002.562	16.610
78	993.389	1998.563	16.610
79	993.458	1995.359	16.590
80	993.527	1991.959	16.580
81	993.632	1988.486	16.550
82	992.672	1985.487	16.600
83	992.648	1986.493	16.530
84	992.530	1991.476	16.570
85	992.425	1995.082	16.580
86	992.350	1998.782	16.590
87	992.287	2002.373	16.550
88	992.235	2006.002	16.600
89	992.220	2010.011	16.590
90	992.173	2015.886	16.590

SKICA POLIGONSKIH TOČKA

Mjerilo 1:250

PRILOG 5.



Izradio/la:
Zoran Leko ing.geod.
Zagreb, SRPANJ, 2022. godine

Odgovorna osoba za obavljanje stručnih
geodetskih poslova:
Tomislav Borošak, dipl.ing.geod.

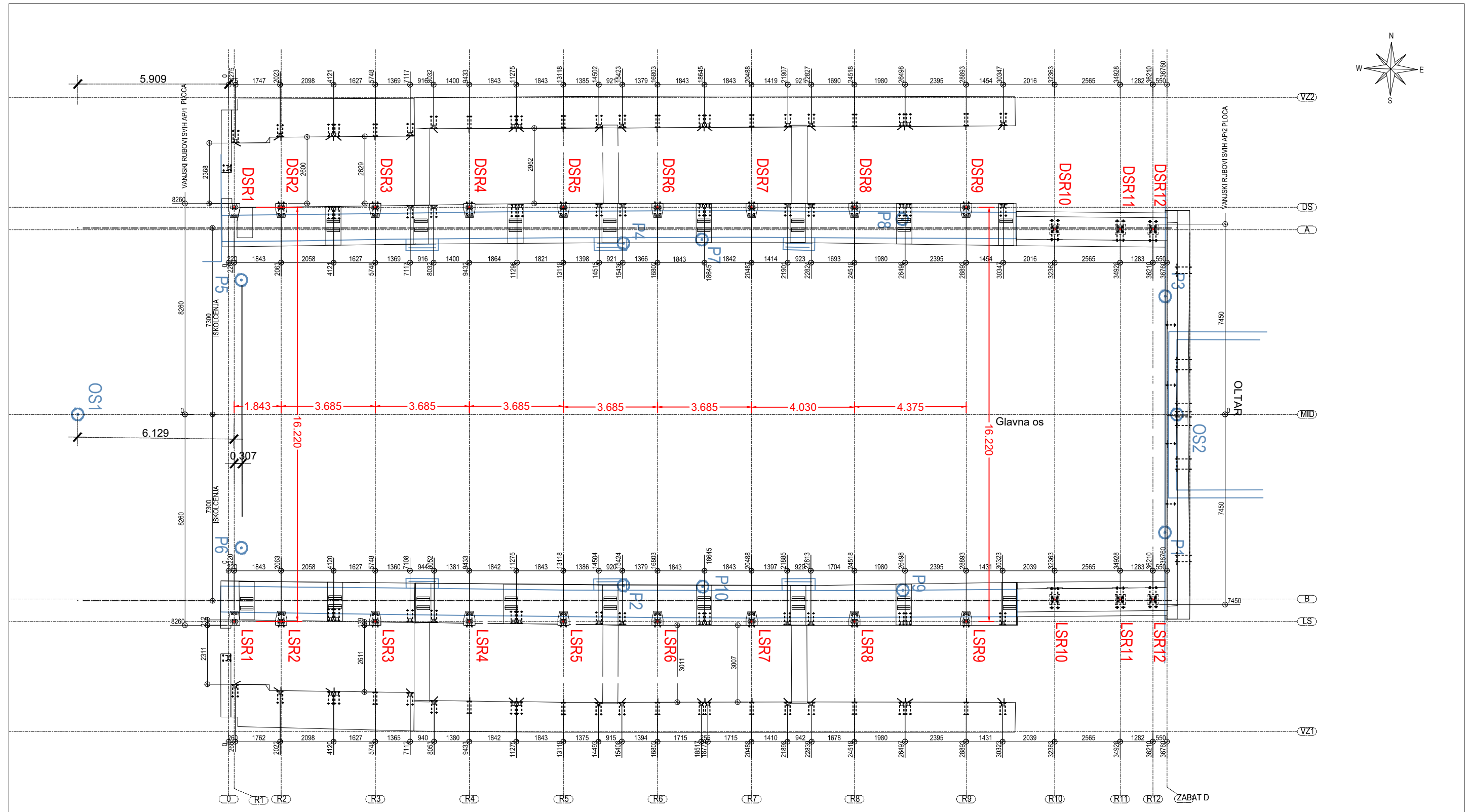
PRILOG 6. Koordinate poligonskih točaka

Koordinate poligonskih točaka				
Br.toč.	Y	X	Z	Opis
P1	1004.631	2022.487	11.352	Naljepnica
P2	1006.972	2001.308	10.421	Naljepnica
P3	995.384	2022.383	11.557	Naljepnica
P4	993.573	2001.138	10.430	Naljepnica
P5	995.197	1986.190	10.528	Naljepnica
P6	1005.684	1986.323	10.530	Naljepnica
OS1	1000.540	1979.846	0.000	Marker
OS2	1000.002	2022.897	0.577	Naljepnica
Pomoćne točke				
P7	993.388	2004.208	17.615	Naljepnica
P8	992.488	2012.045	18.473	Naljepnica
P9	1007.019	2012.251	17.583	Naljepnica
P10	1006.978	2004.408	17.288	Naljepnica
N3	992.332	1991.271	16.645	Anker
N4	992.117	2010.300	16.650	Anker
N6	1008.259	2014.615	16.647	Anker
N8	1008.588	1988.043	16.648	Anker

SKICA ISKOLČENJA ANKER PLOČA

Mjerilo 1:150

PRILOG 7.



Izradio/la:
Zoran Leko ing.geod.
Zagreb, prosinac 2022. godine

Odgovorna osoba za obavljanje stručnih
geodetskih poslova:
Tomislav Borošak, dipl.ing.geod.

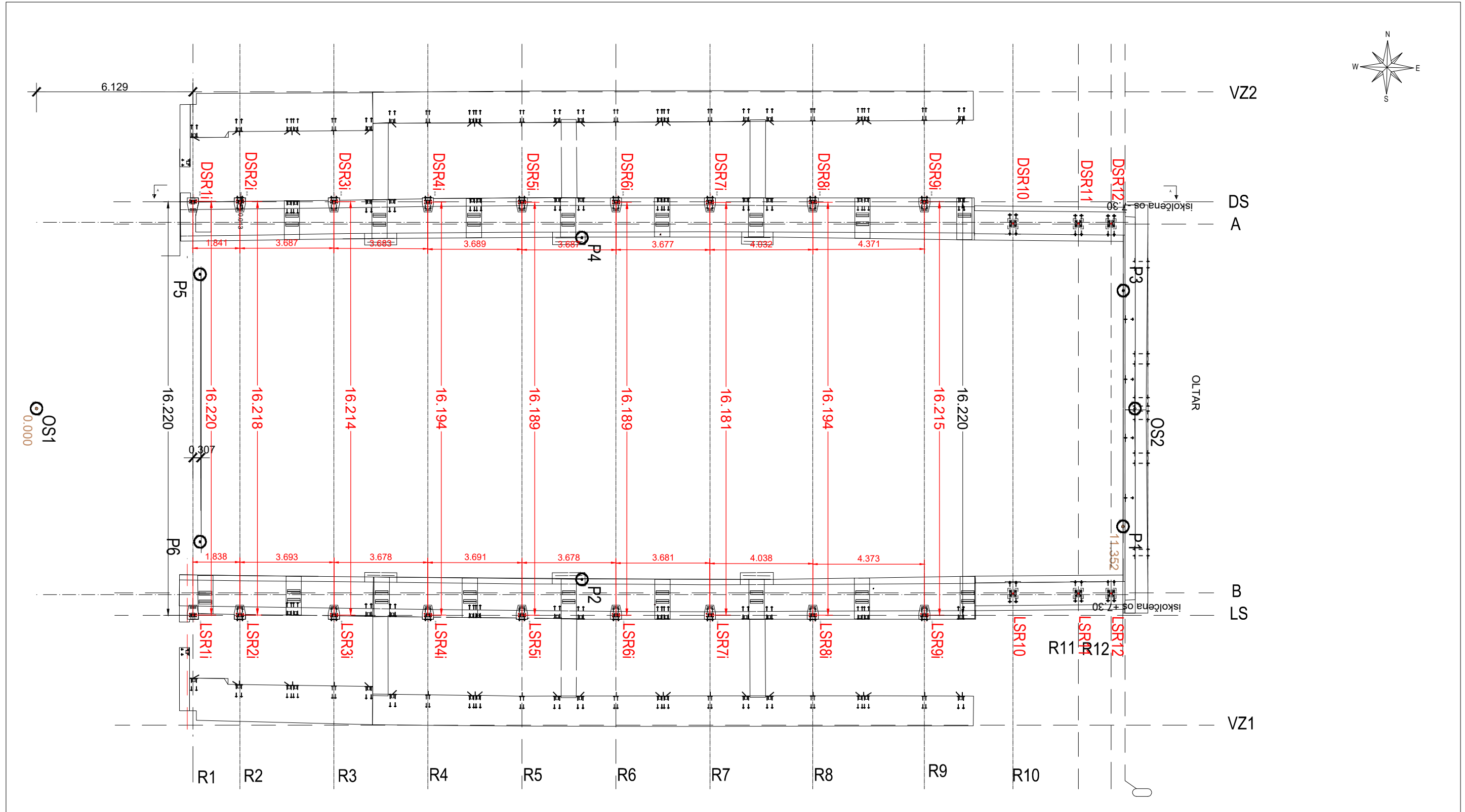
PRILOG 8.Koordinate točaka iskolčenja

Koordinate točaka iskolčenja			
TOČKA	X	Y	Z
DSR1	992.354	1985.873	16.450
DSR2	992.331	1987.716	16.450
DSR3	992.285	1991.400	16.450
DSR4	992.239	1995.085	16.450
DSR5	992.193	1998.770	16.450
DSR6	992.147	2002.455	16.450
DSR7	992.101	2006.139	16.450
DSR8	992.050	2010.169	16.450
DSR9	991.996	2014.544	16.450
LSR1	1008.573	1986.076	16.450
LSR2	1008.550	1987.918	16.450
LSR3	1008.504	1991.603	16.450
LSR4	1008.458	1995.288	16.450
LSR5	1008.412	1998.973	16.450
LSR6	1008.366	2002.657	16.450
LSR7	1008.320	2006.342	16.450
LSR8	1008.269	2010.372	16.450
LSR9	1008.214	2014.746	16.450

GEODETSKA SITUACIJA IZVEDENOG STANJA

UDALJENOSTI OSI ANKER PLOČA
Mjerilo 1:150

PRILOG 9.



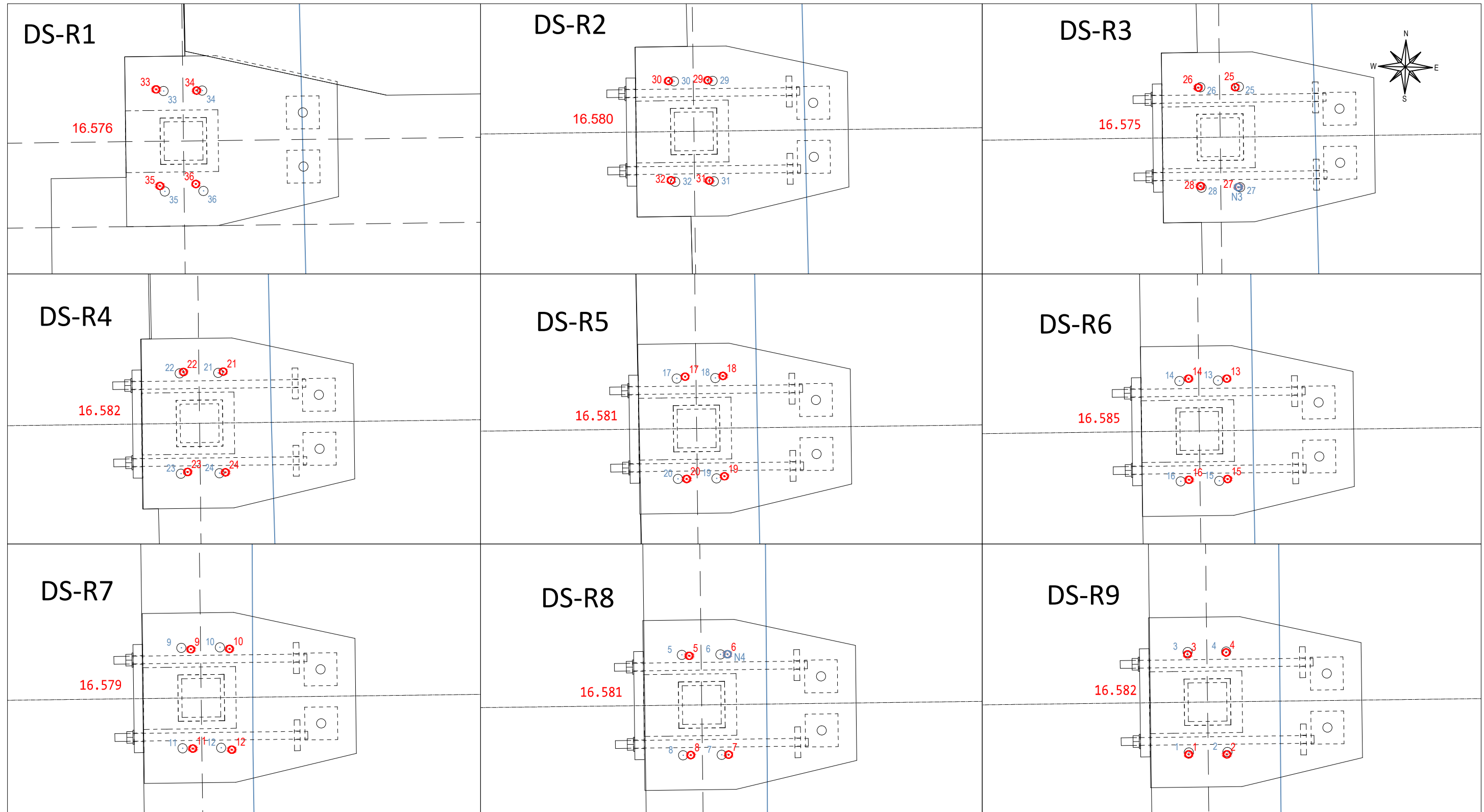
Izradio/la:
Zoran Leko ing.geod.
Zagreb, prosinac 2022. godine

Odgovorna osoba za obavljanje stručnih
geodetskih poslova:
Tomislav Borošak, dipl.ing.geod.

GEODETSKA SITUACIJA IZVEDENOG STANJA

ANKERI U OSI DS
Mjerilo 1:10

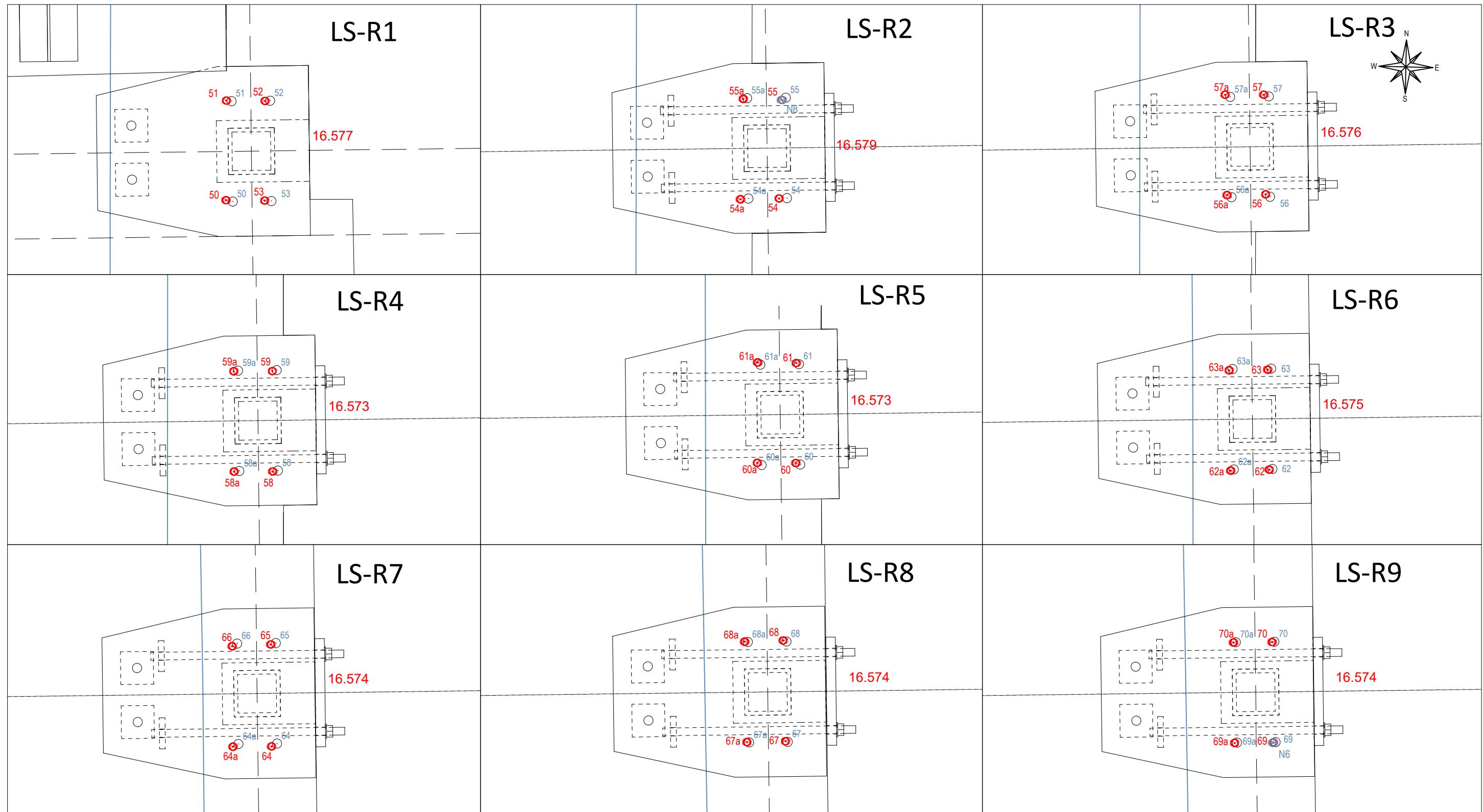
PRILOG 10.



GEODETSKA SITUACIJA IZVEDENOG STANJA

ANKERI U OSI LS
Mjerilo 1:10

PRILOG 11.



PRILOG 12. Koordinatna razlika projektirano i izvedeno stanje

Tablica odstupanja izvedenog stanja ankera u osi DS

Anker ploča	IZVEDENO STANJE				PROJEKTIRANO STANJE				ODSTUPANJE mm			SREDNJA VRIJEDNOST GRUPE mm		
		X	Y	Z	X	Y	Z	Δx	Δy	Δz	ΔX	ΔY	ΔZ	
DS-R1	33	992.283	1986.007	16.644	33	992.302	1986.003	16.645	-19	4	-1	-17	9	0
	34	992.388	1986.004	16.645	34	992.402	1986.004	16.645	-14	0	0			
	35	992.293	1985.757	16.646	35	992.306	1985.743	16.645	-13	14	1			
	36	992.386	1985.762	16.647	36	992.406	1985.744	16.645	-20	18	2			
DS-R2	29	992.367	1987.848	16.650	29	992.379	1987.846	16.645	-12	2	5	-12	2	5
	30	992.265	1987.846	16.650	30	992.279	1987.845	16.645	-14	1	5			
	31	992.371	1987.588	16.649	31	992.383	1987.586	16.645	-12	2	4			
	32	992.272	1987.589	16.650	32	992.283	1987.585	16.645	-11	4	5			
DS-R3	25	992.324	1991.530	16.646	25	992.333	1991.531	16.645	-9	-1	1	-5	1	0
	26	992.228	1991.529	16.645	26	992.233	1991.530	16.645	-5	-1	0			
	27	992.333	1991.272	16.645	27	992.337	1991.271	16.645	-4	1	0			
	28	992.234	1991.274	16.645	28	992.237	1991.270	16.645	-3	4	0			
DS-R4	21	992.300	1995.219	16.652	21	992.287	1995.216	16.645	13	3	7	14	3	7
	22	992.197	1995.218	16.652	22	992.187	1995.215	16.645	10	3	7			
	23	992.208	1994.959	16.652	23	992.191	1994.955	16.645	17	4	7			
	24	992.306	1994.958	16.651	24	992.291	1994.956	16.645	15	2	6			
DS-R5	17	992.163	1998.904	16.653	17	992.141	1998.899	16.645	22	5	8	21	4	6
	18	992.261	1998.906	16.653	18	992.241	1998.901	16.645	20	5	8			
	19	992.265	1998.646	16.651	19	992.245	1998.641	16.645	20	5	6			
	20	992.167	1998.639	16.648	20	992.145	1998.639	16.645	22	0	3			
DS-R6	13	992.218	2002.590	16.654	13	992.195	2002.585	16.645	23	5	9	23	5	10
	14	992.119	2002.590	16.655	14	992.095	2002.584	16.645	24	6	10			
	15	992.220	2002.330	16.656	15	992.198	2002.325	16.645	22	5	11			
	16	992.120	2002.328	16.655	16	992.098	2002.324	16.645	22	4	10			
DS-R7	9	992.074	2006.265	16.647	9	992.049	2006.269	16.645	25	-4	2	26	-3	4
	10	992.174	2006.266	16.649	10	992.149	2006.270	16.645	25	-4	4			
	11	992.079	2006.008	16.649	11	992.052	2006.009	16.645	27	-1	4			
	12	992.180	2006.005	16.649	12	992.152	2006.010	16.645	28	-5	4			
DS-R8	5	992.018	2010.296	16.651	5	991.999	2010.298	16.645	19	-2	6	19	-1	5
	6	992.117	2010.298	16.651	6	992.099	2010.300	16.645	18	-2	6			
	7	992.120	2010.040	16.650	7	992.102	2010.040	16.645	18	0	5			
	8	992.022	2010.039	16.649	8	992.002	2010.038	16.645	20	1	4			
DS-R9	1	991.947	2014.408	16.652	1	991.947	2014.413	16.645	0	-5	7	0	-5	7
	2	992.046	2014.408	16.650	2	992.047	2014.414	16.645	-1	-6	5			
	3	991.944	2014.667	16.653	3	991.944	2014.673	16.645	0	-6	8			
	4	992.044	2014.672	16.654	4	992.044	2014.674	16.645	0	-2	9			

ΔX vrijednost "-"=pomak u smjeru sjevera

ΔY vrijednost "-"=pomak u smjeru istoka

PRILOG 12. Koordinatna razlika projektirano i izvedeno stanje

Tablica odstupanja izvedenog stanja ankera u osi LS

Anker ploča	IZVEDENO STANJE				PROJEKTIRANO STANJE				ODSTUPANJE mm			SREDNJA VRIJEDNOST GRUPE mm		
	X	Y	Z		X	Y	Z		Δx	Δy	Δz	ΔX	ΔY	ΔZ
LS-R1	50	1008.507	1985.949	16.647	50	1008.524	1985.945	16.645	-17	4	2	-15	2	1
	51	1008.508	1986.207	16.647	51	1008.521	1986.205	16.645	-13	2	2			
	52	1008.608	1986.206	16.647	52	1008.621	1986.207	16.645	-13	-1	2			
	53	1008.607	1985.948	16.643	53	1008.624	1985.947	16.645	-17	1	-2			
LS-R2	54	1008.581	1987.788	16.649	54	1008.601	1987.789	16.645	-20	-1	4	-15	-3	4
	54a	1008.481	1987.786	16.650	54a	1008.501	1987.788	16.645	-20	-2	5			
	55	1008.586	1988.042	16.648	55	1008.598	1988.049	16.645	-12	-7	3			
	55a	1008.488	1988.046	16.650	55a	1008.498	1988.048	16.645	-10	-2	5			
LS-R3	56	1008.544	1991.480	16.645	56	1008.555	1991.474	16.645	-11	6	0	-12	6	1
	56a	1008.444	1991.478	16.646	56a	1008.455	1991.472	16.645	-11	6	1			
	57	1008.539	1991.738	16.646	57	1008.552	1991.734	16.645	-13	4	1			
	57a	1008.439	1991.738	16.645	57a	1008.452	1991.732	16.645	-13	6	0			
LS-R4	58	1008.496	1995.156	16.643	58	1008.509	1995.158	16.645	-13	-2	-2	-12	-1	-2
	58a	1008.396	1995.156	16.644	58a	1008.409	1995.157	16.645	-13	-1	-1			
	59	1008.495	1995.416	16.643	59	1008.506	1995.418	16.645	-11	-2	-2			
	59a	1008.395	1995.416	16.644	59a	1008.406	1995.417	16.645	-11	-1	-1			
LS-R5	60	1008.452	1998.847	16.644	60	1008.463	1998.843	16.645	-11	4	-1	-9	4	-2
	60a	1008.352	1998.847	16.643	60a	1008.363	1998.842	16.645	-11	5	-2			
	61	1008.453	1999.106	16.643	61	1008.460	1999.103	16.645	-7	3	-2			
	61a	1008.353	1999.107	16.643	61a	1008.360	1999.102	16.645	-7	5	-2			
LS-R6	62	1008.409	2002.526	16.645	62	1008.417	2002.528	16.645	-8	-2	0	-9	-3	1
	62a	1008.309	2002.523	16.645	62a	1008.317	2002.527	16.645	-8	-4	0			
	63	1008.405	2002.785	16.646	63	1008.414	2002.788	16.645	-9	-3	1			
	63a	1008.305	2002.783	16.647	63a	1008.314	2002.787	16.645	-9	-4	2			
LS-R7	64	1008.357	2006.205	16.644	64	1008.371	2006.213	16.645	-14	-8	-1	-14	-7	-1
	64a	1008.257	2006.204	16.645	64a	1008.271	2006.211	16.645	-14	-7	0			
	65	1008.355	2006.469	16.643	65	1008.368	2006.473	16.645	-13	-4	-2			
	66	1008.255	2006.464	16.643	66	1008.268	2006.471	16.645	-13	-7	-2			
LS-R8	67	1008.315	2010.244	16.644	67	1008.321	2010.242	16.645	-6	2	-1	-7	2	0
	67a	1008.215	2010.242	16.644	67a	1008.221	2010.241	16.645	-6	1	-1			
	68	1008.309	2010.505	16.645	68	1008.318	2010.502	16.645	-9	3	0			
	68a	1008.209	2010.502	16.646	68a	1008.217	2010.501	16.645	-8	1	1			
LS-R9	69	1008.260	2014.616	16.645	69	1008.266	2014.617	16.645	-6	-1	0	-6	-1	0
	69a	1008.160	2014.615	16.645	69a	1008.166	2014.616	16.645	-6	-1	0			
	70	1008.257	2014.876	16.644	70	1008.263	2014.877	16.645	-6	-1	-1			
	70a	1008.157	2014.875	16.645	70a	1008.163	2014.876	16.645	-6	-1	0			

ΔX vrijednost "-"=pomak u smjeru sjevera
 ΔY vrijednost "-"=pomak u smjeru istoka

PRILOG 13. Tablica za unos u Python

Anker ploca	broj_tocke	IZVEDENO STANJE X	IZVEDENO STANJE Y	IZVEDENO STANJE Z	PROJEKTIRANO STANJE X	PROJEKTIRANO STANJE Y	PROJEKTIRANO STANJE Z
DS-R1	33	992.283	1986.007	16.644	992.302	1986.003	16.645
DS-R1	34	992.388	1986.004	16.645	992.402	1986.004	16.645
DS-R1	35	992.293	1985.757	16.646	992.306	1985.743	16.645
DS-R1	36	992.386	1985.762	16.647	992.406	1985.744	16.645
DS-R2	29	992.367	1987.848	16.650	992.379	1987.846	16.645
DS-R2	30	992.265	1987.846	16.650	992.279	1987.845	16.645
DS-R2	31	992.371	1987.588	16.649	992.383	1987.586	16.645
DS-R2	32	992.272	1987.589	16.650	992.283	1987.585	16.645
DS-R3	25	992.324	1991.530	16.646	992.333	1991.531	16.645
DS-R3	26	992.228	1991.529	16.645	992.233	1991.530	16.645
DS-R3	27	992.333	1991.272	16.645	992.337	1991.271	16.645
DS-R3	28	992.234	1991.274	16.645	992.237	1991.270	16.645
DS-R4	21	992.300	1995.219	16.652	992.287	1995.216	16.645
DS-R4	22	992.197	1995.218	16.652	992.187	1995.215	16.645
DS-R4	23	992.208	1994.959	16.652	992.191	1994.955	16.645
DS-R4	24	992.306	1994.958	16.651	992.291	1994.956	16.645
DS-R5	17	992.163	1998.904	16.653	992.141	1998.899	16.645
DS-R5	18	992.261	1998.906	16.653	992.241	1998.901	16.645
DS-R5	19	992.265	1998.646	16.651	992.245	1998.641	16.645
DS-R5	20	992.167	1998.639	16.648	992.145	1998.639	16.645
DS-R6	13	992.218	2002.590	16.654	992.195	2002.585	16.645
DS-R6	14	992.119	2002.590	16.655	992.095	2002.584	16.645
DS-R6	15	992.220	2002.330	16.656	992.198	2002.325	16.645
DS-R6	16	992.120	2002.328	16.655	992.098	2002.324	16.645
DS-R7	9	992.074	2006.265	16.647	992.049	2006.269	16.645
DS-R7	10	992.174	2006.266	16.649	992.149	2006.270	16.645
DS-R7	11	992.079	2006.008	16.649	992.052	2006.009	16.645
DS-R7	12	992.180	2006.005	16.649	992.152	2006.010	16.645
DS-R8	5	992.018	2010.296	16.651	991.999	2010.298	16.645
DS-R8	6	992.117	2010.298	16.651	992.099	2010.300	16.645
DS-R8	7	992.120	2010.040	16.650	992.102	2010.040	16.645
DS-R8	8	992.022	2010.039	16.649	992.002	2010.038	16.645
DS-R9	1	991.947	2014.408	16.652	991.947	2014.413	16.645
DS-R9	2	992.046	2014.408	16.650	992.047	2014.414	16.645
DS-R9	3	991.944	2014.667	16.653	991.944	2014.673	16.645
DS-R9	4	992.044	2014.672	16.654	992.044	2014.674	16.645
LS-R1	50	1008.507	1985.949	16.647	1008.524	1985.945	16.645
LS-R1	51	1008.508	1986.207	16.647	1008.521	1986.205	16.645
LS-R1	52	1008.608	1986.206	16.647	1008.621	1986.207	16.645
LS-R1	53	1008.607	1985.948	16.643	1008.624	1985.947	16.645
LS-R2	54	1008.581	1987.788	16.649	1008.601	1987.789	16.645
LS-R2	54a	1008.481	1987.786	16.650	1008.501	1987.788	16.645
LS-R2	55	1008.586	1988.042	16.648	1008.598	1988.049	16.645
LS-R2	55a	1008.488	1988.046	16.650	1008.498	1988.048	16.645
LS-R3	56	1008.544	1991.480	16.645	1008.555	1991.474	16.645
LS-R3	56a	1008.444	1991.478	16.646	1008.455	1991.472	16.645
LS-R3	57	1008.539	1991.738	16.646	1008.552	1991.734	16.645
LS-R3	57a	1008.439	1991.738	16.645	1008.452	1991.732	16.645
LS-R4	58	1008.496	1995.156	16.643	1008.509	1995.158	16.645
LS-R4	58a	1008.396	1995.156	16.644	1008.409	1995.157	16.645
LS-R4	59	1008.495	1995.416	16.643	1008.506	1995.418	16.645
LS-R4	59a	1008.395	1995.416	16.644	1008.406	1995.417	16.645
LS-R5	60	1008.452	1998.847	16.644	1008.463	1998.843	16.645
LS-R5	60a	1008.352	1998.847	16.643	1008.363	1998.842	16.645
LS-R5	61	1008.453	1999.106	16.643	1008.460	1999.103	16.645
LS-R5	61a	1008.353	1999.107	16.643	1008.360	1999.102	16.645
LS-R6	62	1008.409	2002.526	16.645	1008.417	2002.528	16.645
LS-R6	62a	1008.309	2002.523	16.645	1008.317	2002.527	16.645
LS-R6	63	1008.405	2002.785	16.646	1008.414	2002.788	16.645
LS-R6	63a	1008.305	2002.783	16.647	1008.314	2002.787	16.645
LS-R7	64	1008.357	2006.205	16.644	1008.371	2006.213	16.645
LS-R7	64a	1008.257	2006.204	16.645	1008.271	2006.211	16.645
LS-R7	65	1008.355	2006.469	16.643	1008.368	2006.473	16.645
LS-R7	66	1008.255	2006.464	16.643	1008.268	2006.471	16.645
LS-R8	67	1008.315	2010.244	16.644	1008.321	2010.242	16.645
LS-R8	67a	1008.215	2010.242	16.644	1008.221	2010.241	16.645
LS-R8	68	1008.309	2010.505	16.645	1008.318	2010.502	16.645
LS-R8	68a	1008.209	2010.502	16.646	1008.217	2010.501	16.645
LS-R9	69	1008.260	2014.616	16.645	1008.266	2014.617	16.645
LS-R9	69a	1008.160	2014.615	16.645	1008.166	2014.616	16.645
LS-R9	70	1008.257	2014.876	16.644	1008.263	2014.877	16.645
LS-R9	70a	1008.157	2014.875	16.645	1008.163	2014.876	16.645

Prilog 14. Python kod

```
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.linalg import svd
from google.colab import files

uploaded = files.upload()

file_name = list(uploaded.keys())[0]
print(f"File {file_name} uploaded.")

df = pd.read_excel(file_name)

def izracunaj_centroid(grupa, x_col, y_col):
    centroid_x = grupa[x_col].mean()
    centroid_y = grupa[y_col].mean()
    return centroid_x, centroid_y

def izracun_presjeka_duzina(x1, y1, x2, y2, x3, y3, x4, y4):
    A1 = (y2 - y1) / (x2 - x1) if x2 != x1 else np.inf
    B1 = y1 - A1 * x1
    A2 = (y4 - y3) / (x4 - x3) if x4 != x3 else np.inf
    B2 = y3 - A2 * x3
    if A1 == A2:
        return None
    A = np.array([[-A1, 1], [-A2, 1]])
    B = np.array([B1, B2])
    try:
        x, y = np.linalg.solve(A, B)
        if min(x1, x2) <= x <= max(x1, x2) and min(y1, y2) <= y <= max(y1, y2) and \
            min(x3, x4) <= x <= max(x3, x4) and min(y3, y4) <= y <= max(y3, y4):
            return x, y
        else:
            return None
    except np.linalg.LinAlgError:
        return None

def unutar_cetverokuta(x, y, koordinate):
    x_min, x_max = min(koordinate[:, 0]), max(koordinate[:, 0])
    y_min, y_max = min(koordinate[:, 1]), max(koordinate[:, 1])
    return x_min <= x <= x_max and y_min <= y <= y_max

def izracunaj_cti(grupa):
    koordinate = grupa[['IZVEDENO STANJE X', 'IZVEDENO STANJE Y']].to_numpy()
    kombinacije = [(0, 1), (0, 2), (0, 3), (1, 2), (1, 3), (2, 3)]
    presjeci = []
```

```

for i, j in kombinacije:
    for k, l in kombinacije:
        if len(set([i, j, k, l])) == 4:
            presjek = izracun_presjeka_duzina(koordinate[i][0],
koordinate[i][1], koordinate[j][0], koordinate[j][1],
                                                koordinate[k][0], koordinate[k][1],
koordinate[l][0], koordinate[l][1])
            if presjek and unutar_cetverokuta(presjek[0], presjek[1],
koordinate):
                presjeci.append(presjek)
if not presjeci:
    return np.nan, np.nan
presjeci = np.array(presjeci)
for presjek in presjeci:
    if unutar_cetverokuta(presjek[0], presjek[1], koordinate):
        return presjek[0], presjek[1]
return np.nan, np.nan

centralne_tocke = []

for ime_ploce, grupa in df.groupby('Anker ploca'):
    ctp_x, ctp_y = izracunaj_centroid(grupa, 'PROJEKTIRANO STANJE X', 'PROJEKTIRANO
STANJE Y')
    cti_x, cti_y = izracunaj_cti(grupa)
    centralne_tocke.append({
        'Anker ploca': ime_ploce,
        'CTP X': ctp_x,
        'CTP Y': ctp_y,
        'CTI X': cti_x,
        'CTI Y': cti_y
    })

df_centralne_tocke = pd.DataFrame(centralne_tocke)
print(df_centralne_tocke)

def izracunaj_rotaciju(ime_ploce, df):
    grupa = df[df['Anker ploca'] == ime_ploce]
    x_proj = grupa[['PROJEKTIRANO STANJE X', 'PROJEKTIRANO STANJE Y']].values
    x_izv = grupa[['IZVEDENO STANJE X', 'IZVEDENO STANJE Y']].values

    C_p = np.mean(x_proj, axis=0)
    C_i = np.mean(x_izv, axis=0)

    x_proj_centered = x_proj - C_p
    x_izv_centered = x_izv - C_i

    H = np.dot(x_proj_centered.T, x_izv_centered)

    U, S, Vt = svd(H)

```

```

R = np.dot(Vt.T, U.T)

if np.linalg.det(R) < 0:
    Vt[1, :] *= -1
    R = np.dot(Vt.T, U.T)

theta = np.arctan2(R[1, 0], R[0, 0]) * (180 / np.pi)

return theta

anker_ploce = df['Anker ploca'].unique()

rotacije = []
pomaci = []

for ploča in anker_ploce:
    theta = izracunaj_rotaciju(ploča, df)
    rotacije.append(theta)

    ctp = df_centralne_tocke[df_centralne_tocke['Anker ploca'] == ploča].iloc[0]
    pomak = np.sqrt((ctp['CTI X'] - ctp['CTP X'])**2 + (ctp['CTI Y'] - ctp['CTP
Y'])**2) * 1000 # Pretvaranje u milimetre

    pomaci.append(pomak)
    smjer_rotacije = "u smjeru kazaljke na satu" if theta < 0 else "suprotno smjeru
kazaljke na satu"
    print(f"Anker ploča: {ploča}, Rotacijski kut: {theta:.2f} stupnjeva
({smjer_rotacije}), Pomak: {pomak:.2f} mm")

rotacije_data = []
for ploča, theta, pomak in zip(anker_ploce, rotacije, pomaci):
    rotacije_data.append({
        'Anker ploca': ploča,
        'Rotacijski kut (stupnjevi)': theta,
        'Pomak (mm)': pomak
    })

df_rotacije = pd.DataFrame(rotacije_data)

def izracunaj_odstupanja(df):
    odstupanja = []
    for ime_ploce, grupa in df.groupby('Anker ploca'):
        for i, row in grupa.iterrows():
            delta_x = (row['IZVEDENO STANJE X'] - row['PROJEKTIRANO STANJE X']) *
1000 # mm
            delta_y = (row['IZVEDENO STANJE Y'] - row['PROJEKTIRANO STANJE Y']) *
1000 # mm

```

```

        delta_z = (row['IZVEDENO STANJE Z'] - row['PROJEKTIRANO STANJE Z']) *
1000 # mm
        odstupanja.append({
            'Anker ploca': ime_ploce,
            '?x': int(delta_x),
            '?y': int(delta_y),
            '?z': int(delta_z)
        })

df_odstupanja = pd.DataFrame(odstupanja)

srednje_vrijednosti = df_odstupanja.groupby('Anker ploca')[['?x', '?y',
'?z']].mean().round().astype(int).reset_index()
srednje_vrijednosti.columns = ['Anker ploca', 'Prosječna ?x', 'Prosječna ?y',
'Prosječna ?z']

return df_odstupanja, srednje_vrijednosti

df_odstupanja, df_srednje_vrijednosti = izracunaj_odstupanja(df)
print(df_srednje_vrijednosti)
# Funkcija za crtanje anker ploče
def crtaj_anker_plocu(grupa, centralne_tocke, rotacije, ax):
    ax.scatter(grupa['PROJEKTIRANO STANJE X'], grupa['PROJEKTIRANO STANJE Y'],
color='blue', label='Projektirano stanje')
    ax.scatter(grupa['IZVEDENO STANJE X'], grupa['IZVEDENO STANJE Y'], color='red',
label='Izvedeno stanje')
    ime_ploce = grupa['Anker ploca'].iloc[0]

    ctp = centralne_tocke[centralne_tocke['Anker ploca'] == ime_ploce].iloc[0]
    ax.scatter([ctp['CTP X']], [ctp['CTP Y']], color='blue', marker='x', s=100)
    ax.scatter([ctp['CTI X']], [ctp['CTI Y']], color='red', marker='x', s=100)

    if not np.isnan(ctp['CTP X']) and not np.isnan(ctp['CTI X']):
        razlika_x = ctp['CTI X'] - ctp['CTP X']
        razlika_y = ctp['CTI Y'] - ctp['CTP Y']
        razlika = np.sqrt(razlika_x**2 + razlika_y**2) * 1000 # Pretvaranje u
milimetre

        ax.text((ctp['CTP X'] + ctp['CTI X']) / 2, (ctp['CTP Y'] + ctp['CTI Y']) /
2, f"{int(razlika)} mm", fontsize=12, ha='center')

    rotacijski_kut = rotacije[anker_ploce.tolist().index(ime_ploce)]
    ax.text((ctp['CTP X'] + ctp['CTI X']) / 2, (ctp['CTP Y'] + ctp['CTI Y']) / 2 +
0.1, f"Rotacija: {rotacijski_kut:.2f}°", fontsize=12, ha='center')

    ax.set_title(ime_ploce)
    ax.legend()

fig, axs = plt.subplots(9, 2, figsize=(15, 40))

```

```

ds_groups = df[df['Anker ploca'].str.startswith('DS')].groupby('Anker ploca')
ls_groups = df[df['Anker ploca'].str.startswith('LS')].groupby('Anker ploca')

for i, ((ds_ime_ploce, ds_grupa), (ls_ime_ploce, ls_grupa)) in
enumerate(zip(ds_groups, ls_groups)):
    crtaj_anker_plocu(ds_grupa, df_centralne_tocke, rotacije, axs[i, 0])
    crtaj_anker_plocu(ls_grupa, df_centralne_tocke, rotacije, axs[i, 1])

plt.tight_layout()
plt.show()

udaljenosti = []
for i in range(len(df_centralne_tocke) // 2):
    ds = df_centralne_tocke.iloc[i]
    ls = df_centralne_tocke.iloc[i + 9] # 9 anker ploča na svakoj strani
    udaljenost_projektirano = np.sqrt((ls['CTP X'] - ds['CTP X'])**2 + (ls['CTP Y']
- ds['CTP Y'])**2) * 1000 # mm
    udaljenost_izvedeno = np.sqrt((ls['CTI X'] - ds['CTI X'])**2 + (ls['CTI Y'] -
ds['CTI Y'])**2) * 1000 # mm
    razlika = udaljenost_izvedeno - udaljenost_projektirano
    udaljenosti.append({
        'Anker ploca': f"{ds['Anker ploca']} > {ls['Anker ploca']}",
        'Udaljenost projektirano (mm)': int(udaljenost_projektirano),
        'Udaljenost izvedeno (mm)': int(udaljenost_izvedeno),
        'Razlika (mm)': int(razlika)
    })

df_udaljenosti = pd.DataFrame(udaljenosti)
print(df_udaljenosti)

rotacije_data = []
for ploča, theta, pomak in zip(anker_ploce, rotacije, pomaci):
    rotacije_data.append({
        'Anker ploca': ploča,
        'Rotacijski kut (stupnjevi)': theta,
        'Pomak (mm)': pomak
    })

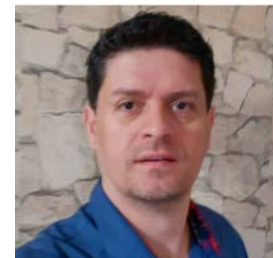
df_rotacije = pd.DataFrame(rotacije_data)

with pd.ExcelWriter('Rezultati_ankera.xlsx') as writer:
    df_centralne_tocke.to_excel(writer, sheet_name='Centralne točke', index=False)
    df_udaljenosti.to_excel(writer, sheet_name='Udaljenosti i razlike',
index=False)
    df_rotacije.to_excel(writer, sheet_name='Rotacije i pomaci', index=False)
    df_odstupanja.to_excel(writer, sheet_name='Odstupanja', index=False)
    df_srednje_vrijednosti.to_excel(writer, sheet_name='Srednje vrijednosti',
index=False)
files.download('Rezultati_ankera.xlsx')

```


ŽIVOTOPIS

EUROPEAN CURRICULUM VITAE FORMAT



OSOBNE INFORMACIJE

Ime i prezime	ZORAN LEKO
Mob,	
E-mail	info@geogama.hr
Nacionalnost	Hrvat
Datum rođenja	06/01/1976
Spol	M
Bračno stanje	Oženjen, dvoje djece

RADNO ISKUSTVO

Razdoblja (od – do)	12/2022 –
• Naziv organizacije/poduzeća	GEOGAMA d.o.o. Topolje 6i, 10431 Sveta Nedelja Geodetski poslovi
• Vrsta poslovne aktivnosti	Stručni suradnik
• Zanimanje ili radna pozicija	
• Glavne aktivnosti	-Geodetski nadzor, HAC-Čvor Trinajstići, Autocesta A7 -Geodetski nadzora HAC-Čvor Matulji -Geodetski nadzor HOPS-HAC -110-220Kv Crikvenica–Vrataruša-Senj–Melina -Petrova bolnica- inženjerska geodezija -Bazilika Presvetog Srca Isusova- inženjerska geodezija -Izdara geodetskih elaborata -Izrada geodetskih situacija i iskolčenje objekata
Razdoblja (od – do)	07/2021 –12/2022
• Naziv organizacije/poduzeća	UIOG-DRAŽEN ŽUTIĆ Novačka 62/E, 10040 Zagreb
• Vrsta poslovne aktivnosti	Geodetski poslovi
• Zanimanje ili radna pozicija	Stručni suradnik,
• Glavne aktivnosti	-Geodetski nadzor, HAC-Čvor Trinajstići, Autocesta A7 -Izdara geodetskih elaborata -Izrada geodetskih situacija i iskolčenje objekata

<ul style="list-style-type: none"> Razdoblja (od – do) • Naziv organizacije/poduzeća • Vrsta poslovne aktivnosti • Zanimanje ili radna pozicija • Glavne aktivnosti 	<p>07/2014 – 10/2019</p> <p>Baas Entreprenør As (https://baas-as.no/) Dølemoveien 123, 4869 Dølemo, Norway</p> <p>Građevinski poslovi/Civil Construction</p> <p>Geodetski inženjer</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geodetski poslovi na izgradnji svih vrsta temelja na dalekovodnim linijama 132-420Kv <ul style="list-style-type: none"> -TL 420kV Kvandal-Bardofoss, TL 420kV Namsskogan, TL 420kV Balsfjord-Reisadalen, TL Reisadalen-Skillemoen <ul style="list-style-type: none"> - Priprema I izračuni podataka iskolčenja -Snimak i iskolčenje stupnih mjesta i temelja, klasična i GPS metoda -Završna i kontrolna mjerenja -Priprema dokumentacije i izrada mjesečnih situacij -Planiranje i uspostava geodetske mreže, GPS i klasična metoda
<ul style="list-style-type: none"> • Razdoblja (od – do) • Naziv organizacije/poduzeća • Vrsta poslovne aktivnosti • Zanimanje ili radna pozicija • Glavne aktivnosti 	<p>09/2008 –07/2014</p> <p>CTBA , Qatar,(www.ctba.me)</p> <p>Građevinski radovi, Visokogradnja</p> <p>Suosnivač, Voditelj gradilišta, Voditelj projekta, Inženjer gradilišta</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pozicije na projektima: <ul style="list-style-type: none"> -Barwa City <ul style="list-style-type: none"> -Montaža AB elemenata (12 zgrada,120,000m2) organizacija gradilišta, planiranje i aktivnosti po zadanom planu, -Dobava i ugradnja suhe gradnje (Knauf-132,000m2)-, -Dobava i ugradnja sobnih i metalnih vrata za project “Barwa City (ukupno 44000 vrata) -NDIA New Doha international airport –Završni radovi SOJV (2011-2014) - -Sheraton Car Park-podizvođač za QDVC-(Qatari Diar and Vinci construction)- Betonski radovi (49000m3), izrada oplata zidova i stropova (DOKA sistem),armirački radovi -Ostali projekti : Al Sadd Sport club-Podizvođač za AKTOR izrada oplata zidova i stropova RMD sistem, International hotel-KHAZANAH- Ugradnja ulaznih I sobnih vrata I kuhinja ;Lusail Car parks-QDVC –;Ufgradnja fasadnih stijena I spuštenih stropova; QDVC-Ured glavnog ozvođača, stolarski, montažni i gipsani radovi ; Convention Centre Doha for IMAR-Ugradnja metalnih stropova i svjetlarnika (Lindner sistemi).
<ul style="list-style-type: none"> • Razdoblja (od – do) • Naziv organizacije/poduzeća <ul style="list-style-type: none"> • Vrsta poslovne aktivnosti • Zanimanje ili radna pozicija • Glavne aktivnosti 	<p>08/2006 - 08/2008</p> <p>‘Konstruktor Engineering d.d.’, Doha state of Qatar - www.konstruktor-split.hr</p> <p>Građevinski radovi, niskogradnja</p> <p>Voditelj geodetskog odijela</p> <p>Naziv projekta: Industrial Interchange Package 3, Investitor:ASGHGAL</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inženjerska geodezija na izgradnji ,vijadukti, mikrotunel, instalacije, zemljani radovi, • Planiranje ,uspostava i održavanje stalne geodetske mreže, GPS i klasična precizna mjerenja. • Priprema i organizacija podataka, projektiranje glavnih i sporednih cesta, i provjera projektnih nacрта, priprema podataka iskolčenja svih faza ceste, pristupnih puteva , obilaznih cesta • Radarsko otkrivanje i mapiranje svih podzemnih instalacija metodom GPR (ground penetrating radara) urbanog dijela grada, klasičnom i radio detekcijom,. • Geodetska mjerenja u izgradnji mikrotunela s ukupno 8,6 km Di 2,4 m

- Razdoblja (od – do)
- Naziv organizacije/poduzeća
 - Vrsta poslovne aktivnosti
 - Zanimanje ili radna pozicija
 - Glavne aktivnosti

04/2001 - 08/2006

'**Trafficon d.o.o.**', Zagreb '**Hidroelektra - Projekt d.o.o.**', Zagreb & '**Geokomerc d.o.o.**', Split

Geodetski poslovi, projektiranje u niskogradnji i nadzor

Geodetski inženjer, Geodetski nadzor

- Geodetski radovi na izradi glavnog projekta autoceste Zagreb - Lipovac, „Čvor Križ“ -HAC
- Geodetski nadzor nad izvođenjem radova na izgradnji „Domovinskog Mosta“-ZOV
- Geodetski nadzor nad izgradnjom „GOK“ – Glavni odvodni kanal grada Zagreba - ZOV
- Geodetski radovi na izradi glavnog projekta „Zaobilazna cesta naselja Sobra na otoku Mljetu“ HC
- • Ispitivanja opterećenja i deformacija mostova: "Jankomirski Most" i "Domovinski Most" na rijeci Savi, "Most Dreznik" na rijeci Kupi
- Geodetski radovi na izvođenju autoceste Zagreb - Split, dionica Zadar1-Zadar2 22km i dionica Tunel Čelinka-vijadukt Baričević 2km HAC
- Geodetski radovi na izradi glavnog projekta betnermenta, cesta Vinkovci –Tovarnik 32km (investitor: Hrvatske ceste)
- Geodetski elaborat izvlaštenja za „Obilaznicu grada Virovitice“ -11 km (investitor: Hrvatske ceste)
- -Izdara geodetskih elaborata, situacija i iskolčenje objekata

EDUCATION AND TRAINING

- Razdoblje (od – do) 09/1991-09/1994
- Naziv i vrsta organizacije koja pruža obrazovanje i osposobljavanje Srednja škola Fra Grgo Martić, Posušje
Strojarski tehničar
- Razdoblje (od – do) 09/1995-12/1999
- Naziv i vrsta organizacije koja pruža obrazovanje i osposobljavanje Geodetski fakultet sveučilišta u Zagrebu
- Naziv dodijeljene kvalifikacije Inženjer Geodezije

VJEŠTINE I STEČENA ZNANJA

MATERNJI JEZIK
OSTALI JEZICI

Croatian

- Razumjvanje
 - Vještine pisanja
 - Govorne vještine
- OSTALI JEZICI

Engleski
Vrlo dobar
Vrlo dobar
Vrlo dobar

- Razumjvanje
- Vještine pisanja
- Govorne vještine

Norveški
Dobar
Osnovno
Osnovno

SOCIJALNE VJEŠTINE I ZNANJA

Umjeren, odgovoran, samopouzdan, odlučan, prepoznaje vrijednosti kulturne raznolikosti.

Radni pristup:

Fleksibilan odnos prema radnom vremenu, sposobnost rada u kriznim situacijama, timski igrač s etičnim ponašanjem, sposobnost cjeloživotnog učenja.

ORGANIZACIJSKE VJEŠTINE I
ZNAJANJE

- visok smisao za prioritete osobnih ciljeva i ciljeva organizacije
- Sposoban za rad u timu i učinkovito upravljanje timom, uz učinkovitu komunikaciju s drugima te razvijanje povjerenja kolega,
- Sposoban razviti kreativne i fleksibilne pristupe te brza rješenja u dinamičnom radnom okruženju, s punom odgovornošću za poduzete radnje

TEHNIČKE VJEŠTINE I
POSTIGNUĆA

- CAD okruženja: AutoDesk (Civil3D, AutoCad, AutoCad Map),
- Agisoft, QGIS, GeoMir
- Rad s totalnim stanicama "LEICA", SOKKIA, TRIMBLE, Z-Max GPS
- MS software (Word, Excel, Access),
- RAI - <http://www.raiestimate.com/>
- F4B (ERP2) - www.rathmann.hr
- Tečajevi i stručnog osposobljavanja : LEICA, Auto Cad Map, Access, British Council Certificate BUS2
- KNAUF akademija , **Knaufova nagrada** za najboljeg izvođača suhe gradnje u Kataru u 2013

VOZAČKA DOZVOLA
HOBIJI

- "B" kategorija
Bas i akustična gitara