

Unapređenje projektiranja tehnoloških procesa primjenom 3D skenera

Lozić, Carlo

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:553567>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-22**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Carlo Lozić

Zagreb, godina 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Tihomir Opetuk

Dr. sc. Maja Trstenjak

Student:

Carlo Lozić

Zagreb, godina 2024.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru Tihomiru Opetuku i komentorici Maji Trstenjak na savjetima i pomoći tijekom izrade ovog rada.

Također htio bih se zahvaliti poduzeću ORKA INOX koje mi je omogućilo izradu ovog rada, a posebno kolegama Patriku, Filipu i Peri na svim savjetima i prenesenom znanju.

Zahvaljujem se svojoj obitelji koja je uvijek vjerovala u mene i podržavala u svim mojim odlukama te mi omogućila da završim preddiplomski studij.

Na kraju zahvaljujem se svojim prijateljima koji su uvijek bili uz mene i uvelike olakšali ovaj period života.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomске ispite
Povjerenstvo za završne i diplomске ispite studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 – 04 / 24 – 06 / 1	
Ur.broj: 15 – 24 –	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Carlo Lozić** JMBAG: **0035226346**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Unapređenje projektiranja tehnoloških procesa primjenom 3D skenera**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Process planning improvement using 3D scanner**

Opis zadatka:

Projektiranje tehnoloških procesa spona je između faze konstrukcije i planiranja proizvodnje. U većini slučajeva radi se intuitivno, prema znanju i iskustvu projektanta, odnosno tehnologa. U praksi je često usko povezana s fazom konstrukcije i planiranja proizvodnje. Ima veliki utjecaj na ciklus proizvodnje, vremena izrade, troškove proizvodnje, rokove isporuke i, općenito, konkurentnost tvrtke. Definiranjem plana tehnoloških procesa, direktno se utječe na produktivnost, efikasnost i kvalitetu.

U radu je potrebno:

- Opisati odabrano poduzeće (djelatnost, lokacija, organizacijska i kadrovska struktura i proizvodni program).
- Objasniti proces proizvodnje čeličnih konstrukcija
- Za odabrani reprezentant definirati tehnološki proces izrade čeličnih konstrukcija (redosljed operacija, vremena izrade, kapacitete, uska grla i rokove izrade).
- Napraviti analizu vremena i ukupnog vremena izrade promatranog tehnološkog procesa.
- Na temelju rezultata predložiti i razraditi prijedloge unapređenja.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

30. 11. 2023.

Datum predaje rada:

1. rok: 22. i 23. 2. 2024.
2. rok (izvanredni): 11. 7. 2024.
3. rok: 19. i 20. 9. 2024.

Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 26. 2. – 1. 3. 2024.
2. rok (izvanredni): 15. 7. 2024.
3. rok: 23. 9. – 27. 9. 2024.

Zadatak zadao:

Izv. prof. dr. sc. Tihomir Opetuk

Dr. sc. Maja Trstenjak

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Damir Godec

SADRŽAJ

Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. 3D SKENIRANJE.....	2
2.1. Područje primjene 3d skeniranja	2
2.2. Tehnologije i metode 3D skeniranja.....	3
2.2.1. Kontaktna metoda.....	3
2.2.2. TOF (Time of flight) metoda.....	4
2.2.3. Triangulacijska metoda	5
2.2.4. Metoda strukturiranog svjetla.....	6
3. PROJEKTIRANJE TEHNOLOŠKIH PROCESA.....	7
3.1. Tehnološki proces.....	8
3.2. Razlika proizvodnog i tehnološkog procesa.....	8
3.3. Struktura tehnološkog procesa [8].....	8
3.4. Analiza vremena izrade	11
3.4.1. Pripremno završno vrijeme.....	11
3.4.2. Tehnološko vrijeme	11
3.4.3. Pomoćno vrijeme.....	12
3.4.4. Dodatno vrijeme	12
4. PODUZEĆE ORKA INOX.....	13
4.1. Djelatnost.....	13
4.2. Lokacija	13
4.3. Organizacijska i kadrovska struktura	15
4.4. Proizvodni program	16
4.5. Tehnologije i oprema.....	17
4.5.1. Informacijski sustavi	17
4.5.2. 3D skener.....	18
5. ODABRANI REPREZENT	20
5.1. Čelični okvir dvorišnog zida	20
5.2. Izmjera pozicije	21
5.3. Izrada 3D modela,	22
5.4. Izrada konstrukcije	23
5.5. Razrada.....	24
5.5.1. Popis materijala	24

5.5.2. Izrada tehničke dokumentacije	25
5.5.3. Izrada pozicija za laser	28
6. VREMENA PROJEKTIRANJA	29
7. EVALUACIJA I OPTIMIZACIJA PROCESA PROJEKTIRANJA	30
7.1. Izmjera pozicije 3D skenerom Trimble X7	30
7.2. Izrada 3D modela	30
7.3. Analiza optimizacije	34
8. ZAKLJUČAK.....	35
9. LITERATURA	36

POPIS SLIKA

Slika 1. Primjer oblaka točaka [2]	2
Slika 2. Prikaz rada kontaktne metode [4].....	3
Slika 3. Princip rada TOF metode [5]	4
Slika 4. Princip rada triangulacijske metode [5]	5
Slika 5. Princip rada metode strukturiranog svijetla [5].....	6
Slika 6. Model tehnološkog procesa [8]	7
Slika 7. Struktura aktivnosti i redoslijed projektiranja tehnološkog procesa [8]	10
Slika 8. Prikaz lokacije ureda [9]	14
Slika 9. Prikaz lokacije proizvodnje [9]	15
Slika 10. Kadrovska struktura poduzeća	16
Slika 11. Primjeri izrađenih konstrukcija	16
Slika 12. 3D skener Trimble X7	19
Slika 13. Skica funkcije reprezenta	20
Slika 14. Prikaz pozicije za montažu.....	21
Slika 15. Prikaz ručnog mjerenja.....	21
Slika 16. Prikaz skice pozicije i uzetih mjera.....	22
Slika 17. Prikaz 3D modela	22
Slika 18. Prikaz projektirane konstrukcije.....	23
Slika 19. Prikaz popisa materijala 1/2	24
Slika 20. Prikaz popisa materijala 2/2	25
Slika 21. Prikaz montažnog nacrtu	26
Slika 22. Prikaz sklopnog nacrtu 1/2	26
Slika 23. Prikaz sklopnog nacrtu 2/2	27
Slika 24. Prikaz radioničkog nacrtu.....	27
Slika 25. Prikaz vektora lasera	28
Slika 26. Prikaz montirane konstrukcije.....	28
Slika 27. Dijagram projektiranja konstrukcije.....	29
Slika 28. Prikaz cjelokupnog skena.....	31
Slika 29. Prikaz reduciranog skena	31
Slika 30. Prikaz skena u programu Advnced Steel.....	32
Slika 31. Prikaz povučenih linija preko skena.....	33
Slika 32. Prikaz izrađenog 3D modela iz skena	33
Slika 33. Prikaz preciznosti montaže.....	34

POPIS TABLICA

Tablica 1. Vremena faza projektiranja	29
Tablica 2. Usporedba vremena projektiranja.....	34

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
d	mm	Udaljenost
t	s	Vrijeme leta zrake
c	m/s	Brzina svjetlosti
t_{pz}	s,h	Pripremono-završno vrijeme
t_t	s	Tehnološko vrijeme
t_p	s	Pomoćno vrijeme
t_a	s	Dodatno vrijeme

POPIS MJERNIH JEDINICA

Mjerna jedinica	Opis
Mm	milimetar
Kg	Kilogram
°C	Stupanj Celzijev

POPIS KRATICA**Kratika Opis**

3D	<i>Three dimensional</i> – trodimenzionalno
TOF	<i>Time of flight</i> – vrijeme leta
CNC	<i>Computer Numerical Control</i> – Računalno numeričko upravljanje
REL	Ručno elektrolučno zavarivanje
TIG	<i>Tungsten Inert Gas</i>
MAG	<i>Metal Active Gas</i>
MIG	<i>Metal Inert Gas</i>
2D	<i>Two dimensional</i> – dvodimenzionalno
ERP	<i>Enterprise resource planning</i>
RDF	<i>Resource Description Framework</i>
DXF	<i>Drawing Interchange Format</i>
CAD	<i>Computer-Aided Design</i> - Projektiranje s pomoću računala
CAM	<i>Computer-Aided Manufacturing</i> – Proizvodnja s pomoću računala

SAŽETAK

U suvremenom svijetu brzih promjena, posjedovanje učinkovite i prilagodljive proizvodnje ključno je za poslovanje. Stoga, dizajniranje tehnoloških procesa predstavlja značajan izazov koji je svakodnevno potrebno savladavati. Kako bi taj izazov olakšali, potrebno je pratiti trendove i proizvodnju implementirati nove i inovativne tehnologije.

U ovom radu analizirano je vrijeme trajanja projektiranje čelične konstrukcije u suradnji sa poduzećem ORKA-INOX. U radu su predstavljene i opisane faze projektiranja čelične konstrukcije, a analizom vremena napravljene su optimizacije procesa, koje su pridonijele produktivnijoj i preciznijoj proizvodnji.

Ključne riječi: projektiranje tehnoloških procesa, 3D skeniranje, čelična konstrukcija, analiza vremena

SUMMARY

In the contemporary world of rapid changes, having an efficient and adaptable production is key to business success. Therefore, designing technological processes is a significant challenge that needs to be overcome daily. To facilitate this challenge, it is necessary to follow trends and implement new and innovative technologies in production. This paper analyzes the duration of designing a steel structure in collaboration with the company ORKA-INOX. It presents and describes the phases of designing a steel structure, and through time analysis, process optimizations were made, contributing to more productive and precise production.

Key words: design of technological processes, 3D scanning, steel structure, time analysis

1. UVOD

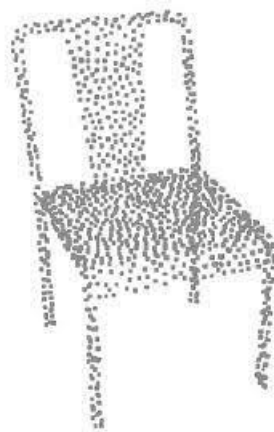
Svako poduzeće teži ka bržoj i kvalitetnijoj proizvodnji uz što manje troškove, zato je bitno praćenje svih faza proizvodnje te prepoznavanja gubitaka i aktivnosti koje ne dodaju vrijednost proizvodu. Također, iz istih je razloga bitno praćenje tehnoloških trendova i implementacija istih u procese proizvodnje kako bi tvrtka zadržala konkurentnost na tržištu.

3D skeniranje tehnologija je koja omogućuje precizno i brzo mapiranje trodimenzionalnih predmeta i prostora te laku i automatiziranu izradu digitalne inačice mjerenih objekata.

Cilj ovog završnog rada je prikazati implementaciju tehnologije 3D skeniranja u procese projektiranja, proizvodnje te montaže čeličnih konstrukcija. Kroz izmjeru vremena potrebnog za mjerenje pozicije, projektiranje, proizvodnju te montažu odabranog referentnog proizvoda, istaknut će se prednosti 3D skeniranja u odnosu na tradicionalno ručno mjerenje proizvoda.

2. 3D SKENIRANJE

3D skeniranje je proces koji se koristi za prikupljanje trodimenzionalnih podataka o obliku i izgledu predmeta ili okruženja. Ovi podaci najčešće se prikazuju kao oblak točaka. Oblak točaka (slika1) je skup točaka u 3D prostoru u kojem je svaka točka definirana s tri koordinate (X, Y, Z). Za prikupljanje ovih podataka koriste se razne metode, u nastavku su objašnjene najčešće metode te područje primjene 3D skeniranja. [1],



Slika 1. Primjer oblaka točaka [2]

Na slici 1 prikazan je primjer oblaka točaka stolca, kao što je vidljivo skup točaka prikazuje konturu stolca, a svaka točka je točno određena u prostoru.

2.1. Područje primjene 3d skeniranja

Područje primjene 3D skeniranje je vrlo široko. Koristi se gotovo svugdje gdje je potrebna precizna digitalna reprezentacija stvarnih objekata, bilo da se radi o istraživanju, dizajnu, analizi ili očuvanju kulturne baštine. [3],

Najčešća primjena 3D skeniranja:

- Inženjerstvo i proizvodnja: 3D skeniranje dio je procesa reinženjerstva. Reinženjerstvo je proces demontaže proizvoda ili sustava kako bi se razumjelo na koji način funkcionira, s ciljem repliciranja ili poboljšanja. Ovaj proces uključuje analizu komponenti, dizajna i funkcionalnosti proizvoda kako bi se dobili uvidi koji se mogu koristiti za stvaranje novih proizvoda ili unapređenje postojećih. [3],
Skeniranje postojećih objekata pomaže inženjerima u razumijevanju geometrije i funkcionalnih karakteristika samog objekta. Također 3D skeniranje primjenjuje se u kontroli kvalitete. Usporedbom skeniranog

stvarnog proizvoda s digitalnim modelom osigurava se maksimalna preciznost i kvaliteta. [3],

- Arhitektura i građevina: Lasersko skeniranje koristi se za stvaranje preciznih digitalnih modela zgrada i okoline te uvelike olakšava planiranje i projektiranje, kao i održavanje i renovaciju kod već postojećih objekata. [3],
- Medicina: Povećava udobnost pacijenta te preciznost kod izrade personaliziranih implantata i ortopedskih pomagala. Također koristi se za rekonstrukciju lica ili tijela u kirurgiji i protetici. [3],
- Arheologija: Pomaže i olakšava digitalizaciju očuvanih kulturnih i povijesnih artefakata[3],

2.2. Tehnologije i metode 3D skeniranja

Krajnji produkt 3D skeniranja je oblak točaka, do oblaka točaka se može doći raznim tehnologijama i metodama. U sljedećim poglavljima opisane su metode i tehnologije 3D skeniranja te je dan prikaz na koji način one funkcioniraju.

2.2.1. Kontaktna metoda

Najjednostavnija, a ujedno i jedna od prvih metoda 3D skeniranje je kontaktna metoda (slika2). Kontaktni 3D skeneri prikupljaju podatke o predmetu fizičkim dodirivanjem. Prolaskom senzora dodira po površini predmeta bilježi se njena pozicija i orijentacija u prostoru te se dobiva oblak točaka. [1],



Slika 2. Prikaz rada kontaktne metode [4]

2.2.2. TOF (Time of flight) metoda

Time of Flight (slika 3) je tehnologija koja pomoću lasera beskontaktno prikuplja podatke. Uređaj emitira impulsne zrake lasera prema predmetu koji se mjeri, ovisno o vrsti tehnologije te zrake mogu biti vidljive ili ne vidljive. Uređaj zatim mjeri vrijeme t potrebno da se emitirani impuls odbije od površine mjerenog objekta i vrati nazad. Znajući brzinu svjetlosti lasera c , uređaj zatim lako izračuna udaljenost d između točke na površini mjerenog predmeta i samog uređaja (jednadžba 1). [5],

$$d = \frac{t \cdot c}{2} \quad (1)$$

d – udaljenost objekta od skenera

t – vrijeme potrebno da se impuls lasera vrati do skenera

c - brzina svjetlosti



Slika 3. Princip rada TOF metode [5]

Uređaj mjeri samo udaljenost točke u smjeru emitiranja impulsa, shodno tome kako bi uređaj skenirao cijelu površinu objekta, mora ga mjeriti iz različitih pogleda. To se može postići na tri načina: rotacijom laserskog daljinomjera, rotacijom objekta skeniranja ili korištenjem rotirajućih zrcala. Kako laser prolazi po cijeloj površini predmeta ili okoline, stvara oblak točaka. Današnji laserski 3D skeneri mogu mjeriti od 300 000 do 1 000 000 točaka u sekundi. Softver uređaja zatim čisti oblak točaka od eventualnih nečistoća u skenu te ako je pozicija snimana sa više mjesta, spaja i poravnava više oblaka točaka u jedan. Preciznost ovih skenera ovisi o točnosti mjerenja vremena t što je u jednu ruku i nedostatak jer kod malih udaljenosti su ova mjerenja dosta nepouzdana. Ova metoda se najčešće koristi kod skeniranja većih objekata poput zgrada ili geografskih objekata. [5],

2.2.3. Triangulacijska metoda

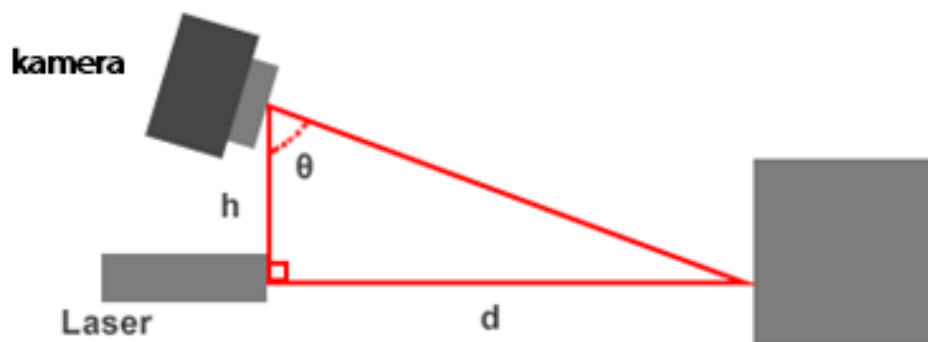
Slično Time of Flight metodi, metoda triangulacije (slika 4) također koristi laser za prikupljanje podataka o objektu bez fizičkog kontakta. Pri tome, laser osvjetljava površinu koja se mjeri, a posebna kamera zatim detektira položaj laserske točke na toj površini. Položaj laserske točke se mijenja u kamerinom vidnom polju ovisno o razdaljini do površine. Formira se trokut između laserske točke na površini, kamere i lasera, a zahvaljujući poznatim dimenzijama tog trokuta - udaljenosti između kamere i lasera te kutovima pod kojima se laser emitira i pod kojim zraka ulazi u vidno polje kamere - moguće je trigonometrijskim izračunima odrediti udaljenost do mjerene površine. Za razliku od TOF metode, triangulacijska metoda pokazuje se kao efikasnija za skeniranje manjih predmeta s preciznošću do desetina mikrometara. Da bi proces skeniranja bio brži, često se koristi laserski snop u obliku pruge koji prelazi preko objekta, stvarajući na taj način oblak točaka koji predstavlja mjerenu površinu. [5],

$$d = h * \tan(\theta)$$

d - udaljenost objekta od skenera

h – udaljenost kamere od lasera

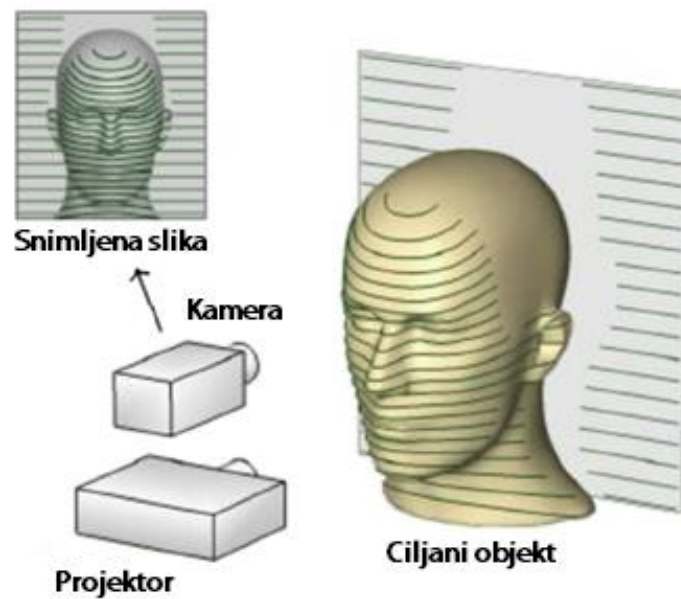
θ – kut upada laserskog imuplsa



Slika 4. Princip rada triangulacijske metode [5]

2.2.4. Metoda strukturiranog svjetla

Ova metoda za prikupljanje podataka koristi strukturirane svjetlosne uzorke poput linija ili šara (slika 5). Projektor emitira strukturne svjetlosne uzorke na površinu mjerenog objekta, a kamera postavljena pod određenim kutom snima deformacije svjetlosnog uzorka na mjerenoj površini. Pomoću računalnog algoritma računaju se udaljenosti između svjetlosnih uzoraka i stvara se 3D model površine mjerenog objekta. Zbog skeniranje više točaka odjednom omogućena je velika brzina i preciznost skeniranja. [5],



Slika 5. Princip rada metode strukturiranog svjetla [5]

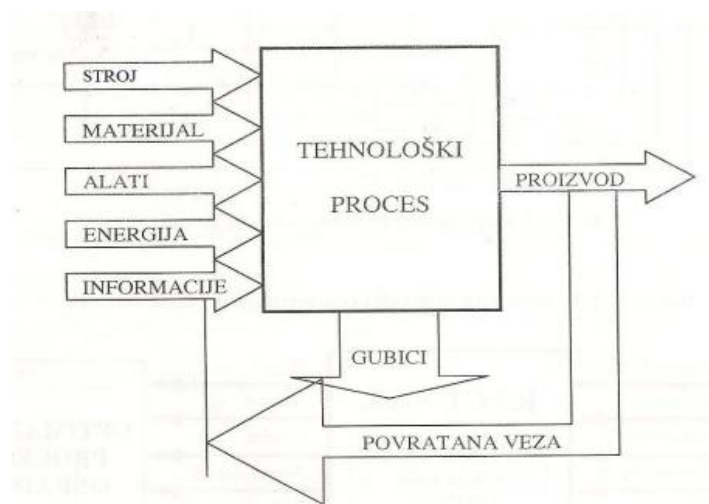
3. PROJEKTIRANJE TEHNOLOŠKIH PROCESA

Projektiranje tehnoloških procesa je ključna komponenta u proizvodnom inženjerstvu, koja zahtijeva sinergiju teorijskog znanja i praktičnih iskustava. Proces obuhvaća definiranje niza koraka, procedura i parametara s ciljem efikasne transformacije sirovina u gotove proizvode visoke vrijednosti. Pri tome, posebna pažnja posvećuje se odabiru odgovarajućih metoda obrade, strojeva, alata i mjernih instrumenata, uzimajući u obzir tip proizvodnje i željenu kvalitetu proizvoda. Osim tehnoloških aspekata, važan element projektiranja je i optimizacija procesa u skladu s tehno-ekonomskim kriterijima, što uključuje određivanje optimalnih parametara obrade i oblika sirovih materijala.

Projektiranje tehnološkog procesa nije statičan zadatak, već dinamičan proces koji se kontinuirano prilagođava novim proizvodnim zahtjevima, tehnološkim inovacijama i tržišnim trendovima. U procesu projektiranja koriste se različiti alati i metode, uključujući konstruktivnu dokumentaciju proizvoda, analizu datoteka strojeva, programiranje obrade i evaluaciju prethodnih sličnih rješenja. Osim toga, projektiranje obuhvaća i razmatranje ljudskih kapaciteta, organizacijske strukture i procesa unutar proizvodnje.

Uspješno projektiranje tehnološkog procesa rezultira ne samo u kvalitetnijim i konkurentnijim proizvodima, već i u optimizaciji proizvodnih troškova, smanjenju otpada i efikasnijem korištenju resursa. Stoga, ovaj proces ima izravan utjecaj na konačni ekonomski uspjeh proizvodnje, čineći ga neizostavnim dijelom strategije razvoja svakog proizvodnog poduzeća.

[6],[7],



Slika 6. Model tehnološkog procesa [8]

Tehnološki proces provodi se kroz niz operacija, gdje svaka operacija podrazumijeva specifičnu transformaciju trenutnog stanja obratka u novo, željeno stanje(slika 6).

3.1. Tehnološki proces

Tehnološki proces je precizno definiran postupak koji određuje kako se iz osnovnog materijala izrađuje dio ili proizvod, koristeći specifične alate i strojeve, unutar zadanih vremenskih okvira. Svaka promjena u ovom procesu može utjecati na krajnji rezultat, zbog čega je važno slijediti utvrđeni proces. Međutim, kako je već spomenuto tehnološki proces nije statičan; zbog stalnog razvoja znanja i tehnologije, potrebno je kontinuirano raditi na njegovom poboljšanju. Tehnologija je dinamična znanost, što znači da tehnološki procesi moraju evoluirati kako bi pratili tehnološki napredak[6],

3.2. Razlika proizvodnog i tehnološkog procesa

Razumijevanje razlike između tehnološkog i proizvodnog procesa je temeljno za uspjeh u proizvodnji. Tehnološki proces, fokusiran na detalje izvođenja svake operacije i kontrole kvalitete, omogućuje precizno definiranje svakog koraka u proizvodnji. Proizvodni proces, koji se proteže od početne nabavke materijala do konačne isporuke, integrira sve tehnološke smjernice u realnom vremenskom i prostornom kontekstu. Ova sinergija osigurava da se kvaliteta, produktivnost i ekonomska učinkovitost proizvodnje optimiziraju, postavljajući temelje za inovacije i kontinuirano poboljšanje u proizvodnim procesima. [6],

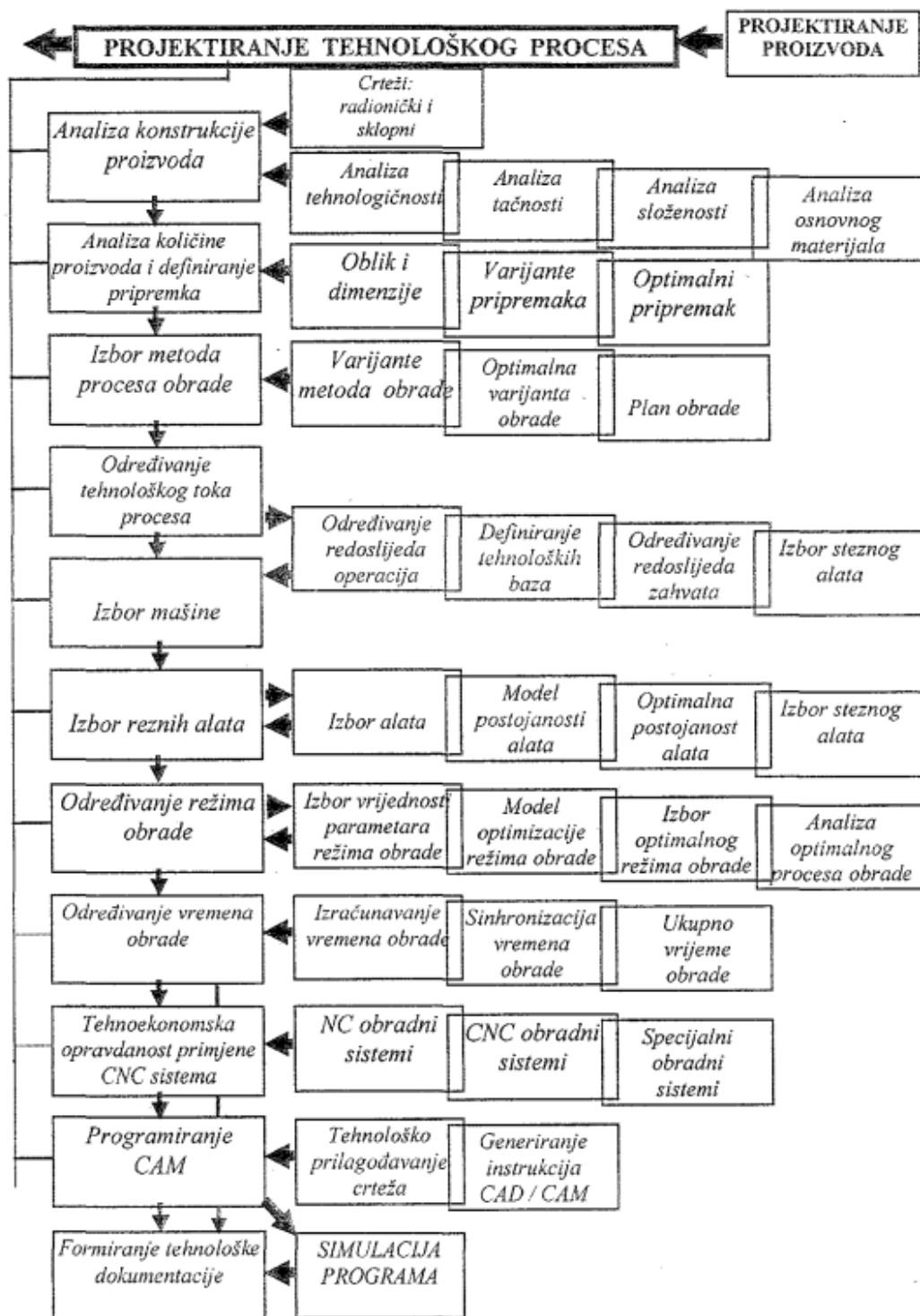
3.3. Struktura tehnološkog procesa [8]

Struktura tehnološkog procesa (slika 7) obrade može biti prikazana u sažetom obliku, na primjer, samo s nazivima operacija, ili detaljno razrađena do najmanjih detalja. Odabir između ovih dviju krajnosti ovisi o faktorima poput vrste proizvodne opreme, stupnja automatizacije, veličine serije proizvodnje, složenosti proizvoda i zahtijevane razine kvalitete.

Svi ključni faktori mogu se kategorizirati u šest osnovnih skupina:

1. Faktori zavisni od vrste i tipa obrade:
 - tip obrade: tokarenje, glodanje, bušenje, brušenje, izvlačenje, istiskivanje itd.
 - vrsta obrade: gruba, završna (fina)
2. Faktori zavisni o vrsti stroja:
 - vrsta stroja: univerzalna, automatska, obradni centri itd.
 - vrsta automatizacije: automatska, poluautomatska, fleksibilna

- vrsta upravljanja: klasična, CNC, itd.
 - brzina okretanja, posmak
 - snaga stroja
 - točnost i preciznost obrade
 - vrijeme pripreme stroja
 - vrijednost norma sata rada
3. Faktori zavisni o alatu:
- geometrijski oblik alata
 - materijal alata
 - izmjena alata
 - podešavanje alata
 - cijena alata
4. Faktori zavisni o obratku i pripremu :
- vrsta materijala obratka
 - složenost obratka
 - geometrijski oblik i dimenzije obratka
 - tolerancije oblika i položaja
5. Faktori zavisni o vrsti obrade:
- parametri režima obrade
 - vrsta sredstva za podmazivanje i hlađenje
 - način stezanja obratka
6. Faktori zavisni od vrste proizvodnje i složenosti obrade:
- tip proizvodnje (pojedinačna, serijska, masovna)
 - količina proizvoda
 - složenost obrade



Slika 7. Struktura aktivnosti i redosljed projektiranja tehnološkog procesa [8]

3.4. Analiza vremena izrade

Kompletan pregled vremena potrebnog za obavljanje određene operacije poznat je kao norma. Ona treba poslužiti kao orijentacija za ono što se može, a time i mora postići, što znači da je organizacijsko mjerilo humano oblikovanog rada. Norma se definira kao vrijeme koje je potrebno radniku prosječne vještine i kvalifikacije da pod standardnim uvjetima rada i uz uobičajeni napor završi specifičan zadatak. Tehnolog postavlja normu tijekom planiranja tehnološkog procesa, uzimajući u obzir očekivani učinak radnika bez poticanja na prekoračenje postavljenih vremenskih okvira, ali dopuštajući manja odstupanja.

Sastavni elementi ukupnog vremena rada koje je potrebno da bi se obavio neki posao podijeljene su u četiri kategorije:

- Pripremno-završno vrijeme (t_{pz})
- Tehnološko vrijeme (t_t)
- Pomoćno vrijeme (t_p)
- Dodatno vrijeme (t_a)

Tehnološko i pomoćno vrijeme zajedno čine vrijeme potrebno za izradu, odnosno razdoblje tijekom kojeg se odvijaju promjene na materijalu koji se obrađuje.[7],

3.4.1. Pripremno završno vrijeme

Pripremno završno vrijeme u kontekstu tehnoloških procesa odnosi se na vrijeme potrebno za sve pripreme kako bi se rad mogao ispravno obavljati, uključujući upoznavanje s dokumentacijom, dobivanje materijala, alata i pribora te pripremu radnog mjesta. Nakon završetka posla, uključuje i vrijeme za pospremanje radnog mjesta i vraćanje alata i pribora. Ovo vrijeme je ključno za efikasnost proizvodnog procesa i može varirati ovisno o složenosti posla, stupnju organizacije proizvodnje i uvježbanosti radnika.[6],

3.4.2. Tehnološko vrijeme

Tehnološko vrijeme odnosi se na vrijeme potrebno za izvršenje efektivnog rada tijekom kojeg dolazi do promjene oblika, dimenzije ili strukture obratka, poput toplinske obrade materijala. Naglasak je na maksimiziranju udjela ovog vremena u ukupnoj normi, a može se utjecati na njega različitim parametrima obrade kao što su brzina rezanja, posmak i dubina rezanja. Tehnološko vrijeme može biti klasificirano kao strojno vrijeme, strojno-ručno vrijeme ili ručno

vrijeme, pri čemu se za svaku kategoriju vrijeme određuje na temelju specifičnih metoda mjerenja ili prethodno definiranih vremenskih sustava. [6],

3.4.3. Pomoćno vrijeme

Pomoćno vrijeme u tehnološkom procesu uključuje različite podržavajuće aktivnosti koje nisu izravno povezane s glavnim obradnim operacijama, ali su neophodne za njihovo izvođenje. Ovo može uključivati pripremu radnog mjesta, postavljanje alata, mjerenja i inspekcije te čišćenje nakon obrade. Cilj je reducirati pomoćna vremena na minimum unutar ukupnog vremena potrebnog za proizvodnju, što se postiže kroz proces automatizacije. [6],

3.4.4. Dodatno vrijeme

Dodatno vrijeme je ključan faktor u planiranju proizvodnih procesa, jer uzima u obzir neizbježne prekide koji se događaju tijekom radnog dana. Osim kratkih pauza i čekanja, može uključivati i vrijeme potrebno za održavanje opreme, neplanirane zastoje i druge nepredvidive situacije. Precizno određivanje ovog vremena omogućava realnije procjene rokova izrade i doprinosi efikasnijem upravljanju resursima i radnom snagom, te tako indirektno utječe na smanjenje operativnih troškova i povećanje produktivnosti. [6],

4. PODUZEĆE ORKA INOX

Poduzeće ORKA INOX bavi se izradom raznih metalnih konstrukcija, te ratnim uslugama obrade metala. Poduzeće surađuje sa nekoliko arhitektonskih i građevinskih poduzeća poput: Kamgrad, SDMS, Allegheny Financial, AB gradnja, Graditelj Zaprešić te broji više od 30 zaposlenika.[9],

2006. godine se osniva obrt "Fimo-Inox". Počeci su bili skromni, s proizvodnjom koja se odvijala u garaži s troje zaposlenih, usmjeravajući se na proizvodnju jednostavnih inox ograda. Prvi kupci su bili uglavnom poznanici i prijatelji, čije su preporuke na temelju kvalitete proizvoda pomogle u širenju poslovanja. Već u godini osnivanja, obrt je započeo suradnju s nekoliko građevinskih poduzeća. Zbog ograničenja u sudjelovanju na javnim natječajima, 2008. se obrt "Fimo-Inox" preobrazuje u "Orka-inox d.o.o.", preuzimajući sve dužnosti i prava prethodnog obrta. Poslovanje se tada proširilo na proizvodnju proizvoda od čelika i aluminija, te na složenije projekte. Do 2011. godine, tvrtka je proširila svoj tim zaposlenih u administrativnom sektoru i počela nuditi usluge u području projektiranja, izrade radioničkih skica i tehničke dokumentacije. Tvrtka se i dana proširuje te je u stalnoj potrazi za novim radnicima.[9],

4.1. Djelatnost

Djelatnost poduzeća primarno se koncentrira na pojedinačnu proizvodnju konstrukcija od inoxa, čelika i aluminija. Ova specijalizacija omogućava poduzeću da zadovolji širok spektar potreba na tržištu, od jednostavnih konstrukcijskih elemenata do složenih prilagođenih rješenja. Pored osnovne proizvodnje, poduzeće proširuje svoj asortiman usluga uključujući izradu detaljne tehničke dokumentacije, što je ključno za planiranje i realizaciju projekata. Dodatne usluge poput savijanja limova, rezanja limova, tokarenja i zavarivanja dodatno potvrđuju fleksibilnost poduzeća u pružanju kompletne usluge od ideje do finalnog proizvoda. Ove dodatne usluge ne samo da povećavaju konkurentnost poduzeća na tržištu, već i omogućavaju klijentima da na jednom mjestu dobiju sveobuhvatnu podršku za realizaciju svojih projekata, čime se postiže veća učinkovitost i koherentnost u proizvodnom procesu.[9],

4.2. Lokacija

Ured poduzeća (slika 8), u kojem se nalazi tim razvojnih inženjera i administrativno osoblje, smješten je na lokaciji u Zaprešiću, na adresi Ivana Vencla 20A. Ova lokacija osigurava blizinu

glavnih prometnih čvorišta, što olakšava komunikaciju s klijentima i partnerima te pruža odličnu povezanost s ostalim dijelovima grada i regije.

Proizvodni pogon (slika 9) poduzeća nalazi se u Donjoj Stubici, na adresi Golubovečka 57, što poduzeću omogućava dovoljno prostora za smještaj opsežne proizvodne opreme i tehnologije potrebne za izradu metalnih konstrukcija. Lokacija proizvodnog pogona u industrijskoj zoni olakšava logističke operacije, uključujući transport sirovina i distribuciju gotovih proizvoda, te osigurava da proizvodni procesi teku glatko i efikasno. [9]



Slika 8. Prikaz lokacije ureda [9]

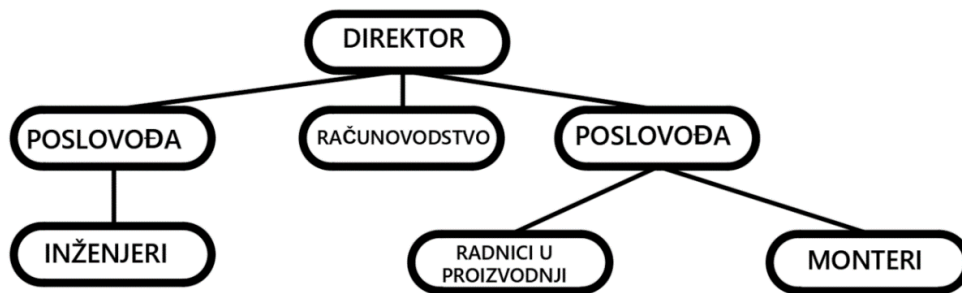


Slika 9. Prikaz lokacije proizvodnje [9]

4.3. Organizacijska i kadrovska struktura

U uredu poduzeća, ključne figure čine direktor i poslovođa, koji zajedno osiguravaju strateško vođenje i svakodnevno upravljanje operacijama. Uz njih, tim od šest razvojnih inženjera čini temelj tehničkog i razvojnog odjela. Ovi inženjeri su odgovorni za projektiranje, razvoj i inovacije metalnih konstrukcija.

Proizvodni pogon, smješten odvojeno od upravnog odjela, predstavlja srce operativnih aktivnosti poduzeća. Pod vodstvom poslovođe, 20 radnika čini proizvodni tim. Ovaj tim se dijeli na one koji su specijalizirani za proizvodne procese unutar pogona i one koji su zaduženi za montažu konstrukcija na terenu. Proizvodni tim uključuje stručnjake za obradu metala, zavarivače, operatere strojeva i druge tehničke specijaliste, dok se montažni tim fokusira na instalaciju gotovih proizvoda na lokacijama klijenata, osiguravajući da svaki projekt bude uspješno dovršen prema specifikacijama i zahtjevima klijenta. Na slici 10 dan je shematski prikaz kadrovska struktura poduzeća [9]



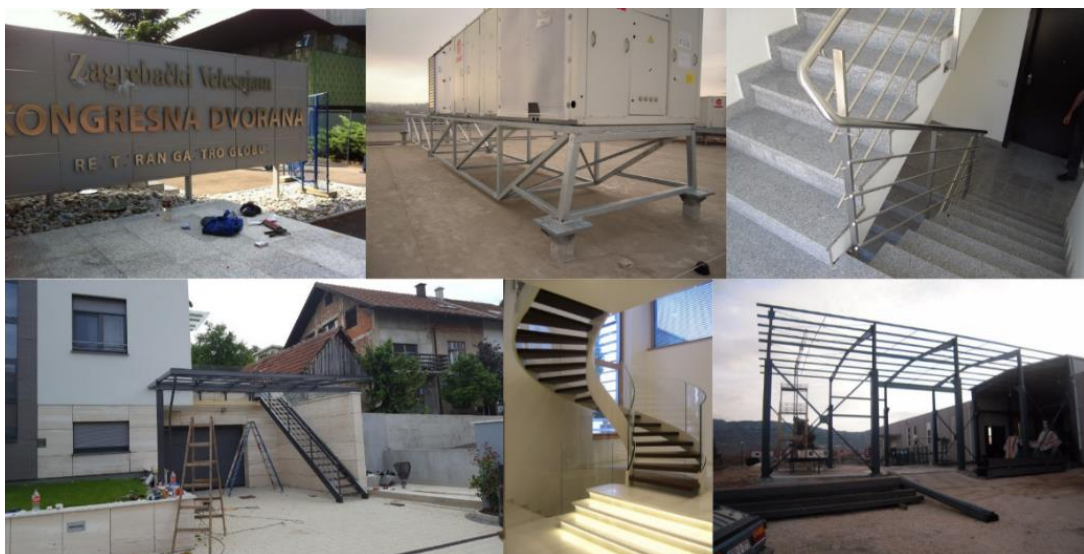
Slika 10. Kadrovska struktura poduzeća

4.4. Proizvodni program

Proizvodni program poduzeća specijaliziranog za pojedinačnu proizvodnju metalnih konstrukcija obuhvaća širok spektar proizvoda prilagođenih specifičnim potrebama i zahtjevima klijenata. Na slici 11 dan je prikaz izrađenih konstrukcija od inoxa, aluminij i čelika.

Neki od primjera su:

- Inox ograde
- Čelične nadstrešnice
- Čelične stepenice
- Natpisi
- Hale
- Podkonstrukcije



Slika 11. Primjeri izrađenih konstrukcija

4.5. Tehnologije i oprema

Širok spektar tehnologija koje poduzeće ORKA Inox koristi za izradu svih metalnih konstrukcija su:

- Obrada odvajanjem (rezanje, bušenje, tokarenje, brušenje, lasersko rezanje)
- Oblikovanje deformiranjem (savijanje i kružno savijanje)
- Zavarivanje (REL, TIG, MAG i MIG)
- Bojanje
- Montaža

4.5.1. Informacijski sustavi

Informacijski sustavi su nezamjenjivi u optimizaciji poslovnih procesa i strateškom razvoju poduzeća. Korištenjem Autodeskovih programa kao što su ReCap, AutoCAD i Advanced Steel, poduzeće je u mogućnosti modelirati, analizirati i razvijati detaljne tehničke crteže i dokumentaciju.

- **Autodesk ReCap** koristi se za digitalizaciju fizičkih objekata u 3D modele kroz procese laserskog skeniranja i fotogeometrije. Ovo je posebno korisno za precizno mapiranje postojećih struktura ili prostora, što omogućava projektantima da razviju dizajne koji su u potpunosti usklađeni s postojećim uvjetima.
- **AutoCAD** je temeljni alat za crtanje i detaljno projektiranje, koji omogućava stvaranje složenih 2D i 3D crteža. Njegova svestranost i moćne značajke olakšavaju izradu detaljnih tehničkih crteža i planova potrebnih za proizvodnju i montažu metalnih konstrukcija.
- **Advanced Steel** je specijalizirani program za projektiranje čeličnih konstrukcija, koji nudi opsežne biblioteke prilagođenih objekata i automatsko generiranje detalja za radioničke crteže, listove za rezanje i ostale proizvodne dokumente. Ovaj alat znatno povećava produktivnost i preciznost u projektiranju složenih čeličnih elemenata.

Za upravljanje poslovnim procesima i u organizacijske svrhe, poduzeće koristi ERP (Enterprise Resource Planning) sustav ClickUp, koji integrira različite aspekte poslovanja, uključujući projektiranje, proizvodnju, nabavu, prodaju i financije u jedinstveni informacijski sustav. ClickUp omogućava timovima bolju suradnju, učinkovitiju komunikaciju i optimizaciju radnih procesa, pružajući uvide u napredak projekata u stvarnom vremenu, resurse i rokove.

Integracija ClickUp-a s Autodeskovim programima dodatno poboljšava protok informacija i koordinaciju između različitih odjela unutar poduzeća, osiguravajući da su svi aspekti projekta usklađeni i efikasno upravljani.

4.5.2. 3D skener

Trimble X7 (slika 12) pruža izuzetnu preciznost i brzinu u širokom spektru aplikacija. Kao stacionarni laserski skener, uveden na tržište 2019. godine, Trimble X7 je opremljen naprednim tehničkim karakteristikama koje zadovoljavaju visoke standarde profesionalaca u industriji. Svojom kompaktnom konstrukcijom dimenzija 178x353x170 mm i težinom od 5,8 kg, ovaj skener je istovremeno robustan i prenosiv, omogućavajući lako korištenje na terenu.

Srž njegove tehnologije čini inovativni pogonski sustav s dvostrukim okomitim otklonom, koji zajedno s integriranim servo pogonom i visokobrzinskim skenirajućim zrcalima omogućava brzo i efikasno skeniranje velikih prostora. Trimble X7 također se ističe svojim automatiziranim samonivelirajućim senzorom koji osigurava točnost u svakoj situaciji, a tri integrirane 10MP kamere snimaju visokokvalitetne slike, dodatno obogaćujući skenirane podatke. [10]

Sposobnost skeniranja s vidnim poljem od $360^{\circ} \times 282^{\circ}$ i maksimalnom frekvencijom snimanja od 500 kHz omogućava Trimble X7 da uhvati detaljne 3D modele velikih struktura i prostora s izvanrednom preciznošću. Preciznost skeniranja varira s udaljenošću; na 10 m preciznost iznosi 2,4 mm, na 20 m 3,5 mm, a na 40 m doseže 6,0 mm, dok raspon buke točaka ostaje nizak, na 2,5 mm do udaljenosti od 30 m. [10]

Robustan dizajn skenera, uz IP55 certifikat, osigurava otpornost na prašinu i vodu, čineći ga idealnim za rad u različitim vanjskim uvjetima, u temperaturnom rasponu od -20°C do $+50^{\circ}\text{C}$. Jedna od ključnih značajki Trimble X7 je njegova sposobnost automatske kalibracije pri svakom pokretanju, uklanjajući potrebu za čestim servisiranjem. Osim toga, funkcija automatske registracije kod snimanja s više stanica značajno olakšava proces integracije skeniranih podataka, omogućavajući brže i efikasnije kreiranje kompletnih 3D modela. [10]



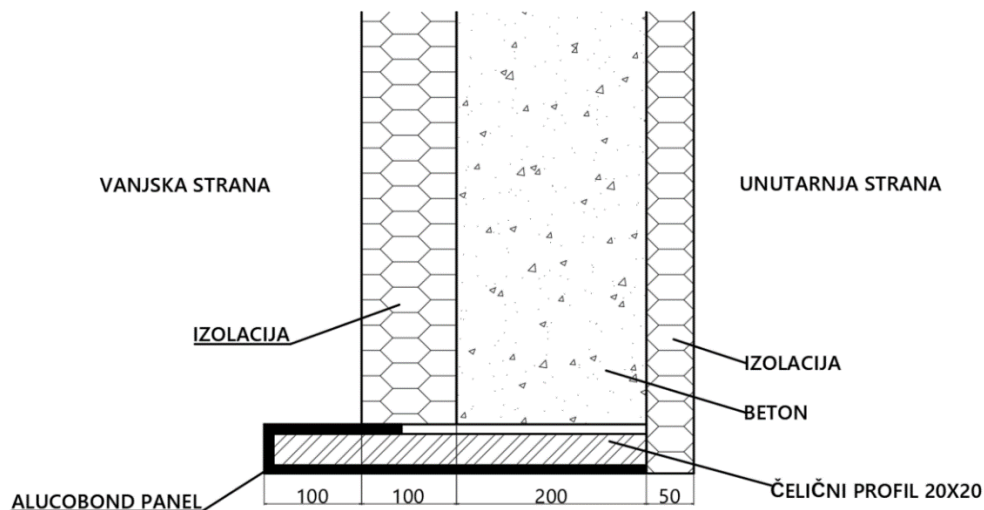
Slika 12. 3D skener Trimble X7

5. ODABRANI REPREZENT

U sljedećim poglavljima dan je opis i objašnjenje faza izrade kompletne tehničke dokumentacije za izradu čelične konstrukcije. Proces započinje izmjerom pozicije za montažu konstrukcije, nakon uzetih mjera slijedi izrada 3D modela pozicije po kojoj će se u sljedećoj fazi crtati čelična konstrukcija. Po izradi čelične konstrukcije slijedi izrada radioničkih, sklopnih i montažnih nacрта te ostale potrebne tehničke dokumentacije koja je potrebna za izradu čelične konstrukcije.

5.1. Čelični okvir dvorišnog zida

Kao reprezent (slika 13) izabran je čelični okvir koji se montira na otvor dvorišnog zida (slika 14) privatne kuće. Okvir služi kao podkonstrukcija na koje će se kasnije u estetske svrhe lijepiti Alucobond paneli te će se cijela konstrukcija sakriti fasadom, zbog toga je bilo važno precizno se ravnati prema zidu kako bi fasada nesmetano legla preko konstrukcije te kako bi se ispunili svi zahtjevi klijenta. Iz skice vidimo kako se unutarnja strana okvira treba ravnati na nulu sa zidom, a vanjska strana treba 200 mm stršiti iz zida.



Slika 13. Skica funkcije reprezenta



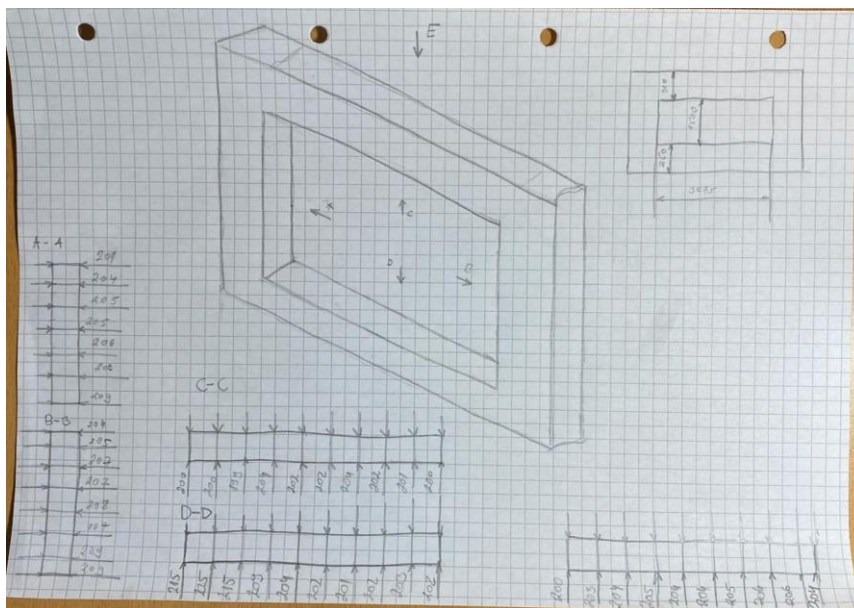
Slika 14. Prikaz pozicije za montažu

5.2. Izmjera pozicije

Pozicija je mjerena korištenjem ručnog rolo metra (slika 15), a dobivene mjere su bilježene i označavane na prethodno pripremljenoj skici (slika 16). Za precizno određivanje pozicije bile su nužne minimalni dvije osobe.



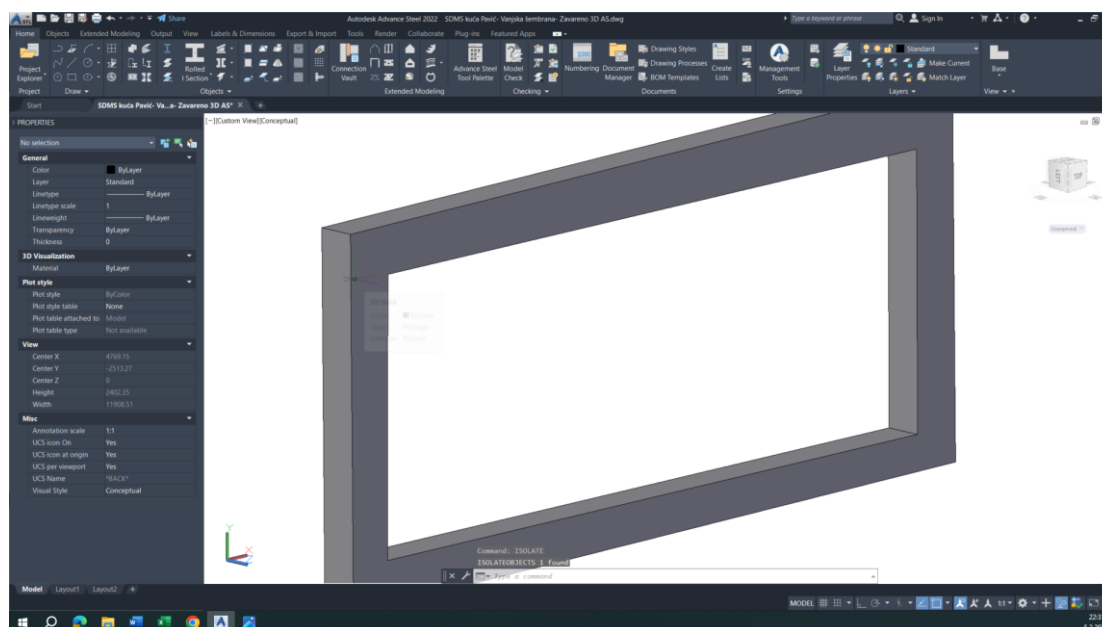
Slika 15. Prikaz ručnog mjerenja



Slika 16. Prikaz skice pozicije i uzetih mjera

5.3. Izrada 3D modela,

U programu Autodesk Advance Steel, izrada 3D modela (slika 17), a kasnije i konstrukcije, provodi se temeljem prethodno uzetih mjera. Proces modeliranja koristi osnovne naredbe poput *extrude* za produžavanje oblika te *cut* za njihovo oblikovanje i prilagodbu.

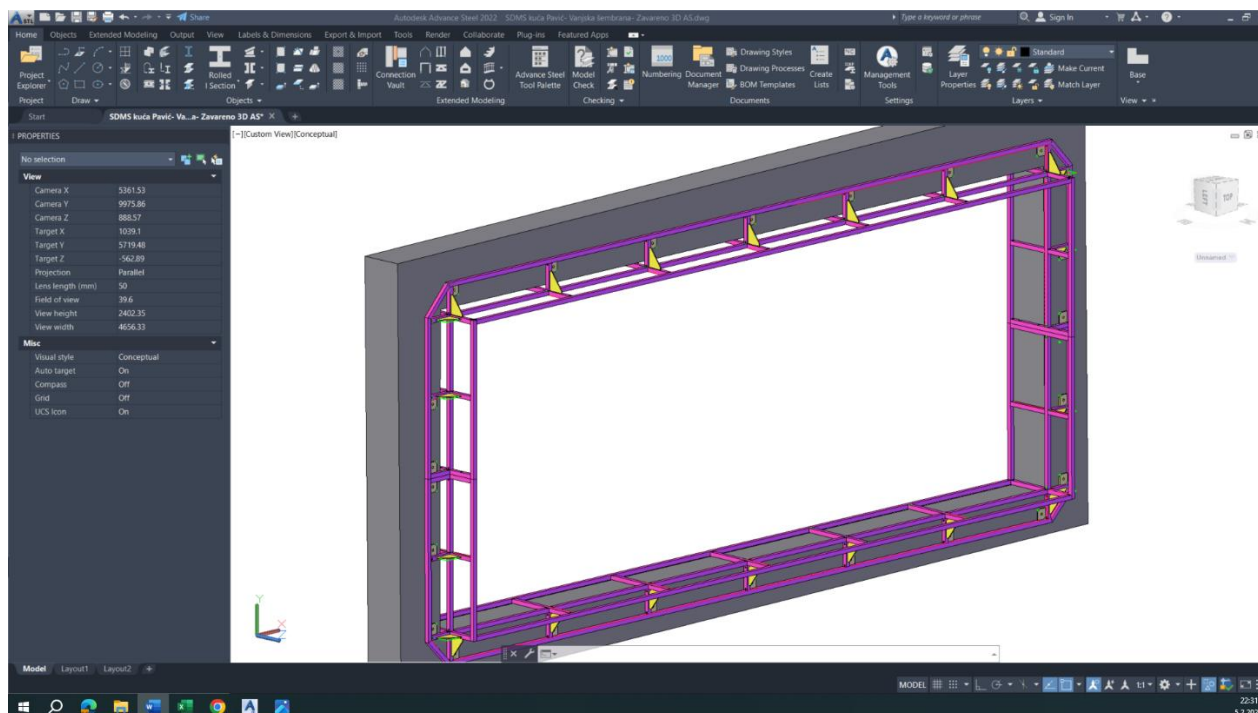


Slika 17. Prikaz 3D modela

Na slici 17, u izometriji prikazan je izrađen 3D model dvorišnog zida koji će u sljedećim koracima poslužiti za izradu konstrukcije.

5.4. Izrada konstrukcije

U ovoj fazi, prvi korak bio je izbor čeličnog profila za konstrukciju te određivanje debljine konstrukcijskih rebara i nosivih pločica. Iz konstrukcijskih razloga, odabran je profil dimenzija 20x20x3 materijala S355JR. Debljina nosive pločice postavljena je na 5mm, dok je debljina rebara određena na 4mm, pločice i rebra također su izrađene od čelika S355JR. Korištenjem programa Advance Steel, koji sadrži biblioteku standardnih profila, odabran je odgovarajući profil. Konstrukcija je zatim oblikovana povlačenjem odabranog profila kroz zadani prostor, pritom uzimajući u obzir sve konstrukcijske zahtjeve. U sljedećem koraku izrade na konstrukciju su postavljene prihvatne pločice i rebra. Također bilo je važno odrediti metodu sidrenja konstrukcije na zid, što će se postići upotrebom M10 sidrenih vijaka i odgovarajućih matica. Zbog toga je na prihvatnim pločama izbušena prolazna rupa promjera 12 mm.. Kako se konstrukcija nalazi na otvorenom prostoru potrebna je završna obrada cinčanja, zbog toga su na profilima izbušene rupe promjera 8mm kako bi cink zahvatio unutarnje dijelove konstrukcije te kako bi omogućile odljev viška cinka iz konstrukcije. Radi olakšanja transporta i montaže, konstrukcija je podijeljena u dva dijela. Na slici 18 prikazana je izrađena konstrukcija koja prati mjere 3D modela i ostale tehničke zahtjeve.



Slika 18. Prikaz projektirane konstrukcije

5.5. Razrada

Po izradi konstrukcije slijedi izrada detaljne razrade sa svom potrebnom dokumentacijom za njenu izradu.

5.5.1. Popis materijala

Korištenjem programa Advence Steel omogućena je automatska izrada popisa materijala (slika 19 i slika 20), no da bi to bilo moguće prvo je potrebno napraviti prebrojavanje elemenata i sklopova pomoću naredbe numbering. Nakon prebrojavanja naredba *Material list summary* automatski izbacuje popis materijala u RDF obliku.

AUTODESK ADVANCE STEEL		Company		MATERIAL LIST - SUMMARY						
		Date:	10-wj-2024							
		Project:	SDMS- KUČAPAVIĆ- VANJSKA							
		Author:	Carlo Lozić							
Mark	Size	Quantity	Grade	Length (mm)	Width (mm)	Weight each (kg)	Total Weight (kg)	Surface Area (m ² /part)	Total Surface (m ²)	Area (m ²)
FL50x5										
Element 23	FL50x5	26	S355JR	50		0,1	2,4	0,006	0,149	
		26		1.300			2,4		0,149	
FL70x4										
Element 24	FL70x4	8	S355JR	90		0,1	1,0	0,009	0,071	
Element 25	FL70x4	7	S355JR	92		0,1	0,9	0,009	0,063	
Element 26	FL70x4	7	S235JR	93		0,1	0,9	0,009	0,064	
		22		2.014			2,7		0,198	
RHS20x3										
Element 1	RHS20x3	14	S355JR	363		0,5	7,1	0,025	0,356	
Element 2	RHS20x3	10	S355JR	612		0,9	8,6	0,043	0,428	
Element 3	RHS20x3	8	S355JR	120		0,2	1,3	0,008	0,067	
Element 4	RHS20x3	7	S355JR	126		0,2	1,2	0,009	0,062	
Element 5	RHS20x3	7	S355JR	117		0,2	1,1	0,008	0,057	
Element 6	RHS20x3	6	S355JR	742		1,0	6,2	0,052	0,312	
Element 7	RHS20x3	4	S355JR	3.796		5,3	21,3	0,266	1,063	
Element 8	RHS20x3	4	S355JR	363		0,5	2,0	0,025	0,102	
Element 9	RHS20x3	4	S355JR	214		0,3	1,2	0,015	0,060	
Element 10	RHS20x3	4	S355JR	129		0,2	0,7	0,009	0,036	
Element 11	RHS20x3	4	S355JR	120		0,2	0,7	0,008	0,034	
Element 12	RHS20x3	2	S355JR	734		1,0	2,1	0,051	0,103	
Element 13	RHS20x3	2	S355JR	744		1,0	2,1	0,052	0,104	

Page 1 / 2

Slika 19. Prikaz popisa materijala 1/2

Mark	Size	Quantity	Grade	Length (mm)	Width (mm)	Weight each (kg)	Total Weight (kg)	Surface Area (m ² /part)	Total Surface (m ²)	Area (m ²)
Element14	RHS20x3	2	S355JR	727		1,0	2,0	0,051	0,102	
Element15	RHS20x3	2	S355JR	685		1,0	1,9	0,048	0,096	
Element16	RHS20x3	2	S355JR	696		1,0	1,9	0,049	0,097	
Element17	RHS20x3	2	S355JR	636		0,9	1,8	0,045	0,089	
Element18	RHS20x3	2	S355JR	184		0,3	0,5	0,013	0,026	
Element21	RHS20x3	1	S355JR	191		0,3	0,3	0,013	0,013	
Element22	RHS20x3	1	S355JR	191		0,3	0,3	0,013	0,013	
Sklop 1	RHS20x3	1	S355JR	3.852		5,4	5,4	0,270	0,270	
Sklop 2	RHS20x3	1	S355JR	3.853		5,4	5,4	0,270	0,270	
		90		53.711			75,2		3,760	
		138					80,4		4,107	

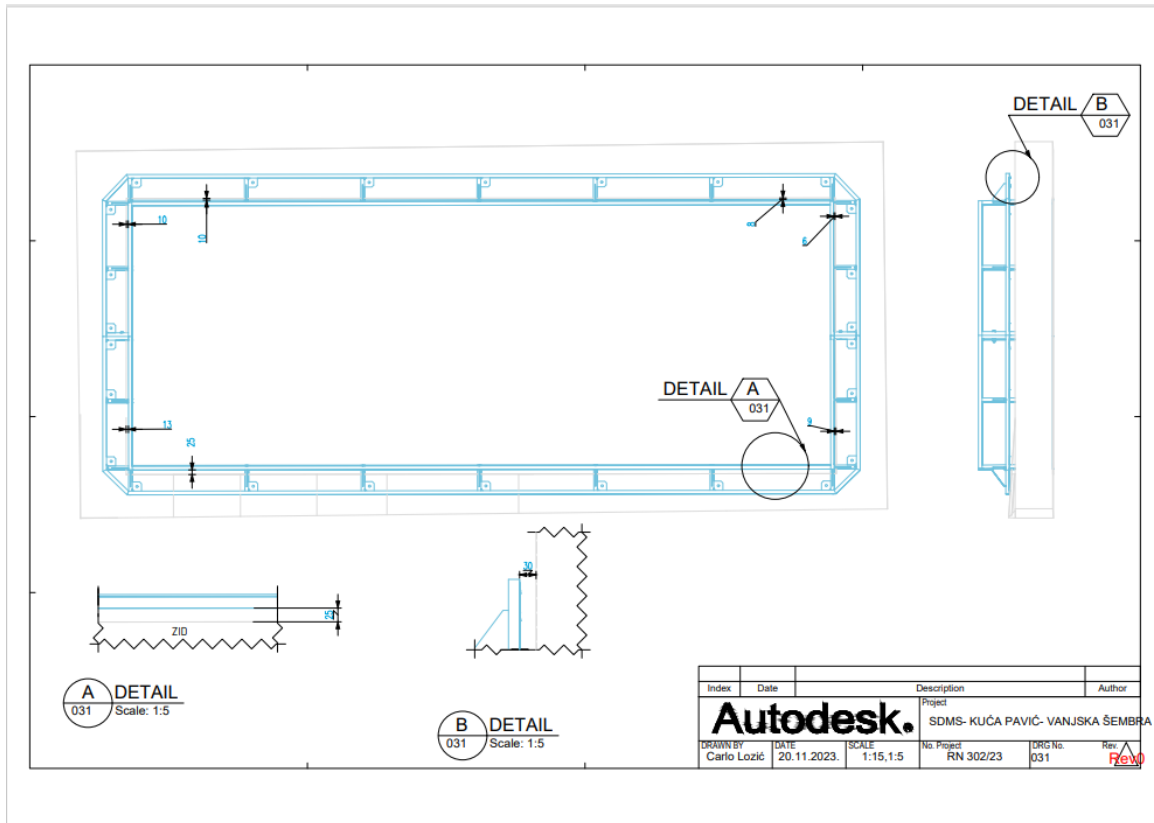
Slika 20. Prikaz popisa materijala 2/2

Na slikama 19 i 20 možemo iščitati potrebne dimenzija pločastih materijala i profila, iz prikazanog vidimo da nam je potrebno 1300x50 mm lima debljine 5mm, 70x2014 mm debljine 4mm te 53711 mm duguljastog profila 20x20x3. Također vidimo da je ukupna kilaža konstrukcije 80,5 kg, ovo je veoma koristan podatak jer moramo voditi računa o kilaži konstrukcije koja utječe na broj radnika koji će montirati i podizati konstrukciju. Iz ovih razloga kao što je već spomenuto konstrukcija je podijeljena u dva dijela.

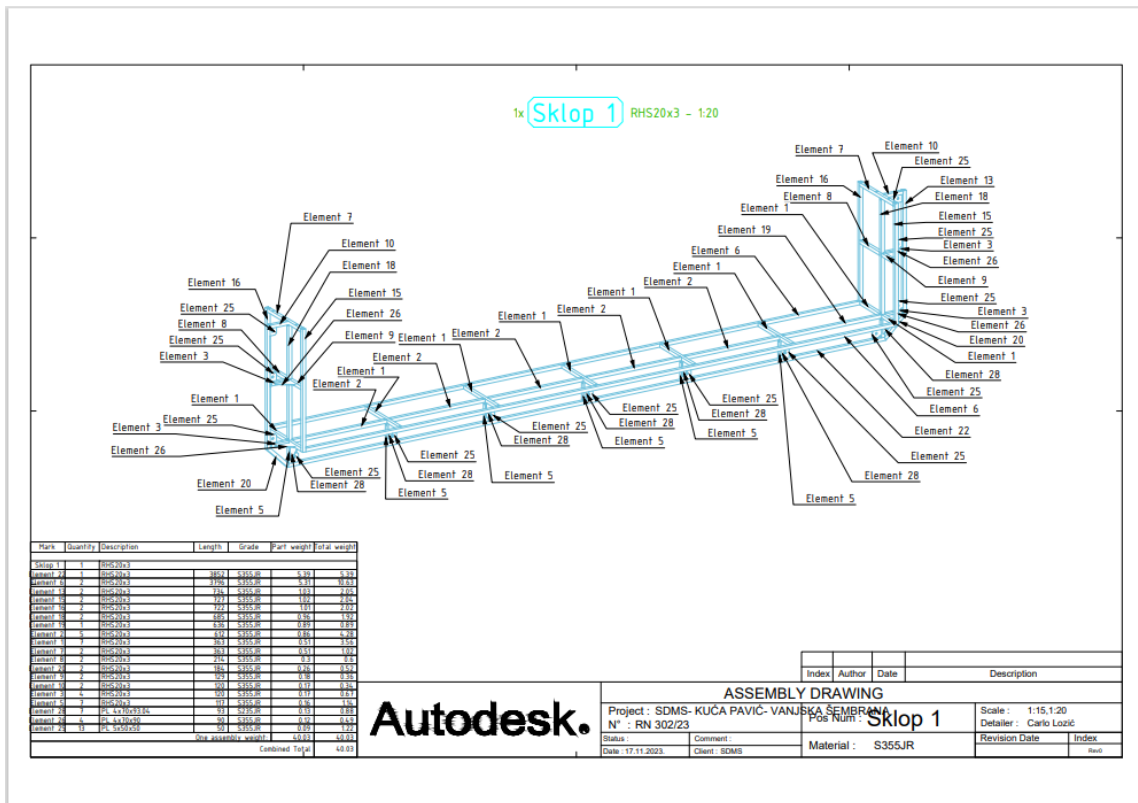
5.5.2. Izrada tehničke dokumentacije

Kao i kod popisa materijala, izrada tehničke dokumentacije je automatska. Nakon već obavljenog prebrojavanja elemenata, s naredbom *drawing style* odabire se način izrade nacрта i što će sve na njemu biti prikazano. Radi preglednosti i urednosti, odlučeno je da svaki sklop i svaki element budu prikazani na zasebnom A3 papiru. Velika prednost ovakvog načina izrade dokumentacije je automatsko označavanje elemenata. Nakon što program izradi nacрте, oni se dodatno pregledaju te se eventualno preprave. Po izradi radioničkih i sklopnih nacрта, ručno se izrađuje montažni nacrt koji uključuje i nacrti 3D model te eventualne napomene kod montaže.

Na slikama 21,22,23,24 prikazani su primjeri montažnog, sklopnog i radioničkog nacрта. Na nacrtima se nalaze svi potrebni podaci i napomene za izradu i montažu konstrukcije, također u sastavnici je navedeno ime i prezime projektanta kako bi kod eventualnih nejasnoća radnici iz proizvodnje i projektant iskomunicirali rješenje.



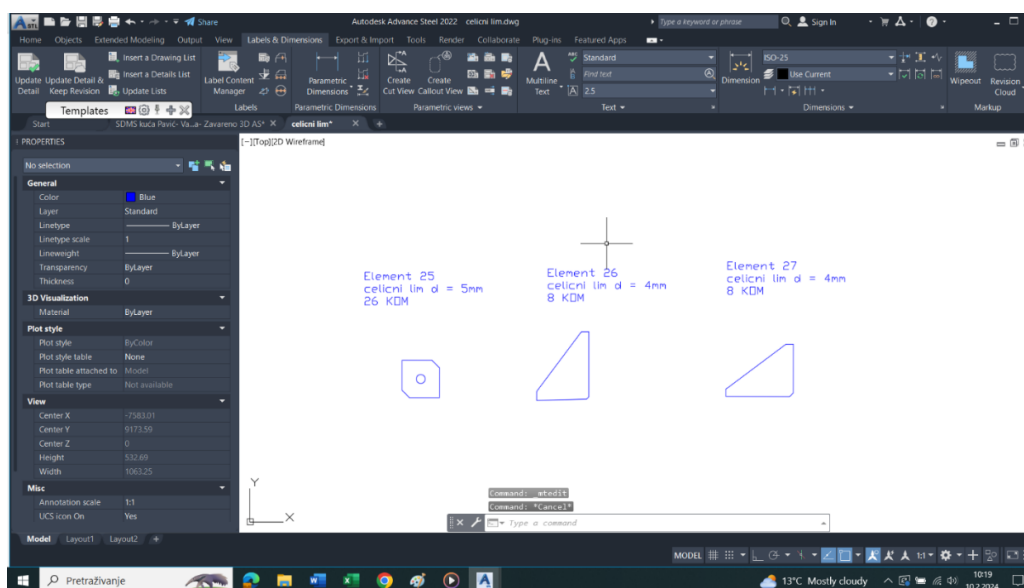
Slika 21. Prikaz montažnog nacrtu



Slika 22. Prikaz sklopnog nacrtu 1/2

5.5.3. Izrada pozicija za laser

Posljednji korak u izradi tehničke dokumentacije je stvaranje vektora (slika 25) za rezanje pločastih materijala koji se obrađuju na CNC laseru. Ovo je također moguće unutar programa Advance Steel. Limovi se kopiraju u novi dokument, a zatim se pomoću naredbe *Polyline* označavaju konture željenog elementa. Dokument se zatim sprema u DXF formatu, koji je kompatibilan s CNC strojevima. Na slici 25 prikazani su izrađeni vektori za rezanje pločastih materijala



Slika 25. Prikaz vektora lasera

Na slici 26 prikazana je izrađena i montirana konstrukcija.



Slika 26. Prikaz montirane konstrukcije

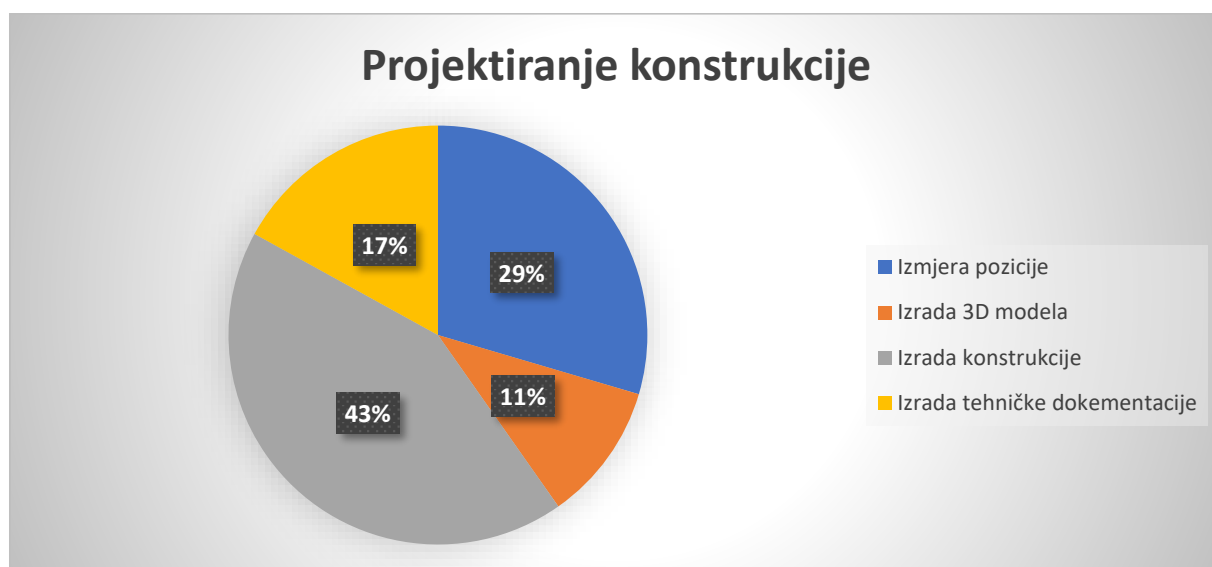
6. VREMENA PROJEKTIRANJA

Za postizanje učinkovitije organizacije i potencijalne optimizacije proizvodnih procesa, ključno je prvo provesti detaljno snimanje i analizu trenutnog stanja proizvodnih operacija. Metode korištene za snimanje uključuju vizualno praćenje procesa, analizu relevantne dokumentacije i intervjue s zaposlenicima. Prikupljeni podaci se zatim organiziraju u tablice i prikazuju pomoću dijagrama, pružajući jasniji uvid u sve aspekte projektiranja. Cilj ove analize je identificiranje ključnih područja za poboljšanje, omogućavajući time stvaranje osnove za prijedloge optimizacije koji će doprinijeti boljoj učinkovitosti i produktivnosti proizvodnog sustava.[6]

U ovom slučaju se analiziralo projektiranje reprezentativnog djela, čeličnog okvira za dvoršni zid. Sva vremena mjerena su štopericom, a u tablici 1 prikazana su vremena faza projektiranja.

Faza projektiranja	Vrijeme trajanja(min)
Izmjera pozicije	47
Izrada 3D modela	23
Izrada konstrukcije	68
Izrada tehničke dokumentacije	27
Σ	165

Tablica 1. Vremena faza projektiranja



Slika 27. Dijagram projektiranja konstrukcije

7. EVALUACIJA I OPTIMIZACIJA PROCESA PROJEKTIRANJA

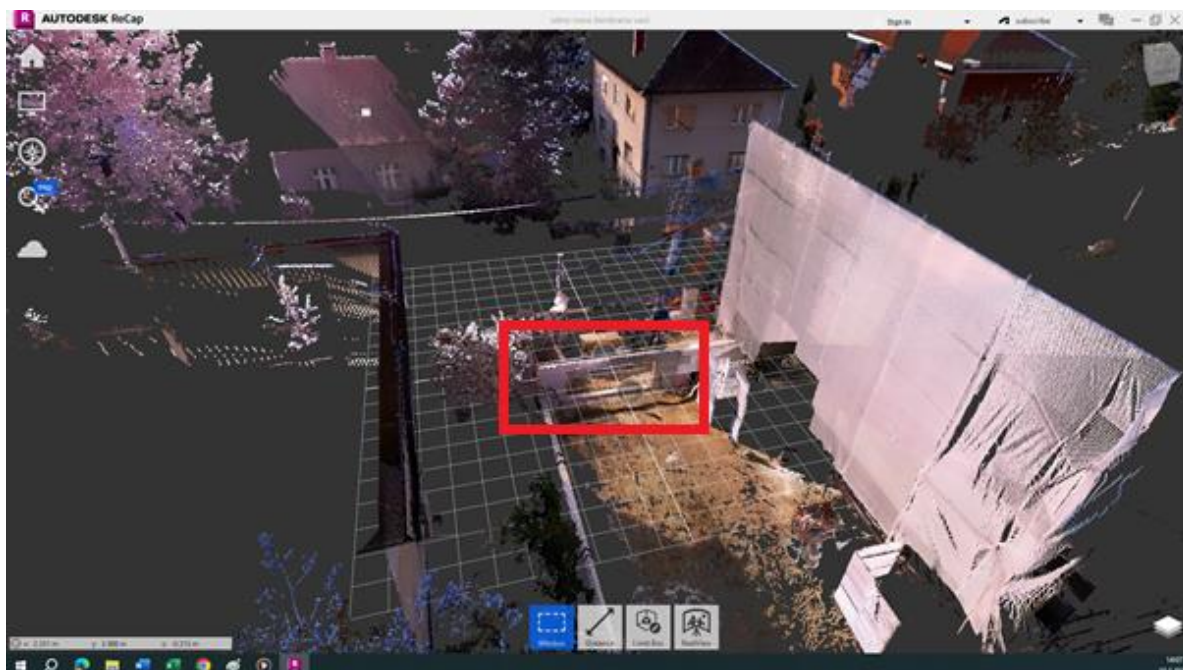
Iz slike 28 možemo vidjeti kako je najviše vremena potrebno za izmjeru pozicije i izradu konstrukcije, a najmanje na izradu tehničke dokumentacije. S obzirom na to da je proces izrade konstrukcije već moderniziran i u velikoj mjeri automatiziran korištenjem naprednih softverskih rješenja, pažnja će biti usmjerena na poboljšanje procesa mjerenja pozicije koja koristi tradicionalne i već pomalo zastarjele metode. Planirana optimizacija uključuje primjenu najnovije tehnologije 3D skeniranja, čime će se proces mjerenja učiniti bržim i preciznijim. Detaljan opis upotrebe 3D skenera u fazi mjerenja, kao i njegova integracija u proces izrade 3D modela, bit će razrađena u nadolazećim poglavljima.

7.1. Izmjera pozicije 3D skenerom Trimble X7

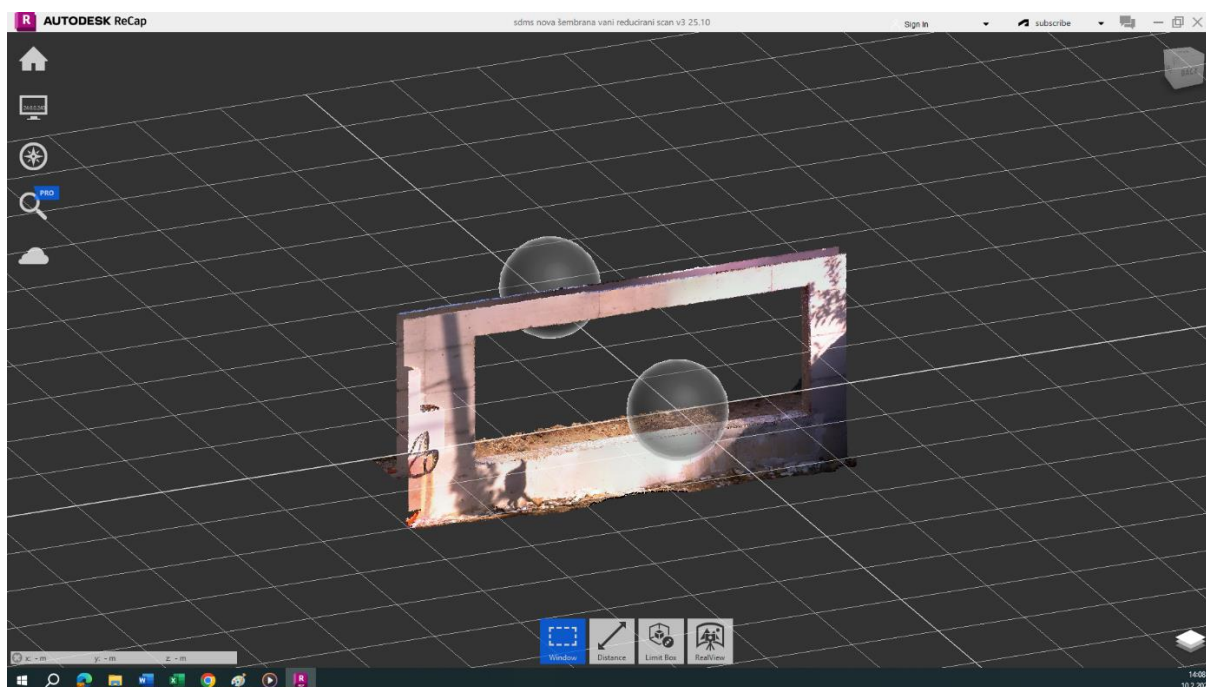
Izmjera pozicije pomoću skenera je prilično jednostavno; postavlja se skener na stativ na određenoj postaji za snimanje i aktivira se. Skener tada rotirajućim laserskim zrakama, koje pokrivaju sve smjerove unutar svog vidnog polja, prikuplja informacije o poziciji. Vrijeme potrebno za skeniranje na jednoj postaji iznosi svega nekoliko minuta. Za potpuno mjerenje ove pozicije potrebno je postaviti skener na dvije različite postaje (s prednje i stražnje strane zida), a cijeli postupak skeniranja moguće je obaviti s jednom osobom.

7.2. Izrada 3D modela

Proces izrade 3D modela započinje u Autodeskovom programu ReCap, reduciranjem skeniranih podataka na one bitne za kreiranje modela te eksportiranjem skena u format kompatibilnim s programom Advance Steel, odnosno u format Recap. Na slici 28 prikazan je cjelokupan sken koji je uhvatio sve podatke u svom vidnom polju, brisanjem nepotrebnih podataka dobivamo reducirani sken (slika 29)

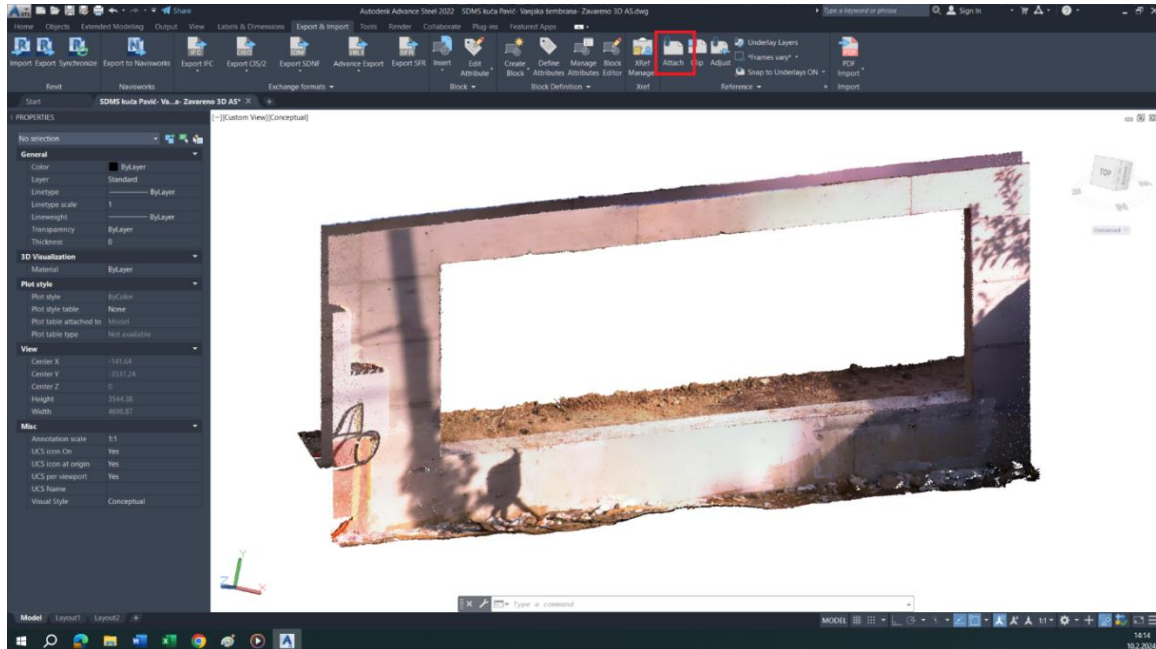


Slika 28. Prikaz cjelokupnog skena



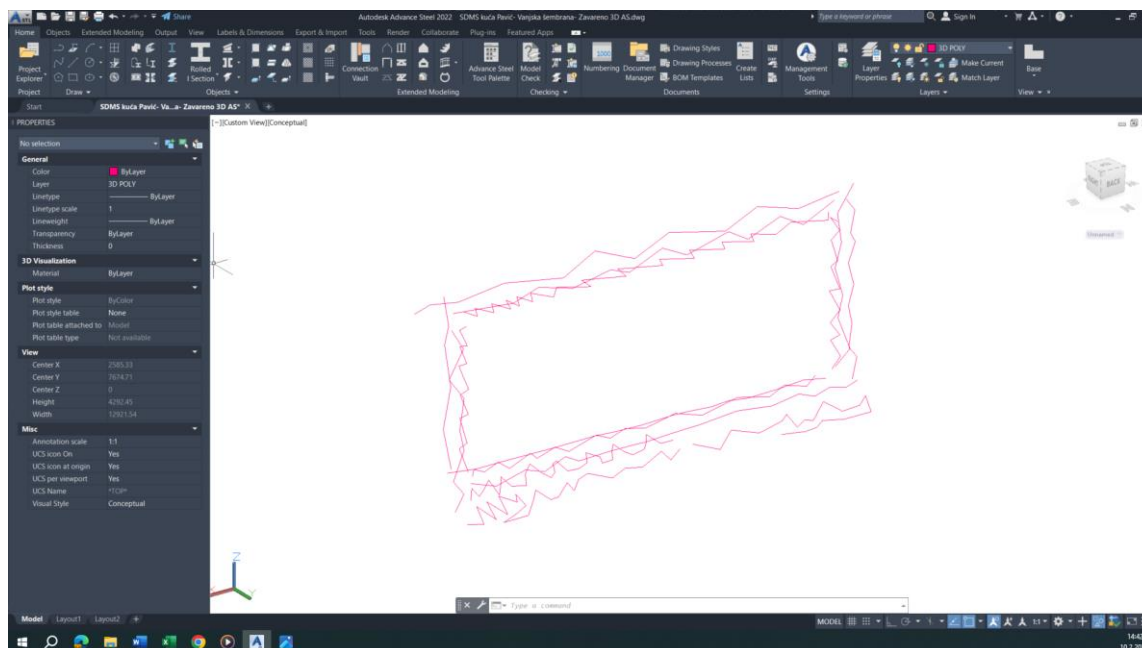
Slika 29. Prikaz reduciranog skena

Nakon reduciranja skena, sken je potrebno ubaciti u program Advence Steel, gdje se naposljetku i crta konstrukcija. Ubacivanje skena se obavlja pomoću naredbe *Attach*. Na slici 30 prikazan je reducirani sken u programu advanced steel. Na slici 31 prikazan je ubačeni reducirani sken u program Advanced Steel.



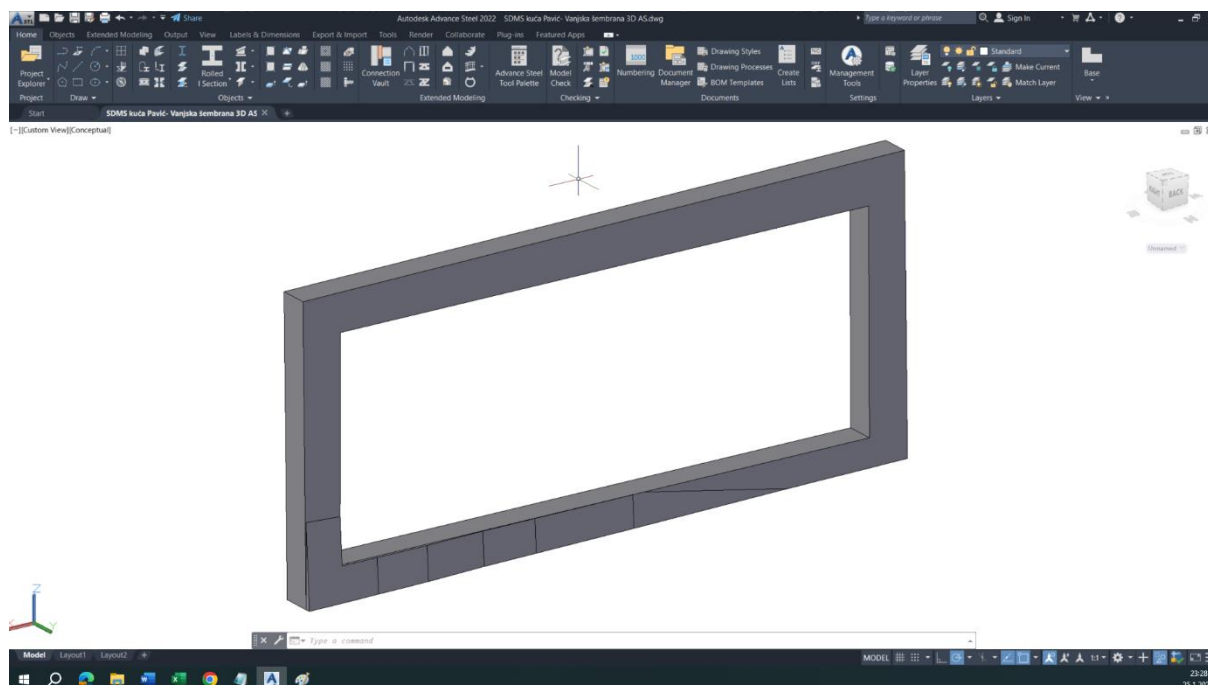
Slika 30. Prikaz skena u programu Advenced Steel

Po ubacivanju skena u program, potrebno je spajanjem točaka sa linijama po bitnim površinama dobiti konturu 3D modela (slika 31). Korištenje linija kao osnovnog principa za izradu modela je veoma efikasno, jer linije mogu pružiti informacija o pojedinim segmentima prostora, ovisno o perspektivi iz koje se promatraju. Bilo da se radi o tlocrtu, nacrtu ili bokocrtu, linije omogućavaju procjenu položaja i nagiba zida u prostoru. Na slici 31 prikazana je dobivena kontura zida iscrtavanjem linija po skenu.



Slika 31. Prikaz povučene linije preko skena

Budući da linije definiraju dimenzija i granice zida, 3D model (slika 32) je jednostavno izraditi također pomoću naredbi *extrude* i *cut*. No u ovom slučaju 3D model je preciznije izrađen je su linijama definirane dimenzije po punom presjeku zida, za razliku kod tradicionalne izrade gdje su ručnim mjerenjem definirani samo krajnji rubovi zida. Na slici 32 prikazan je 3D model izrađen iz 3D skena.



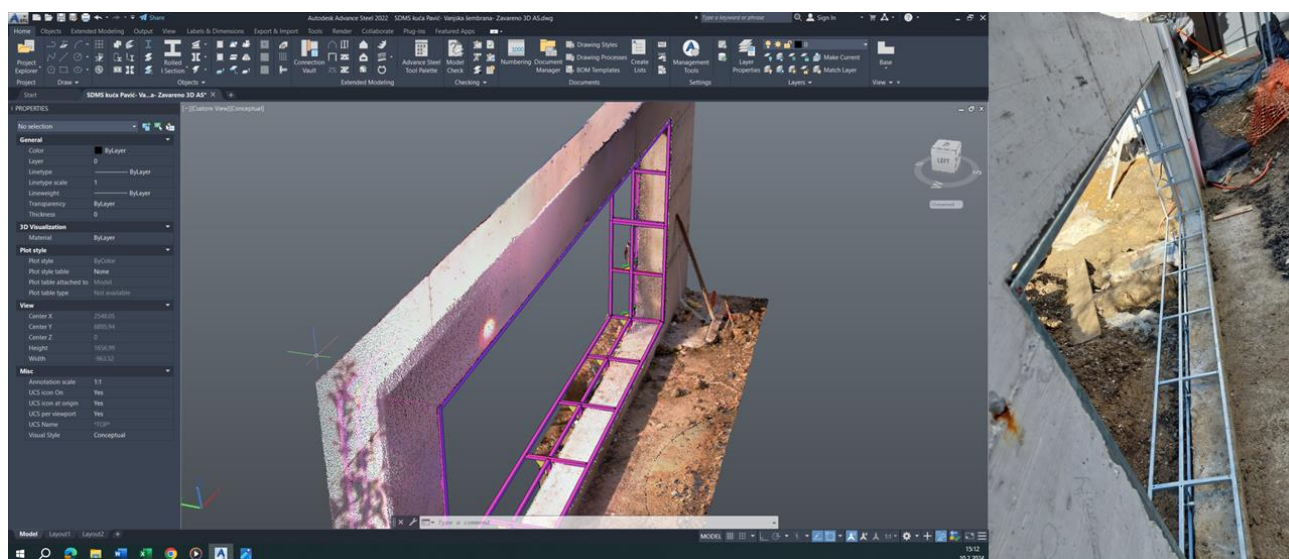
Slika 32. Prikaz izrađenog 3D modela iz skena

7.3. Analiza optimizacije

Faza projektiranja	Vrijeme trajanja poslije optimizacije (min)	Vrijeme trajanja prije optimizacije
Izmjera pozicije	8	47
Izrada modela	17	23

Tablica 2. Usporedba vremena projektiranja

Iz podataka prikazanih u Tablici 2 jasno je vidljivo da je vrijeme potrebno za mjerenje pozicije smanjeno za gotovo 600%. Međutim, poboljšanja nisu ograničena samo na smanjenje vremena potrebnog za Izmjeru; došlo je i do smanjenja broja osoba potrebnih za provođenje mjerenja, kao i do znatnog povećanja točnosti mjerenja. Ova poboljšanja u točnosti mjerenja direktno su doprinijela većoj preciznosti 3D modela a samim time i većoj preciznosti konstrukcije. Primjenom 3D skena u fazi izrade konstrukcije omogućuje stvaran prikaz konstrukcije u prostoru te puno točnije ravnanje konstrukcije u odnosu na zid što direktno utječe na olakšani proces montaže.



Slika 33. Prikaz preciznosti montaže

Na slici 33 možemo vidjeti podudaranje preciznosti montaže konstrukcije u programu Advanced steel i na namontiranoj konstrukciji.

8. ZAKLJUČAK

Primjena 3D skenera u projektiranju tehnoloških procesa predstavlja značajan iskorak u odnosu na tradicionalne metode mjerenja, poput korištenja metra. Kroz praktičnu usporedbu ove dvije metode, jasno se uočavaju prednosti 3D skeniranja koje obuhvaćaju ne samo preciznost i brzinu, već i mogućnost detaljne analize kompleksnih geometrija objekata koji se skeniraju. Tradicionalno mjerenje metrom, iako jednostavno i pristupačno, ograničeno je ljudskim faktorom i teškoćama u mjerenju nepravilnih i složenih oblika.

3D skeniranje omogućava brzu i točnu digitalnu rekonstrukciju fizičkih objekata, što rezultira trodimenzionalnim modelima koji se mogu koristiti u raznim fazama projektiranja tehnoloških procesa. Osim toga, digitalni modeli dobiveni 3D skeniranjem lako se integriraju u CAD i CAM sustave, što dodatno unapređuje projektiranje i proizvodnju.

Implementacija 3D skenera također omogućava efikasniju reviziju i optimizaciju postojećih procesa, s obzirom na to da se mogu detektirati i najmanje geometrijske nepravilnosti koje bi tradicionalnim metodama mogle ostati nezamijećene. Ova sposobnost detaljne analize i prilagodbe ključna je za inovacije u proizvodnji i kontinuirano poboljšanje kvalitete.

U svjetlu provedene analize, jasno je da primjena 3D skenera u projektiranju tehnoloških procesa nudi brojne prednosti koje mogu znatno poboljšati efikasnost, točnost i inovativnost u razvoju proizvoda. Iako inicijalna investicija u 3D skeniranje može biti veća u usporedbi s tradicionalnim metodama, dugoročne koristi koje donosi u smislu optimizacije procesa, smanjenja grešaka i skraćivanja vremena razvoja proizvoda, čine je opravdanom i neophodnom za konkurentnost na tržištu.

9. LITERATURA

- [1] “What is 3D Scanning?” <https://www.capture3d.com/knowledge-center/blog/what-3d-scanning-definitive-guide>
- [2] Yi-Ting Chen National Yang Ming Chiao Tung University: CLR-GAM: Contrastive Point Cloud Learning with Guided Augmentation and Feature Mapping
- [3] “Top 10 Applications of 3D Scanning Services Used by Companies and Engineers“ <https://www.cadcrowd.com/blog/top-10-applications-of-3d-scanning-services-used-by-companies-and-engineers/>
- [4]] Betim Shabani , Gligorče Vrtanoski , Vladimir Dukovski - INTEGRATED REVERSE ENGINEERING AND ADDITIVE TECHNOLOGY SYSTEMS
- [5] „Types of 3D scanning technologies: comparison, advantages and applications“ <https://bitfab.io/blog/types-of-3d-scanning/>
- [6] Tihomir Opetuk: Projektiranje tehnoloških procesa: Nastavni materijal, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2021.
- [7] Skupina autora: Inženjerski priručnik IP4, treći svezak, Organizacija proizvodnje, Školska knjiga, Zagreb, 2002.
- [8] Jurković, S.; Tufekčić, Dž.: Tehnološki procesi: Projektiranje i modeliranje, Mašinski fakultet, Tuzla, 2000.
- [9] ORKA INOX <https://www.orka-inox.hr/>
- [10] Trimble X7 3D skener [Trimble X7 | Laser Scanning | Trimble Geospatial](#)