

Primjena tehnologije 3D skeniranja pri izradi čeličnih konstrukcija prema zahtjevima norme HRN EN 1090

Žulj, Filip

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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:235:318944>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-02**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Filip Žulj

Zagreb, godina 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Ivica Garašić

Student:

Filip Žulj

Zagreb, godina 2022.

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

Zahvaljujem mentoru Prof. dr. sc. Ivici Garašiću na pruženim stručnim savjetima, susretljivosti i strpljenju tijekom izrade ovog rada. Također se zahvaljujem Prof. Garašiću na uistinu nezaboravnim predavanjima koja su uvijek zračila entuzijazmom i propitivanjem šta znači biti inženjer strojarstva.

Također, zahvaljujem se svim svojim prijateljima i prijateljicama, koji su uvijek bili uz mene i bez kojih cijeli ovaj tijek mog studiranja ne bi prošao tako lako i zabavno. Posebna zahvale također idu cijeloj košarkoškoj reprezentaciji FSB-a na nezaboravnim uspomenama. Posebnu zahvalnost iskazujem cijeloj svojoj obitelji koja me je uvijek podržavala i upućivala na pravi put.

I na kraju, najveću zaslugu za ono što sam postigao pripisujem svojim roditeljima, koji su uvijek bili TU, uz mene, bez obzira da li se radilo o teškim ili sretnim trenucima i bez kojih sve ovo što sam dosad postigao ne bi bilo moguće. Velika HVALA svima!

Filip Žulj



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



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

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum:	Prilog:
Klasa: 602-14/22-6/1	
Ur. broj: 15-1703-22-	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **FILIP ŽULJ** Mat. br.: 0035206680

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Primjena tehnologije 3D skeniranja pri izradi čeličnih konstrukcija prema zahtjevima norme HRN EN 1090**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Application of 3D scanning in production of steel constructions according requirements of HRN EN 1090 standard**

Opis zadatka:

U teorijskom dijelu opisati i specificirati sustave za 3D skeniranje koji se primjenjuju pri projektiranju čeličnih konstrukcija za dobivanje ulaznih parametara i dimenzija konstrukcije. Posebno povezati zahtjeve norme HRN EN 1090 s interpretacijom dimenzionalnih i tolerancijskih odstupanja konstrukcije te naknadne razrade tehnologije zavarivanja. Dati primjere konstrukcija kod kojih je takav sustav primijenjen.

U eksperimentalnom dijelu na prikladnoj građevini prikazati primjenu 3D sustava za skeniranje u realnim uvjetima. Na temelju prikupljenih podataka provesti razradu i specifikaciju čelične konstrukcije prema zahtjevima HRN EN 1090-2 za odgovarajuću klasu izvedbe. Posebno razraditi zahtjeve za specifikacijom zavarivanja i naknadnom nerazornom kontrolom. Zaključno, navesti prednosti i odrediti nedostatke ovakvog pristupa pri izradi čeličnih konstrukcija u realnim uvjetima.

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

Zadatak zadan:
29. rujna 2022.

Rok predaje rada:
1. prosinca 2022.

Predviđeni datum obrane:
12. prosinca do 16. prosinca 2022.

Zadatak zadao:
prof. dr. sc. Iviča Garašić

Predsjednik Povjerenstva:
prof. dr. sc. Biserka Runje

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. 3D SKENIRANJE	2
2.1. Uređaj za mjerenje	2
2.2. 3D Skeneri.....	3
2.3. Izabrani 3D skener	5
3. METODE ZA IZRADU POVRŠINE OD OBLAKA TOČAKA	7
3.1.1. Alfa oblici	8
3.1.2. Algoritam putujuće lopte	9
3.1.3. Poissonova rekonstrukcija površine.....	10
3.2. Ručna izrada modela.....	11
4. BIM PROGRAMI ZA CRTANJE.....	12
4.1. Parametarski CAD program.....	13
4.2. Zašto smo izabrali program Advance Steel	14
5. NORMA HRN EN 1090.....	15
5.1. HRN EN 1090-2.....	16
6. PRIMJENA TEHNOLOGIJE 3D SKENIRANJA	17
7. UVOD U EKSPERIMENTALNI RAD	18
8. IZMJERA PROSTORA	19
8.1. Skeniranje prostora	22
9. IZRADA 3D MODELA	24
10. IZRADA ČELIČNE KONSTRUKCIJE.....	28
10.1. Postavljanje greda u prostor	29
10.2. Izbor vijčanog spoja na čeličnoj konstrukciji	36
10.3. Modeliranje spojeva u Advance Steel-u	38
10.4. Popis materijala.....	53
10.5. Izrada tehničke dokumentacije.....	59
11. GEOMETRIJSKE TOLERANCIJE PREMA NORMI HRN EN 1090-2.....	62
11.1. Tolerancije na konstrukciji.....	62
12. DEFINIRANJE ZAVARA PREMA NORMI HRN EN 1090-2.....	66
12.1. Plan zavara prema normi HRN EN 1090-2	67
12.2. Atest materijala	68
12.3. Izračun unosa topline i temperature predgrijavanja	69
12.4. Specifikacija postupka zavarivanja	71
13. NERAZORNA ISPITIVANJA ZAVARA PREMA NORMI HRN EN 1090-2.....	72
13.1. Pregledi nakon zavarivanja	72
13.2. Rutinska ispitivanja i pregledi.....	73
14. ZAVRŠENA KONSTRUKCIJA.....	76

15. ZAKLJUČAK..... 79

POPIS SLIKA

Slika 1 : Prikaz Leice 3D Disto [1]	2
Slika 2 : Prikaz laserskih 3D skenera [2]	4
Slika 3 : Prikaz skenera X7 [2].....	6
Slika 4 : Prikaz dobivene mreže od 3D skena	7
Slika 5 : Prikaz algoritma alfa oblici [3]	8
Slika 6 : Algoritam putujuće lopte [3].....	9
Slika 7 : Poissonova rekonstrukcija površine [3]	10
Slika 8 : Prikaz oblaka točaka i linija koje su nacrtane preko oblaka točaka.....	11
Slika 9 : Prikaz 3D modela.....	11
Slika 10 : Prikaz BIM ekosustava [5].....	12
Slika 11 : Prikaz izbora parametara spoja [6]	13
Slika 12 : Prikaz čelične konstrukcije u programu Advance Steel	14
Slika 13 : Prikaz prostorije	18
Slika 14 : Prikaz oznake vagerisa.....	19
Slika 15 : Prikaz zacrtanih pozicija za grede.....	20
Slika 16 : Nacrt prostorije	21
Slika 17 : Prikaz skenirane prostorije u programu	22
Slika 18 : Prikaz skeniranja.....	23
Slika 19 : Prikaz insert tab-a	24
Slika 20 : Prikaz broja točaka.....	24
Slika 21 : Prikaz ubačenog skena	25
Slika 22 : Prikaz povučenih linija preko skena	25
Slika 23 : Prikaz tlocrtnog prikaza objekta	26
Slika 24 : Prikaz izometrije modela objekta.....	26
Slika 25 : Prikaz modela objekta.....	27
Slika 26 : Prikaz skena u odnosu na 3D model	27
Slika 27 : Prikaz detalja montaže	28
Slika 28 : Prikaz pozicija za profile	29
Slika 29 : Prikaz oznaka na poziciji 1	30
Slika 30 : Prikaz oznaka na poziciji 2	30
Slika 31 : Prikaz oznaka na poziciji 3	30
Slika 32 : Prikaz izrezanih dijelova drvenih greda.....	31
Slika 33 : Detaljniji prikaz izvađenih dijelova drvenih greda.....	31
Slika 34 : Prikaz bokocrta na drvene grede.....	32
Slika 35 : Nacrt na grede i prikaz razlike u visini	32
Slika 36 : Prikaz linije nacрта za profile	33
Slika 37 : Prikaz postavljenih greda u 3D modelu	33
Slika 38 : Linijski prikaz prostornih greda.....	34
Slika 39 : Prepravljen linijski prikaz prostornih greda.....	34
Slika 40 : Prikaz konstrukcije u prostoru	35
Slika 41 : Prikaz podudarnosti čelične konstrukcije s oznakom na zidu	35
Slika 42 : Prikaz spoja između IPE i IPE profila	36
Slika 43 : Prikaz spoja između IPE i HEA profila	37
Slika 44 : Prikaz izbora spoja.....	38
Slika 45 : Prikaz izbornika za parametre spoja	39

Slika 46 : Prikaz prvog dijela parametara spoja	39
Slika 47 : Prikaz drugog dijela parametara spoja	40
Slika 48 : Prikaz trećeg dijela parametara spoja	41
Slika 49 : Prikaz četvrtog dijela parametara spoja	41
Slika 50 : Prikaz gotovog spoja.....	42
Slika 51 : Detalji prikaza gornje i donje pločice	43
Slika 52 : Prikaz ucrtanih pločica.....	43
Slika 53 : Prikaz naredbe za vijčani spoj.....	44
Slika 54 : Prikaz izbornika za izradu vijčanog spoja	45
Slika 55 : Prikaz parametarskog spoja vijcima	45
Slika 56 : Naredba za kopiranje parametarskog spoja	46
Slika 57 : Prikaz upotpunjenog vijčanog spoja	47
Slika 58 : Prikaz naredbe za izradu prilagođenog spoja.....	47
Slika 59 : Prikaz izbornika za odabir prilagođenog spoja	48
Slika 60 : Prikaz naredbe za pozivanje prilagođenih spojeva	49
Slika 61 : Izbor prilagođenog spoja.....	49
Slika 62 : Prikaz kopiranog prilagođenog spoja.....	50
Slika 63 : Prikaz propagiranog prilagođenog spoja kroz cijelu konstrukciju	50
Slika 64 : Prikaz naredbe za spoj IPE i HEA profila	51
Slika 65 : Prikaz spoja između IPE i dva HEA profila	52
Slika 66 : Prikaz spoja IPE i dva HEA profila – tlocrtni pogled.....	52
Slika 67 : Naredba za prebrojavanje elemenata	53
Slika 68 : Prikaz izbornika za brojanje.....	54
Slika 69 : Prikaz popisa materijala 1/3	55
Slika 70 : Prikaz popisa materijala 2/3	56
Slika 71 : Prikaz popisa materijala 3/3	57
Slika 72 : Prikaz naredbe za prilagođavanje stila izrade elemenata.....	59
Slika 73 : Prikaz logike za sklop greda	60
Slika 74 : Prikaz vrste tehničke dokumentacije koja će se koristiti	61
Slika 75 : Prikaz pločice koju treba zavariti.....	66
Slika 76 : Atest materijala	68
Slika 77 : Prikaz gotove konstrukcije.....	76
Slika 78 : Prikaz gotove konstrukcije.....	76
Slika 79 : Prikaz gotove konstrukcije.....	77
Slika 80 : Prikaz spoja između IPE i HEA profil	77
Slika 81 : Prikaz spoja između IPE i IPE profila	78

POPIS TABLICA

Tablica 1 : Prikaz parametara za snimanje [2]	5
Tablica 2 : Tablica tolerancija duljinskih odstupanja [7]	63
Tablica 3 : Tablice tolerancija za kvadratičnost krajeva [7]	64
Tablica 4 : Tablica tolerancija za poziciju rupa za vijke	64
Tablica 5 : Tablica tolerancija položaj grupe rupe [7]	65
Tablica 6 : Prikaz minimalnih vremena prije izvedbe NDT [7]	73
Tablica 7 : Dodatna NDT ispitivanja [7]	75

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

List 1/1 Čelična konstrukcija

POPIS OZNAKA

Q	kJ/cm	Unos topline pri zavarivanju
k	%	Toplinska učinkovitost postupka
U	V	Napon zavarivanja
I	A	Struja zavarivanja
v	cm/min	Brzina zavarivanja
T_P	°C	Temperatura predgrijavanja
CET	%	C-Ekvivalent
d	mm	Debljina zavarivanja
HD	ml/100g	Količina difundiranog vodika
$CE(IIW)$	%	C-Ekvivalent
C	%	Udio ugljika u materijalu
Mn	%	Udio mangana u materijalu
Cr	%	Udio kroma u materijalu
Mo	%	Udio molibdena u materijalu
V	%	Udio vanadija u materijalu
Cu	%	Udio bakra u materijalu
Ni	%	Udio nikla u materijalu

POPIS KRATICA

Kratika	Opis
CAD	<i>Computer Aided Design</i> – računalom potpomognuto oblikovanje
ISO	<i>International organization for standardization</i> – Međunarodna organizacija za standardizaciju
<i>3D SMax</i>	<i>3D Studio Max</i>
<i>3D</i>	<i>Three dimensional</i> – tro dimenzijalno

SAŽETAK

U teorijskom dijelu diplomskog rada su se obratile teme trenutnog načina izmjere prostora i način na koji će se unaprijediti proces izrade tehničke dokumentacije. Također se dalo objašnjenje zašto je sustav 3D skenera puno korisniji od sustava koji se koristio prije. Potom su se objasnili koje su mogućnosti i brzina 3D skenera. U teoretskom dijelu se također objasnilo šta znači pojam oblaka točaka i koji su načini izrade 3D modela od oblaka točaka. Postoje dvije vrste izrade 3D modela iz oblaka točaka a to su raznim algoritmima odnosno automatizirani sustavi i ručni sustavi izrade modela. Zadnja dva poglavlja teoriskog dijela obuhvaća razlike između parametarskog modeliranja i tradicionalnog modeliranja i koje su prednosti i nedostaci jednog i drugo pristupa modeliranja. Zadnje veliko poglavlje u teorijskom djelu obuhvaća normu HRN EN 1090 koja objašnjava kojih se pravila mora pridržavati pri izradi konstrukcije prema normi HRN EN 1090. U praktičnom dijelu diplomskog rada objasnio se postupak skeniranja objekta na kojem će se izraditi čelična konstrukcija prema normi HRN EN 1090. Nakon skeniranog prostora detaljno se objašnjava kako od oblaka točaka dobije 3D model objekta pomoću kojeg će se postaviti čelična konstrukcija. U sljedećem poglavlju detaljno se objašnjava izrada čelične konstrukcije. Posebna pažnja se posvećuje postavljanju čelične konstrukcije unutar prostora građevina di je bilo nekoličina problema zbog manjka prostora. Također se jako detaljno objasnilo oblikovanje spojeva koji su bili potrebni za izradu čelične konstrukcije i njihova propagacija kroz cijelu konstrukciju. Zadnji dio što se tiče izrade konstrukcije se objasnilo kako pomoću programa *Advance Steel* dobiti kompletan popis materijala i cijelu tehničku dokumentaciju. U zadnjem dijelu praktičnog dijela objasnili su se neka pravila norme HRN EN 1090 pomoću koje su se oblikovali dijelovi čelične konstrukcije. Napravljena je i specifikacija postupka zavarivanja za jedan zavar na konstrukciji pomoću kojeg se objasnilo kako doći do parametara zavarivanja. Na kraju diplomskog rada se prikazala završena čelična konstrukcija unutar objekta i dao se zaključak o prednostima i nedostacima ovakvog sustava izrade konstrukcija.

Ključne riječi: Laserski 3D Skener, Advance Steel, Oblak točaka, HRN EN 1090,

SUMMARY

In the theoretical part of the thesis, the topics of the current way of measuring space and ways to improve the process of creating technical documentation were discussed. An explanation was also given as to why the 3D scanner system is much more useful than the system used before. Then it was explained the capabilities and speed of the 3D scanner. In the theoretical part, it was also explained what the term point cloud means and what are the ways to create a 3D model from a point cloud. There are two types of 3D model creation from point clouds, namely manual model creation and automated systems using various algorithms. The last two chapters of the theoretical part cover the differences between parametric modeling and traditional modeling and what are the advantages and disadvantages of both modeling approaches. The last large chapter in the theoretical part includes the HRN EN 1090 norm, which explains which rules must be followed when making a structure according to the HRN EN 1090 norm. In the practical part of the thesis, the scanning procedure of the object on which the structure will be made according to the HRN EN 1090 norm was explained. After the scanned area, it is explained in detail how to obtain a 3D model of the object from the point cloud, which will be used to position the steel structure. The next chapter explains in detail the construction of the structure. Special attention is paid to the installation of the steel structure inside the buildings, where there were several problems due to the lack of space. It was also explained in great detail the formation of the joints that were necessary for the production of the steel structure and their propagation throughout the entire structure. The last part regarding the creation of the structure explained how to obtain a complete list of materials and the entire technical documentation using the Advance Steel program. In the last part of the practical part, some rules of the HRN EN 1090 standard were explained, which were used to shape the parts of the steel structure. A specification of the welding procedure for one weld on the structure was also created, which explained how to reach the welding parameters. At the end of the thesis, the completed steel structure inside the building was presented and a conclusion was given on the advantages and disadvantages of this system of construction.

Key words: Laser 3D Scanner, Advance Steel, Point cloud, HRN EN 1090,

1. UVOD

Problematika cjelog diplomskog rada se svodi na konstruiranje i postavljanje čelične konstrukcije unutar nekog objekta koji se izmjerio 3D skenerom. Odnosno kako od izmjere pomoću 3D skenera dobiti konačnu konstrukciju. Kreće od same izmjere skenerom i koje postavke izabrati na skeneru da nema previše podataka a da se opet uhvati najvažniji djelovi prostorije. Sljedeći veliki problem je kako dobiti korisnu podlogu odnosno 3D model na osnovu koje će se izvesti čelična konstrukcija. Koju vrstu izrade 3D model koristiti hoće li to biti neka automatizirana ili ručna izrada i koje formate podržava program u kojem će se izvoditi čelična konstrukcija. Nadalje se treba upoznati s program *Advance Steel* koji će služiti za modeliranje čelične konstrukcije i automatskog stvaranja tehničke dokumentacije. Program je jako širok i ima iznimno velik broj mogućnosti koje treba savladati. Nakon savladavanja ovih problema dolaze se na same probleme modeliranja i konstruiranja čelične konstrukcije.

2. 3D SKENIRANJE

2.1. Uređaj za mjerenje

Tvrtka trenutno koristi uređaj za mjerenje Leica 3D Disto koji je prikazan na Slika 1. To je laserski mjerač koji se mora ručno usmjeravati prema plohama, stranicama koje želimo izmjeriti. Postupak snimanja nije iznimno kompleksan, ali oduzima puno vremena i osoba koja vrši izmjeru mora održavati visoku razinu koncentracije jer ako nešto zaboravi izmjeriti mora ponovo početi s cijelom izmjerom. Postoji mogućnost vraćanja na početnu izmjeru, ali ju je teško izvesti. Još je jedan problem taj što se, zbog pada koncentracije, često nakon duge izmjere slučajno pomakne uređaj. To pomicanje dovodi do problema pomicanja unutarnjeg koordinatnog sustava uređaja i tada su sve nove točke krivo postavljene što znači da treba ponovo započeti s izmjerom.



Slika 1 : Prikaz Leice 3D Disto [1]

2.2. 3D Skeneri

Svi nedostaci trenutnog uređaja mogu se eliminirati prelaskom na 3D skener. Komercijalni proizvodi mogu skenirati od 300 000 do 500 000 točaka u sekundi. Takvi laserski 3D skeneri mogu imati problema s površinama koje su crne boje ili s površinama s velikom razinom refleksije. Ipak, njihovom primjenom moguće je riješiti gotovo sve probleme koji se pojavljuju primjenom starog uređaja. Primjerice, izmjeru bez greške mogu odraditi i neiskusniji inženjeri. Razina koncentracije ne mora biti tako velika jer skeniranje traje od 3 do 5 minuta. Premještanje uređaja puno je jednostavnije jer 3D skeneri imaju svoj algoritam koji radi šivanje (eng. *stitching*) točkastog oblaka i može spojiti više postaja skeniranja u jedan sken. Jedini nedostatak 3D skenera je veća potrošnja vremena zbog potrebe za stvaranjem 3D modela konstrukcije. Još jedna nepogodnost skenera jest ta što je veličina datoteka koja se dobije skeniranjem puno veća od trenutačnih datoteka pa će biti potrebna nadogradnja servera, no ni ona ne bi trebala biti preskupa jer se danas može povoljno dobiti računalo potrebnih performansi. S druge strane, još jedan prednost korištenja 3D skenera jest taj što na izmjeru ne mora ići više inženjera. Korištenjem trenutačnog uređaja najbrži način mjerenja jest da na izmjeru idu 3 inženjera. Jedna osoba ručno okreće laser na površine i linije koje se mjere, druga osoba na laptopu ili tabletu potvrđuje točke koje se izmjere. Zadnja osoba drži pločicu koja pomaže pozicioniranju lasera. Na velikim udaljenostima laserska se zraka proširi, pogotovo ako se mjere površine koje nisu okomite na smjer lasera. Pomoću pločice može se namjestiti laserska zraka da donekle bude precizna. Pločica se koristi također kada se želi skenirati vanjski rub nekog oblika, ali je nemoguće pogoditi laserom bez nekakvog graničnika. Svi ovi nedostaci mogu se riješiti korištenjem 3D skenera gdje bi se smanjilo vrijeme mjerenja, mogućnost pogrešaka i broj zaposlenika koji moraju sudjelovati na izmjerama. Jedini problem kod 3D skenera jest povećan broj sati kod izrade 3D modela podloge ali je pretpostavka da će se u konačnici isplatiti zbog svih ostalih prednosti. Druga negativna strana 3D skenera je potreba za jačim računalom ali u današnje vrijeme performance koje su potrebne nisu financijski značajne. Neki 3D skeneri su prikazanci na Slika 2.



Slika 2 : Prikaz laserskih 3D skenera [2]

2.3. Izabrani 3D skener

Skener koji je izabran za projekt odnosno za diplomski rad jest Trimble X7 3D skener. U prodaji je od 2019. godine i spada u kategoriju stacionarnog skenera. Skener je opremljen pogonskim sustavom dvostrukog okomitog otklona dizajniranim integracijom servo pogona za mjerenje i zrcala za skeniranje velike brzine. Ima zaštićenu središnju jedinicu i također ima unutarnji senzor nagiba za automatsko samoniveliranje i tri integrirane kamere za brzo snimanje slika. Izlazni formati su: TDX, TZF, E57, PTX, RCP, LAS, POD. Dimenzije je 178x353x170 mm i teži 5,8 kg. Laser koristi valnu duljinu svjetlosti od 1550 nm, a veličina polja koje može snimiti jest $360^{\circ} \times 282^{\circ}$, a najveća frekvencija snimanja 500 kHz. Preciznost skenera jest 2,4 mm @10 m, 3,5 mm @20 m i 6 mm @40 m, a raspon buke točaka 2,5mm @30 m. Skener ima dva načina rada: može se koristiti standardn osjetljivost ili visoku osjetljivost skenera. Pomoću visoke osjetljivosti možemo skenirati plohe koje su crne i plohe koje imaju veliku razinu refleksije. Gustoća točaka se izabire vremenom snimanja. Kao što je prikazano u Tablica 1 ako se izabere snimanje koje traje 1:35 minuta sveukupan broj točaka koji se dobije je 12×10^6 . [2]

Tablica 1 : Prikaz parametara za snimanje [2]

PARAMETRI SKENIRANJA						
MOD SKENIRANJA	TRAJANJE (MIN:SEC)	RAZMAK (MM)@10M	RAZMAK (MM)@30M	RAZMAK (MM)@50M	BROJ TOČAKA (MPA)	MAX VELIČINA PODATAKA (MB)
Standardna osjetljivost	1:35	11	40	57	12	160
	3:43	5	18	26	58	420
	6:39	4	12	18	125	760
Visoka osjetljivost	3:33	9	33	47	17	190
	6:54	6	21	30	42	330
	15:40	4	13	19	109	710

Još jedna važna karakteristika kod skenera jest ta da može raditi na širokom temperaturnom području, dok X7 može raditi na temperaturama od -20°C do $+500^{\circ}\text{C}$. Skener također ima IP55 certifikat što znači da je zaštićen od ograničenog prodora prašine i zaštićen od mlaza vode niskog pritiska iz bilo kojeg smjera.

Ovo je također prvi skener koji nema potrebu za kalibracijom koju obavlja tvrtka nego radi kalibraciju prilikom svakog paljenja. To što je skener toliko dobro tehnički izveden ne znači puno bez dobrih pratećih programa. Skener vrši punu automatsku kalibraciju na udaljenost i kutove bez ikakvih točaka koje su zadane od korisnika. Kod premještanja skenera radi auto registraciju što znači da se kod skeniranja s više stanica spajanje tih skenova radi automatski. Kod svakog premještanja uzima se u obzir vanjska temperatura, količina svjetlosti, vibracije, temperatura instrumenta i vertikalna brzina gibanja kako bi uređaj bio kalibriran kod novog snimanja.



Slika 3 : Prikaz skenera X7 [2]

3. METODE ZA IZRADU POVRŠINE OD OBLAKA TOČAKA

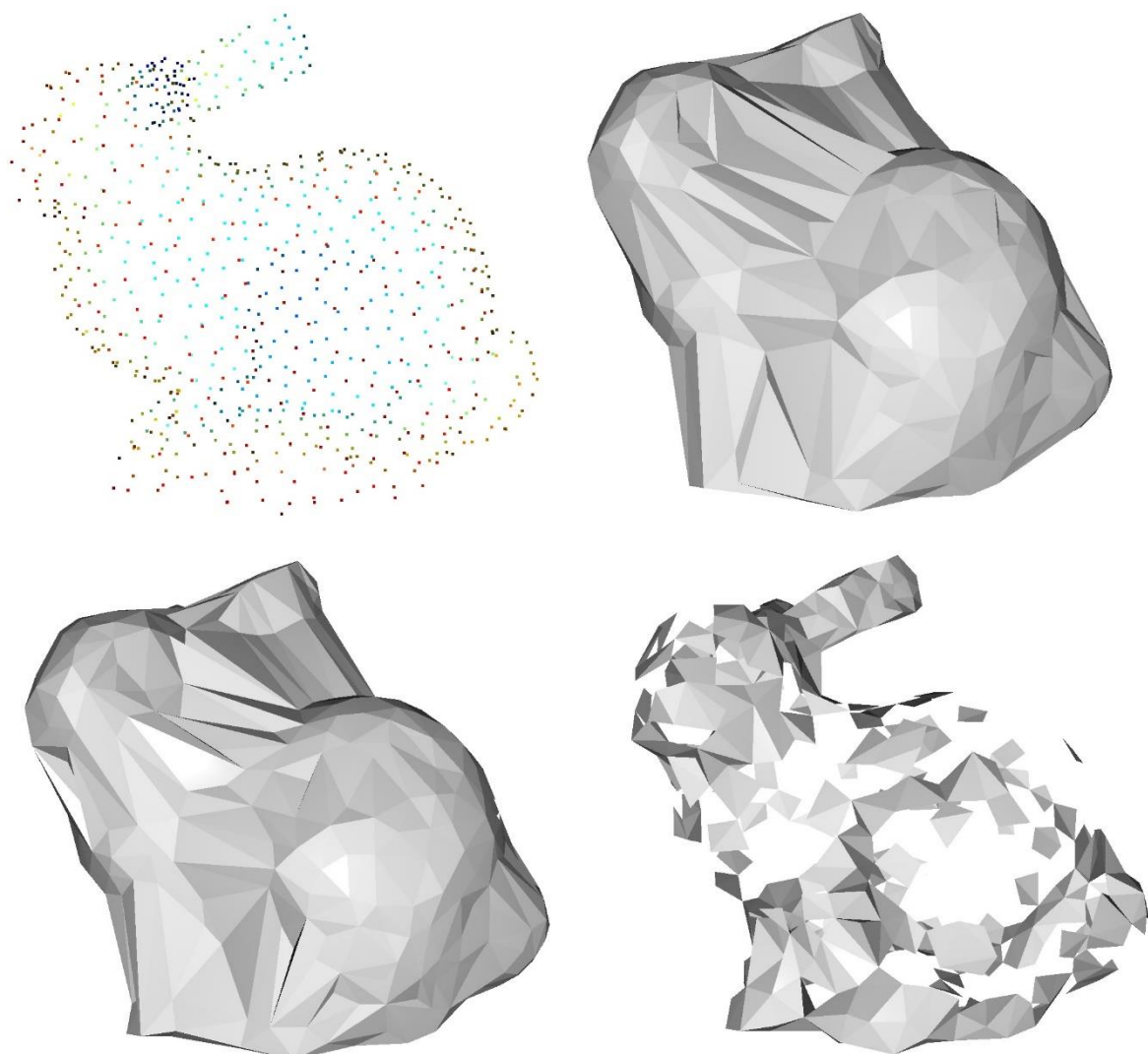
Prije nego što se objasne algoritme za izradu površine od oblaka točaka potrebno je objasniti što je oblak točaka. Oblak točaka skup je točaka od koje svaka točka ima svoju udaljenost u x,y i z osi. To znači da svaka točka predstavlja izmjerenu vrijednost jer se za izmjeru koristi LIDAR senzor koji koristi lasersko vrijeme putovanja zrake. Pomoću vremena putovanja jednostavno se izračuna udaljenost od te točke. Skeneri su zanimljivi jer mjere od 300 000 do 1 000 000 točaka u sekundi. To znači da se umjesto ručnog mjerenja točaka s laserskim mjeračem automatski generira velika količina točaka. Za izradu geometrije od oblaka točaka mogu se koristiti dvije metode: automatsko generiranje mreže pomoću raznih softvera ili ručno u programima za crtanje. Automatsko generiranje mreže radi se pomoću algoritama koji su napravljeni 90-ih. Ručna izrada geometrije provodi se također u raznim programima gdje se dio skena ili cijeli sken ubaci u program i povlače se linije preko točaka. Mogu se precrtati samo obrisi, a pomoću linija i cijele plohe tako da se kasnije mogu dobiti cijele površine. Linije se nacrtaju preko površina u CAD programu kao što je 3DS Max te se gledajući te linije iz različitih kutova lagano može napraviti 3D model.



Slika 4 : Prikaz dobivene mreže od 3D skena

3.1.1. Alfa oblici

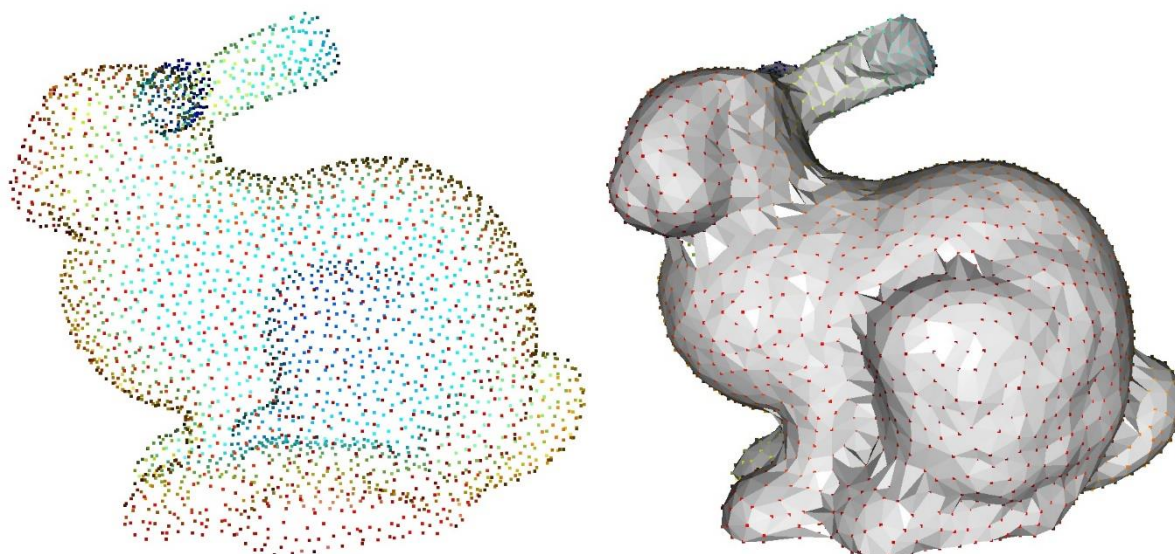
Jedan od algoritama za automatsko generiranje površine jest alfa oblik i služi za generalizaciju konveksne ljuske. Alfa oblik najbolje je opisati na sljedeći način: zamislite ogromnu masu sladoleda koja sadrži točke koja predstavlja oblak točaka odnosno komadiće čokolade. Pomoću žlice za sladoled izrezuju sve dijelove bloka sladoleda koje možemo dosegnuti bez sudaranja s komadićima čokolade. Na kraju ovog postupka dobiju se objekti koji su omeđeni lukovima i točkama. Ako se izravnavaju sve okrugle površine u trokute i segmente, linije dobije se intuitivan opis onog što se naziva alfa oblik.[3]



Slika 5 : Prikaz algoritma alfa oblici [3]

3.1.2. Algoritam putujuće lopte

Algoritam putujuće lopte metoda je rekonstrukcije površine koja se odnosi na alfa oblike izumljena 1999. godine. Zamislamo 3D loptu zadanog radijusa koju ispuštamo na oblak točaka. Ako zamišljena lopta pogodi bilo koje 3 točke, a ne padne kroz te 3 točke, stvara trokut. Zatim se algoritam počinje okretati od rubova postojećih trokuta i svaki put kada pogodi 3 točke kroz koje lopta ne propada stvara se novi trokut. [3]



Slika 6 : Algoritam putujuće lopte [3]

3.1.3. Poissonova rekonstrukcija površine

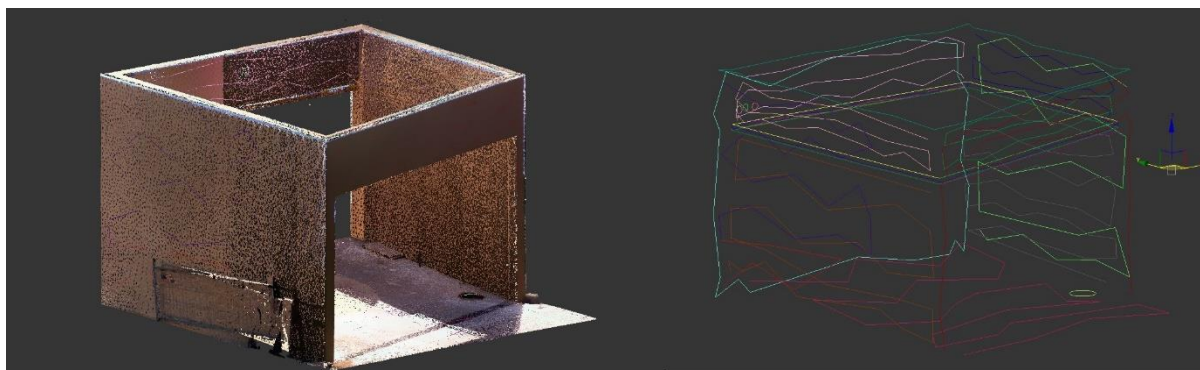
Metoda rekonstrukcije Poissonove površine rješava problem regulirane optimizacije kako bi se dobila glatka površina. Iz tog razloga rekonstrukcija Poissonove površine može biti bolja od ostalih nespomenutih algoritama. Prije navedeni algoritmi ne proizvode glatke površine jer su točke oblaka točaka također vrhovi dobivene mreže bez ikakvih izmjena. [3]



Slika 7 : Poissonova rekonstrukcija površine [3]

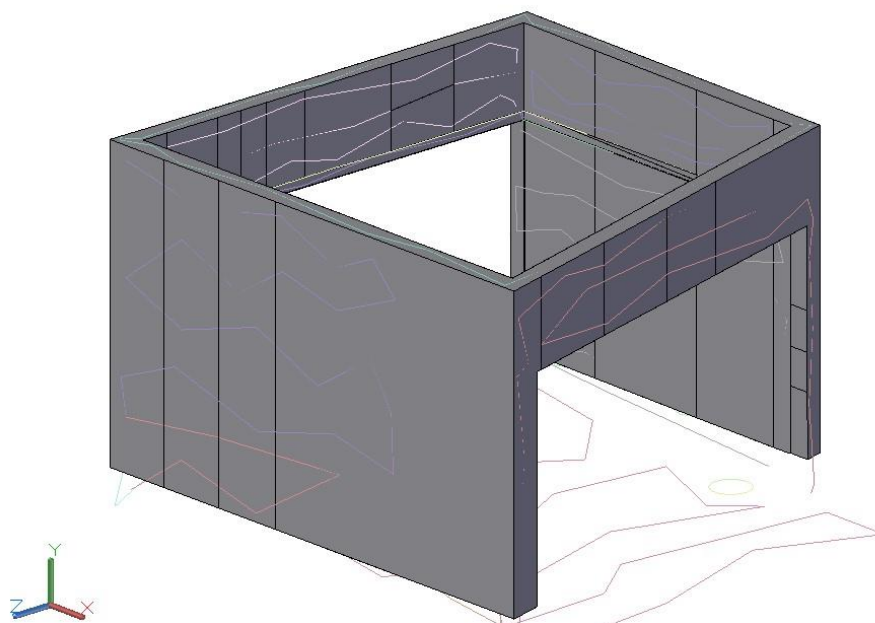
3.2. Ručna izrada modela

Budući da se radi o skenovima većih dimenzija ponekad nije moguće automatski generirati nacrt, nego se ručno moraju nacrtati linije koje predstavljaju površine. Program koji se koristio jest 3DS Max koji se koristio za izradu linija preko oblaka točaka.[4]



Slika 8 : Prikaz oblaka točaka i linija koje su nacrtane preko oblaka točaka

Linije su iznimno korisne jer pokazuju u kojem je smjeru nagnuta površina, pa se pomoću njih lako može napraviti 3D model na kojem se može dalje crtati.



Slika 9 : Prikaz 3D modela

4. BIM PROGRAMI ZA CRTANJE

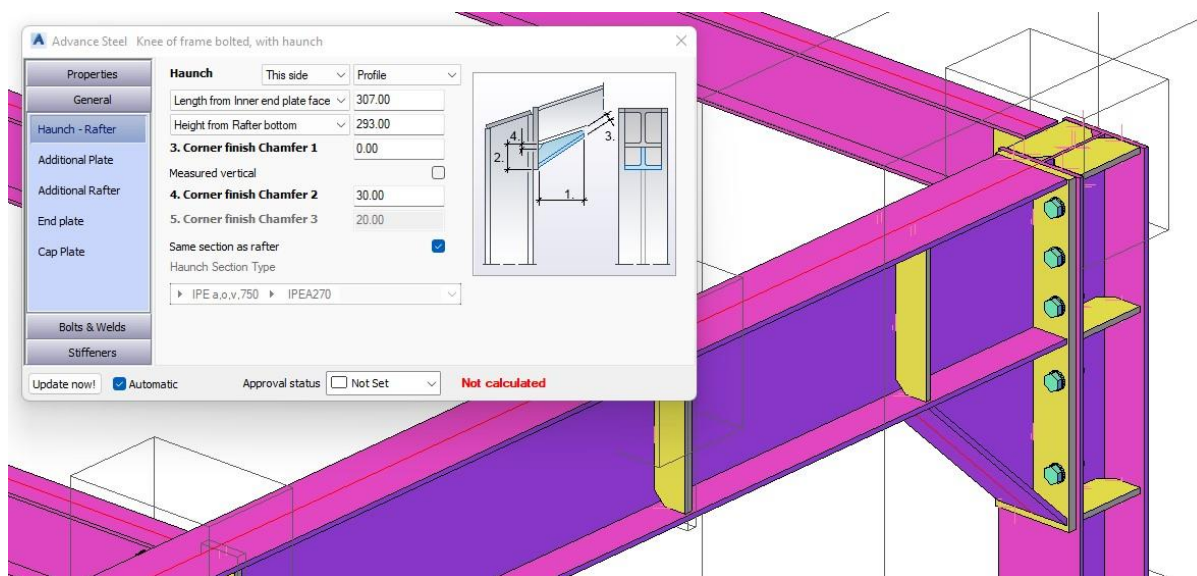
BIM je akronim za *Building information modeling* ili *Building information management*. To je suradnički proces koji omogućuje arhitektima, inženjerima, programerima, izvođačima i drugim građevinskim stručnjacima da planiraju, dizajniraju i konstruiraju strukturu ili zgradu unutar jednog modela. Također se može proširiti na rad i upravljanje zgradama korištenjem podataka kojima vlasnici zgrade imaju pristup upravljanja informacijama. U prošlosti su se nacrti i crteži koristili za izražavanje informacija o određenom planu zgrade. Ovaj 2D pristup jako je otežao vizualizaciju dimenzija i zahtjeva. Zatim se pojavio CAD koji je pomogao crtačima da shvate prednost planova u digitalnom okruženju. Kasnije je CAD postao 3D što je donijelo realističnije vizualne prikaze nacrtima. Sada je BIM standard CAD modeliranja jer ne služi samo za modeliranje nego sadržava puno veći broj informacija. Program koji će se koristiti za projekt jest Autodeskov *Advance Steel*. [5]



Slika 10 : Prikaz BIM ekosustava [5]

4.1. Parametarski CAD program

Postoje dva načina modeliranja: direktno i parametarsko modeliranje. Direktno modeliranje služi za brzo definiranje i stvaranje geometrije modela. Često se ova vrsta modeliranja uspoređuje s radom s glinom. Druga vrsta modeliranja jest parametarsko modeliranje u kojem se za 3D modeliranje koriste značajke i ograničenja. Ovaj način modeliranja omogućuje automatizirano ponavljanje jednakih naredbi. Parametarsko modeliranje nije savršeno, ono ima svoje prednosti i nedostatke. Ono što je također jako dobro kod parametarskog modeliranja jest to što se model automatski ažurira ako se dizajn promjeni. Osim toga, prednost je i što je kod promjena nekih parametara lakše definirati kako će se model ponašati. Ipak, nije sve savršeno. Kod parametarskog modeliranja kod osnivanja koncepta parametarski 3D CAD programi mogu jako usporavati proces modeliranja jer zahtijevaju jako detaljno modeliranje. [4]



Slika 11 : Prikaz izbora parametara spoja [6]

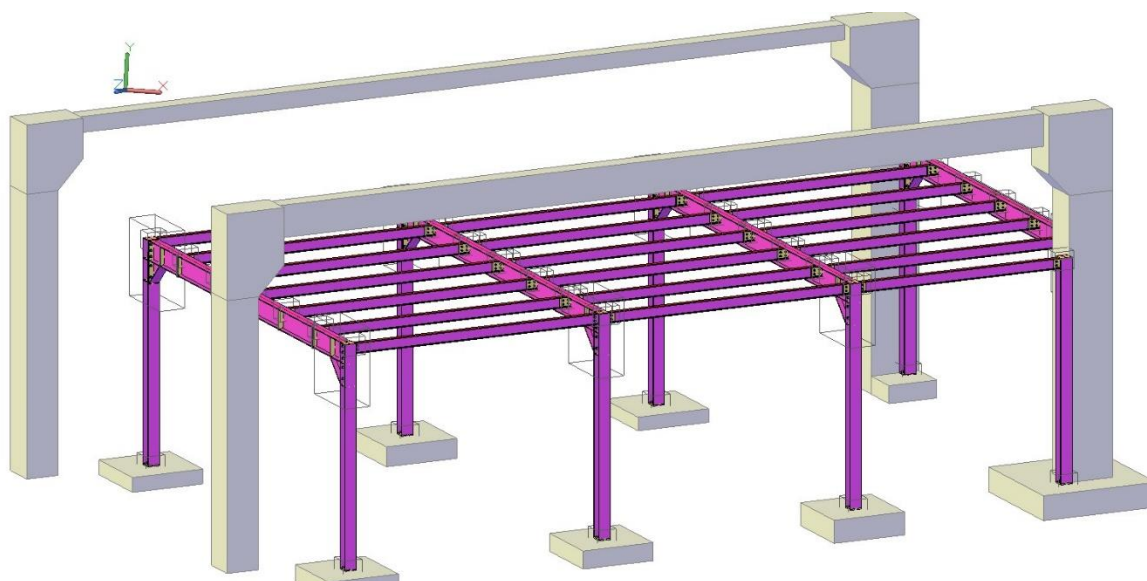
4.2. Zašto smo izabrali program Advance Steel

Advance steel program je koji ima karakteristike BIM programa i kombinira parametarsko i direktno modeliranje od proizvođača Autodesk. Ovaj program izabran je iz više razloga koje ćemo obrazložiti u nastavku.

Prvi razlog zbog kojeg smo izabrali *Advance Steel* jest što je jako dobar za izradu čeličnih konstrukcija jer ima jako puno spojeva koji se mogu koristiti iz kataloga spojeva. Program je također specijaliziran za automatsko kreiranje tehničke dokumentacije i za izradu popisa materijala.

Advance Steel izabran je i zbog sličnosti s AutoCAD-om koji se koristi u tvrtki u kojoj se radi diplomski rad. Budući da su jako dobro upoznati s AutoCAD-om, tranzicija na *Advance Steel* bit će puno lakša nego na neki drugi program kao što je Tekla.

Još jedan razlog zašto se koristi *Advance Steel* jest financijski. *Advance Steel* puno je jeftiniji od drugih sličnih programa, primjerice, od Tekle je duplo jeftiniji. Što se tiče mogućnosti programa, jako su slične, jedina važna razlika jest što Tekla omogućuje rad više inženjera na jednom nacrtu, tj. grupni rad, a ovoj tvrtki to nije potrebno.



Slika 12 : Prikaz čelične konstrukcije u programu Advance Steel

5. NORMA HRN EN 1090

HRN EN 1090 europska je norma uvedena s ciljem osiguranja neometane razmjene građevinskog materijala unutar Europske unije. Posljedica toga jest da svaki proizvođač čeličnih i aluminijskih konstrukcija koji želi plasirati svoje proizvode na tržište Europske unije mora uvesti sustav tehničke kontrole kako bi ishodio izjavu i CE certifikat. Norma u tri dijela obrađuje područja čeličnih i aluminijskih konstrukcija. Ovim normama definirani su određeni zahtjevi koje proizvođač mora ispuniti prilikom dizajniranja, proizvodnje i testiranja čeličnih konstrukcija. Također, u ovu normu spadaju sastavni dijelovi koji se trajno ugrađuju u građevinske objekte. Norma je podijeljena na sljedeća područja [3]:

1.HRN EN 1090-1 „Zahtjevi za ocjenjivanje sukladnosti konstrukcijskih komponenata“ određuju zahtjeve za ocjenjivanje sukladnosti konstrukcijskih komponenti od čelika i aluminijskih

2.HRN EN 1090-2 „Tehnički zahtjevi za čelične konstrukcije“ definiraju klase izvođenja i dozvoljena odstupanja konstrukcijskih komponenti od čelika.

3.HRN EN 1090-3 „Tehnički zahtjevi za aluminijske konstrukcije“ definira klase izvođenja i dopuštena odstupanja konstrukcijskih komponenti aluminijskih.

Treba istaknuti da se prilikom izvođenja konstrukcije koriste i druge norme kojima je detaljno obrađeno određeno područje. Neke od tih pratećih normi jesu: norme za ispitivanje, norme vezane za čelične proizvode, norme vezane za konstruiranje i građenje konstrukcija, norme za materijale, norme za izradu/konstruiranje i dr.[5]

5.1. HRN EN 1090-2

Norma HRN EN 1090-2 najvažniji je dio norme za ovaj projekt jer se bavi tehničkim aspektima konstrukcija. Cilj je ove norme osiguranje mehaničke otpornosti, stabilnosti, upotrebljivosti i trajnosti čelične konstrukcije. Norma je podijeljena u 12 poglavlja i 12 aneksa. Dijelovi norme jesu:

1. Opseg
2. Normativne reference
3. Pojmovi i definicije
4. Specifikacije i dokumentacija
5. Sastavni proizvodi
6. Priprema i montaža
7. Zavarivanje
8. Mehaničko spajanje
9. Montaža
10. Obrada površina
11. Geometrijske tolerancije
12. Pregled i korekcija

Ovom su normom određene i 4 klase izvedbe za cijelu konstrukciju te za pojedine sklopove konstrukcije. Klase izvedbe definirane HRN EN 1090-2 jesu [5]:

EXC1 – skladišta i zgrade za poljoprivrednu namjenu

EXC2 – zgrade za stanovanje i uredski prostor

EXC3 – stadioni i dvorane

EXC4 – posebne konstrukcije mostovi

Norme kojih se treba držati pri konstruiranju objašnjavat će se u nastavku rada.

6. PRIMJENA TEHNOLOGIJE 3D SKENIRANJA

Tehnologija 3D skeniranja se koristi u širokom rasponu pošto 3D skeniranje dopušta izmjeru, dokumentaciju i precizan zapis stvarnog svijeta. Aerospace je bio jedan od najranijih usvojitelja 3D skeniranja (i ostaje vodeći), ali većina zemaljskih proizvodnih procesa sada također uključuje 3D lasersko snimanje za pregled opreme ili pomoć u izradi prototipova. Područja koja uključuju opasna okruženja, poput proizvodnje električne energije i nuklearne energije, dvostruko cijene slobodnu prirodu i gužvu koju pruža 3D skeniranje.

U medicinskom svijetu, jedna od najvećih prednosti 3D skeniranja je povećanje udobnosti pacijenata uz prilagodbu nosivih uređaja – aparatića, implantata, protetika itd. To je također neinvazivna tehnologija koja daje dosljedne rezultate, zahtijeva malo vremena i nema fizičkih kontakt s pacijentima. Prednost brzog i neinvazivnog također se primjenjuje na području forenzike, gdje se 3D skeniranje koristi za snimanje informacija o mjestima zločina i nesreća.

2015. godine arheolozi sa Sveučilišta Illinois poduzeli su najveći arheološki projekt koji je ikad koristio LIDAR tehnologiju, pokrivajući 734 milje iznad kambodžanskog hramskog gradskog kompleksa Angkor Wat u istraživanju iz zraka. LIDAR laserska tehnologija, u kombinaciji s najboljim softverom za 3D skeniranje, nadmašila je prethodne metode fotogrametrije u probijanju lišća džungle i hvatanju topografije ispod, a arheolozi su uspjeli dokumentirati ogromne mreže gradova, cesta i vodenih sustava zakopanih ispod vegetacije džungle koji su bili ranije nepoznati. Njihovo otkriće mijenja povijesne vremenske okvire za Kmersko carstvo i ono pada u 15. stoljeće. Planirana su daljnja iskapanja kako bi se istražile potpune implikacije nalaza, uključujući opseg masivnih vrtova.[6]

7. UVOD U EKSPERIMENTALNI RAD

U praktičnom dijelu diplomskog rada napravljena je konstrukcija koja služi kao potpora za drvenu konstrukciju u staroj zgradi. Postupak je objašnjen u više koraka, a prvo je objašnjen način mjerenja prostora, izrada same konstrukcije i prikaz namontirane konstrukcije. Na kraju će na konstrukciji biti objašnjena norma 1090 i pravila kojih ćemo se držati. Konstrukcija se nalazi u Trstu i radi se o staroj zgradi s drvenim gredama. Drvene grede stoje jako dug niz godina i izgubile su svojstva. Cilj je projekta 3D skenerom izmjeriti cijeli prostor i postaviti čeličnu konstrukciju između postojećih greda. Čelična konstrukcija neće moći u potpunosti dotaknuti svaku gredu i iz tog će se razloga koristiti drveni klinovi koji će popuniti prazninu između čeličnih greda i drvenih greda na koje je oslonjen pod.



Slika 13 : Prikaz prostorije

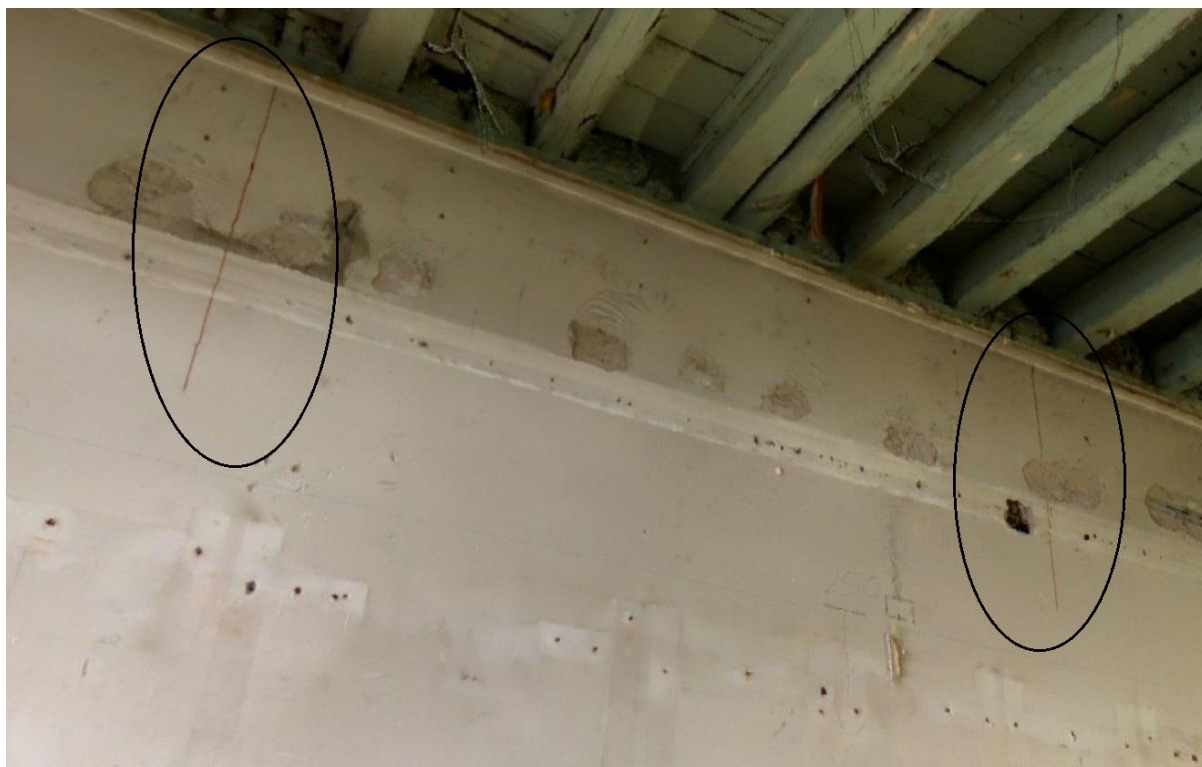
8. IZMJERA PROSTORA

Prostor za čeličnu konstrukciju izmjeren je 3D skenerom Trimble X7. Po dolasku na gradilište morale su se zacrtati mjere gdje će se bušiti rupe za čelične profile. Grede koje se nalaze paralelno s drvenim gredama bit će postavljene kroz zid i bit će tako oslonjene. Zbog tog razloga prije mjerenja su se morale zacrtati linije gdje će se bušiti rupe za IPE i HEA profile. Prema nacrtu su se trebale odrediti visine i pozicije rupa za grede, ali je bilo nemoguće odrediti visinu zbog neravnosti greda. Prva prostorija bila je izrazito problematična zbog različitih visina i zbog toga se nisu mogle precizno odrediti visine rupa. Zbog toga se odlučilo naknadno odrediti visine rupa u zidovima od jedne točke (vagerisa) u prostoriji. Pozicije rupa su se odredile prema nacrtu i zacrtane su vertikalne linije gdje će se nalaziti grede.



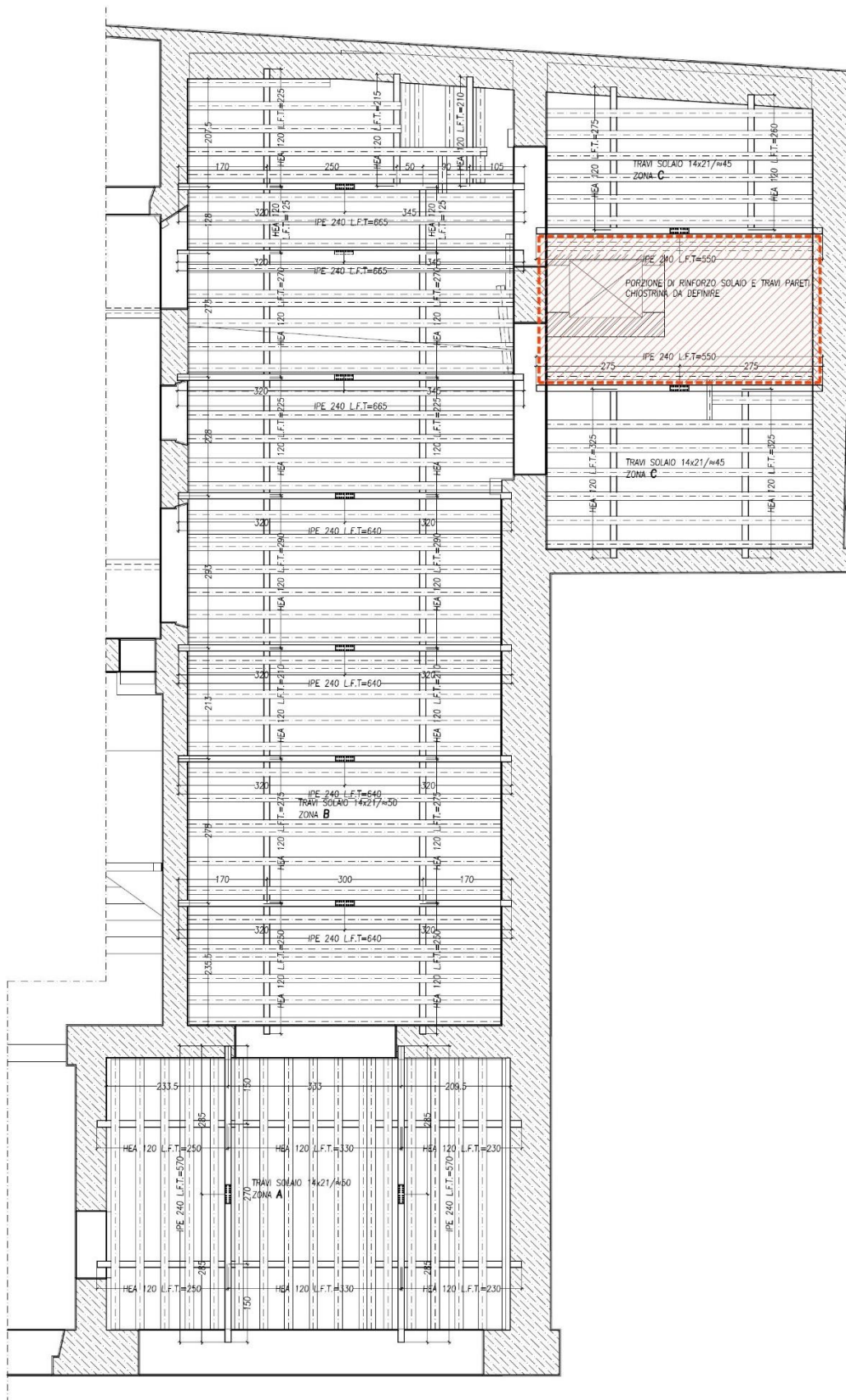
Slika 14 : Prikaz oznake vagerisa

Na Slika 14 prikazana je crvena linija preko zida od koje će se naknadno odrediti visine na kojima će se trebati izbušiti rupe u zidovima. Visine prostorije izmjerene su pomoću horizontalnog lasera. Prije izmjere morale su se zabilježiti sve pozicije gdje će u prostoriji biti postavljene grede. Na Slika 15 prikazana je prostorija s gredama u kojoj su flomasterom zacrtane linije gdje se nalaze grede. Pozicije su se zacrtale pomoću nacрта na Slika 16. Pozicije su se zacrtavale prije izmjere da se kod izrade modela zna gdje moraju doći grede i da se kasnije mogu dati visine za bušenje rupa.



Slika 15 : Prikaz zacrtanih pozicija za grede

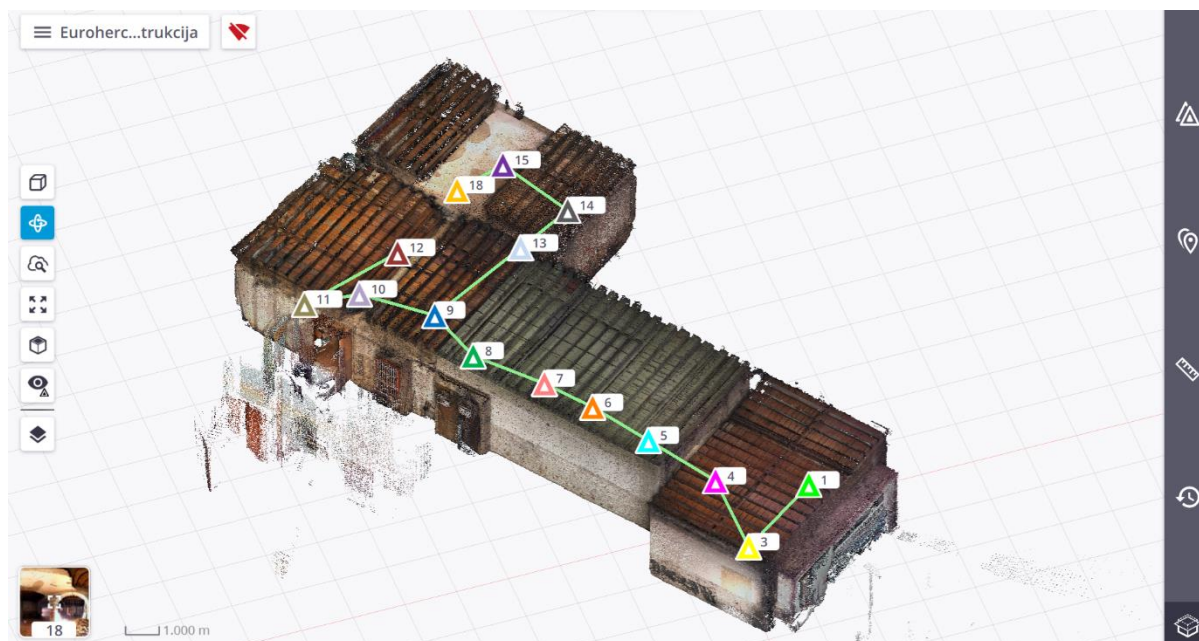
Na Slika 15 prikazane su crvene linije kojima je određeno mjesto za bušenje rupa za grede. Te su linije nacrtane po cijeloj prostoriji i bit će vidljive na skenu, a važne su za crtanje konstrukcije i njeno pozicioniranje u prostoru.



Slika 16 : Nacrt prostorije

8.1. Skeniranje prostora

Postupak skeniranja bio je poprilično jednostavan, jedini je problem bio što je prostor bio zamračen, pa ga je trebalo osvijetliti. Osvjetljenje je pomoglo i da se vidi gdje su zacrtane linije gdje trebaju doći čelični profili. Izmjera je trajala malo više od sat vremena i bilo je potrebno 15 postaja.



Slika 17 : Prikaz skenirane prostorije u programu

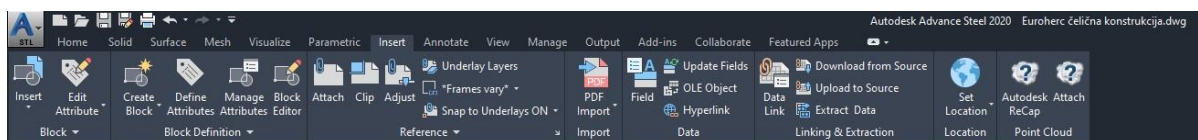
Ako promotrimo Slika 17, postaje su označene trokutima različitih boja s brojevima iznad tih trokuta. Vidljivo je da su pozicije skeniranja točno na mjestima gdje su označene pozicije greda da bi se točno vidjela linija koja je zacrtana na zidovima. To nije bilo toliko značajno jer čelični profili ulaze između postojećih drvenih greda. Tijekom skeniranja u prostoriji ne bi trebalo ništa pomicati dok skeniranje ne završi. Tako čuvamo dosljednost odnosno da se ništa novo ne pojavljuje u nekoj postaji. Također je bitno ne pomicati stvari da se lakše orijentiraju skenovi jedan prema drugome.



Slika 18 : Prikaz skeniranja

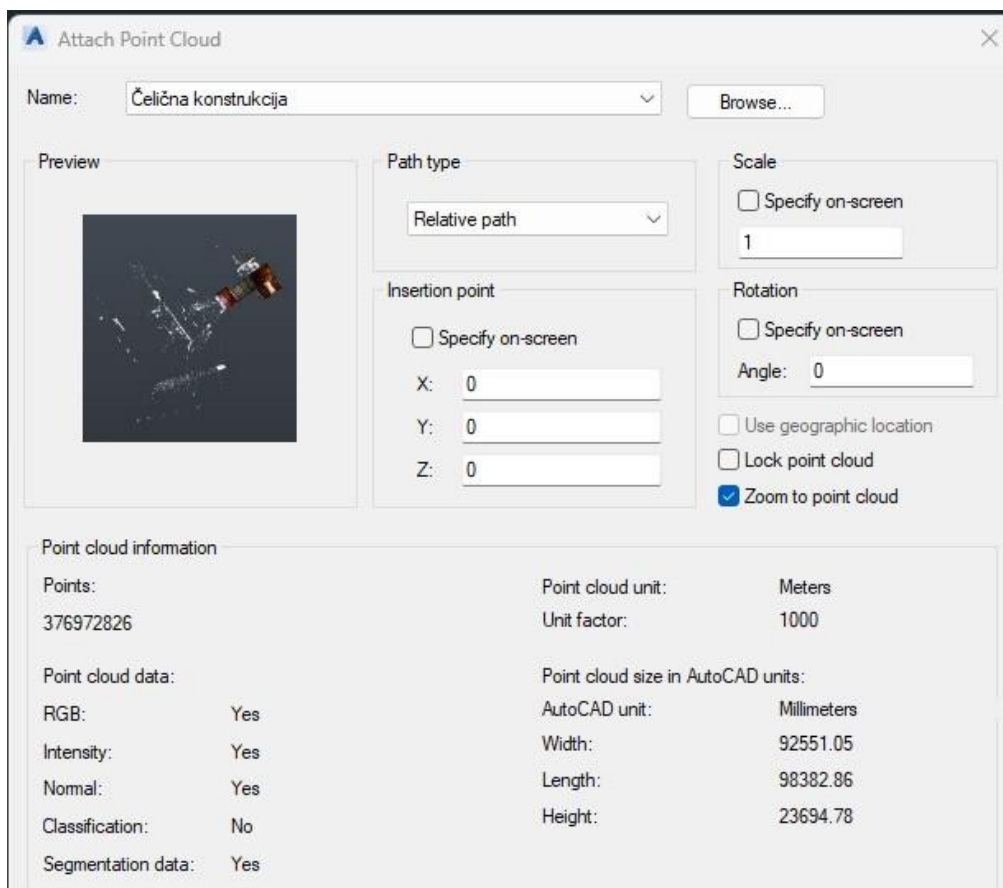
9. IZRADA 3D MODELA

Izrada 3D modela počinje s eksportiranjem izmjere odnosno skena u format koji je prepoznatljiv programu Advance Steel, a to je ReCap. Nakon eksportiranja skena u pravilan format potrebno je ubaciti sken u sučelje Advance Steel-a. Za ubacivanje skena u sučelje Advance Steel-a prvo se treba vratiti u sučelje AutoCAD-a i pomoću izbornika *Insert* ubaciti izmjeru. Ondje se odabere naredba *Attach* ili naredba *Autodesk ReCap* pomoću koje se ubaci sken odnosno izmjera u sučelje AutoCAD-a.



Slika 19 : Prikaz insert tab-a

Po odabiru skena treba odabrati poziciju koordinatnog sustava gdje će se pozicionirati unutar nacрта.



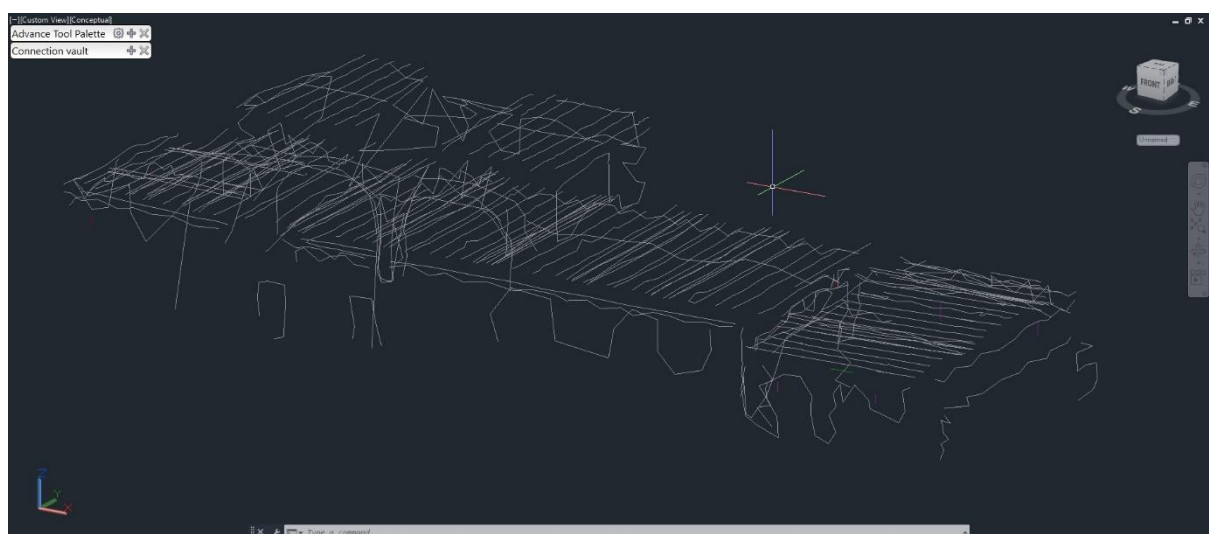
Slika 20 : Prikaz broja točaka

Prema Slika 20 može se vidjeti da je iznos broja točkaka 376 972 826. Svaka točka u prostoru predstavlja izmjerenu vrijednost pomoću koje će se napraviti 3D model prostorije. 3D model izrađuje se ručno, povlačenjem linija po točkama. Linija je jako dobar princip izrade modela jer ovisno o pogledu na liniju može sve reći o nekom djelu prostorije. Ovisno o pogledu na liniju bio to tlocrt, nacrt ili bokocrt može se procijeniti kako pada zid ili drvena greda.



Slika 21 : Prikaz ubačenog skena

Nakon što se izabrala metoda izrade 3D modela potrebno je povući linije preko svake površine koja je važna za izradu modela.

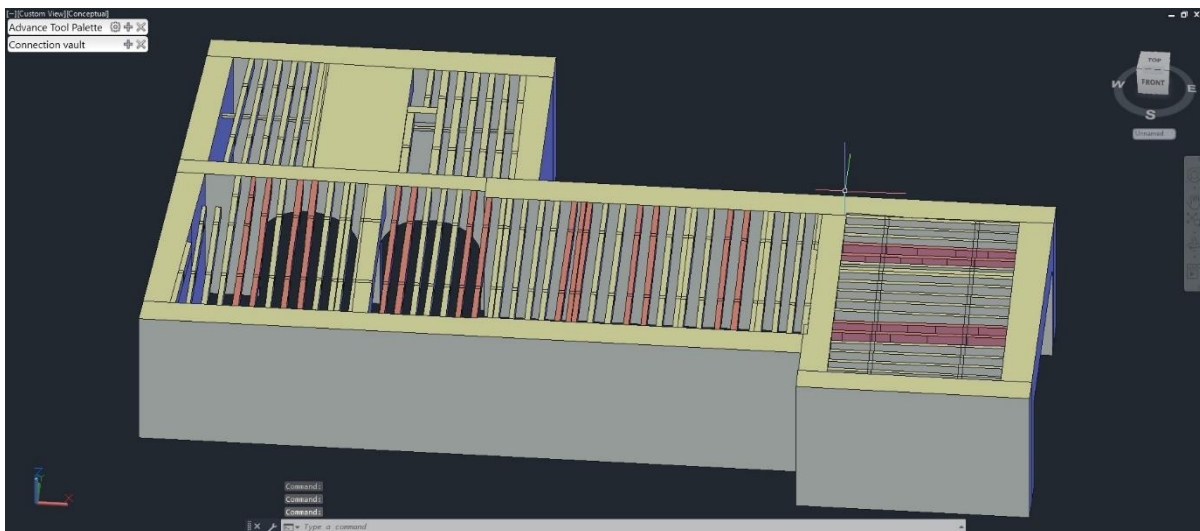


Slika 22 : Prikaz povučenih linija preko skena

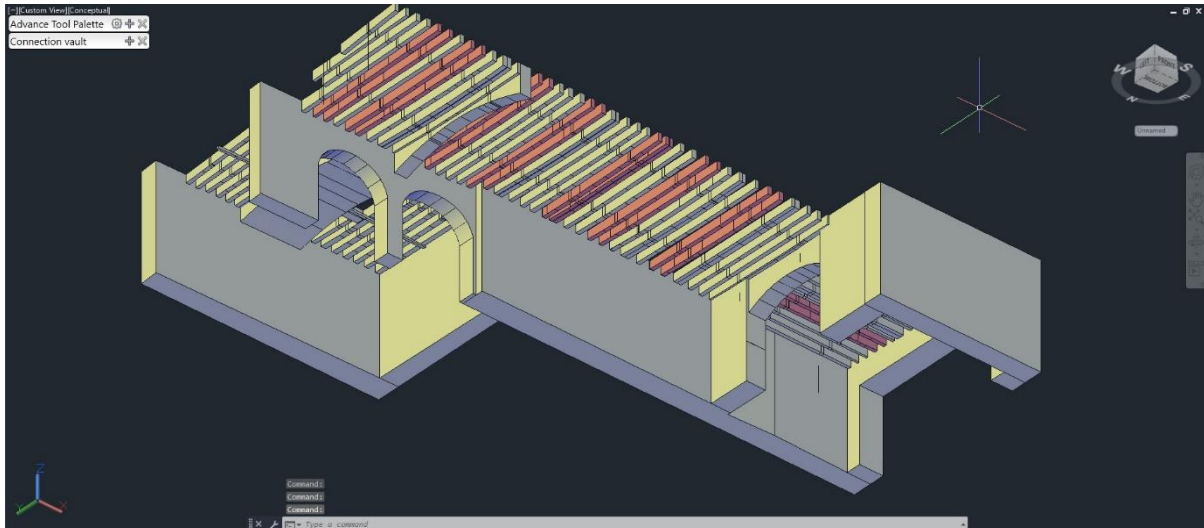


Slika 23 : Prikaz tlocrtnog prikaza objekta

Kao što je prikazano na Slika 23, linije su tako napravljene da se povuku linije po bočnoj i donjoj stranici drvenih grada. Budući da su grede definirane jako je lagano napraviti 3D model pomoću jednostavnih naredbi kao što su *extrude* i *cut*. Postupak izrade jednog dijela modela sastoji se od rezanja jednog primitivnog modela. Budući da smo linijama definirali svaku dimenziju, na primjer, drvena greda se može lagano iz primitivnog oblika kao na primjer kvadra oblikovati u stvarni oblik grede.

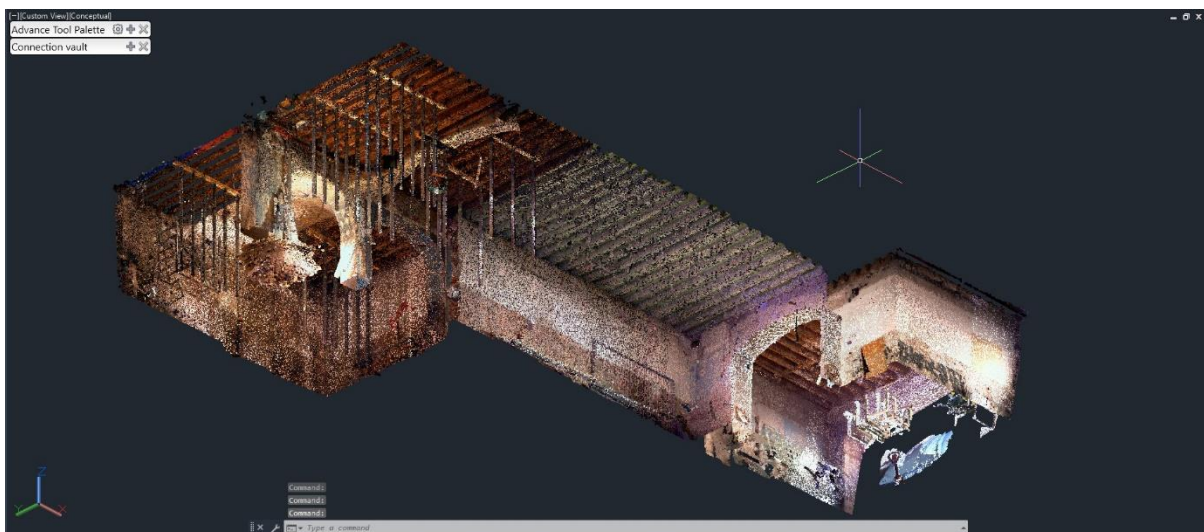


Slika 24 : Prikaz izometrije modela objekta



Slika 25 : Prikaz modela objekta

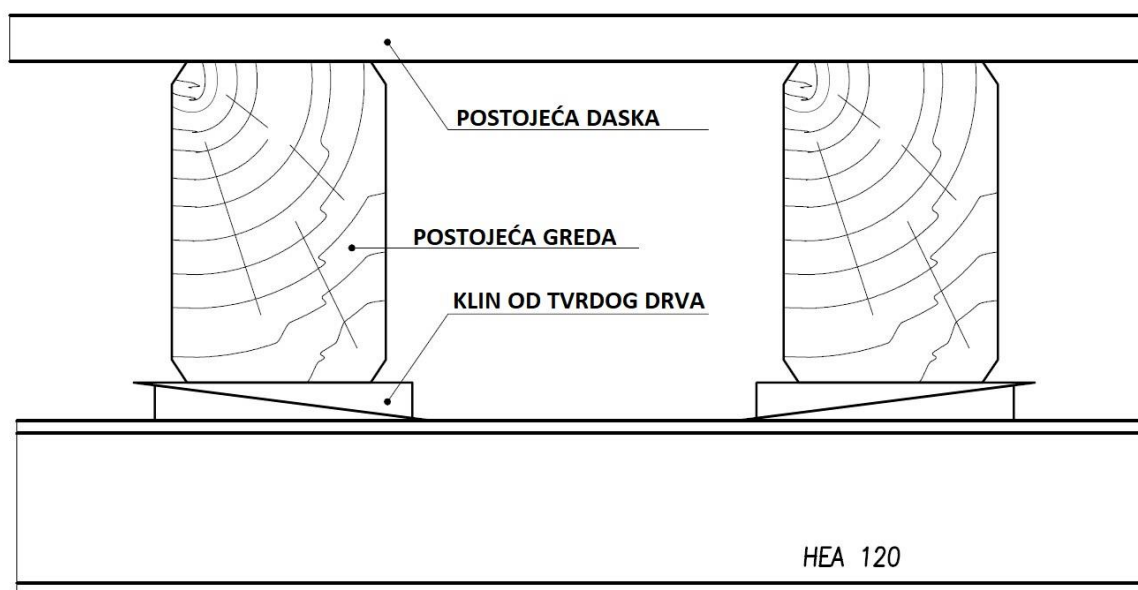
Kao što je vidljivo na Slika 24 i Slika 25, napravljen je kompletan 3D model koji predstavlja prikaz objekta. Vidljivo je i da su neke grede označene crvenom bojom. Te su grede namjerno označene jer će između tih greda doći IPE 240 profili.



Slika 26 : Prikaz skena u odnosu na 3D model

10. IZRADA ČELIČNE KONSTRUKCIJE

Čelična konstrukcija u naravi je jako jednostavna jer se sastoji od IPE 240 profila i HEA 120 profila. IPE 240 profili oslonit će se na rupu kroz zidove dok će okomito na njih biti ucvršćeni vijcima HEA 120 profili. Na Slika 15 su prikazane oznake na kojima se moraju nalaziti grede jer su tamo unaprijed izbušene rupe u zidovima.

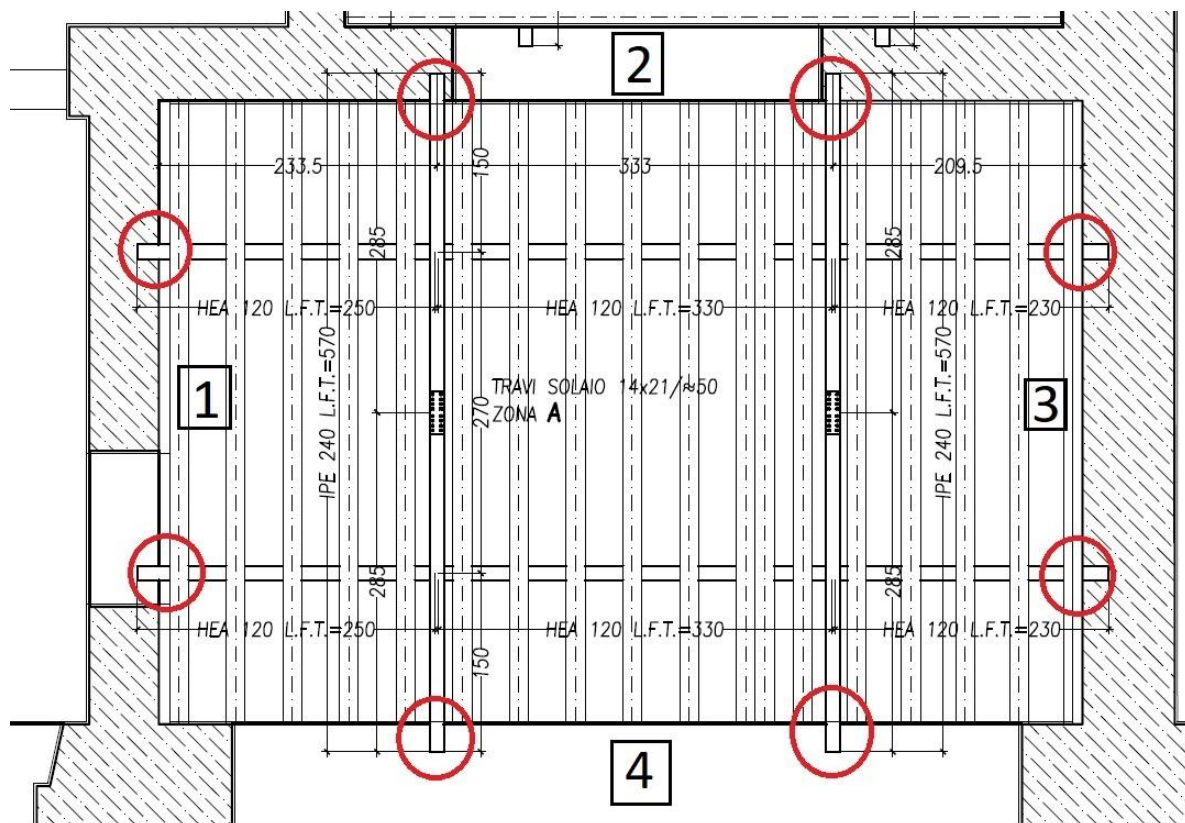


Slika 27 : Prikaz detalja montaže

Na Slika 27 prikazan je sustav potpore koji će se koristiti nakon što se postavi čelična konstrukcija. IPE profili bit će između postojećih drvenih greda, a HEA profili bit će pričvršćeni vijčanim spojem na donjem dijelu IPE profila. HEA profil imat će određenu zračnost između drvenih greda, a tu zračnost popunit će drveni klinovi. Problem kod ovakve konstrukcije jest što HEA profil mora biti na konstantnoj udaljenosti od drvenih greda. Zbog toga donji dio grede nikad nije na istoj visini, pogotovo onaj dio grede koji se treba poduprijeti s klinovima. Još jedna stvar koja se treba imati na umu je da ti dijelovi grede koji će biti poduprijeti klinovima isključivo ovise o oznakama na zidu koje su označene na Slika 15.

10.1. Postavljanje greda u prostor

Budući da su još na izmjeri označene lokacije za postavljanje greda, moramo se držati točno tih pozicija. U prvom dijelu prostorije postoji osam oznaka gdje će se grede nalaziti.



Slika 28 : Prikaz pozicija za profile

Na Slika 28 prikazane su pozicije na koje će se osloniti profili i označene su brojevima od 1 do 4. Na poziciji 2 i 4 nije toliko važna pozicija jer će se IPE profil nalaziti između drvenih greda. Ta je pozicija jednostavna jer će se izbušiti rupa između drvenih greda. Pozicije 1 i 3 malo su drugačije jer će se trebati napraviti konstrukcija koja je potpuno okomita jedna na drugu, a da opet mogu stati unutar prije određenih pozicija. Konstrukcija se neće nalaziti na jednakoj visini odnosno HEA profili bit će pod određenim kutom da se može kompenzirati razlika u visini drvenih greda.



Slika 29 : Prikaz oznaka na poziciji 1

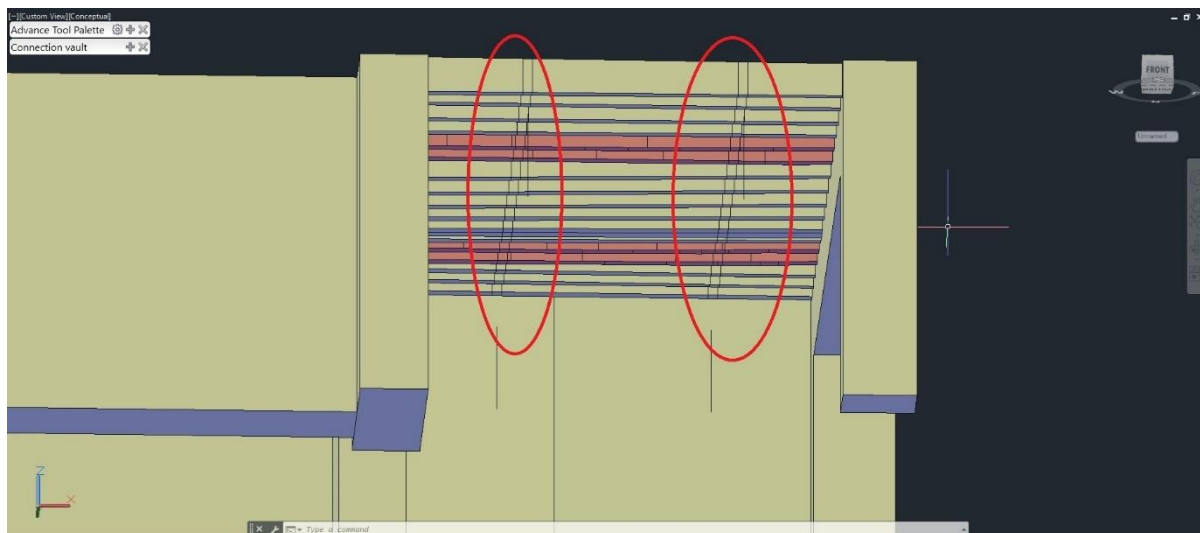


Slika 30 : Prikaz oznaka na poziciji 2

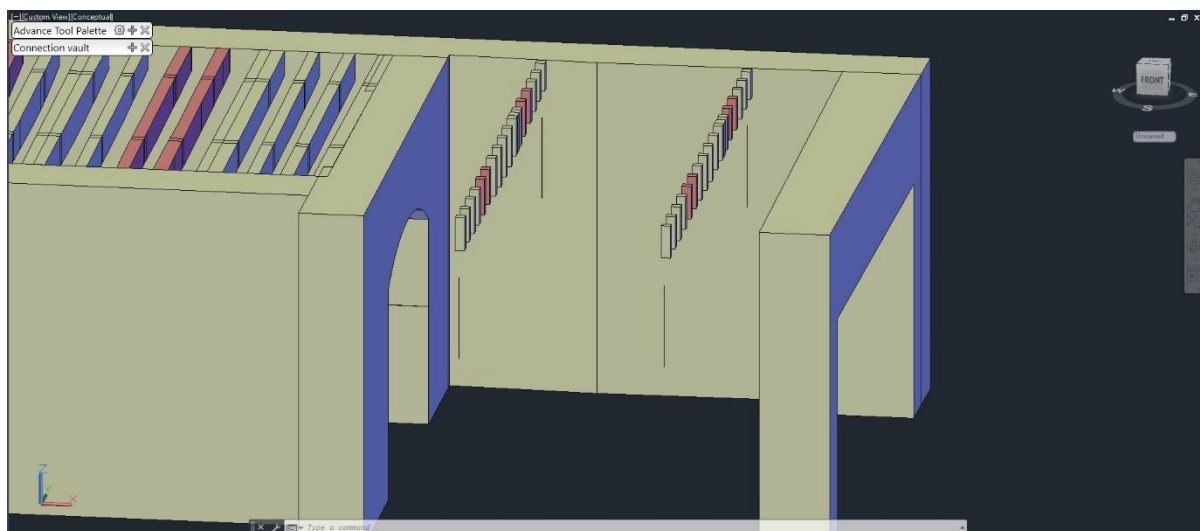


Slika 31 : Prikaz oznaka na poziciji 3

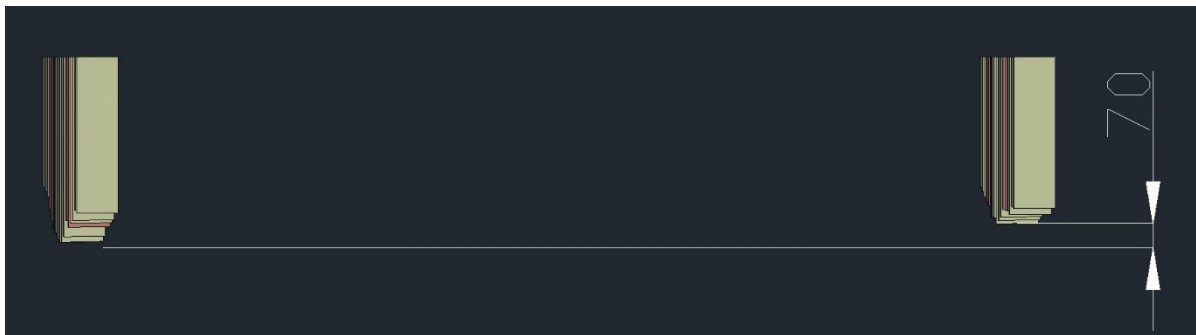
Preko 3D modela koji je unaprijed napravljen povučene su linije koje povezuju pozicije 1 i 3 te pozicije 2 i 4. Preko pozicija 1 i 3 na drvenim gredama su označene zone gdje bi se HEA profil trebao nalaziti. Te su zone posebno izrezane i detaljnije nacrtane kako bi se dobila veća preciznost.



Slika 32 : Prikaz izrezanih dijelova drvenih greda

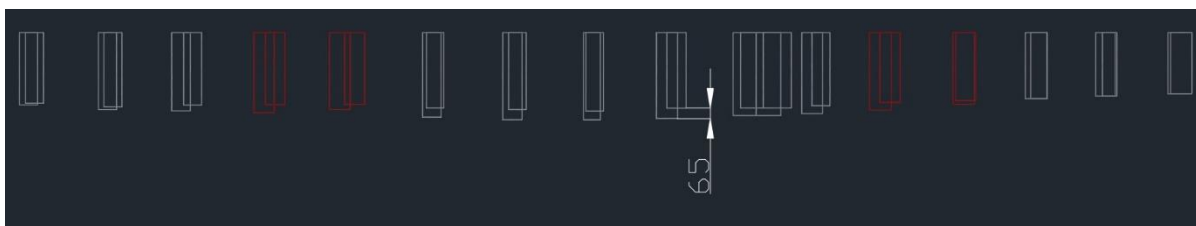


Slika 33 : Detaljniji prikaz izvađenih dijelova drvenih greda



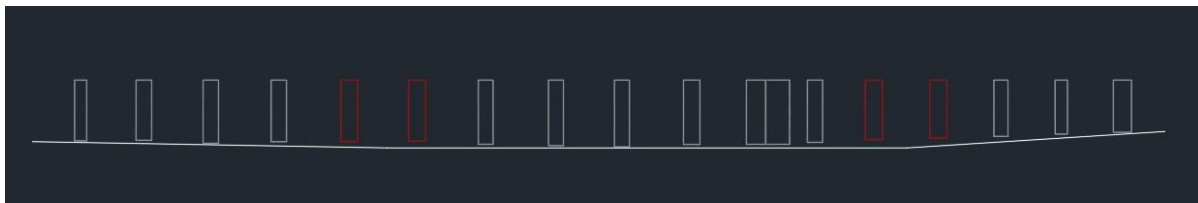
Slika 34 : Prikaz bokocrta na drvene grede

Na Slika 34 su prikazane drvene grede, lijeva greda paralelna je s pozicijom 2, dok je desna greda bliža poziciji 4 i te pozicije se odnose na Slika 28 i donekle paralelna s lijevom drvenom gredom. Slika 34 prikazuje pogled s pozicije 1 s Slika 28 i kao što je vidljivo obje grede nisu savršeno ravne nego su blago zakrenute u prostoru što će također stvarati određene probleme. Problem je i što grede nisu na istoj visini, razlika u visini između greda je oko 70 mm, što znači da HEA profili neće biti pričvršćeni na istoj poziciji.



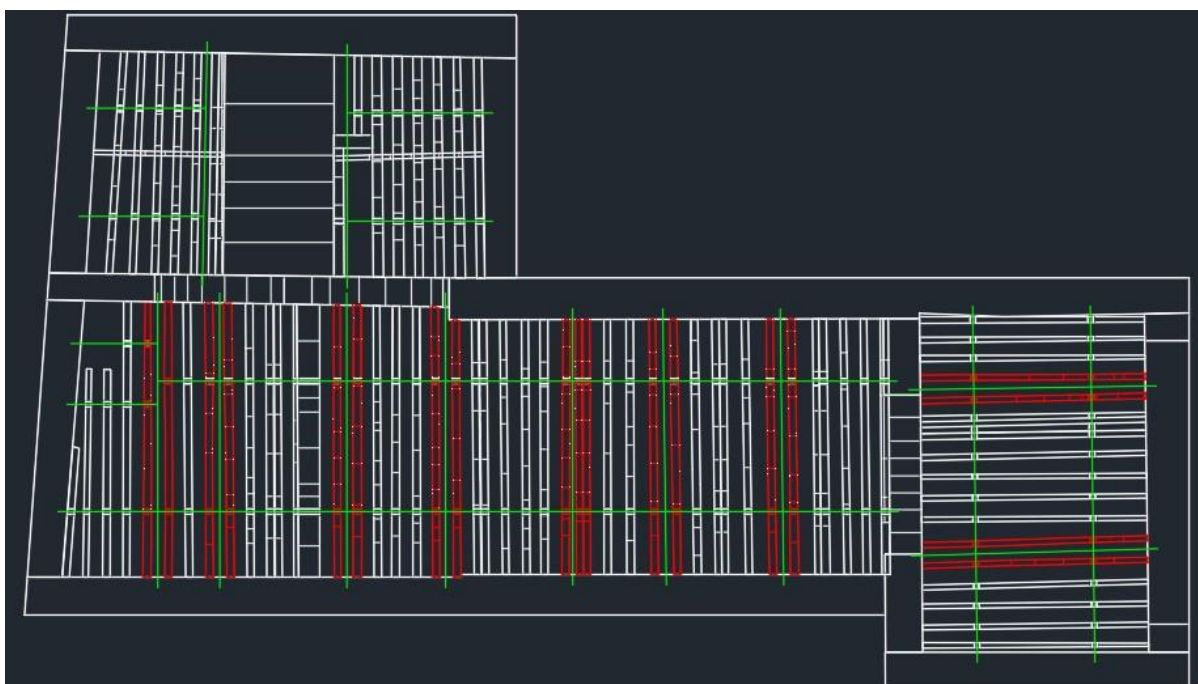
Slika 35 : Nacrt na grede i prikaz razlike u visini

Ako se stavi pogled s pozicije 4 sa Slika 35 vidi se da su se grede različito izvinule odnosno da je na sredini velika razlika između visina u gredama dok su rubovi greda na sličnoj visini. Za postavljanje konstrukcije u prostor napravit će se linije koje će pratiti vanjski okvir greda odnosno mjesta gdje se grede moraju osloniti.



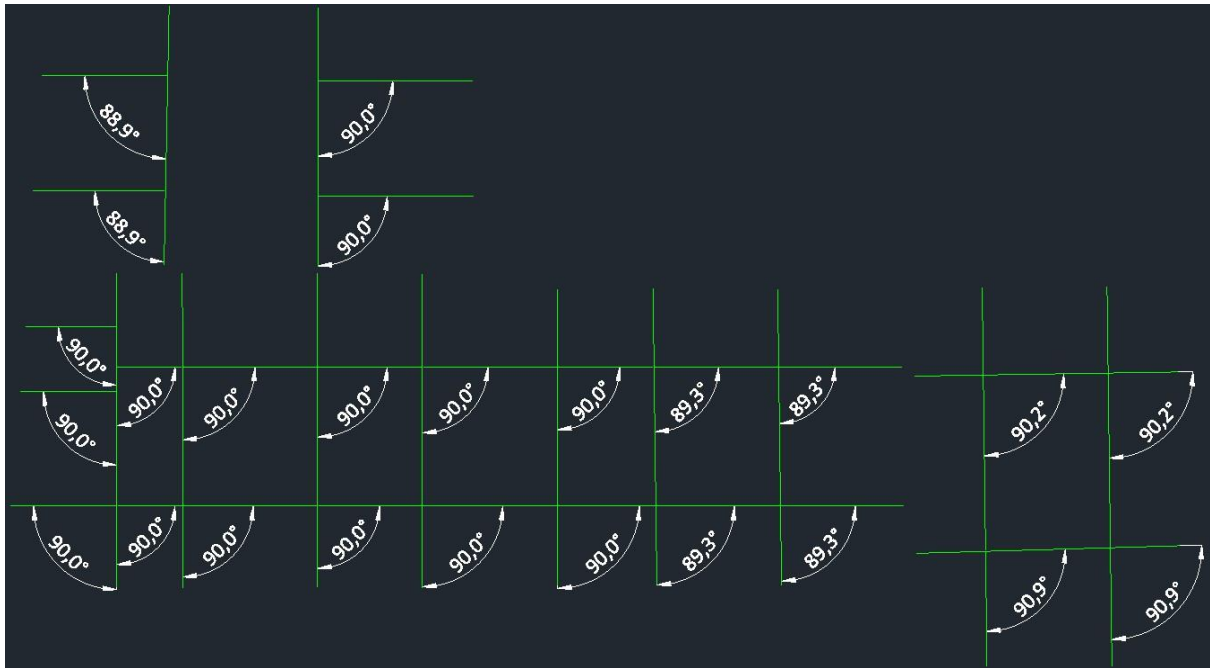
Slika 36 : Prikaz linije nacрта za profile

Slika 36 prikazuje liniju koja prikazuje gornju plohu HEA profila koji idu poprečno na drvene grede. Crvenom su bojom označene drvene grede između kojih će ići IPE profil. Točno između crvenih greda počinje savijanje HEA profila i tu će se vijčanim spojem pričvrstiti HEA profili na IPE profil. Ovo je napravljeno za svaku gredu koja se treba nalaziti u prostoru. Na Slika 37 prikazani su svi profili koji se trebaju postaviti u prostori.



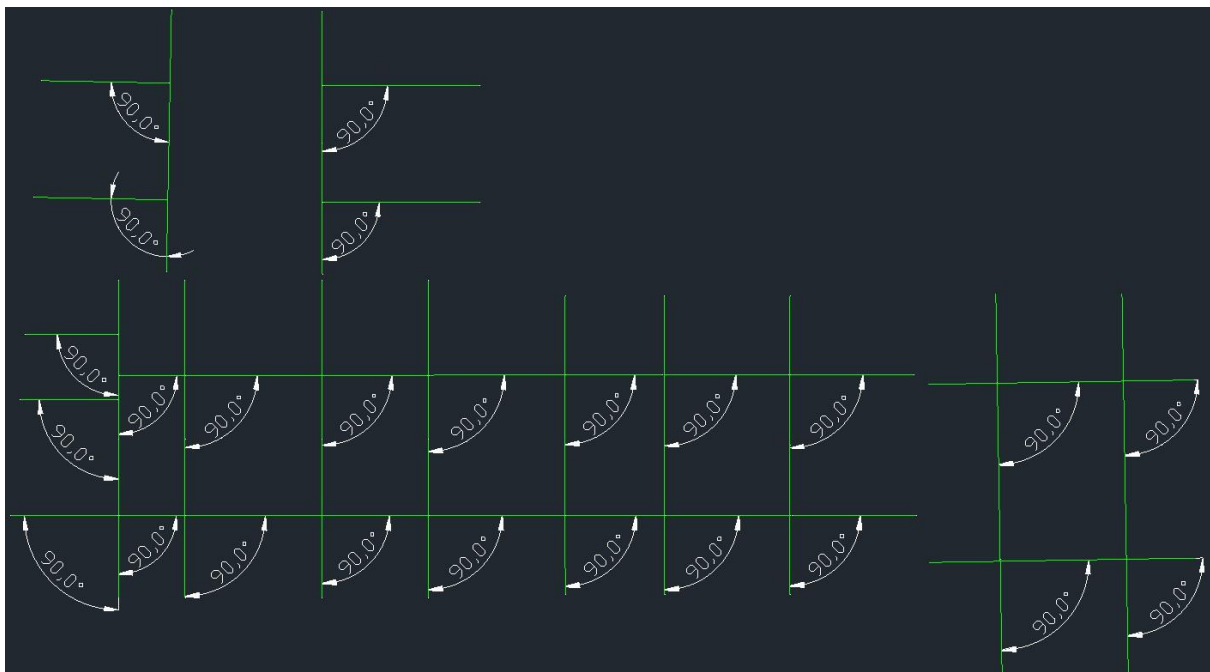
Slika 37 : Prikaz postavljenih greda u 3D modelu

Na Slika 37 prikazani su zelenim linijama svi profili koji se nalaze u građevini. Princip postavljanja IPE profila između crvenih greda jest da se grede postave u sredini procjepa, a visina je određena tako da HEA profil može stati na dno IPE profila.



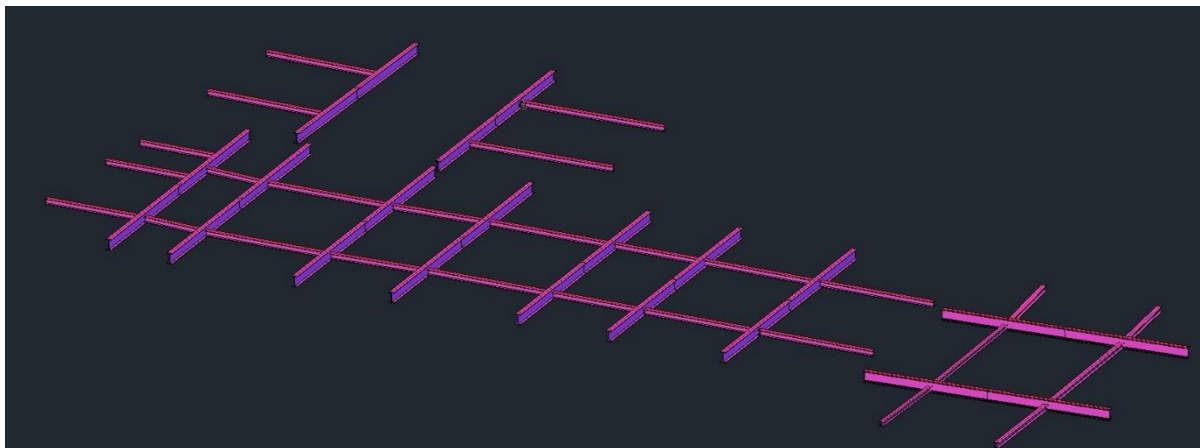
Slika 38 : Linijski prikaz prostornih greda

Na Slika 38 prikazane su samo linije koje predstavljaju profile koji će se nalaziti u prostoriji. Ovo je samo početak postavljanja profila jer se mora tlocrtno postići savršena okomitost jer se spoj greda ne može izvesti u programu ako grede nisu okomite jedna na drugu.



Slika 39 : Prepravljen linijski prikaz prostornih greda

Na Slika 39 prikazane su linije greda koje su okomite jedna na drugu a još mogu stati na mjesta na koja su predviđena. Ovaj dio bio je jako važan za izradu spojeva na gredama koje će se kasnije prikazati. Nakon postavljanja linija u prostoru, s naredbom za pretvaranje linije u gredu dobiju se sve grede u prostoru.



Slika 40 : Prikaz konstrukcije u prostoru

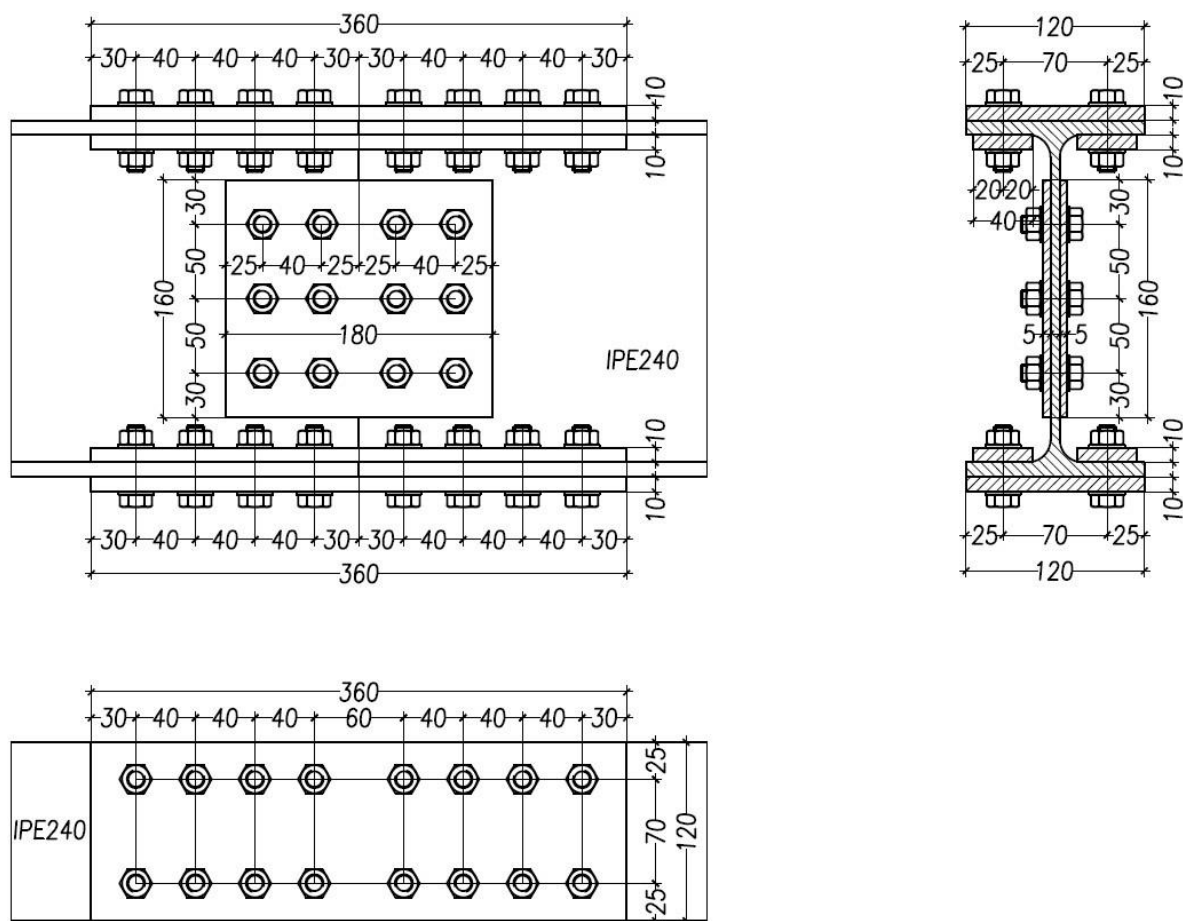


Slika 41 : Prikaz podudarnosti čelične konstrukcije s oznakom na zidu

Slika 41 prikazuje kako se pozicija čeličnih greda podudara s crvenim linijama na zidu koje su bile zacrtane još na izmjeri.

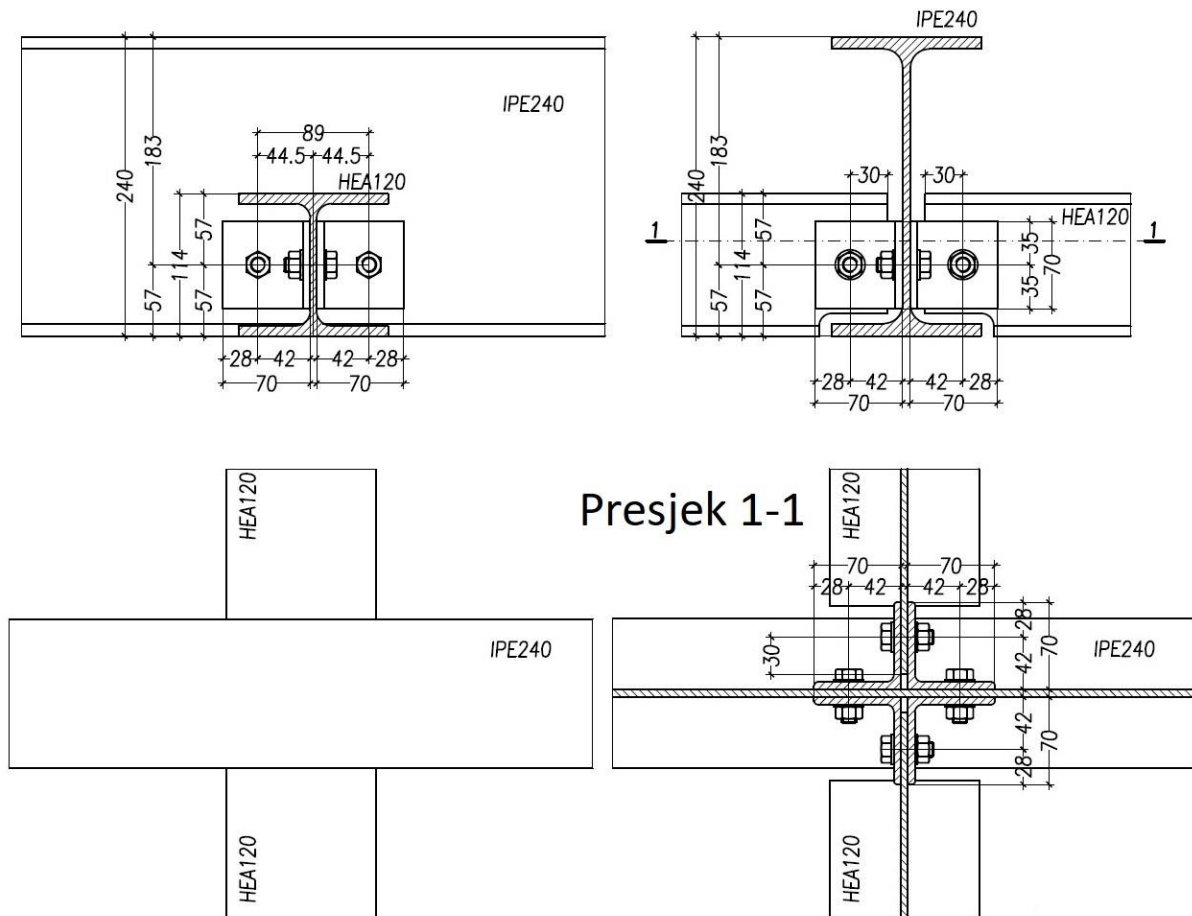
10.2. Izbor vijčanog spoja na čeličnoj konstrukciji

Prema projektu je zadano kakav spoj mora biti između IPE profila i kakav spoj mora biti između IPE i HEA profila.



Slika 42 : Prikaz spoja između IPE i IPE profila

IPE profili spajaju se na sredini jer moraju biti usidreni u zidovima. Bilo bi ih jako teško postaviti na poziciju ako ne bi bili rastavljivi. Još jedan problem na koji bi se naišao je težina profila odnosno njegova manipulacija da je izradjena iz jednog komada. Širina prolaza u najdužem dijelu prostorije, kao što je vidljivo na slici 16 jest 6 m što znači da bi težina profila bila skoro 200 kg. Toliko težak profil stvarao bi velike probleme kod manipulacije iako će se koristiti mobilna dizalica.

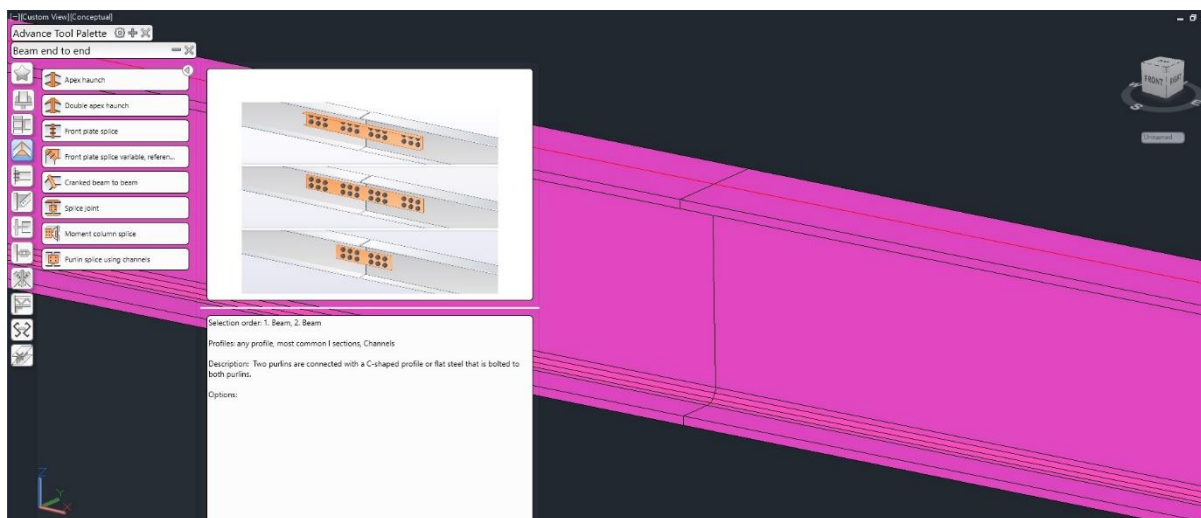


Slika 43 : Prikaz spoja između IPE i HEA profila

Iz Slika 43 možemo zaključiti zašto su svi profili morali biti savršeno okomiti jedan na drugi. Presjek 1-1 prikazuje kako se spajaju HEA profili na IPE profile. Za spoj se koriste 4 L-profile jer se spajaju dva HEA profila na jedan IPE profil.

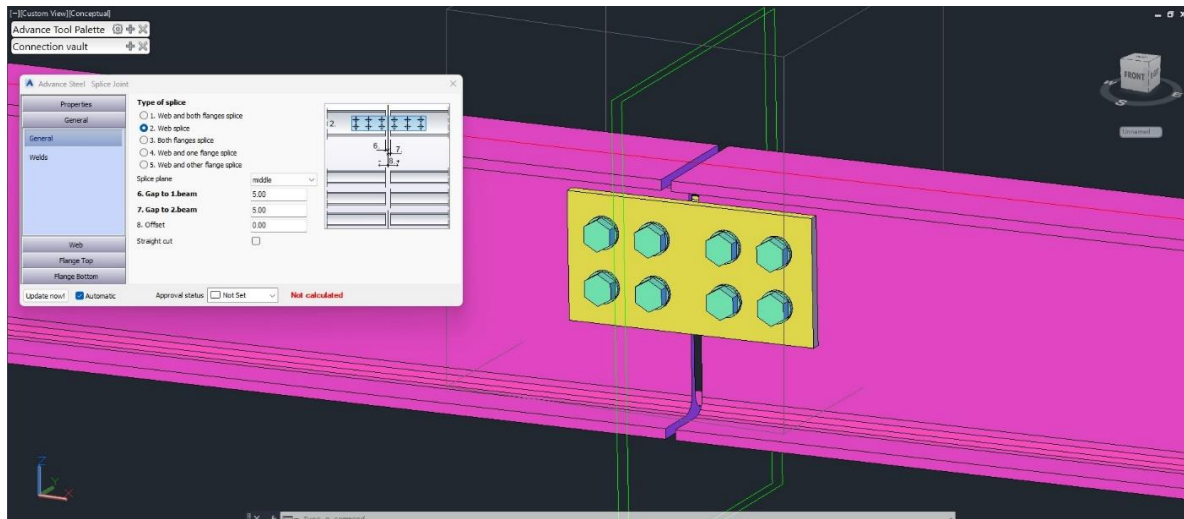
10.3. Modeliranje spojeva u Advance Steel-u

Advance Steel iznimno je koristan jer ima ponuđene sve spojeve koji se najčešće koriste u čeličnim konstrukcijama. Kada se izabere spoj treba mu samo dodijeliti tražene parametre. Još jedna korisna strana korištenja ovog programa jest to što se taj jedan spoj može kopirati na sva ostala mjesta bez da se ponovo radi isti spoj. Kad se jednom odrede parametri spoja, ti se parametri kopiraju kroz cijelu konstrukciju. Prvo će se prikazati izrada spoja IPE na IPE profil i taj spoj je prikazan na Slika 42.

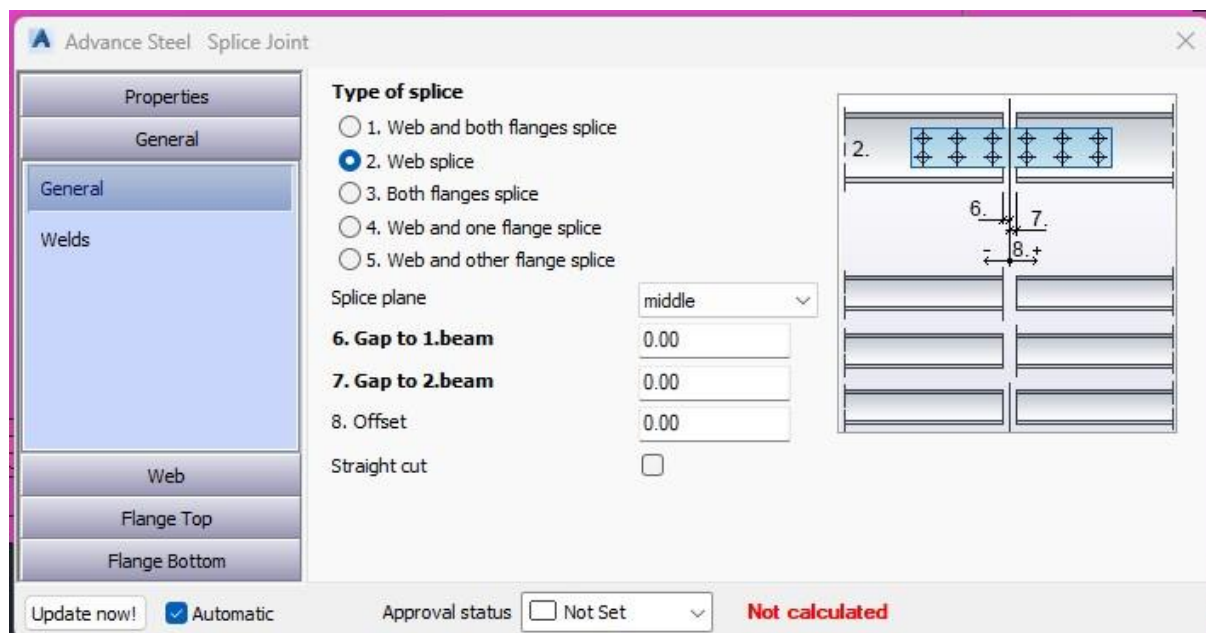


Slika 44 : Prikaz izbora spoja

Na Slika 44 prikazan je podizbornik koji prikazuje vrste spojeva s njihovim opisima. Kao što se navelo ranije, Advance Steel sadrži katalog spojeva, a ovaj spoj je u podgrupi koja služi za spajanje kraja greda. Engleski naziv za ovaj spoj greda jest *Splice joint* odnosno spajanje greda pomoću lima. Kada se izabere naredba treba se odabrati koje se grede spajaju nakon čega se dobije prikaz spoja i dobije se izbornik pomoću kojeg se biraju parametri spoja.

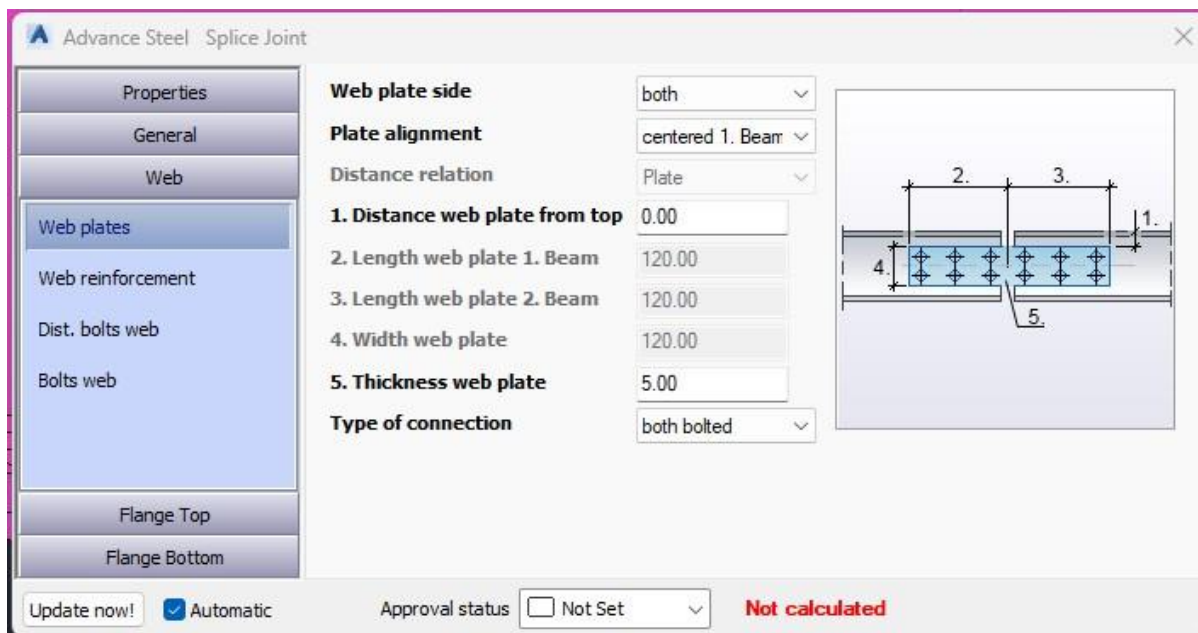


Slika 45 : Prikaz izbornika za parametre spoja



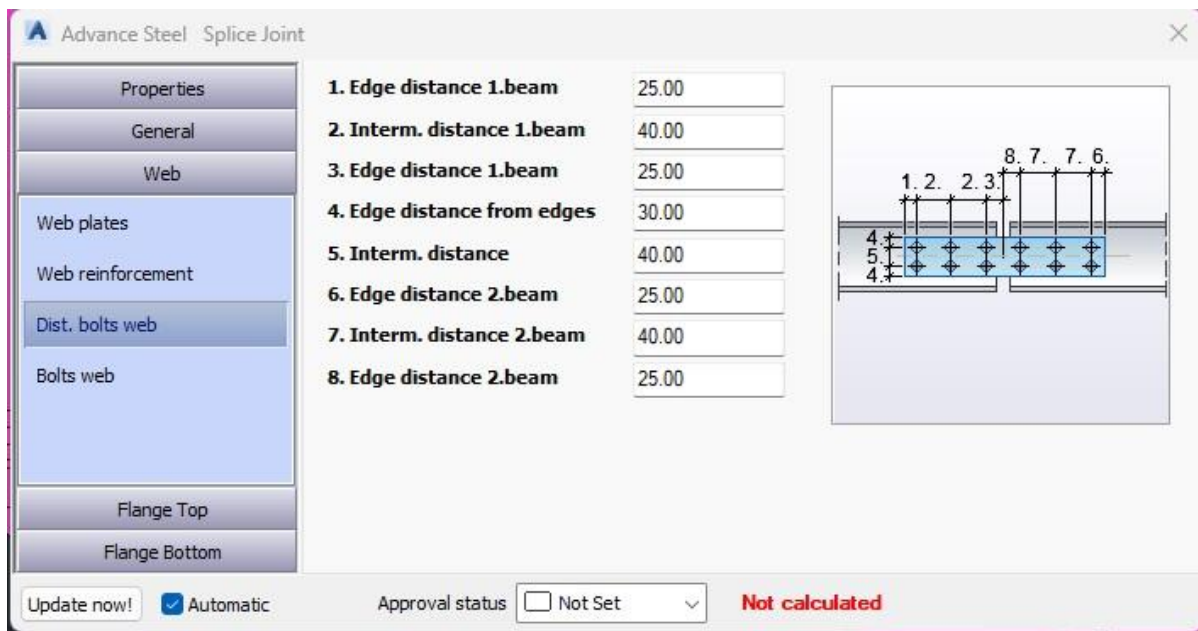
Slika 46 : Prikaz prvog dijela parametara spoja

Na prvom dijelu izbornika bira se vrsta spoja. Za ovaj spoj izabrat će se spoj na hrbtu IPE profila što je označeno brojem 2 odnosno *Web splice*. Potom će se pod brojem 6 i 7 izabrati zračnosti između profila, a kao što je vidljivo na Slika 42, između IPE profila nema zračnosti.



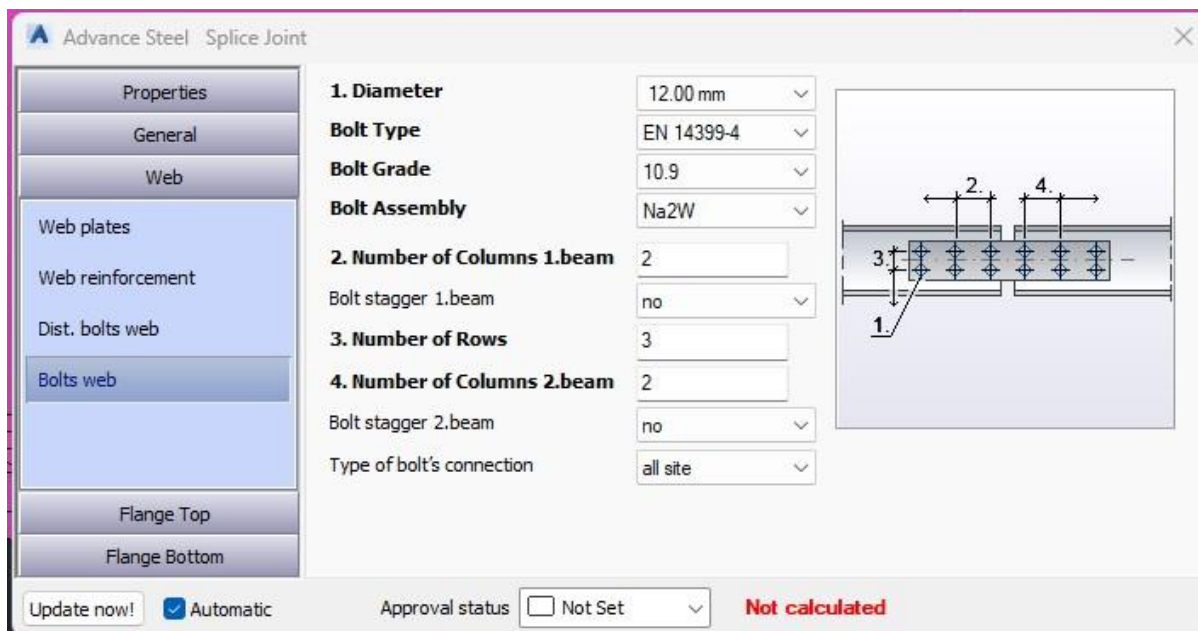
Slika 47 : Prikaz drugog dijela parametara spoja

Drugi izbornik daje nam mogućnost odabira gdje će se nalaziti ploča koja služi za spajanje greda. Podizbornik *Plate alignment* odnosno poravnanje ploče daje nam mogućnost kako poravnati ploču u odnosu na profil. Odabrat će se *Centar of beam 1* odnosno centar prve grede, ali se također mogao odabrati centar druge grede jer su grede u ravnini. Pod brojem 1 može se podesiti visina ploče ako ne želimo da se nalazi točno u sredini profila. Zadnja stavka koja se može podesiti u ovom izborniku jest debljina ploče koja se koristi, a to je prema nacrtu 5 mm.



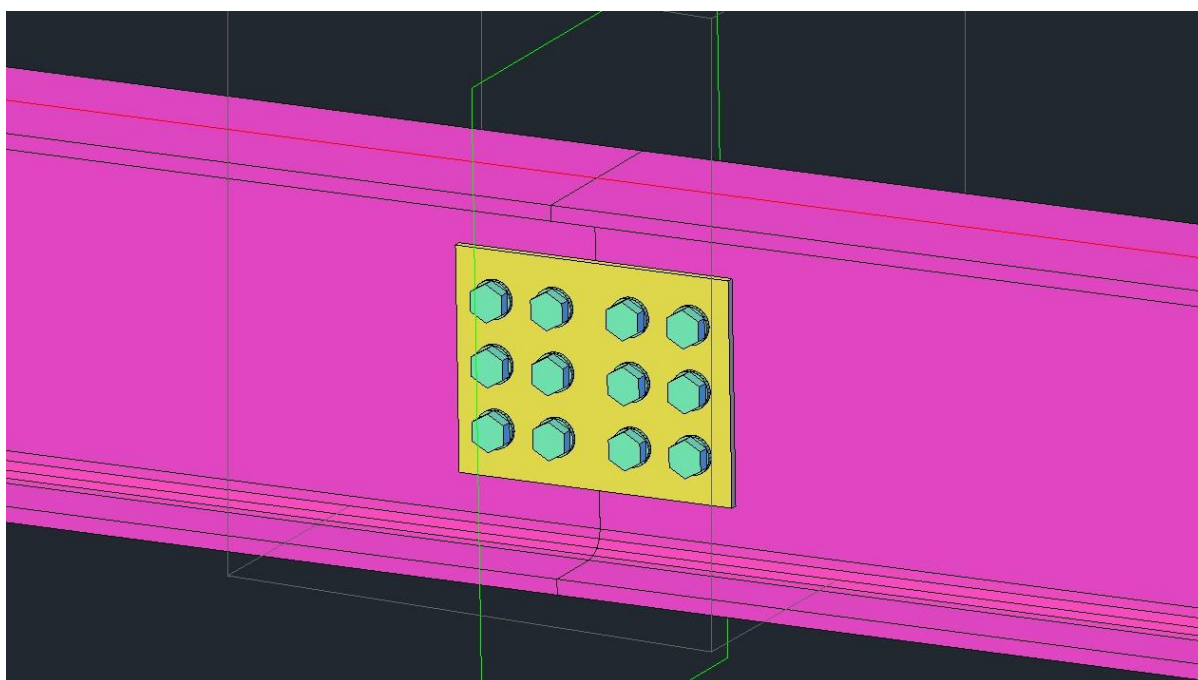
Slika 48 : Prikaz trećeg dijela parametara spoja

Slika 48 predstavlja izbornik pomoću kojeg se određuju udaljenosti između rupa i udaljenosti rupa od rubova. Ovaj raspored također je prepisan s tehničke dokumentacije koja je prikazana na Slika 42.



Slika 49 : Prikaz četvrtog dijela parametara spoja

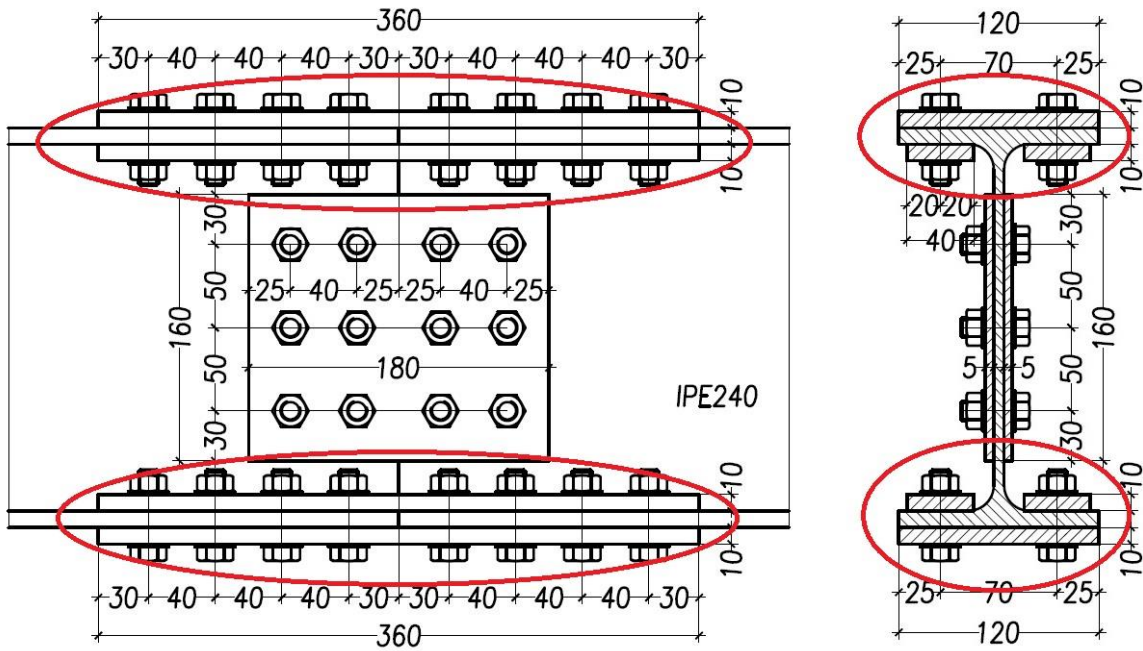
Zadnji izbornik za ovu vrstu spoja određuje nam koji se dijametar vijka izabire, a za ovu konstrukciju to su M12 vijci. Kvaliteta vijka također se odabire jer će se poslije moći generirati popis vijaka na kojem će biti označena kvaliteta vijka i njegove dimenzije. Sljedeći parametar koji se mora definirati je pod brojevima 2 i 4, a to je broj stupaca vijaka na gredi 1 i 2. Ako se ponovo pogleda Slika 42 vidi se da su na svakoj gredi dva stupca, pa su se tako i postavili parametri. Zadnji parametar koji se treba postaviti jest broj redova vijaka koji je označen s brojem 3 na Slika 49. Kao što se opet može vidjeti na Slika 42, treba biti 3 retka vijaka pa je tako i postavljeno.



Slika 50 : Prikaz gotovog spoja

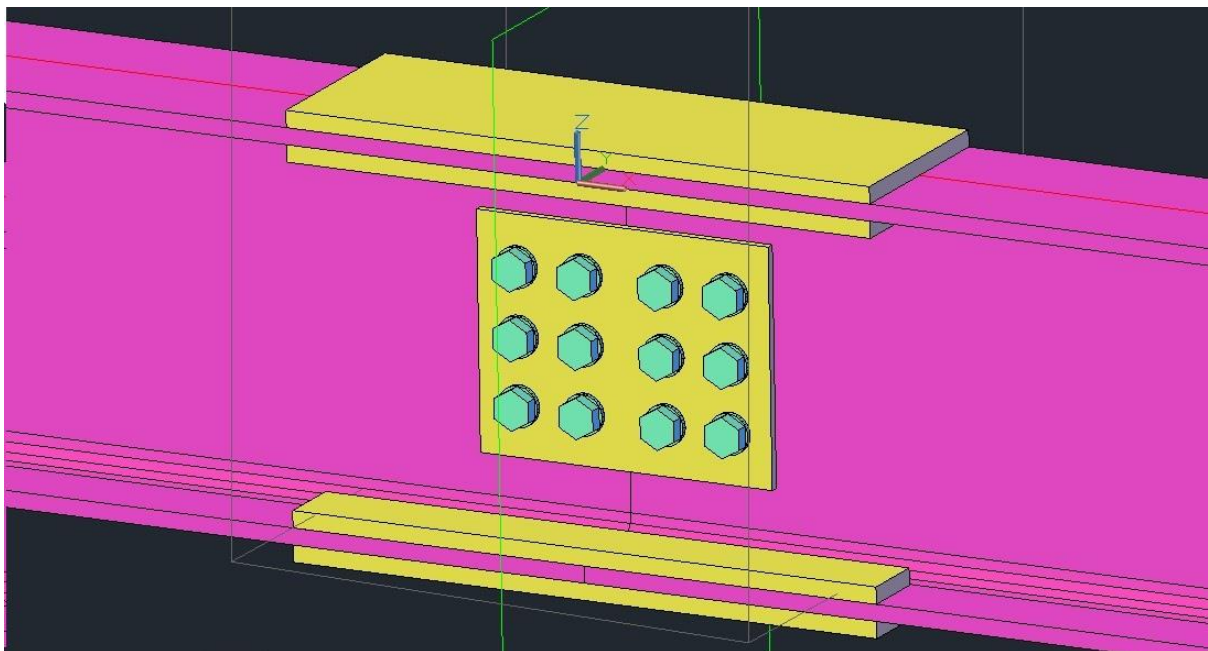
Nakon što su se izabrali svi parametri za ovaj dio spoja, trebaju se napraviti i gornja i donja ploča. Problem tih ploča jest što ne postoji unaprijed definiran spoj u Advance steel-u koji odgovara tom spoju. Ipak, to nije veliki problem jer se u programu može napraviti poseban spoj koji nam je potreban i opet se može kopirati taj isti spoj kroz cijelu konstrukciju.

Za početak stvaranja spoja trebaju se prvo nacrtati ploče koje se nalaze na vrhu i na dnu profila.



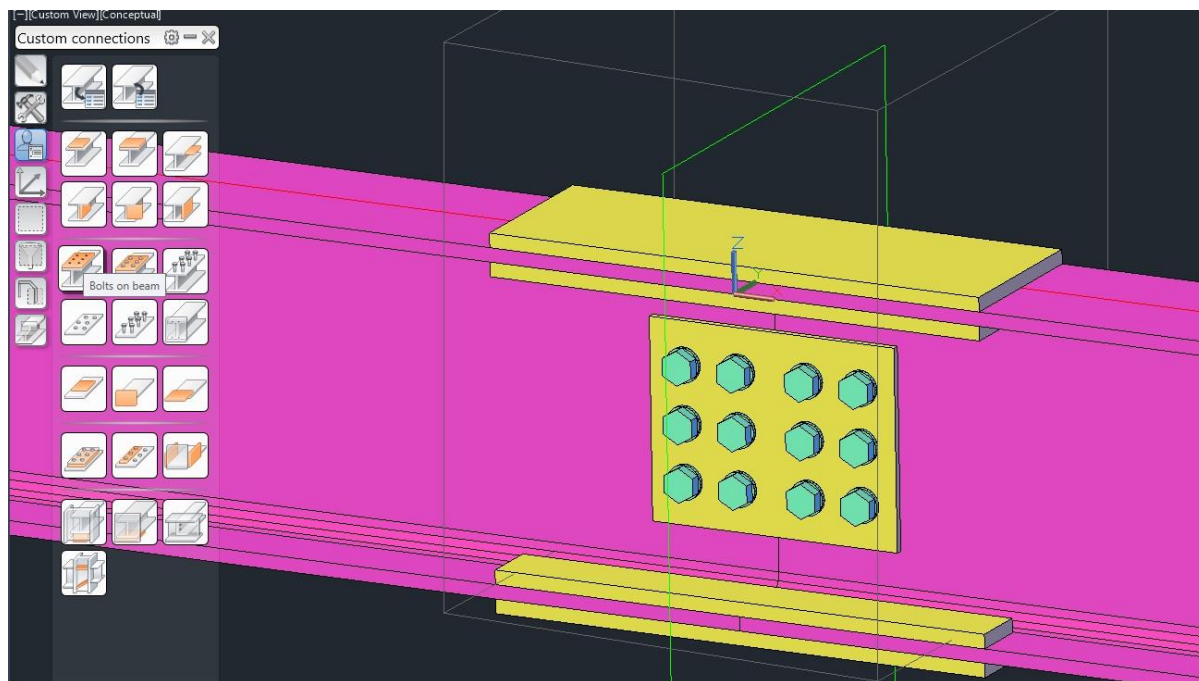
Slika 51 : Detalji prikaza gornje i donje pločice

Na Slika 51 prikazane su pločice koje se trebaju nacrtati i napraviti poseban spoj koji se mora kopirati na ostatak konstrukcije.



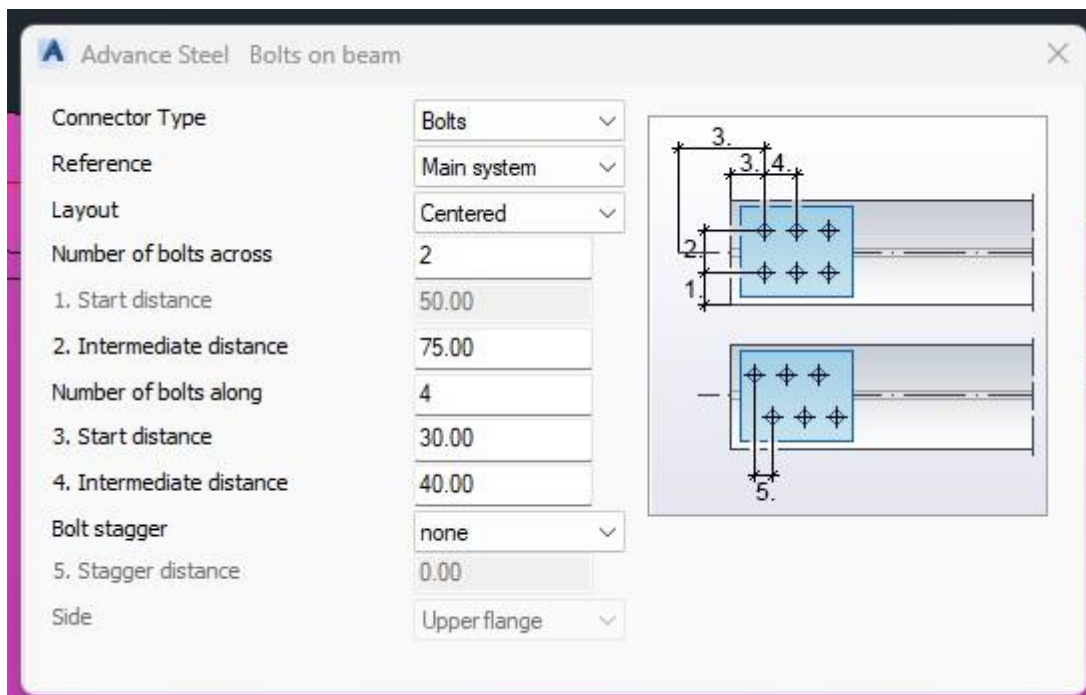
Slika 52 : Prikaz ucrtanih pločica

Na Sliku 52 prikazane su pločice koje se trebaju koristiti u spoju, a radi se o ploči koja se nalazi na vrhu i dnu profila veličine 360x120x10 mm i četiri manje pločice koje se nalaze na unutrašnjem rubu profila koje su 360x40x10 mm. Advance Steel ima naredbu za izradu vijčanog spoja koji će se prikazati u nastavku rada.



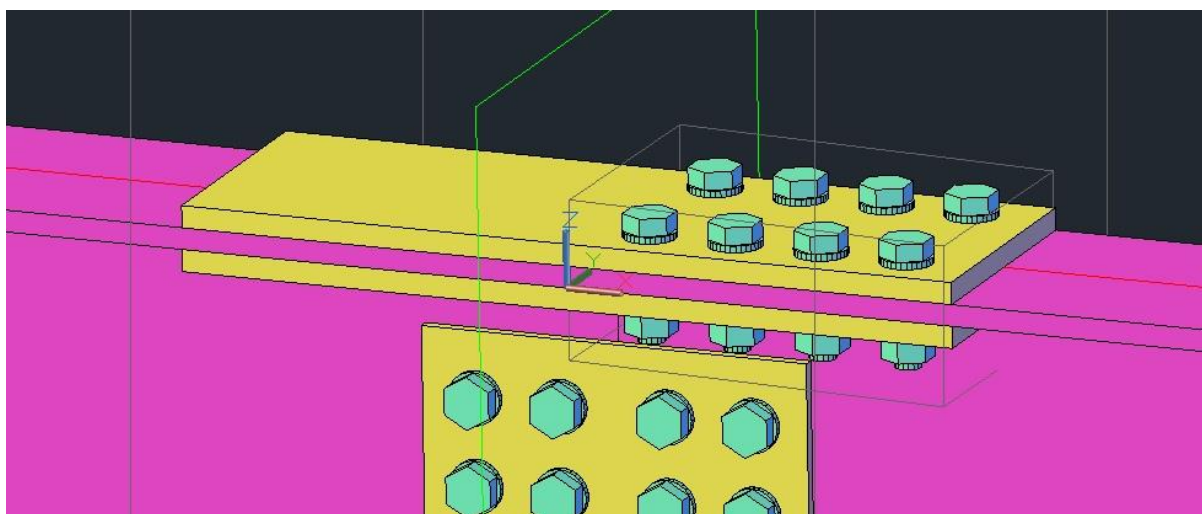
Slika 53 : Prikaz naredbe za vijčani spoj

Kada se izabere naredba, prvo se označi profil na koji se želi staviti vijke, a potom se dodaju još pločice koje se trebaju nalaziti u tom spoju. Nakon tog izbora pojavi se dodatni izbornik pomoću kojeg se upisuju parametri za taj vijčani spoj.



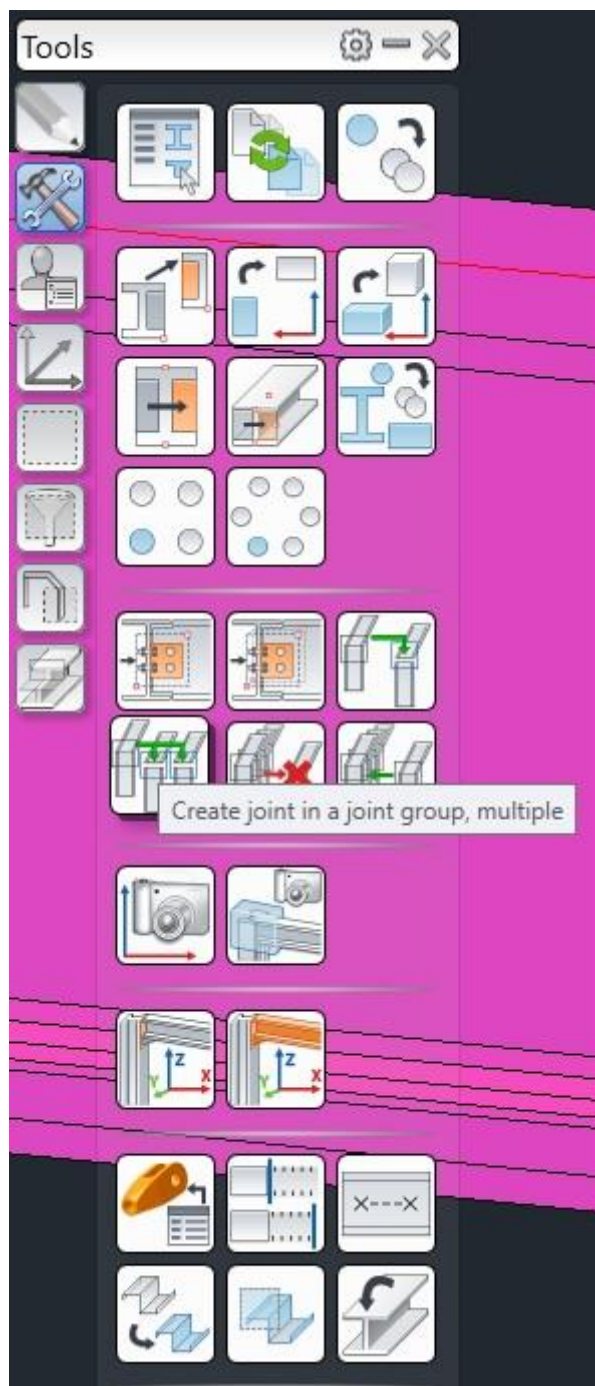
Slika 54 : Prikaz izbornika za izradu vijčanog spoja

Slika 54 prikazuje izbornik za izradu vijčanog spoja odnosno izbornik s parametrima za vijčani spoj. Pod *Layout* odnosno raspored izabire se centar grede, a pod *Number of bolts across* bira se broj vijaka po poprečnom presjeku koji je u našem slučaju dva. Zatim se upisuje *Intermediate distance* odnosno srednja udaljenost koja je 75 mm. Sljedeći parametri koji se moraju izabrati jesu *Start distance* odnosno početna udaljenost od početka profila koja iznosi 30 mm, a *Intermediate distance* odnosno srednja udaljenost je 40 mm.

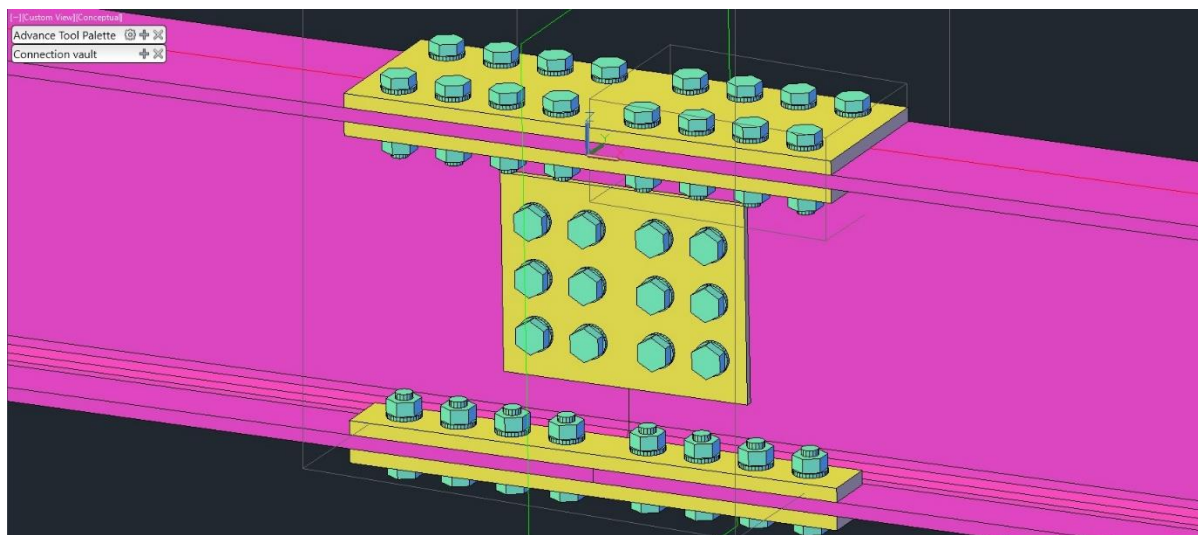


Slika 55 : Prikaz parametarskog spoja vijcima

Novi vijčani spoj zasebna je jedinica označena sivom kućicom oko sebe što govori da se radi o parametarskom spoju koji se može kopirati na druge dijelove konstrukcije. Kao što smo rekli ranije, ovaj mali dio može se lagano kopirati da se dobiju 4 zasebne skupine vijčanog spoja.

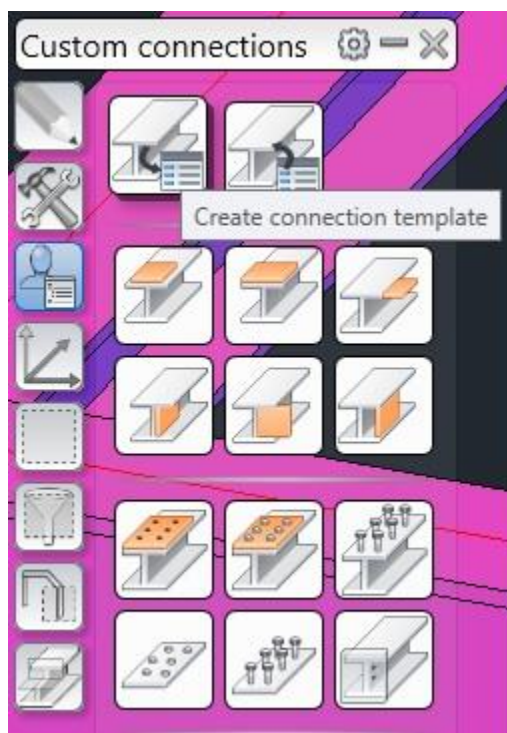


Slika 56 : Naredba za kopiranje parametarskog spoja



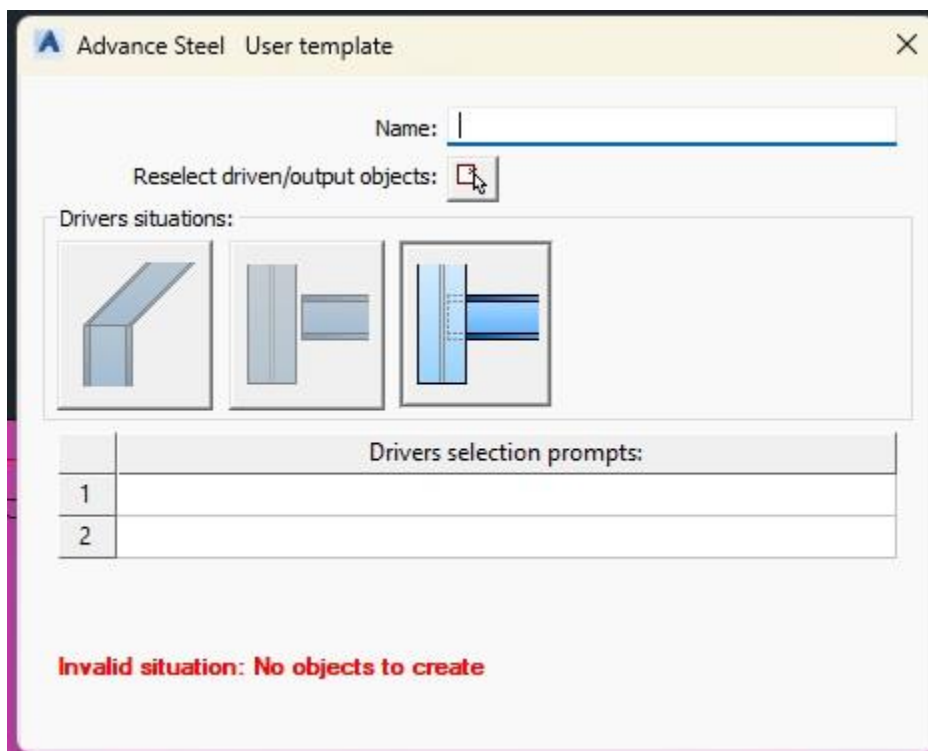
Slika 57 : Prikaz upotpunjenog vijčanog spoja

Budući da se ovaj spoj sastoji od zasebnih dijelova ovaj se spoj može kreirati kao jedan spoj koji će se kopirati kroz ostatak konstrukcije. *Advance Steel* ima naredbu pomoću koje se napravi potpuno novi prilagođeni spoj koji se može kopirati na ostatak konstrukcije.



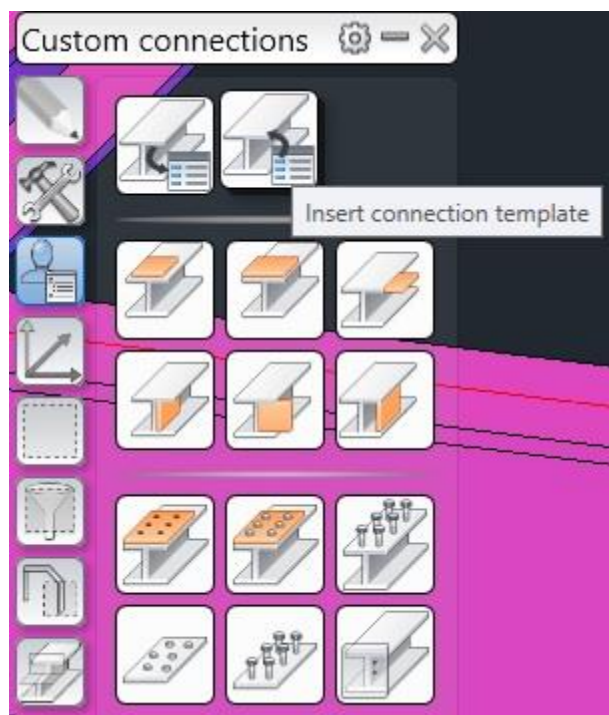
Slika 58 : Prikaz naredbe za izradu prilagođenog spoja

Nakon što se izabere naredba, izabire se vrsta spoja (u ovom slučaju radi se o spoju dvaju profila), a zatim se odabiru dva profila na kojima se želi napraviti spoj. Budući da se radi o spoju za dva IPE profila izaberu se dva IPE profila koja se nalaze u spoju i nakon toga se otvori novi izbornik.



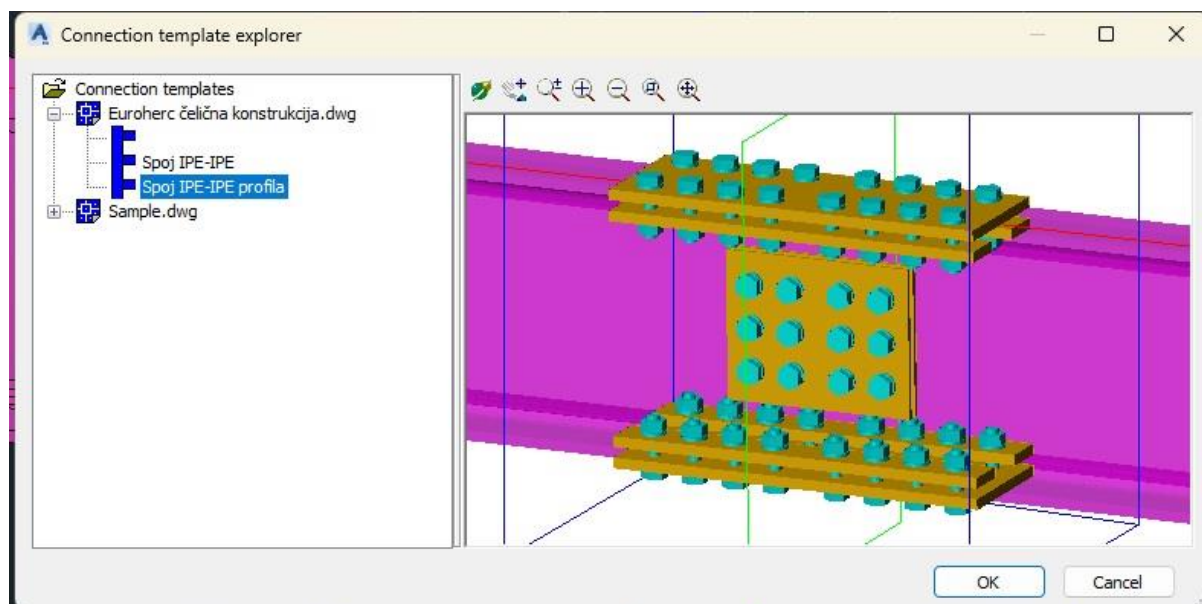
Slika 59 : Prikaz izbornika za odabir prilagođenog spoja

Na Slika 59 prikazan je izbornik koji služi za izradu prilagođenog spoja. Na ovom izborniku odabire se nekoliko parametara. Prvi parametar naziv je spoja, a zatim se izabire što sve ulazi u prilagođeni spoj. Pod brojevima 1 i 2 su oznake što se mora izabrati prilikom izrade prilagođenog spoja. Nakon što se napravi spoj, izabiremo naredbu pomoću koje se poziva prilagođeni spoj.

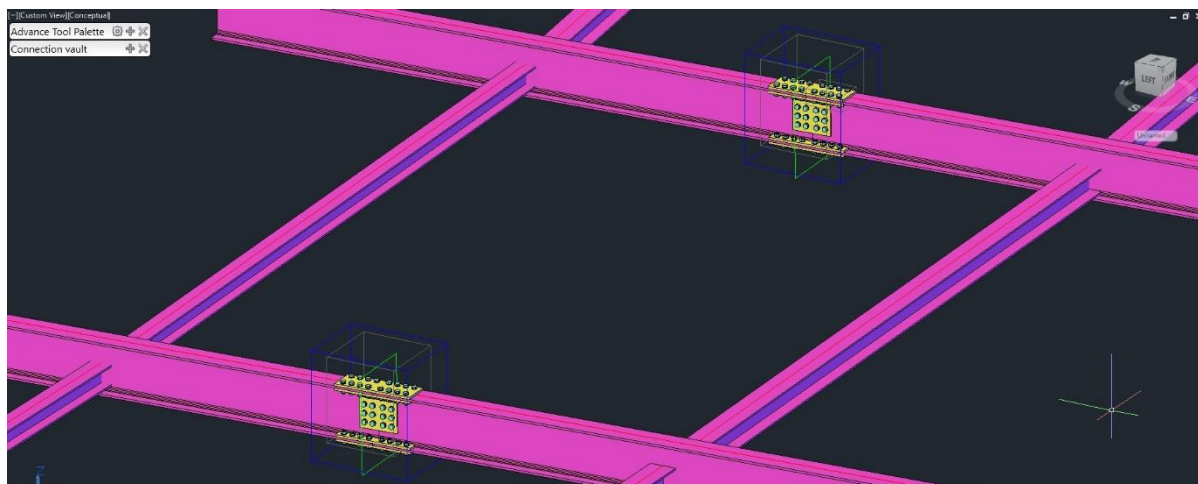


Slika 60 : Prikaz naredbe za pozivanje prilagođenih spojeva

Na Slika 60 prikazana je naredba pomoću koje se poziva prilagođeni spoj.

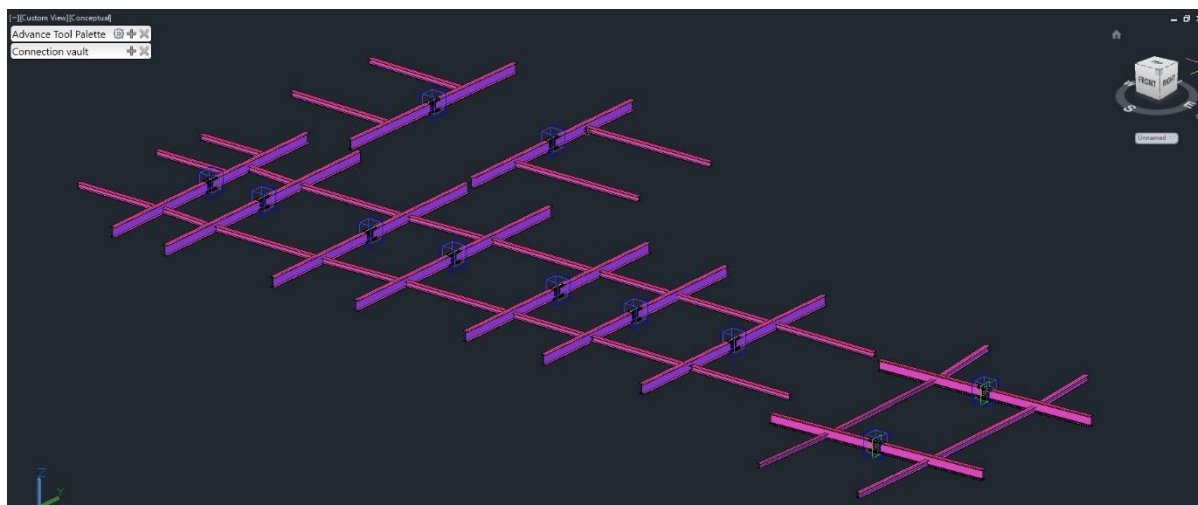


Slika 61 : Izbor prilagođenog spoja



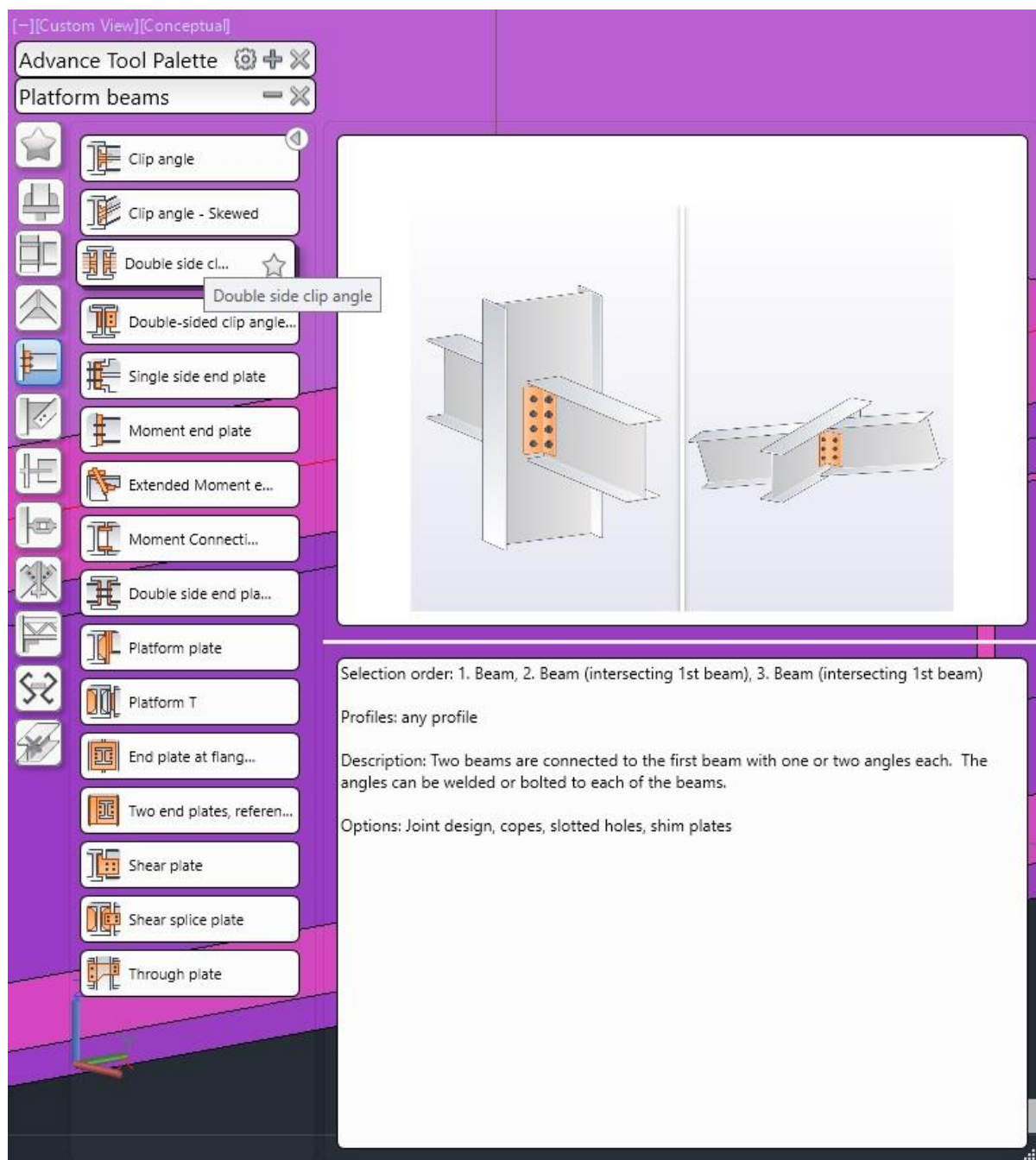
Slika 62 : Prikaz kopiranog prilagođenog spoja

Na Slika 62 prikazan je kopirani prilagođeni spoj. Mogućnost kopiranja prilagođenih spojeva jedan je od razloga zbog kojeg se u projektu koristio Advance Steel. Nije potrebno gubiti vrijeme za izradu svakog spoja, nego se samo jednom treba napraviti parametarski spoj koji se onda kopira kroz cijelu konstrukciju.



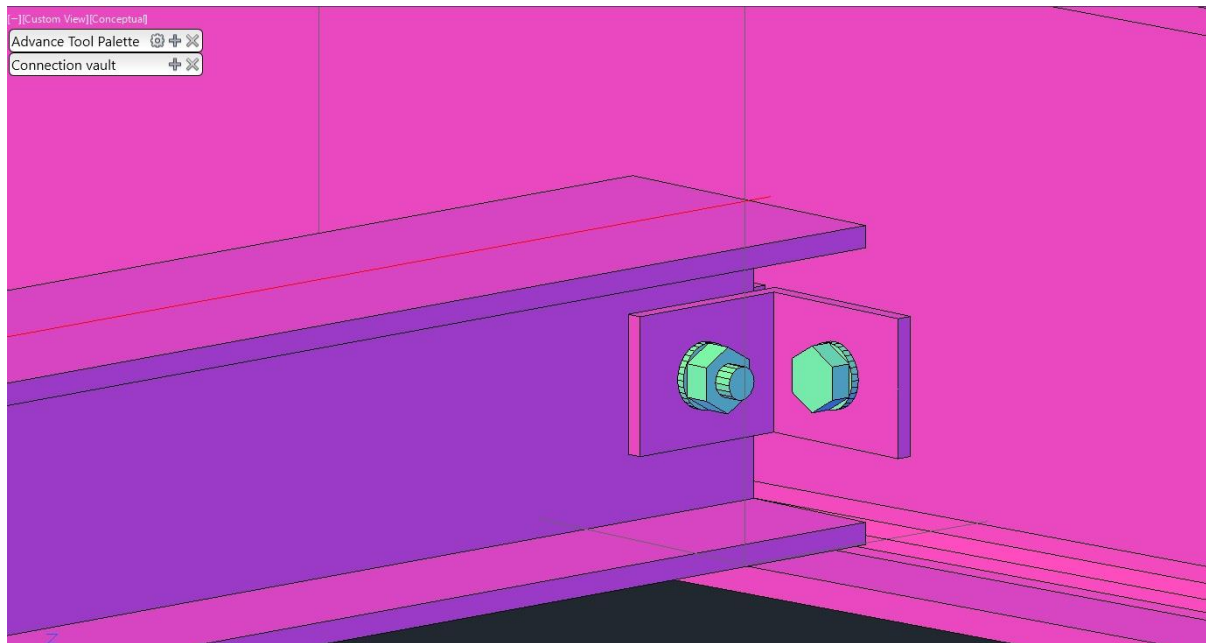
Slika 63 : Prikaz propagiranog prilagođenog spoja kroz cijelu konstrukciju

Za sljedeći spoj neće se pokazati cijeli postupak izrade jer je potpuno jednak kao i prvi spoj osim što je drugi naziv spoja.

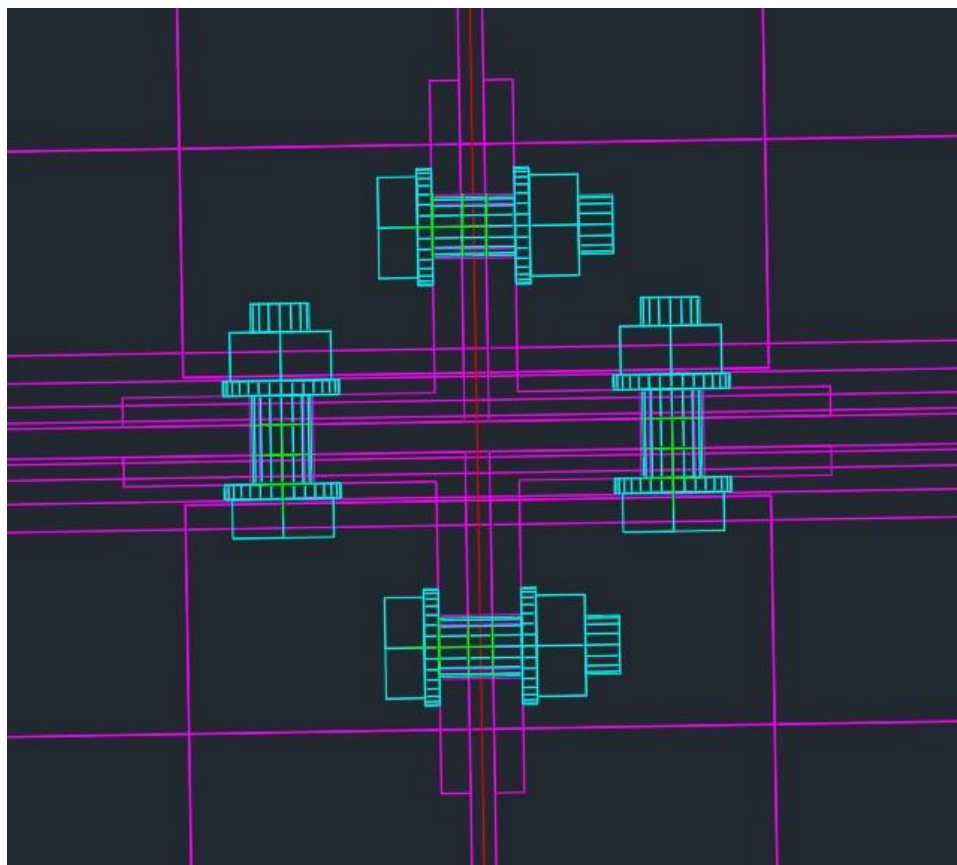


Slika 64 : Prikaz naredbe za spoj IPE i HEA profila

Spoj se sastoji od IPE profila i dva HEA profila koji su povezani s 4 kutnika 70x70x5 mm. Na Slika 64 prikazano je kako taj spoj izgleda kao predložak u programu pa se mora ponovo provesti postupak upisivanja parametara za spoj.



Slika 65 : Prikaz spoja između IPE i dva HEA profila

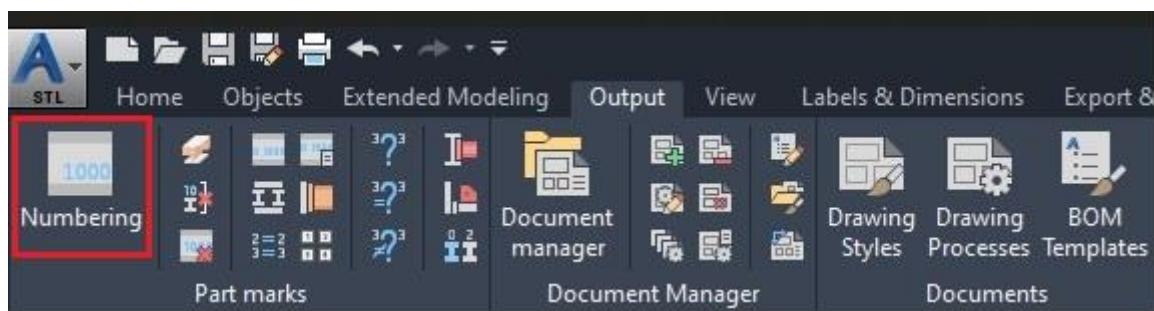


Slika 66 : Prikaz spoja IPE i dva HEA profila – tlocrtni pogled

Kao i kod prvog spoja, za uštedu vremena kopirat će se ovaj vijčani spoj na ostatak konstrukcije. Ova mogućnost programa uvelike smanjuje vrijeme izrade 3D modela konstrukcije.

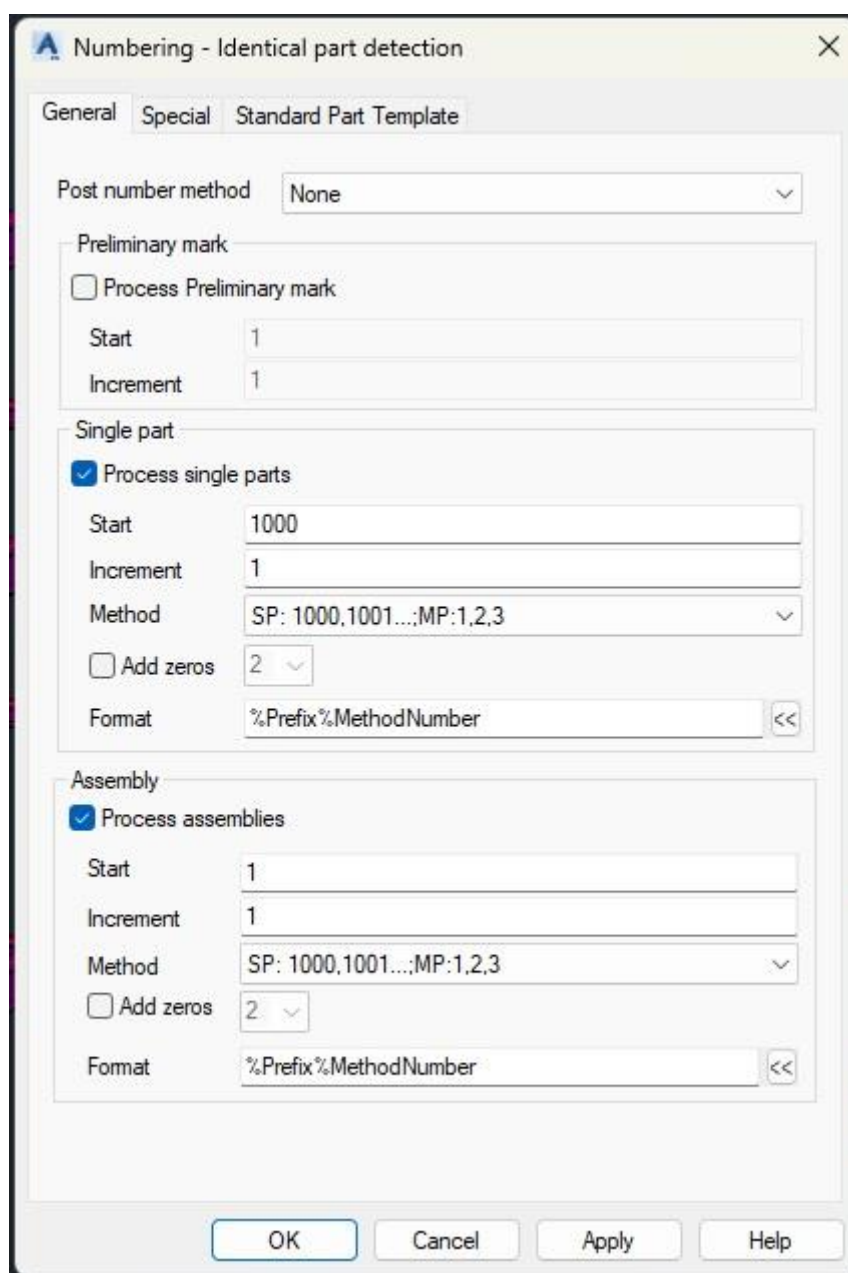
10.4. Popis materijala

Popis materijala inače se mora raditi ručno što na ovako maloj konstrukciji nije veliki problem, ali ipak zahtijeva određeno vrijeme. Advance Steel ima naredbu pomoću koje se automatski napravi popis svih potrebnih materijala. Budući da je Advance Steel parametarski program, svaka greda ima svoju jedinicu mjere i oznaku o kakvoj se vrsti profila radi. Da bi dobio popis svih elemenata, treba se napraviti prebrojavanje elemenata.



Slika 67 : Naredba za prebrojavanje elemenata

Kada se izabere naredba za prebrojavanje dobije se podizbornik pomoću kojeg se može napraviti logika brojanja posebnih dijelova i brojanje sklopova. Kao što se vidi na slici 68, izbornik za brojanje nudi procesiranje pojedinih dijelova i brojanje sklopova. Pojedinačni dijelovi počnu se brojati od 1 000 i broj se povisuje za jedan, dok brojanje sklopova počinje od broja 1 i povisuje se za jedan.



Slika 68 : Prikaz izbornika za brojanje

Quantity		Mark	Description	Detailer:		Date:		Remark
				Length (mm)	Grade	Part weight (kg)	Total weight (kg)	
L70X6								
80		1000	L70X6	50	S275JR	0.3	25.5	
1		1044	L70X6	50	S275JR	0.3	0.3	
1		1045	L70X6	50	S275JR	0.3	0.3	
82	TOTAL			TOTAL		TOTAL	26.2	
HEA120								
2		1001	HEA120	3.350	S275JR	66.7	133.3	
2		1002	HEA120	2.902	S275JR	57.7	115.5	
2		1003	HEA120	2.897	S275JR	57.6	115.3	
2		1004	HEA120	2.651	S275JR	52.8	105.5	
2		1005	HEA120	2.246	S275JR	44.7	89.4	
2		1006	HEA120	2.096	S275JR	41.7	83.4	
1		1007	HEA120	3.777	S275JR	75.2	75.2	
1		1008	HEA120	3.777	S275JR	75.2	75.2	
1		1009	HEA120	2.856	S275JR	56.8	56.8	
1		1010	HEA120	2.736	S275JR	54.4	54.4	
1		1011	HEA120	2.684	S275JR	53.4	53.4	
1		1012	HEA120	2.646	S275JR	52.7	52.7	
1		1013	HEA120	2.467	S275JR	49.1	49.1	
1		1014	HEA120	2.421	S275JR	48.2	48.2	
1		1015	HEA120	2.291	S275JR	45.6	45.6	
1		1016	HEA120	2.090	S275JR	41.6	41.6	
1		1017	HEA120	1.974	S275JR	39.3	39.3	
1		1018	HEA120	1.909	S275JR	38	38	

List produced by AUTODESK Advance Steel

Page 1/3

Company

Client:

Project:

Job No:

Date: 21-Nov-22

Slika 69 : Prikaz popisa materijala 1/3

Quantity	Mark	Description	Length (mm)	Grade	Part weight (kg)	Total weight (kg)	Remark
1		1019 HEA120	1.857	S275JR	37	37	
1		1020 HEA120	1.405	S275JR	28	28	
1		1021 HEA120	1.405	S275JR	28	28	
27	TOTAL		TOTAL		68,581	1,364.80	
		IPE240					
1		1022 IPE240	3.390	S275JR	104.1	104.1	
1		1023 IPE240	3.390	S275JR	104.1	104.1	
1		1024 IPE240	3.390	S275JR	104.1	104.1	
1		1025 IPE240	3.390	S275JR	104.1	104.1	
1		1026 IPE240	3.390	S275JR	104.1	104.1	
1		1027 IPE240	3.390	S275JR	104.1	104.1	
1		1028 IPE240	3.390	S275JR	104.1	104.1	
1		1029 IPE240	3.390	S275JR	104.1	104.1	
1		1030 IPE240	3.190	S275JR	97.9	97.9	
1		1031 IPE240	3.190	S275JR	97.9	97.9	
1		1032 IPE240	3.190	S275JR	97.9	97.9	
1		1033 IPE240	3.190	S275JR	97.9	97.9	
1		1034 IPE240	3.190	S275JR	97.9	97.9	
1		1035 IPE240	3.190	S275JR	97.9	97.9	
1		1036 IPE240	2.850	S275JR	87.5	87.5	
1		1037 IPE240	2.850	S275JR	87.5	87.5	
1		1038 IPE240	2.850	S275JR	87.5	87.5	
1		1039 IPE240	2.850	S275JR	87.5	87.5	
1		1040 IPE240	2.800	S275JR	86	86	
1		1041 IPE240	2.800	S275JR	86	86	
1		1042 IPE240	2.800	S275JR	86	86	
1		1043 IPE240	2.800	S275JR	86	86	
22	TOTAL		TOTAL		68,860	2,114	

List produced by AUTODESK Advance Steel

Slika 70 : Prikaz popisa materijala 2/3

Quantity	Mark	Description	Length		Grade	Part weight		Total weight		Remark
			(mm)			(kg)	(kg)			
PL 10										
44		1046 PL 10x40x360		360	S275JR		1.1		49.7	
22		1047 PL 10x120x360		360	S275JR		3.4		74.6	
66		TOTAL							124.3	
PL 5										
22		1048 PL 5x140x180		180	S275JR		1		21.8	
22		TOTAL							21.8	
Bolts										
573		Hexagon nut EN 14399-4 M12 - 10 HV			10		0		13.4	
146		washer EN 14399-6 - 12			300 HV		0		8.1	
207		Hexagon bolt EN 14399-4 12 x 40 - 10.9 HV		40	10.9		0.1		11.6	
352		Hexagon bolt EN 14399-4 12 x 50 - 10.9 HV		50	10.9		0.1		22.5	
14		Hexagon bolt EN 14399-4 12 x 35 - 10.9 HV		35	10.9		0.1		0.7	
2292		TOTAL							56.3	
TOTAL QUANTITY				2511						
TOTAL WEIGHT				3.707.30	kg					

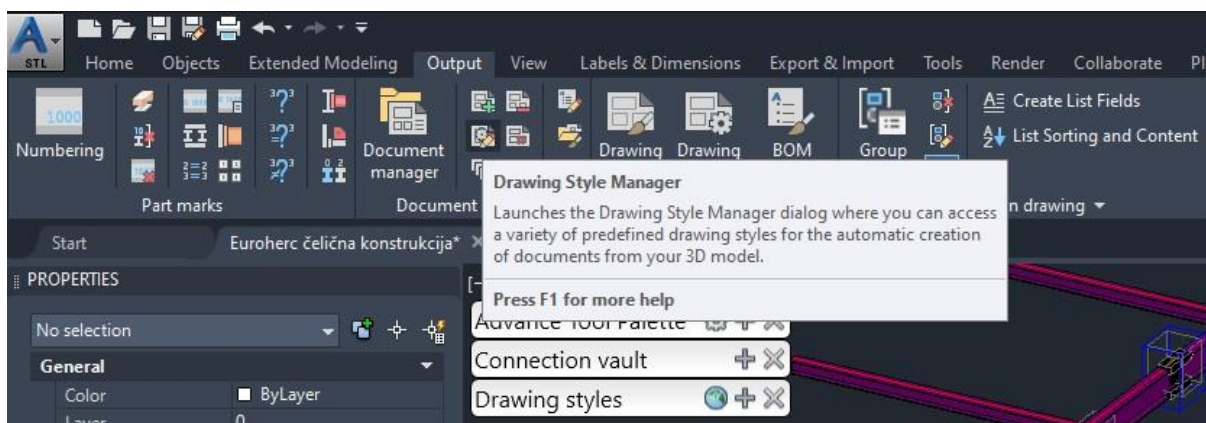
Page 3/3

Slika 71 : Prikaz popisa materijala 3/3

Na Slika 69 do Slika 71 popisan je svaki element koji je potreban za izradu ove čelične konstrukcije. Na popisu materijala nalaze se svi IPE i HEA profili, sve pločice koje su potrebne za izvedbu vijčanih spojeva i popis svih potrebnih vijaka i matica. Iz ovih podataka lagano se može dobiti krojna lista jer imamo sve dužine greda. Ovo je velika prednost Advance Steela jer nije potrebno gubiti vrijeme na popisivanje materijala i odmah se dobije kompletna masa cijele konstrukcije po svim elementima. Advance Steel ima svoju biblioteku svakog profila, cijevi, šipke, vijka pomoću koje lagano može dobiti kompletni popis vijaka, a u sljedećoj temi pokazat će se i kako se dobije kompletna tehnička dokumentacija.

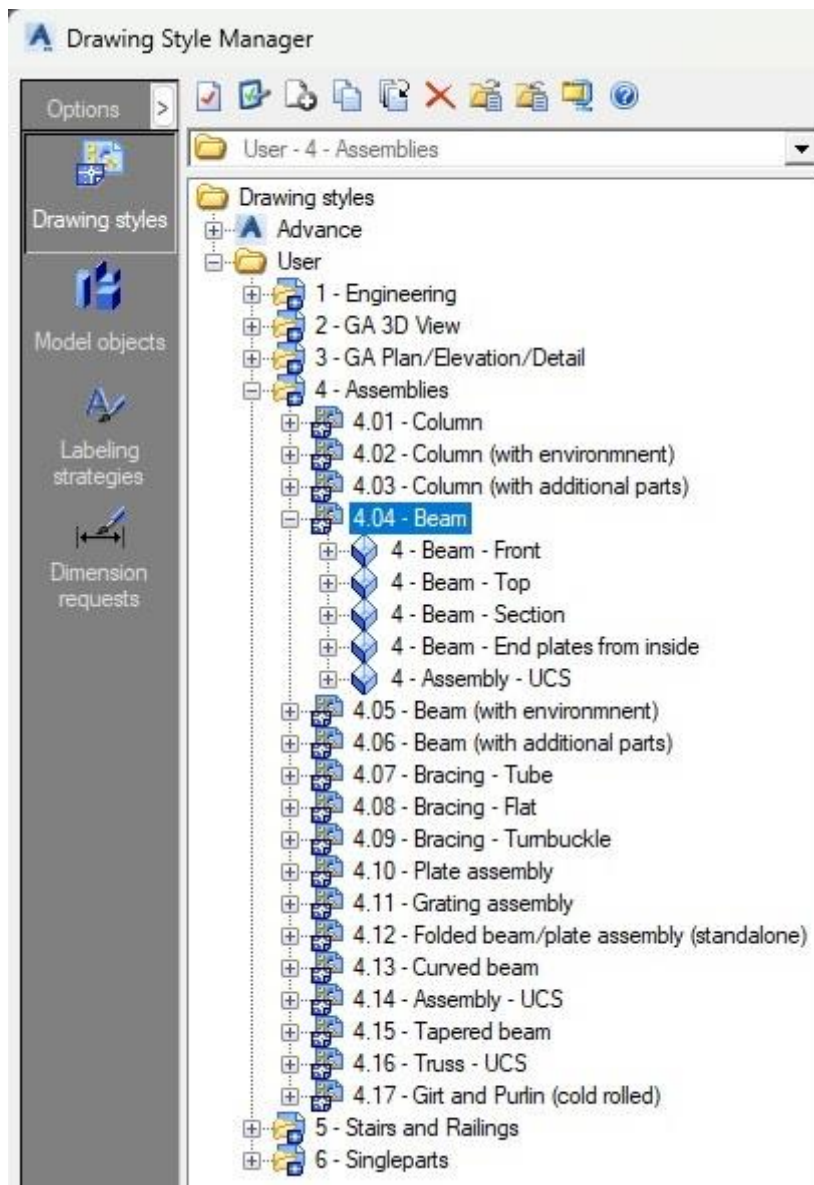
10.5. Izrada tehničke dokumentacije

Zadnja i možda najveća prednost Advance Steela jest mogućnost izrade tehničke dokumentacije s označenim pozicijama. Ovo uvelike smanjuje vrijeme izrade projekta jer se ne mora gubiti vrijeme na označavanje pozicija. Proces izrade tehničke dokumentacije počinje s procesom brojanja. Za izradu tehničke dokumentacije postoje mnoge mogućnosti i kombinacije. Za izradu ovog projekta koristit će se tehnička dokumentacija koja unutar jednog papira ima označen sklop i na istom papiru ima svaki element na tom sklopu. Sustav za izradu tehničke dokumentacije koristi dvije funkcije, s jednom funkcijom opisuje kako se kotira i kako se označava određeni element (grede, ploče, dijelovi ograde, drvene grede, savijene grede ili nešto drugo). Druga funkcija koristi petlju pomoću koje određuje koja je vrsta sklopa i koji se dijelovi nalaze u sklopu i poziva prvu funkciju pomoću koje kotira i označava elemente u tom sklopu. Velika je prednost i dobivanje DXF podataka za rezanje pločica na nekom CNC stroju.



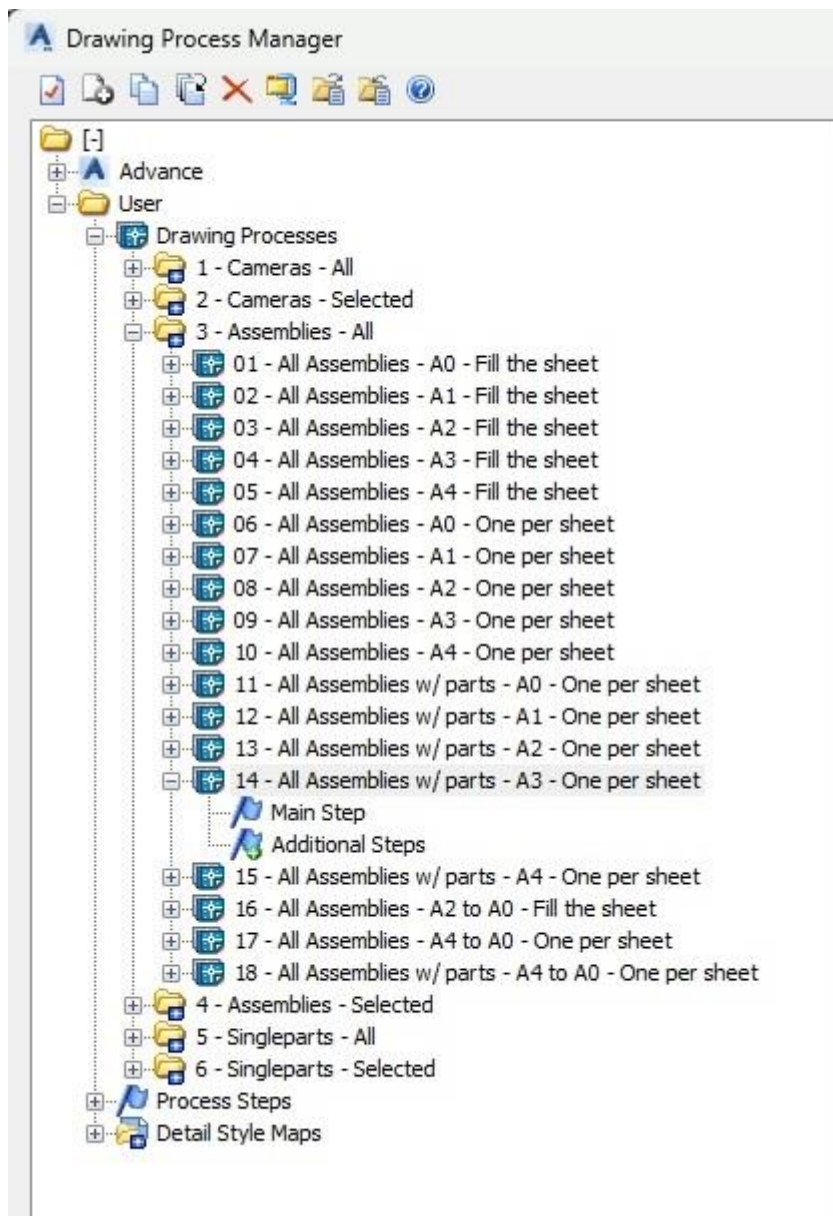
Slika 72 : Prikaz naredbe za prilagođavanje stila izrade elemenata

Na Slika 72 prikazana je naredba pomoću koje se može modificirati izgled svakog elementa ili svakog sklopa. Eng. *Drawing style*, kao što mu i ime kaže, određuje kako će se koji element kotirati i kojim će se načinom prikazati. Pod načinom prikaza misli se na nacrt, tlocrt i bokocrt i u kojem će omjeru oni stajati jedan naprema drugom



Slika 73 : Prikaz logike za sklop greda

Slika 73 prikazuje logiku pomoću koje će stvoriti tlocrt, nacrt i bokocrt za gredni element. Kao što se vidi na Slika 74, pod brojem 1 nalazi se nacrt sklopa grede, pod brojem 2 je tlocrt sklopa, pod brojem 3 nalazi se bokocrt sklopa, a pod brojem 5 dobije se izometrija sklopa koja je iznimno korisna za vizualizaciju sklopa. Budući da se na ovoj konstrukciji nalaze isključivo gredni sklopovi, samo je gredna vrsta potrebna za izradu tehničke dokumentacije. Sljedeći je korak postaviti kakva će se vrsta tehničke dokumentacije kreirati. Na dokumentaciji će se na jednom A3 papiru nalaziti jedan sklop sa svim svojim elementima i s izometrijom prikaza sklopa.



Slika 74 : Prikaz vrste tehničke dokumentacije koja će se koristiti

Kao što piše na slici 74, izabrao se proces izrade tehničke dokumentacije pod brojem 14. Pod tim brojem nalazi se tehnička dokumentacija koja sadrži sve sklopove s popratim dijelovima tog sklopa. Također se mora izabrati veličina papira na kojem će se raditi tehnička dokumentacija, ovdje je izabran format A3. Nakon što program napravi kompletnu tehničku dokumentaciju, treba pogledati i prepraviti svaki nacrt jer je gotovo nemoguće da nema grešaka.

11. GEOMETRIJSKE TOLERANCIJE PREMA NORMI HRN EN 1090-2

Prema normi HER EN 1090-2 postoje dvije vrste tolerancijskih odstupanja. Jedna vrsta odstupanja se odnosi na strukturalna odstupanja koja su važna za nosivost konstrukcije i ona se još nazivaju esencijalne tolerancije. Druga vrsta tolerancija se odnosi na funkcionalne tolerancije koje se više odnose na izgled konstrukcije. Obje vrste tolerancija su normalizirane i imaju svoje dopušteno odstupanje. Tolerancije ne uključuju elastičnu deformaciju dijelova zbog svoje težine. Esencijalne tolerancije se dijele na:

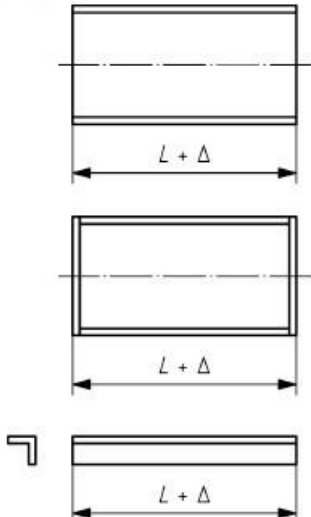
1. Valjanje dijelove
2. Zavarene dijelove
3. Hladno oblikovani dijelovi
4. Rebra za ojačanje
5. Ljuske
6. Baze za stupove
7. Stupovi

Svaka od ovih dijelova imaju svoju tablicu tolerancija koja se nalazi u normi HRN EN 1090-2 i unutar tih tablica se nalaze mjere za dozvoljena odstupanja. Ovaj dodatak za tolerancije je također podijeljen u dva dijela. Prvi dio se odnosi na dijelove koji su proizvedeni dok se drugi dio odnosi na dimenzijske tolerancije postavljene konstrukcije.

11.1. Tolerancije na konstrukciji

Za konstrukciju koja je nacrtana prikazati će se nekolicina tolerancijskih odstupanja kojih se mora pridržavati. Sve tolerancije koje će se prikazati spadaju u grupu tolerancija za proizvedene dijelove. Konstrukcija spada u razred izvršenja 2 što će nam trebati kasnije za određivanje u koju klasu tolerancije se mora smjestiti odstupanja.

Tablica 2 : Tablica tolerancija duljinskih odstupanja [7]

No	Kriterij	Parametar	Funkcionalna odstupanja a Dopušteno odstupanje Δ	
			Klasa 1	Klasa 2
1	<p>Duljina:</p> 	<p>Izmjerena duljina reza na središnjoj liniji (ili na uglu za odrez pod kutom):</p> <p>- opći slučaj:</p> <p>- kraj spreman za puni kontaktni ležaj:</p> <p>NAPOMENA Duljina L mjereno uključujući zavarene krajeve ploče</p>	$\Delta = \pm \left(\frac{L}{5000} + 2 \right) \text{ mm}$ $\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm \left(\frac{L}{10000} + 2 \right) \text{ mm}$ $\Delta = \pm 1 \text{ mm}$

Tablica 2 prikazuje odstupanja za duljinske tolerancije a ova tolerancija bi se trebala izmjeriti za svaku gredu pošto se svaka greda morala rezati iz dužeg profila na pili. Ako se za primjer uzme IPE 240 profil koji ima oznaku dijela 1022 i duljine 3390 mm koja je prikazana na slici 70. Proračun za klasu 1 i 2 su sljedeći

$$\Delta = \pm \left(\frac{L}{5000} + 2 \right) \text{ mm} = \pm \left(\frac{3390}{5000} + 2 \right) \text{ mm} = \pm 2.678 \text{ mm}$$

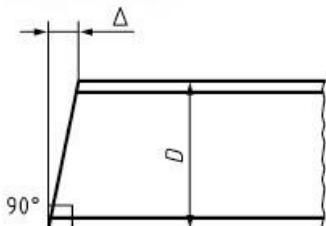
Za klasu 1 dozvoljeno odstupanje jednako je $\pm 2.678 \text{ mm}$.

$$\Delta = \pm \left(\frac{L}{10000} + 2 \right) \text{ mm} = \pm \left(\frac{3390}{10000} + 2 \right) \text{ mm} = \pm 2.339 \text{ mm}$$

Za klasu 2 dozvoljeno odstupanje jednako je $\pm 2.339 \text{ mm}$

Pošto konstrukcija spada u razred izvršenja 2 nema potrebe za klasom 2 nego treba poštovati tolerancijske mjere za klasu 1. Sljedeća tolerancija koja će se gledati na profilima je kvadratičnost krajeva odnosno koliko je kutno odstupanje na odrezanima profilima.

Tablica 3 : Tablice tolerancija za kvadratičnost krajeva [7]

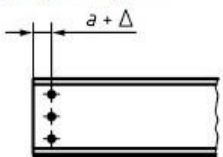
No	Kriterij	Parametar	Funktionalna odstupanja a Dopušteno odstupanje Δ	
			Klasa 1	Klasa 2
6	<p>Kvadratičnost krajeva</p> 	<p>Kockastost na uzdužnu os:</p> <ul style="list-style-type: none"> - krajevi koji su predviđeni za puni kontaktni ležaj: - krajevi koji nisu predviđeni za puni kontakt ležaj: 	<p>Δ = ± D/1000</p> <p>Δ = ± D/100</p>	<p>Δ = ± D/1000</p> <p>Δ = ± D/300 but Δ ≤ 10 mm</p>

Tablica 3 prikazuje kako se računa odstupanje od kvadratičnosti krajeva gređa. Ako se opet uzme za primjer IPE profil s oznakom 1022 njegova visina iznosi 240 mm i s time se lagano izračuna odstupanje. Pošto svi profili dolaze u puni kontakt jedan uz drugi uzima se formula za potpuni kontakt.

$$\Delta = \pm \frac{D}{1000} \text{ mm} = \pm \frac{240}{1000} \text{ mm} = \pm 0.24 \text{ mm}$$

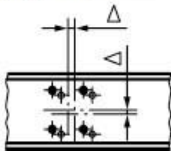
Pošto se radi o profilima koji dolaze u puni kontakt jedan s drugim klasa 1 i klasa 2 imaju jednaku formulu i dopušteno odstupanje za kvadratičnost krajeva iznosi ±0.24 mm.

Tablica 4 : Tablica tolerancija za poziciju rupa za vijke

No	Kriterij	Parametar	Esencijalne tolerancije Dopuštena odstupanje Δ		Funktionalne tolerancije Dopušteno odstupanje Δ	
			Klasa 1	Klasa 2	Klasa 1	Klasa 2
2	<p>Pozicija rupa za vijke:</p> 	<p>Odstupanje Δ u odnosu udaljenosti a između pojedinih rupa promjera d0 i a od kraja reza:</p> <p>Ako je $a < 3 d_0$</p> <p>Ako je $a \geq 3 d_0$</p>	<p>- Δ = 0 (note negative sign)</p> <p>Δ = ± 3 mm</p>	<p>- Δ = 0</p> <p>+ Δ = 3 mm</p> <p>Δ = ± 3 mm</p>	<p>- Δ = 0</p> <p>+ Δ = 2 mm</p> <p>Δ = ± 2 mm</p>	

Prema Tablica 4 vidi se da rupe na profilima moraju ići prema prvoj formuli jer je udaljenost od ruba manja od tri promjera rupa. Za klasu 1 je odstupanje rupa 3 mm do je za klasu 2 ta udaljenost 2 mm. Sljedeća tolerancija koja će se gledati je položaj grupe rupa.

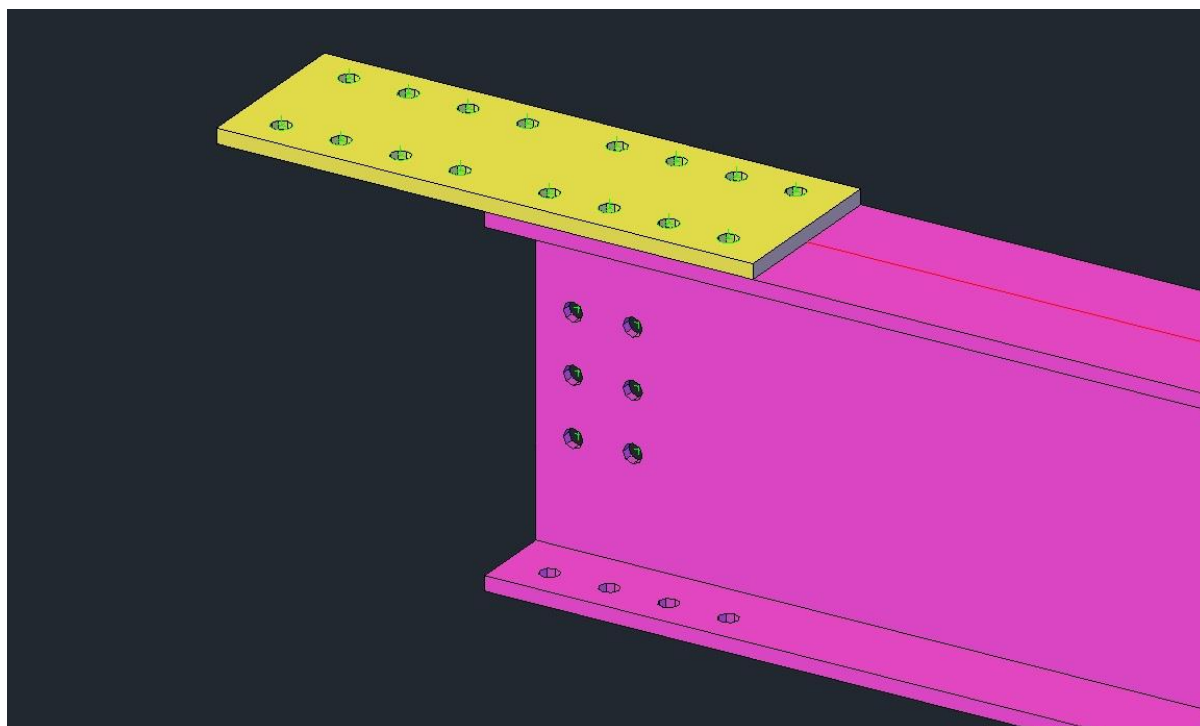
Tablica 5 : Tablica tolerancija položaj grupe rupe [7]

No	Kriterij	Parametar	Esencijalne tolerancije Dopuštena odstupanje Δ		Funkcionalne tolerancije Dopušteno odstupanje Δ	
			Klasa 1	Klasa 2	Klasa 1	Klasa 2
3	Pozicija grupe rupa: 	Devijacija Δ skupine rupa od namjenjenog položaja:	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$		$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$

Prema Tablica 5 esencijalne tolerancije za grupu rupa moraju biti $\pm 2 \text{ mm}$ dok je za funkcionalne tolerancije moguće dvije klase. Za klasu 1 je dopušteno $\pm 2 \text{ mm}$ dok je za klasu 2 dopušteno $\pm 1 \text{ mm}$. Opet, pošto se radi o konstrukciji klase izvedbe 2 moraju biti unutar tolerancije za klasu 1.

12. DEFINIRANJE ZAVARA PREMA NORMI HRN EN 1090-2

Na konstrukciji ima samo jedna vrsta zavora, a to je preklopni spoj IPE 240 profila i pločice koja se nalazi na vrhu profila. Ovaj zavar ne služi za nosivost konstrukcije nego služi za pridržavanje pločice na mjesto jer je nemoguće pristupiti toj pločici kada se greda stavi na poziciju unutar građevine.



Slika 75 : Prikaz pločice koju treba zavariti

Pločica se treba zavariti na IPE 240 profil i za ovaj zavar će se napraviti WPS odnosno specifikacija postupka zavrivanja prema normi HRN EN 1011-2. Norma HRN EN 1011-2 je norma koja služi kao preporuka za zavarivanje metalnih materijal specifično za zavarivanje feritnih čelika a radi se o čeliku S275JR.

12.1. Plan zavarava prema normi HRN EN 1090-2


Prema normi HRN EN 1090-2 za jedan zavar treba imati kompletan plan za zavar jednog spoja, a taj plan se sastoji od:

1. Specifikacije procesa zavarivanja
2. Mjere za smanjenje distorzija prilikom zavarivanja
3. Raspored zavarivanja odnosno mjesta za početak i završetak zavarava
4. Zahtjevi za međupreglede zavarava
5. Redoslijed zavarivanja odnosno okretanje komponenti koji se zavaruju
6. Detalji za stezaljke
7. Mjere za izbjegavanje laminarnog pucanja
8. Mjera za upravljanje unosa topline
9. Posebni zahtjevi za potrošni materijal
10. Profil zavarivanja i obrada za nehrđajući čelik
11. Zahtjevi za kriterije prihvatljivosti zavarava
12. Plan pregleda i ispitivanja
13. Identifikacija spoja
14. Zahtjevi za površinsku obradu

U specifikaciji postupka zavarivanja će se sve ove točke plana zavarivanja obraditi.

12.2. Atest materijala

Atest materijala ima jednostavnu svrhu a to je da potvrdi mehanička i kemiska svojstva naručenog materijala. Ovo je izuzetno važno za proračun temperature predgrijavanja i za potvrdu mehaničkih svojstava naručenog materijala. Atest materijala također potvrđuje da je korišten potrebni materijal za izradu projekta.

 CELSA HUTA OSTROWIEC CELSA "HUTA OSTROWIEC" Sp. z o.o. ul. Samsonowicza 2 27- 400 Ostrowiec Św. Poland		ŚWIADCTWO ODBIORU 3.1 INSPECTION CERTIFICATE ABNAHMEPRÜFZEUGNIS według/acc. to/entsprechend EN 10204:2004		Str./Page No./Seite Nr. 2 Nr. dokumentu /Document No. /Bescheinigungsnummer Data dokumentu /Date of issue /Datum der Ausfertigung 17.08.2022								
Zamovitelj /Customer/Besteller		Odbiorca/Consignee/Empfänger										
KRAJ/COUNTRY/LAND: CROATIA		Kraj/Country/Land: Croatia										
Widuj according to/ entsprechend PN-EN 10034:1996+ Apl:1999 PN-EN 10025-2:2019 PN-EN 10365:2017; PN-EN 10163-3:2005		Odobrovanje/ Marking/ Kennzeichnung CELSA H		Znak: zgodnost/ Conformity mark/ Übereinstimmungszeichen								
Stan dostawy/ Cons. of delivery/ Lieferzustand + AR												
Wymiar/Product/Size/ugris/Gabunek/Grade/Stahlsorte Sredn./Diam./Durchmesser/Dug./Length/Länge S235S275 JR+AR IPE240 L.12.1M		Nr wytopu/Heat No./Charge Nr H0578655		Szuki/Pieces/Stöcke 12								
				Waga/Bundles 1								
				Waga/Weight 4.487								
Suma / Total				1								
				4.487								
Analiza wytopowa / Cast analysis / Schmelzenanalyse [%]												
Nr Wytopu/ Heat No/ Charge-Nr	C %	Mn %	Si %	P %	S %	Cu %	Cr %	Ni %	Mo %	V %	Al %	N %
H0578655	0.11	0.87	0.19	0.021	0.022	0.31	0.16	0.10	0.02	0.002	0.0031	0.010
Analiza wytopowa / Cast analysis / Schmelzenanalyse [%]												
Nr Wytopu/ Heat No/ Charge-Nr	CEV %	Ti %	Nb %	Sb %								
H0578655	0.3167	0.001	0.002	0.004								
Deklaracja właściwości użytkowych/Declaration of Performance/Leistungserklärung 08/2020						Dyrektor Jakości/ Quality Manager/S. Klusek						

Slika 76 : Atest materijala

12.3. Izračun unosa topline i temperature predgrijavanja

Za zavarivanje će se koristiti MAG postupak odnosno prema normi HRN EN ISO 1011-1 postupak 135 i izračunati unos topline prilikom zavarivanja. Za izračun unosa topline tijekom zavarivanja potrebno je koristiti formulu za unos topline pri zavarivanju koja glasi:

Jednadžba 1 : Unos topline pri zavarivanju

$$Q = k \cdot \frac{U \cdot I}{v}$$

Gdje je:

Q	kJ/cm	Unos topline pri zavarivanja
k		Toplinska učinkovitost postupka
U	V	Napon zavarivanja
I	A	Struja zavarivanja
v	cm/min	Brzina zavarivanja

Materijal koji se zavaruje je niskolegirani ugljični čelik što znači da unos topline za ovakve vrste čelika iznosi od 22-25 kJ/cm. Pošto se koristi MAG postupak faktor toplinske učinkovitosti postupka prema normi HRN EN ISO 1011-1 iznosi 0,8.

$$Q = 0,8 \cdot \frac{220 \cdot 24}{12} = 21,12 \text{ kJ/cm}$$

Ovo nisu fiksni parametri kojih se mora držati može biti malo odstupanje ali ne smije biti preveliko odstupanje jer mali pomaci u svakom parametru može uzrokovati veliku razliku u unos topline. Za temperaturu predgrijavanja se koristi sljedeća formula:

Jednadžba 2 : Izračun temperature predgrijavanja

$$T_P = 697 \cdot CET + 160 \cdot \tanh\left(\frac{d}{35}\right) + 62 \cdot HD^{0,35} + (53 \cdot CET - 32) \cdot Q - 328$$

Gdje je:

T_P	°C	Temperatura predgrijavanja
CET	%	C-Ekvivalent
d	mm	Debljina zavarivanja
HD	ml/100g	Količina difundiranog vodika
Q	kJ/cm	Unos topline

Prije nego se izračuna temperatura predgrijavanja treba se izračunati C-ekvivalent odnosno CET. Za izračun temperature predgrijavanja treba se znati kemiski sastav materijala a to se nalazi na slici 76. Prema kemiskom sastavu koji je zadan na slici 76 CET se izračunava prema sljedećoj formuli:

Jednadžba 3 : Izračun C-ekvivalenta

$$CE (IIW) = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Cu + Ni}{15}$$

$CE(IIW)$	%	C-Ekvivalent
C	%	Udio ugljika u materijalu
Mn	%	Udio mangana u materijalu
Cr	%	Udio kroma u materijalu
Mo	%	Udio molibdena u materijalu
V	%	Udio vanadija u materijalu
Cu	%	Udio bakra u materijalu
Ni	%	Udio nikla u materijalu

$$CE (IIW) = 0,11 + \frac{0,87}{6} + \frac{0,15 + 0,02 + 0,002}{5} + \frac{0,31 + 0,1}{15} = 0.3167$$

Kad se izračuna C-ekvivalent treba se vratiti u formulu za izračun temperature predgrijavanja:

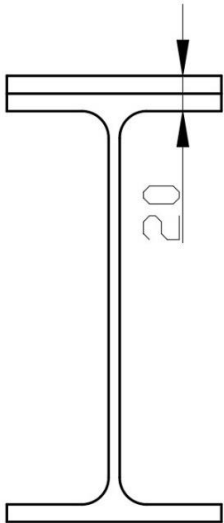
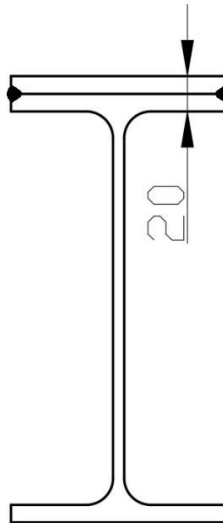
$$T_p = 697 \cdot 0,3167 + 160 \cdot \tanh\left(\frac{20}{35}\right) + 62 \cdot 0.1^{0.35} + (53 \cdot 0.3167 - 32) \cdot 22 - 328 =$$

$$= -14,87^{\circ}\text{C}$$

Rezultat za predgrijavanja materijal je $-14,87^{\circ}\text{C}$ što znači da nema potrebe predgrijavati materijal prije zavarivanja ako je temperatura prostora zavaruje iznad 10°C . Pošto se koristi MAG postupak i puna žica jako je mali unos vodika u zavar materijala što isto doprinosi ovako maloj temperaturi predgrijavanja.

12.4. Specifikacija postupka zavarivanja

Mjesto: Zagreb PQR broj: Proizvođač: Ime firme Ime i prezime zavarivača: Ime Prezime Postupci zavarivanja: 135 Vrsta spoja: Preklopni spoj Pojedinosti pripreme spoja: Nema pripreme	Metoda pripreme i čišćenja: odmašćivanje Specifikacija OM: S275JR Grupa OM: 1.1 (prema normi ISO/TR 20172) Debljina OM: 20 mm Položaj zavarivanja: PC (prema HRN EN ISO 6947:2012)
---	---

Oblikovanje zavarenog spoja	Redosljed zavarivanja
	

Parametri zavarivanja									
Prolaz	Postupak zavarivanja	Promjer dodatnog materijala [mm]	Smjer zavarivanja	Jakost struje I [A]	Napon zavarivanja, U [V]	Vrsta struje i polaritet	Brzina žice [m/min]	Brzina zavarivanja [cm/min]	Unos topline [kJ/cm]
1	135	1.2	PB	220	25	DC +	7	12	21.12

*dozvoljeno odstupanje od navedenih vrijednosti $\pm 10\%$

Dodatni materijal: EZ-SG2 HRN EN ISO14341-A G 42 C/M 3Si1 Zaštitni plin (HRN EN ISO 14175:2008): MAG : M21 (Ar+18% CO ₂)	Protok plina: MAG: q = 12-13 l/min Sušenje dodatnog materijala: Predgrijavanje: Meduprolazna temp.:	Dodatne informacije: 1.Prije zavarivanja ukloniti masnoće s površine 2.Nakon zavarivanja:
---	---	--

13. NERAZORNA ISPITIVANJA ZAVARA PREMA NORMI HRN EN 1090-2

Prema normi 1090-2 ispitivanje zavara prije, tijekom i nakon zavarivanja se mora uključiti u testni plan prema normi EN ISO 3034. Plan pregleda i ispitivanja uključuje vrstu ispitivanja, rutinski pregled i specifična inspekcija i ispitivanje projekta. Plan pregleda i ispitivanja mora identificirati spojeve za specifičnu inspekciju koji će vjerojatno predstavljati poteškoće s ispitivanjem zbog teško dostupnih mjesta. Metode ispitivanja bez razaranja (NDT) odabiru se u skladu s EN ISO 17635 kao osnova za plan pregleda i ispitivanja koji se zahtijeva planom zavarivanja. Nerazorne metode ispitivanja (NDT) s izuzetkom vizualnog pregleda obavljat će osoblje kvalificirano prema EN ISO 9712.

13.1. Pregledi nakon zavarivanja

Dodatna nerazorna ispitivanja zavara općenito se ne smiju izvršavati prije isteka minimalnog vremena nakon zavarivanja koja su prikazana u Tablica 6. Treba također poštivati vremena zadržavanja u Tablica 6 ako je navedeno da se osnovni metal u blizini zone zavarivanja mora pregledati na laminacije nakon zavarivanja.

Za zavare koji zahtijevaju prethodno zagrijavanje, razdoblja pregledavanja zavara poslje zavarivanja će možda biti smanjena. Ako će zavar postati nedostupan naknadnim radovima, potrebno ga je pregledati prije naknadnih radova koji se izvode. Svaki zavar koji se nalazi u zoni u kojoj je ispravljena neprihvatljiva deformacija mora se ponovno pregledati.

Tablica 6 : Prikaz minimalnih vremena prije izvedbe NDT [7]

		Vrijeme držanja (sati)	
Ako se predgrijavanje primjenjuje u skladu s metodom A EN 1011-2:2001, Dodatak C			
Veličina zavora (mm) ^b	Unos topline Q (kJ/mm)	S275-S460	Iznad S460
a ili s ≤ 6	Svi	Samo vrijeme hlađenja	24
6 < a ili s ≤ 12	≤ 3	8	24
	> 3	16	40
a ili s > 12	≤ 3	16	40
	> 3	24	48
Ako se predgrijavanje primjenjuje u skladu s metodom B EN 1011-2:2001, Dodatak C			
Veličina zavora (mm) ^b	S275-S460		Iznad S460
a ili s ≤ 20	Samo vrijeme hlađenja		24
a ili s > 20	24		48
<p>a Vrijeme između završetka zavarivanja i početka NDT-a mora biti navedeno u NDT izvješću. U slučaju "samo vrijeme hlađenja" to će trajati dok se zavar nije dovoljno ohladio za početak NDT-a.</p> <p>b Veličina se odnosi na nazivni veličinu a kutnog zavora ili nominalnu debljinu materijala s punom penetracijom zavora. Za pojedinačne sučeonice zavare s djelomičnom penetracijom mjerodavni kriterij je nazivna dubina zavora a, ali za parove sučeonih zavora s djelomičnom penetracijom koji su zavareni istovremeno to je zbroj nazivnog zavora a.</p>			

13.2. Rutinska ispitivanja i pregledi

Svi zavari moraju biti vizualno pregledani cijelom dužinom. Ako su otkrivene površinske nepravilnosti u zavaru, koriste se površinska ispitivanja penetrantima ili ispitivanjem magnetskim česticama da se utvrde nepravilnosti. Za EXC1, EXC2 i EXC3 zavare, opseg dodatnog NDT-a je kako je navedeno u tablici 7. Za EXC4 zavare opseg dodatnog NDT-a mora biti specificiran u odnosu na svaki identificirani zavar. Opseg NDT-a pokriva i ispitivanje površinskih i volumenskih nesavršenosti ako je primjenjivo. Metode koje će se koristiti za dodatni NDT odabire koordinator za zavarivanje. Nakon što se utvrdi da određeni zavar prema WPS-u zadovoljava zahtjeve kvalitete, zahtijevani opseg dodatnog NDT-a mora biti u skladu s tablicom 7 s daljnjim spojevima zavarenim prema istom WPS-u koji se tretiraju kao jedna serija kontinuiranog pregleda.

Postoci se primjenjuju na opseg dodatnog NDT-a koji se tretira kao kumulativni iznos unutar svake serije zavara odnosno jedne vrste zavara. Postotni opseg ispitivanja (p %) prema tablici 7 definiran je kao dio kontrolne serije prema sljedećim pravilima, osim ako nije drugačije navedeno:

a) svaki zavar u kontrolnoj seriji mora biti ispitan na duljini od najmanje p % pojedinačne duljine. Područje koje se ispituje odabire se nasumično.

b) ako je ukupna duljina svih zavara u kontrolnoj seriji manja od 900 mm, najmanje jedan zavar mora biti testiran u cijeloj dužini bez obzira na p %;

c) ako se kontrolna serija sastoji od nekoliko identičnih zavara čija je pojedinačna duljina manja od 900 mm, nasumično odabranih zavara s minimalnom ukupnom duljinom od p % ukupne duljine svih zavara u tom skupu zavara mora se ispitati u cijeloj njihovoj dužini.

Spojevi za rutinski pregled u skladu s Tablica 7 odabiru se kako bi se osiguralo da uzorkovanje pokriva sljedeće varijable što je moguće šire: vrsta spoja, sastavni stupanj proizvoda, opremu za zavarivanje i rad zavarivača. Opseg inspekcije u tablici 7. odnosi se na proizvodnju zavarivanja na godišnjoj bazi.

Ako je rutinsko ispitivanje proizvodnih zavarenih spojeva u određenoj radionici na godišnjoj bazi dokazano korištenjem elektroničkih metoda praćenja parametara zavarivanja. Time se pokazuje dosljedno prihvatljivu kvalitetu zavarivanja određenog tip (tj. tip spoja, sastavni razred proizvoda i oprema za zavarivanje). Opseg dodatnih NDT pregleda u toj radionici može se smanjiti ispod postotaka navedenih u Tablica 7 na procjenu odgovarajućeg osoblja za koordinaciju zavarivanja, pod uvjetom da tromjesečni program testiranja revizije proizvodnje provedeno i dokumentirano.

Tablica 7 : Dodatna NDT ispitivanja [7]

Vrsta zavara	Radionica i teren		
	EXC1	EXC2	EXC3 ^a
Poprečni sučeoni zavari i sučeoni zavari s djelomičnom penetracijom :	0 % ^b	10 %	20 %
Poprečni sučeoni zavari i zavari s djelomičnim prodiranjem:			
— u križnim zavarima	0 % ^b	10 %	20 %
— u T zavarima	0 %	5 %	10 %
Poprečni kutni zavari c:			
s a > 12 mm ili t > 30 mm	0 %	5 %	10 %
s a < 12 mm i t < 30 mm	0 %	0 %	5 %
Uzdužni zavari s punom penetracijom d između rebra i vrha prirubnica kranških nosača	0 %	10 %	20 %
Ostali uzdužni zavari d, zavari za ukrute i zavari navedeno u izvedbenoj specifikaciji kao zavari u kompresiji	0 %	0 %	5 %
<p>a Za EXC4 opseg u postocima mora biti barem onaj dat za EXC3.</p> <p>b 10 % za takve zavare izvedene u čeliku \geq S420.</p> <p>c Pojmovi a i t odnose se na debljinu grla i najdeblji materijal koji se spaja.</p> <p>d Uzdužni zavari su oni napravljeni paralelno s osi komponente. Svi ostali se smatraju poprečnim zavarima.</p>			

14. ZAVRŠENA KONSTRUKCIJA

Na Slika 77 i Slika 78 je prikazana završena čelična konstrukcija koja je postavljena na objektu. Montaža je bila završena za četiri dana i nije bilo nikakvih poteškoća što se tiče dimenzijskih točnosti u smislu da nešto nije odgovaralo. Jako se dobro vidi na Slika 77 kako je udaljenost između drvenih greda i HEA profila minimalna.



Slika 77 : Prikaz gotove konstrukcije



Slika 78 : Prikaz gotove konstrukcije



Slika 79 : Prikaz gotove konstrukcije



Slika 80 : Prikaz spoja između IPE i HEA profil

Ova minimalna udaljenost između profila i drvenih greda znači da neće trebati na mnogim mjestima stavljati klinove koji su bili projektirani. Na Slika 80 se vide detalj kako su spojeni IPE i HEA profili pomoću L-profila.



Slika 81 : Prikaz spoja između IPE i IPE profila

Slika 81 predstavlja vijčani spoj između dva IPE profila i sada se može vidjeti zašto je pločica s vijcima bila zavarena s gornje strane IPE profila. Kada se profil stavi na poziciju nemoguće je pristupiti ključem s gornje strane profila i zato se pločica zavarila na profil i još su se vijci zavarili na pločicu.

15. ZAKLJUČAK

Cilj diplomskog rada je bio unaprijediti procese izmjere, konstruiranja i izrade tehničke dokumentacije. Pomoću 3D skenera se htjela ubrzati izmjera objekata pošto je stari postupak bio izrazito spor i podložan greškama. Pomoću programa *Advance Steel* se željelo ubrzati samo konstruiranje čeličnih konstrukcija i uvesti parametarsko modeliranje. Parametarsko modeliranje daje mnoge prednosti iz razloga što se može dobiti popis materijala i cijela tehnička dokumentacija. U radu su se prošle sve faze koje su potrebne za izradu čelične konstrukcije a počelo je s izmjerom prostora 3D skenerom, konstruiranja čelične konstrukcije i završeno je izradom tehničke dokumentacije. Zaključci koji se mogu donijeti nakon završenog diplomskog rada su da je 3D skener iznimno ubrzao proces izmjere jer je sustav potpuno automatiziran i operater nema nikakvog utjecaja na ishod izmjere. Nakon nekoličine projekata manipuliranje datotekama je iznimno jednostavno i izrada 3D modela nije ništa kompliciranije nego s prijašnjim uređajem. Treba pripaziti na veličinu datoteka od 3D skenera a primarno se misli na to da su datoteke zauzimaju po 10 - ak GB što znači računalna oprema mora biti adekvatna. Program *Advance Steel* je poprilično kompleksan za naučiti pošto ima jako puno mogućnosti i potpuno je drugačiji princip modeliranja od ostalih CAD programa ali su prednosti jako velike. Najveća prednost je mogućnost automatske generacije kompletne tehničke dokumentacija koja se treba samo malo popraviti. Još jedna velika prednost je što se dobije kompletan popis materijala što je velika ušteda vremena i nema mogućnost i za grešku. U konačnici se može reći da je rad bio uspješan jer su se uspjele napraviti velike uštede vremena uvođenjem 3D skenera i parametarskog modeliranja. Ono što bi bilo jako dobro napraviti za daljni razvoj je povećati preciznost izmjera odnosno u modelu napraviti istraživanje kako dobiti veću preciznost 3D modela. Također bi se trebalo istražiti kako dodatno uštediti vrijeme skeniranja jel se često desi da je velika količina nepotrebnih podataka.

LITERATURA

[1] Podaci o Leica 3D disto pristupljeni: <https://shop.leica-geosystems.com/buy/3d-disto/3d-disto>

[2] Podaci o Trimble X7 skeneru: <https://geospatial.trimble.com/products-and-solutions/trimble-x7>

[3] Podaci o algoritmima izrade mreže iz oblaka točaka:
http://www.open3d.org/docs/release/tutorial/geometry/surface_reconstruction.html

[4] Izvor za ručnu izradu 3D modela: <https://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2020/ENU/3DSMax-Modeling/files/GUID-49CE0ACB-1345-4D50-B6E5-361DBFDB5B33-htm.html>

[5] Izvor za BIM programe: <https://bimcorner.com/ultimate-bim-software-list-for-bim-coordinators/>

[6] Izvor za direktno i parametarsko modeliranje:
<https://www.ptc.com/en/blogs/cad/parametric-vs-direct-modeling-which-side-are-you-on>

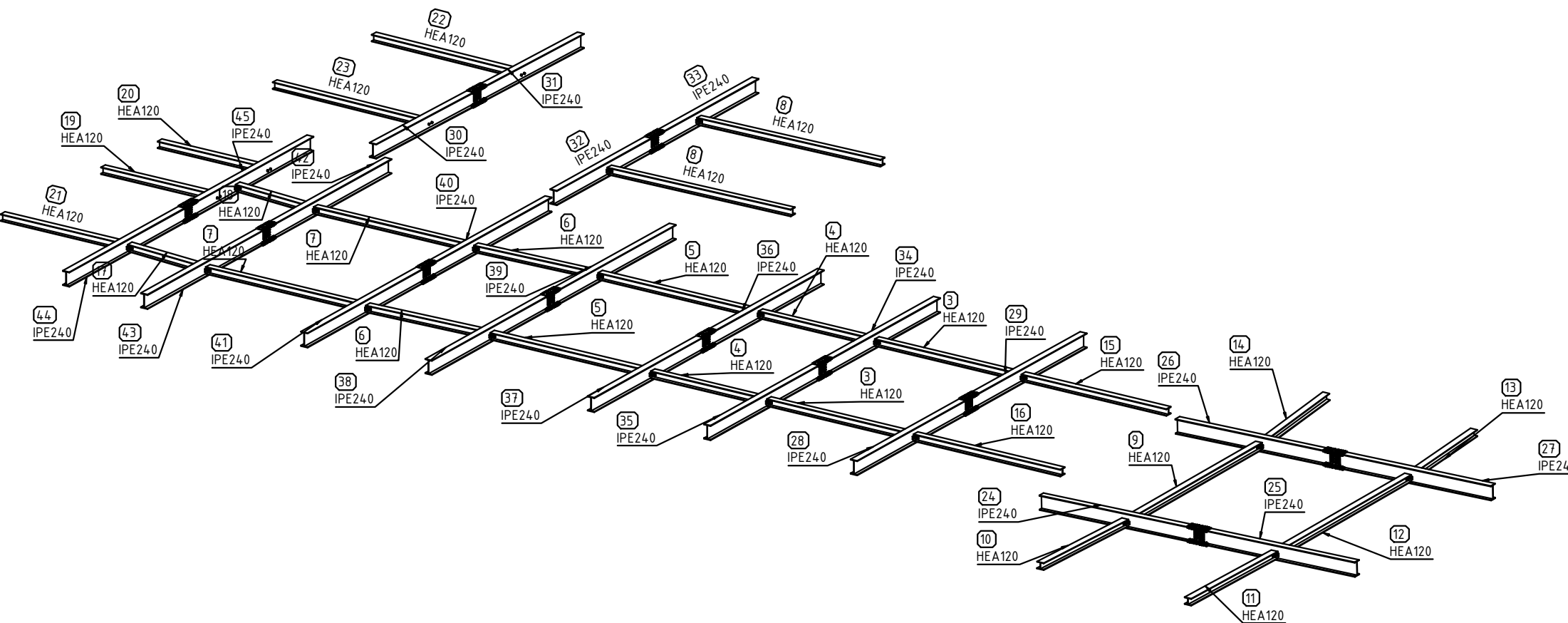
[7] Norma EN 1090-2_2018

[8] Izvor za šta se koriste 3D skeneri: <https://matterandform.net/blog/what-are-3d-scanners-used-for>

[9] Norma HRN EN 1011_2009

PRILOZI

I. Tehnička dokumentacija



	NASLOV	ČELIČNA KONSTRUKCIJA
	RADNI NALOG	R.N.
	MATERIJAL	ČELIK S275JR
	ZAVRŠNA OBRADA	TEMELJNA BOJA
	NACRT IZRADIO	FILIP ŽULJ
	List:	1/1
	Datum:	28.09.2022