

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

**Dražen Dervišević**

Zagreb, 2013.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

**ZAVRŠNI RAD**

Mentor:

Prof. dr. sc. Mario Štorga, dipl. ing.

Student:

Dražen Dervišević

procesno-energetski, konstrukcijski, brodostrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student:

Mat. br.:

Naslov rada na  
hrvatskom jeziku:

Naslov rada na  
engleskom jeziku:

Opis zadatka:

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datumi obrane:

Zadatak zadao:

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Igor Balen

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

Zahvaljujem se svome mentoru, dr.sc. Mariu Štorgi na ukazanom povjerenju, strpljenju, te danim savjetima i uputama.

Dražen Dervišević

**SADRŽAJ**

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	III
POPIS TABLICA.....	V
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE .....	VI
POPIS OZNAKA .....	VII
SAŽETAK.....	IX
1.UVOD .....	1
2. REZANJE STAKLA .....	3
2.1 Ručno rezanje stakla.....	3
2.2 Strojno rezanje stakla .....	6
3. ANALIZA POSTOJEĆIH RJEŠENJA .....	7
3.1 Domaće tržište.....	7
3.2 Svjetsko tržište .....	7
3.3 Muyen BV TV170x220/320 Monaco, prema [2].....	8
3.4 Macotec HAND CUT , prema [3] .....	9
3.5 Metalcraft Air float manual tilt table, prema [4] .....	10
3.6 Usporedba analiziranih stolova .....	12
3.7 Patenti .....	13
3.7.1 Patent broj EP 1911556 B1, prema [5] .....	13
3.7.2 Patent broj US 5211092 A, prema [6] .....	14
3.7.3 Patent broj EP 1654200 B1, prema [7] .....	15
4. TEHNIČKA SPECIFIKACIJA.....	16
4.1 Maksimalne dimenzije staklene plohe .....	16
4.2 Minimalna potrebna radna površina stola .....	16

4.3 Potreban pretlak zraka.....	17
4.4 Potreban podtlak.....	19
4.5 Tablični prikaz tehničke specifikacije.....	22
5. FUNKCIJSKA DEKOMPOZICIJA .....	23
6. MORFOLOŠKA MATRICA .....	25
7. KONCEPTUALNA RJEŠENJA.....	26
7.1 Koncept 1 .....	26
7.2 Koncept 2 .....	27
7.3 Vrednovanje koncepata .....	28
8. KONSTRUKCIJSKA RAZRADA .....	29
8.1 Poračun konstrukcije stola .....	29
8.2 Proračun oslonaca stola.....	33
8.3 Proračun mehanizma za naginjanje.....	35
8.4 Odabir sapnica i vakuum zdjelica .....	39
8.5 Proračun puhala/vakuum pumpe .....	41
8.6 Odabir perifernih uređaja .....	45
9. KONAČAN IZGLED STOLA ZA REZANJE STAKLA (UZ MANIPULIRANJE ZRAČNOM STRUJOM) .....	47
10. ZAKLJUČAK .....	50
11. LITERATURA.....	51
12. PRILOG .....	53

**POPIS SLIKA**

Slika 1.	Laminirano staklo .....	2
Slika 2.	Dijamantni rezač stakla .....	3
Slika 3.	Rezač stakla sa kotačićem.....	3
Slika 4.	Podmazivanje umakanjem .....	4
Slika 5.	Podmazivanje iz spremnika .....	4
Slika 6.	Stol za ručno rezanje stakla, prema [2] .....	5
Slika 7.	Numerički upravljana obradna stanica, prema [3] .....	6
Slika 8.	Numerički upravljan stol, prema [3].....	6
Slika 9.	Muyen Monaco, prema [2].....	8
Slika 10.	Muyen Monaco – nagnuti položaj, prema [2].....	8
Slika 11.	Macotec HAND CUT, prema [3].....	9
Slika 12.	Metalcraft Air float manual tilt table, prema [4].....	10
Slika 13.	Metalcraft Air table, prema [4] .....	11
Slika 14.	Patent EP 1911556 B1, prema [5].....	13
Slika 15.	Patent US 5211092 A, prema [6] .....	14
Slika 16.	Patent EP 1654200 B1, prema [7].....	15
Slika 17.	Potrebna radna površina.....	16
Slika 18.	Impuls sile puhala .....	17
Slika 19.	Impuls sile vakuma .....	19
Slika 20.	Funkcijska dekompozicija.....	24
Slika 21.	Koncept 1 .....	26
Slika 22.	Koncept 2 .....	27
Slika 23.	Opterećenje stola.....	29
Slika 24.	Pravokutni profil, prema [8] .....	31
Slika 25.	Konstrukcija stola-CAD model.....	32
Slika 26.	Brauer 118904854, [prema 9] .....	34

Slika 27.	Shematski prikaz kinematike radne plohe .....	35
Slika 28.	Dijagram ovisnosti udaljenosti x i kuta $\alpha$ .....	35
Slika 29.	Linearni aktuator LINAK LA36, prema [10].....	37
Slika 30.	Okvir radne plohe-CAD model.....	38
Slika 31.	Sapnica FESTO LPZ-SD, prema [11].....	39
Slika 32.	Vakuum zdjelica FESTO VAS-40-1/8-SI-B, prema [11].....	40
Slika 33.	Dijagram ovisnosti pretlaka puhalo/vakuum pumpe i broja sapnica .....	41
Slika 34.	Dijagram ovisnosti podtlaka puhalo/vakuum pumpe i broja vakuum zdjelica .....	42
Slika 35.	Raspored sapnica i vakuum zdjelica po radnoj plohi.....	43
Slika 36.	Puhalo/vakuum pumpa IN-ECO INW 520 H46, prema [12].....	44
Slika 37.	FESTO VTUB, prema [11].....	45
Slika 38.	FESTO VABM, prema [11].....	46
Slika 39.	Stol za rezanje stakla (uz manipuliranje zračnom strujom) .....	47
Slika 40.	Stol za rezanje stakla-nagnuti položaj.....	48
Slika 41.	Stol za rezanje stakla-stražnji pogled.....	49
Slika 42.	Stol za rezanje stakla.....	50

**POPIS TABLICA**

Tablica 1.	Svojstva stakla, prema [1] .....	1
Tablica 2.	Tehnički podaci stola Macotec HAND CUT, prema [3].....	9
Tablica 3.	Tehnički podaci Metalcraft stolova, prema [4] .....	10
Tablica 4.	Usporedba stolova .....	12
Tablica 5.	Tehnička specifikacija.....	22
Tablica 6.	Morfološka matrica .....	25
Tablica 7.	Vrednovanje koncepata .....	28
Tablica 8.	Karakteristike poprečnog presjeka pravokutnog profila, prema [8] .....	31
Tablica 9.	Tehničke karakteristike oslonca BRAUER 118904854, prema [9] .....	34
Tablica 10.	Tehničke karakteristike LINAK LA36, prema [10].....	37
Tablica 11.	Tehničke karakteristike FESTO LPZ-SD, prema [11].....	39
Tablica 12.	Tehničke karakteristike FESTO VAS-40-1/8-SI-B, prema [11].....	40
Tablica 13.	Tehničke karakteristike IN-ECO INW 520 H46, prema [12] .....	44
Tablica 14.	FESTO VTUB, prema [11] .....	45
Tablica 15.	FESTO VABM, prema [11].....	46

## POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

DD-8/13-001	Stol za rezanje stakla
DD-8/13-002	Okvir stola
DD-8/13-003	Okvir radne plohe
DD-8/13-004	Oslonac linearног aktuatora
DD-8/13-005	Oslonac radne plohe
DD-8/13-006	Oslonac okvira radne plohe
DD-8/13-007	Horizontalni nosač 1450
DD-8/13-008	Poprečna noga
DD-8/13-009	Horizontalni nosač 910
DD-8/13-010	Vertikalni nosač
DD-8/13-011	Navojna čahura
DD-8/13-012	Nosač pumpe-1
DD-8/13-013	Nosač pumpe-2
DD-8/13-014	Nosač linearног aktuatora
DD-8/13-015	Profil okvira radne plohe 1608
DD-8/13-016	Profil okvira radne plohe 1408
DD-8/13-017	Ukruta okvira radne plohe
DD-8/13-018	Radna ploha
DD-8/13-019	Gumeni oslonac
DD-8/13-020	Osovina oslonca linearног aktuatora
DD-8/13-021	Osovina oslonca radne plohe
DD-8/13-022	Bočni lim oslonca linearног aktuatora
DD-8/13-023	Baza oslonca linearног aktuatora
DD-8/13-024	Bočni lim oslonca radne plohe
DD-8/13-025	Baza oslonca radne plohe

## POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
$A_{pot}$	mm <sup>2</sup>	potreban poprečni presjek nosača
$F_{LA}$	N	sila u vretenu linearog aktuatora
$F_n$	N	normalna sila na podlogu
$F_{tr}$	N	sila trenja
$F_{uk}$	N	ukupna sila na četiri oslonca
$G_K$	N	težina konstrukcije stola
$G_R$	N	sila rezanja stakla
$G_{RP}$	N	težina radne plohe
$G_s$	N	težina stakla maksimalnih dimenzija iznosi
$I_{RP}$	kgm <sup>2</sup>	moment inercije radne plohe i stakla
$I_v$	N	Impuls sile stvoren vakuumom
$M_A$	Nmm	moment savijanja horizontalnog nosača
$M_B$	Nmm	moment savijanja vertikalnog nosača
$V_s$	m <sup>3</sup>	volumen stakla maksimalnih dimenzija
$W_{pot}$	mm <sup>3</sup>	potreban moment otpora presjeka nosača
$m_{RP}$	kg	masa radne plohe
$m_s$	kg	masa stakla maksimalnih dimenzija
$n_s$		broj sapnica na radnoj plohi
$n_{VZ}$		broj vakuum zdjelica
$p_p$	N/mm <sup>2</sup>	pretlak puhala
$p_v$	N/mm <sup>2</sup>	podtlak vakuum pumpe
$\rho_s$	kg/m <sup>3</sup>	gustoća stakla
$\sigma_{dop}$	mm <sup>2</sup>	dopušteno tlačno naprezanje
$\tau_{dop}$	N/mm <sup>2</sup>	dopušteno naprezanje na savijanje
$D$	mm	promjer sapnice za zrak
$n$	s <sup>-1</sup>	brzina rotacije radne plohe
$X$	mm	promjer kružnice koja se može upisati u minimalnu radnu površinu
$x$	mm	udaljenost okretnog oslonca linearog aktuatora od okretnog oslonca radne plohe
$\alpha$	°	kut nagiba radne plohe
$A$	mm <sup>2</sup>	površina sapnice za zrak
$I$	N	impuls sile puhala
$S$		faktor sigurnosti

$T$	Nm	potreban moment za pokretanje radne plohe
$a$	mm	širina radne plohe
$d$	mm	promjer vakuumske zdjelice
$t$	s	vrijeme ubrzanja
$v$	mm/s	brzina linearnog aktuatora
$\mu$		koeficijent trenja površine

**SAŽETAK**

U ovom završnom radu prikazana je analiza tržišta, koncipiranje, konstrukcijska razrada i detaljiranje stola za rezanje stakla uz manipuliranje zračnom strujom. Tekstom zadatka završnog rada određene su maksimalne dimenzije staklene plohe 600 x 1200 mm i ručno rezanje kao način obrade.

Konačan rezultat završnog rada je računalni 3D model proizvoda i tehnička dokumentacija koji su priloženi radu.

## 1.UVOD

Staklo ima različita područja primjene, te se koristi građevinarstvu, elektroničkoj, farmaceutskoj, prehrambenoj industriji, za izradu instrumenata ili ukrasnih predmeta. Kao materijal staklo ne možemo naći u prirodi, a zbog svojih karakteristika (čvrstoća, inertnost, prozirnost i biološka neaktivnost) danas ima raširenu primjenu. Osnovne sirovine za dobivanje stakla su:

-soda ( $Na_2CO_3$ )

-vapnenac ( $CaCO_3$ )

-kvarcni pijesak ( $SiO_2$ )

Staklo dobivamo taljenjem osnovnih sirovina, a kako bi se uštedilo na energiji potrebnoj za taljenje kvarcnog pijeska (talište  $1700^\circ C$ ), osnovnim sirovinama se dodaju razne primjese kako bi se smanjila temperatura taljenja te kako bi se postigla odgovarajuća svojstva stakla. S obzirom na područje primjene i zahtjeve razlikujemo:

- obično staklo – rabi se za izradu prozorskih stakala, stakleno posuđe i ogledala
- kristalno staklo – ima veliki indeks loma svjetlosti, te se rabi pri izradi leća, kristalnih čaša i dr.
- vatrostalno staklo – neosjetljivo je na promjene temperature i kemijske reakcije, pa se zbog tih svojstava rabi za izradu opreme za kemijske laboratorije
- kvarcno staklo – otporno je na nagle promjene temperature te propušta ultraljubičasto zračenje zbog čega primjenu nalazi u kemijskim laboratorijima i kvarcnim svjetiljkama.

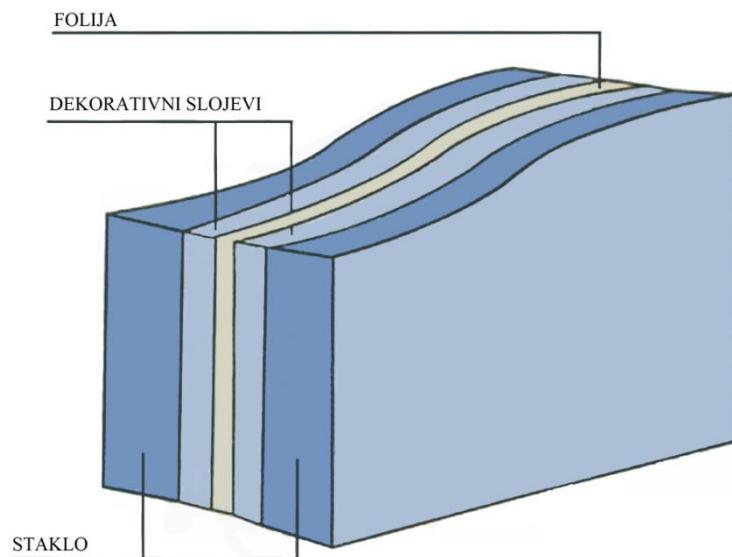
Tablica 1. Svojstva stakla, prema [1]

Tlačna čvrstoća	$400 \div 1300 \text{ N/mm}^2$
Vlačna čvrstoća	$30 \div 90 \text{ N/mm}^2$
Temperatura taljenja	$1300^\circ \div 1500^\circ C$

Daljnja obrada stakla ovisi o području primjene. Nakon rezanja tj. oblikovanja stakla najčešći postupci obrade su kaljenje i laminiranje.

Kaljenje stakla podrazumijeva zagrijavanje stakla do granice plastičnosti (cca.  $600^{\circ}\text{C}$ ) i zatim njegovo naglo hlađenje hladnim zrakom. Ovim postupkom postiže se povećana otpornost na udarce, čvrstoću na savijanje, zaštitu od ozljedivanja. Kaljeno staklo će se u trenutku loma raspršiti na sitne zaobljene komadiće koji neće moći ozljediti čovjeka.

Laminiranje stakla se također provodi radi povećanja čvrstoće i sigurnosti stakla. Laminiranje je postupak spajanja dvije ili više staklenih ploča posebnim folijama koje mogu biti prozirne ili obojene. Prilikom pucanja staklo se ne raspada na komadiće već ostaje zalijepljeno za foliju. Čvrstoća laminiranog stakla mijenja se s brojem staklenih ploča, njihovom debljinom i debljinom folije. Laminirana stakla se koriste za podna ostakljenja, krovna ostakljenja, te pročelja.



Slika 1. Laminirano staklo

## 2. REZANJE STAKLA

### 2.1 Ručno rezanje stakla

Staklo je čvrst, ali lako lomljiv materijal. Kako bi se staklo pravilno rezalo za to moramo koristiti tvrde materijale koji će u staklu napraviti tanak zarez koji će predstavljati oslabljenje u materijalu, te će kod lomljenja stakla upravo na mjestu zareza doći do puknuća stakla. Rezači stakla su prikazani na slici 2 i slici 3, tj. to su alati u obliku olovke, koji na vrhu imaju reznu oštricu. Kao rezna oštrica koristio se dijamant, zbog svoje visoke tvrdoće, ali je zbog visoke cijene i krhkosti (ukoliko bi došlo da nehotičnog pada oštrica je neupotrebljiva) danas zamijenjen rezačem stakla sa kotačićem. Kotačić se izrađuje od tvrdog metala, najčešće cementiranog karbida (eng. widia).



Slika 2. Dijamantni rezač stakla



Slika 3. Rezač stakla sa kotačićem

Pri rezanju stakla potrebno je omogućiti podmazivanje oštice alata. To podmazivanje ne mora biti obilno, već toliko da osigura lagano klizanje oštice alata po staklu. Podmazivanje oštice

alata se ostvaruje umakanjem oštice alata u mazivo ili se u dršci rezača nalazi spremnik ulja iz kojega se mazivo odlijeva na oštricu alata, kao što je prikazano na slici 4.



Slika 4. Podmazivanje umakanjem



Slika 5. Podmazivanje iz spremnika

Nakon zarezivanja stakla rezačem staklo se lomi klijestima. Rezanje se obavlja na radnom stolu prikazanom na slici 6., koji mora biti ravan a njegova površina mora biti prekrivena nekom vrstom tkanine kako bi se osiguralo staklo od oštećenja i spriječilo pomicanje stakla pri rezanju. Visina stola mora biti prilagođena osobi koja će se služiti radnim stolom, a ostale dimenzije stola ovise o potrebama staklara.



Slika 6. Stol za ručno rezanje stakla, prema [2]

## 2.2 Strojno rezanje stakla

Kako bi se olašalo rezanje velikih staklenih površina sve su više u uporabi velike numeričko upravljljane (CNC) obradne stanice prikazane na slici 7. Za rezanje manjih staklenih površina koriste se numerički upravljanji (CNC) stolovi koji je prikazan na slici 8. Za rezanje stakla se koriste glave sa različitim alatima ovisno o obliku reza. U upotrebi su rezači izrađeni od cementiranog karbida (eng. widia), ali danas sve više ulazi u uporabu rezanje stakla vodenim mlazom. Radi lakše manipulacije velikim staklenim površinama radni stolovi su opremljeni uređajem za stvaranje zračnog jastuka čime se izbjegava kontakt staklene površine i radnog stola. Kako bi se veće staklene plohe mogle postaviti na radni stol dizalicom stolovi su opremljeni hidrauličkim ili pneumatskim uređajima koji omogućuju naginjanje stola.



Slika 7. Numerički upravljana obradna stanica, prema [3]



Slika 8. Numerički upravljan stol, prema [3]

### **3. ANALIZA POSTOJEĆIH RJEŠENJA**

Analiza postojećih rješenja na tržištu je u ovom radu bila orijentirana na stolove za ručno rezanje stakla. Ovom analizom obuhvaćeni su i poluautomatski stolovi, za koje se utvrdilo da nude određene tehnološke iskorake u odnosu na stolove za ručno rezanje stakla.

#### **3.1 Domaće tržište**

Na domaćem tržištu ne postoji proizvođač stolova specijaliziranih za rezanje stakla. Tvrte poput „B.P. Metal Glas d.o.o.“, „PROMGLAS d.o.o.“ i „STAKLO-MONT d.o.o.“ vodeće su tvrtke na području Hrvatske u ponudi opreme za obradu stakla. Navedene tvrtke su zastupnici vodećih svjetskih proizvođača opreme za obradu stakla.

#### **3.2 Svjetsko tržište**

Za razliku od domaćeg tržišta, na svjetskom tržištu postoji mnogo tvrtki kojima je primarna djelatnost proizvodnja pribora, stolova kao i automatiziranih postrojenja za obradu stakla. Neki od vodećih proizvođača stolova za rezanje stakla su „CMS Glass Machinery“, „S&K Glass Machinery Co., Ltd.“, „Muyen BV“, „Bottero Glass Technologies“, „Macotec“, „GMS Glass Machinery Solutions Ltd.“, te „Metalcraft Engineering Company Ltd.“.

### 3.3 Muyen BV TV170x220/320 Monaco, prema [2]

Ovaj stol ima mogućnost podešavanja nagiba radne plohe. Podešavanje nagiba obavlja se putem papučice na okviru stola i ručnom silom. Idealan je za obradu malih ili srednje velikih staklenih površina. Radna površina je prekrivena protukliznom tkaninom. Ovakav tip stola predstavlja najosnovniji radni stol za rezanje stakla bez ikakvih tehnoloških pomagala.



Slika 9. Muyen Monaco, prema [2]



Slika 10. Muyen Monaco – nagnuti položaj, prema [2]

### 3.4 Macotec HAND CUT , prema [3]

Stol HAND CUT tvrtke Macotec je stol za ručno rezanje pravilnih oblika stakla. Pomoću mosta pričvršćenog na stolu moguće je vrlo precizno voditi rezač, a postojanje vodilica mosta omogućava djelomičnu automatizaciju. Dizanje ili spuštanje radne površine obavlja se putem hidraulike, a mjere pozicije rezača tj. mosta se prikazuju na dva digitalna zaslona. Veliki tehnički iskorak u odnosu na predhodno obrađeni tip stola za rezanje stakla predstavlja zračni jastuk koji olakšava pomicanje staklene površine. Zračnim jastukom se upravlja pomoću pedala, a kako bi se olakšalo lomljenje stakla stol je opremljen letvama za lomljenje stakla koje su također upravljane pedalama.



Slika 11. Macotec HAND CUT, prema [3]

Tablica 2. Tehnički podaci stola Macotec HAND CUT, prema [3]

Tehnički podaci	HAND CUT 3	HAND CUT 4
Dimenzije rezanja	3300 x 2600 mm	4500 x 2600 mm
Debljina stakla	2÷12 mm	2÷12 mm
Točnost rezanja	±0,3 mm	±0,3 mm
Instalirana snaga	4 kW, 380 V, 50 HZ	4 kW, 380 V, 50 HZ
Težina	1300 kg	1700 kg
Dimenzije stola	4260 x 3340 mm	5460 x 3340 mm
Letve za lomljenje stakla	2	3
Podizanje	hidraulično	hidraulično

### 3.5 Metalcraft Air float manual tilt table, prema [4]

Stol Metalcraft 3M x 2M Air float manual tilt table je stol za ručno rezanje stakla. Kako bi se olakšalo postavljanje staklene plohe na stol moguće je stol nagnuti. Naginjanje stola obavlja se ručno. Za olakšano manipuliranje staklenom površinom stol je opremljen puhalom za stvaranje zračnog jastuka. Radna površina stola prekrivena je protukliznom tkaninom. Ovaj tip stola predstavlja univerzalni radni stol za obradu stakla jer se može koristiti kao stol za obradu, lomljenje ili prijenos stakla do obradne linije.



Slika 12. Metalcraft Air float manual tilt table, prema [4]

Tablica 3. Tehnički podaci Metalcraft stolova, prema [4]

Tehnički podaci	Air float manual tilt table	Air table
Dimenzije stola	3 x 2 m	3,9 x 3,9 m
Debljina stakla	1÷6 mm	1÷6 mm
Instalirana snaga	jedno 750CFM puhalo	jedno 750CFM puhalo
Letve za lomljenje	ne	3
Podizanje	ručno	hidraulično

Stol Metalcraft Air table, čiji su tehnički podaci navedeni u tablici 3., je stol približnih karakteristika kao i Metalcraft Air float manual tilt table. Najveća razlika je u načinu naginjanja radne površine stola. Za razliku od modela Air float manual tilt table model Air table radnu površinu naginja pomoću hidrauličnih cilindara. Uz povećane dimenzije stola dodane su i pneumatske letve za lomljenje stakla.



Slika 13. Metalcraft Air table, prema [4]

### 3.6 Usporedba analiziranih stolova

Tablica 4. Usporedba stolova

	Muyen Monaco	Macotec HAND CUT 3	Macotec HAND CUT 4	Metalcraft Air float manual tilt table	Metalcraft Air table
Dimenzije stola	1700 x 3200	4260 x 3340	4500 x 2600	3000x2000	3900x3900
Debljina stakla	-	2÷12 mm	2÷12 mm	1÷6 mm	1÷6 mm
Instalirana snaga	-	4 kW, 380 V, 50 HZ	4 kW, 380 V, 50 HZ	jedno 750CFM puhalo	jedno 750CFM puhalo
Težina	cca. 150 kg	1300 kg	1700 kg	-	-
Letve za lomljenje stakla	Ne	2	3	Ne	3
Način naginjanja stola	Ručno	Hidraulično	Hidraulično	Ručno	Hidraulično

### 3.7 Patenti

Prikazanim patentima objasnit će se porijeklo određenih tehničkih rješenja koja su korištena u izradi proizvoda opisanih u poglavljima 3.3, 3.4 i 3.5.

#### 3.7.1 Patent broj EP 1911556 B1, prema [5]

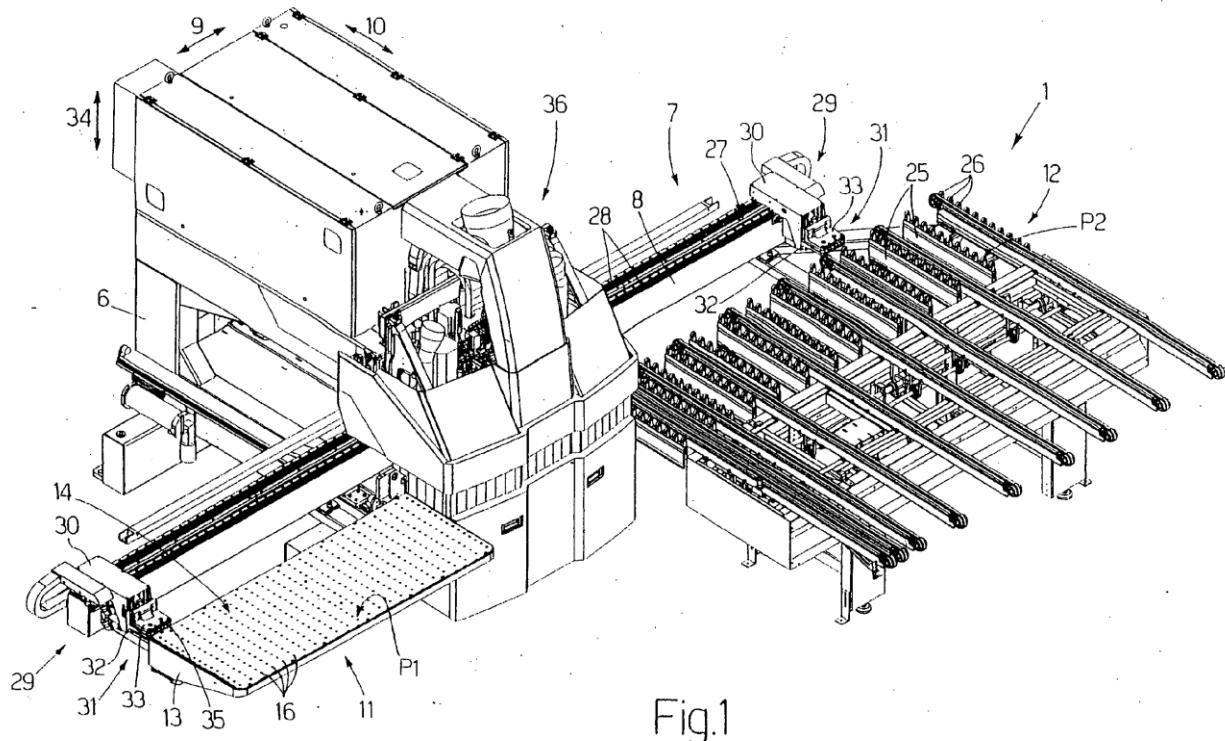


Fig.1

Slika 14. Patent EP 1911556 B1, prema [5]

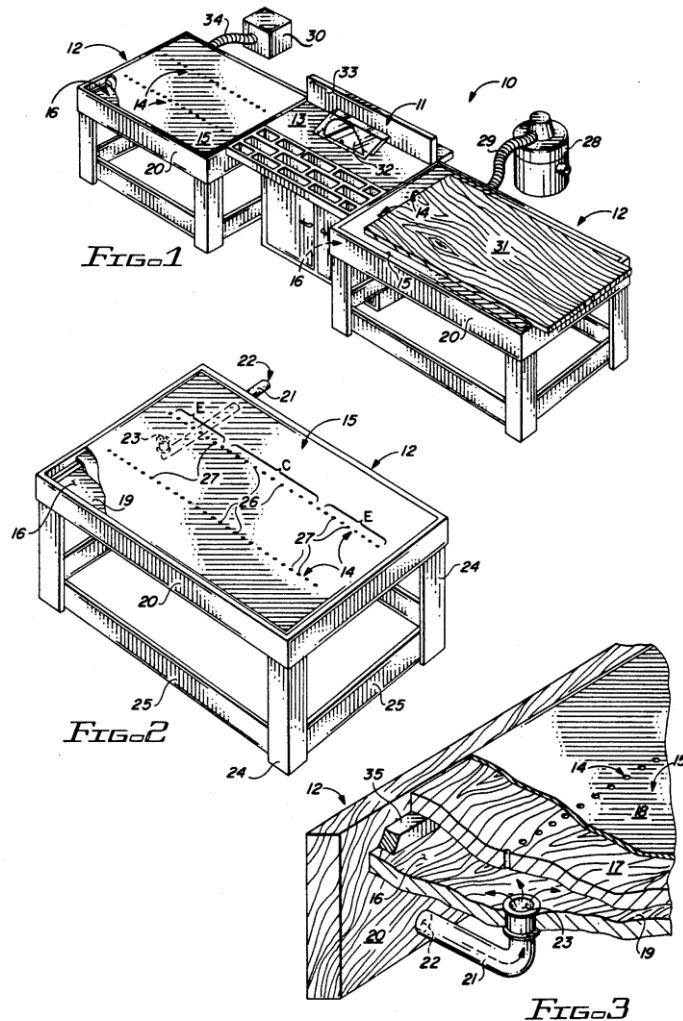
Uređaj opisan patentom EP 1911556 B1 i prikazan slikom 14 je stoj za obradu drvenih panela ili panela izrađenih od materijala sličnih karakteristika. Najveći napredak u odnosu na ostale slične strojeve je uporaba niskotlačnog kompresora te njegova uporaba za stvaranje zračnog jastuka. Zračni jastuk se stvara na osloncu (P1), kako bi se moglo manipulirati drvenim panelom gotovo bez učinka trenja. Drveni panel se zatim premješta na konvejer (30) i zatim se translatira do obradne stanice (6). Nakon obrade konvejer (30) translatira obrađeni panel do oslonca sa valjcima (P2).

## 3.7.2 Patent broj US 5211092 A, prema [6]

U.S. Patent

May 18, 1993

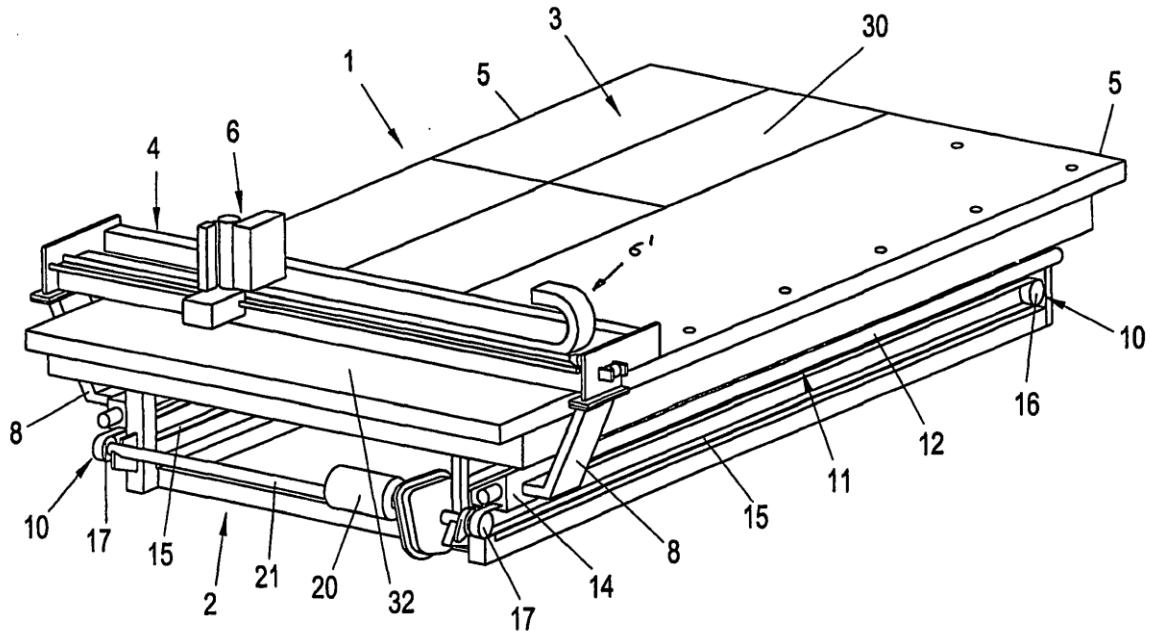
5,211,092



Slika 15. Patent US 5211092 A, prema [6]

Uređaj opisan patentom US 5211092 A, prikazan slikom 15, je stol za rezanje drva kružnom pilom. Potporni stolovi (12) služe kao oslonci za ploče materijala, dok se na stolu (13) materijal reže kružnom pilom (32). Potporni stolovi (12) služe se kompresorom kako bi stvorili zračni jastuk i omogućili pomicanje materijala bez učinka trenja. Stol za rezanje (13) je spojen na vakuum pumpu koja osigurava nepomičnost materijala ukoliko materijal zahtjeva dodatnu obradu.

**3.7.3 Patent broj EP 1654200 B1, prema [7]**



**FIG. 1**

Slika 16. Patent EP 1654200 B1, prema [7]

Patentom EP1654200 B1, prikazan slikom 16, zaštićen je stol za rezanje stakla sa vodilicom alata(4). Staklo se postavlja na radnu površinu (32) a potom se reže alatom koji se postavlja u nosač alata (6). Motor (20) pomiciće vodilicu alata (4) dok nosač alata (6) ima poseban pogon. Kako bi se olakšalo postavljanje stakla na radnu površinu (32) istu je moguće nagnuti. Na ovom stolu nije omogućeno olakšano manipuliranje staklenom površinom niti osiguranje stakla od pomicanja vakuumom.

## 4. TEHNIČKA SPECIFIKACIJA

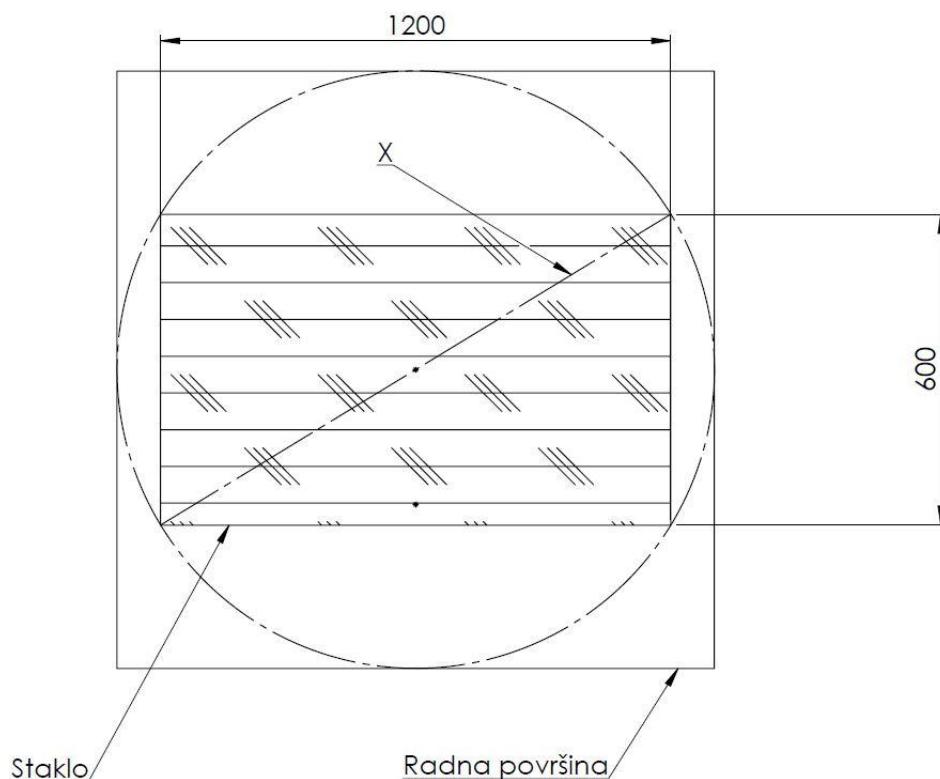
Kako bi mogli pristupiti postupku generiranja koncepata a u konačnici konstrukcijski razraditi naš proizvod potrebno je odrediti parametre koji će utjecati na daljnji razvoj proizvoda. U ovom poglavlju obrađuju se karakteristike koje moraju biti zadovoljene u svakom konceptualnom rješenju.

### 4.1 Maksimalne dimenzije staklene plohe

Tekstom završnog zadatka zadane su maksimalne dimenzije staklene plohe 600 x 1200 mm.

### 4.2 Minimalna potrebna radna površina stola

Minimalna potrebna radna površina stola odredit će se prema maksimalnim dimenzijama staklene plohe. Minimalna radna površina je ona na kojoj se maksimalna staklena ploha može nesmetano rotirati. Na slici 18 prikazana je maksimalna staklena ploha i minimalna radna površina.



Slika 17. Potrebna radna površina

Iz slike 18. slijedi

$$X = \sqrt{1200^2 + 600^2} \approx 1342 \text{ mm}, \quad (1)$$

gdje je

$X$  - promjer kružnice koja se može upisati u minimalnu radnu površinu.

Iz (1) izvodimo minimalne dimenzije pravokutne radne površine  $1342 \times 1342$  mm.

#### 4.3 Potreban pretlak zraka

Kako bi stvorili zračni jastuk po kojem će se gotovo bez trenja pomicati staklena ploha potrebno je ispod staklene plohe stvoriti struju zraka. Struja zraka stvara se puhalom. Kako bi se odabralo primjerenou puhalo potrebno je izračunati potrebni pretlak puhalo. Puhalo će morati podići masu stakla koja iznosi

$$m_s = V_s \cdot \rho_s = 1.2 \cdot 0.6 \cdot 0.01 \cdot 2800 = 20.16 \text{ kg ,} \quad (2)$$

gdje je

$V_s$  - volumen stakla maksimalnih dimenzija,

$\rho_s = 2400 \dots 2800 \text{ kg/m}^3$  – gustoća stakla, prema [7].

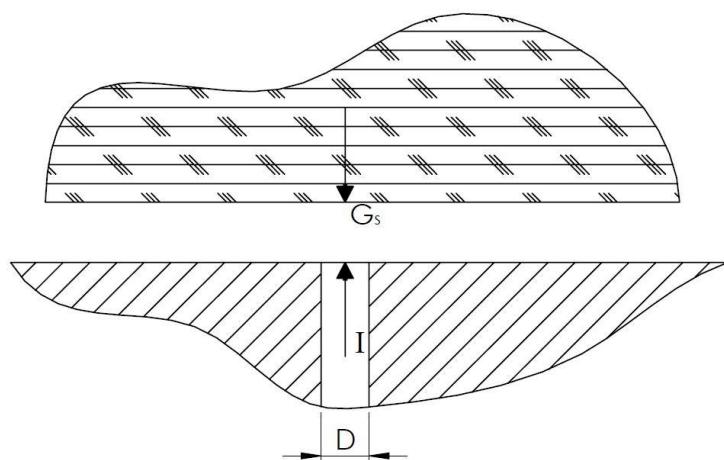
Ukupna težina stakla maksimalnih dimenzija iznosi

$$G_s = m_s \cdot g = 20.16 \cdot 9.81 \approx 200 \text{ N ,} \quad (3)$$

gdje je

$m_s$  - masa stakla maksimalnih dimenzija,

$g$  – ubrzanje zemljine sile teže.



Slika 18. Impuls sile puhalo

Slika 19. prikazuje statičku ravnotežu težine stakla maskimalnih dimenzija (3) i impulsa sile puhala.

Impuls sile puhala se računa iz izraza

$$I = p_p \cdot A , \quad (4)$$

gdje je

$p_p$  - pretlak puhala,

$A$  - površina sapnice za zrak.

Površina sapnice za zrak računa se prema izrazu

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} , \quad (5)$$

gdje je

$D$  – promjer sapnice za zrak.

Kako bi se stvorio zračni jastuk između staklene plohe i stola, impuls sile puhala u  $n$  sapnica mora biti veći od težine stakla

$$n_S \cdot I \geq G_s , \quad (6)$$

gdje je

$n_S$  - broj sapnica na radnoj plohi,

$I$  - impuls sile puhala,

$G_s$  - težina stakla maksimalnih dimenzija

Uvrštavanjem izraza (5) u izraz (4) dobiva se izraz

$$I = p_p \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} . \quad (7)$$

Uvrštavanjem izraza (7) u izraz (6) dobiva se izraz

$$p_p \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \geq G_s . \quad (8)$$

Nakon sređivanja izraza (8) dobiva se konačan izraz za potreban pretlak puhala

$$p_p \geq \frac{4 \cdot G_s}{\pi \cdot D^2 \cdot n_s}, \quad (9)$$

gdje je

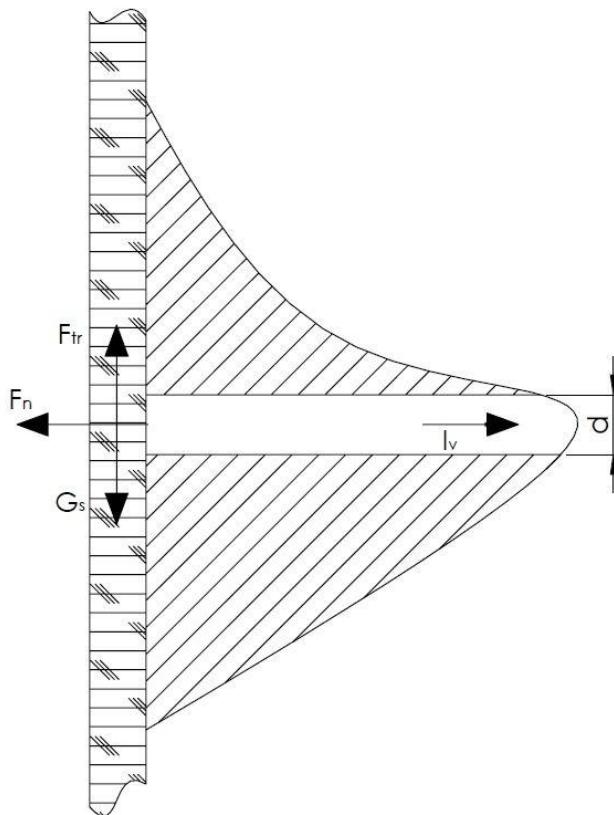
$G_s$  - težina stakla maksimalnih dimenzija,

$D$  - promjer sapnice za zrak,

$n_s$  - broj sapnica na radnoj plohi.

#### 4.4 Potreban podtlak

U tekstu završnog zadatka se kao rješenje za pridržavanje stakla prilikom rezanja navodi stvaranje vakuma. Najveći vakuum biti će potreban kada je stol u potpunosti nagnut tj. kada je radna površina zakrenuta za  $90^\circ$  u odnosu na tlo.



Slika 19. Impuls sile vakuuma

Kako bi se osiguralo dobro držanje staklene plohe sila trenja mora biti veća od težine stakla maksimalnih dimenzija

$$F_{tr} \geq G_s, \quad (10)$$

gdje je

$F_{tr}$  - sila trenja,

$G_s$  – težina stakla maksimalnih dimenzija (brojčana vrijednost preuzeta iz izraza (3)).

Sila trenja računa se prema izrazu

$$F_{tr} = \mu \cdot F_n , \quad (11)$$

gdje je

$F_n$  – normalna sila na podlogu,

$\mu$  - koeficijent trenja površine.

Impuls sile stvoren vakuumom u  $n$  vakuum zdjelica računa se prema izrazu

$$I_v = n_{VZ} \cdot p_v \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} , \quad (12)$$

gdje je

$p_v$  - podtlak vakuum pumpe,

$n_{VZ}$  - broj vakuum zdjelica,

$d$  - promjer vakumske zdjelice.

Iz uvjeta statičke ravnoteže sa slike 20. dobiva se izraz za normalnu silu na podlogu

$$F_n = I_v = n_{VZ} \cdot p_v \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} . \quad (13)$$

Uvrštavanjem izraza (13) u izraz (11) dobiva se izraz za silu trenja

$$F_{tr} = \mu \cdot n_{VZ} \cdot p_v \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} . \quad (14)$$

gdje je

$\mu$  – koeficijent trenja površine,

$n_{VZ}$  - broj vakuum zdjelica,

$p_v$  - podtlak vakuum pumpe,

$d$  - promjer vakumske zdjelice.

Uvrštavanjem izraza (14) u izraz (10) dobiva se izraz

$$\mu \cdot n_{VZ} \cdot p_v \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \geq G_s , \quad (15)$$

gdje je

$\mu$  – koeficijent trenja površine,

$n_{VZ}$  - broj vakuum zdjelica,

$p_v$  - podtlak vakuum pumpe,

$d$  - promjer vakuumske zdjelice,

$G_s$  - težina stakla maksimalnih dimenzija.

Nakon provođenja osnovnih matematičkih operacija izraz (15) prelazi u konačan izraz za podtlak vakuum pumpe

$$p_v \geq \frac{4 \cdot G_s}{\mu \cdot n_{VZ} \cdot \pi \cdot d^2} , \quad (16)$$

gdje je

$G_s$  - težina stakla maksimalnih dimenzija,

$\mu$  – koeficijent trenja površine,

$n_{VZ}$  - broj vakuum zdjelica,

$d$  - promjer vakuumske zdjelice.

#### 4.5 Tablični prikaz tehničke specifikacije

U tablici 6. prikazana je tehnička specifikacija proizvoda kojeg se mora razraditi. Parametri navedeni u tablici 6. moraju se ispoštovati u svim konceptualnim rješenjima i predstavljaju zahtjeve na proizvod.

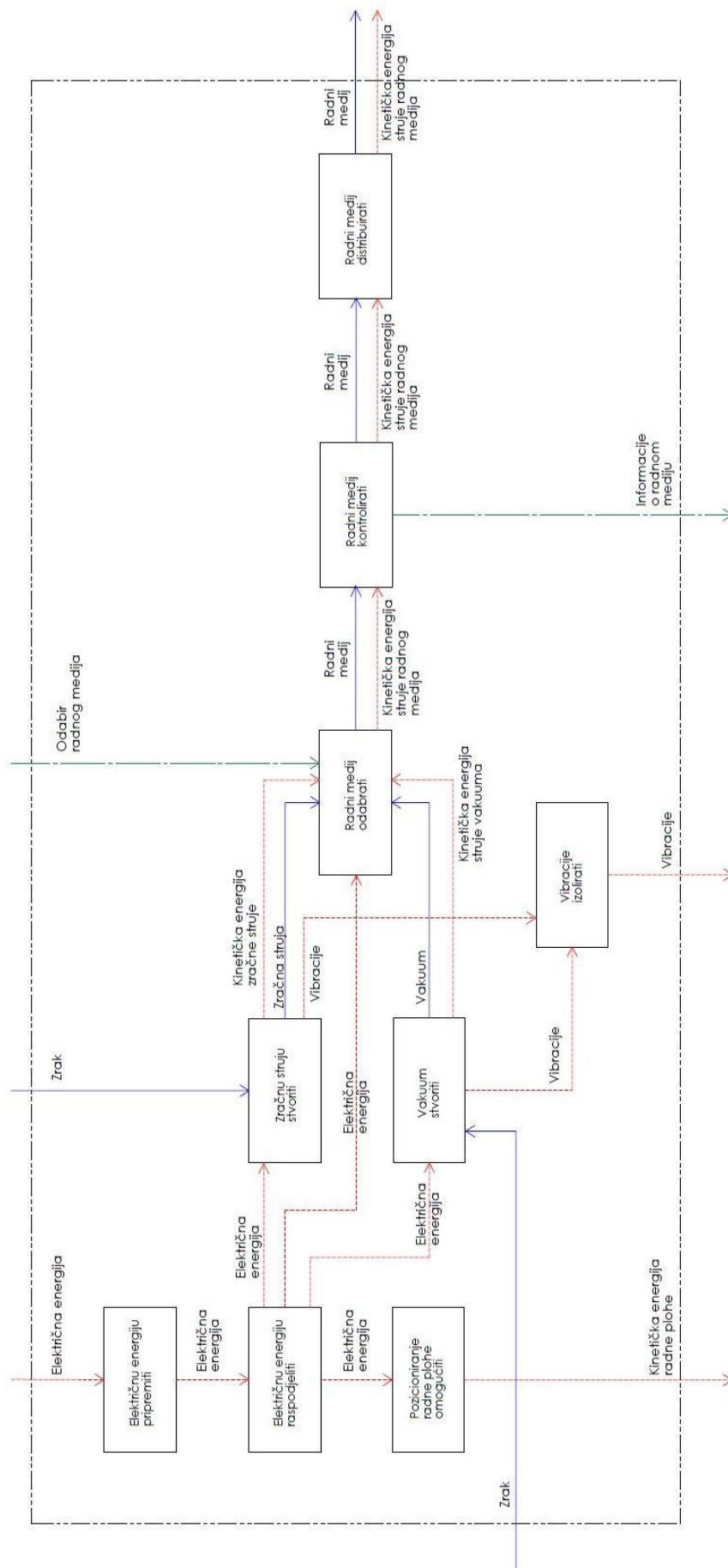
Tablica 5. Tehnička specifikacija

Maksimalne dimenzije staklene plohe	1200 x 600 mm
Minimalna radna površina stola	1342 x 1342 mm
Potreban pretlak zraka	$p_p \geq \frac{4 \cdot G_s}{\pi \cdot D^2 \cdot n_s}$
Potreban podtlak	$p_v \geq \frac{4 \cdot G_s}{\mu \cdot n_{VZ} \cdot \pi \cdot d^2}$

## 5. FUNKCIJSKA DEKOMPOZICIJA

U prethodno prikazanoj tehničkoj specifikaciji definirani su zahtjevi korisnika na novi proizvod, dok funkcijskom dekompozicijom definiramo funkcije koje novi proizvod mora obavljati.

Tekstom zadatka završnog rada manipulacija staklenom plohom definirana je kao glavna funkcija stola. Kako bi se omogućila manipulacija staklenom plohom bez ogrebotina potrebno je stvoriti zračnu struju dok je za pridržavanje staklene plohe potrebno stvoriti vakuum. Nakon stvaranja zračne struje i vakuma iste je potrebno distribuirati. Pri stvaranju radnog medija (zračne struje i vakuma) troši se električna energija koju je potrebno pravilno raspodijeliti, te se generiraju vibracije koje je potrebno izolirati.



Slika 20. Funkcijska dekompozicija

## 6. MORFOLOŠKA MATRICA

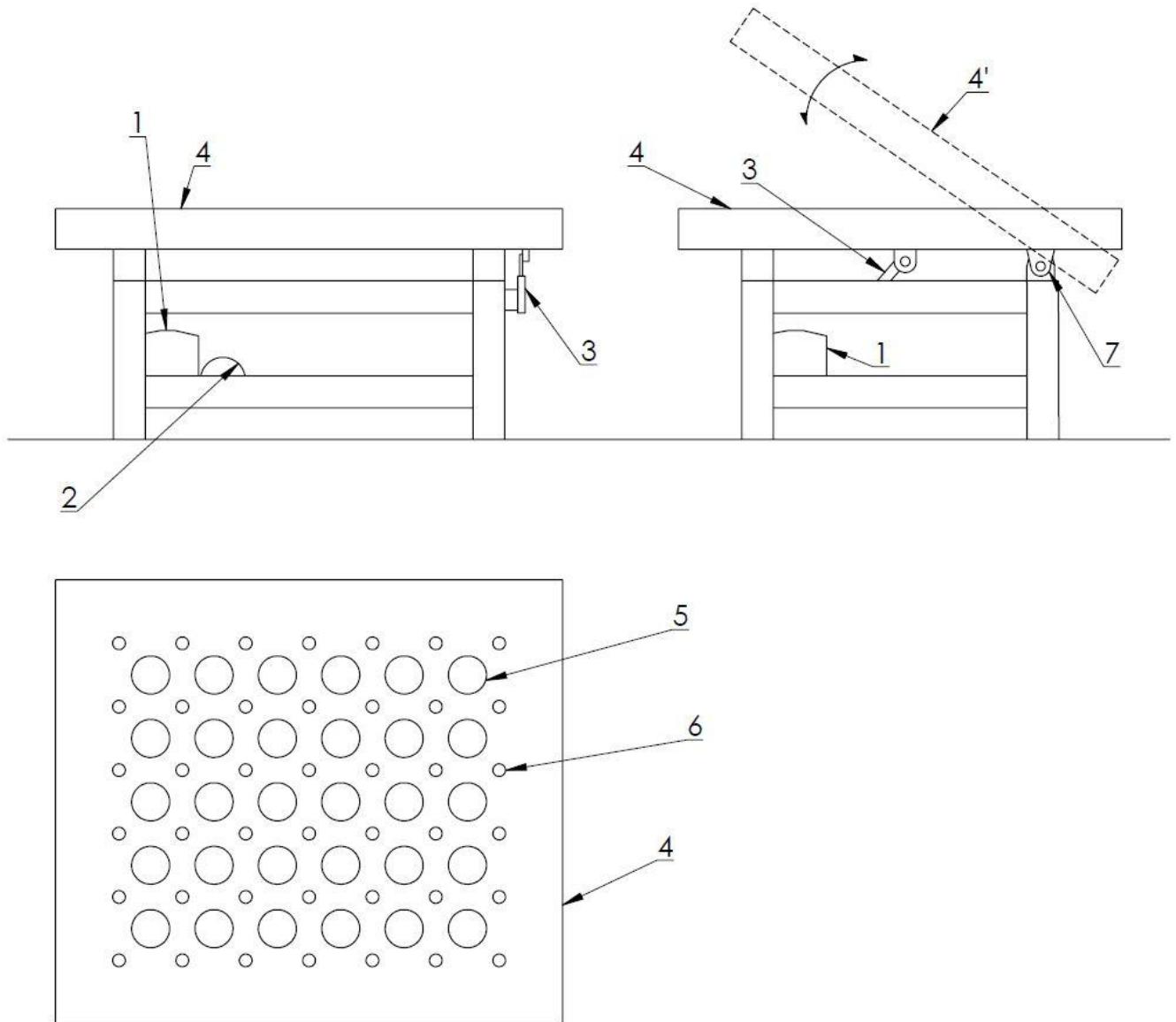
Tablica 6. Morfološka matrica

Redni broj funkcije	Funkcija	Rješenja		
1	Električnu energiju pripremiti	pretvarač napona		
2	Električnu energiju raspodjeliti	električni razdjelnik		
3	Pozicioniranje radne plohe omogućiti	linearni aktuator	hidraulični cilindar	ručna sila
4	Zračnu struju stvoriti	membransko puhalo	rootovo puhalo	puhalo/vakuum pumpa
5	Vakuum stvoriti	klipna pumpa	puhalo/vakuum pumpa	
6	Radni medij odabratи	mehanički ventil	pneumatski ventil	pneumatski elektromagnetski upravljeni ventil
7	Radni medij kontrolirati	manometar/vakuummetar	mjerač protoka	
8	Radni medij distribuirati	sapnica za puhanje i vakuumská zdjelica		
9	Vibracije izolirati	prigušivač vibracija	gumeni oslonci	

 Koncept 1  
 Koncept 2

## 7. KONCEPTUALNA RJEŠENJA

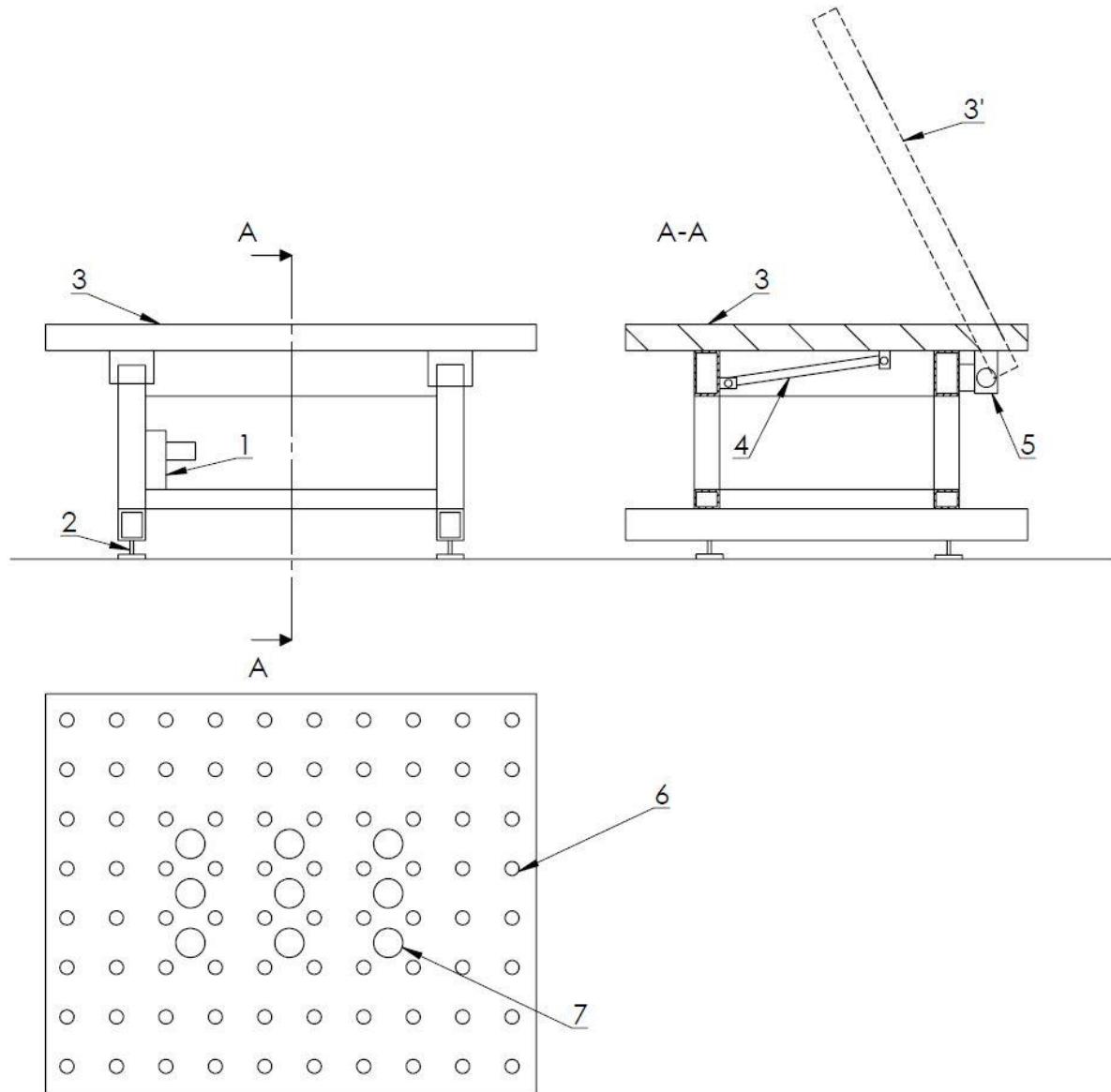
### 7.1 Koncept 1



Slika 21. Koncept 1

U konceptu 1, prikazanom na slici 21, prikazan je stol za rezanje stakla uz manipuliranje zračnom strujom. Stol se može naginjati oko oslonca (7) tj. radna površina (4) se može dovesti u nagnuti položaj (4') putem hidrauličnog cilindra (3). Kako bi se omogućio siguran prihvati stakla isto je moguće prihvati vakuumskim zdjelicama (5) koje se nalaze na radnoj površini stola (4). Vakuum stvara vakuum pumpa (2). Stol također omogućava olakšanu manipulaciju stakлом uz pomoć zračne struje. Zračna struja stvara se pomoću membranskog puhalja (1) a distribuirala se pomoću sapnica (6).

## 7.2 Koncept 2



Slika 22. Koncept 2

Koncept 2, prikazan na slici 22, prikazuje stol za rezanje stakla uz manipulaciju zračnom strujom. Za razliku od koncepta 1, prikazanog na slici 21, koncept 2 koristi puhalo/vakuum pumpu (1) za stvaranje zračne struje i vakuma. Puhalo/vakuum pumpa (1) proizvodi zračnu struju ili vakuum ovisno o tome koji ulaz u puhalo/vakuum pumpu je aktiviran. Aktiviranje određenih ulaza određuje se putem pneumatskih elektromagnetskih ventila. Distribuiranje zračne struje obavlja se preko sapnica (6) dok se vakuumsko pridržavanje obavlja putem vakuumskih zdjelica (7). Naginjanje radne površine (3) obavlja se linearnim aktuatorom (4) oko oslonca (5). Stol je oslonjen na podesive oslonce (2) kako bi se mogla osigurati horizontalnost radne površine (3).

### 7.3 Vrednovanje koncepata

Vrednovanje koncepata prikazano je u tablici 7, prema kriterijima važnim korisniku. Nakon međusobnog vrednovanja koncepata odabrat će se koncept koji će se dalje konstrukcijski razraditi.

Tablica 7. Vrednovanje koncepata

	Koncept 1	Koncept 2
Brzina naginjanja radne površine	-	+
Točnost pozicioniranja radne površine	+/-	+
Otpornost uređaja na vanjske utjecaje	+	+
Kompleksnost izvedbe stola	+/-	+/-
$\Sigma$	1+	3+

Kao podloga za daljnju konstrukcijsku razradu odabire se koncept 2 prikazan slikom 22.

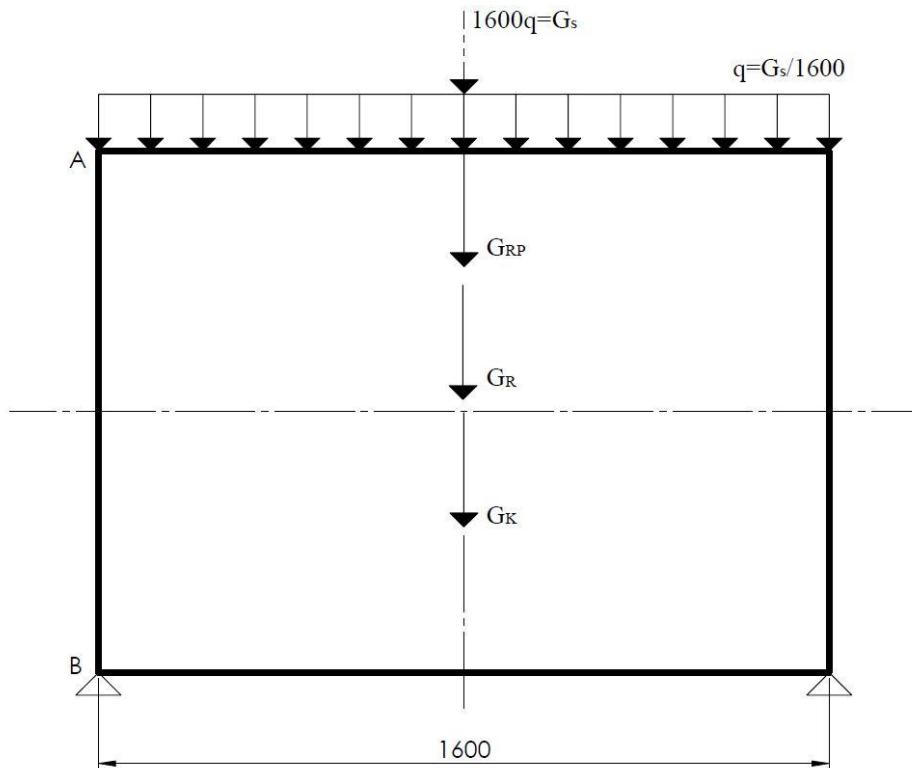
## 8. KONSTRUKCIJSKA RAZRADA

Konstrukcijskom razradom detaljirat će se koncept 2 prikazan slikom 22 koji je vrednovan u tablici 7. Pri konstrukcijskoj razradi potrebno je koristiti što je moguće više standardnih sklopova, dok će nestandardni dijelovi biti potkrepljeni potrebnim proračunom.

### 8.1 Poračun konstrukcije stola

Stol će biti opterećen težinom stakla, težinom radne plohe i silom kojom će se rezati staklo.

Opterećenja stola prikazana su slikom 23.



Slika 23. Opterećenje stola

Moment savijanja horizontalnog nosača računa se prema izrazu

$$M_A = \left( \frac{G_s}{2} + \frac{G_R}{2} + \frac{G_{RP}}{2} + \frac{G_K}{2} \right) \cdot \frac{1600}{2} = \left( \frac{200}{2} + \frac{500}{2} + \frac{400}{2} + \frac{700}{2} \right) \cdot \frac{1600}{2} = 630000 \text{ Nmm}, \quad (17)$$

gdje je

$G_s = 200 \text{ N}$  - težina stakla (brojčana vrijednost preuzeta iz izraza 3),

$G_R \approx 500 \text{ N}$  - sila rezanja stakla (prepostavljena vrijednost),

$G_K = 700 \text{ N}$  - težina konstrukcije stola (orientacijska vrijednost),

$G_{RP} \approx 400 \text{ N}$  - težina radne plohe (prepostavljena vrijednost).

Potrebne karakteristike presjeka horizontalnog nosača odredit će se prema izrazu

$$\tau_{dop} > \frac{M_A}{W_{pot}} \cdot S \rightarrow W_{pot} > \frac{M_A}{\tau_{dop}} \cdot S = \frac{630000}{110} \cdot 1.3 = 7445.45 \text{ mm}^3, \quad (18)$$

gdje je

$M_A$  - moment savijanja horizontalnog nosača (brojčana vrijednost preuzeta iz izraza 17),

$\tau_{dop} = 110 \text{ N/mm}^2$  - dopušteno naprezanje na savijanje za S235JR (Č.0361) (prema [1]),

$S = 1.3$  - faktor sigurnosti (pretpostavljena vrijednost),

$W_{pot}$  - potreban moment otpora presjeka nosača.

Vertikalni nosač opterećen je na tlak i savijanje. Potrebne dimenzije nosača s obzirom na tlačno naprezanje određuju se prema izrazu

$$\sigma_{dop} > \frac{G_s + G_R + G_{RP} + G_K}{A_{pot}} \cdot S \rightarrow A_{pot} > \frac{G_s + G_R + G_{RP} + G_K}{\sigma_{dop}} \cdot S = \frac{200 + 500 + 400 + 700}{120} \cdot 1.3 = 19.5 \text{ mm}^2, \quad (19)$$

gdje je

$G_s = 200 \text{ N}$  - težina stakla (brojčana vrijednost preuzeta iz izraza 3),

$G_R \approx 500 \text{ N}$  - sila rezanja stakla (predpostavljena vrijednost),

$G_{RP} \approx 400 \text{ N}$  - težina radne plohe (predpostavljena vrijednost),

$G_K = 700 \text{ N}$  - težina konstrukcije stola (orientacijska vrijednost),

$S = 1.3$  - faktor sigurnosti (predpostavljena vrijednost),

$A_{pot}$  - potreban poprečni presjek nosača,

$\sigma_{dop} = 120 \text{ N/mm}^2$  - dopušteno tlačno naprezanje za S235JR (Č.0361) (prema [1]).

Dimenzije vertikalnog nosača s obzirom na savojno opterećenje određuju se prema izrazu

$$\tau_{dop} > \frac{M_B}{W_{pot}} \cdot S \rightarrow W_{pot} > \frac{M_B}{\tau_{dop}} \cdot S = \frac{630000}{110} \cdot 1.3 = 7445.45 \text{ mm}^3, \quad (20)$$

gdje je

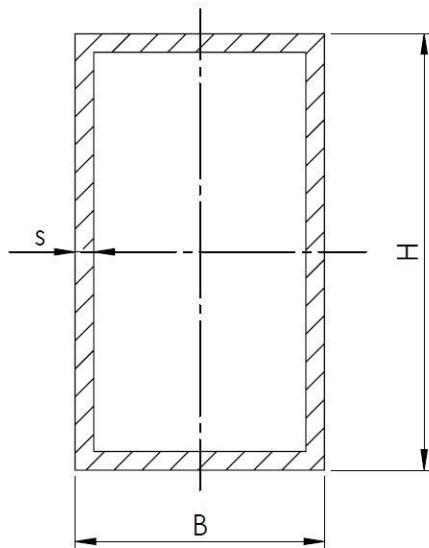
$M_B = M_A$  - moment savijanja vertikalnog nosača (brojčana vrijednost preuzeta iz izraza 17),

$\tau_{dop} = 110 \text{ N/mm}^2$  - dopušteno naprezanje na savijanje za S235JR (Č.0361) (prema [1]),

$S = 1.3$  - faktor sigurnosti (pretpostavljena vrijednost),

$W_{pot}$  - potreban moment otpora presjeka nosača.

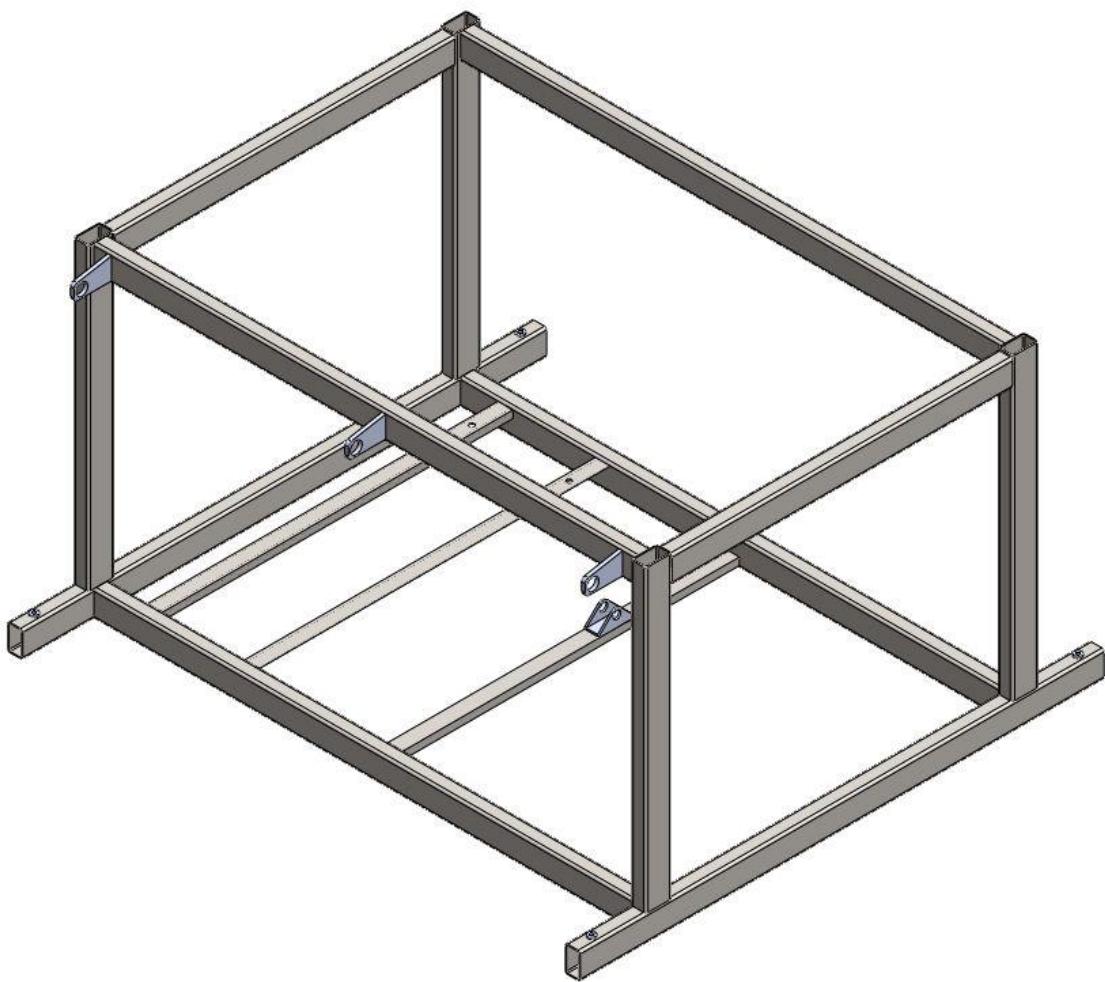
Prema izrazima (18), (19) i (20) odabran je pravokutni profil prikazan na slici 24, karakteristika poprečnog presjeka prikazanim u tablici 8, prema [8]. Odabrani profil višestruko premašuje zahtjeve proračuna, ali je odabran zbog povećanja krutosti konstrukcije stola.



Slika 24. Pravokutni profil, prema [8]

Tablica 8. Karakteristike poprečnog presjeka pravokutnog profila, prema [8]

Pravokutni profil 70 x 40 x 3	
H	70 mm
B	40 mm
s	3 mm
A	624 mm <sup>2</sup>
W	11445.48 mm <sup>3</sup>
Specifična masa	4.44 kg/m



Slika 25. Konstrukcija stola-CAD model

## 8.2 Proračun oslonaca stola

Konstrukcija stola oslanjat će se na podesive oslonce. Četiri oslonca moraju izdržati tlačno naprezanje uslijed težine stakla, težine radne plohe, sile rezanja stakla i težine konstrukcije stola. Ukupna sila koja opterećuje oslonce određuje se izrazom

$$F_{uk} = G_s + G_R + G_{RP} + G_K = 200 + 500 + 400 + 700 = 1800 \text{ N}, \quad (21)$$

gdje je

$G_s = 200 \text{ N}$  - težina stakla (brojčana vrijednost preuzeta iz izraza 3),

$G_R \approx 500 \text{ N}$  - sila rezanja stakla (predpostavljena vrijednost),

$G_{RP} \approx 400 \text{ N}$  - težina radne plohe (predpostavljena vrijednost),

$G_K = 700 \text{ N}$  - težina konstrukcije stola (orientacijska vrijednost),

$F_{uk}$  - ukupna sila na četiri oslonca.

Potreban poprečni presjek jednog oslonca određuje se iz izraza

$$\sigma_{dop} > \frac{F_{uk}}{4 \cdot A_{pot}} \cdot S \rightarrow A_{pot} > \frac{F_{uk}}{4 \cdot \sigma_{dop}} \cdot S = \frac{1600}{4 \cdot 120} \cdot 1.3 = 4.875 \text{ mm}^2, \quad (22)$$

gdje je

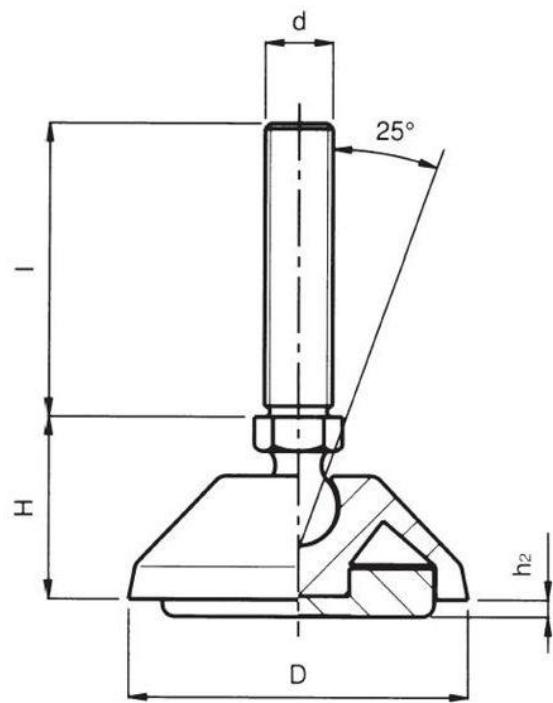
$F_{uk} = 1800 \text{ N}$  - ukupna sila koja opterećuje oslonce (vrijednost preuzeta iz izraza 21),

$S = 1.3$  - faktor sigurnosti (predpostavljena vrijednost),

$A_{pot}$  - potreban poprečni presjek oslonca,

$\sigma_{dop} = 120 \text{ N/mm}^2$  - dopušteno tlačno naprezanje za S235JR (Č.0361) (prema [1]).

Prema izrazu (22) odabran je oslonac BRAUER 118904854 prikazan na slici 26 tehničkih karakteristika prikazanih u tablici 9.



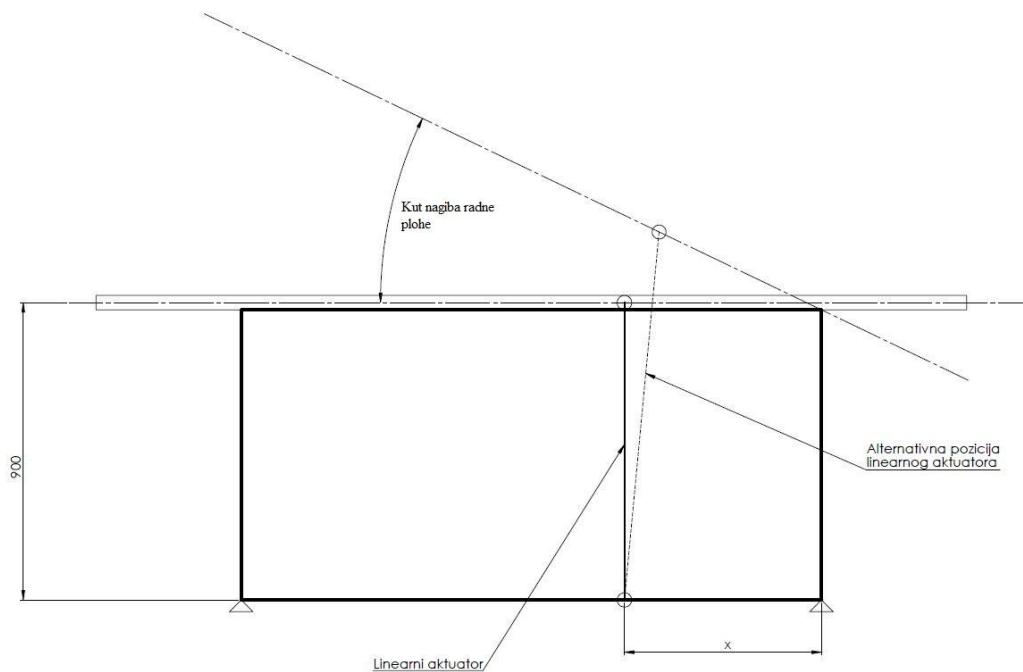
Slika 26. Brauer 118904854, [prema 9]

Tablica 9. Tehničke karakteristike oslonca BRAUER 118904854, prema [9]

Brauer 118904854	
D	40 mm
H	22 mm
l	70 mm
d	M10
$h_2$	3 mm

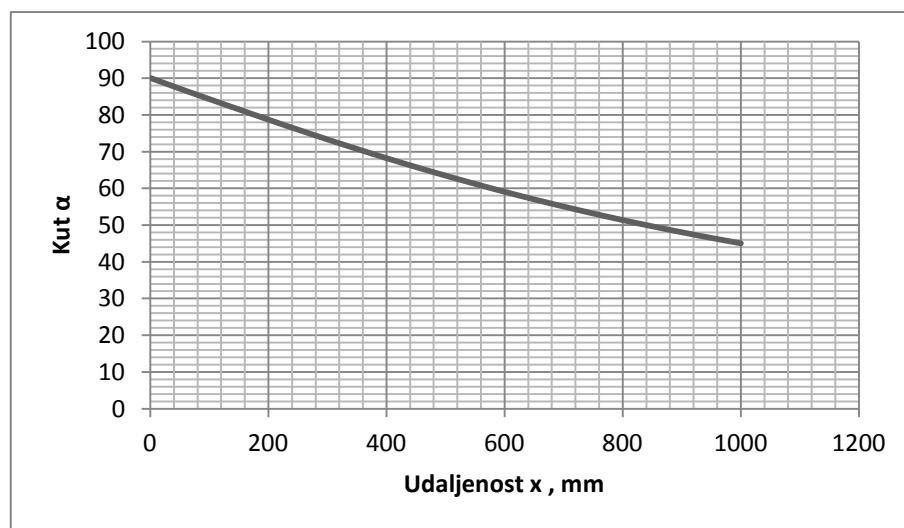
### 8.3 Proračun mehanizma za naginjanje

Konceptom je predviđeno naginjanje radne plohe linearnim aktuatorom. Upotreba linearnog aktuatora omogućuje preciznije i brže naginjanje radne plohe u odnosu na hidraulični cilindar. Visina radne plohe je približno 900 mm pa se prema toj dimenziji odabire hod aktuatora 600 mm. Na slici 27 shematski je prikazano gibanje radne plohe.



Slika 27. Shematski prikaz kinematike radne plohe

Ovisno o udaljenosti  $x$  okretnog oslonca linearnog aktuatora od okretnog oslonca radne plohe radna ploha se može nagnuti za kut nagiba radne plohe  $\alpha$ . Ovisnost udaljenosti  $x$  i kuta  $\alpha$  prikazana dijagramom na slici 28.



Slika 28. Dijagram ovisnosti udaljenosti  $x$  i kuta  $\alpha$

Stol je predviđen za ručno rezanje stakla a samim tim i ručno postavljanje stakla na radnu površinu pa nije potrebno naginjanje radne plohe veće od  $80^\circ$ . Iz dijagrama sa slike 28 odabire se udaljenost  $x = 300$  mm kao orijentacijska vrijednost za smještaj okretnog oslonca linearog aktuatora. Linearni aktuator mora svladati moment inercije radne plohe i stakla koji je opisan izrazom

$$I_{RP} = \frac{m_{RP} + m_S}{12} \cdot a^2 = \frac{50 + 20.16}{12} \cdot 1.4^2 = 11.46 \text{ kgm}^2, \quad (23)$$

gdje je

$m_{RP} = 50$  kg - masa radne plohe (predpostavljena vrijednost),

$m_S = 20.16$  kg - masa stakla (vrijednost preuzeta iz izraza 2),

$a = 1400$  mm - širina radne plohe.

Brzina rotacije radne plohe određuje se prema izrazu

$$n = \frac{\frac{v}{x}}{2\pi} = \frac{\frac{0.1}{0.3}}{2\pi} = 0.053 \text{ s}^{-1}, \quad (24)$$

gdje je

$v = 100$  mm/s - brzina linearog aktuatora (predpostavljena vrijednost),

$x = 300$  mm - udaljenost okretnog oslonca linearog aktuatora od okretnog oslonca radne plohe (orijentacijska vrijednost).

Potreban moment za pokretanje radne plohe dobiva se iz izraza

$$T = I_{RP} \cdot \frac{2\pi n}{t} = 11.46 \cdot \frac{2\pi \cdot 0.053}{0.5} = 7.63 \text{ Nm}, \quad (25)$$

gdje je

$I_{RP} = 11.46 \text{ kgm}^2$  - moment inercije radne plohe i stakla (brojčana vrijednost preuzeta iz izraza 23),

$n = 0.053 \text{ s}^{-1}$  - brzina rotacije radne plohe (brojčana vrijednost preuzeta iz izraza 24),

$t = 0.5 \text{ s}$  - vrijeme ubrzanja (predpostavljena vrijednost).

Na kraku  $x$  moment rezultira silom u vretenu linearog aktuatora koja je određena izrazom

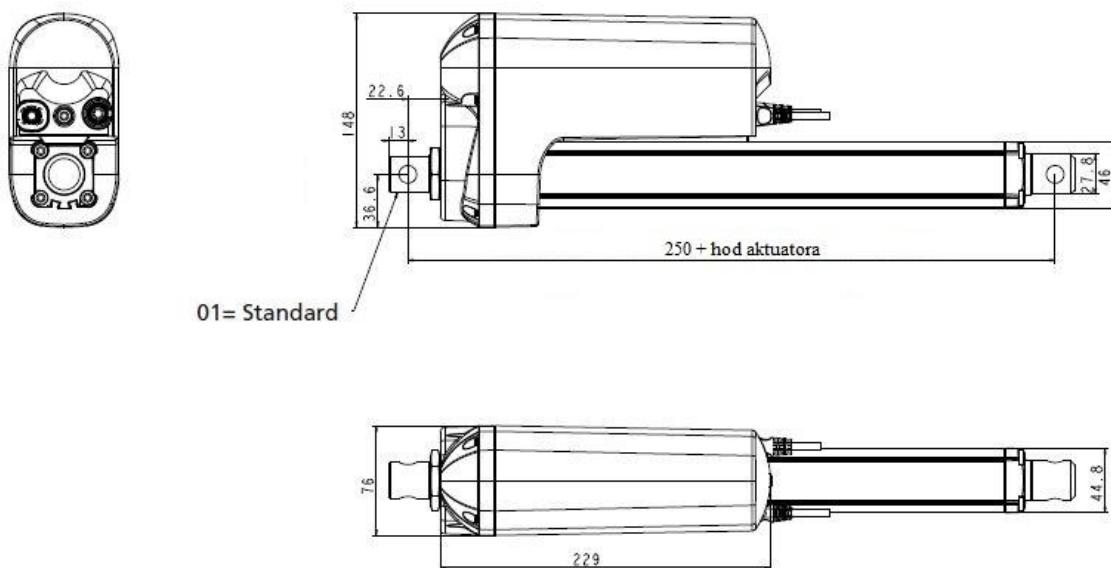
$$F_{LA} = \frac{T}{x} = \frac{7.63}{0.3} = 25.43 \text{ N}, \quad (26)$$

gdje je

$T = 7.63 \text{ Nm}$  - potreban moment za pokretanje radne plohe (brojčana vrijednost preuzeta iz izraza 25),

$x = 300 \text{ mm}$  - udaljenost okretnog oslonca linearog aktuatora od okretnog oslonca radne plohe (orientacijska vrijednost).

Dopuštene sile u vretenima linearnih aktuatora iznose do 10 kN te je očito da je presudni faktor u odabiru linearog aktuatora u ovom slučaju njegov hod i brzina. Prema prethodno razrađenim kriterijima odabire se linearni aktuator *LINAK LA36* prikazan na slici 29 i tehničkih karakteristika prikazanih u tablici 10.



Slika 29. Linearni aktuator LINAK LA36, prema [10]

Tablica 10. Tehničke karakteristike LINAK LA36, prema [10]

LINAK LA36	
Radni napon	24 V DC
Max. opterećenje u radu	500.....10000 N
Brzina	do 160 mm/s
Razina zaštite	IP 66
Razina buke	73 dB (EN ISO 8746)

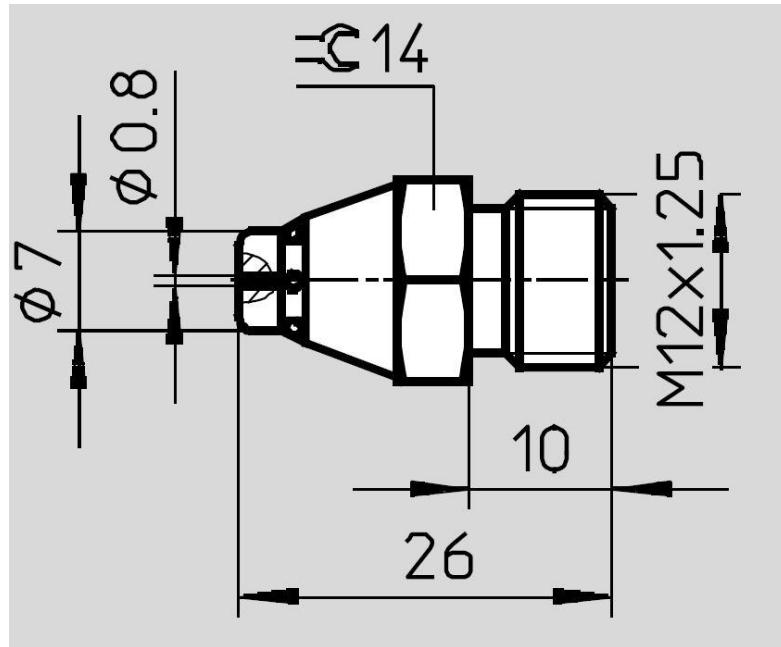
Linearni aktuator oslanjat će se na konstrukciju stola i na okvir radne plohe prikazan slikom 30.



Slika 30. Okvir radne plohe-CAD model

#### 8.4 Odabir sapnica i vakuum zdjelica

Za stvaranje zračnog jastuka po kojem će biti moguće pomicati staklo gotovo bez trenja koriste se sapnice za zrak. Kako bi mogli prema izrazu (9) odrediti pretlak puhala potreban za stvaranje zračnog jastuka potrebno je odabrati sapnicu za zrak. Sapnica se odabire iz kataloga *FESTO* model *LPZ-SD*, prema [11]. Odabrana sapnica prikazana slikom 31 dok su njene karakteristike navedene u tablici 11.



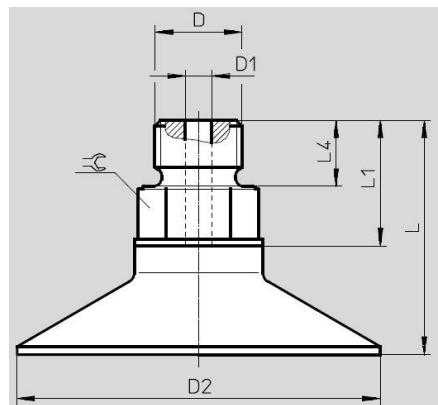
Slika 31. Sapnica FESTO LPZ-SD, prema [11]

Tablica 11. Tehničke karakteristike FESTO LPZ-SD, prema [11]

FESTO LPZ-SD	
Razina zvučnog tlaka	80 dB
Temperatura okoline	10.....50 °C
Pneumatski priključak	Vanjski navoj M12 x 1.25
Materijal	RoHS
Materijal kućišta	Aluminij

Kako bi se omogućilo pridržavanje stakla pri rezanju na stol je potrebno ugraditi elemente koji će vakuumom obavljati tu radnju. Konceptom prikazanim u poglavljiju 7.2 zadaću pridržavanja stakla obavljaju vakuumske zdjelice koje je potrebno odabrati kako bi se prema izrazu (16)

mogao odrediti potreban podtlak vakuum pumpe. Odabrana je vakuum zdjelica iz kataloga *FESTO* model *VAS-40-1/4-SI-B*, prema [11]. Zdjelica je prikazana slikom 32 dok su njene karakteristike prikazane tablicom 12.



Tip	D	D1 ∅	D2 ∅	L	L1	L2	L3	L4	=C
VAS-8...-SI-B	M5	2	8	19.2	11.5	-	-	4.3	8
VAS-10...-SI-B	M5	2	10	19.2	11.5	-	-	4.3	8
VAS-15...-SI-B	G $\frac{1}{8}$	3	15	20	12	-	-	6.5	13
VAS-30...-SI-B	G $\frac{1}{8}$	3	30	21.5	12	-	-	6.5	13
VAS-40...-SI-B	G $\frac{1}{4}$	4	40	30.5	17	-	-	8	17
VAS-55...-SI-B	G $\frac{1}{4}$	4	55	33.5	17	-	-	8	17
VAS-75...-SI-B	G $\frac{1}{4}$	4	75	28.2	17	-	-	8	17
VAS-100...-SI-B	G $\frac{1}{4}$	4	100	28	17	-	-	8	17
VAS-125...-SI-B	G $\frac{3}{8}$	7	125	36	20	-	-	12	19

Slika 32. Vakuum zdjelica FESTO VAS-40-1/8-SI-B, prema [11]

Tablica 12. Tehničke karakteristike FESTO VAS-40-1/8-SI-B, prema [11]

FESTO VAS-40-1/4-SI-B	
Vrsta pneumatskog priključka	G 1/4
Položaj priključka	gore
Vrsta pričvršćenja	preko vakuumskog priključka
Položaj ugradnje	proizvoljno
Pogonski tlak	-0.95.....0 bar
Pogonski medij	atmosferski zrak (ISO 8573-1:2010)
Klasa korozione otpornosti	2
Sila držanja na nominalnom radnom tlaku	58 N
Materijal navojnog čepa	Aluminijkska legura
Materijal usisne zdjelice	VMQ (silikon)

### 8.5 Proračun puhala/vakuum pumpe

Prema kriterijima obrađenim u poglavljima 4.3, 4.4 i 8.4 moguće je odabrati puhalo/vakuum pumpu. Ukoliko u izraz (9) uvrstimo poznate veličine dobiva se ovisnost potrebnog pretlaka puhala/vakuum pumpe i broja sapnica koja je prikazana na slici 33 prema izrazu

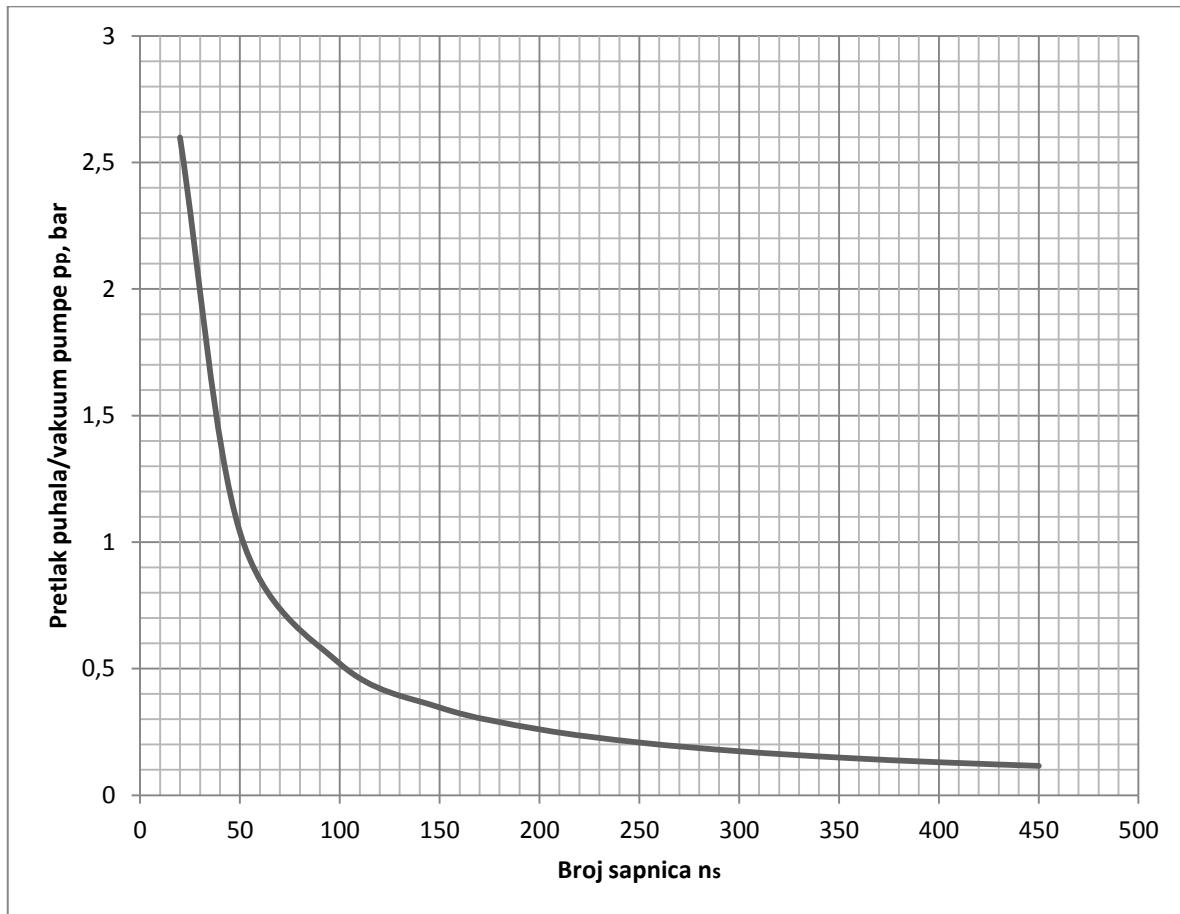
$$p_p \geq \frac{4 \cdot G_s}{\pi \cdot D^2 \cdot n_s} = \frac{4 \cdot 200}{\pi \cdot 7^2 \cdot n_s} = \frac{51.97}{n_s}, \quad (27)$$

gdje je

$G_s = 200 \text{ N}$  - težina stakla maksimalnih dimenzija (brojčana vrijednost preuzeta iz izraza 3),

$D = 7 \text{ mm}$  - promjer sapnice za zrak (brojčana vrijednost preuzeta iz poglavlja 8.4),

$n_s$  - broj sapnica na radnoj plohi.



Slika 33. Dijagram ovisnosti pretlaka puhala/vakuum pumpe i broja sapnica

Ukoliko u izraz (16) uvrstimo poznate veličine dobiva se ovisnost potrebnog podtlaka puhala/vakuum pumpe i broja vakuum zdjelica koja je prikazana slikom 34, a dana izrazom

$$p_v \geq \frac{4 \cdot G_s}{\mu \cdot n_{VZ} \cdot \pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 200}{0.5 \cdot n_{VZ} \cdot \pi \cdot 40^2} = \frac{3.183}{n_{VZ}}, \quad (28)$$

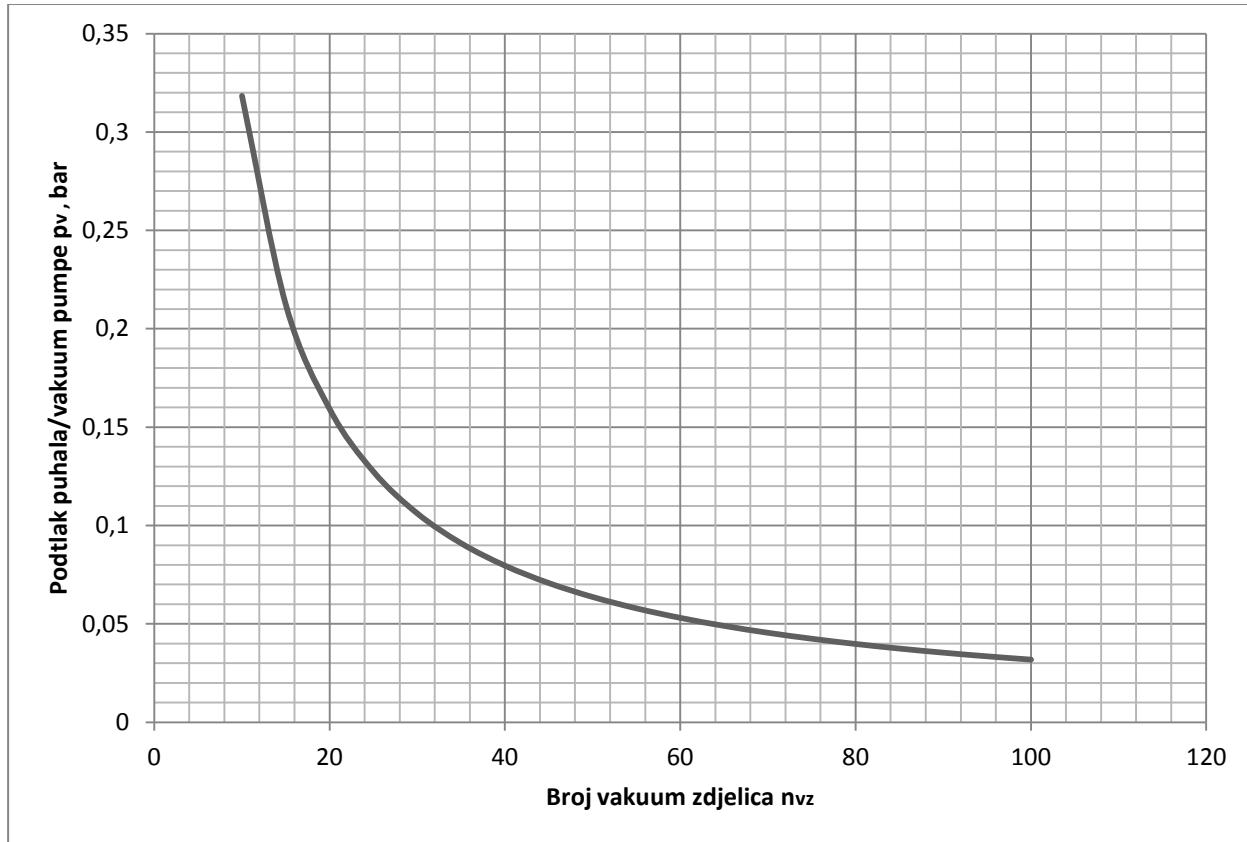
gdje je

$G_s = 200 \text{ N}$  - težina stakla maksimalnih dimenzija (brojčana vrijednost preuzeta iz izraza 3),

$\mu = 0.5$  – koeficijent trenja površine (predpostavljena vrijednost),

$n_{VZ}$  - broj vakuum zdjelica,

$d = 40 \text{ mm}$  - promjer vakuumske zdjelice (brojčana vrijednost preuzeta iz poglavlja 8.4).

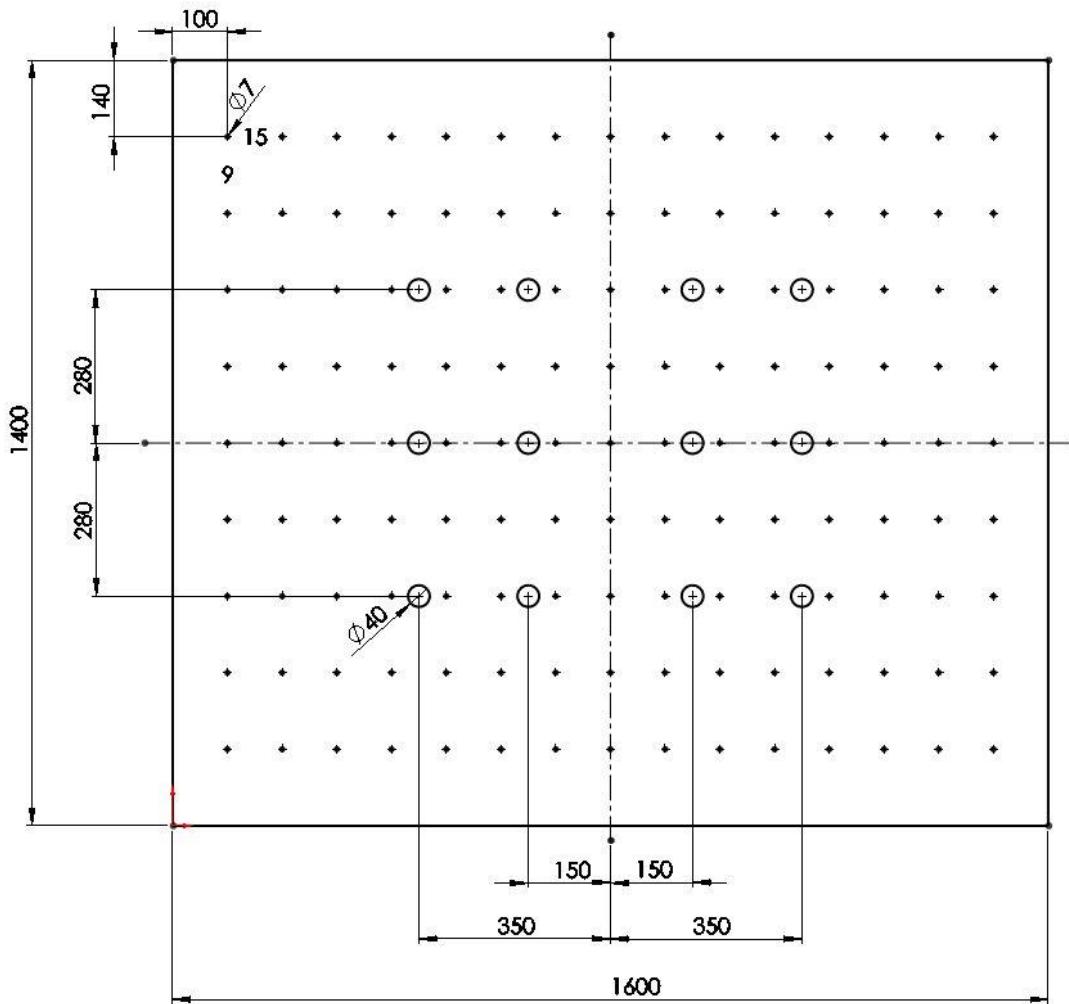


Slika 34. Dijagram ovisnosti podtlaka puhala/vakuum pumpe i broja vakuum zdjelica Broj sapnica i vakuum zdjelica bira se tako da pretlak i podtlak puhala/vakuum pumpe prema izrazima (27) i (28) i dijagramima na slikama 33 i 34 budu podjednakih iznosa. Odabire se

$n_s = 135$  - broj sapnica na radnoj plohi,

$n_{VZ} = 12$  - broj vakuum zdjelica.

Slika 35 prikazuje raspored sapnica i vakuum zdjelica po radnoj plohi stola.



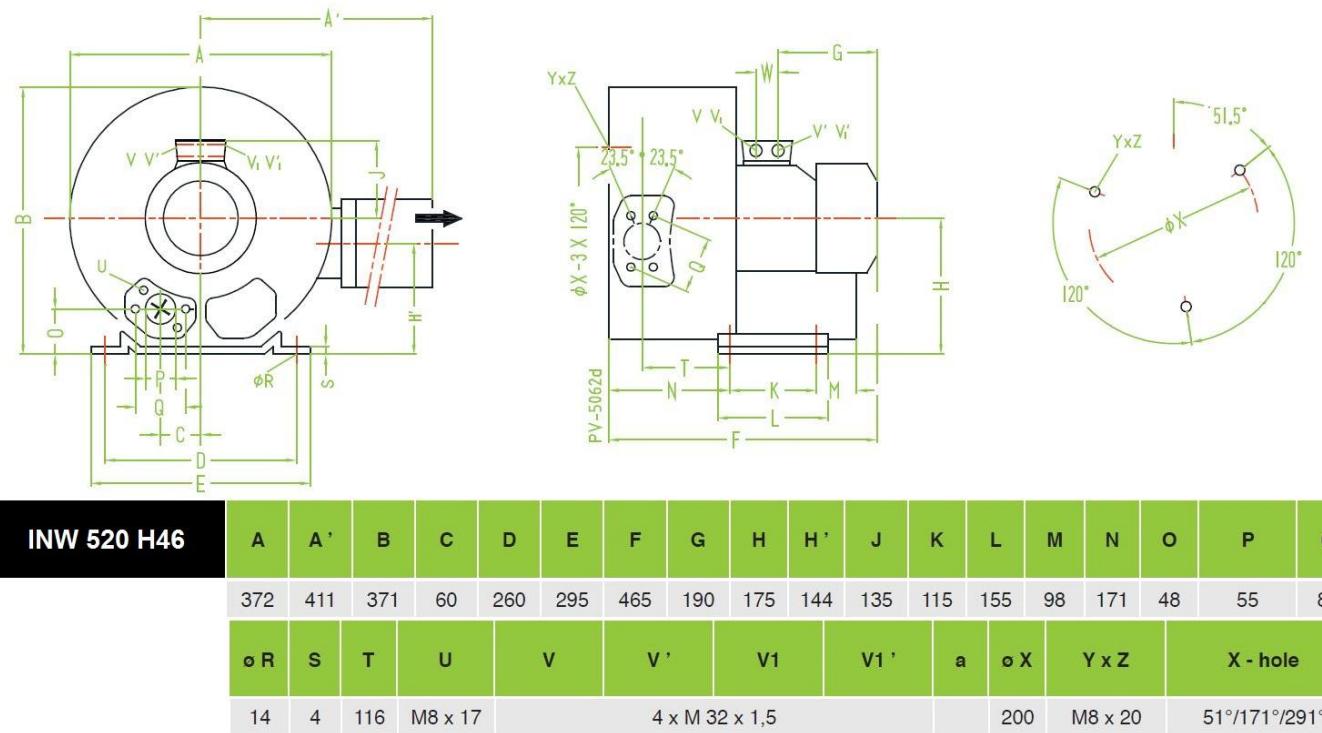
Slika 35. Raspored sapnica i vakuum zdjelica po radnoj plohi

Prema odabiru broja sapnica i vakuum zdjelica slijedi iznos za pretlak i podtlak

$$p_p \geq 384 \text{ mbar} , \quad (29)$$

$$p_v \geq 265 \text{ mbar} . \quad (30)$$

Vakuum zdjelice pružaju približno konstantnu silu držanja u sredini raspona pogonskog tlaka (tablica 12), pa je stoga važniji kriterij za odabir puhalo/vakuum pumpe njen pretlak. Prema [12] odabire se *IN-ECO INW 520 H46*. Odabrano puhalo/vakuum pumpa prikazana je slikom 36 dok su tehničke karakteristike prikazane tablicom 13.



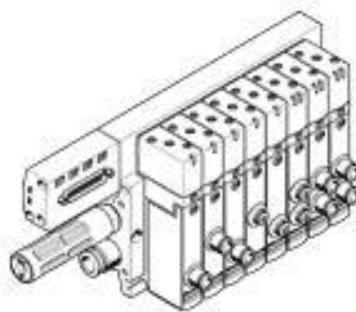
Slika 36. Puhalo/vakuum pumpa IN-ECO INW 520 H46, prema [12]

Tablica 13. Tehničke karakteristike IN-ECO INW 520 H46, prema [12]

IN-ECO INW 520 H46	
Volumni protok	230 m <sup>3</sup> /h
Pretlak/Vakuum	410/340 mbar
Razina zaštite	IP 54
Snaga	3 kW
Radni napon	220 - 240 V
Razina buke	72 dB
Masa	46 kg
Pneumatski priključak	G 2"

## 8.6 Odabir perifernih uređaja

Kako bi bilo moguće koristiti sapnice ili vakuum zdjelice potrebno je pravilno raspodijeliti radni medij. Raspodjela se obavlja putem elektropneumatskih ventila. Prema [11] odabire se potreban ventilski blok *FESTO VTUB-SET-S1D-G14-U1-P10T-A-KK-H* prikazan na slici 37 dok su njegove karakteristike navedene u tablici 14.



Slika 37. FESTO VTUB, prema [11]

Tablica 14. FESTO VTUB, prema [11]

FESTO VTUB-SET-S1D-G14-U1-P10T-A-KK-H	
Funkcija ventila	3/2 monostabilan
Nazivni protok	200.....1000 l/min
Nazivni tlak	-0.9.....8 bar
Električna zaštita	IP 65
Način aktiviranja	električno
Princip brtvljenja	mekano
Indikacija položaja	LED
Prikladnost za vakuum	da

Ventil se pričvršćuje putem standardnih pričvršćenja MPL-04 prema[11].

Zbog velikog broja sapnica i vakuum zdjelica potrebno je ugraditi priključnu letvu čime se olakšava priključivanje sapnica i vakuum zdjelica na ventil. Prema [11] odabire se priključna letva *FESTO VABM-C8-12E-G14-M1* prikazana na slici 38 tehničkih karakteristika navedenih u tablici 15.



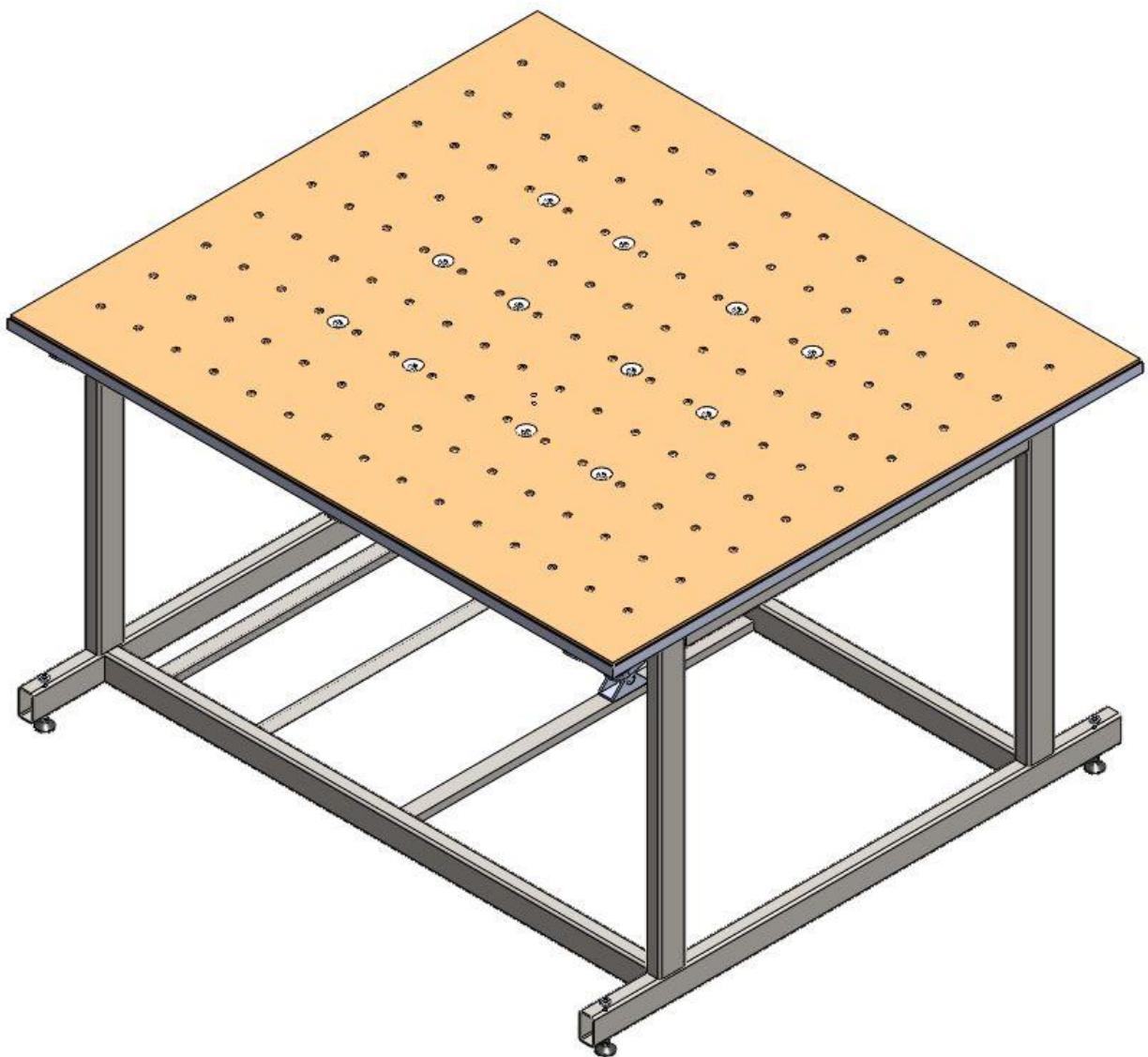
Slika 38. FESTO VABM, prema [11]

Tablica 15. FESTO VABM, prema [11]

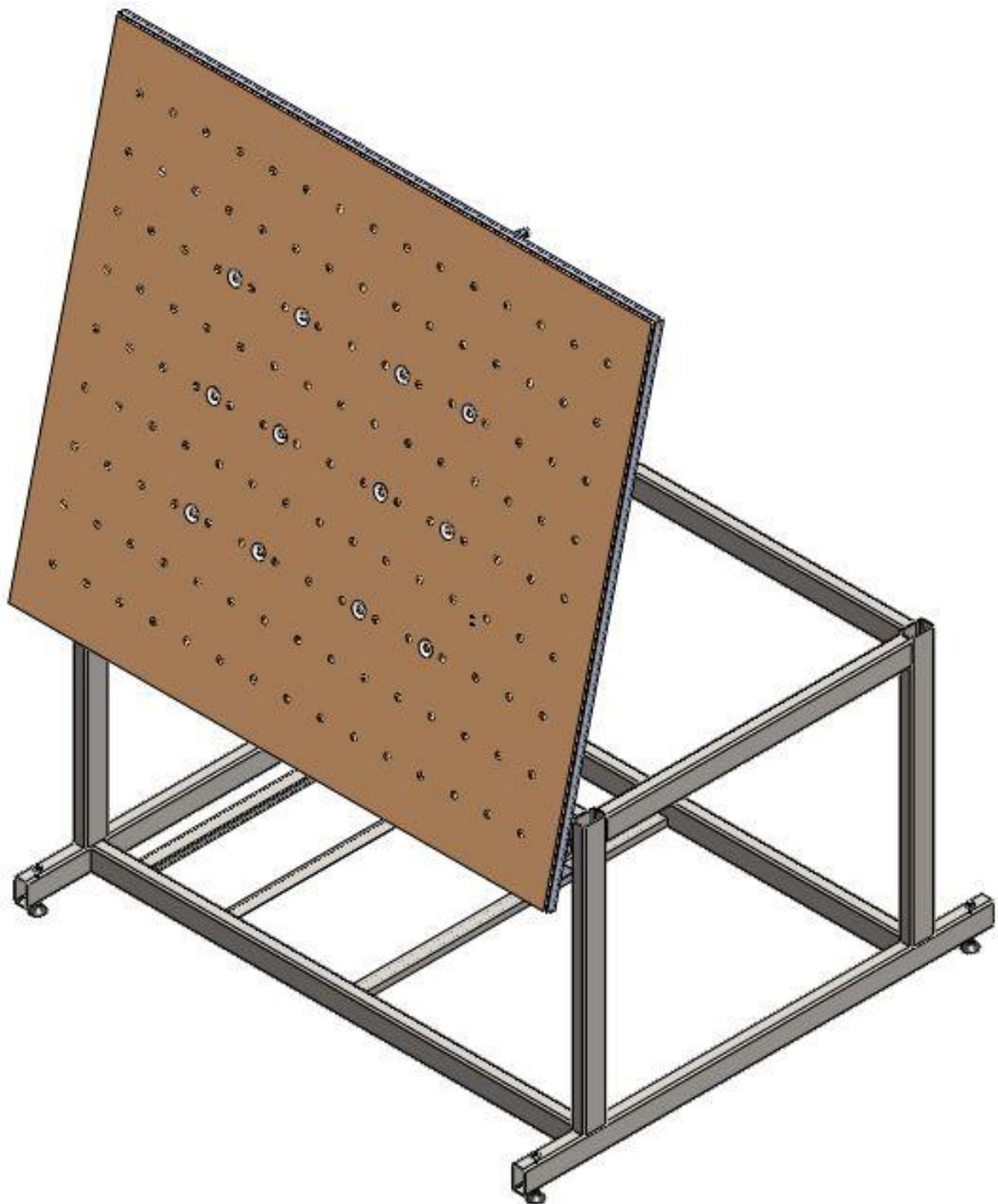
Broj ventilskih mesta	
Broj ventilskih mesta	3x35
Klasa korozione otpornosti	0
Težina	2.138 g
Pneumatski priključak	G 1/4

Pričvršćenje se obavlja putem standardnog pričvršćenja APL, prema [11].

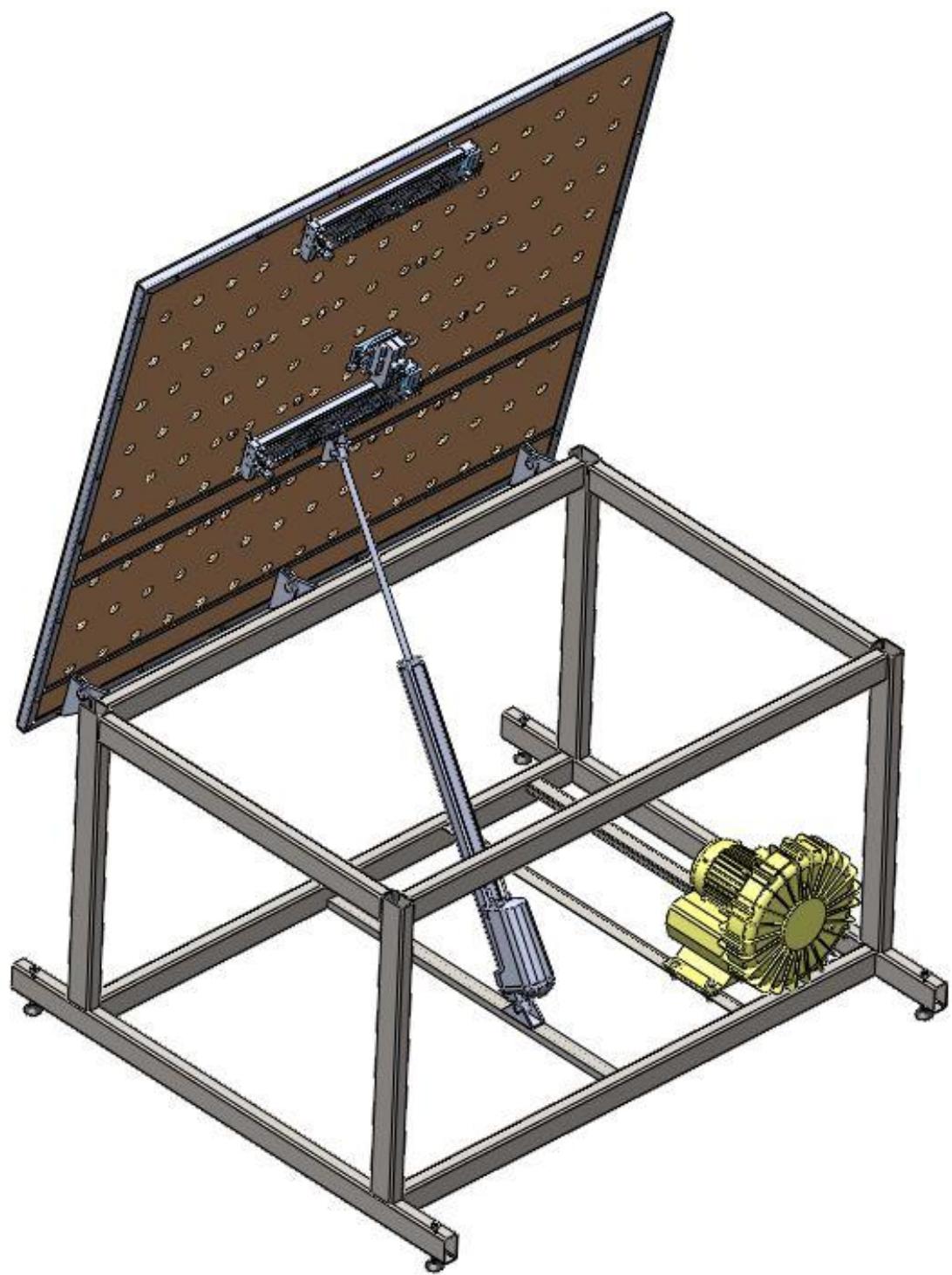
## 9. KONAČAN IZGLED STOLA ZA REZANJE STAKLA (UZ MANIPULIRANJE ZRAČNOM STRUJOM)



Slika 39. Stol za rezanje stakla (uz manipuliranje zračnom strujom)



Slika 40. Stol za rezanje stakla-nagnuti položaj

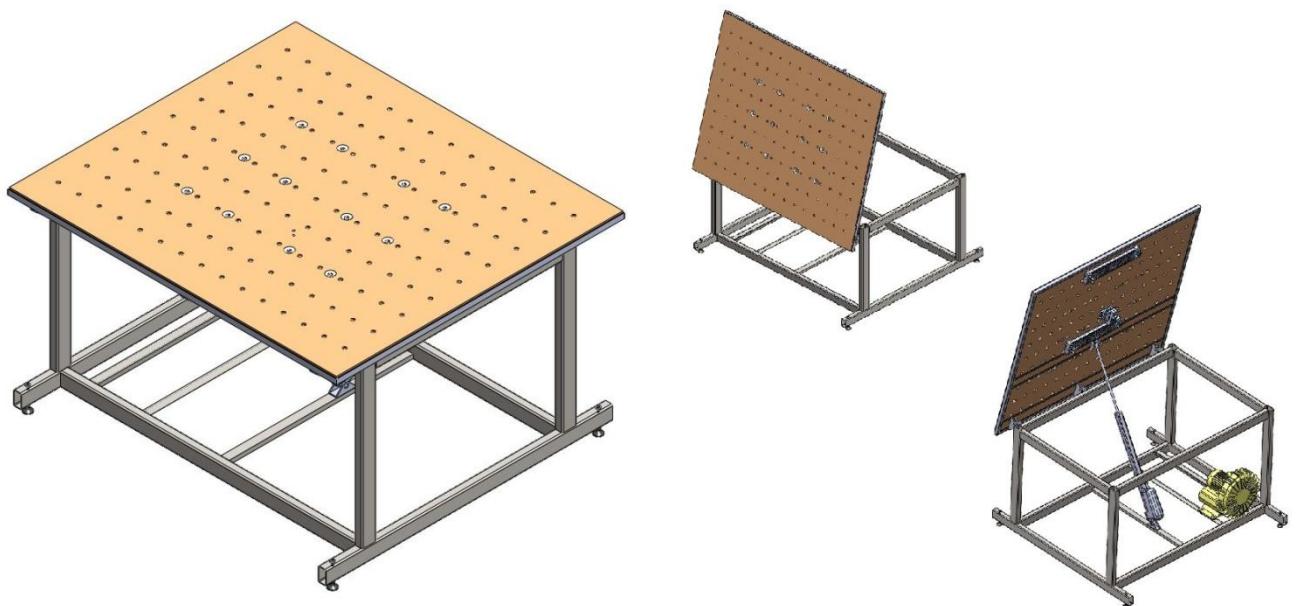


Slika 41. Stol za rezanje stakla-stražnji pogled

## 10. ZAKLJUČAK

Na tržištu trenutno ne postoji stol za rezanje stakla manjih dimenzija koji koristi prednosti manipuliranja zračnom strujom. Većina stolova je prilagođena većim staklenim plohama te se uopće ne koristi vakuum kako bi se pridržavalo staklo pri rezanju. Čak i velike obradne stanice koriste samo zračnu struju za stvaranje zračnog jastuka dok je staklo pridržavano samo vlastitom težinom pri rezanju.

Cilj ovog završnog rada bio je razrada stola koji bi koristio sve prednosti zračne struje pri manipulirajući rezanju stakla. Konačan rezultat razrade je stol prikazan na slici 42.



Slika 42. Stol za rezanje stakla

Unatoč velikim prednostima ovakvog stola pozicioniranje na tržištu bi bilo otežano. Korištenje zračne struje znači značajno povećanje troškova u odnosu na konvencionalni stol za ručno rezanje stakla a to je ključan kriterij pošto su ciljano tržište staklari sa skromnim budžetom.

## 11. LITERATURA

[1] Kraut, B.: Strojarski priručnik, Sajema d.o.o., Zagreb, 2009.

[2] <http://www.muyen.com/productinfo/97>

zadnji posjet: svibanj 2013.

[3] <http://www.promglas.hr/pdf/stolovi.pdf>

zadnji posjet: svibanj 2013.

[4] <http://www.metalcraft.co.nz/files/docs/glass%20cutting%20and%20transfer%20tables.pdf>

zadnji posjet: svibanj 2013.

[5]

<http://www.google.com/patents/EP1911556B1?cl=en&dq=air+cushion+table&hl=en&sa=X&ei=PYraUfe1O4vR4QSV5IG4CA&ved=0CD0Q6AEwATgK>

zadnji posjet: lipanj 2013.

[6]

<http://www.google.com/patents/US5211092?dq=air+floating+table&hl=en&sa=X&ei=monaUbqbObSu4QSUuIGYBw&ved=0CDYQ6AEwAA>

zadnji posjet: lipanj 2013.

[7] [http://www.engineeringtoolbox.com/specific-gravity-solids-metals-d\\_293.html](http://www.engineeringtoolbox.com/specific-gravity-solids-metals-d_293.html)

zadnji posjet: srpanj 2013.

[8] Strojopromet d.o.o. , katalog 2013.

[9] Brauer, <http://www.brauer.co.uk/without-through-holes-s225.aspx> , on-line katalog 2013.

zadnji posjet: kolovoz 2013.

[10] LINAK , <http://www.linak.com/products/Linear-Actuators.aspx?product=LA36> , on-line katalog 2013.

zadnji posjet: kolovoz 2013.

[11] FESTO, [http://www.festo.com/cat/hr\\_hr/products](http://www.festo.com/cat/hr_hr/products) , on-line katalog 2013.

zadnji posjet: kolovoz 2013.

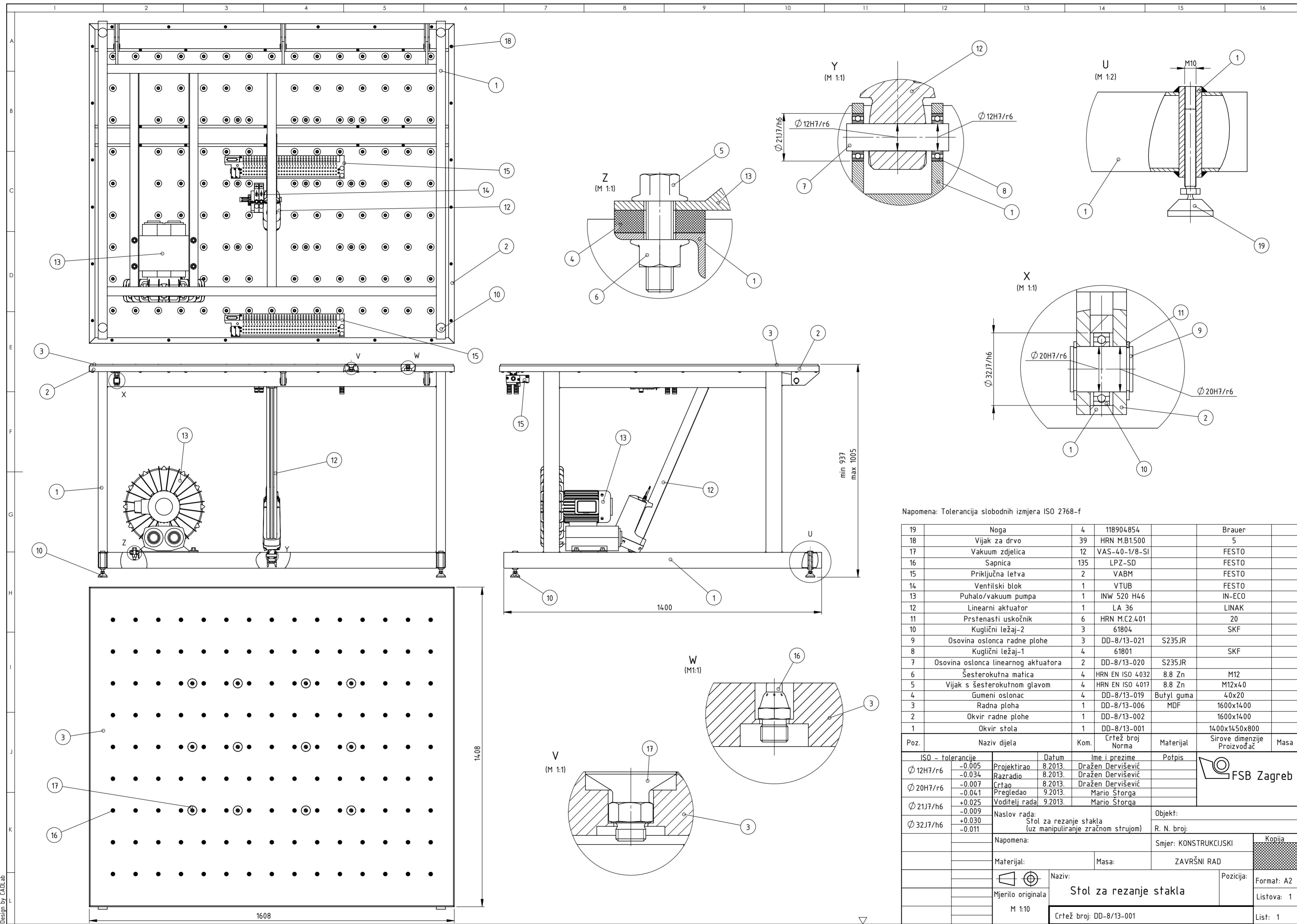
---

[12] IN-ECO, <http://www.in-eco.eu/>, on-line katalog 2013.

zadnji posjet: kolovoz 2013.

## **12. PRILOG**

-tehnička dokumentacija



Napomena: Tolerancija slobodnih izmjera ISO 2768-f					
19	Noga	4	118904854		Brauer
18	Vijak za drvo	39	HRN M.B1.500		5
17	Vakuum zdjelica	12	VAS-40-1/8-SI		FESTO
16	Sapnica	135	LPZ-SD		FESTO
15	Prikљučna letva	2	VABM		FESTO
14	Ventilski blok	1	VTUB		FESTO
13	Puhalo/vakuum pumpa	1	INW 520 H46		IN-ECO
12	Linearni aktuator	1	LA 36		LINAK
11	Prstenasti uskočnik	6	HRN M.C2.401		20
10	Kuglični ležaj-2	3	61804		SKF
9	Osovina oslonca radne plohe	3	DD-8/13-021	S235JR	
8	Kuglični ležaj-1	4	61801		SKF
7	Osovina oslonca linearног aktuatora	2	DD-8/13-020	S235JR	
6	Šesterokutna matica	4	HRN EN ISO 4032	8.8 Zn	M12
5	Vijak s šesterokutnom glavom	4	HRN EN ISO 4017	8.8 Zn	M12x40
4	Gumeni oslonac	4	DD-8/13-019	Butyl guma	40x20
3	Radna ploha	1	DD-8/13-006	MDF	1600x1400
2	Okvir radne plohe	1	DD-8/13-002		1600x1400
1	Okvir stola	1	DD-8/13-001		1400x1450x800
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvodjač

Napomena: Tolerancija slobodnih izmjera ISO 2768-f

S FSB Zagreb

ANSWER

Digitized by srujanika@gmail.com

proj:

KONSTRUKCIJSKI

AVRŠNI RAD

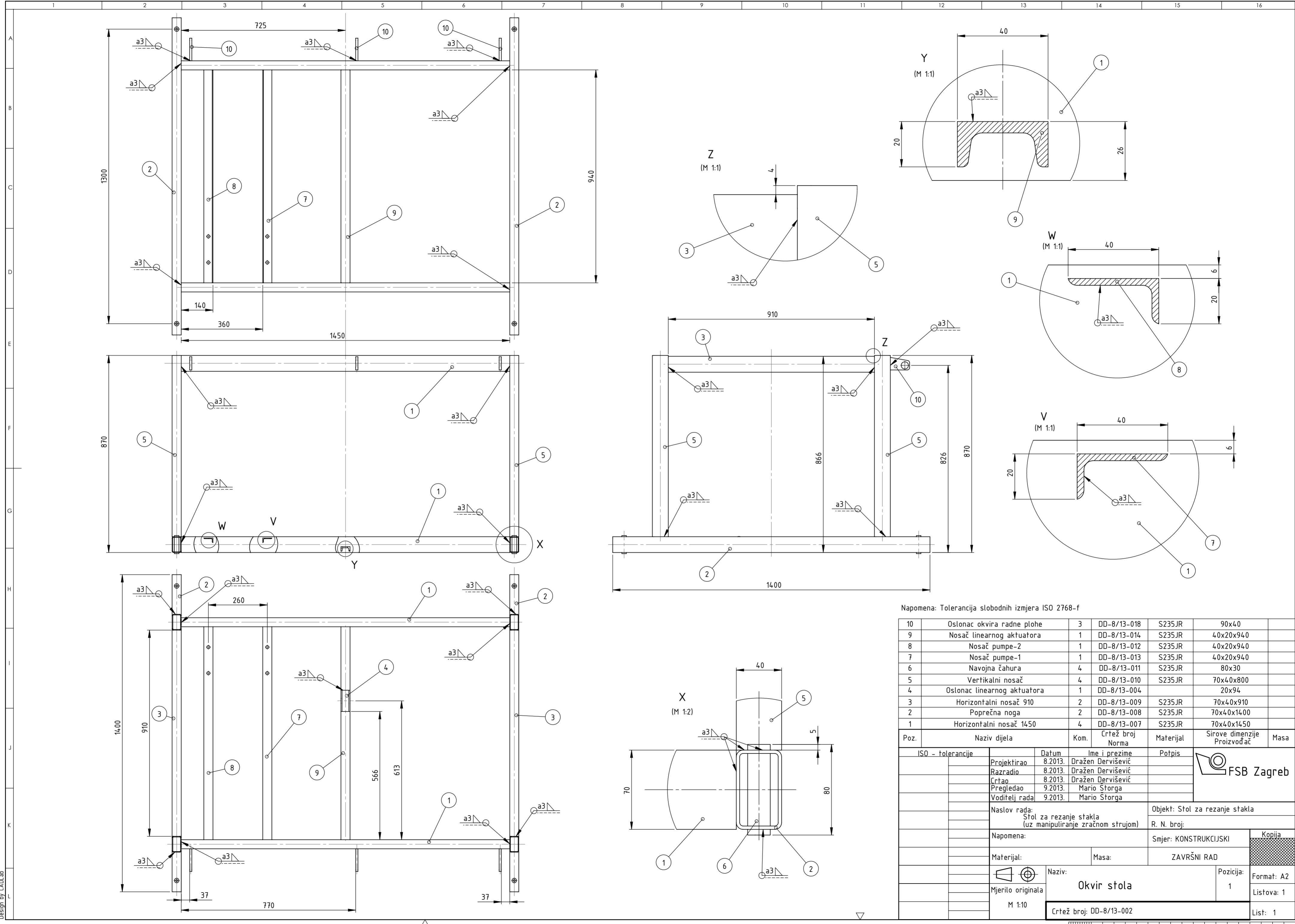
Pozicija: Format: A2

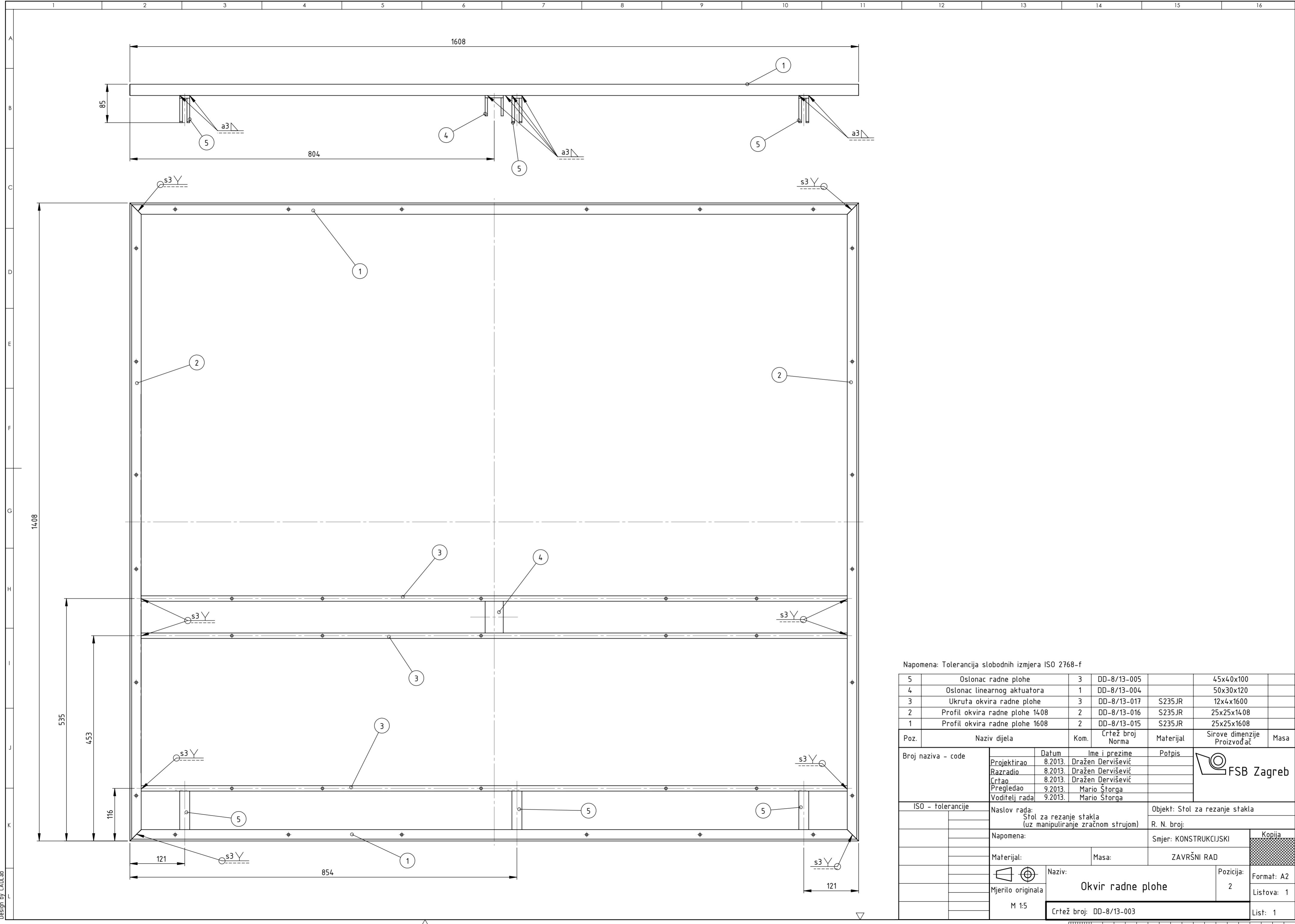
a

List: 1

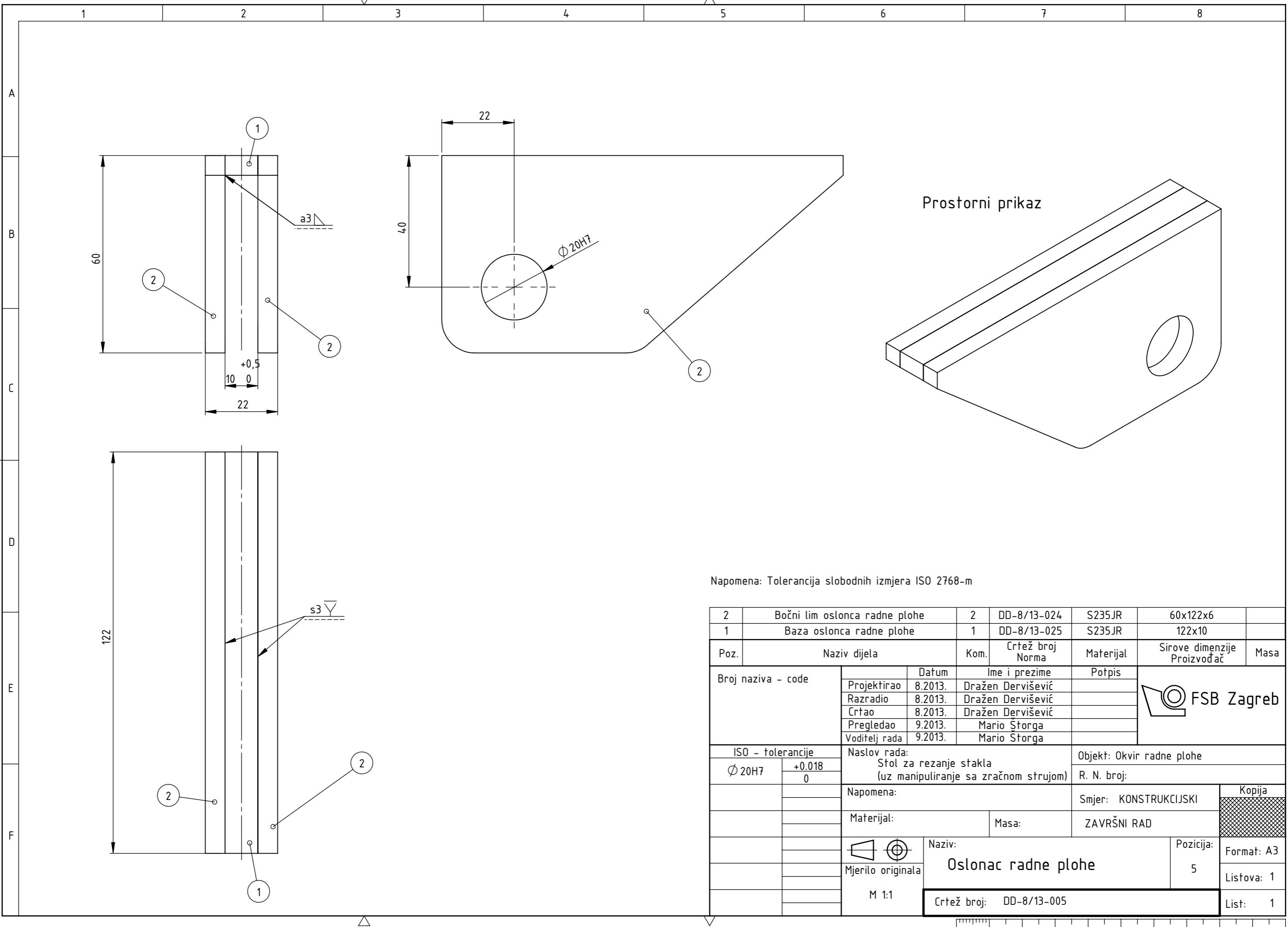
LIST. 1

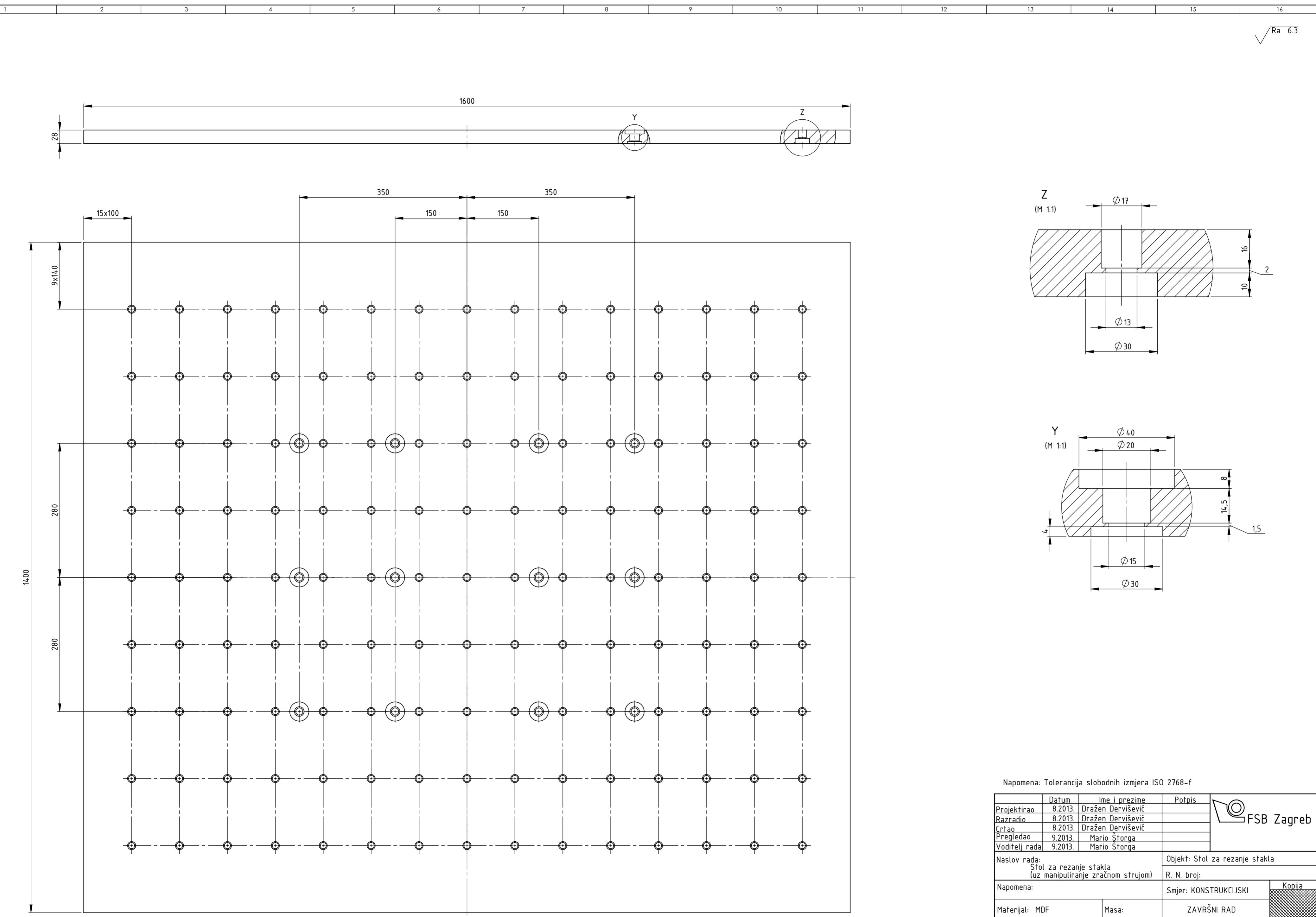
50      60      70      80      90      100











pomena: Tolerancija slobodnih izmjera ISO 2768-f

	Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
projektirao	8.2013.	Dražen Dervišević		
radio	8.2013.	Dražen Dervišević		
ao	8.2013.	Dražen Dervišević		
egledao	9.2013.	Mario Štorga		
titeli rada	9.2013.	Mario Štorga		

ov rada: Stol za rezanje stakla	Objekt: Stol za rezanje stakla D. N. I.
------------------------------------	--

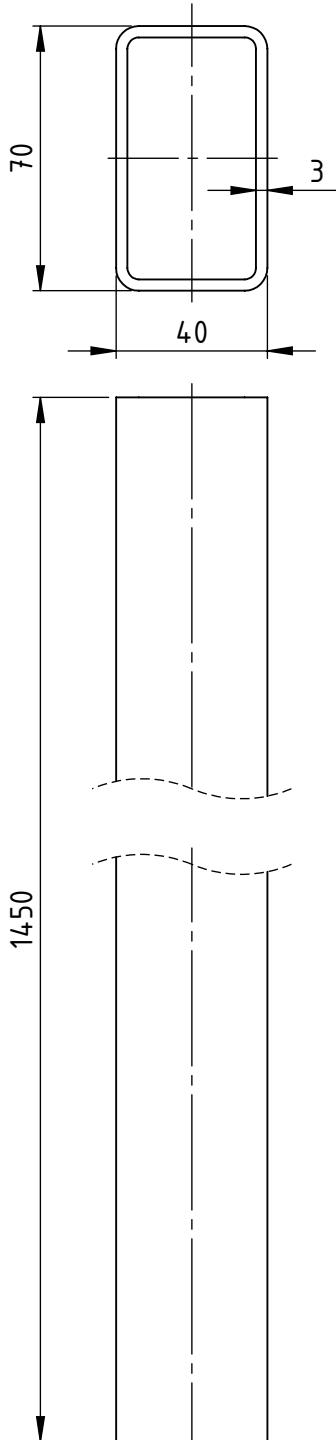
(uz manipuliranje zrachnom strujom)	R. N. broj:
Vrednost:	Smjer: KONSTRUKCIJSKI

Urijal: MDF	Masa:	ZAVRŠNI RAD
-------------	-------	-------------

	Naziv:	Pozicija:	Format: A2
do originala	Radna ploha	3	Uvod - 1

M 1:5 Čtež broj: DD-8/13-006 List: 1

2012-01-02 07:15:00 LIST: 1



$\checkmark Ra 25$

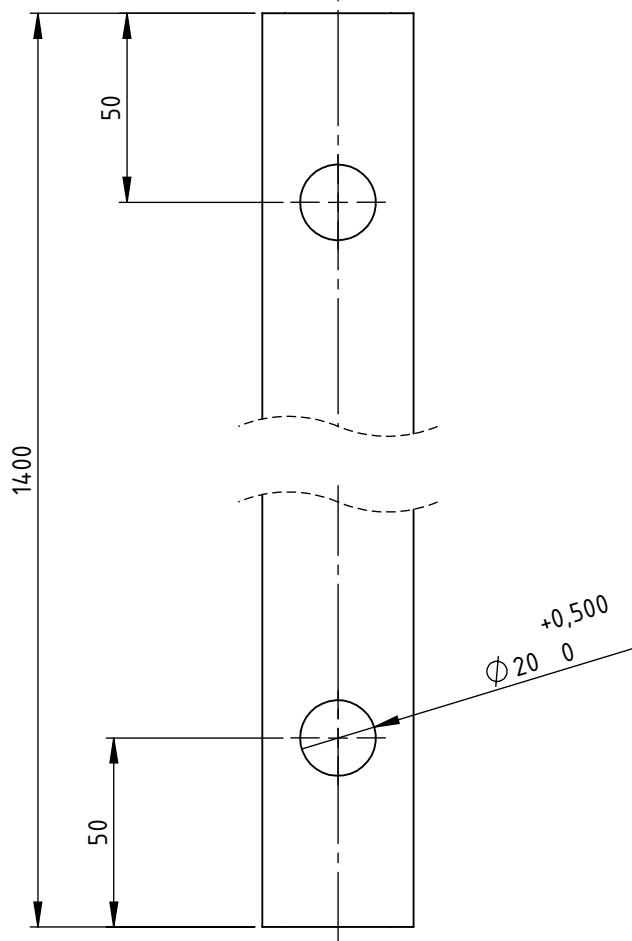
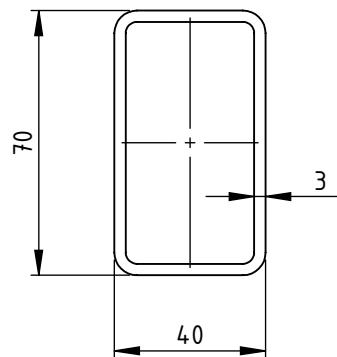
Napomena: Tolerancija slobodnih izmjera ISO 2768-f



FSB Zagreb

	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao	8.2013.	Dražen Dervišević		
Razradio	8.2013.	Dražen Dervišević		
Crtao	8.2013.	Dražen Dervišević		
Pregledao	9.2013.	Mario Štorga		
Voditelj rada	9.2013.	Mario Štorga		
Naslov rada:		Objekt: Okvir stola		
Stol za rezanje stakla (uz manipuliranje zračnom strujom)		R. N. broj:		
Napomena: Cijev 70x40x3 mm		Smjer: KONSTRUKCIJSKI		Kopija
Materijal: S235JR		ZAVRŠNI RAD		
	Naziv: Horizontalni nosač 1450		Pozicija: 1	Format: A4
Mjerilo originala M 1:2				Listova: 1
	Crtanje broj: DD-8/13-007			List: 1

✓ Ra 25



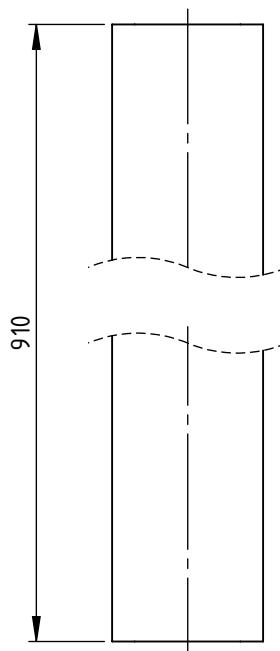
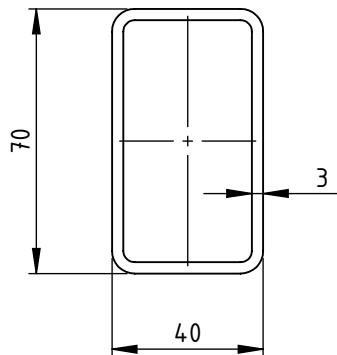
Napomena: Tolerancija slobodnih izmjera ISO 2768-f



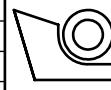
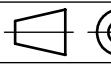
FSB Zagreb

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	8.2013.	Dražen Dervišević	
Razradio	8.2013.	Dražen Dervišević	
Crtao	8.2013.	Dražen Dervišević	
Pregledao	9.2013.	Mario Štorga	
Voditelj rada	9.2013.	Mario Štorga	
Naslov rada:	Objekt: Okvir stola		
Stol za rezanje stakla (uz manipuliranje zračnom strujom)			R. N. broj:
Napomena:	Cijev 70x40x3 mm	Smjer: KONSTRUKCIJSKI	Kopija
Materijal:	S235JR	Masa:	ZAVRŠNI RAD
	Naziv:	Pozicija:	Format: A4
Mjerilo originala	Poprečna noga		Listova: 1
M 1:2	Crtanje broj: DD-8/13-008		
	List: 1		

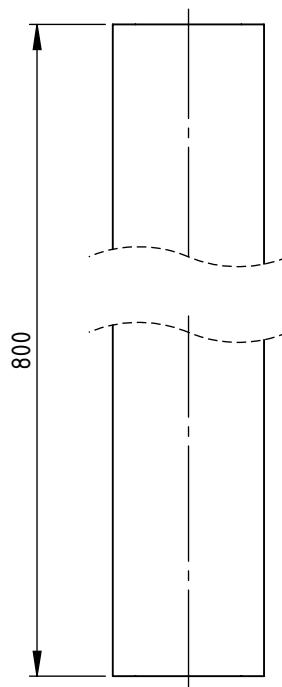
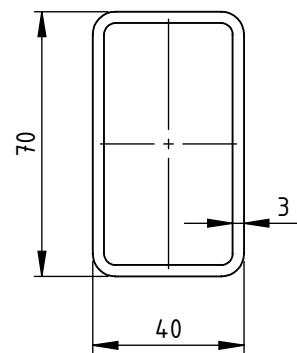
✓ Ra 25



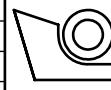
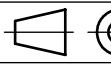
Napomena: Tolerancija slobodnih izmjera ISO 2768-f

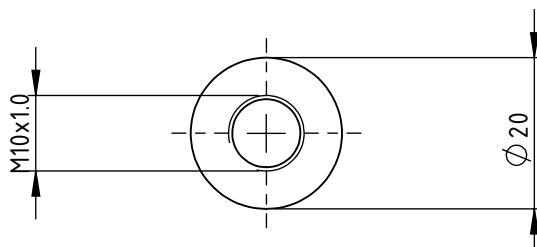
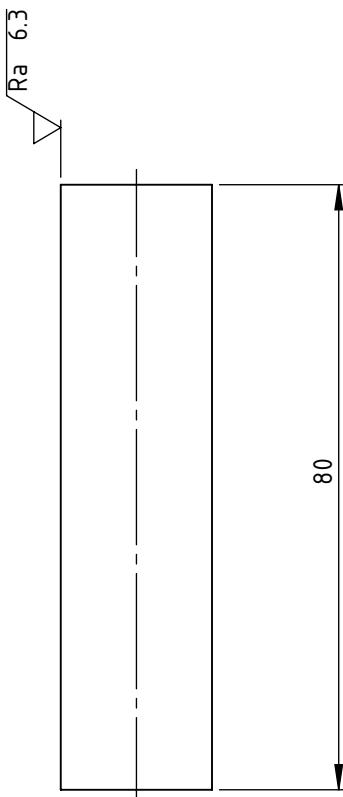
	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	8.2013.	Dražen Dervišević		
Razradio	8.2013.	Dražen Dervišević		
Crtao	8.2013.	Dražen Dervišević		
Pregledao	9.2013.	Mario Štorga		
Voditelj rada	9.2013.	Mario Štorga		
Naslov rada:			Objekt: Okvir stola	
	Stol za rezanje stakla (uz manipuliranje zračnom strujom)		R. N. broj:	
Napomena:	Cijev 70x40x3 mm		Smjer: KONSTRUKCIJSKI	Kopija
Materijal:	S235JR	Masa:	ZAVRŠNI RAD	
	Naziv: Horizontalni nosač 910		Pozicija: 3	Format: A4
Mjerilo originala M 1:2				Listova: 1
	Crtež broj: DD-8/13-009			List: 1

✓ Ra 25

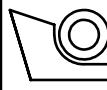
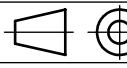


Napomena: Tolerancija slobodnih izmjera ISO 2768-f

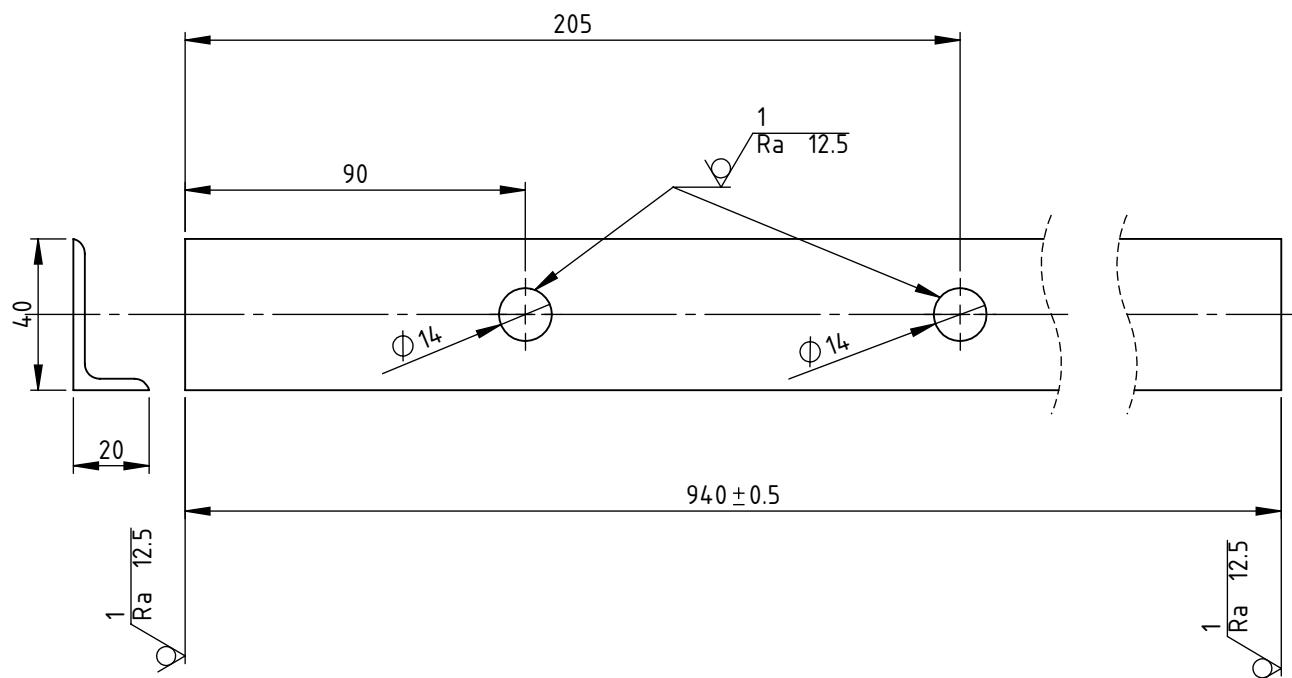
	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	8.2013.	Dražen Dervišević		
Razradio	8.2013.	Dražen Dervišević		
Crtao	8.2013.	Dražen Dervišević		
Pregledao	9.2013.	Mario Štorga		
Voditelj rada	9.2013.	Mario Štorga		
Naslov rada:			Objekt: Okvir stola	
	Stol za rezanje stakla (uz manipuliranje zračnom strujom)		R. N. broj:	
Napomena:	Cijev 70x40x3 mm		Smjer: KONSTRUKCIJSKI	Kopija
Materijal:	S235JR	Masa:	ZAVRŠNI RAD	
	Naziv: Vertikalni nosač		Pozicija: 5	Format: A4
Mjerilo originala M 1:2				Listova: 1
	Crtež broj: DD-8/13-010			List: 1

$\sqrt{Ra} 100 \left( \sqrt{Ra} 6.3 \right)$ 

Napomena: Tolerancija slobodnih izmjera ISO 2768-m

	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	8.2013.	Dražen Dervišević		
Razradio	8.2013.	Dražen Dervišević		
Crtao	8.2013.	Dražen Dervišević		
Pregledao	9.2013.	Mario Štorga		
Voditelj rada	9.2013.	Mario Štorga		
Naslov rada:			Objekt: Okvir stola	
	(uz manipuliranje zračnom strujom)		R. N. broj:	
Napomena:			Smjer: KONSTRUKCIJSKI	Kopija
Materijal:	S235JR	Masa:	ZAVRŠNI RAD	
	Naziv: Navojna čahura		Pozicija: 6	Format: A4
Mjerilo originala M 1:1				Listova: 1
	Crtež broj: DD-8/13-011			List: 1

$\checkmark \sqrt{Ra} 100$  (  $\checkmark \sqrt{Ra} 12.5$  )  
 1-rezanje plazmom

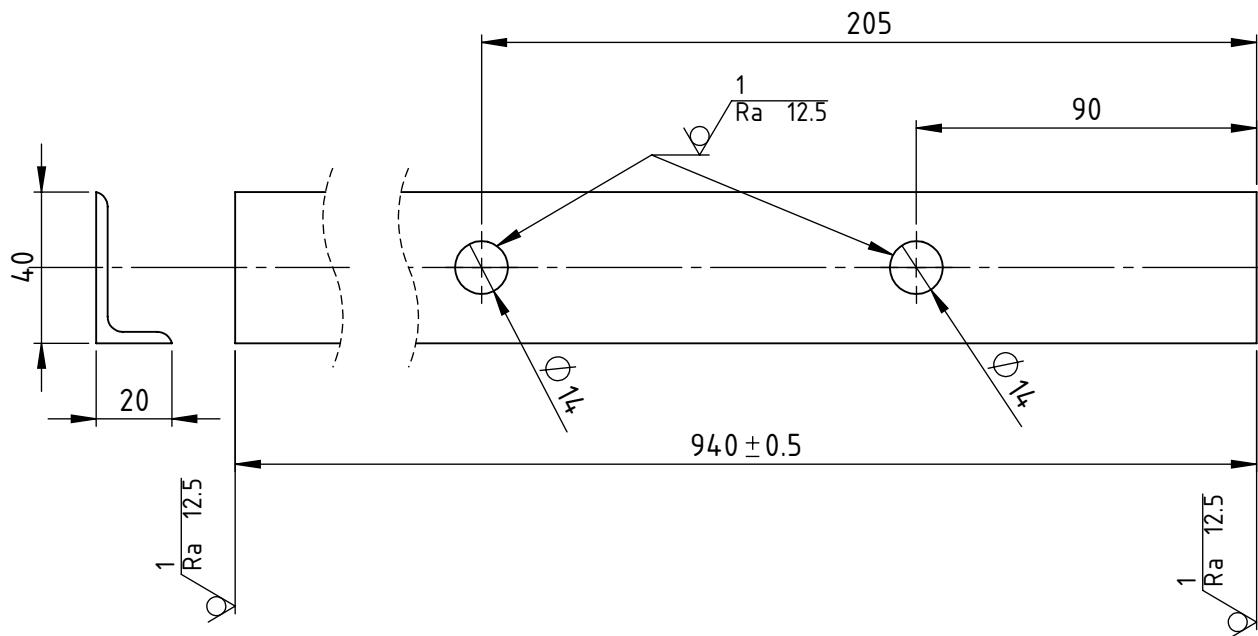


Napomena: Tolerancija slobodnih izmjera ISO 2768-m

	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	8.2013.	Dražen Dervišević		
Razradio	8.2013.	Dražen Dervišević		
Crtao	8.2013.	Dražen Dervišević		
Pregledao	9.2013.	Mario Štorga		
Voditelj rada	9.2013.	Mario Štorga		
Naslov rada:			Objekt: Okvir stola	
		R. N. broj:		
Napomena:	L profil 40x20x3 mm	Smjer: KONSTRUKCIJSKI	Kopija	
Materijal:	S235JR	Masa:	ZAVRŠNI RAD	
Mjerilo originala M 1:2	Naziv: Nosač pumpe-1	Pozicija: 7	Format: A4	
			Listova:	1
	Crtanje broj: DD-8/13-012		List:	1

$\checkmark$  Ra 100

1  
 $\checkmark$  Ra 12.5  
1-rezanje plazmom

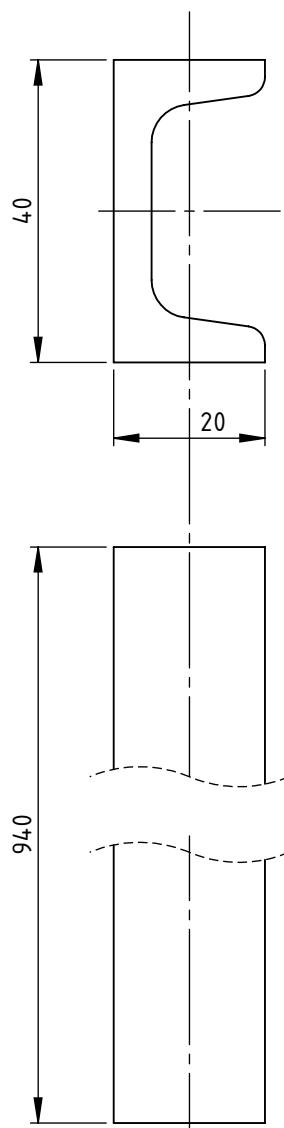


Napomena: Tolerancija slobodnih izmjera ISO 2768-m



	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	8.2013.	Dražen Dervišević	
Razradio	8.2013.	Dražen Dervišević	
Crtao	8.2013.	Dražen Dervišević	
Pregledao	9.2013.	Mario Štorga	
Voditelj rada	9.2013.	Mario Štorga	
Naslov rada:	Objekt: Okvir stola		
(uz manipuliranje zračnom strujom)			R. N. broj:
Napomena:	L profil 40x20x3 mm	Smjer: KONSTRUKCIJSKI	Kopija
Materijal:	S235JR	Masa:	ZAVRŠNI RAD
Mjerilo originala M 1:2	Naziv: Nosač pumpe-2	Pozicija: 8	Format: A4
			Listova: 1
	Crtanje broj: DD-8/13-013		List: 1

$\sqrt{Ra} 100$



Napomena: Tolerancija slobodnih izmjera ISO 2768-m

	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	8.2013.	Dražen Dervišević		
Razradio	8.2013.	Dražen Dervišević		
Crtao	8.2013.	Dražen Dervišević		
Pregledao	9.2013.	Mario Štorga		
Voditelj rada	9.2013.	Mario Štorga		
Naslov rada:			Objekt: Okvir stola	
Stol za rezanje stakla (uz manipuliranje zračnom strujom)		R. N. broj:		
Napomena:	Rezati iz U profila 40x20 mm		Smjer: KONSTRUKCIJSKI	Kopija
Materijal:	S235JR	Masa:	ZAVRŠNI RAD	
Mjerilo originala	Naziv:  Nosač linearног актуатора	Pozicija: 9	Format: A4	
M 1:1			Listova: 1	
	Crtanje broj: DD-8/13-014		List: 1	

1 2 3 4 5 6 7 8

$\sqrt{Ra} 100 \left( \sqrt{Ra} 12.5 \right)$   
1-rezanje plazmom

A

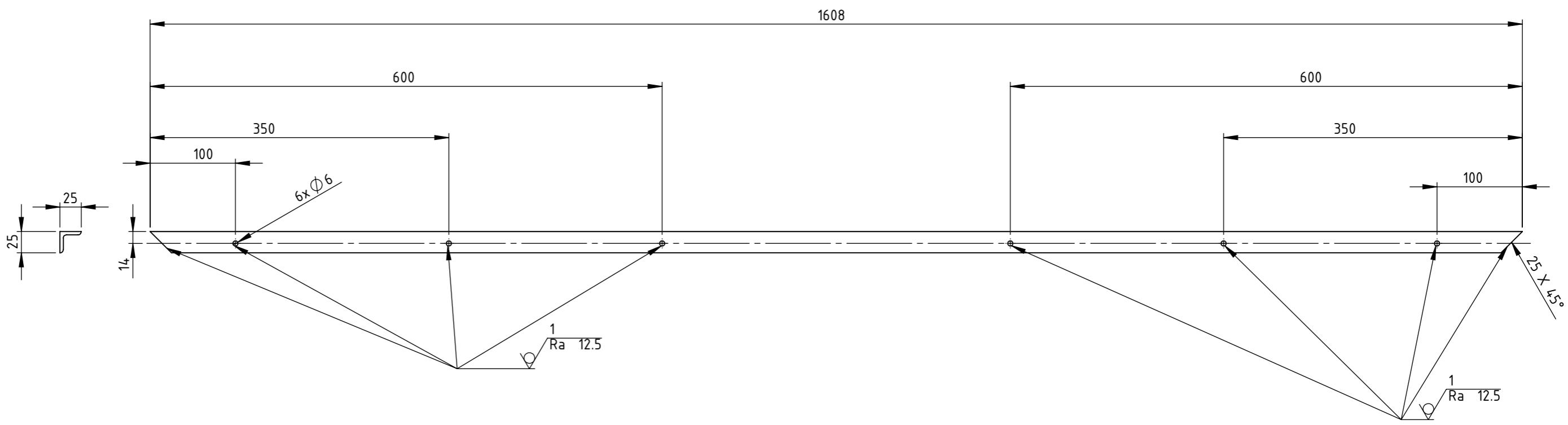
B

C

D

E

F



Napomena: Tolerancija slobodnih izmjera ISO 2768-m

	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	8.2013.	Dražen Dervišević		
Razradio	8.2013.	Dražen Dervišević		
Crtao	8.2013.	Dražen Dervišević		
Pregledao	9.2013.	Mario Štorga		
Voditelj rada	9.2013.	Mario Štorga		
Naslov rada:			Objekt: Okvir radne plohe	R. N. broj:
(uz manipuliranje sa zračnom strujom)				
Napomena:	Rezati iz L profila 25x25x4 mm		Smjer: KONSTRUKCIJSKI	Kopija
Materijal:	S235JR	Masa:	ZAVRŠNI RAD	
Mjerilo originala	Naziv: Profil okvira radne plohe 1608		Pozicija: 1	Format: A3
M 1:5			Listova: 1	List: 1
Crtež broj: DD-8/13-015				

1 2 3 4 5 6 7 8

$\sqrt{Ra} 100$   $\left( \begin{array}{l} 1 \\ \sqrt{Ra} 12.5 \end{array} \right)$   
1-rezanje plazmom

A

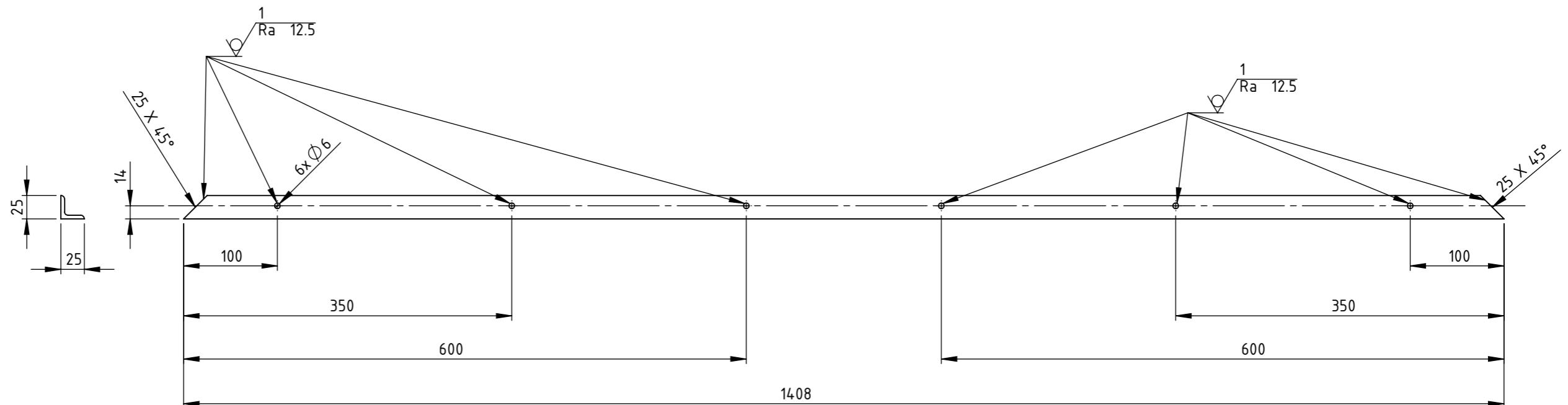
B

C

D

E

F



Napomena: Tolerancija slobodnih izmjera ISO 2768-m

	Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
Projektirao	8.2013.	Dražen Dervišević		
Razradio	8.2013.	Dražen Dervišević		
Crtao	8.2013.	Dražen Dervišević		
Pregledao	9.2013.	Mario Štorga		
Voditelj rada	9.2013.	Mario Štorga		
Naslov rada:			Objekt: Okvir radne plohe	
(Stol za rezanje stakla (uz manipuliranje sa zračnom strujom))		R. N. broj:		
Napomena:	Rezati iz L profila 25x25x4 mm		Smjer: KONSTRUKCIJSKI	Kopija
Materijal:	S235JR	Masa:	ZAVRŠNI RAD	
Mjerilo originala	M 1:5	Naziv: Profil okvira radne plohe 1408	Pozicija: 2	Format: A3
				Listova: 1
		Crtež broj: DD-8/13-016		List: 1

1 2 3 4 5 6 7 8

$\sqrt{Ra} 100$   $(\sqrt{Ra} 6.3)$

1-rezanje plznom

A

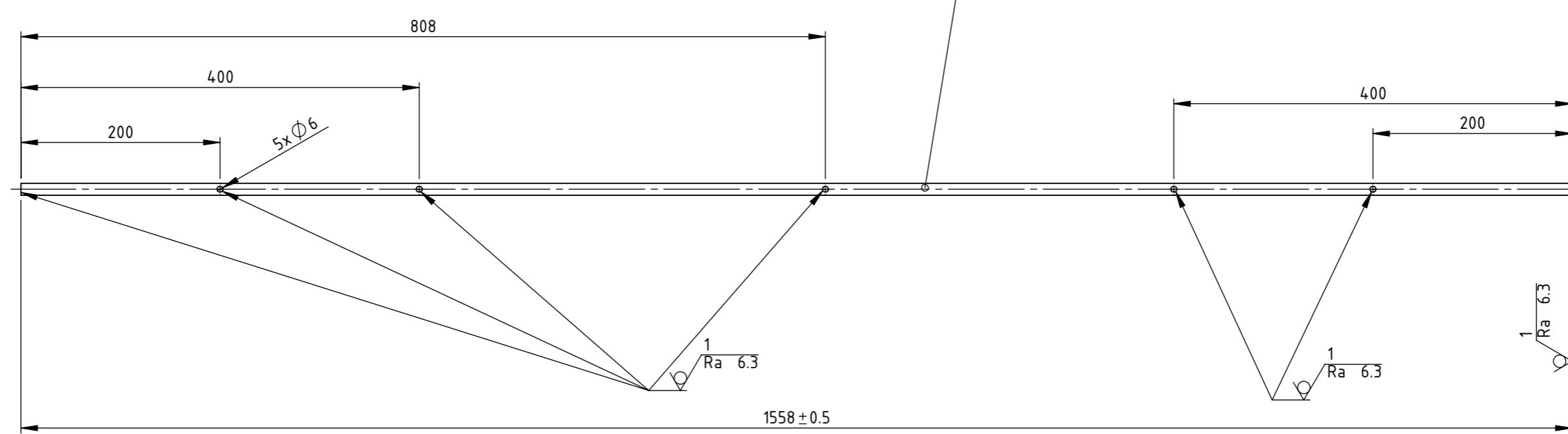
B

C

D

E

F

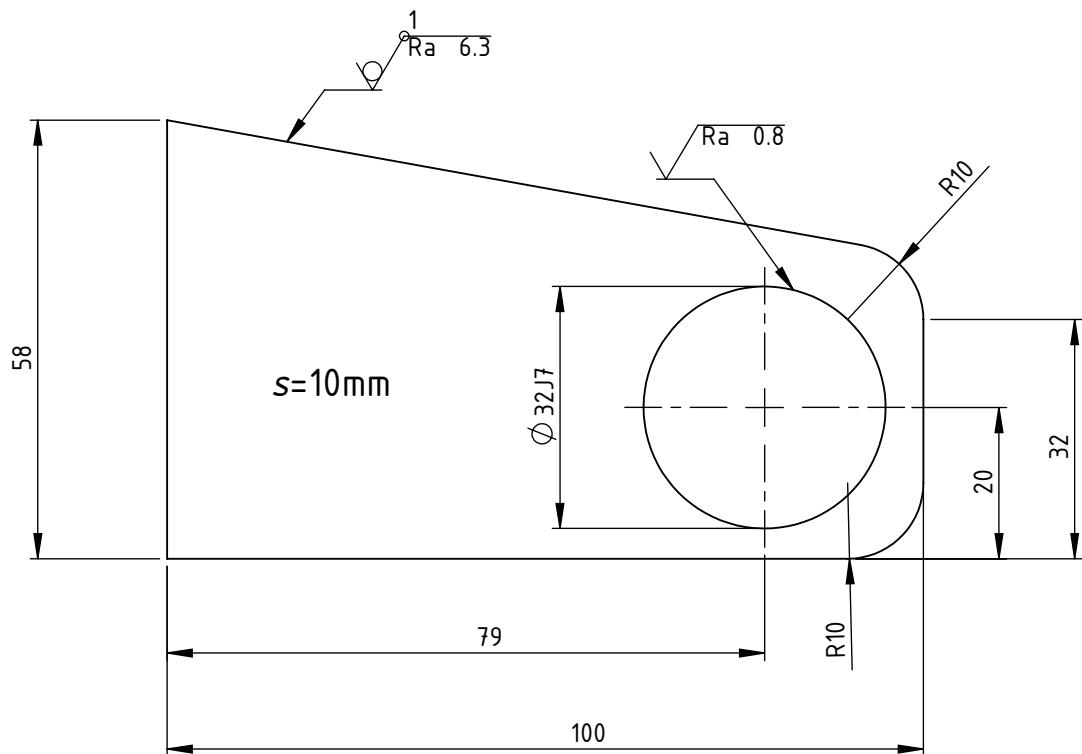


Pravokutna šipka 12x4 mm

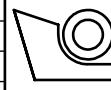
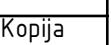
Napomena: Tolerancija slobodnih izmjera ISO 2768-m

	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	8.2013.	Dražen Dervišević		
Razradio	8.2013.	Dražen Dervišević		
Crtao	8.2013.	Dražen Dervišević		
Pregledao	9.2013.	Mario Štorga		
Voditelj rada	9.2013.	Mario Štorga		
Naslov rada:			Objekt: Okvir radne plohe	R. N. broj:
Stol za rezanje stakla (uz manipuliranje sa zračnom strujom)				
Napomena:	Rezati iz vučene šipke 12x4 mm		Smjer: KONSTRUKCIJSKI	Kopija
Materijal:	S235JR	Masa:	ZAVRŠNI RAD	
Mjerilo originala	Naziv: Ukruta okvira radne plohe		Pozicija: 3	Format: A3
M 1:5			Listova: 1	List: 1
Crtež broj: DD-8/13-017				

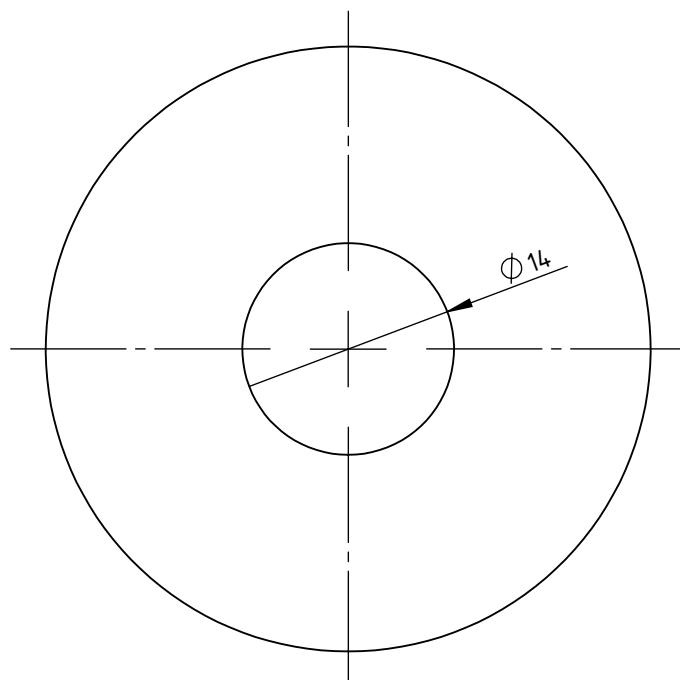
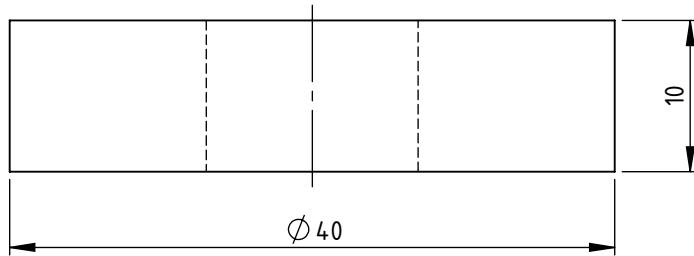
$\sqrt{Ra} \ 6.3$  (  $\frac{1}{\sqrt{Ra}} \ 6.3$   $\sqrt{Ra} \ 0.8$  )  
 1-rezanje plazmom



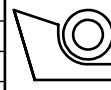
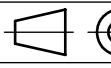
Napomena: Tolerancija slobodnih izmjera ISO 2768-m

Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb						
	Projektirao	8.2013.	Dražen Dervišević								
	Razradio	8.2013.	Dražen Dervišević								
	Crtao	8.2013.	Dražen Dervišević								
	Pregledao	9.2013.	Mario Štorga								
	Voditelj rada	9.2013.	Mario Štorga								
ISO - tolerancije	Ø 32J7	+0.014 -0.011	Naziv rada: Stol za rezanje stakla (uz manipuliranje sa zračnom strujom)	Objekt: Okvir stola							
				R. N. broj:							
				Napomena: Rezati iz lima debljine s=10mm							
				Materijal: S235JR							
Design by CADLab		M 1:1	 Naziv: Oslonac okvira radne plohe	Smjer: KONSTRUKCIJSKI Masa: ZAVRŠNI RAD Pozicija: 10 Format: A4 Listova: 1							
Crtež broj: DD-8/13-018											
List: 1											

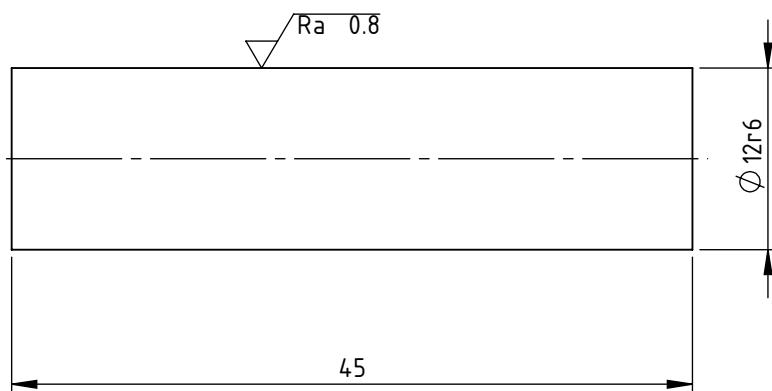
$\sqrt{Ra} 100$



Napomena: Tolerancija slobodnih izmjera ISO 2768-c

	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	8.2013.	Dražen Dervišević		
Razradio	8.2013.	Dražen Dervišević		
Crtao	8.2013.	Dražen Dervišević		
Pregledao	9.2013.	Mario Štorga		
Voditelj rada	9.2013.	Mario Štorga		
Naslov rada:			Objekt: Stol za rezanje stakla	
	(uz manipuliranje zračnom strujom)		R. N. broj:	
Napomena:			Smjer: KONSTRUKCIJSKI	Kopija
Materijal:	Butyl guma	Masa:	ZAVRŠNI RAD	
	Naziv:		Pozicija:	Format: A4
Mjerilo originala	Gumeni oslonac		4	Listova: 1
M 2:1	Crtanje broj: DD-8/13-019			List: 1

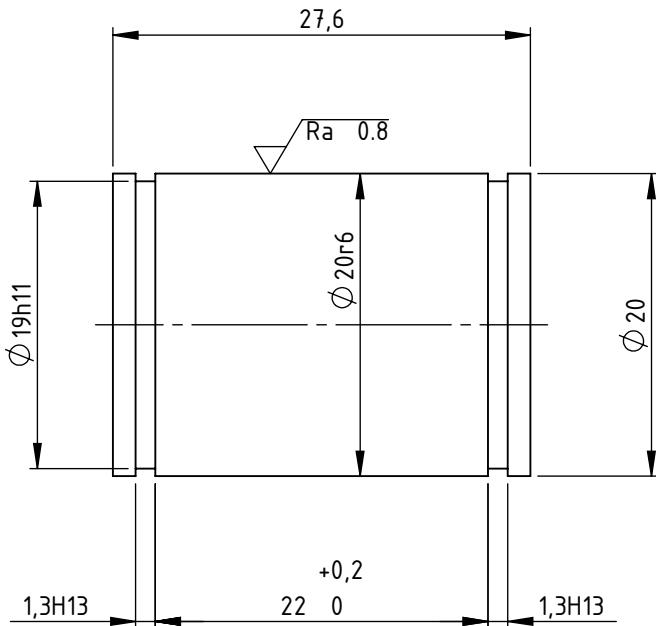
$$\sqrt{Ra} 25 \left( \sqrt{Ra} 0.8 \right)$$



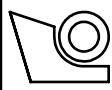
Napomena: Tolerancija slobodnih izmjera ISO 2768-m

Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb		
	Projektirao	8.2013.	Dražen Dervišević				
	Razradio	8.2013.	Dražen Dervišević				
	Črtao	8.2013.	Dražen Dervišević				
	Pregledao	9.2013.	Mario Štorga				
	Voditelj rada	9.2013.	Mario Štorga				
ISO - tolerancije		Naziv rada: Stol za rezanje stakla (uz manipuliranje sa zračnom strujom)		Objekt: Stol za rezanje stakla R. N. broj:			
$\varnothing 12r6$ +0.034 +0.023		Napomena:		Smjer: KONSTRUKCIJSKI	Kopija		
		Materijal: S235JR		Masa: ZAVRŠNI RAD			
		 Mjerilo originala M 2:1	Naziv: <b>Osovina oslonca linearnog aktuatora</b> Crtež broj: DD-8/13-020	Pozicija: 7	Format: A4		
					Listova: 1		
Design by CADLab					List: 1		

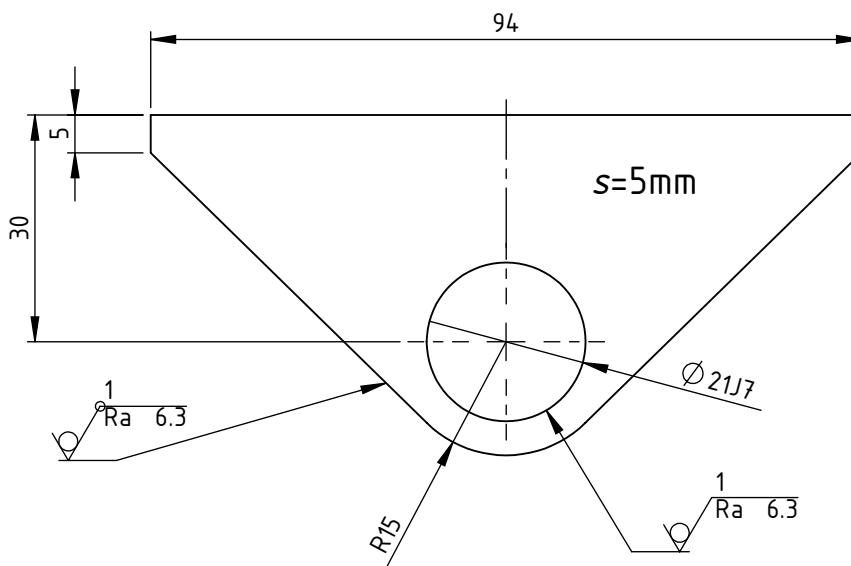
$\sqrt{Ra} 25 \left( \sqrt{Ra} 0.8 \right)$



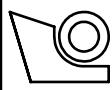
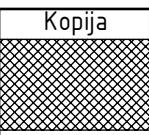
Napomena: Tolerancija slobodnih izmjera ISO 2768-m

Broj naziva - code	Date	Name and Surname	Signature	 FSB Zagreb
	Projektirao	8.2013.	Dražen Dervišević	
	Razradio	8.2013.	Dražen Dervišević	
	Crtao	8.2013.	Dražen Dervišević	
	Pregledao	9.2013.	Mario Štorga	
	Voditelj rada	9.2013.	Mario Štorga	
ISO - tolerancije	Naziv rada: Stol za rezanje stakla (uz manipuliranje sa zračnom strujom)		Objekt: Stol za rezanje stakla	Kopija
	$\varnothing 20\text{r}6$	+0.041 +0.028	R. N. broj:	
	$\varnothing 19h11$	0 0.130	Napomena:	
1.3H13	+0.100 0	Materijal: S235JR	Masa:	Format: A4
			ZAVRŠNI RAD	
	 M 2:1	 Naziv: Osovina oslonca radne plohe Mjerilo originala	Pozicija: 9	Listova: 1
		Crtež broj: DD-8/13-021		List: 1

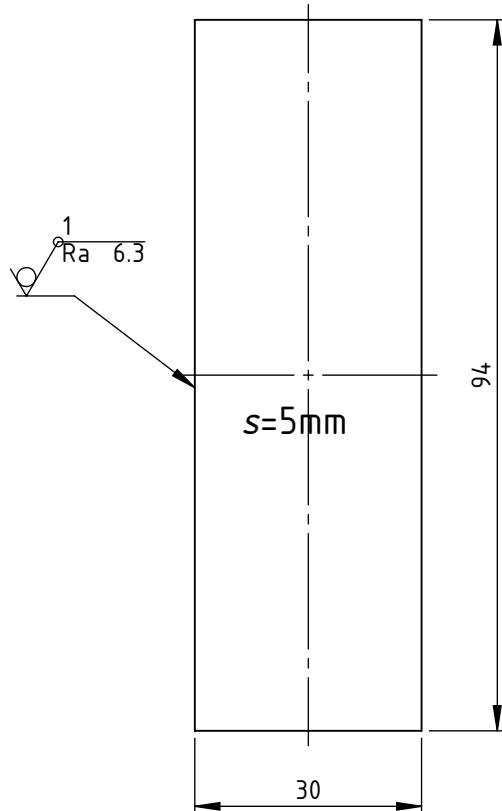
$\sqrt{Ra} \leq 25 \left( \frac{1}{\sqrt{Ra}} \leq 6.3 \right)$   
 1-rezanje plazmom



Napomena: Tolerancija slobodnih izmjera ISO 2768-m

Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao		8.2013.	Dražen Dervišević		
Razradio		8.2013.	Dražen Dervišević		
Črtao		8.2013.	Dražen Dervišević		
Pregledao		9.2013.	Mario Štorga		
Voditelj rada		9.2013.	Mario Štorga		
ISO - tolerancije		Naziv rada: Stol za rezanje stakla (uz manipuliranje sa zračnom strujom)		Objekt: Oslonac linearog aktuatora	Objekt: Oslonac linearog aktuatora  R. N. broj:
Ø 21J7	+0.012 -0.009				
		Napomena: Rezati iz lima debljine s=5mm		Smjer: KONSTRUKCIJSKI	Kopija
		Materijal: S235JR		ZAVRŠNI RAD	
		Naziv: Bočni lim oslonca linearog aktuatora		Pozicija: 2	
Design by CADLab		Mjerilo originala M 1:1		Format: A4	Listova: 1
		Crtež broj: DD-8/13-022			

$\sqrt{Ra} 50$  (  $\frac{1}{\sqrt{Ra}} 6.3$  )  
 1-rezanje plazmom

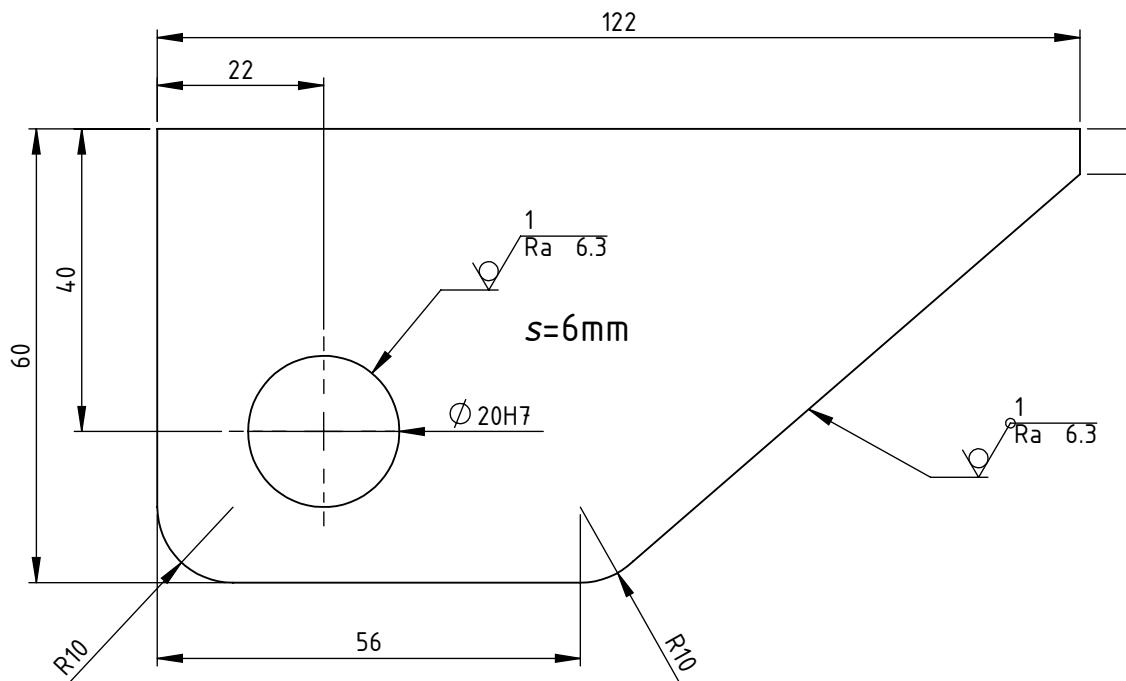


Napomena: Tolerancija slobodnih izmjera ISO 2768-m

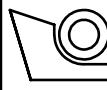


	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	8.2013.	Dražen Dervišević	
Razradio	8.2013.	Dražen Dervišević	
Crtao	8.2013.	Dražen Dervišević	
Pregledao	9.2013.	Mario Štorga	
Voditelj rada	9.2013.	Mario Štorga	
Naslov rada:		Objekt: Oslonac linearног aktuatora	
Stol za rezanje stakla (uz manipuliranje zračnom strujom)		R. N. broj:	
Napomena: Rezati iz lima s=5mm		Smjer: KONSTRUKCIJSKI	Kopija
Materijal: S235JR	Masa:	ZAVRŠNI RAD	
	Naziv: <b>Baza oslonca linearнog aktuatora</b>	Pozicija: 1	Format: A4
Mjerilo originala M 1:1			Listova: 1
	Crtanje broj: DD-8/13-23		List: 1

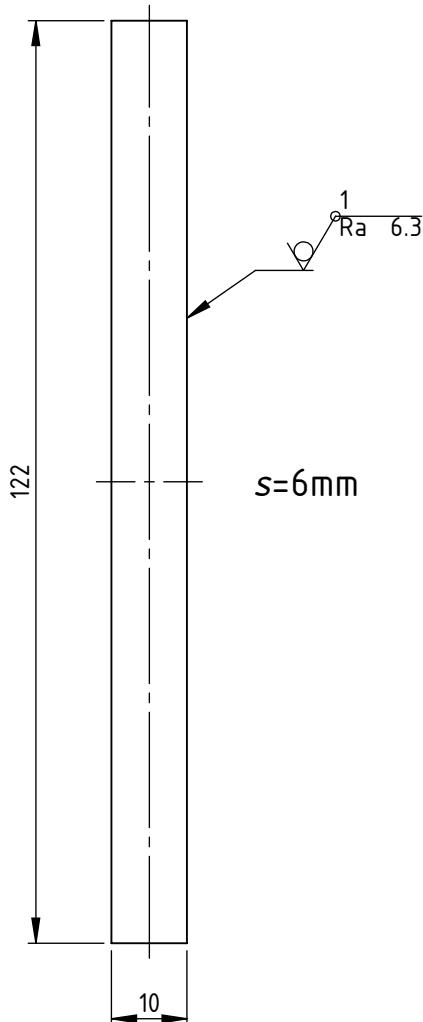
$\sqrt{Ra} \leq 6.3$  (  $\frac{1}{\sqrt{Ra}} \leq 6.3$  )  
 1-rezanje plazmom



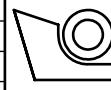
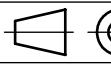
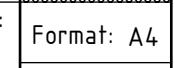
Napomena: Tolerancija slobodnih izmjera ISO 2768-m

Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
	Projektirao	8.2013.	Dražen Dervišević		
	Razradio	8.2013.	Dražen Dervišević		
	Crtao	8.2013.	Dražen Dervišević		
	Pregledao	9.2013.	Mario Štorga		
	Voditelj rada	9.2013.	Mario Štorga		
ISO - tolerancije		Naziv rada: Stol za rezanje stakla (uz manipuliranje sa zračnom strujom)		Objekt: Oslonac radne plohe	
$\text{Ø } 12H7$	+0.018			R. N. broj:	
	0				
		Napomena: Rezati iz lima debljine s=6mm		Smjer: KONSTRUKCIJSKI	Kopija
		Materijal: S235JR		ZAVRŠNI RAD	
		 Mjerilo originala M 1:1	Naziv:  Bočni lim oslonca radne plohe		Pozicija:  2
					Format: A4
					Listova: 1
				Crtanje broj: DD-8/13-024	
				List: 1	

$\sqrt{Ra} 50$  (  $\frac{1}{\sqrt{Ra}} 6.3$  )  
 1-rezanje plazmom



Napomena: Tolerancija slobodnih izmjera ISO 2768-m

	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	8.2013.	Dražen Dervišević		
Razradio	8.2013.	Dražen Dervišević		
Crtao	8.2013.	Dražen Dervišević		
Pregledao	9.2013.	Mario Štorga		
Voditelj rada	9.2013.	Mario Štorga		
Naslov rada:			Objekt: Oslonac radne plohe	 FSB Zagreb
(uz manipuliranje zračnom strujom)		R. N. broj:		
Napomena:	Rezati iz lima s=6mm		Smjer: KONSTRUKCISKI	Kopija
Materijal:	S235JR	Masa:	ZAVRŠNI RAD	
	Naziv: Baza oslonca radne plohe		Pozicija: 1	
Mjerilo originala			Format: A4	
M 1:1			Listova: 1	
	Crtež broj: DD-8/13-25			List: 1