



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Основи конструисања

Број индекса: 102/2010

Иван Д. Главоњић

**Пројектовање термо вакуум машине за
обликовање пластике
завршни рад**

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Ненад Марјановић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да

Конструише нове делове који су потребни за уградњу у постојећу машину, користећи CAD софтвер Catia – Dessault Systems да би се она модификовала у термо вакуум машину за обликовање пластике, како би нова модификована машина била економичнија од претходне и правила делове бољег квалитета. Уради потребну техничку документацију нових делова и прорачуне критичних делова машине. Уради анализу критичних делова у CAD софтверу Catia – Dessault Systems

Препоручена литература:

[1] Марјановић Н. , Јовичић С. : Основи конструисања, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу; 2011.

[2] Reyne M. : Plastic Forming Processes, ISTE Ltd; 2008

[3] Николић В. : Машински елементи, Машински факултет; Крагујевац; 2004.

Крагујевац, 2013

ментор:

Др Ненад Марјановић, ред.проф.

Резиме

У овом раду представљена је модификација постојеће машине како би се добила термо вакуум машина за обликовање пластике, мењајући тако принцип рада ради добијања квалитетнијих делова од пластике. До задатог циља дошло се детаљним конструисањем нових делова потребних за модификацију, неодступајући од правила конструисања. Преоцес конструисања прошао је кроз све потребне фазе, од добијања техничког задатка преко конципирања до разраде конструкције. Процеси који су између коришћени јесу потребна истраживања, скицирања, стварање нових идеја и прорачунавање одређених делова. Резултат је нова машина за прављење квалитетнијих делова са уштедама приликом рада у виду електричне енергије и материјала потребног за обраду. Конструисање машине радило се у CAD софтверском пакету Catia – Dessault Systems користећи знање стечено из овог софтверског пакета током досадашњег школовања.

Кључне речи: Термо вакуум машина, конструисање, CAD софтверски пакет

Abstract

In this paper, a modification of existing machine was made in order to get thermo vacuum forming machine, by replacing its working principle in order to obtain better quality of plastic parts. Final goal have been achieved by detailed construction of new parts required for the modification and following the rules of construction. The design process has gone through the necessary stages of developing technical task up to the development of designing structures. The processes that are used between the needs are researching, sketching, creating new ideas and calculations of certain parts. The result is a new machine for making quality parts with savings in labor in the form of electricity and materials required for processing. Construction of machine was designed in CAD software package CATIA - Dessault Systems

Keywords: Thermal vacuum machine, designing, CAD software package.

Садржај

1. Увод	1
2. Термо вакуум машина за обликовање пластике	2
2.1. Производни процес машине	4
2.2. Технолошка својства машине	7
2.3. Манипулациона својства	7
2.4. Функција машине	7
2.5. Тржишност	8
2.6. Економски услови	8
3. Конструисање термо вакуум машине за обликовање пластике у CAD-у	9
3.1. Моделирање кутије са покретним постољем	9
3.1.1. Носећи рам	9
3.1.2. Оквири са лајснама	12
3.1.3. Покретно постоље	14
3.1.4. Пнеуматски цилиндри	15
3.1.5. Алат	17
3.1.6. Склапање кутије са покретним постољем	18
3.1.7. Уградња кутије са покретним постољем у постојећу машину	22
4. Прорачуни	25
4.1. Прорачун цилиндара	25
4.2. Прорачун завртањских веза на лајснама	26
5. Техничка документација	28
6. Симулација кутије са покретним постољем	29
7. Анализа делова Catia-и	32
7.1. Анализа вертикалне цеви носећег рама	33
7.2. Анализа доње плоче за везу цилиндара и носећег рама	37
7.3. Анализа плоче за везу пнеуматског цилиндра и покретног постоља	40
8. Закључак	43
Литература	44
Прилог	

1. Увод

Конструкторски посао је свеобухватан и као такав носи са собом и одређену тежину. Конструктор не само да треба да исконструише сваки део неке конструкције већ треба да је и пропрати кроз цео процес производње. Дакле, потребо је једно свеобухватно познавање система од идеје до реализације где у том систему, важну карику чини конструктор.

Разлог одабира ове теме лежи управо у чињеници да ова тема најближе илуструје посао једног конструктора. Одабир баш овог машинског система је настао због претходних сусрета са оваквим машинама. Термо-вакуум машине или машине за термо обликовање јављају се на тржишту већ 35 година. Ове машине путем топлоте и негативног притиска који прави вакуум обликују пластику. Савремено доба донело је са собом нове погледе на одабир материјала, све што се некад израђивало од дрвета или метала данас се у доста случајева израђује од пластике (нпр. водоводне и канализационе цеви, кухињске вангле, усисна грана код аутомобила). Један од разлога је сигурно и цена пластике. Због веће примене пластике расте и потражња за машинама које би ту пластику обликовале. Велика пажња и улагања су усмерена у даља научна истраживања која имају за циљ проналажење нових типова пластике. Један од најквалитетнијих метода за израду пластичних делова јесте термо-вакуумско обликовање.

Од када је Александар Перкс (*Alexander Perks*) шесдесетих година деветностог века на међународној изложби науке и технологије у Лондону представио свој нови материјал Перкесин (данашња пластика) и предвидео том материјалу дуг век трајања, људи покушавају да обликују пластику разним методама. Процес термо обликовања пластике настао је за време другог светског рата, предпостављамо да су и прве машине за термо обликовање настале у том периоду. Од тада се тежи усавршавању процеса обликовања пластике.

Због тога је, тема овог завршног рада пројектовање термо-вакуум машине за обликовање пластике, овај завршни рад се може, донекле, сматрати више као надоградња постојеће машине, јер машина на којој се базира овај завршни рад већ постоји у фабрици за производњу санитарије. На оригиналној машини ради један радник и код ње постоји проблем прављења дубоких делова такође је заступљено прављења шкартова док се алат не загреје. Тако се може узалудно потрошити три, четири или више пластичних плоча које се могу користити за прављење када или угаоних туш кабина. Модификовањем ове машине, може се постићи 0% баченог материјала или ти да машина не прави шкартове. Такође, моћи ће се радити дубљи делови. Циљ овог завршног рада јесте добити машину која може да прави дубље делове, од постојеће, и која ће без предгревања алата правити делове одличног квалитета. Пошто техничка

документација постојеће машине није расположива може се рећи да се ради о оригиналној конструкцији јер су убачена нова оригинална решења принципа функционисања машине.

Сви нови делови су конструисани у CAD софтверу CATIA-Dessaul Systems. Разлог одабира овог програма јесте знање које се поседује и које је стицано на предмету Инжењерски алати 1 као и у слободне време радећи на усавршавању знања о овом софтверу. Ова машина се може користити за обликовање било ког дела који непремашује максималне димензије машине али ће се у овом раду базирати на то да машина служи за израду када.

Свако домаћинство има у свом купатилу каду. Тако да је када једна од фундаменталних ствари у свакодневном животу јер пружа место где се људи посвећују одржавању личне хигијене. Каде имају дуг век трајања и до 40 година и обично се мењају због естетике тј. промене ентеријера купатила него због истрошености каде. Било да се ради о замени старе каде или градње новог купатила, каде имају велику тржишну потражњу јер представљају саставни део сваког купатила.

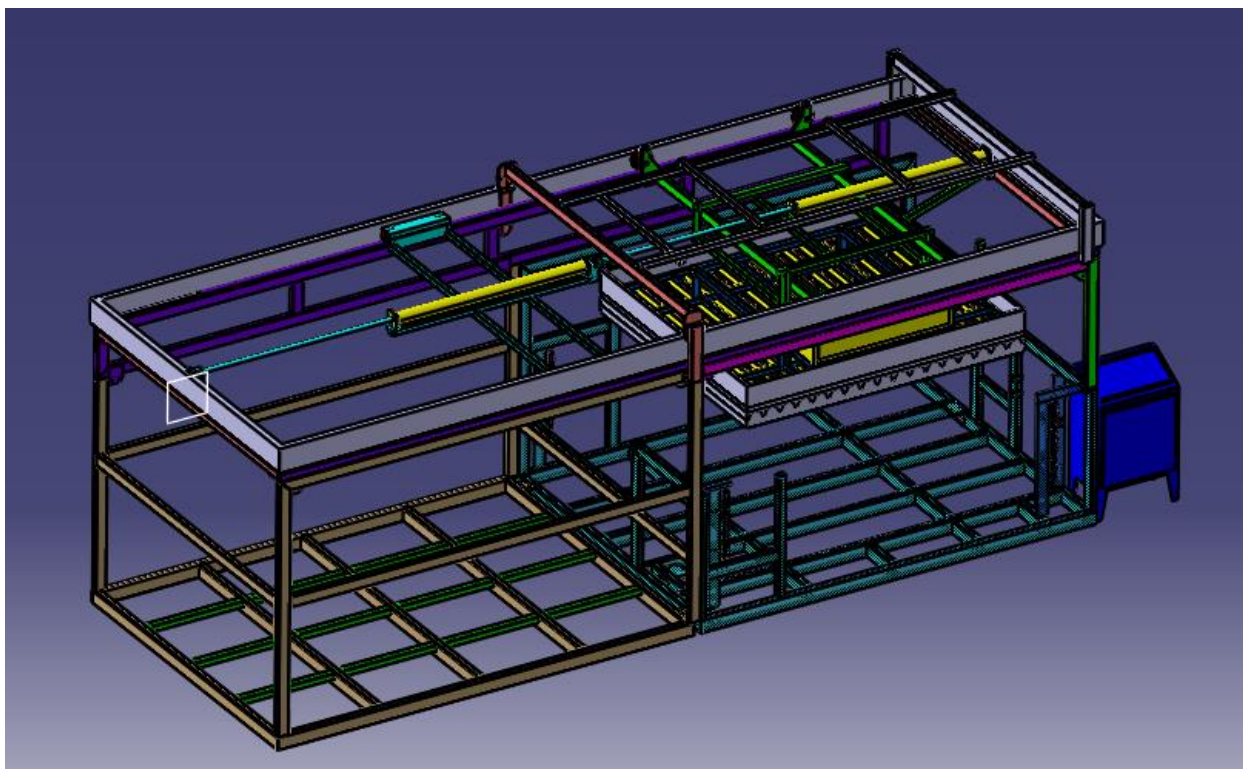
Са аспекта произвођача битно је имати што квалитетнији и естетски добар производ како би се победила конкуренција.

2. Термо-вакуум машина за обликовање пластике

Термо-вакуум машина (У даљем тексту ТВМ) се може поделити у четири целине:

1. Основа
2. Табла се грејачима
3. Кутија са покретним постољем
4. Контролна табла

Основу чине заварене цеви (100 x 50mm) које су спајане заваривањем како би оформиле базу на коју се уграђује кутија са покретним постољем (3), носач за шетајућу таблу са грејачима као и вођице по којима се праволинијски креће табла са грејачима обезбеђујући тако пасиван и активан положај грејача. Због великог простора потребног за клизање грејача, машини су се морале заваре додатне цеви како би је учврстиле, ојачале и смањиле осцилације настале услед кретања грејача. Изглед машине са основом, грејачима и контролном таблом може се видети на слици 1.



Слика 1- Изглед целокупне машине без кутије са покретном плочом

Табла се грејачима (2) је димензија 2032 x 1783 mm. Чине је 170 грејача снаге 300W, што значи да када су укључени сви грејачи троше 51kW струје на сат. Грејачи су распоређени у 17 редова по 10 комада и имају могућност искључивања по пољима. Поља има четири и на тај начин смањује се утрошак струје ако се жели обликовати алат мањих димензија.

Кутија са покретном плочом (3) се састоји од следећих подсклопова:

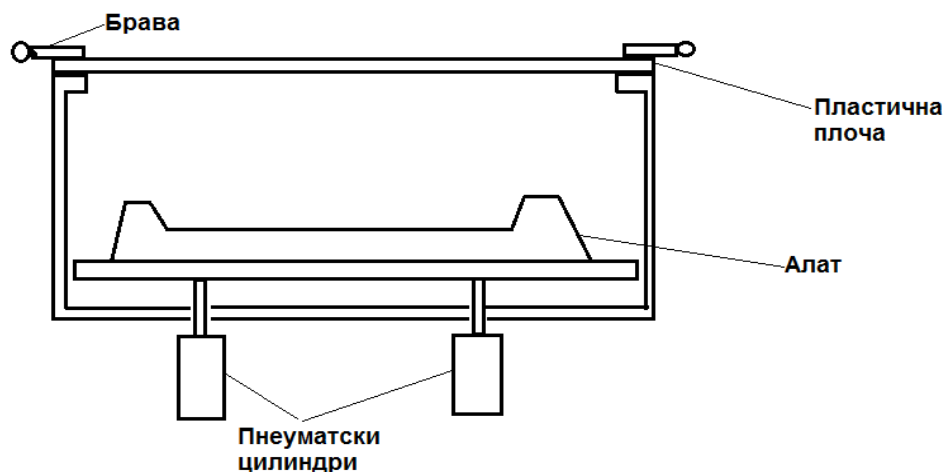
- Носећи рам
- Оквир са лајснама
- Покретно постоље
- Два пнеуматска цилиндра
- Алат

2.1. Производни процес машине

Се састоји од неколико фаза:

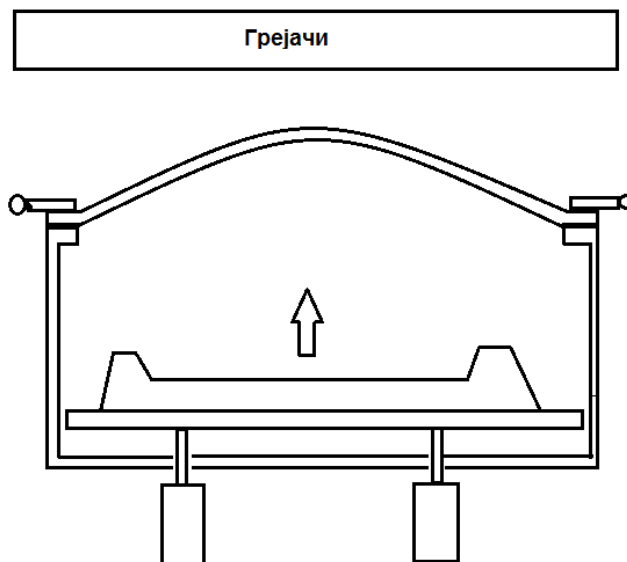
1. Избор и набавка пластичних плоча жељене дебљине
2. Постављање плоче на лајсне и забрављивање
3. Паљење грејача
4. Упумпавање компримованог ваздуха (због стварања балона)
5. Кретања покретне плоче са алатом
6. Враћање грејача у пасиван положај
7. Вакуумирање
8. Враћање покретне плоче у почетни положај
9. Вађење алата и даља ручна обрада

Као што је пре и напоменуто, ова машина се може користити за обликовање било ког дела који непремашује максималне димензије машине. Нпр. може радити делове и за ауто-индустрију (FIAT у својим погонима за проиводњу има сличне машине). У зависности од дела бира се и материјал. Када се раде каде, корисе се плоче од ABS-а и PMMA. При чему је горњи део каде прекривен ABS-ом због његове меке и сјајне површине, ABS има мању затезну чврстоћу и мању густину од PMMA а PMMA има боље карактеристике на ударе, због тога се PMMA слој налази испод, како би пружио бољу потпору. Оба материјала спадају у групу термопластичних што значи да се топе на $t < 100^{\circ}\text{C}$. Оваква плоча се стави на горњи део лежаја и забрави се са већ постојећом бравом (Слика 1.1).



Слика 1.1

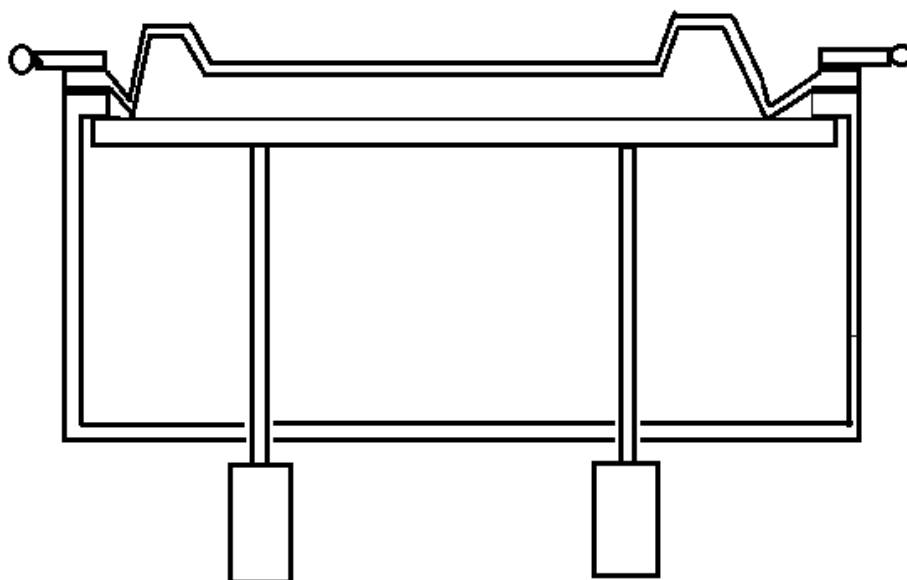
Затим следи пребацивање грејача у активан положај и паљење истих, до тренутка кад пластична плоча пређе у тестасто стање. Довде се процес није разликовао од оригиналне машине. Следећа фаза је упумпавање компримованог ваздуха који издиже улеглу пластику и оформљава балон (Слика 1.2).



Слика 1.2

Неопходно је да процес подизања табле почне док су грејачи у поступку враћања назад у пасивни режим. Ово омогућава оптимални потенцијал обликовања са радом и грејање осетљивих материјала. У том тренутку креће подизање покретне плоче са алатом до уласка у оформљени балон тј. док покретна плоча не удари у доњи део лајсне, тада се затвара систем и

компримовани ваздух више не може да улази. Плоча са алатом остварује праволинијско кретање помоћу два пнеуматска цилиндра. Лајсне са горње и доње стране имају целом дужином гуме које обезбеђују, услед притиска браве и покретне плоче, затворен систем. Ту креће процес вакуумирања где пластична плоча помоћу вакуума належе на сваку облину алата и тиме се деформише у жељени облик (Слика 1.3).



Слика 1.3

После одређеног временског периода вакуум се искључује што прати покретна плоча својим враћањем у почетни положај, на тај начин се новонастали део одваја од алата и преостаје једино да се ручно скине и пошаље на финалну обраду (уклањање вишка материјала на крајевима дела). Важно је напоменути да постојећи помоћни уређаји, вакуум пумпа и компресор, су већ инсталирани у производном погону фабрике тако да овај систем има неопходну техничку потпору за рад у тој фабрици. Многе функције у производном процесу рада машине базирани су на прецизном тајмингу које може контролисати радник помоћу контролне табле или се може ићи корак унапред увођењем потребне електронске инсталација која би сама почињала и прекидала одређене процесе при чему би људска рука само убацивала пластичне плоче и склањала готове делове.

2.2. Технолошка својства машине

TBM је погодна за израду. Састоји се већином од стандардних елемената, који су лако доступни и нису потребни елементи од специјалних и скувих материјала. Елементи се углавном изграђују од конструкционог челика Č0361. Челик Č0361 спада у *B* групу конструкционих челика. Челици из групе *B*, *C* и *D* су најподеснији за заваривање. Такође, при изради делова није потребна додатна фина обрада површина елемената, као и да су облици елемената геометријски прости што олакшава процес производње. Пошто је материјал јефтин може се одабрати и јефтинији начин заваривања, у овом раду је одабрано РЕЛ (ручно електролучно) заваривање јер спада у најраспрострањенији облик заваривања на овим просторима. РЕЛ заваривање, тачније ручно електролучно заваривање обложеном електродом је поступак који с највише користи. Електрична струја се користи да покрене електрични лук између основног материјала и потрошних електрода, чија облога ствара заштиту вара од оксидације. Електрода служи и као додатни материјал за стварање вара. Поступак је врло разноврстан и може се обавити са релативно јефтином опремом, тако да се користи у радионицама и на отвореним градилиштима. Због великих димензија, TBM захтева издвајање више средстава за транспорт.

2.3 Манипулациона својства

Пошто није могуће склопити машину у производној хали а затим је целу транспортовати до жељеног места, потребно је да се машина ради из делова који би се склапали на доставној локацији. За то је потребно конструисати машину пажљиво, као и све делове водећи рачуна о производном процесу и задати детаљно упутство о редоследу њеног склапања.

2.4. Функција машине

TBM служи за обликовање пластичних делова помоћу вакуума. Користећи особину пластике да се лако деформише у загрејаном стању, овакав облик израде представља један од најквалитетнијих процеса за обликовање пластике. Вакуум омогућава да се загрејана пластика деформише у жељени облик прецртавајући тако сваку линију са алата. TBM може се користити за добијање било ког дела чији алат непрелази максималне димензије (1940 x 940 x 300mm). Уколико би се користила за израду делова мањих димензија, морало

би се приступити новој модификацији машине. Та модификација би се састојала од инсталирања помоћних преграда које би држале алат на средини где је уједно и цев за вакуум на тај начин би се смањило и неравномерно оптерећивање машинске конструкције.

2.5. Тржишност

Машина је осмишљена са циљем побољшања квалитета производа и смањењу цене приликом израде истог. Овакво улагање се самим тим може врло лако исплатити јер је модификација релативно јефтина и смањује проценат грешке од стране људског фактора на минимум, смањујући број процеса које обавља радник. О естетском изгледу није меродавно говорити јер је реч о модификацији. О естетском изгледу се могло више порадити уколико би се радила нова машина.

2.6. Економски услови

TBM прави делове већег квалитета и без шкартова што омогућава искоришћење сваке купљене плоче. На старој машини постојао је метод предгревања алата како би се избегло стварање таласића на површини обликованог дела. Процес предгревања алата од 20 mm траје 15 минута и то под условом да се ради на спољној температури од 20°C. У том погледу имамо значајну уштеду електричне енергије. Други вид уштеде је пасиван положај грејача. У том положају они остају укључени на минималном режиму рада и на тај начин се спречавају брзи откази грејача који настају услед сталног укључивања и искључивања.

3. Конструисање термо-вакуум машине за обликовање пластике у CAD

За конструисање TBM-а коришћен је CAD софтвер CATIA-Dessaul Systems (V5R20). Catia је софтверски пакет за запреминско 3D моделирање са каталогом из којег су коришћени готови модели завртњева и навртки али пре свега се определило на коришћење овог софтвера због претходног знања које је стицао из предмета Инжењерски алати 1 и искуства које се поседује, стеченог радом у овом софтверу ван наставе.

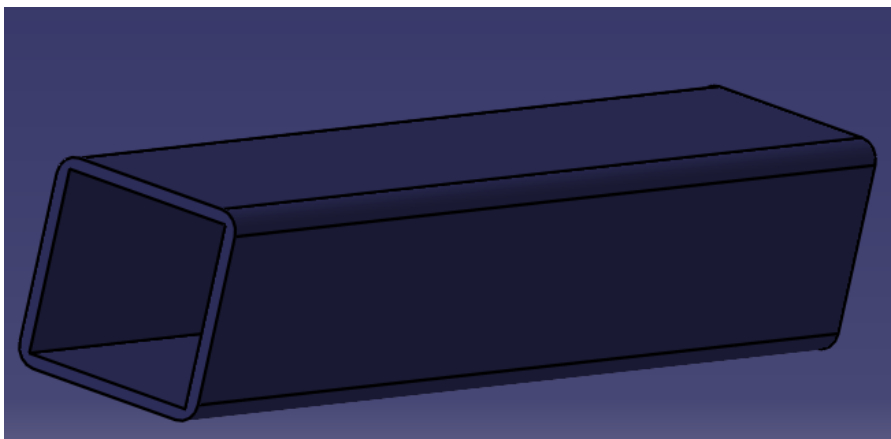
3.1. Моделирање кутије са покретним постољем

Као што је напоменуто раније, кутију са покретним постољем чине четири подсклопа:

- Носећи рам
- Оквир са лајснама
- Покретно постоље
- Два пнеуматска цилиндра
- Алат

3.1.1. Носећи рам

Носећи рам представља основу на коју се завртањским везама монтирају пнеуматски цилиндри, састоји се од четири уздужних и попречних хоризонталних цеви као и од 10 вертикалних цеви, димензија 80x80mm. Цеве су стандардне са дебљином зида од 5 mm (Дебљина зида цеви је 8-10% од димензије странице цеви). Разлог одабира цеви јесте смањење тежине носећег дела који представља основу додатка за машину. Са намером су цеви мало предимезионисане јер се ставио акценат на поузданост конструкције и дужи век трајања.

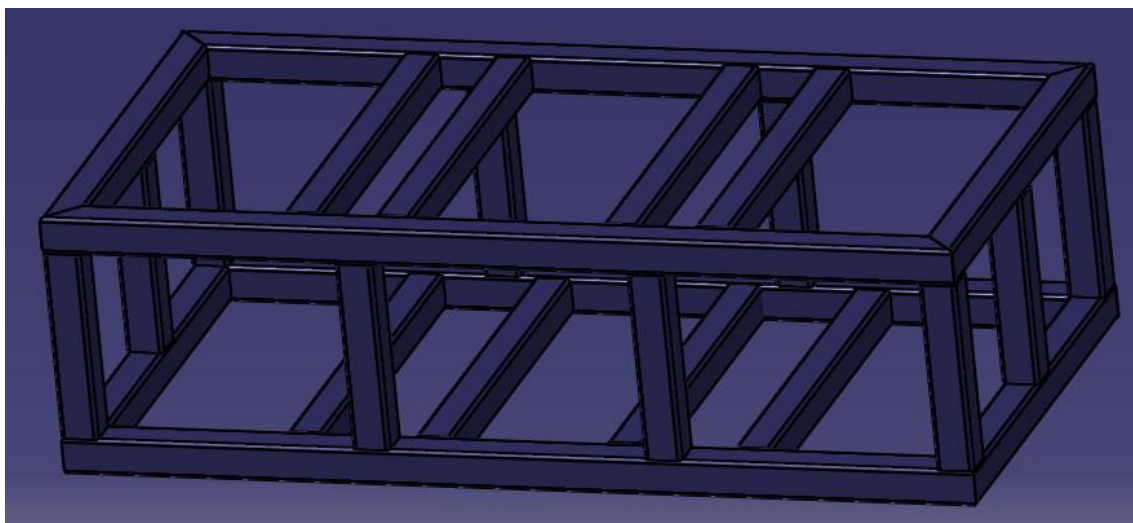


Слика 2 – Изглед цеви

Важно је напоменути да се само хоризонталним цевима које праве оквир обарају ивице за 45° . У носећи рам су укључене четири типа цеви следећих димензија:

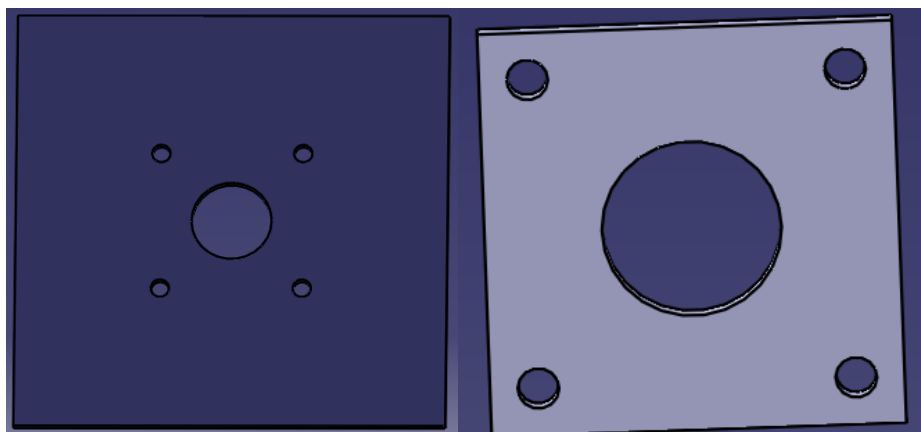
1. Уздужна хоризонтална цев оборених ивица, дужине 2000mm
2. Попречна хоризонтална цев оборених ивица, дужине 1000mm
3. Вертикална цев, дужине 419mm
4. Попречна хоризонтална цев, дужине 920mm

Цеви се повезују заваривањем, цеви 1 и 2 служе да оформе рам, тачније два рама која се међусобно повезују вертикалним цевима (3) док попречно хоризонталне цеви монтирамо због везе са пнеуматским цилиндрима. Изглед носећег рама приказан је на слици 2.1.



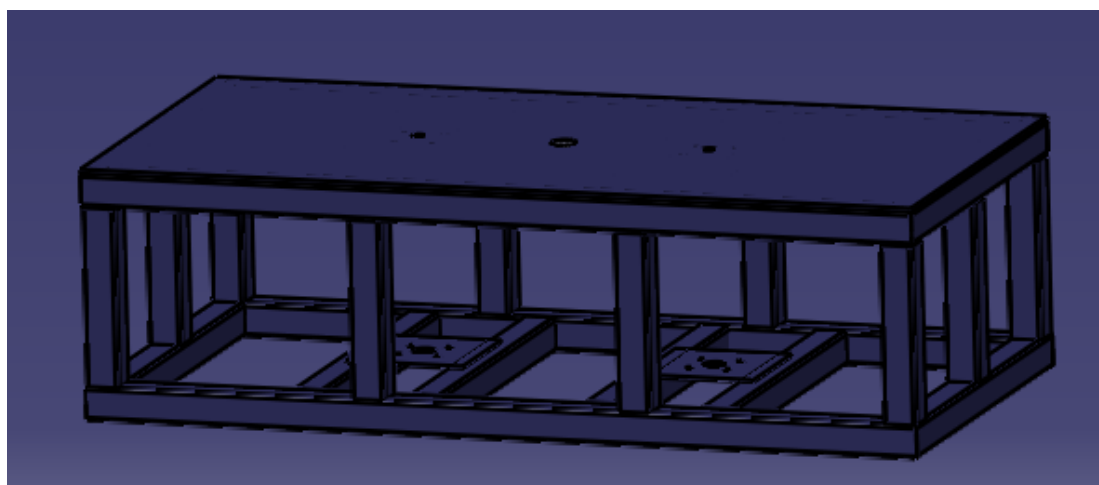
Слика 2.1

Пошто смо цеви заварили (спојили), остаје да се исконструишу плочице које служе као веза пнеуматских цилиндара и носећег рама. Плочице се заварују на попречне цеви које се налазе унутар рама. Доња плочица је димензија 200 x 200 x 6 mm и има у средини рупу од 52 mm. Она се заварује за доње попречно хоризонталне цеви. Горња плоча је димензија 120 x 120 x 6 mm и има такође у средини рупу која је истих димензија као и на доњој плочи.



Слика 2.2 – Изглед доње и горње плоче за везу са цилиндром

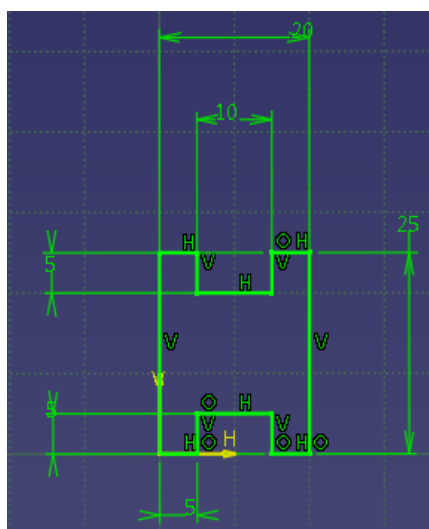
Носећи рам садржи и једну непокретну плочу димензија 2000x1000x10mm. Ова плоча се заварује на горњи део рама и садржи два отвора кроз које треба да прођу клипови цилиндра и један отвор на средини где треба да прође вакуум црево. Ова плоча даје потпору за монтирање оквира са лајснама. Изглед целокупне конструкције носећег рама приказан је на слици 2.3.



Слика 2.3

3.1.2. Оквир са лајснама

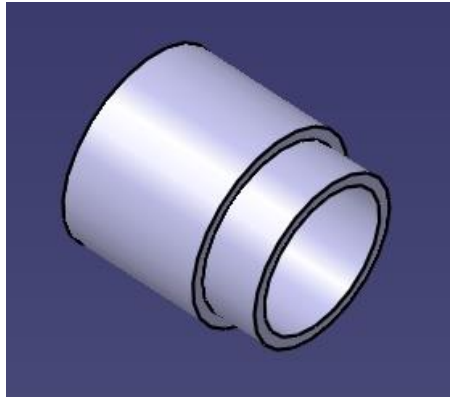
Има за циљ ограничити простор како би се створио изолован простор потребан за вакуумирање алата. Састоји се из две плоче, димензија 2000 x 400 x 10 mm и 1000 x 400 x 10 mm на чијим су горњим крајевима преко завтањских веза спојене лајсне. Такође, на плочама се налазе жљебови. Кроз жљебове пролазе вођице са покретне плоче и спречавају осцилирање покретне плоче приликом њеног кретања. Жљеб је ширине 25 mm а дубине 4 mm. Лајсне имају облик приказан са слици 3.



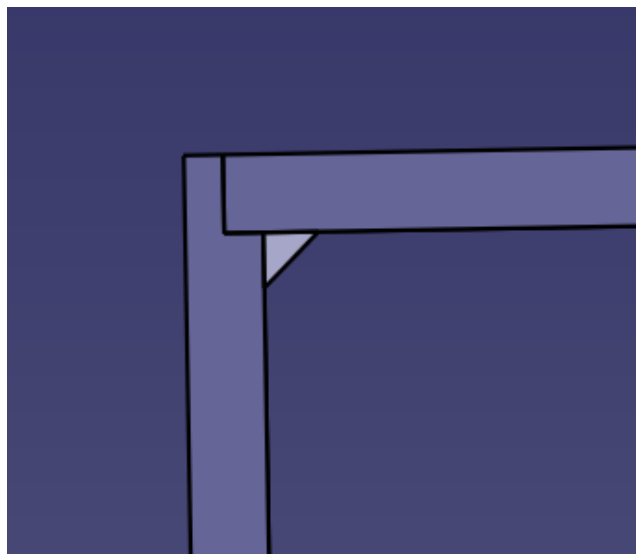
Слика 3

Лајсне су дугачке 1940 mm и 980 mm има их две од 1940 mm и две од 980 mm. На лајснама се налазе још и упуштене рупе са навојем за завртњеве и рупе са унутрашњим навојем за монтирање помоћних преграда. Канали који се налазе са обе стране служе за убацивање гуме која обезбеђује услед притиска лајсне са обе стране, неопходно дихтовање. Канали се простиру целом дужином лајсне.

На средини веће плоче налази се отвор са унутрашњим навојем на коју се качи наставак. Наставак има спољашњи навој на једном крају и тај крај улази кроз отвор на плочи а други крај има унутрашњи навој на који се качи црево за компримовани ваздух. Наставци се налазе са обе стране због сразмерног упумпавања ваздуха а самим тим и сразмерног дизања пластичне плоче (Слика 3.1).

*Слика 3.1*

Плоче су спојене заваривањем, тип шав је угаони. Наиме, на крајевима веће плоче налазе се удубљења. Удубљење је се простире од краја плоче, 10 mm, ка плочи а удубљење је величине 5 mm. На то удубљење належе мања плоча и заварује се угаони шав (Слика 3.2)

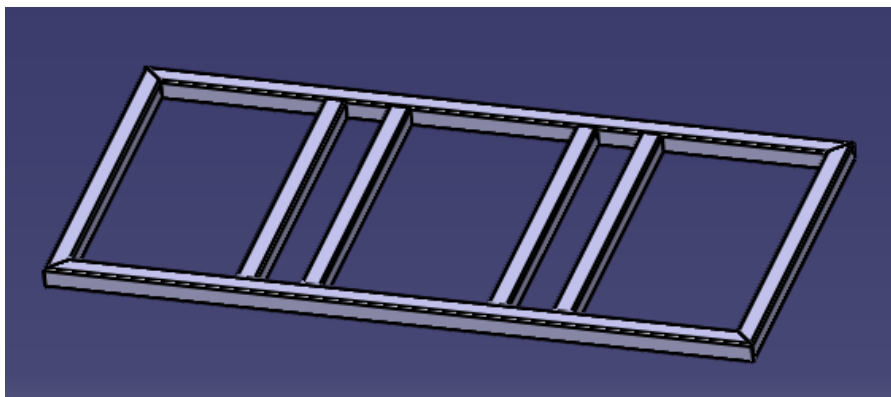
*Слика 3.2*

3.1.3. Покретно постоље

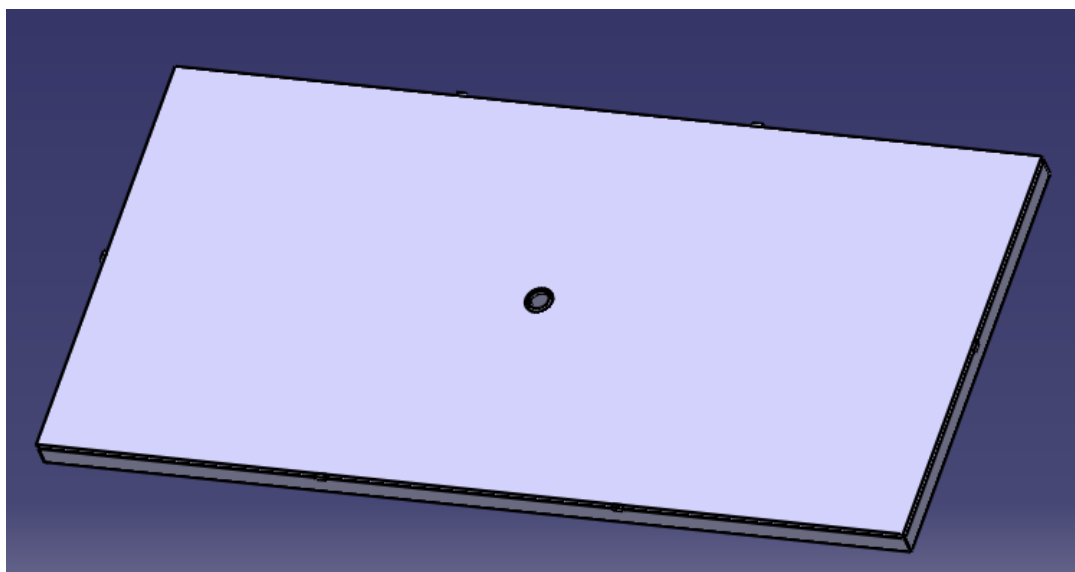
Покретно постоље са састоји од рама и плоче. На плочу се поставља алат док рам иде испод плоче и служи као ојачање за плочу, такође рам служи и као веза цилиндра са плочом. Плоча је димензија 1970 x 970 x 10 mm и заварена је за рам. Плоча има отвор на средини где долази вакуум цев. Вакуум цев се поставља тако да њен крај буде у равни са плочом или да буде на висини од 2 до 5 mm изнад у односу на плочу. Плоча такође има и шест вођица, димензије тих вођица су 23,5 x 8 x 10 mm која упадају у жљебове који се налазе на оквиру са лајснама. Рам се састоји од цеви димензија 60 x 60 mm и то:

- Две уздужно хоризонталне цеви, дужине 1970 mm
- Две попречно хоризонталне цеви, дужине 970 mm
- Четири попречно хоризонталних цеви, дужине 910 mm

Дебљина зида цеви је стандардна и износи 4 mm. Оборене ивице од 45° имају цеви које прави оквир рама. Цеви се спајају заваривањем. Изглед рама је приказан на слици 4 док је изглед целог покретног постоља приказан на слици 4.1.



Слика 4 – Покретни рам



Слика 4.1 – Покретно постоље

3.1.4. Пнеуматски цилиндри

Пнеуматски цилиндри су најчешће извршни елементи у пнеуматским саставима. У принципу, кретање цилиндра је најчешће линијско (транслаторно) једино је код ротационих цилиндара кретање ротационо. Брзина клипа креће се обично од 1-2 m/s (максимално до 10 m/s) а ход до 2,5 m (за цилиндри без клипњаче максимални ход је 12 m). Степен корисног дејства обично се креће од 70%-90%, Клип, клипњача и кошуљица обично се израђују од челика, а за кошуљицу се понеки пут користе алуминијум и бронза.

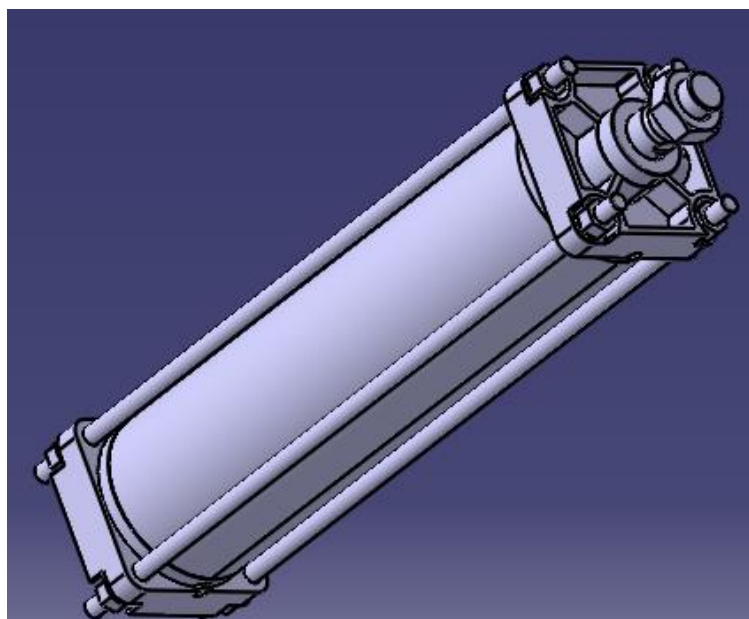
Према начину деловања пнеуматски цилиндри се могу поделити на:

1. Једноредне
2. Дворедне
3. Са посебним перформансама:
 - У тандему
 - Вишеположајни
 - Без клипњаче (најчешће магнетни)
 - Телескопски
 - Ударни

У овом раду се користи дворедни пнеуматски цилиндар. Дворедни пнеуматски цилиндар врши користан рад у оба смера (гурају и вуку) а прикључци за ваздух се налазе са обе стране клипа. За покретање клипа компримовани ваздух доводи се у комору са једне стране клипа а истовремено се друга комора мора

растеретити. За управљање дворедним цилиндром користе се 4/2 или 5/2 разводници. Ход клипа је од 5 до 500 mm

Пнеуматски цилиндри представљају погон покретног постоља са алатом. У прорачуну за пнеуматске цилиндри може се видети да су узети два клипа унутрашњег пречника $d = 100\text{mm}$. Радни притисак је на 6 bar. Што даје силу подизања од 4400N по цилиндру. Из каталога произвођача пнеуматских цилиндара SMC одабрани су пнеуматски цилиндри из серије 95. Изглед пнеуматског цилиндра може се видети на слици 5.

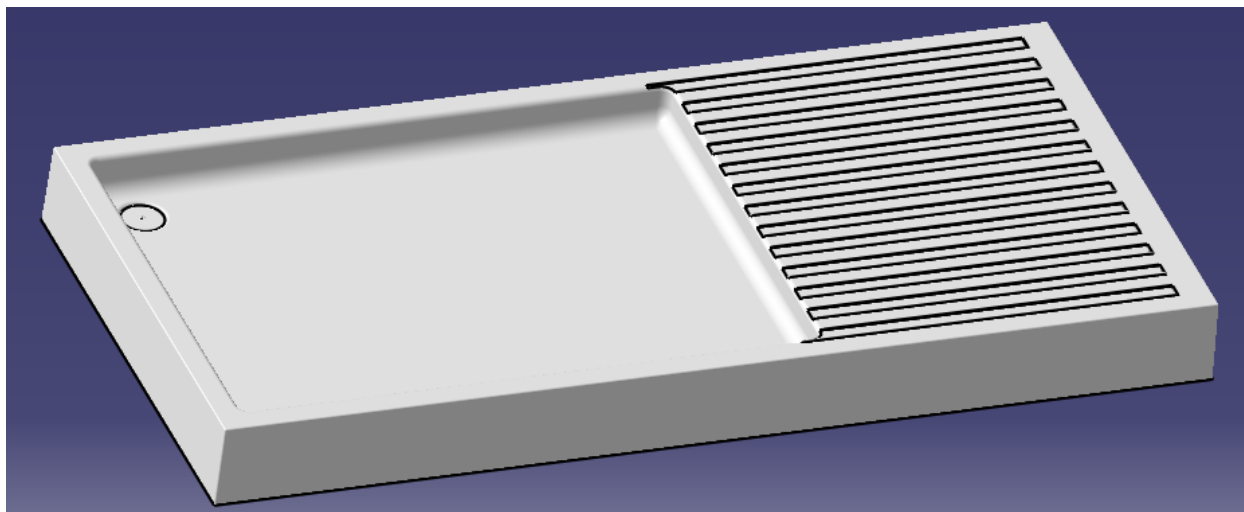


Слика 5

Пнеуматски цилиндар има четири навојна вретена који служе за везу пнеуматског цилиндра и конструкције. Да би се та веза остварила потребне су плоче за везу (слика 2.2) и навртке. Навртке морају да буду M12.

3.1.5. Алат

Алат је димензија 1900 x 900 x 160 mm. Са обореним ивицама за $1,5^\circ$. Алат има у себи удубљење 1100 x 800 x 80 mm. Удубљење је на једном крају алата и налази се на 50 mm од ивица алата. Алат има радијусе по ивицама и ивицама удубљења, вредности од 3 до 30 mm. Радијуси су постављени ради бољег изгледа дела. Друга страна алата има каналиће димензија 750 x 30 x 2 mm. Каналићи на готовом делу служе да смање трење на површини како неби дошло до повреде корисника. Алати се најчешће израђују од алуминијума или епоксидне смоле. Сваки алат је шупаљ, на тај начин се постиже могућност коришћења алата за израду дела термо-вакуум процесом. Алат на свим ивицама, прелазима и радијусима има отворе од 1 mm нпр. на једном каналићу се налазе на сваких 100 mm. Кроз те отворе вакуум продире у простор између пластичне плоче и алата и тако деформише плочу према алату. Изглед алата приказан је на слици 6.



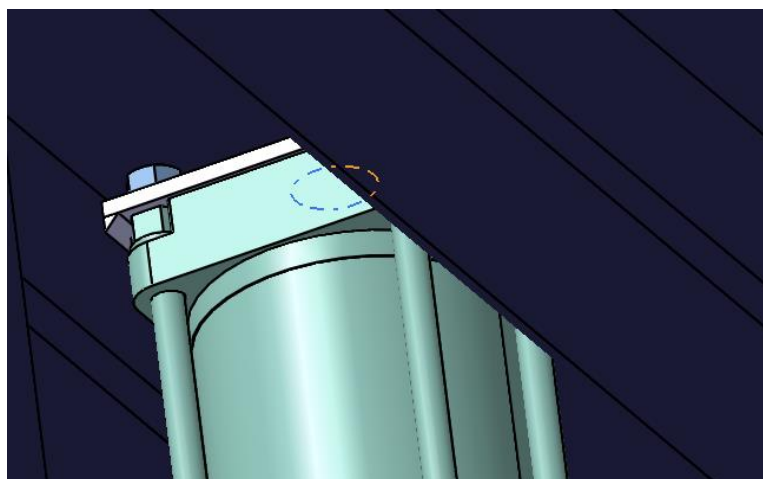
Слика 6

3.1.6. Склапање кутије са покретним постољем

Склапање конструкције је јако битан сегмент при изради конструкције. Приликом процеса конструисања делова мора се водити рачуна о њиховом монтирању. Приликом склапања ТВМ-а полази се од његове основе, носећег рама. На носећи рам прво се уграде пнеуматски цилиндри, који се позиционирају помоћу доње и горње плоче за везу (Слика 7 и 7.1)

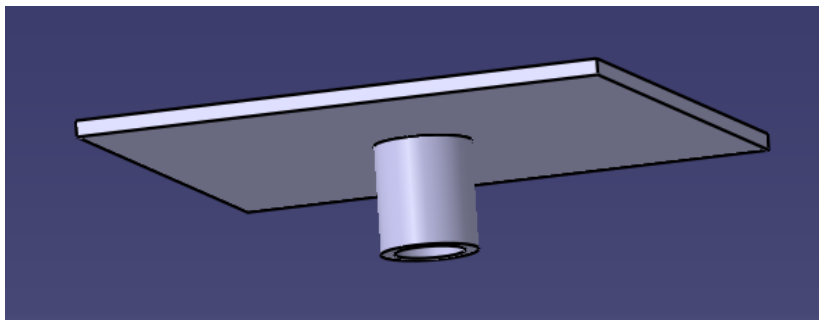


Слика 7



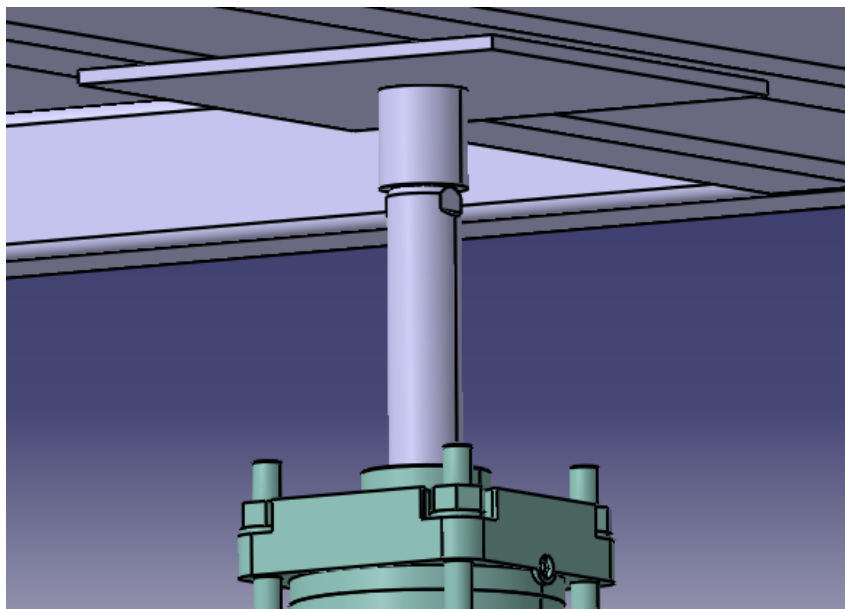
Слика 7.1

Као што можемо видети са слика 7 и 7.1, плоче су заварене за цеви носећег рама а навојна вретена пнеуматских цилиндара пролазе кроз отворе на плочама и везују се наврткама. Следећи корак при склапању машине јесте успостављање везе између цилиндара и покретне плоче. То се остварује помоћу дела приказаног на слици 7.2.



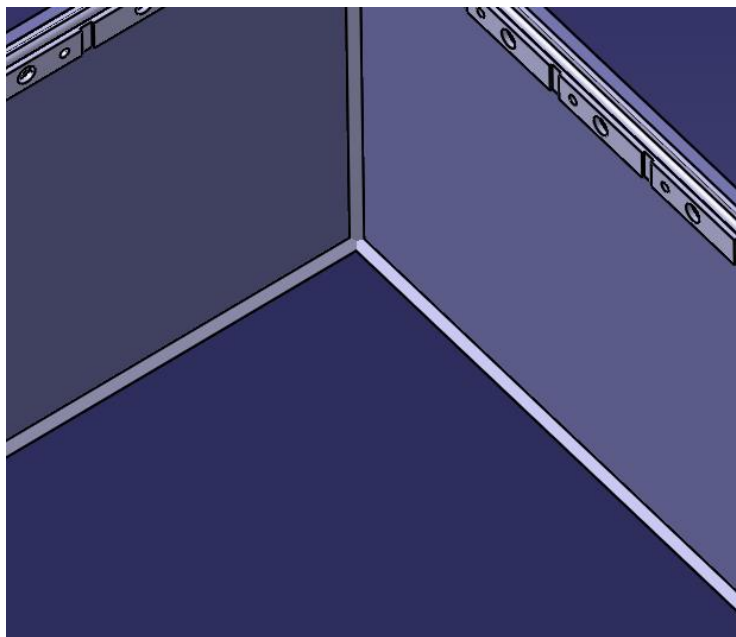
Слика 7.2

Овај део представља везу између покретне плоче и пнеуматских цилиндара. Састоји се од једне плоче димезија 200 x 200 mm и рупе са унутрашњим навојем. Рупа се прво навија на врх клипа пнеуматског цилиндра и дубока је као и навој на крају цеви. Затим се на плоче спусти покретно постоље и приступа се заваривању плоча на цеви покретног рама, изглед готове везе приказан је на слици 7.3.

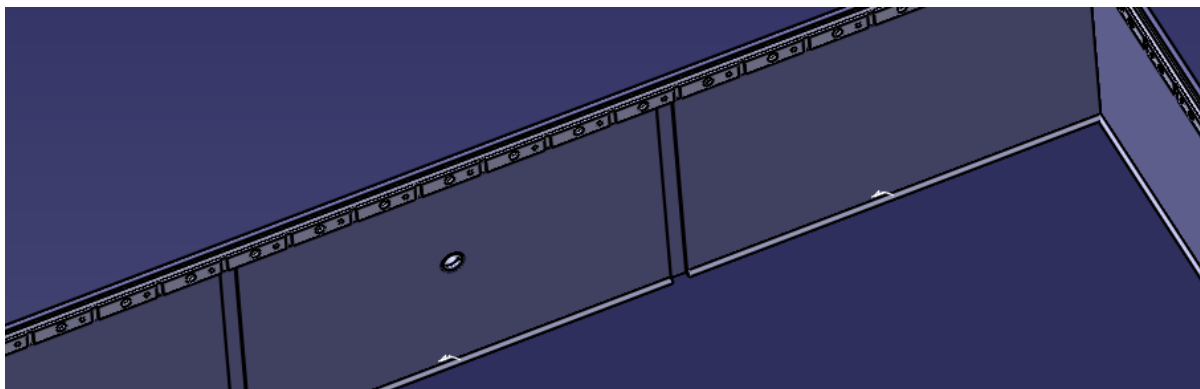


Слика 7.3

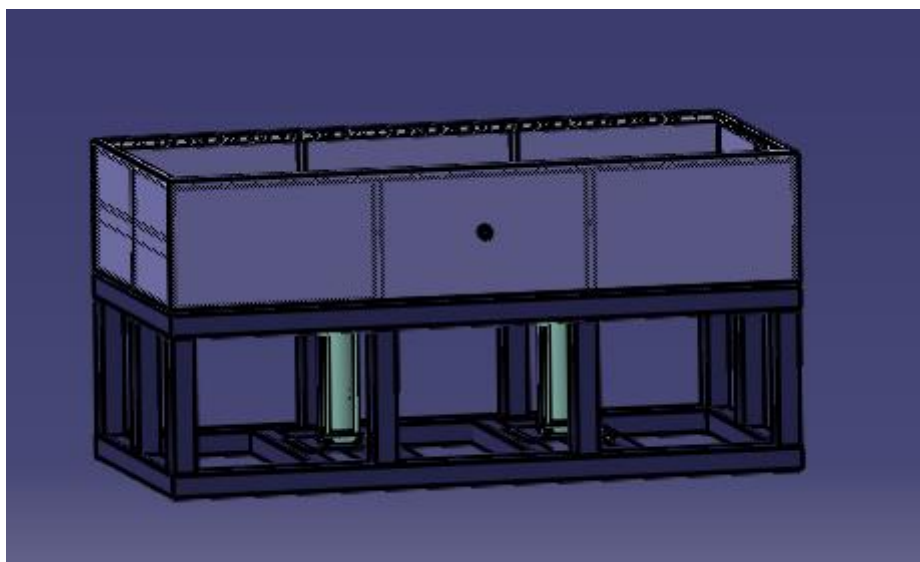
На слици се може видети да се на врху клипа налази место за хватање клипа кљештима тако да је раднику потребно само да издигне мало клип из нултог положаја и путем кљашта ухвати клип и крене да навија плочу. Плоча после монтаже уједно постаје и граничник. Следећи корак је убацивање оквира са лежајевима. Оквир са лежајевима је истих димензија као и непокретна плоча на врху носећег рама. када се оквир спусти на непокретну плочу носећег рама преостоје једино да се V шавом завари свуда по доњим ивицама за непокретну плочу и угаоним шавовима свуда у круг (Слика 7.4 и 7.5)



Слика 7.4

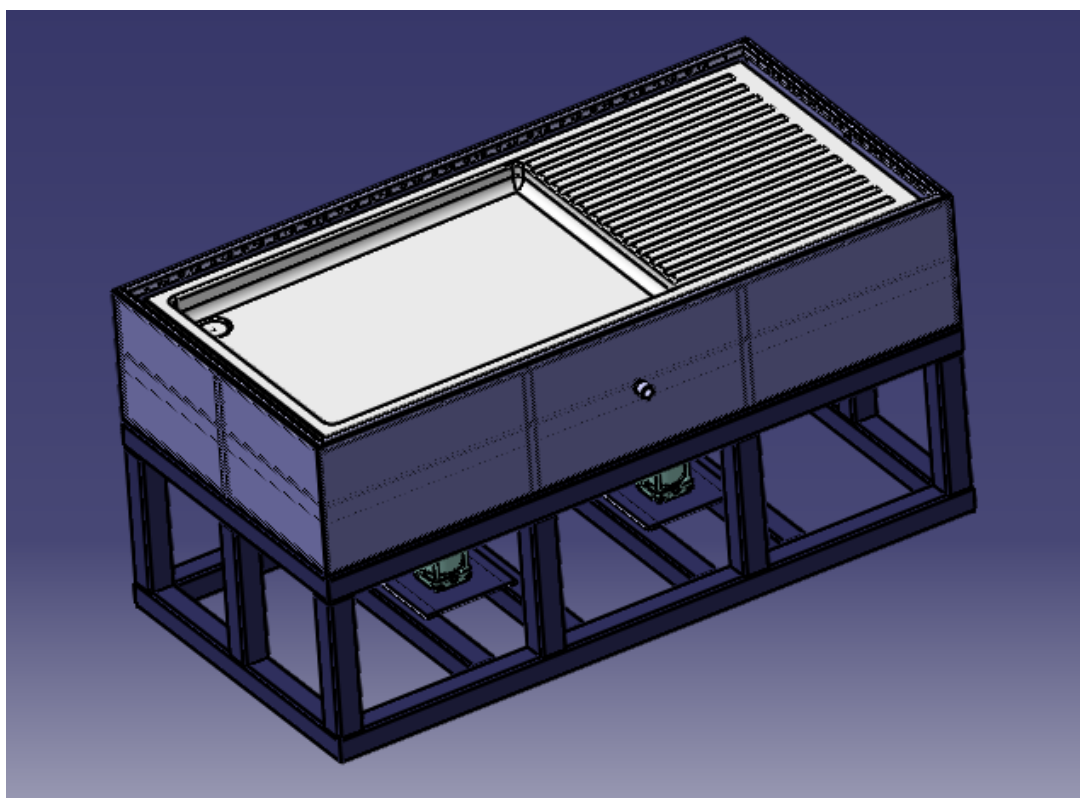


Слика 7.5



Слика 7.6 – Намонтиран оквир са лежајевима

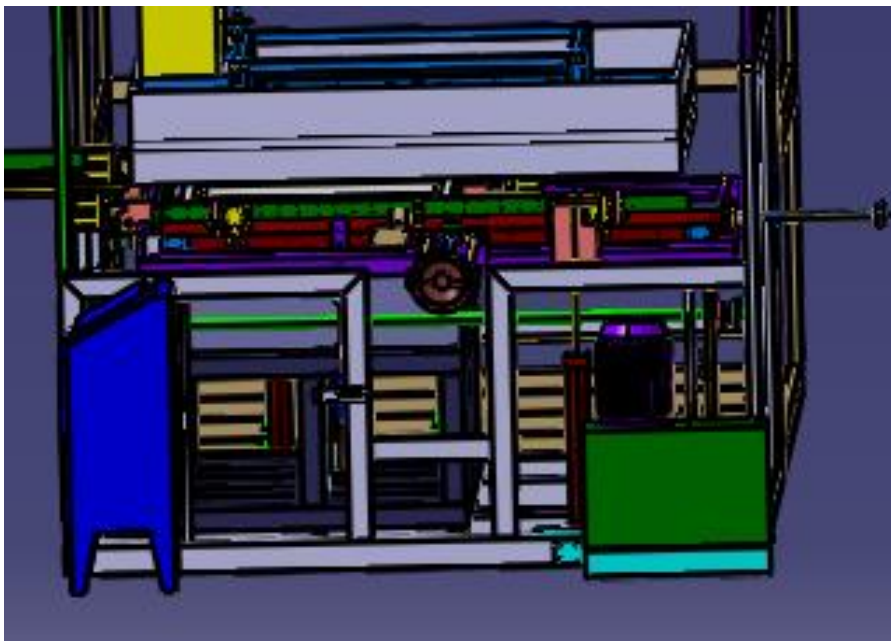
Једино још преостаје пре него што машина стартује са радом да се убаци алат. Алат иде на покретно постоље и треба да му ивице буду на једнаким одстојањима од ивица покретног постоља због бољег искоришћења вакуума.



Слика 7.7 – Изглед готове конструкције са алтом

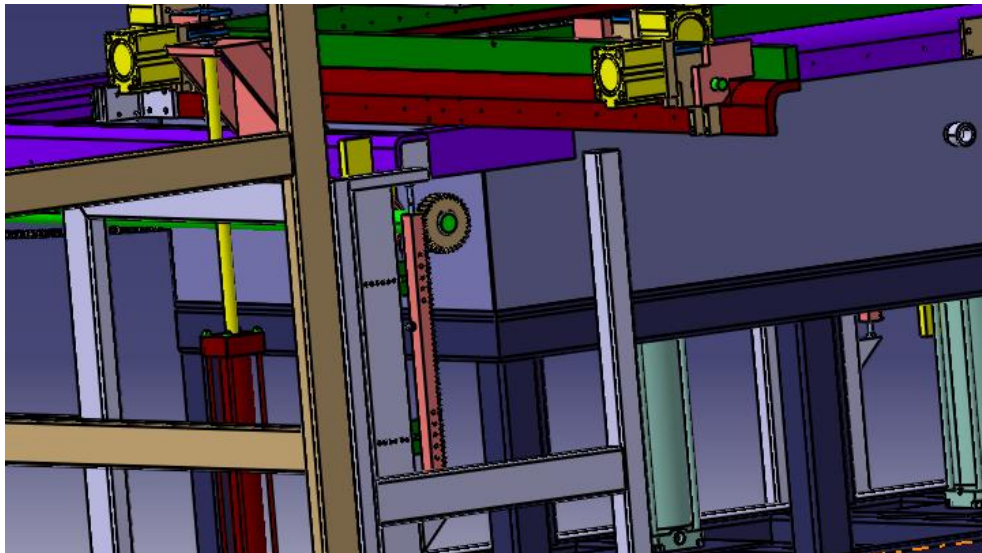
3.1.7. Уградња кутије са покретним постољем у постојећу машину

Уградња кутије са покретним постољем је релативно проста операција. Потребно је подићи машину на носеће рамове већ постојеће машине и наместити је у положај приказан на слици 8. Машина треба да приђе са стране где се могу активирати грејачи у режиму рада када ради само половина грејача.



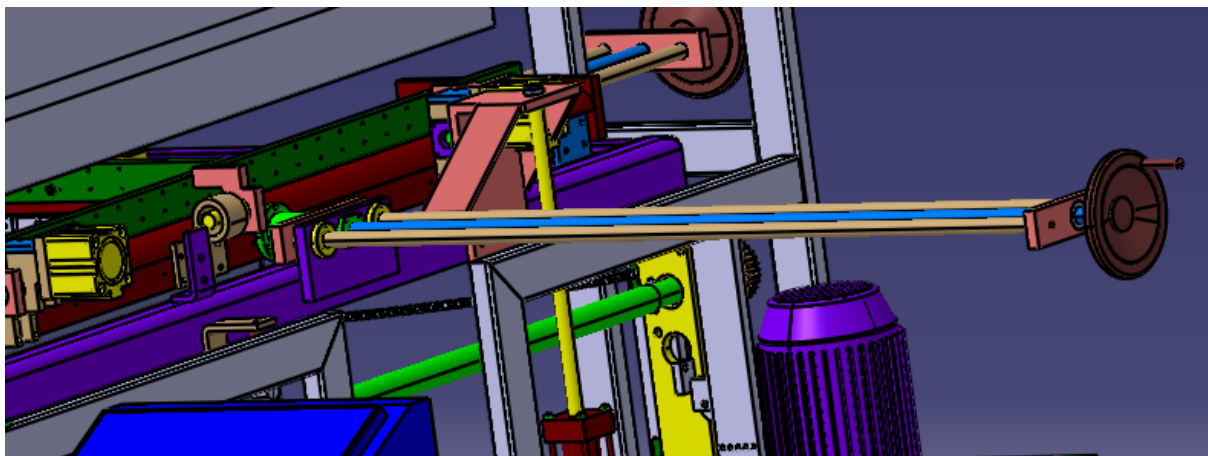
Слика 8

Заваривање би се радило између цеви носећих рамова али и не мора. јер машина због своје тежине неће се померати. Затим се мора наместити покретни сто, који има могућност мењања висине помоћу два пнеуматска цилиндра и зупчастих летви (Слика 8.1)



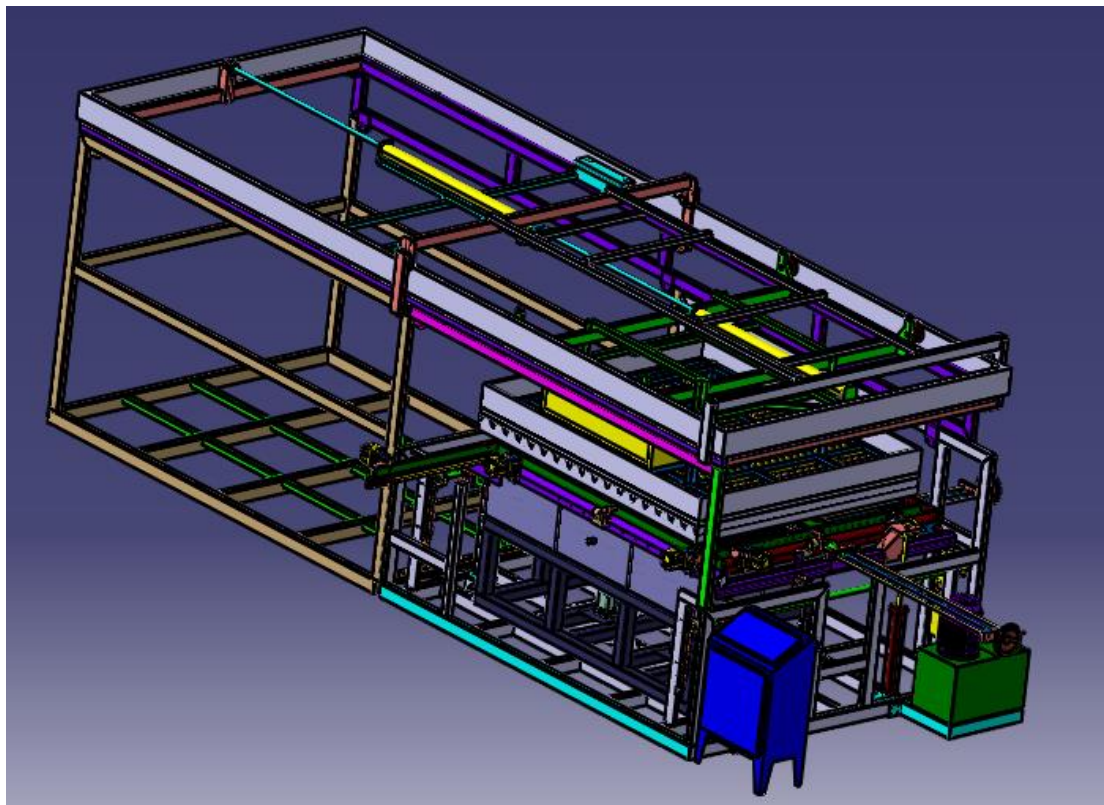
Слика 8.1

И такође раширити сто за димензије које одговарају кутији са покретним постољем. То се ради помоћу два навојна вретена (Слика 8.2) који ротационо кретање претварају у линијско и на тај начин коригују димензије стола.



Слика 8.2

Овим је кутија са покретним постољем намонтирана на постојећу машину и овакву машину називамо термо-вакуум машина за обликовање пластике. Остаје још да се накаче и инсталирају цеви за компримовани ваздух на прикључке који се налазе на боковима оквира кутије са покретним постољем, да се инсталира црево за вакуум и цилиндри прикључе на разводнике 4/2 или 5/2. Изглед комплетне машине приказан је на слици 8.3.



Слика 8.3

4. Прорачуни

Прорачуни представљају јако битну ставку у процесу конструисања. Они математичким путем дају одговор на питање да ли је нешто погодно за уградњу као и да ли је нешто предимензионисано. У овом раду су се применили прорачуни цилиндара и завртњева.

4.1. Прорачун цилиндара

Како би смо знали које пнеуматске цилиндри да одаберемо прво је потребно знати коју масу тј. терет ови цилиндри треба да дижу. Узео сам два пнеуматска цилиндра да бих равномерно распоредио терет и да не би долазило до осцилација покретне плоче. Цилиндри служе за подизање алата, покретног рама и покретне плоче.

$$m_u = m_a + m_p + m_r$$

m_u – укупна маса; m_a - маса алата; m_p - маса плоче; m_r - маса рама

Алат се израђује или од алуминијума или од епоксидне смоле. У прорачуну сам користи алуминијум због веће густине. Алат каде има максималне димензије.

Алат:

$$m_a = V_a * \rho_{Al}$$

$$\rho_{Al} = 2,75 \text{ kg/dm}^3$$

$$V_a = 25 \times 15 \times 0,2 = 75 \text{ dm}^3$$

$$m_a = 75 * 2,75 = 206,25 \text{ kg}$$

Плоча:

$$m_p = V_p * \rho_{\check{c}}$$

$$\rho_{\check{c}} = 7,85 \text{ kg/dm}^3$$

$$V_p = 19,7 * 9,7 * 0,1 = 19,109 \text{ dm}^3$$

$$m_p = 19,109 * 7,85 = 150 \text{ kg}$$

Ram:

$$m_r = V_r * \rho_{\check{c}}$$

$$V_r = 2,4 * 0,04 * 100 = 9,6 \text{ dm}^3$$

$$m_r = 9,6 * 7,85 = 75,36 \text{ kg}$$

$$m_u = m_a + m_p + m_r = 431,61 \text{ kg}$$

$$m_u = 4316,1 \text{ N}$$

ρ_{Al} – специфична тежена алуминијума

$\rho_{\check{c}}$ – специфична тежина челика

V_a – запремина алуминијума

V_p – запремина плоче

V_r – запремина рама

4.2. Прорачун завртањских веза на лајснама

Завртњеви који служе за спајање лајсни са плочом подложни су на смицање услед контакта лајсне и покретне плоче коју дижу пнеуматски цилиндри. Та сила представља збир сила подизања два цилиндра.

$$F = 4400 \text{ N} + 4400 \text{ N} = 8800 \text{ N}$$

Силу помножимо са степеном сигурности ($S = 1,2$)

$$F = 8800 * 1,2 = 10560 \text{ N}$$

Да бисмо добили силу која делује по 1 m, Укупну силу делимо са обимом правоугаоника, којег формирају лајсне.

$$O_p = 2 * (2 + 1) = 6 \text{ m}$$

$$\frac{F}{O_p} = \frac{10560}{6} = 1760 \text{ N} - \text{Сила по 1 m}$$

$$\tau_d = 250 \frac{N}{mm^2} - [3]$$

$$\tau_d = \frac{F_s}{A_s * i}$$

i — број површина изложених на смицање

F_s — сила која делује по једном завртњу (узето 10 завртњева у прорачуну)

$$A \geq \frac{F_s}{\tau_d} = \frac{176 \text{ N}}{250 \frac{N}{mm^2}}$$

$$A \geq 0,76 \text{ mm}^2$$

Завртњеви који су потребни су M1x30. Међутим, овај прорачун може бити занемарен због следећег разлога, потребно је обезбедити дихтовање између лајсне и плоче и због тога требало би узети већи број завртњева као и веће завртњеве. Усвајам завртњеве DIN7991 M8x30.

5. Техничка документација

Израда техничке документације представља најважнији део у процесу конструисања. Без правилне техничке документације може врло лако доћи до нежељених грешака. Техничка документације ове машине рађена је у *Catia Drafting-u* и достављена је на крају рада. Техничка документација садржи један цртеж целог склопа, један цртеж кутије са покретним постољем и цртеже подсклопова као и радионичке цртеже сваког дела подсклопа. Цртежи су означени на следећи начин:

TVM – XX . XX . XX

TVM – Термо-вакуум машина за обликовање пластике

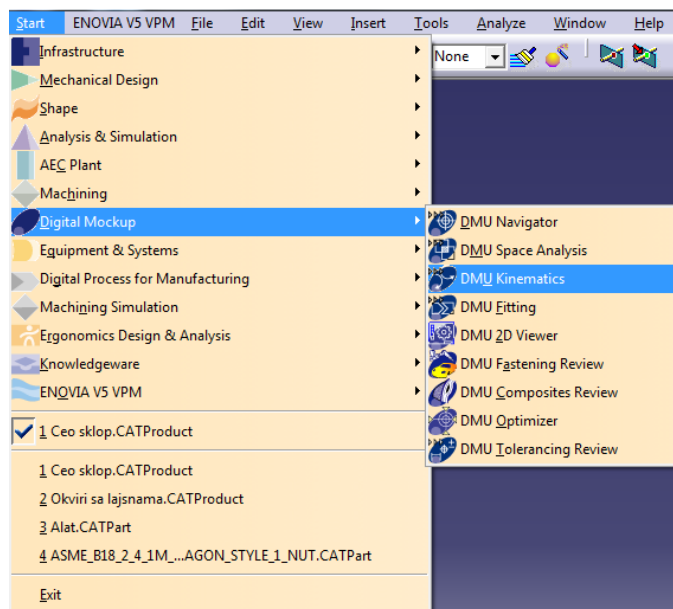
XX – Представља целу термо-вакуум машину (01) или кутију са покретним постољем (02)

XX- Представља број подсклопа у оквиру кутије са покретним постољем

XX- Представља радионички цртеж делова подсклопа.

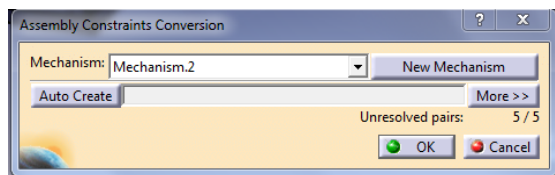
6. Симулација кутије са покретним постољем

За симулацију машине потребно је приступити радном окружењу *DMU Kinematics*, којем се приступа кликом на падајући мени *Start* а затим у падајућем менију отварамо *Digital Mockup* (Слика 8).

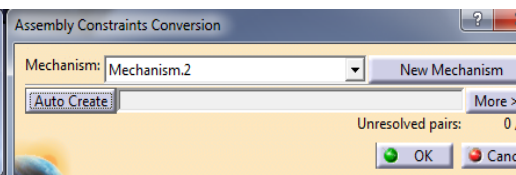


Слика 8

У новом радном окружењу тражимо функцију *Assembly Constraints Conversion* у оквиру палете алатки *DMU Kinematics*, притиском на ту функцију отвара нам се прозор приказан на слици 8.1. У новом прозору кликом на *New mechanism* добијамо назив механизма, у овом случају "Mechanism.2", затим кликнемо на *Auto Create*, овом функцијом се решавају парови који нису решени, у овом случају их има пет, ако остане нула нерешених парова (Слика 8.2) кликнемо на *OK*.



Слика 8.1



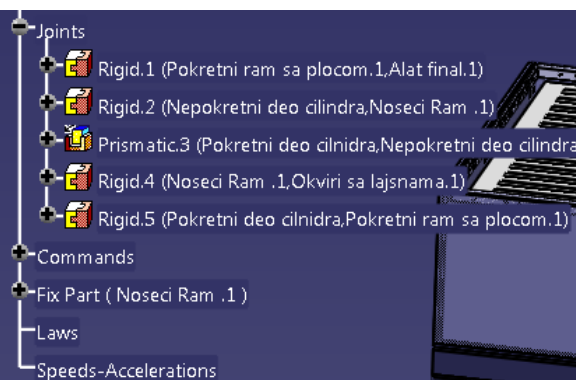
Слика 8.2

Кликом на *OK* у спецификационом стаблу добијамо нову грану *Applications* у којој се налази наш механизам (Слика 8.3) потребно је да степени слободе буду једнаки јединици ($DOF=1$) да би се могла успешно покренути

симулација. Уколико је број другачији потребно је проверити ограничења на нивоу склопа.

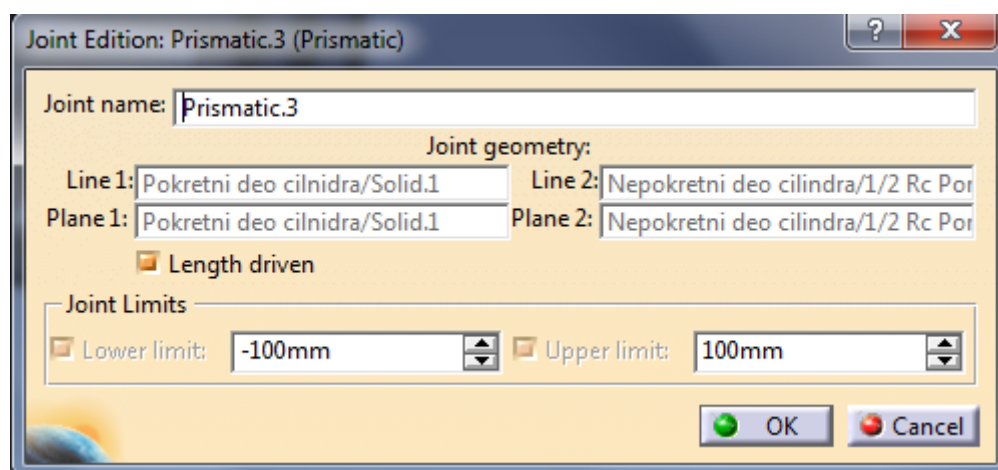


Слика 8.3



Слика 8.4

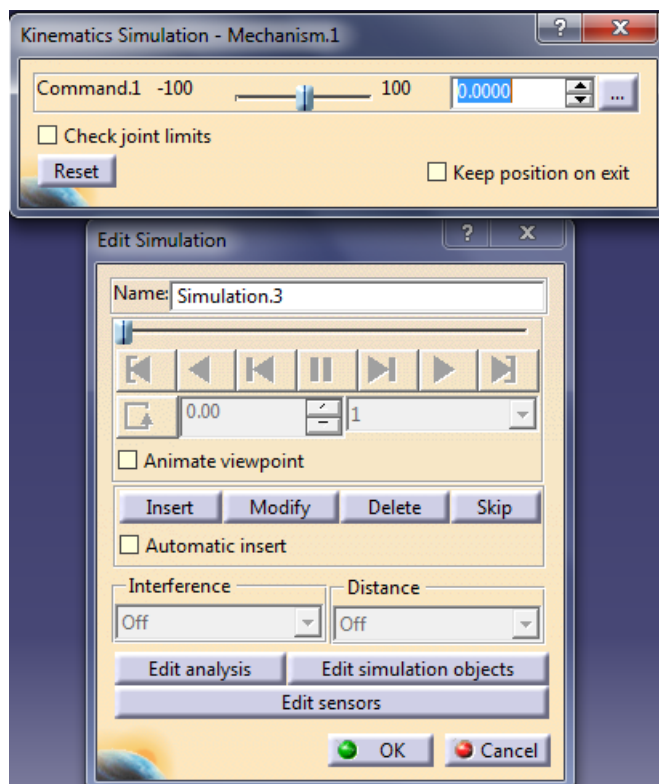
Да би се анимирао механизам потребно је уклонити преостали степен слободе то се ради на следећи начин отварањем стабла *Mechanism* па у оквиру њега отварање стабла *Joints* у оквиру тог стабла (Слика 8.4) треба отворити чланак *Prismatic.3*. Отварањем чланка отвара се нови прозор (Слика 8.5) у коме уносимо доњу и горњу границу кретања цилиндра. Кликом на ОК добијамо нула степени слободе ($DOF=0$) и атоматски излази прозор у коме пише да се механизам може симулирати.



Слика 8.5

Затим у оквиру палете алатки *DMU Generic Animation* налазимо функцију *Simulation*, кликом на функцију отвара нам се нови прозор у коме селекујемо механизам који желимо да симулирамо и притиском на ОК отварају се два нова

прозора (Слика 8.6). У којима подешавамо параметре за пуштање симулације.



Слика 8.6

Овде се може наместити да ли хоћемо симулацију пуштати једном или хоћемо да се понавља, којом брзином ће се она приказивати и колики ће да буде ход цилиндра.

7. Анализа делова у Catia-и

Помоћу Catia-ине могућности анализе делова на разне видове оптерећење, анализирали су се неке од оптерећенијих делова машине како би се проверила њихова функционалност и сигурност. Анализа у Catia-и ради се помоћу методе коначних елемената. Метода коначних елемената спада у савремене методе нумеричке анализе. Њена примена је прво почела у области прорачуна инжењерских конструкција. Основна идеја о такозваној физичкој дискрецији континуума, на којој се заснива МКЕ је врло стара, одприлике колико и људска жеља да се тешко решиви проблеми замене једноставнијим, за која се решења лакше налазе

Метод коначних елемената (МКЕ) спада у методе дискретне анализе. Заснива се на физичкој дискретизацији посматраног домена. Посматрани континуум са бесконачним бројем степени слободе се апроксимира дискретним моделом међусобно повезаних коначних елемената са коначним бројем степени слободе. Суштина апроксимације континуума по МКЕ се састоји у следећем:

- Посматрани домен континуума се дели на поддомене коначних димензија који се називају коначним елементима и заједно чине мрежу коначних елемената
- Коначни елементи су међусобно повезани у коначном броју тачака које се налазе на контури елемената и називају се чворови
- Стање променљиве поља у сваком коначном елементу се описује помоћу интерполационих функција (или функција облика)
- Интерполационе функције су унапред задате функције за један тип коначног елемента и представљају везу између вредности променљиве поља у било којој тачки коначног елемента и вредности променљиве поља у чворовима.

7.1. Анализа вертикалне цеви носећег рама

Вертикалне цеви носећег рама (Слика 9) трпе оптерећење целе конструкције, има их десет комада тако да се укупна сила коју трпи рам дели са десет.



Слика 9

Прорачун укупног оптерећења:

Да би се одредило колико оптерећење трпи рам потребно је израчунати масе свих делова, помоћу Catia-ине опције рачунања масе добијени су следећи резултати:

Маса оквира са лајснама - $m_o = 210,4 \text{ kg}$

Маса непокретне плоче - $m_{np} = 157 \text{ kg}$

Укупна маса - $m_u = 367,4 \text{ kg}$

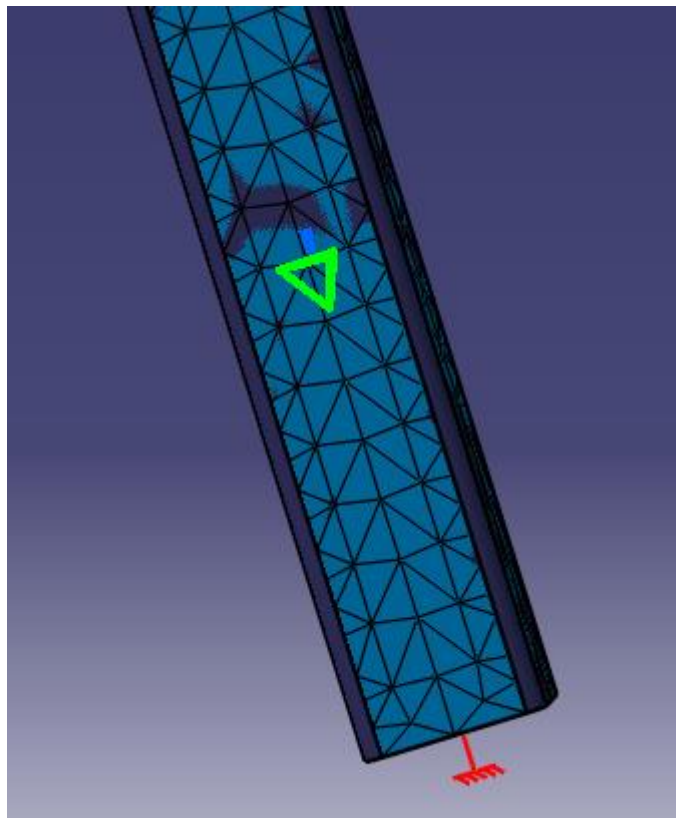
Укупно оптерећење - $F = 3674 \text{ N}$

Оптерећење које трпи једна цев - $F = 367,4 \text{ N}$

Оптерећење делује по z оси и има негативну вредност.

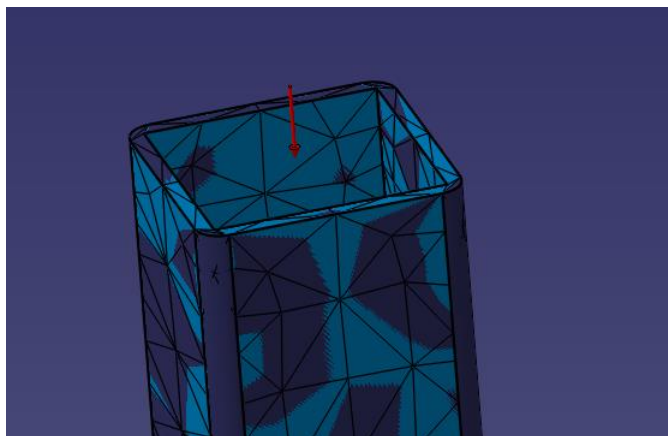
Анализа:

Дакле, израчунато је да сила која притиска једну цев има вредност од $367,4\text{ N}$, делује по z оси и има негативну вредност. Материјал цеви је челик. Цев је са доње стране заварена за оквир рама тако да имамо једно укљештење са доње стране (Слика 9.1).

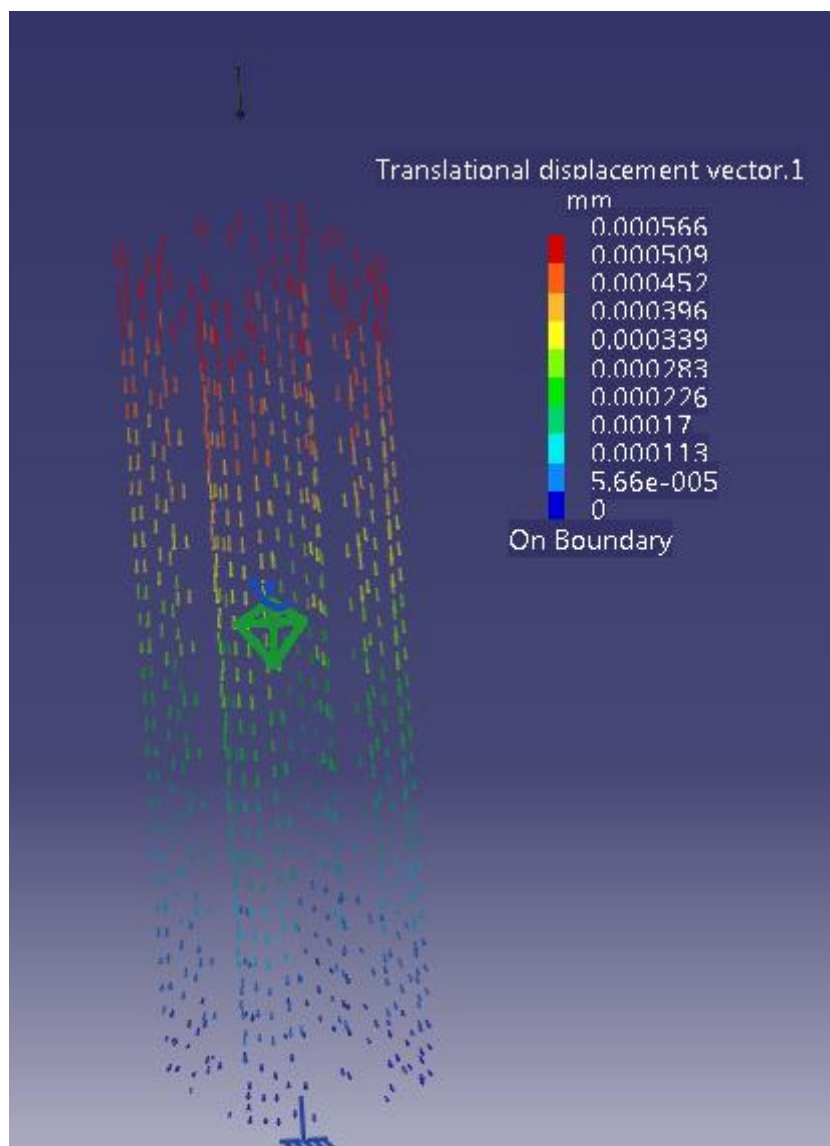


Слика 9.1

Задајемо силу која делује на горњи део цеви (Слика 9.2)



Слика 9.2



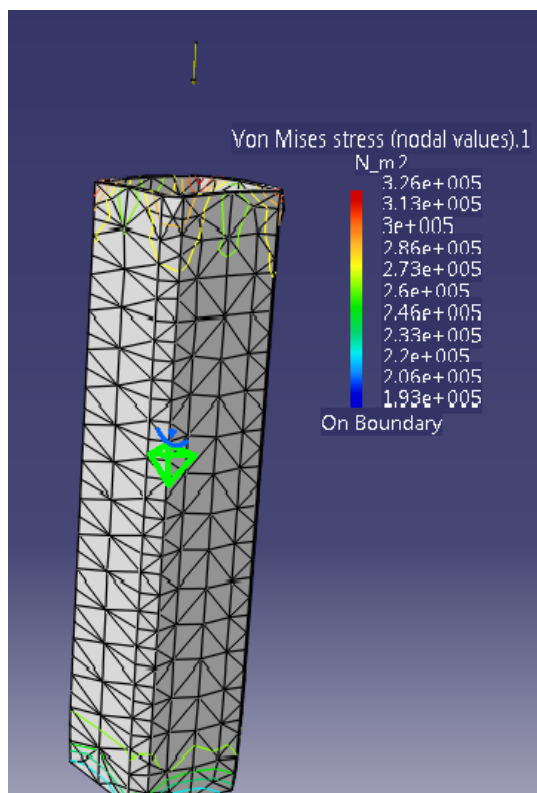
Слика 9.3

На слици 9.3 могу се видети померања појединих тачака у материјалу тачније деформисање дела. На слици су још приказане вредности померања тих тачака и може се констатовати да су она занемарљиво мала, црвеном бојом означене су тачке које имају највећа померања, те тачке се налазе у горњем делу цеви, а то померање износи 0,000566 mm док на доњем делу цеви немамо уопште померање тачака. Овако мала померања последица су предимензионисања цеви.

Најбољи начин за проверу да ли ће се неко тело услед оптерећења деформисати јесте преко Вон Мизесових напона (*Von Mises*). Вон Мизесов напон је геометријска комбинација свих напона (нормални напон у три правца и сва три правца смицајног напона), које делују на одређеној локацији. Будући да је напон мери се у Паскалима (Pa) као и сваки други напон. Ако вредност Вон

Мизесовог напона на одређеној локацији прелази границу течења материјала, материјал се деформише на тој локацији. А ако вредност Вон Мизесовог напона на одређеној локацији прелази вредност затезне чврстоће материјала, материјал на тој локацији пуца.

На слици 9.4 приказане су вредности Вон Мизесових напона



Слика 9.4

Затезна чврстоћа општих конструкционих челика је од 370-450 МПа а Граница развлачења од 220-240МПа [1]. Као што се може видети са слике 9.4, највећа вредност Вон Мизесовог напона не прелази ни једну ни другу величину.

7.2. Анализа доње плоче за везу цилиндра и носећег рама

Доња плоча трпи тежину пнеуматског цилиндра и пола тежине покретног постоља са алатом.

Прорачун укупног оптерећења:

Да би се одредило колико оптерећење трпи плоча потребно је израчунати масе свих делова, помоћу Catia-ине опције рачунања масе добијени су следећи резултати:

Маса покретног постоља - $m_o = 215 \text{ kg}$

Маса алата - $m_a = 145 \text{ kg}$

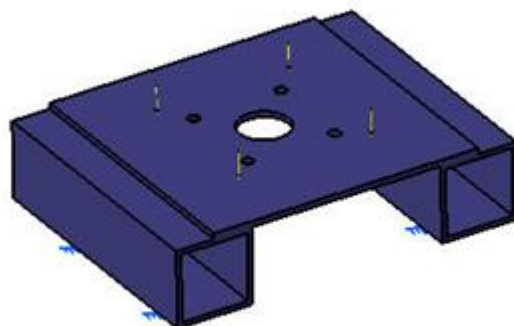
Маса пнеуматског цилиндра - $m_{pc} = 29 \text{ kg}$

Укупна маса - $m_u = 389 \text{ kg}$

Укупно оптерећење - $F = 2090 \text{ N}$

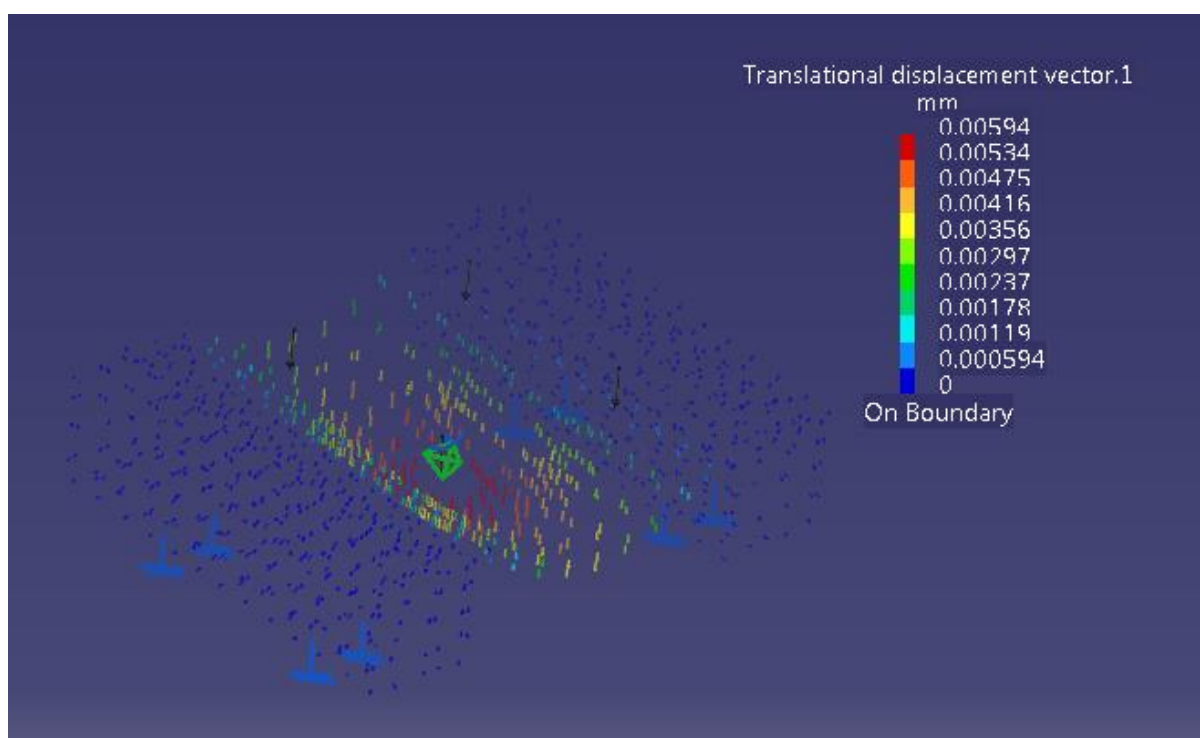
Анализа:

Израчунато укупно оптерећење од 2090 N делује по z оси на плочу која је заварена за две цеви. Дакле, имамо два укљештења на плочи. Материјал од ког су сачињени плоча и цеви је челик. На слици 9.5 могу се видети локације дејства задатих сила, мора се напоменути да задате силе у стварности делују ближе унутрашњем отовру на плочи.

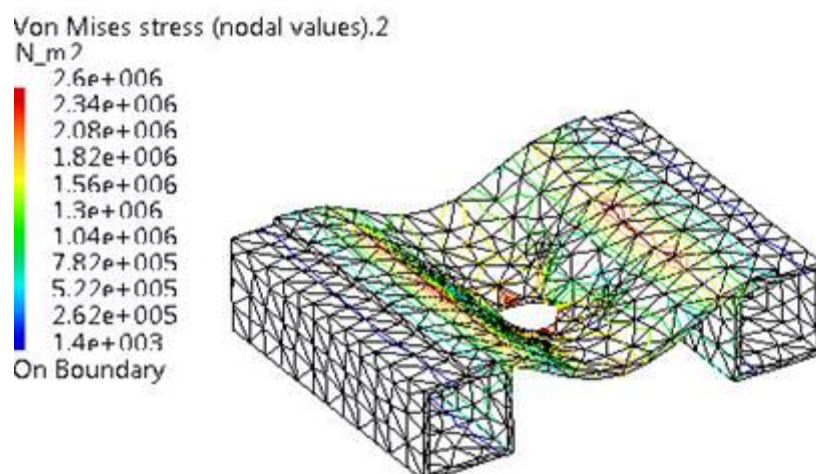


Слика 9.5

На слици 9.5 могу се видети померања одређених тачака услед оптерећења. Највећа померања јављају се на центру плоче (око централног отвора) и највећа вредност померања износи 0,00594 mm (Слика 9.6), док на местима где је плоча спојена са цевима нема уопште померања.



Слика 9.6



Слика 9.7

На слици 9.7 приказане су вредности Вон Мизесових напона. Затезна чврстоћа општих конструкционих челика је од 370-450 МПа а Граница развлачења од 220-240МПа [1]. Као што се може видети са слике 9.7, највећа вредност Вон Мизесовог напона не прелази ни једну ни другу величину.

7.3. Анализа плоче за везу пнеуматског цилиндра и покретног постоља

Плоча за везу трпи пола тежине алата и покретног постоља.

Прорачун укупног оптерећења:

Да би се одредило колико оптерећење трпи плоча потребно је израчунати масе свих делова, помоћу Catia-ине опције рачунања масе добијени су следећи резултати:

Маса покретног постоља - $m_o = 215 \text{ kg}$

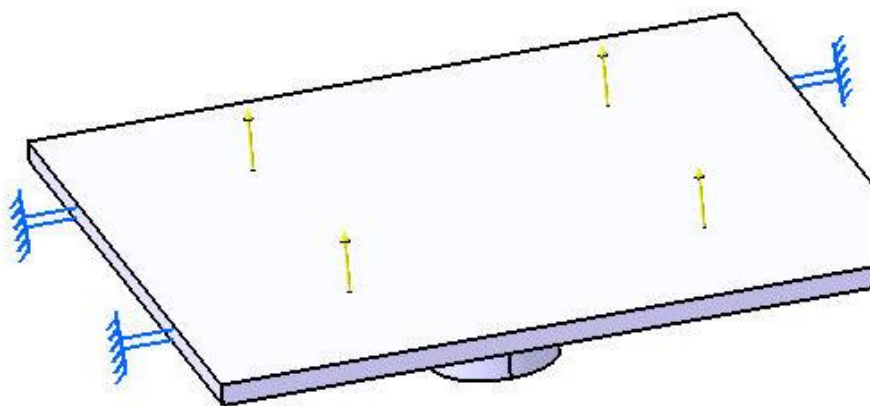
Маса алата - $m_a = 145 \text{ kg}$

Укупна маса - $m_u = 360 \text{ kg}$

Укупно оптерећење - $F = 1800 \text{ N}$

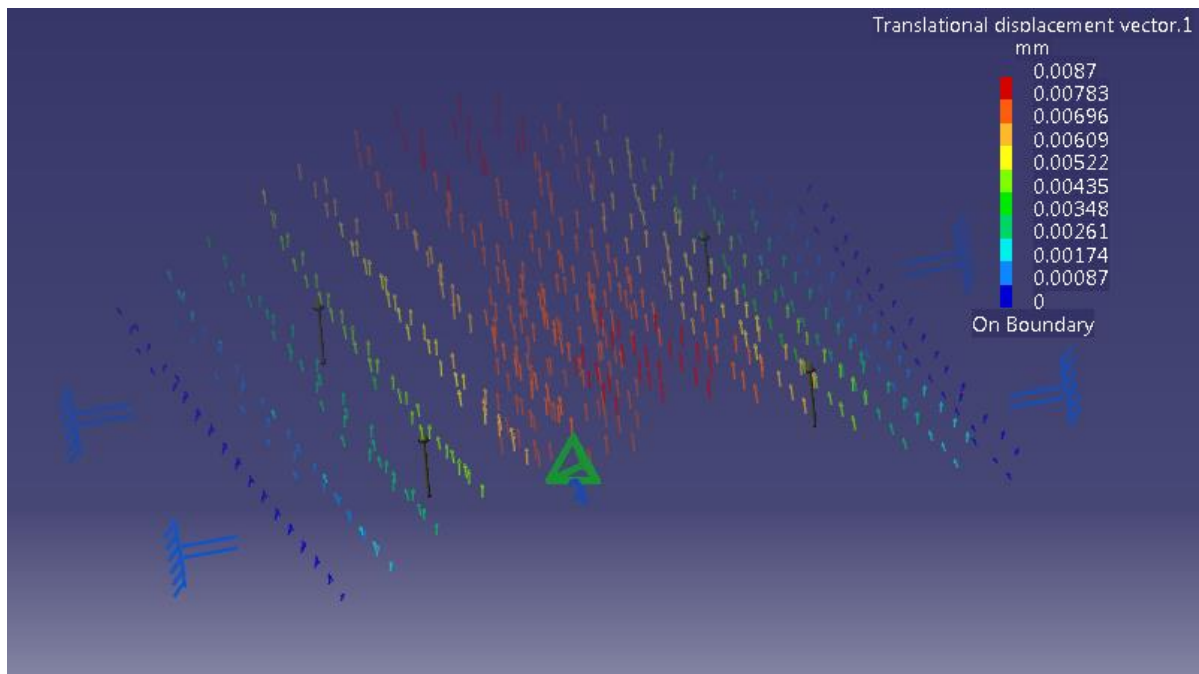
Анализа:

Плоча за везу је заварена за цеви рама, на сличан начин као и доња плоча у претходној анализи (7.2) само што у овом случају плоча је заварена са друге стране цеви и служи за ношење покретног постоља. Дакле сада имамо да израчуната сила од 1800 N делује на цев у правцу z осе. Пошто је плоча заварена за цеви и овде имамо два укљештења (Слика 9.8). На слици се могу видети још и правац и место деловања силе. Силе имају супротан смер од оног приказаног на слици 9.8.

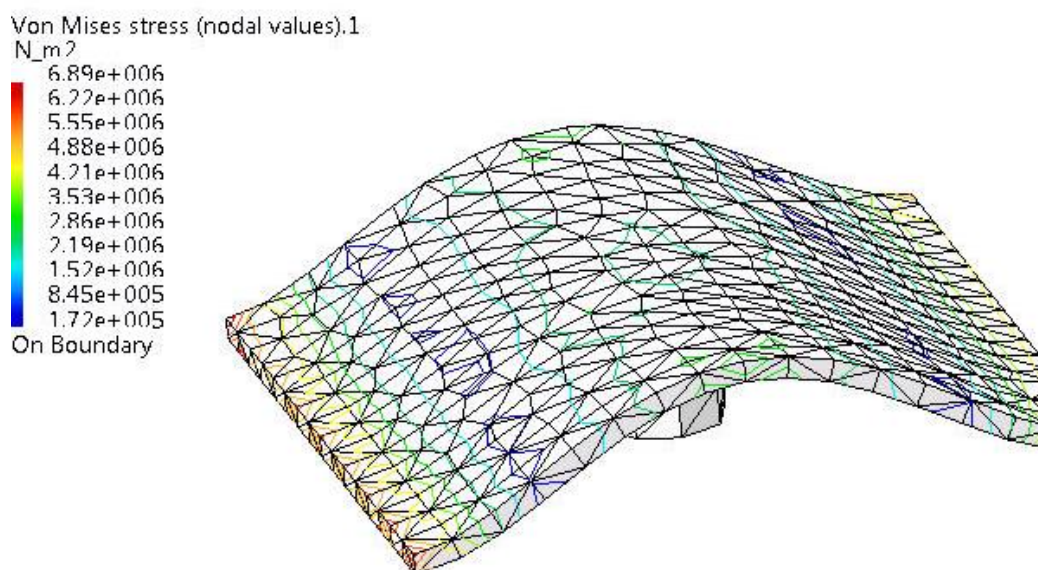


Слика 9.8

После обављене анализе на слици 9.9 приказана су померања тачака плоче услед изложености тела оптерећењу. Та померања, односно деформација тела, су највећа на средини плоче и максимална вредност померања износи 0.0087 mm. Померање тачака се смањује од центра ка завареним ивицама плоче.



Слика 9.9



Слика 9.10

На слици 9.10 приказане су вредности Вон Мизесових напона. Затезна чврстоћа општих конструкционих челика је од 370-450 МПа а Граница развлачења од 220-240МПа [1]. Као што се може видети са слике 9.10, највећа вредност Вон Мизесовог напона не прелази ни једну ни другу величину.

8. Закључак

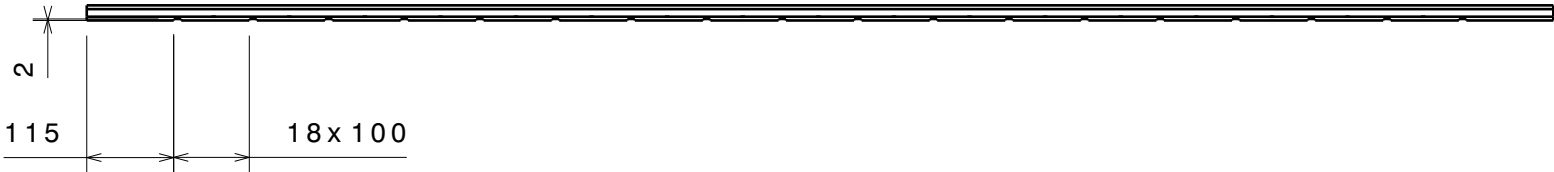
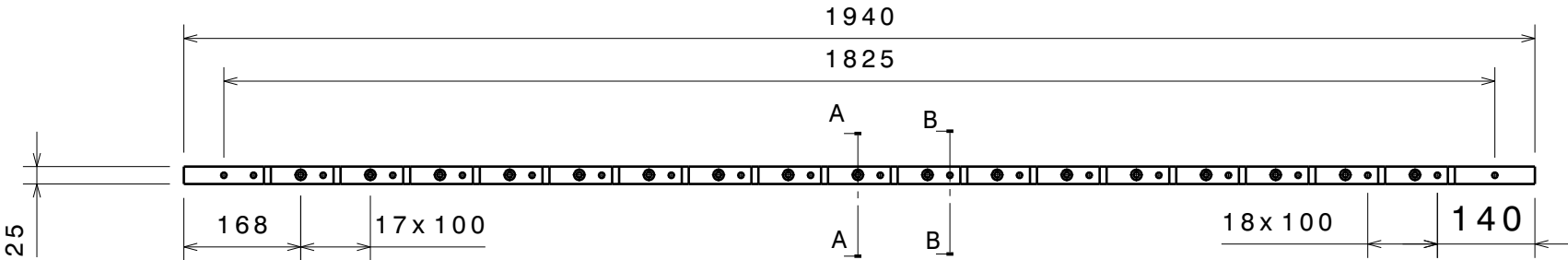
Процес модификације захтевао је конструисање нових делова ради мењања система функционисања машине. Овакав вид модификације је користан из више разлога:

- бољи квалитет финалног производа
- бољи економски услови
- смањен број функција које одрађује људска рука

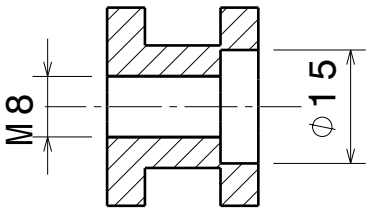
Из ових разлога произилази закључак да је ова модификација јако корисна. За потребе модификације исконструисано је доста нових делова чије су предности прости геометријски, тј. стандардни облици. За све делове приложена је техничка документација која садржи 21 цртеж, што склопних што радионичких. Такође, одрађени су сви потребни прорачуни и урађене све потребне анализе критичних делова на деформације или лом. Стечено знање приликом израде завршног рада сматра се корисним и применљивим у даљем образовању. Сматра се да је машина у неким сегментима предимензионисана и недовољно изанализирана али пошто је реч о модификацији једне машине а не о серијској производњи машине са промењеним системом, овакве грешке се могу занемарити јер су и уштеде које су се могле постићи такође, занемарљиве. Сама модификација ове машине би покрила трошкове предимензионисања. Најбитнија ставка јесте да су циљеви, који су постављени на почетку, испуњени. Такође, потребно је у будућности посветити пажњу оваквим и сличним машинама јер се пластика и композитни материјали генерално, све више користе и сваки даном се траже начини за побољшање њихових карактеристика. Тако да ће и потражња оваквих и сличних машина расти све док расте потражња пластичних делова. Такође се може закључити да је процес конструисања један захтеван а самим тим и тежак процес јер захтева доста времена како би се прикупиле све информације, урадило конципирање, формирање и на крају детаљно конструисање. Овакво време може се смањити проширивањем знања потребног за конструисање и искуством.

Литература:

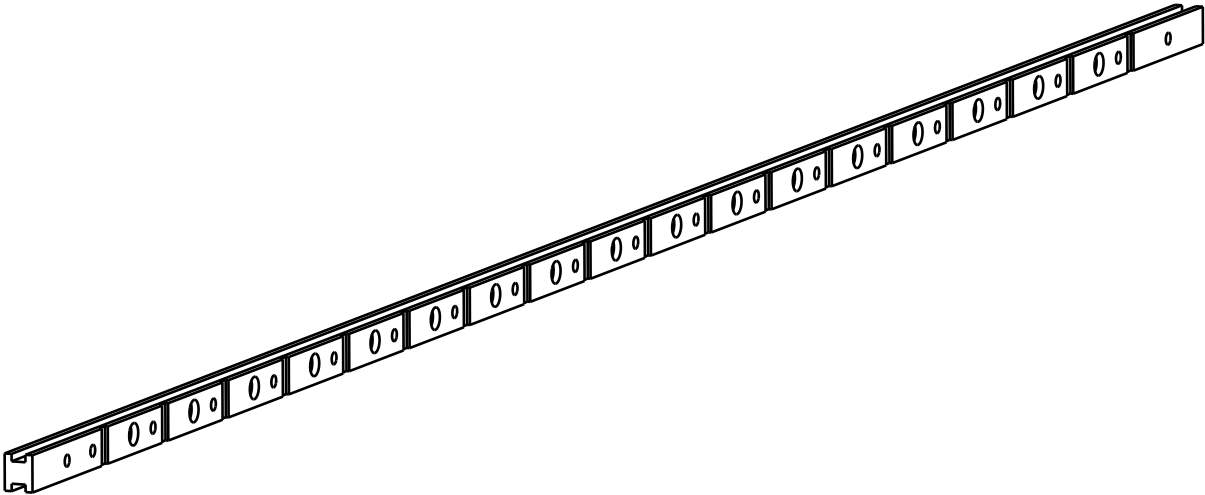
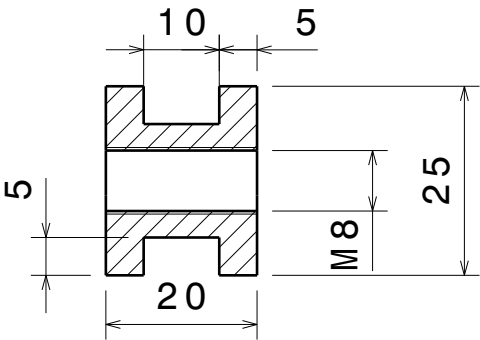
- [1] Марјановић Н. , Јовичић С. : Основи конструисања, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу; 2011.
- [2] Марјановић Н. : Методе конструисања, Машински факултет; Крагујевац; 1999.
- [3] Николић В. : Машински елементи, Машински факултет; Крагујевац; 2004.
- [4] Sham T. : CATIA V5R18, Purdue University Calumet, Hammond, Indiana, USA
- [5] Reyne M. : Plastic Forming Processes, ISTE Ltd; 2008
- [6] <http://www.smcusa.com/smc.aspx> - Приступљено, Август 2013.



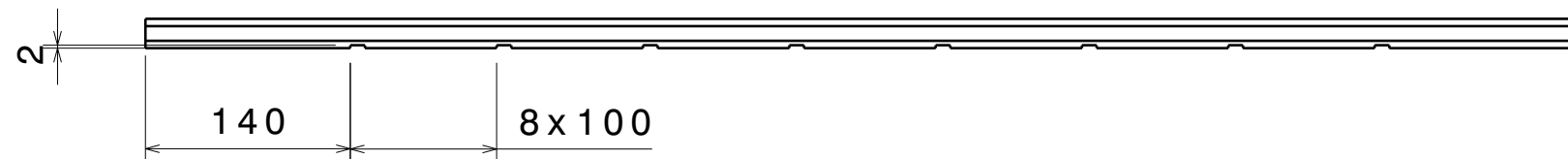
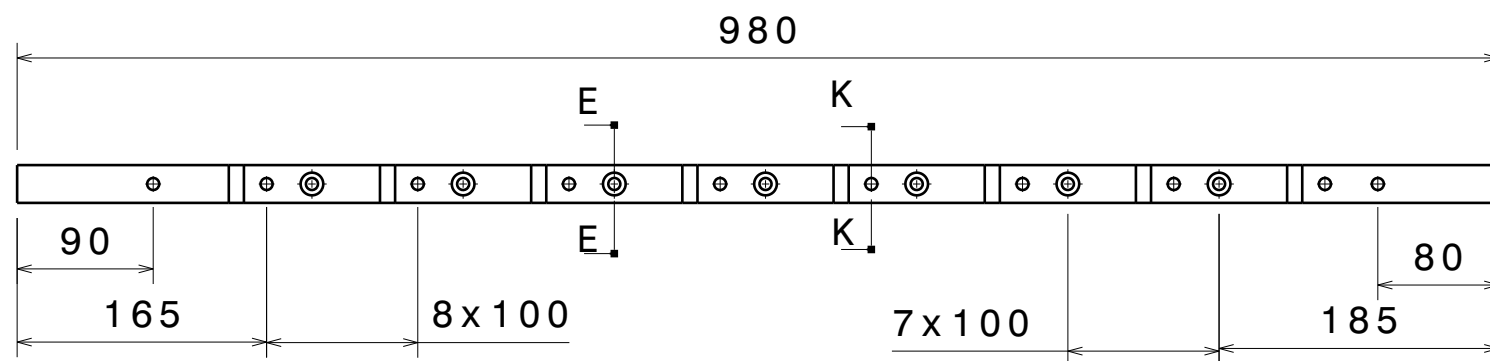
A-A: 1:1



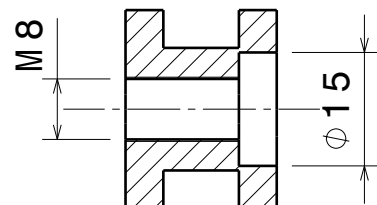
B-B: 1:1



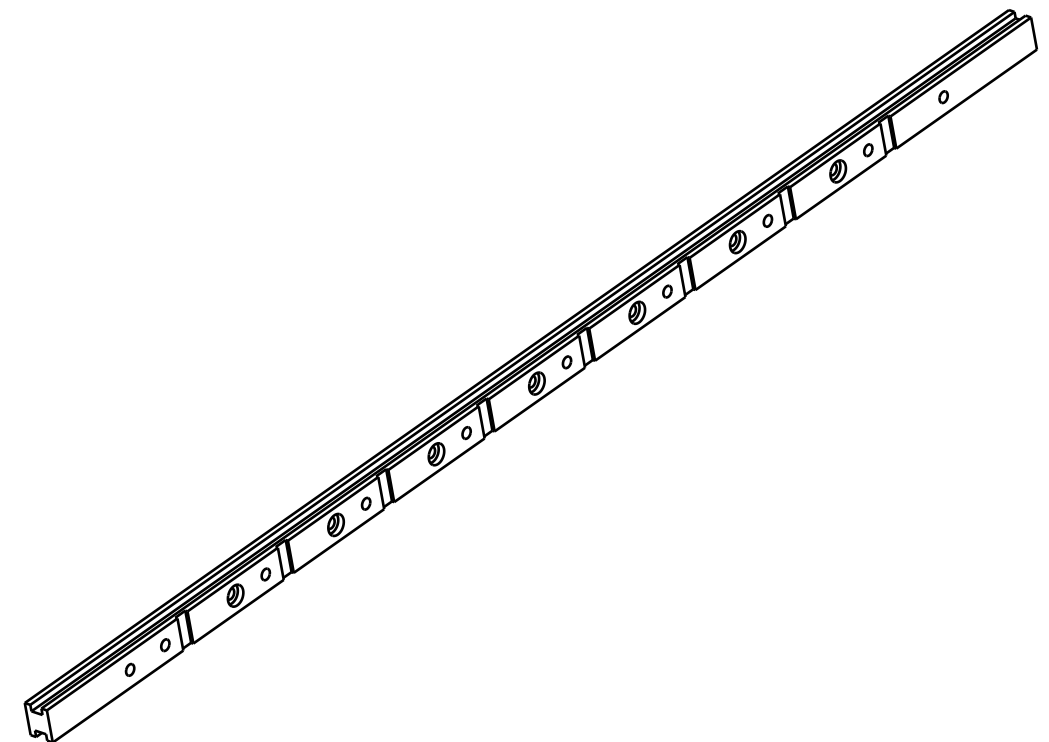
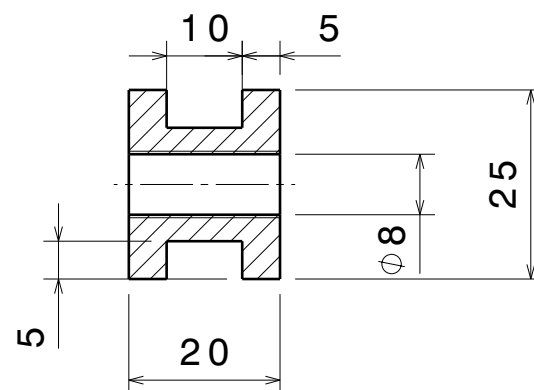
Tolerancije slobodnih mera / Dimensional tolerance:				Površinska hrapavost/ Surface roughness:				Površinska zaštita/Surf. protection:			
JUS ISO 2768/m											
Materijal/Material:				Dimenzija/Dimension:				Termička obrada/Heat treatment:			
Č0361											
								Masa/Mass[kg]:		Razmera/Scale:	
								5,6		1:10	
				Datum: Date:		24.09.2013		Naziv / Denomination: Veća lajsna			
				Projektovao: Design by:		Ivan Glavonjić					
				Nacrtao: Elaborated by:							
				Standardizovao: Stand. by:							
				Odobrio: Approved:							
				Fakultet inženjerskih nauka				Reg. br./ Reg. No:		List/Page:	
								TVM-02.02		4	
										Listova/Pgs:	
Sti / No:		Izmene / Change:		Datum/Date:		Ime/ Name:		Izv. pod.: Original:		Zamena za: Substitute for:	



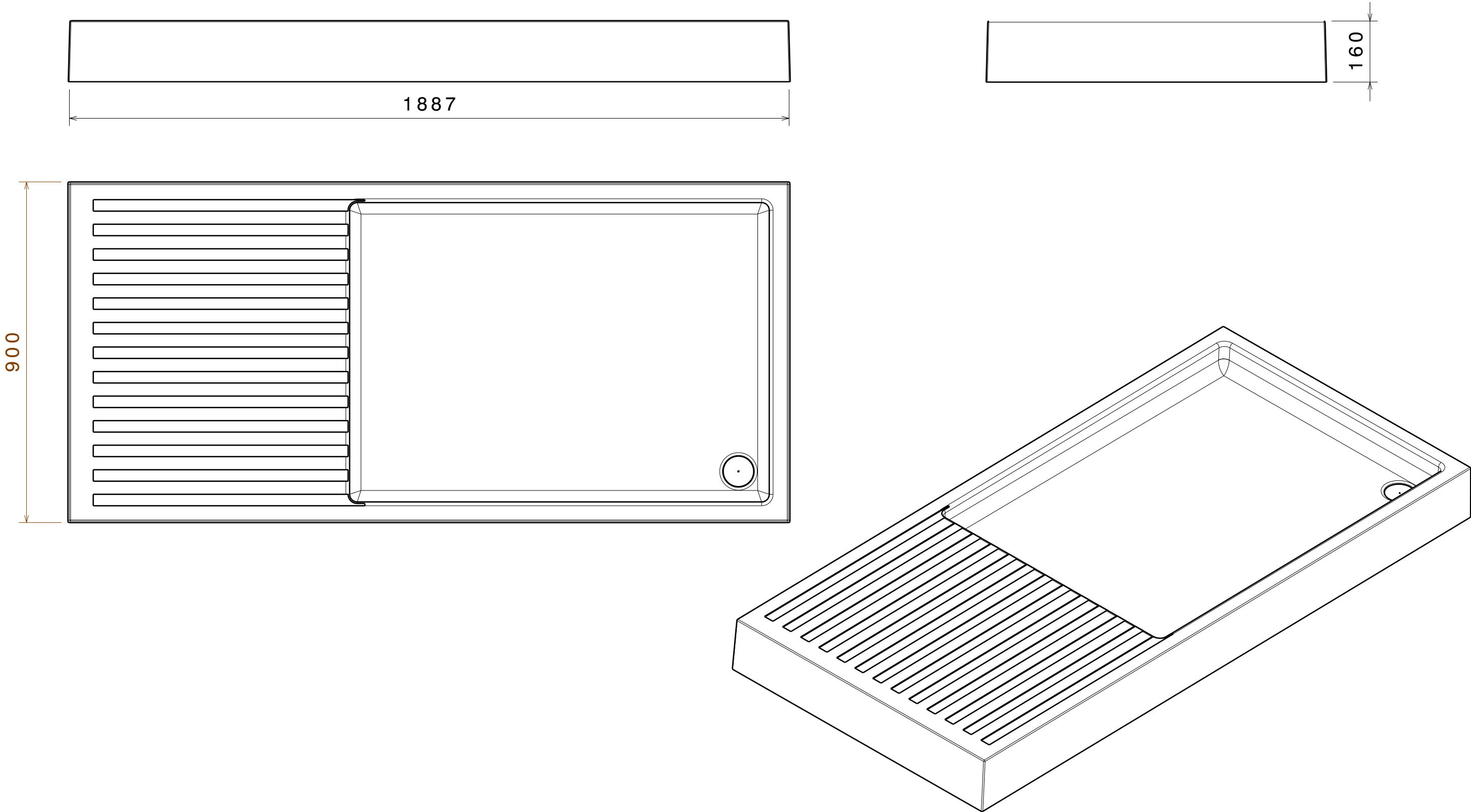
A-A: 1:1



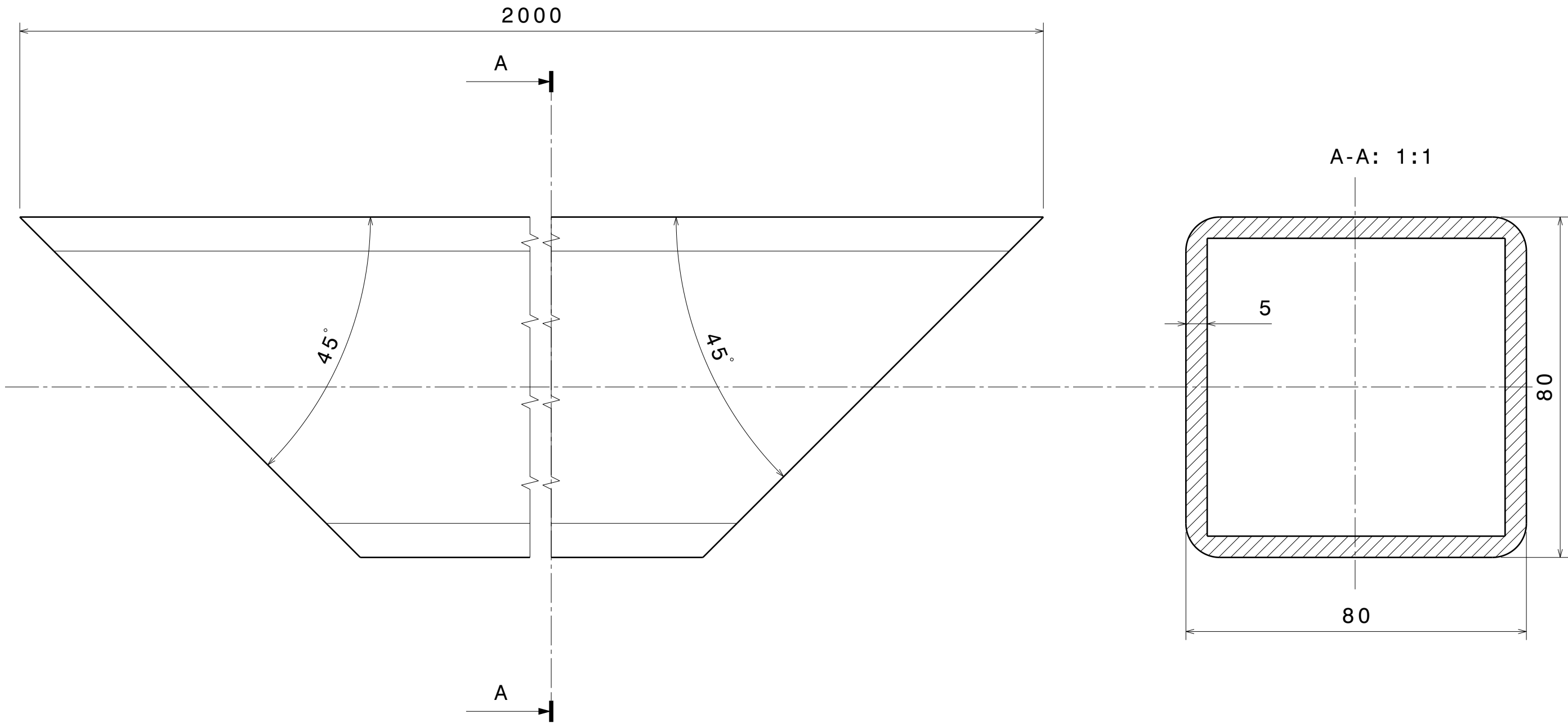
B-B: 1:1



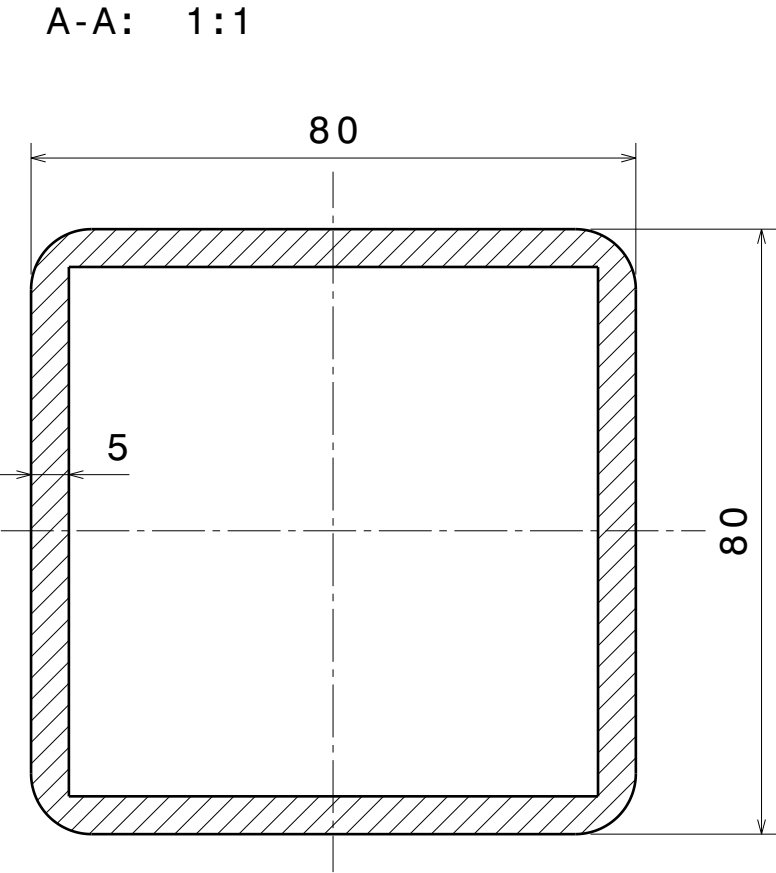
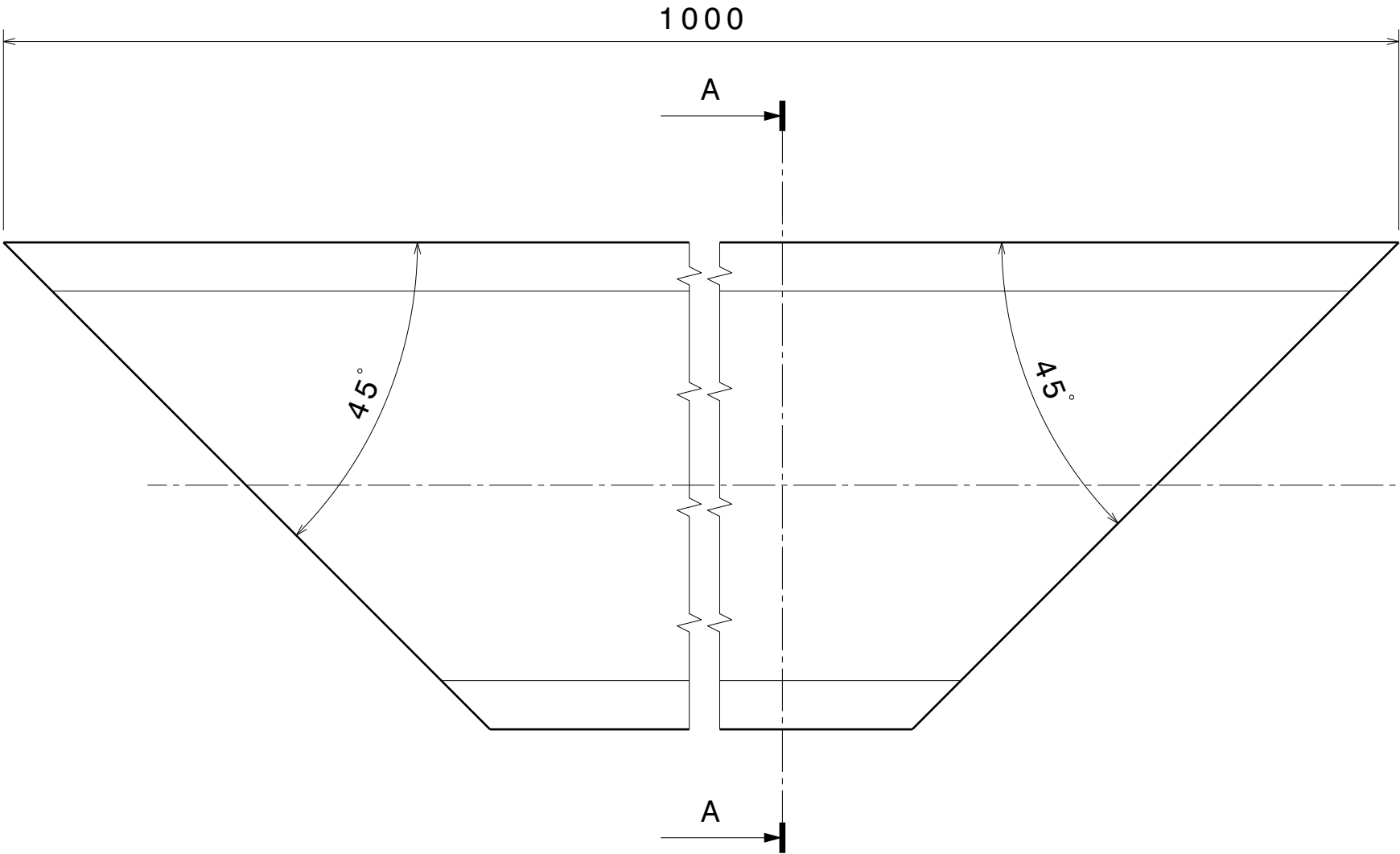
Tolerancije slobodnih mera / Dimensional tolerance:		Površinska hrapavost/ Surface roughness:		Površinska zaštita/Surf. protection:	
JUS ISO 2768/m					
Materijal/Material: Č0361		Dimenzija/Dimension:		Termična obrada/Heat treatment:	
				Masa/Mass[kg]: 2.9	Rezima/Scale: 1:5
				Naziv / Denomination:	
				Manja lajsna	
				Reg. br./ Reg. No:	Lista/Page: 5
				TVM-02.03	Lista/Page:
Sti / No:	Izmene / Change:	Datum/Date:	Ime/ Name:	Izv. pod.: Original:	
				Zamena za: Substitute for:	



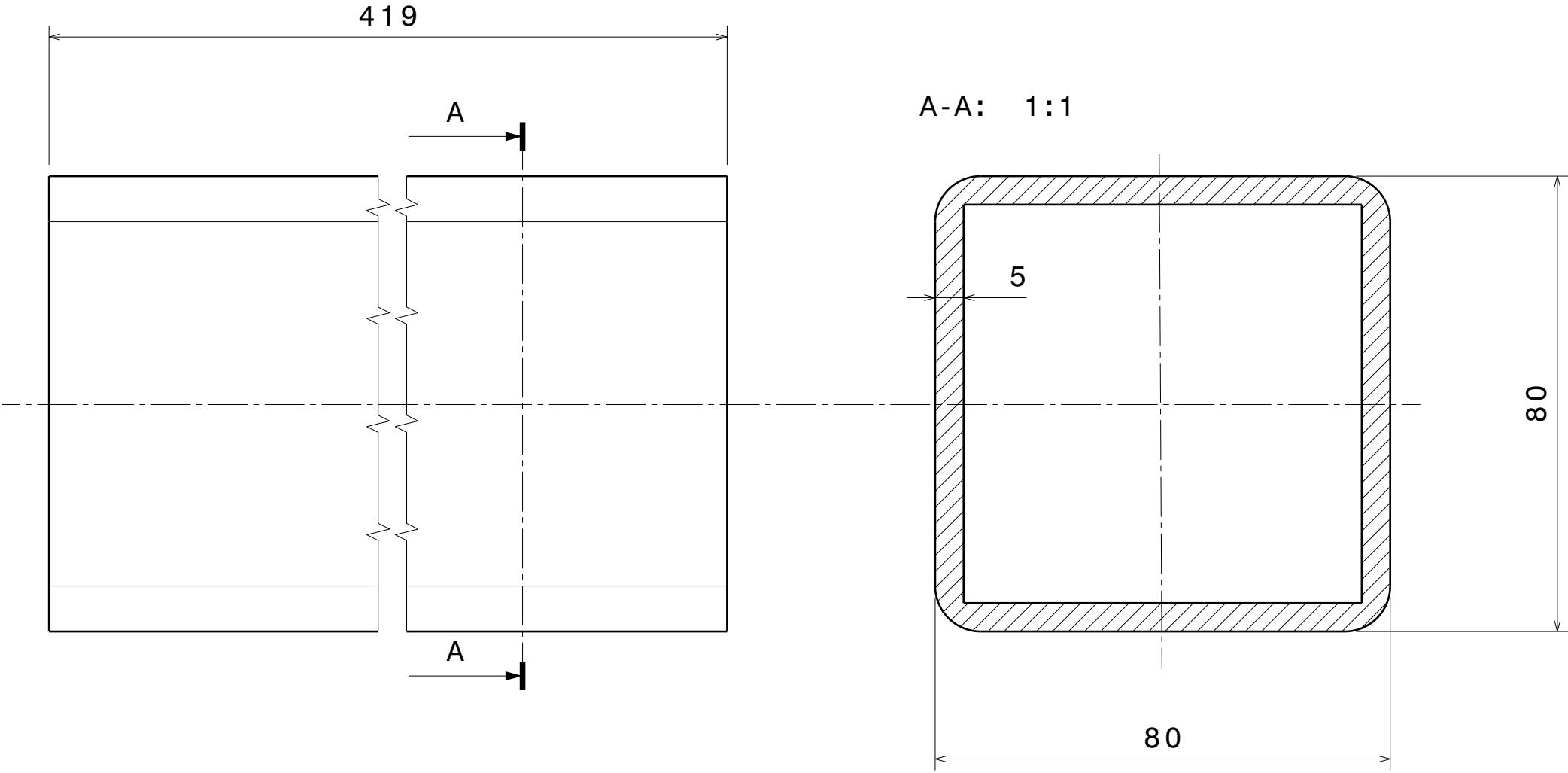
Tolerancije slobodnih mera / Dimensional tolerance:				Površinska hrapavost/ Surface roughness:				Površinska zaštita/Surf. protection:			
JUS ISO 2768/m											
Materijal/Material:				Dimenzija/Dimension:				Termička obrada/Heat treatment:			
Aluminijum											
								Masa/Mass[kg]:		145	
								Razmera/Scale:		1:5	
						Datum:	24.09.2013		Naziv / Denomination:		
						Date:					
						Projektor:	Ivan Glavonjić				
						Design by:					
						Razradio:					
						Elaborated by:					
						Standardizovao:			Alat		
						Stand. by:					
						Odobrio:			Reg. br./ Reg. No:		
						Approved:					
				Fakultet inženjerskih nauka				TVM-02.05		List/Page: 7	
										Listova/Pgs:	
St./ No:	Izmene / Change:	Datum/Date:	Ime/ Name:					Izv. pod.: Original:		Zamena za: Substitute for:	



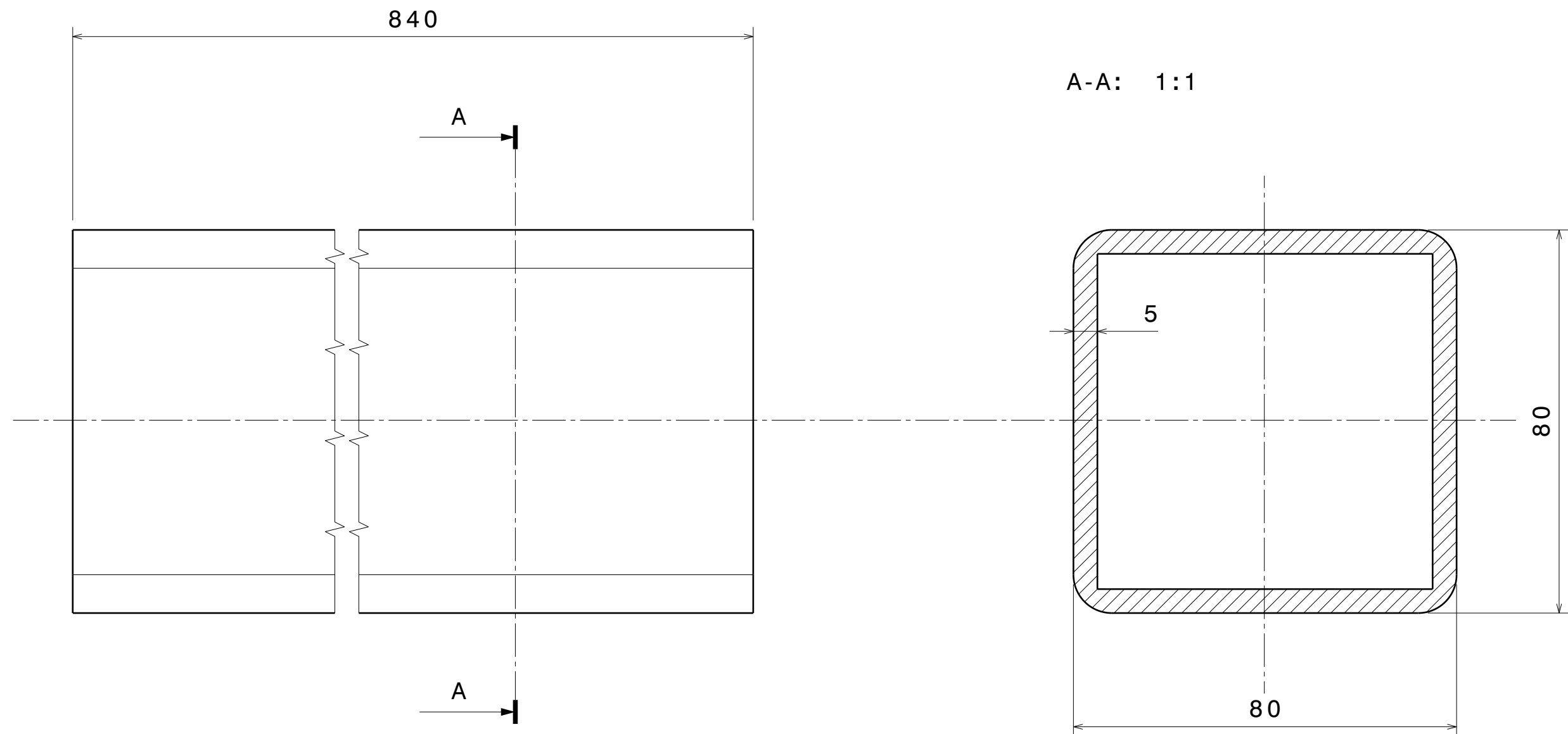
Tolerancije slobodnih mera / Dimensional tolerance:				Površinska hrapavost/ Surface roughness:				Površinska zaštita/Surf. protection:			
JUS ISO 2768/m											
Materijal/Material: Č0361				Dimenzija/Dimension: 80x80x2000mm				Termička obrada/Heat treatment:			
								Masa/Mass[kg]:		Razmera/Scale: 1:1	
						Datum: Date: 24.09.2013		Naziv / Denomination: Kvadratna cev 80x80(5) L=2000			
						Projektoval: Design by: Ivan Glavonjić					
						Razradio: Elaborated by:					
						Standardizovao: Stand. by:					
						Odobrio: Approved:					
						Fakultet inženjerskih nauka		Reg. br./ Reg. No: TVM-02.01.01		List/Page: 8	
										Listova/Pgs:	
St/ No:	Izmene / Change:	Datum/Date:	Ime/ Name:					Izv. pod.: Original:		Zamena za: Substitute for:	

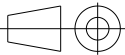


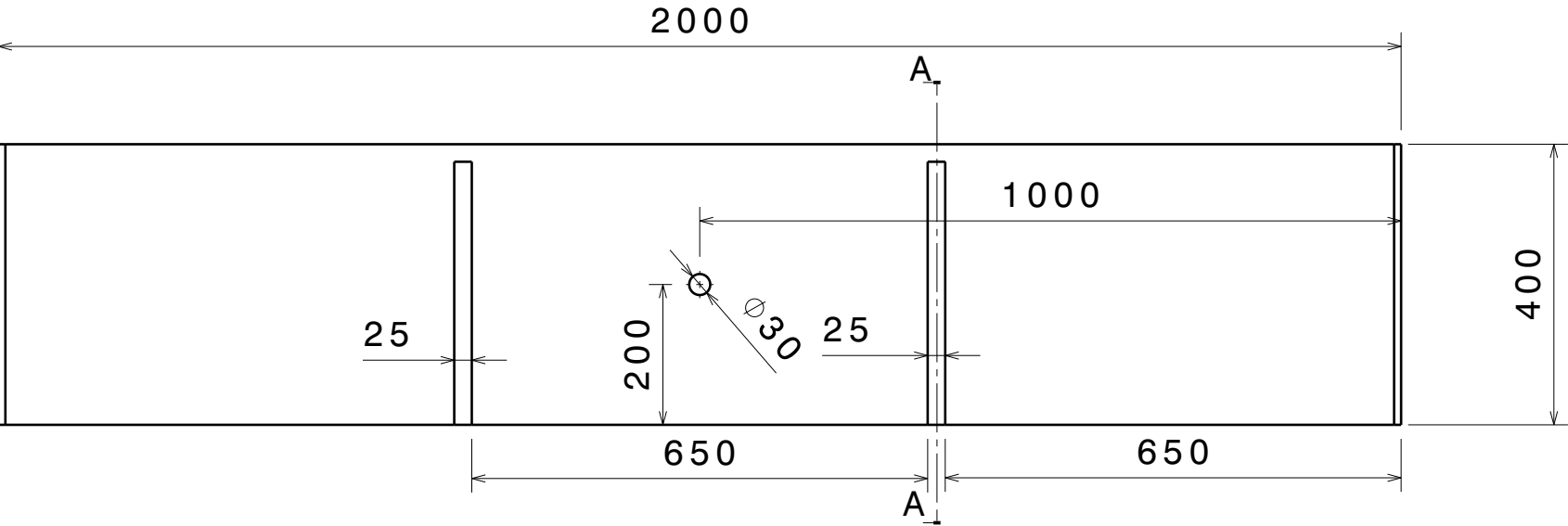
Tolerancije slobodnih mera / Dimensional tolerance:				Površinska hrapavost/ Surface roughness:				Površinska zaštita/Surf. protection:			
JUS ISO 2768/m											
Materijal/Material:				Dimenzija/Dimension:				Termička obrada/Heat treatment:			
Č0361				80x80x1000mm							
								Masa/Mass[kg]:		Razmera/Scale:	
										1:1	
								Naziv / Denomination: Kvadratna cev 80x80(5) L=1000			
								Reg. br./ Reg. No:		List/Page:	
								TVM-02.01.02		9	
										Listova/Pgs:	
Sti / No:		Izmjena / Change:		Datum/Date:		Ime/ Name:		Izv. pod.: Original:		Zamena za: Substitute for:	



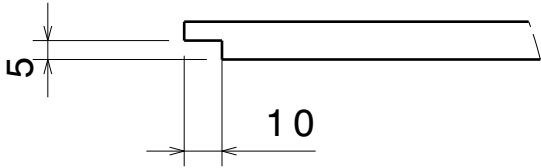
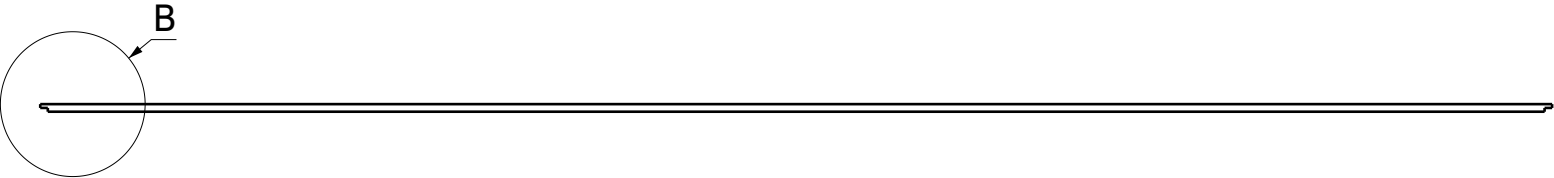
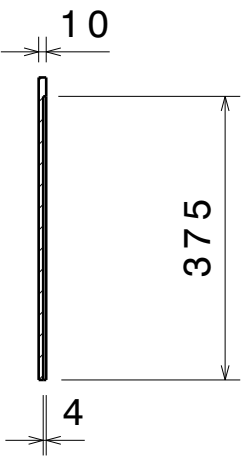
Tolerancije sklobovskih mera / Dimensional tolerance:				Površinska hrapavost/ Surface roughness:				Površinska zaštita/Surf. protection:			
JUS ISO 2768/m											
Materijal/Material:				Dimenzija/Dimension:				Termička obrada/Heat treatment:			
Č0361				80x80x419mm							
								Masa/Mass[kg]:		Rezmera/Scale:	
										1:1	
				Datum:		24.09.2013		Naziv / Denomination:			
				Projektorao:		Ivan Glavorjić					
				Razradio:							
				Standardizovao:							
				Stand. by:							
				Odobrio:				Reg. br./ Reg. No:			
				Approved:							
				Fakultet inženjerskih nauka				TVM-02.01.03		List/Page: 10	
										Listova/Pgs:	
Sti / No:		Izmene / Change:		Datum/Date:		Ime/ Name:		Izv. pod.: Original:		Zamena za: Substitute for:	



Tolerancije slobodnih mera / Dimensional tolerance:				Površinska hrapavost/ Surface roughness:				Površinska zaštita/Surf. protection:			
JUS ISO 2768/m											
Materijal/Material:				Dimenzija/Dimension:				Termična obrada/Heat treatment:			
Č0361				80x80x840mm							
								Masa/Mass[kg]:		Razmera/Scale:	
										1:1	
						Datum: Date:	24.09.2013		Naziv / Denomination: Kvadratna cev 80x80(5) L=840		
						Projektor: Design by:	Ivan Glavorjić				
						Razradio: Elaborated by:					
						Standardizovao: Stand. by:					
						Odobrio: Approved:					
						Fakultet inženjerskih nauka		Reg. br./ Reg. No:		List/Page:	
								TVM-02.01.04		11	
										Listova/Pgs:	
St/ No:	Izmene / Change:	Datum/Date:	Ime/ Name:					Izv. pod.: Original:	Zamena za: Substitute for:		

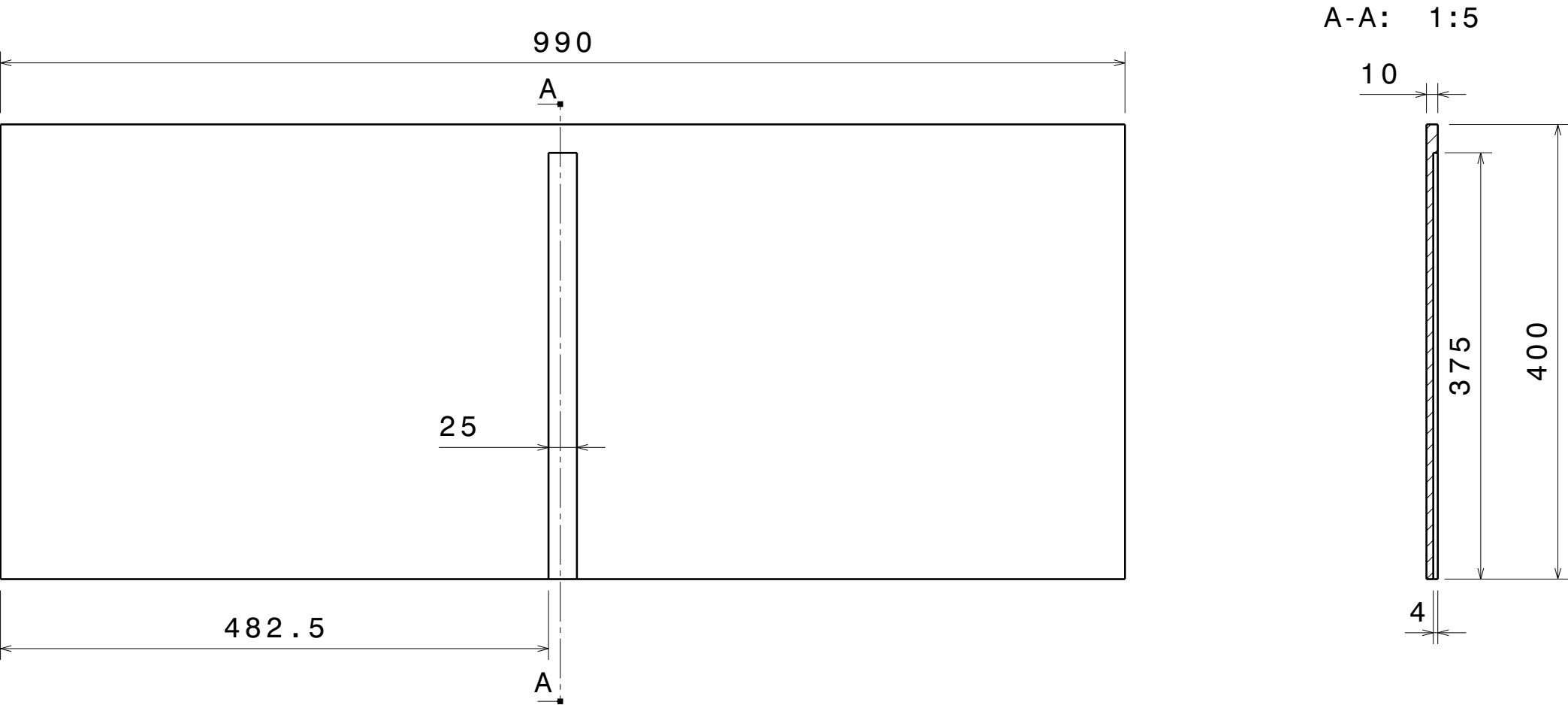


A-A: 1:10

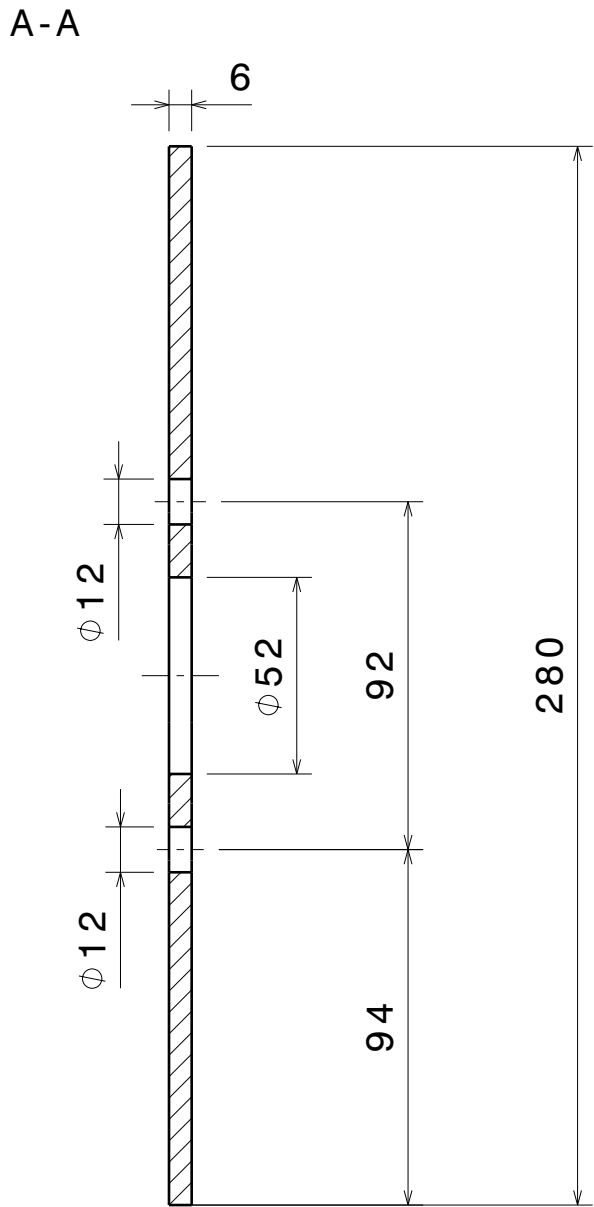
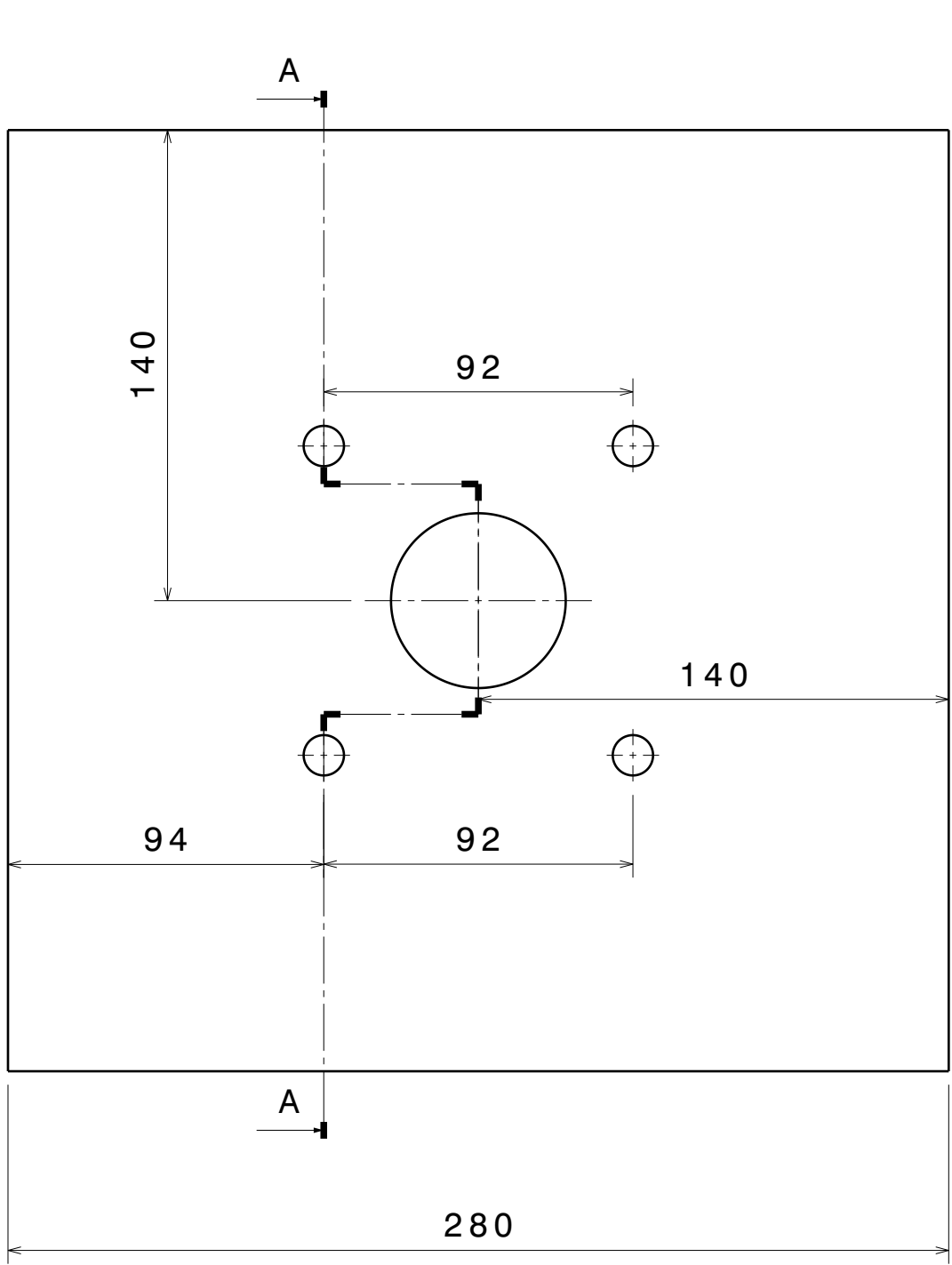


Detalj B: 1:2

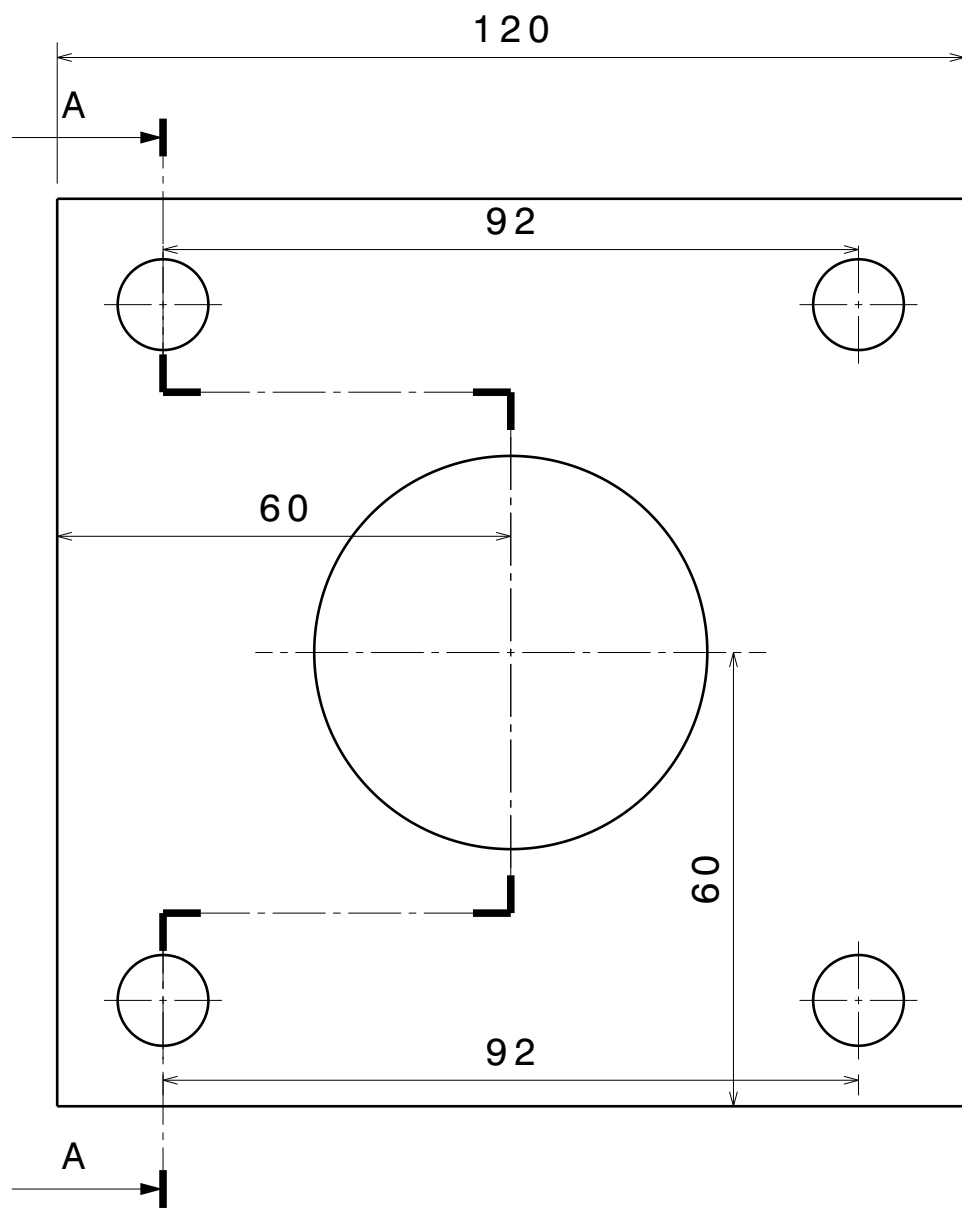
Tolerancije slobodnih mera / Dimensional tolerance:				Površinska hrapavost/ Surface roughness:				Površinska zaštita/Surf. protection:			
JUS ISO 2768/m											
Materijal/Material: Č0361				Dimenzija/Dimension: 10x400x2000mm				Termična obrada/Heat treatment:			
								Masa/Mass[kg]: 62		Razmera/Scale: 1:10	
					Datum: Date:	24.09.2013		Naziv / Denomination: Čeona ploča za okvir			
					Projektovao: Design by:	Ivan Glavonjić					
					Razradio: Elaborated by:						
					Standardizovao: Stand. by:						
					Odobrio: Approved:						
					Fakultet inženjerskih nauka			Reg. br./ Reg. No: TVM-02.01.05		List/Page: 12	
										Listova/Pgs:	
Sti / No:	Izmjena / Change:	Datum/Date:	Ime/Name:					Izv. pod.: Original:			Zamena za: Substitute for:



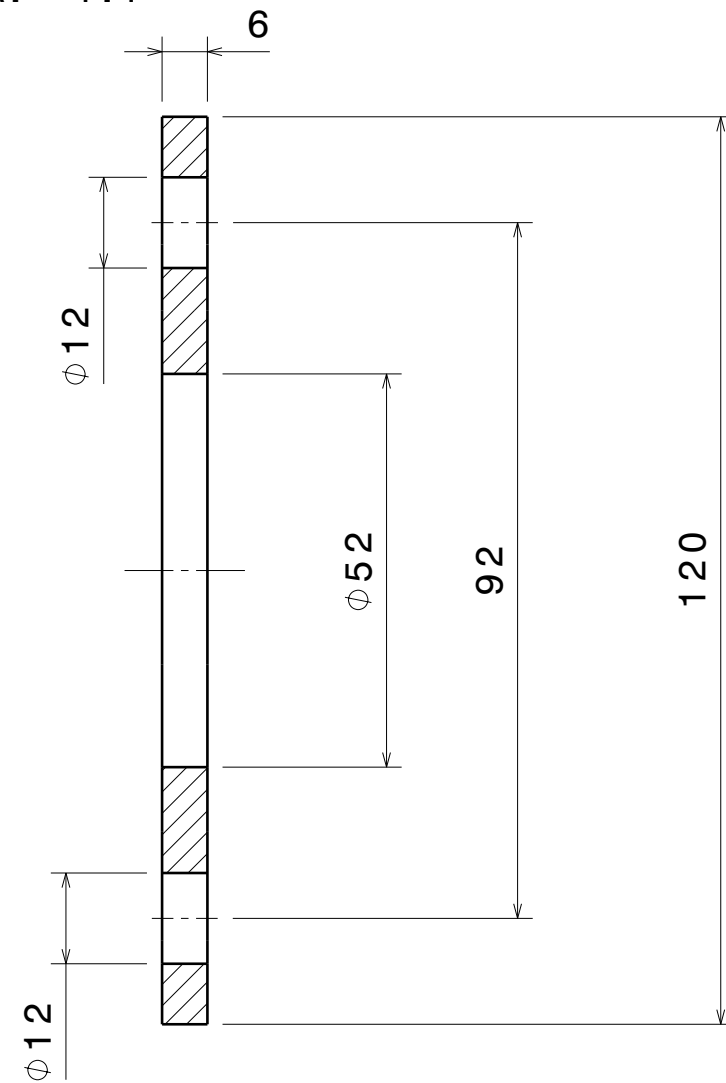
Tolerancije slobodnih mera / Dimensional tolerance:				Površinska hrapavost/ Surface roughness:				Površinska zaštita/Surf. protection:			
JUS ISO 2768/m											
Materijal/Material:				Dimenzija/Dimension:				Termička obrada/Heat treatment:			
Č0361				10x400x990mm							
						Masa/Mass[kg]:		31		Razmera/Scale:	
										1:5	
						Datum: Date:	24.09.2013		Naziv / Denomination: Bočna ploča za okvir		
						Projektoval: Designs by:	Ivan Glavonjić				
						Razradio: Elaborated by:					
						Standardizovao: Stand. by:					
						Odobrio: Approved:					
						Fakultet inženjerskih nauka			Reg. br./ Reg. No:		List/Page:
									TVM-02.01.06		13
											Listova/Pgs:
St/ No:	Izmene / Change:	Datum/Date:	Ime/Name:					Izv. pod.: Original:		Zamena za: Substitute for:	



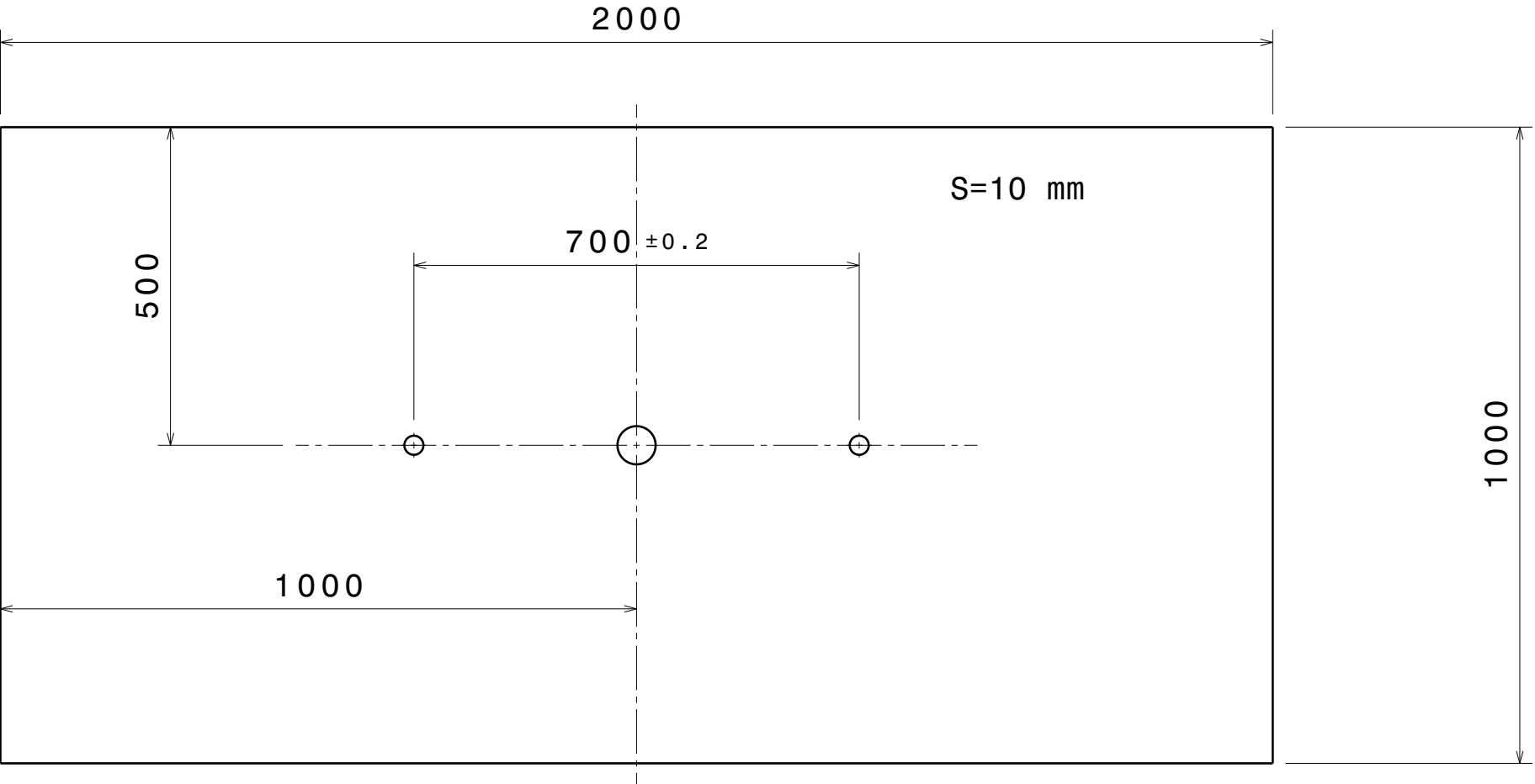
Tolerancije slobodnih mera / Dimensional tolerances:				Površinska hrapavost/ Surface roughness:				Površinska zaštita/Surf. protection:			
JUS ISO 2768/m											
Materijal/Material: Č0361				Dimenzija/Dimension: 6x280x280mm				Termična obrada/Heat treatment:			
								Masa/Mass[kg]: 3,6		Razmera/Scale: 1:2	
				Datum: 24.09.2013		Naziv / Denomination: Donja ploča za vezu					
				Projektovao: Ivan Glavonjić							
				Razradio:							
				Elaborated by:							
				Standardizovao:							
				Stand. by:							
				Odobrio:							
				Approved:							
				Fakultet inženjerskih nauka				Reg. br./ Reg. No: TVM-02.01.07		List/Page: 14	
										Listova/Pgs:	
Sti / No:		Izmjena / Change:		Datum/Date:		Ime/ Name:		Izv. pod.: Original:		Zamena za: Substitute for:	



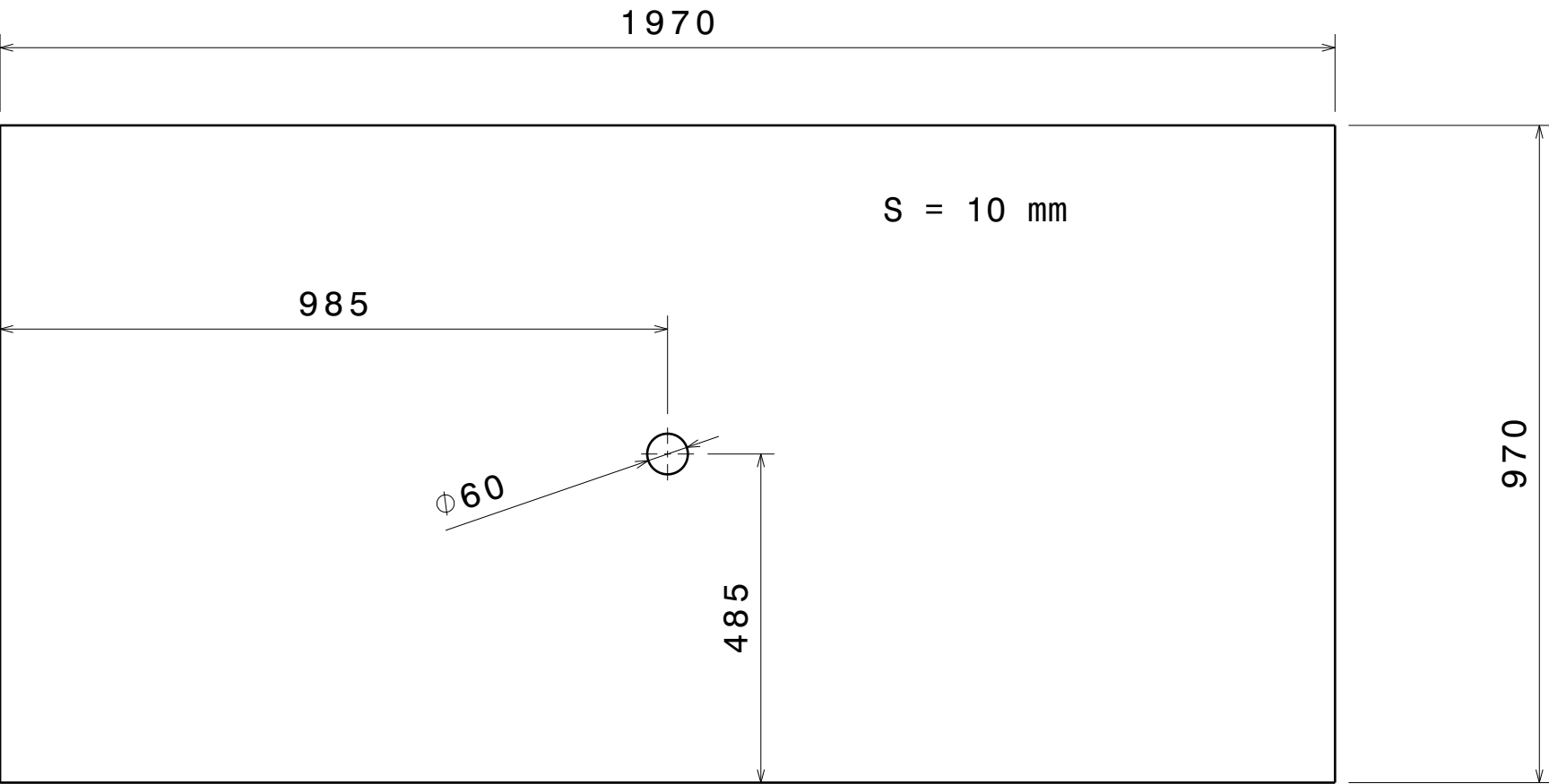
A-A: 1:1



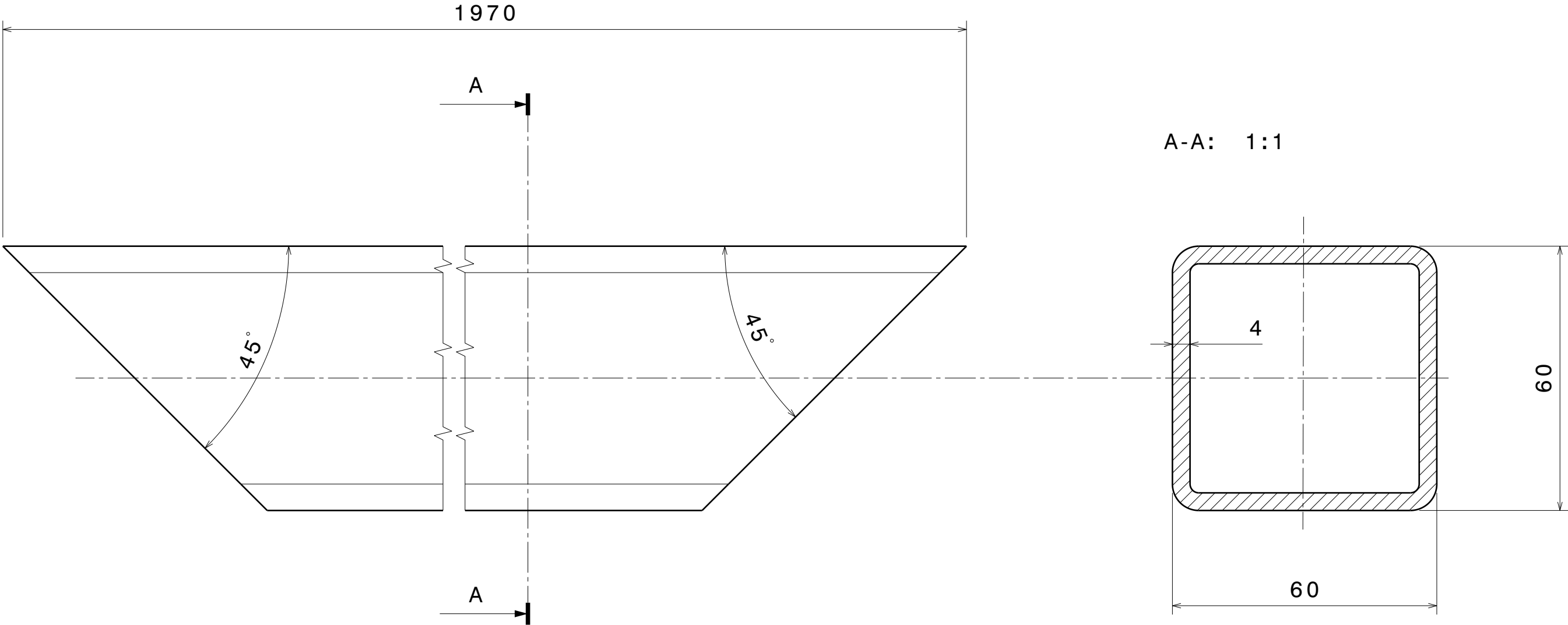
Tolerancije slobodnih mera / Dimensional tolerance:				Površinska hrapavost/ Surface roughness:				Površinska zaštita/Surf. protection:			
JUS ISO 2768/m											
Materijal/Material:				Dimenzija/Dimension:				Termična obrada/Heat treatment:			
Č0361				6x120x120mm							
								Masa/Mass[kg]:		Razmera/Scale:	
								0,6		1:1	
								Naziv / Denomination: Gornja ploča za vezu			
								Reg. br./ Reg. No: TVM-02.01.08			
								Lis/Page:			
								15			
								Lis/Page:			
Sti / No:		Izmene / Change:		Datum/Data:		Ime/ Name:		Izv. pod.: Original:		Zamena za: Substitute for:	



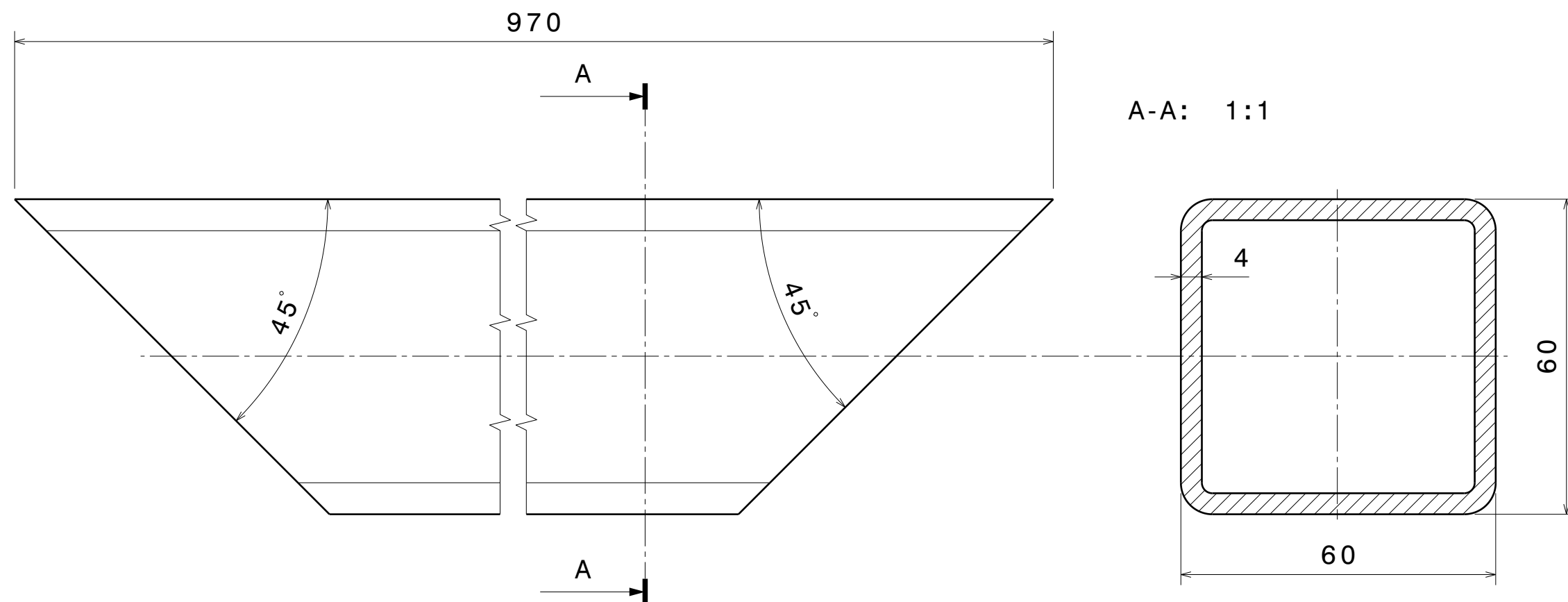
Tolerancija slobodnih mera / Dimensional tolerance:				Površinska hrapavost/ Surface roughness:				Površinska zaštita/Surf. protection:				
JUS ISO 2768/m												
Materijal/Material: Č0361				Dimenzija/Dimension: 10x1000x2000mm				Termička obrada/Heat treatment:				
								Masa/Mass[kg]: 157		Razmera/Scale: 1:10		
				Datum/Date:	24.09.2013		Naziv / Denomination: Ploča za osnovu					
				Projektovao/Design by:	Ivan Glavonjić							
				Razradio/Elaborated by:								
				Standardizovao/Stand. by:								
				Odobrio/Approved:								
				Fakultet inženjerskih nauka				Reg. br./ Reg. No:		List/Page: 16		
								TVM-02.04.04		Listova/Pgs:		
Sti / No:	Izmene / Change:	Datum/Date:	Ime/Name:	Izv. pod.: Original:				Zamena za: Substitute for:				



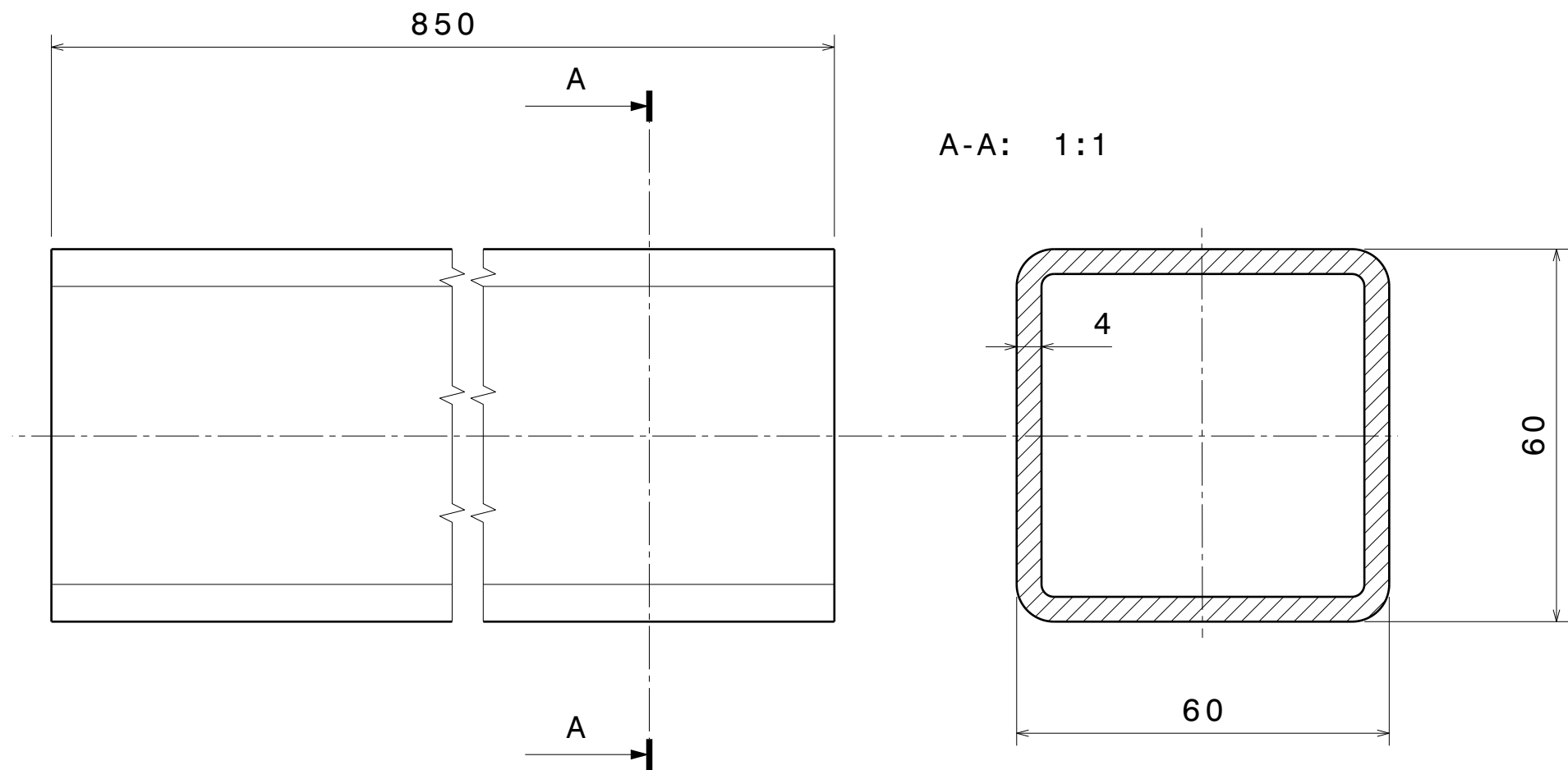
Tolerancije elobodnih mera / Dimensional tolerance:				Površinska hrapavost/ Surface roughness:		Površinska zaštita/Surf. protection:	
JUS ISO 2768/m							
Materijal/Material: Č0361				Dimenzija/Dimension: 10x970x1970mm		Termička obrada/Heat treatment:	
					Masa/Mass[kg]: 150		Rezmera/Scale: 1:10
				Datum/Date:	24.09.2013	Naziv / Denomination: Ploča za pokretno postolje	
				Projektor/Design by:	Ivan Glavonjić		
				Razradio/Elaborated by:			
				Standardizovao/Stand. by:			
				Odobrio/Approved:			
				Fakultet inženjerskih nauka		Reg. br./ Reg. No: TVM-02.04.05	
						Lis/Page: 17	
Sti / No:	Izmene / Change:	Datum/Date:	Ime/Name:			Izv. pod.: Original:	Zamena za: Substitute for:



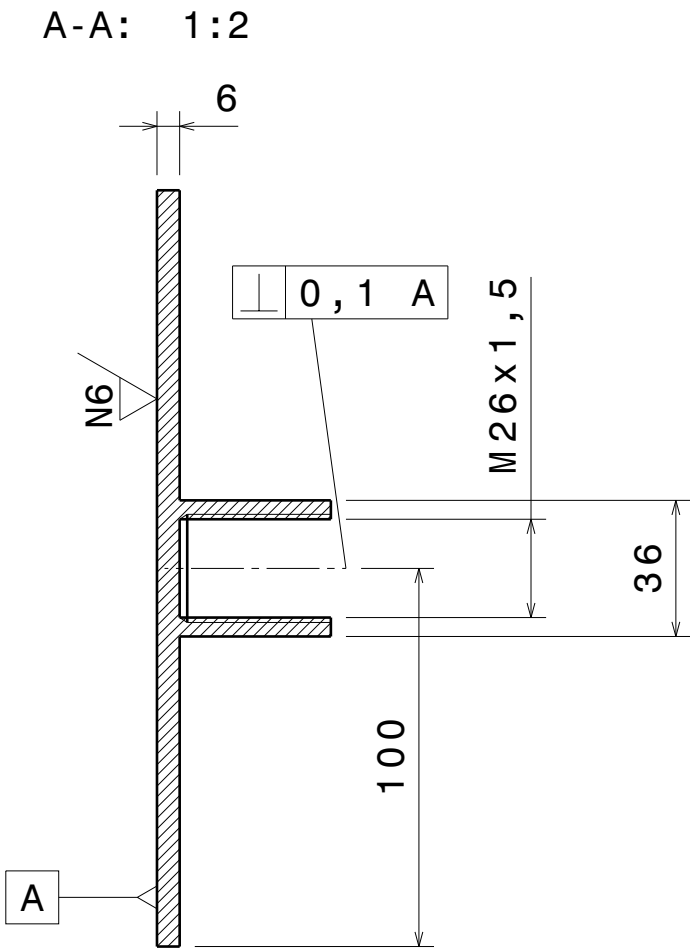
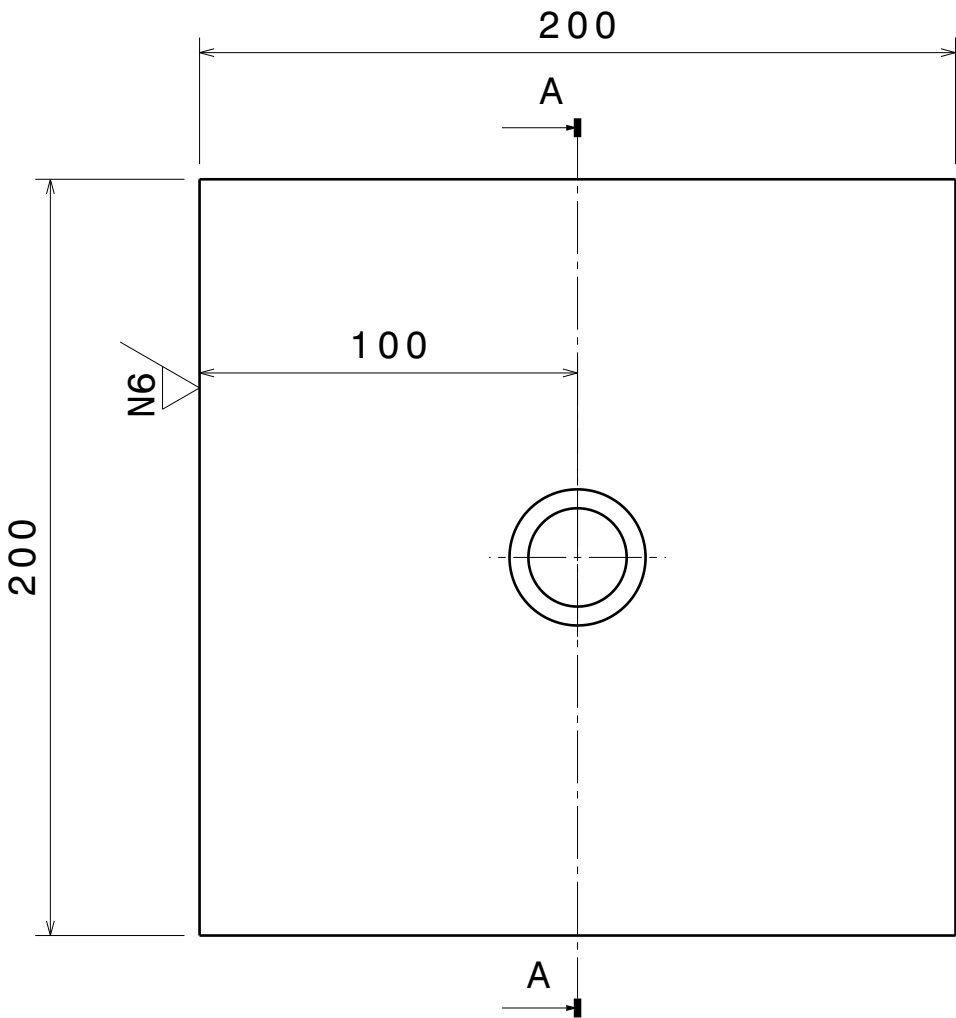
Tolerancije slobodnih mera / Dimensional tolerance:				Površinska hrapavost/ Surface roughness:				Površinska zaštita/Surf. protection:			
JUS ISO 2768/m											
Materijal/Material:				Dimenzija/Dimension:				Termična obrada/Heat treatment:			
Č0361				60x60x1970							
								Masa/Mass[kg]:		Razmera/Scale:	
								13		1:1	
				Datum: Date:		24.09.2013		Naziv / Denomination: Kvadratna cev 60x60(4) L=1970			
				Projektovao: Designs by:		Ivan Glavonjić					
				Nacrtao: Elaborated by:							
				Standardizovao: Stand. by:							
				Odobrio: Approved:							
				Fakultet inženjerskih nauka				Reg. br./ Reg. No:		List/Page:	
								TVM-02.04.01		18	
										Listova/Pgs:	
Sti / No:		Izmene / Change:		Datum/Date:		Ime/ Name:		Izv. pod.: Original:		Zamena za: Substitute for:	



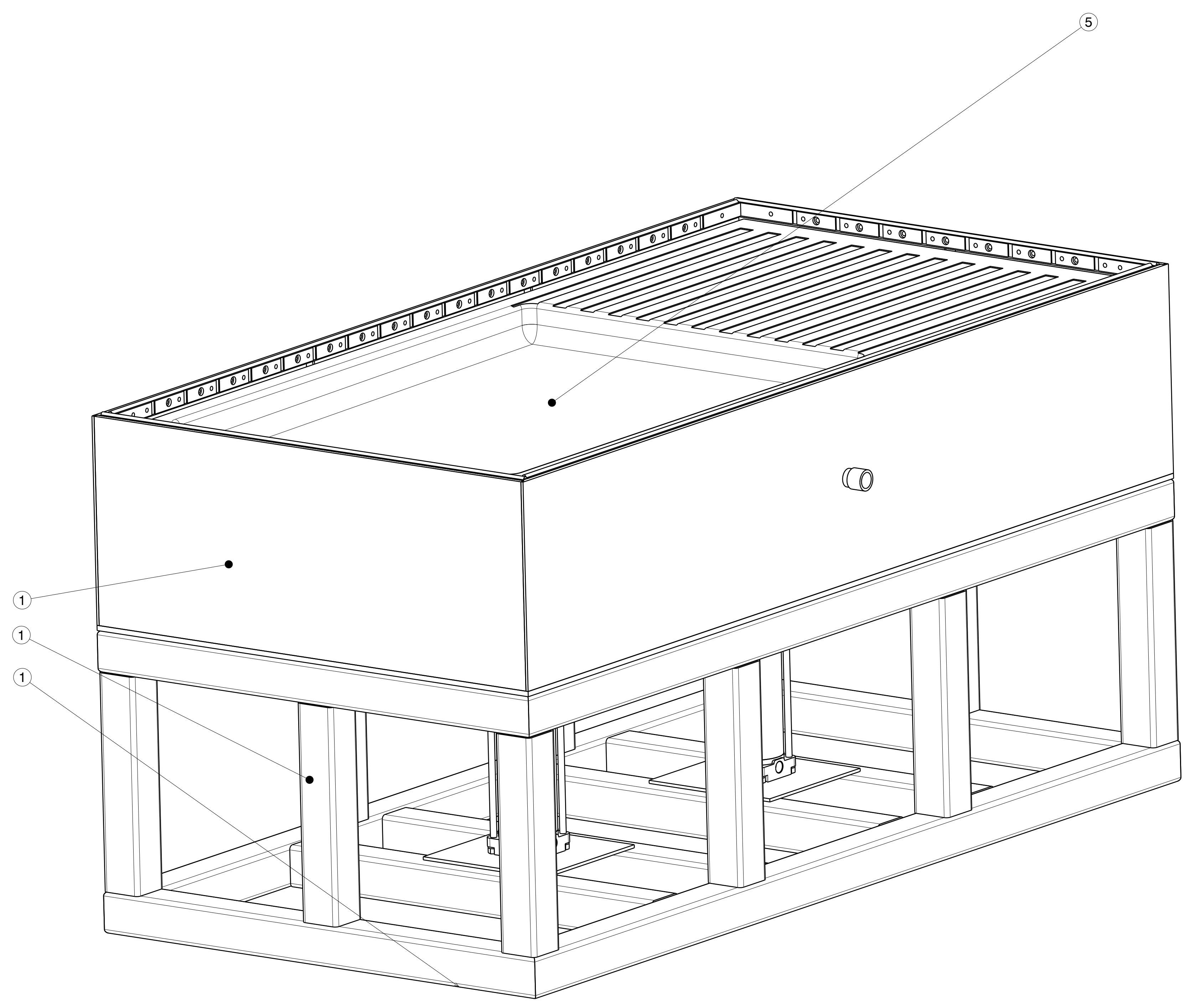
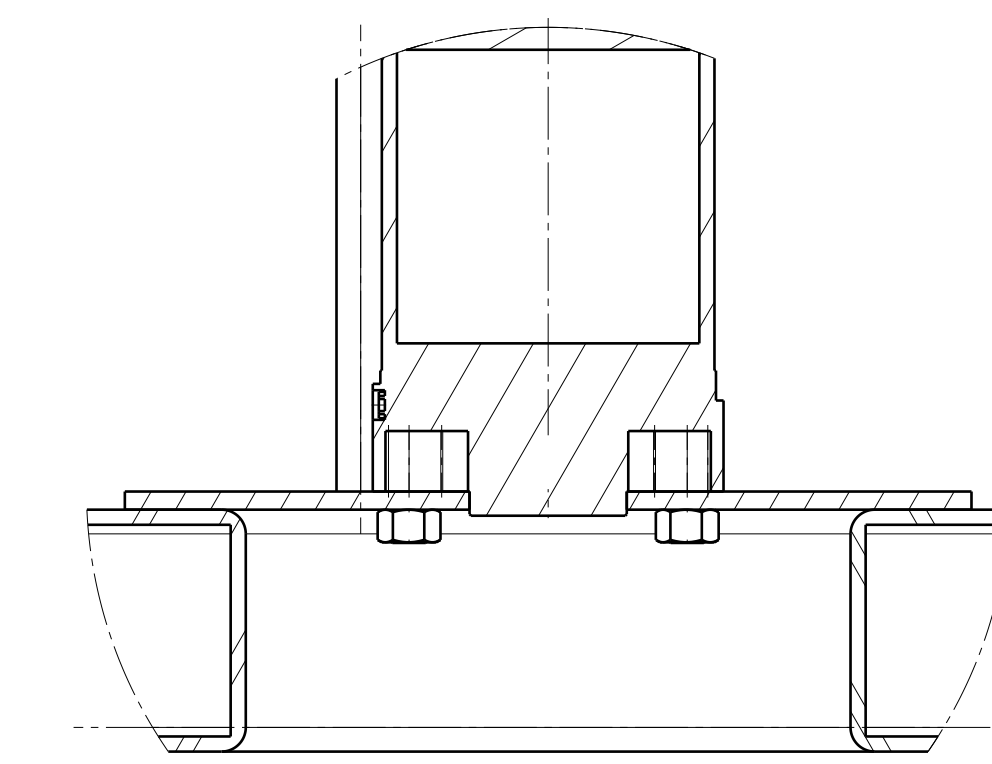
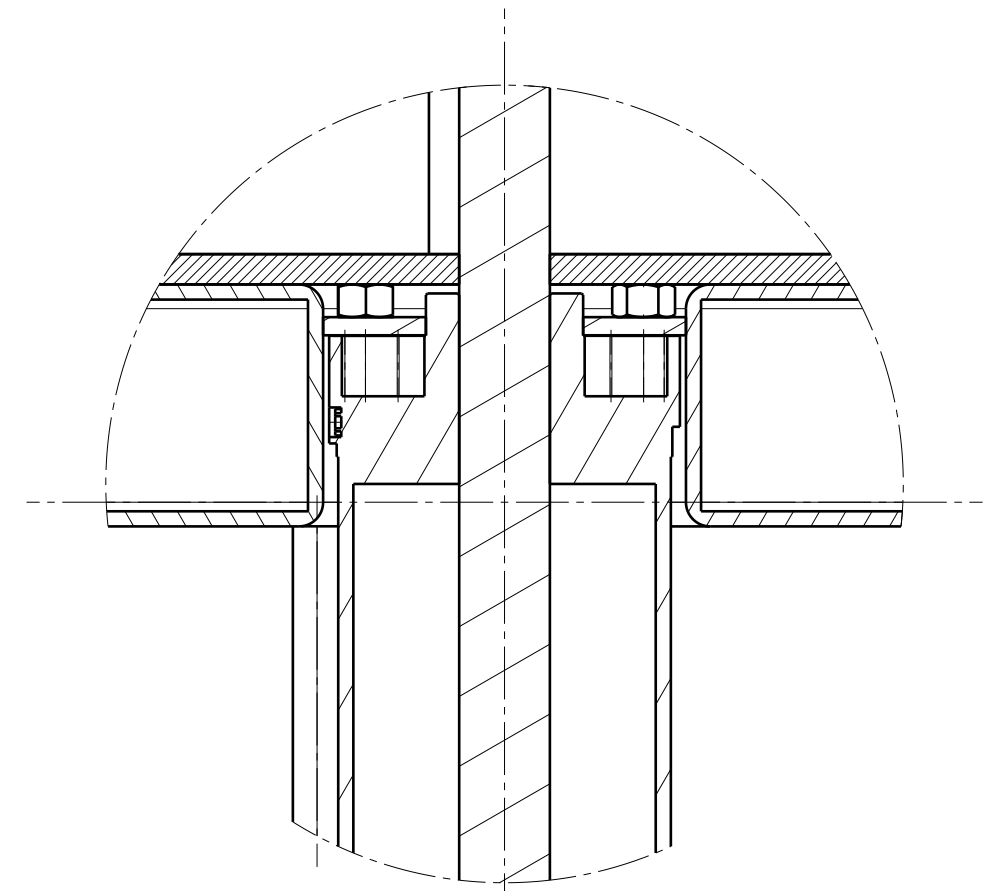
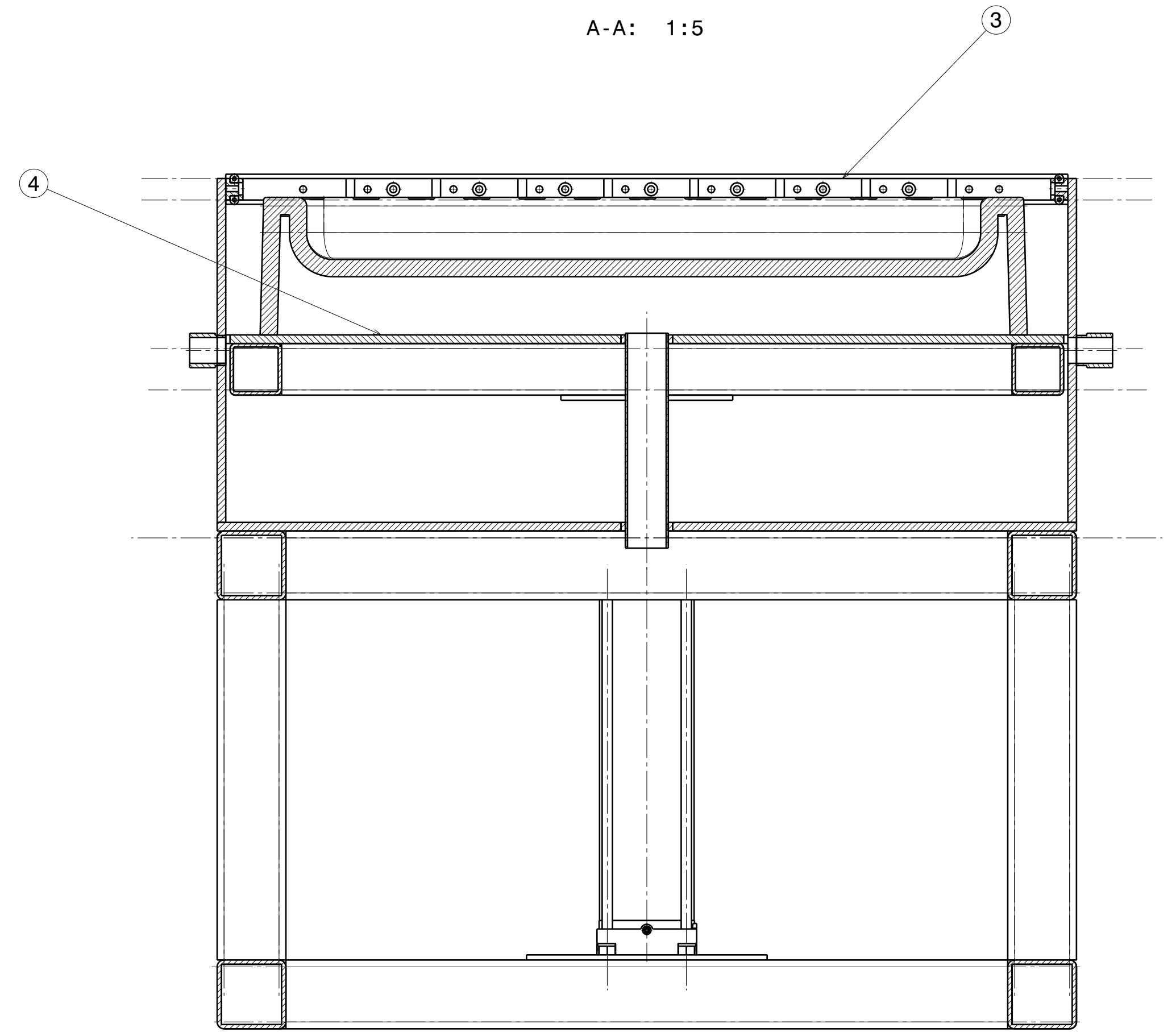
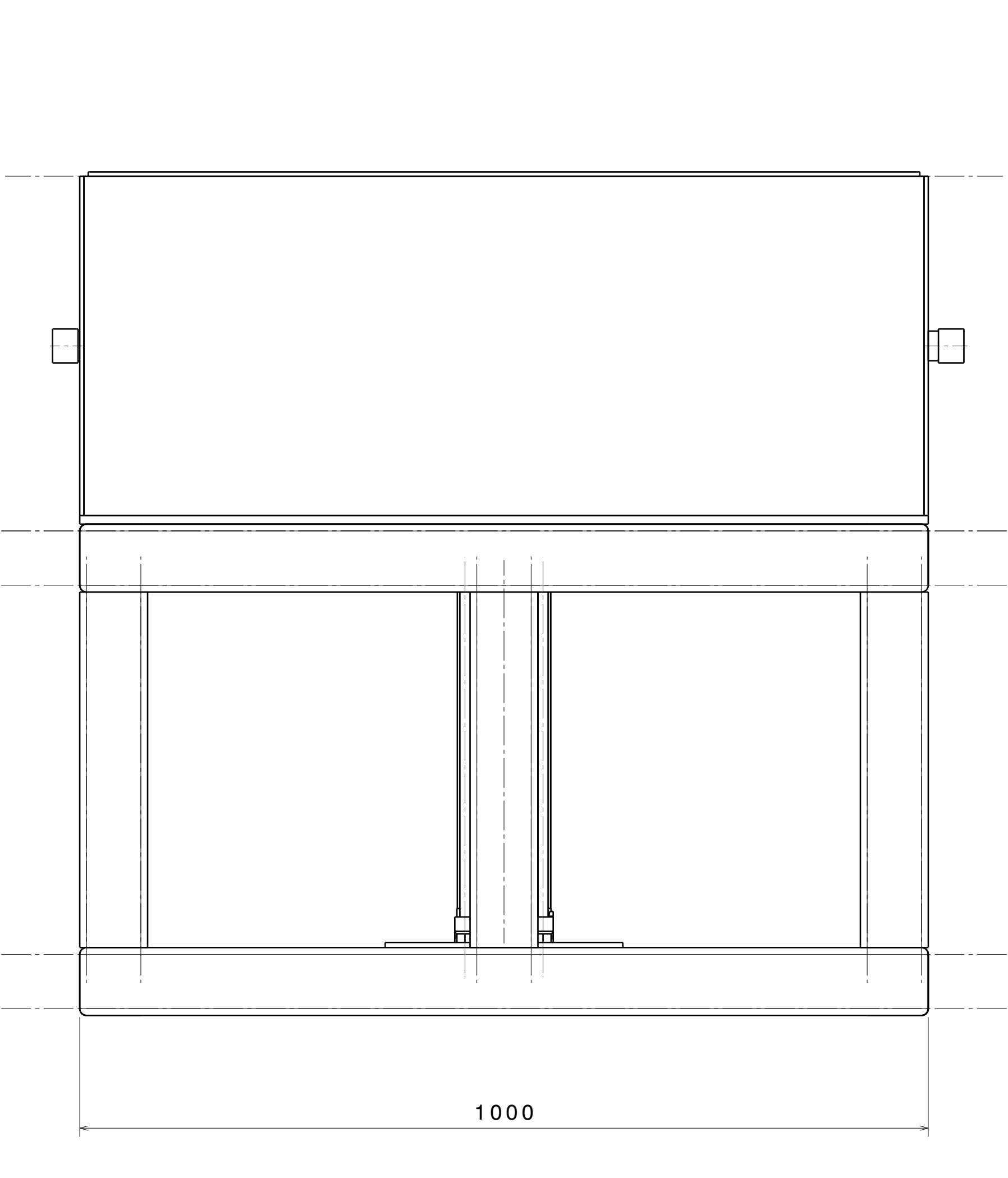
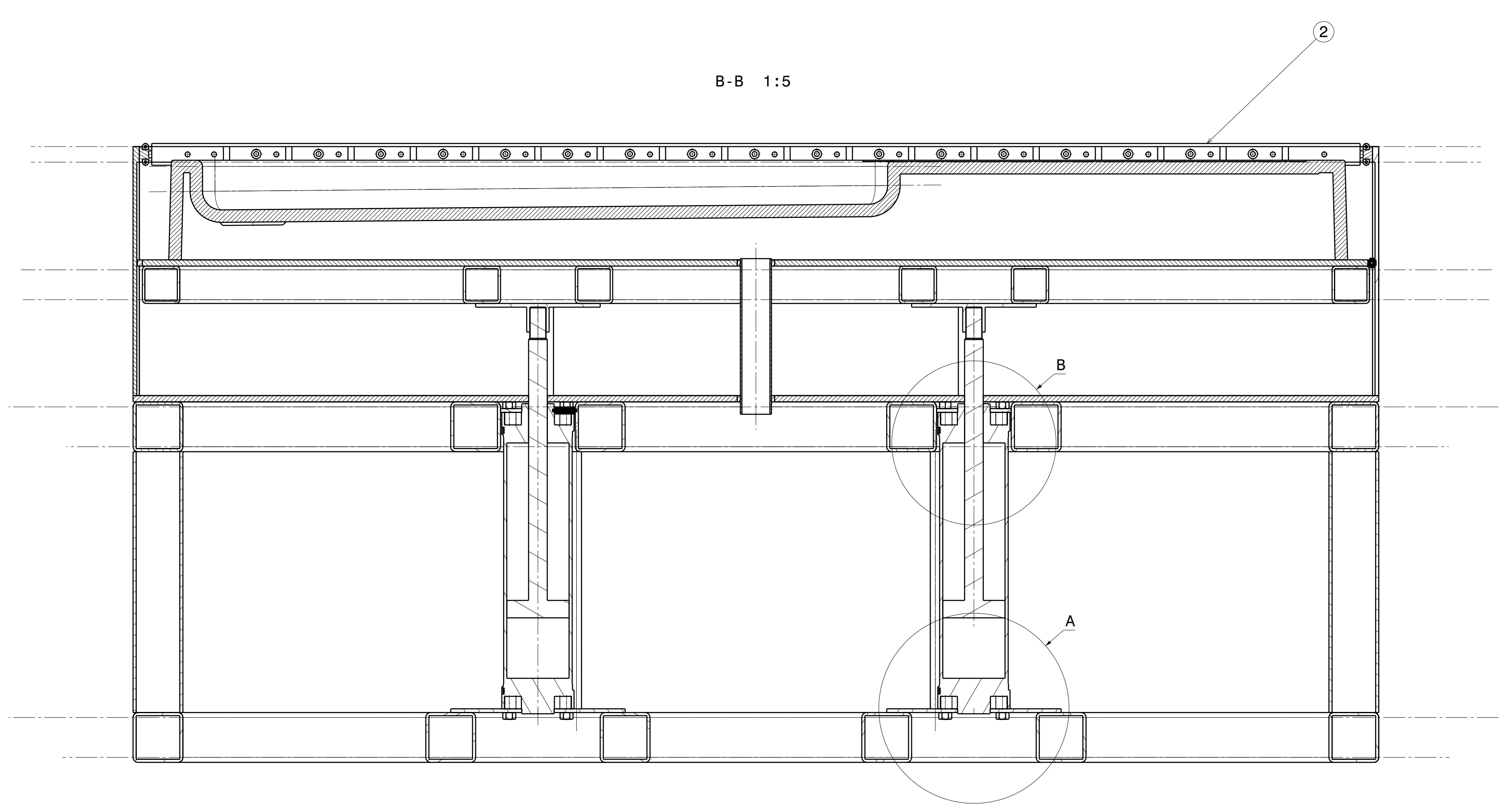
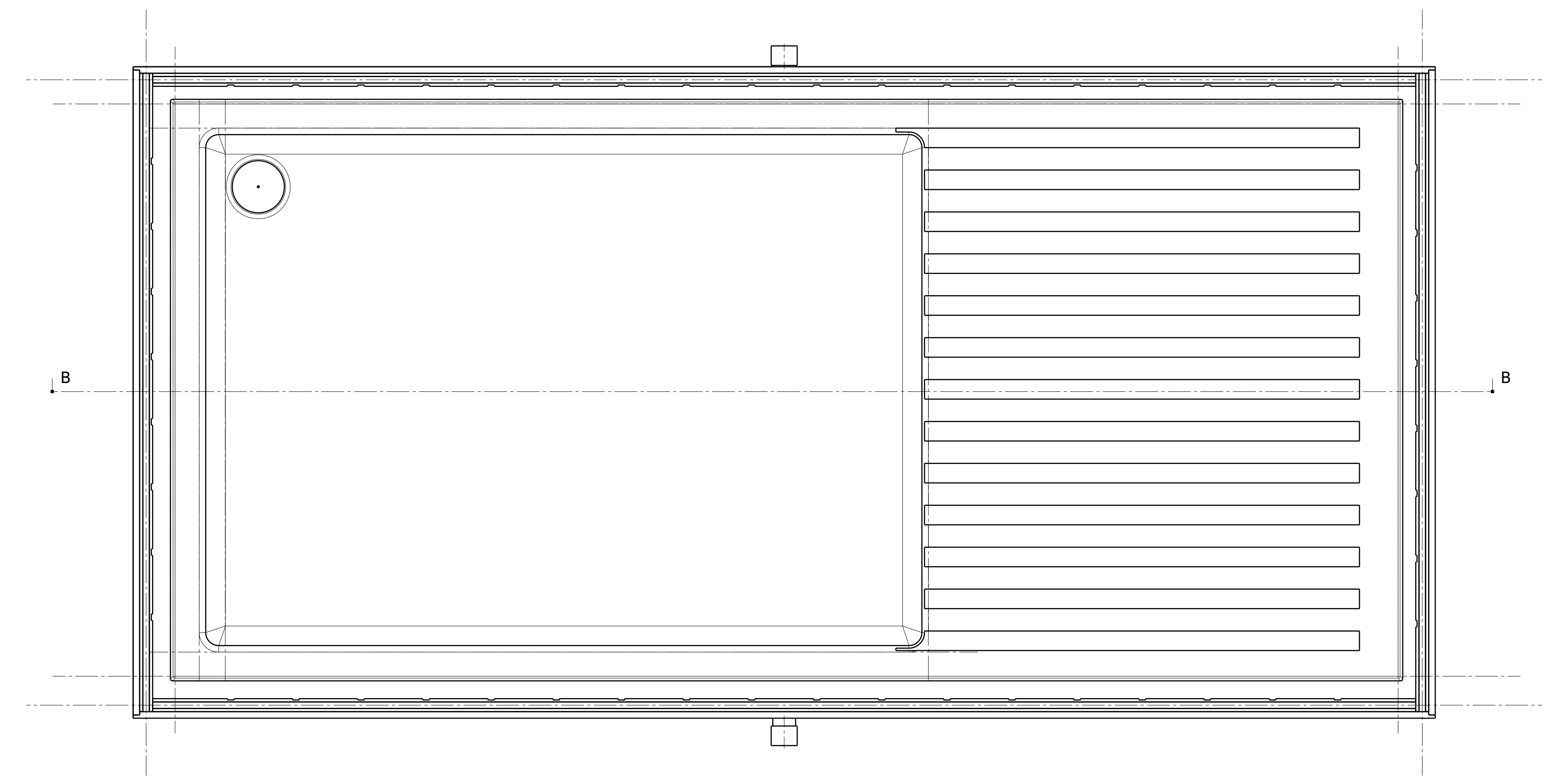
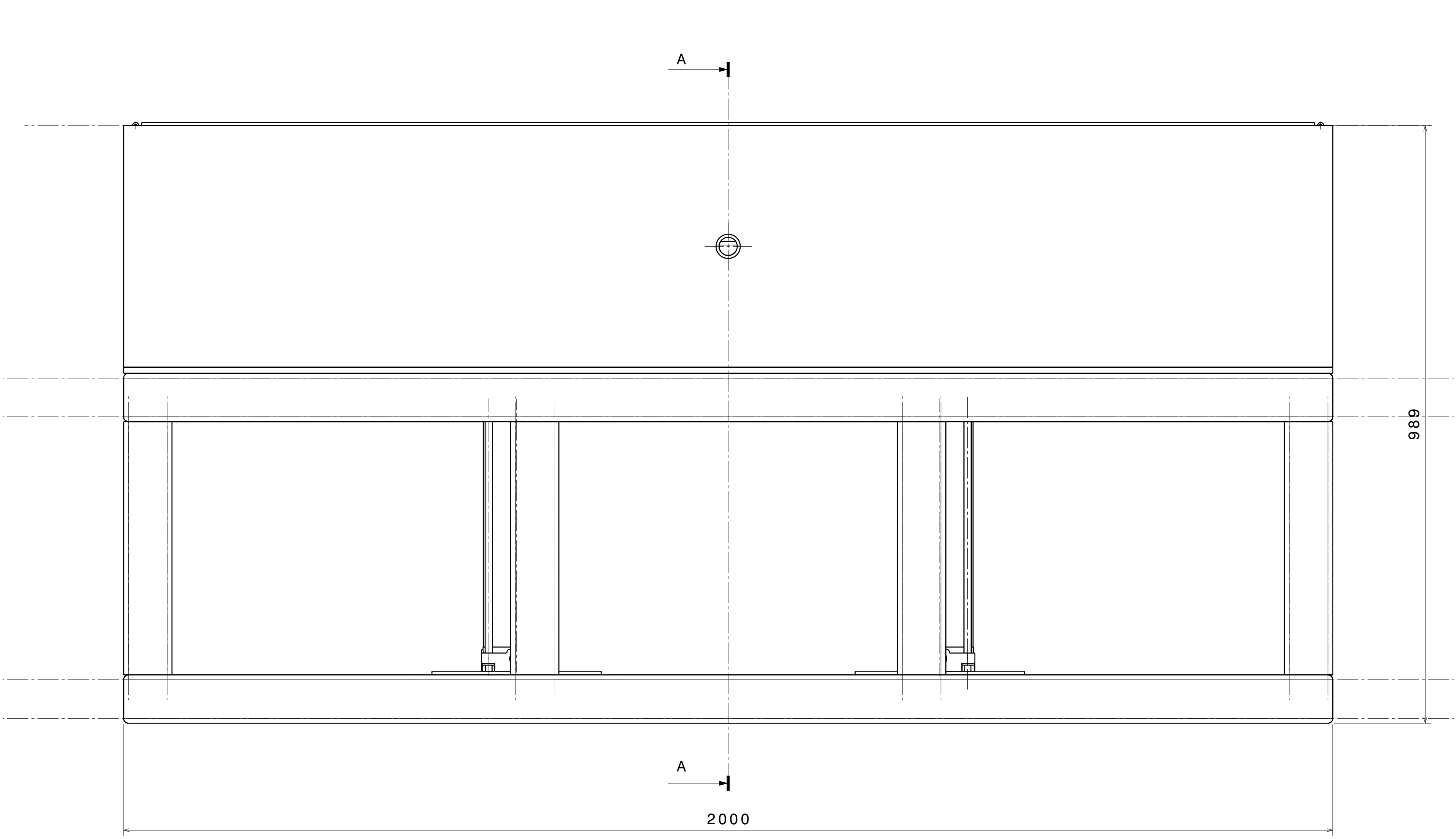
Tolerancije slobodnih mera / Dimensional tolerances:		Površinska hrapavost/ Surface roughness:		Površinska zaštita/Surf. protection:	
JUS ISO 2768/m					
Materijal/Material:		Dimenzija/Dimension:		Termična obrada/Heat treatment:	
Č0361		60x60x970mm			
				Masa/Mass[kg]: 6,2 Razmera/Scale: 1:1	
		Datum: 24.09.2013		Naziv / Denomination: Kvadratna cev 60x60(4) L=970	
		Projektovao: Ivan Glavorjić			
		Disajnirao:			
		Elaborirao:			
		Standardizovao:			
		Stand. by:			
		Odobrio:		Reg. br./ Reg. No: TVM-02.04.02 List/Page: 19 Listova/Pgs:	
		Approved:			
		Fakultet inženjerskih nauka			
St.l / No:		Izmene / Change:		Izv. pod.: Original:	
Datum/Date:		Ime/ Name:		Zamena za: Substitute for:	



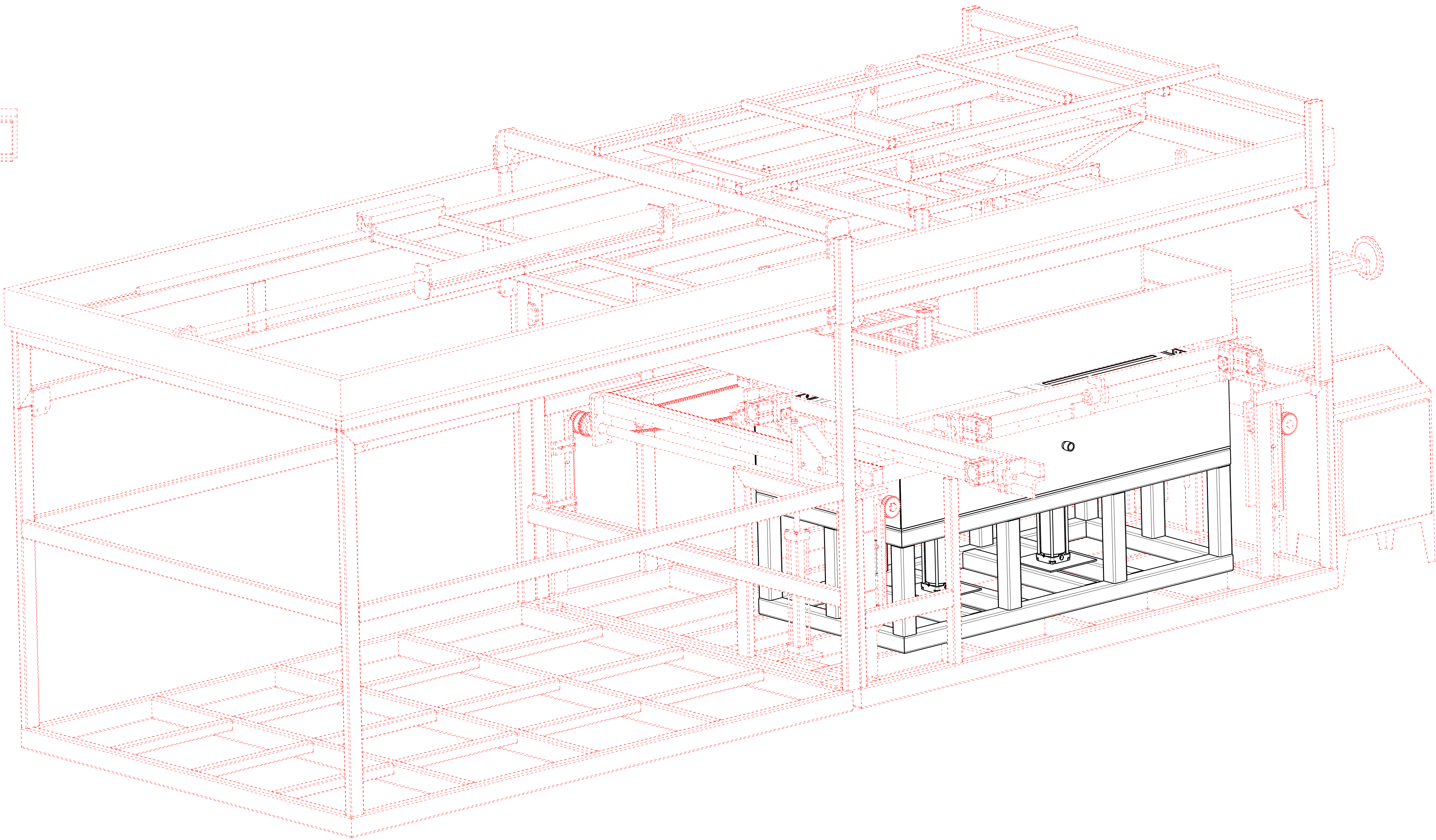
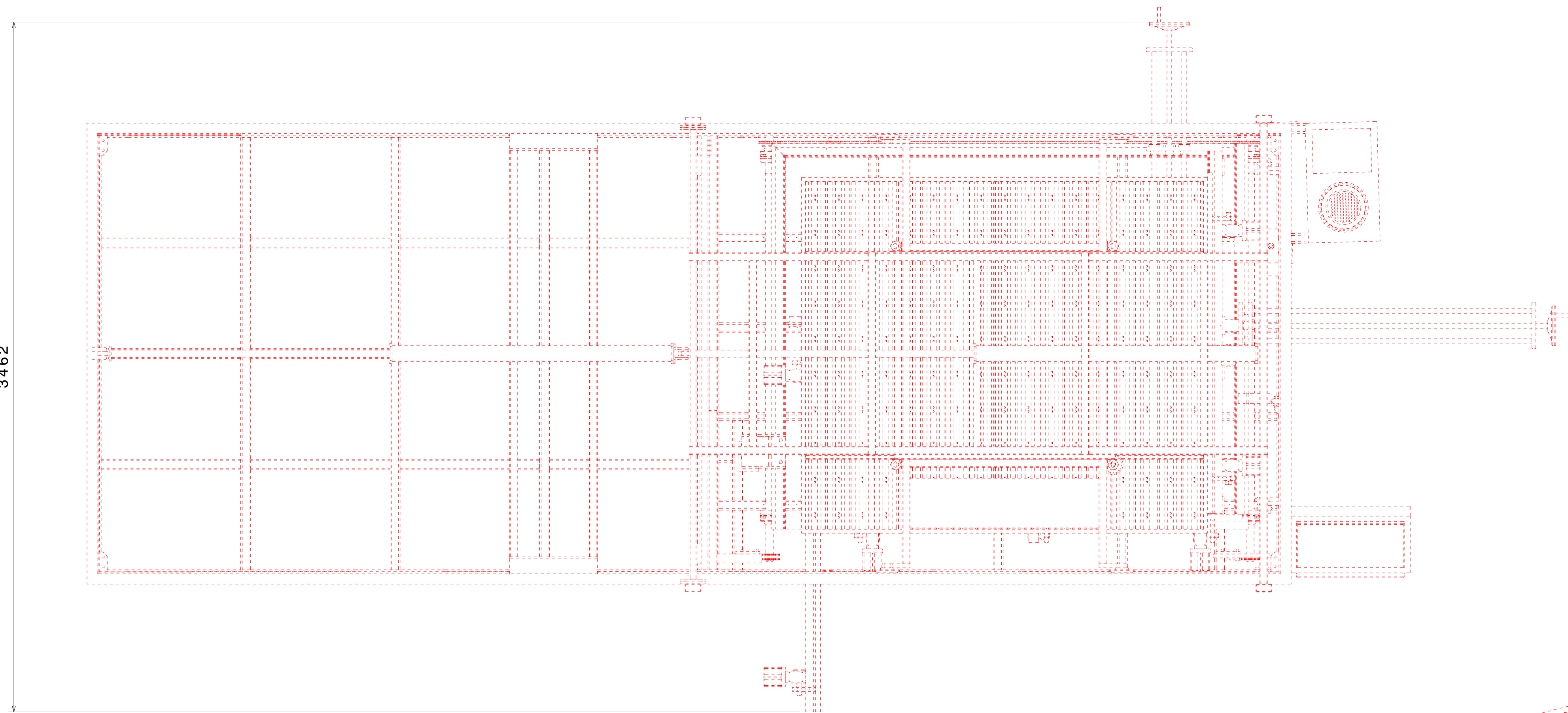
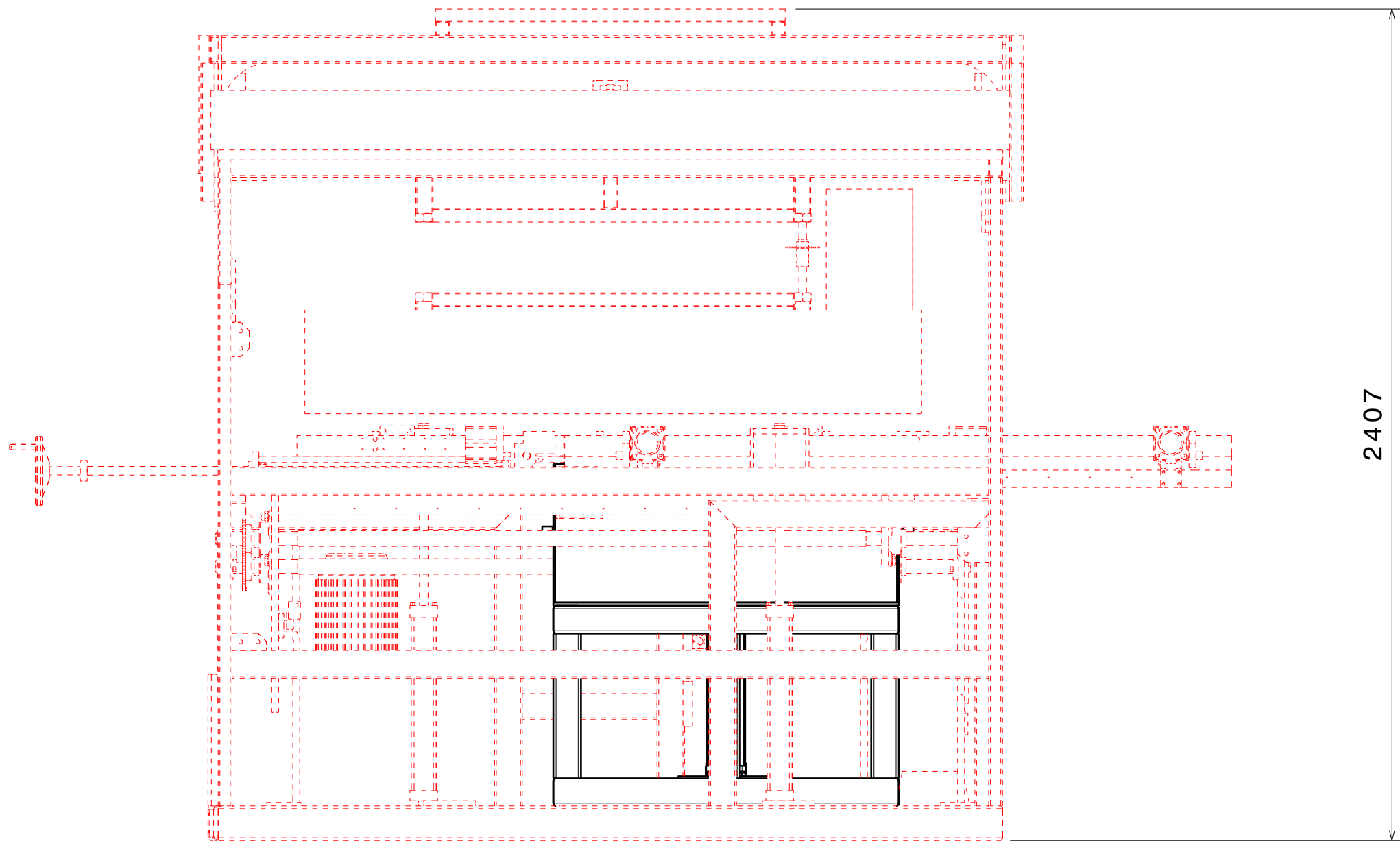
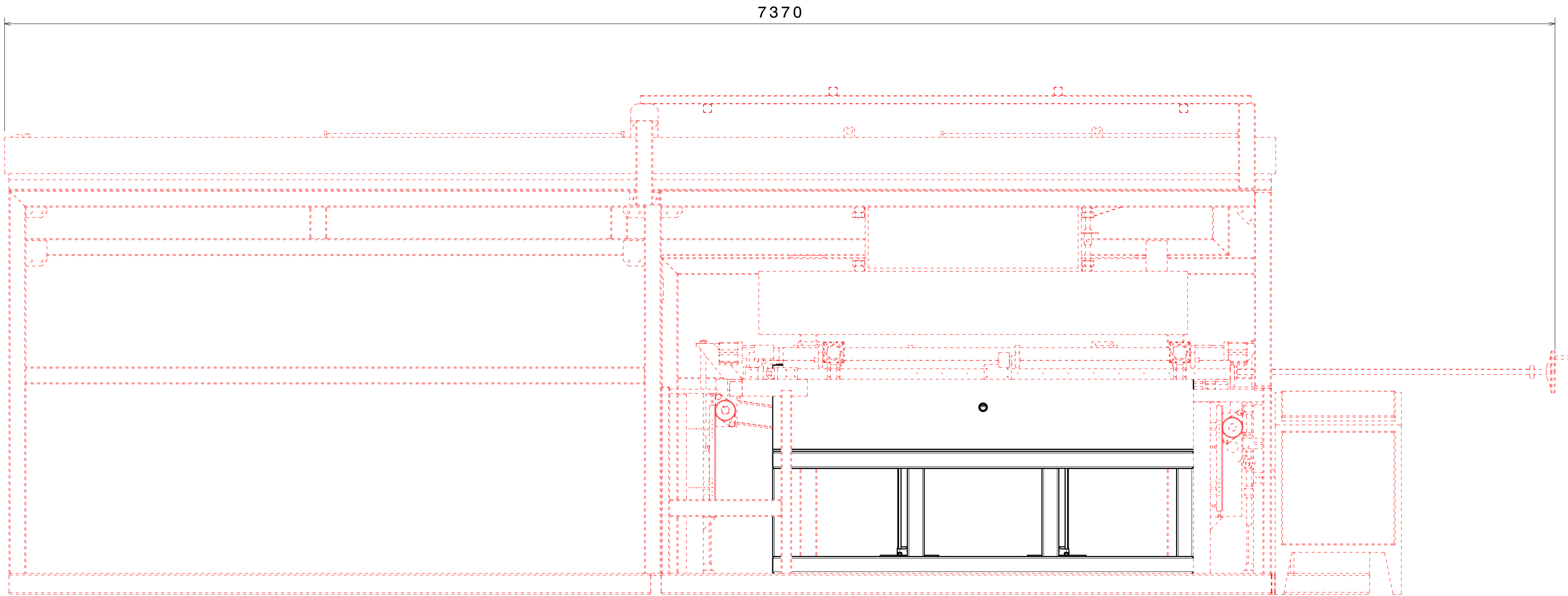
Tolerancije slobodnih mera / Dimensional tolerance:				Površinska hrapavost/ Surface roughness:				Površinska zaštita/Surf. protection:			
JUS ISO 2768/m											
Materijal/Material: Č0361				Dimenzija/Dimension: 60x60x850mm				Termična obrada/Heat treatment:			
								Masa/Mass[kg]: 5,8		Razmera/Scale: 1:1	
						Datum: Date: 24.09.2013		Naziv / Denomination: Kvadratna cev 60x60(4) L=850			
						Projektoval: Design by: Ivan Glavohjić					
						Razradio: Elaborated by:					
						Standardizovao: Stand. by:					
						Odobrio: Approved:					
						Fakultet inženjerskih nauka		Reg. br./ Reg. No: TVM-02.04.03		List/Page: 20	
										Listova/Pgs:	
St/ No:	Izmene / Change:	Datum/Date:	Ime/ Name:					Izv. pod.: Original:		Zamena za: Substitute for:	

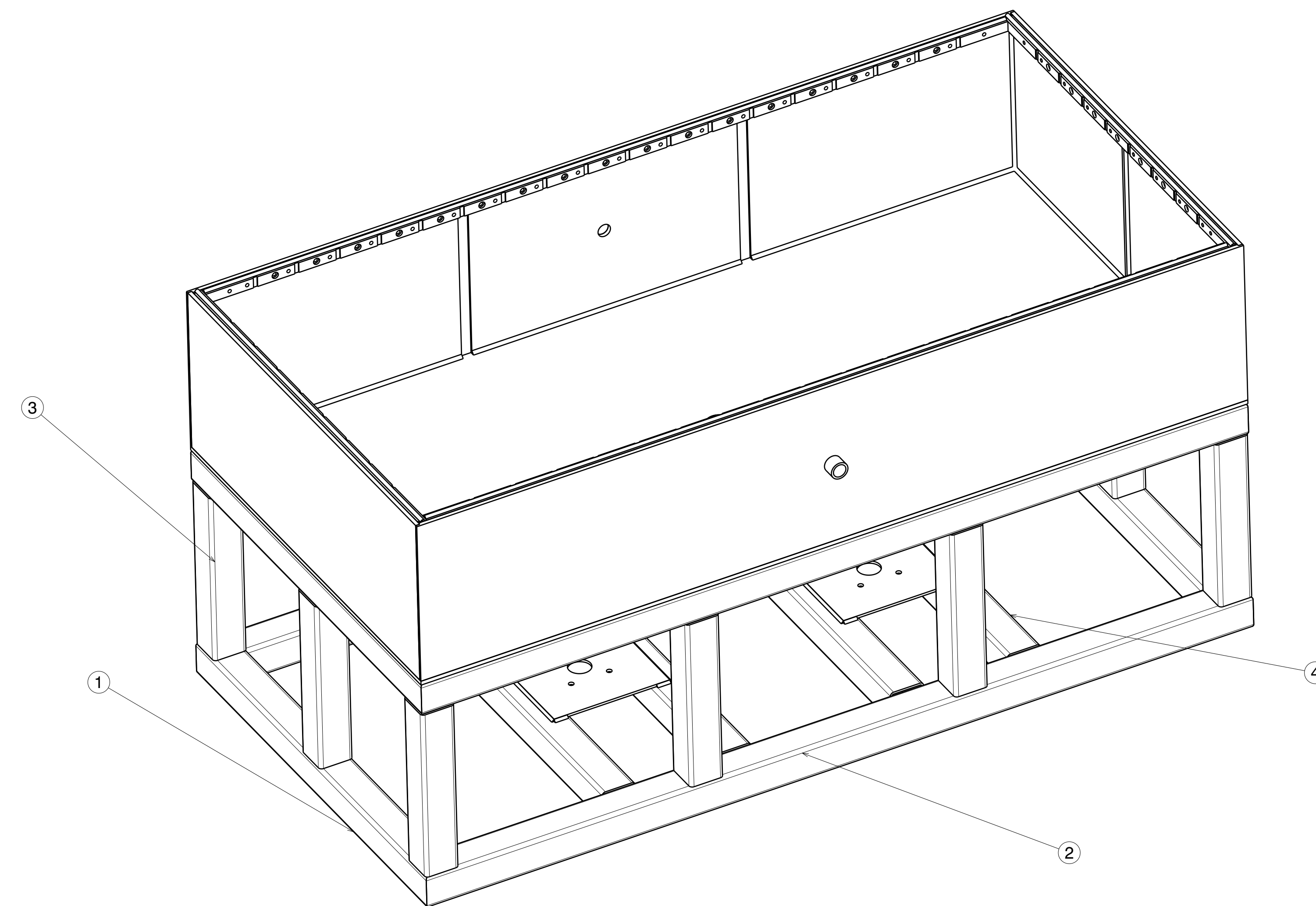
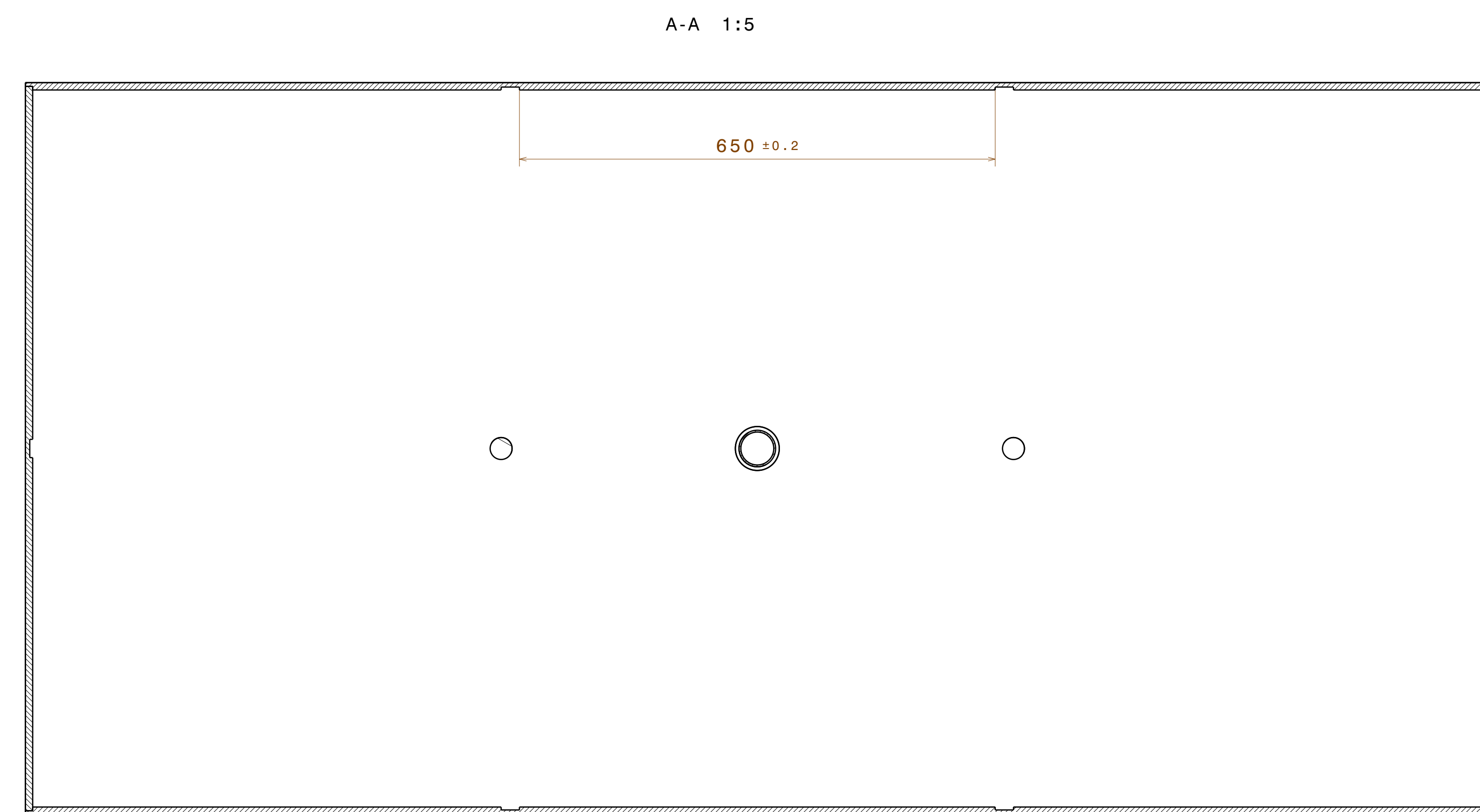
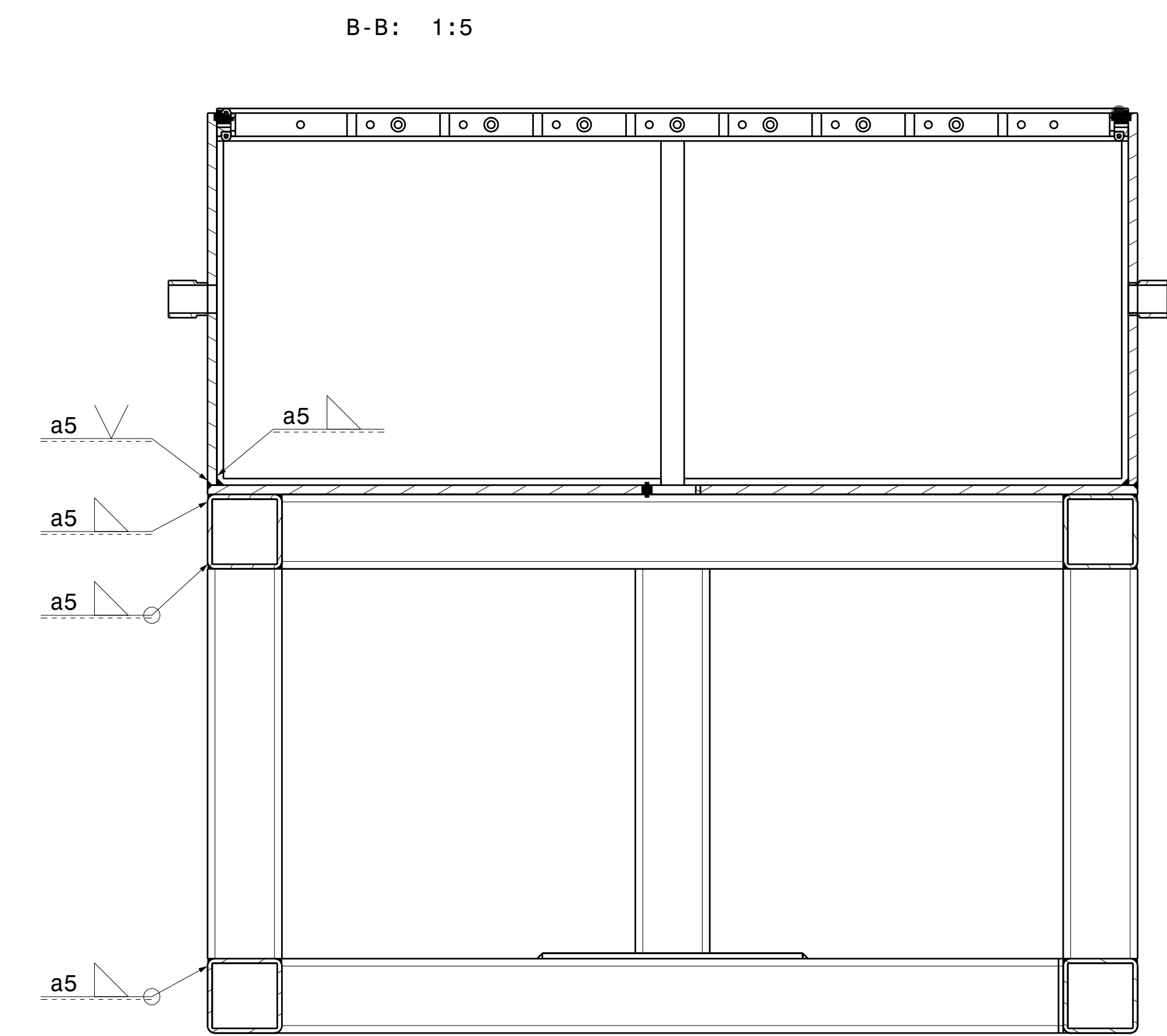


Tolerancije slobodnih mera / Dimensional tolerances:				Površinska hrapavost/ Surface roughness:				Površinska zaštita/Surf. protection:			
JUS ISO 2768/m				N6							
Materijal/Material:				Dimenzija/Dimension:				Termička obrada/Heat treatment:			
Č0361				6x200x200mm							
								Masa/Mass[kg]:		Razmera/Scale:	
								2		1:2	
				Datum: Date:		24.09.2013		Naziv / Denomination: Ploča za vezu postolja i cilindra			
				Projektovao: Design by:		Ivan Glavorjić					
				Razradio: Elaborated by:							
				Standardizovao: Stand. by:							
				Odobrio: Approved:							
				Fakultet inženjerskih nauka				Reg. br./ Reg. No:		List/Page:	
						TVM-02.04.06		21			
								Listova/Pgs:			
St./ No:		Izmjena / Change:		Datum/Date:		Ime/ Name:		Izv. pod.: Original:		Zamena za: Substitute for:	



5	1	Alat	TVM.02.05	Aluminijum					
4	1	Pokretno postolje	TVM.02.04	20361				245	
3	2	Manja lajsna	TVM.02.03	20361				216,6	
2	2	Veća lajsna	TVM.02.02	20361				2,6	
1	1	Nosac ram sa okvirom	TVM.02.01	20361				5,1,8	
Pril. 101		Naziv/denominacion		Br. crteza	Materijal	Standard	Masa		
Pril. 102		Kun. drvo		1230			1:5		



[illegible]

