

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизације

Предмет: Примена рачунара у развоју производа

Број индекса: 303/2015

Никола Д. Дамњановић

Конструкција и анализа „рам“ пумпе у CAD софтверу

мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. проф. др Ненад Марјановић - ментор

2. _____

Датум одбране: _____

3. _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да:

- прикаже постојеће решење рам пумпе,
- постави листу захтева и технички задатак,
- прикаже конструкцију прототипа рам пумпе,
- изради прототип рам пумпе,
- конструише иновативно решење рам пумпе,
- направи техничку документацију за конструисани прелиминарни пројекат и за конструкцију иновативног решења.

Крагујевац, 2017.

Ментор:

Др Ненад Марјановић, редован професор

Никола Дамњановић

Садржај

1. Историјски развој хидрауличне рам пумпе	9
2. Анализа садашњег решења рам пумпе.....	12
2.1. Основни елементи система рам пуме	12
2.2. Основни елементи и начин рада рам пумпе.....	13
2.3. Предности рам пумпе	17
3. Технички задатак и листа захтева прототипа рам пумпе	18
3.1. Технички задатак	18
3.2. Листа захтева.....	18
4. Прототип рам пумпе	21
4.1. Конструкција прототипа рам пумпе	22
4.1.1. Полуспојка	26
4.1.2. Спојка 3/4"	27
4.1.3. Црево	27
4.1.4. Т наставак.....	28
4.1.5. Полуспојка 90°- 3/4".....	28
4.1.6. Ударни вентил 3/4".....	29
4.1.7. Нипли.....	31
4.1.8. Неповратни вентил 3/4"	31
4.1.9. Редуцир.....	32
4.1.10. Цев 2"	33
4.1.11. Полуспојка са затвореним врхом 2"	33
4.1.12. Вентил 1/2"	34
4.1.13. Одушак за црево 1/2".....	36
4.2. Израда прототипа рам пумпе.....	36
4.3. Прорачун прототипа рам пумпе.....	39
5. Иновативно решење рам пумпе	42
5.1. План активности	42
5.2. Технички задатак	44
5.3. Листа захтева.....	45
6. Конструкција иновативног решења рам пумпе.....	47
6.1. Теоријски прорачун рам пумпе	49

6.1.1.	О механици флуида.....	49
6.1.2.	Моделу флуида.....	50
6.1.3.	Струјни режим.....	50
6.1.4.	Мерење теоријског протока воде.....	51
7.	Конципирање конструкције.....	54
7.1.	Општа функција рам пумпе.....	54
7.2.	Концепција рам пумпе.....	55
8.	Формирање конструкције рам пумпе.....	56
8.1.	Начин израде рам пумпе.....	56
8.1.1.	Поступци обраде једносечним алатима.....	57
8.1.2.	Поступци обраде вишесечним алатима.....	57
8.1.3.	Поступак обраде спајање-заваривање.....	59
9.	Иновативно решење представљено кроз његово моделирање.....	60
9.1.	Саставни делови рам пумпе.....	60
9.1.1.	Носећа конструкција.....	60
9.1.2.	Доводна цев.....	61
9.1.3.	Прекидни вентил.....	62
9.1.4.	Неповратни вентил.....	66
9.1.5.	Експанзиони суд.....	67
9.1.6.	Бетонска основа рам пумпе.....	70
10.	Детаљно конструисање рам пумпе.....	72
10.1.	Анализа рам пумпе.....	72
10.2.	Техничка документација.....	72
10.3.	Економски аспекти рам пумпе.....	73
10.4.	Радни век, одржавање и сервисирање рам пумпе.....	74
11.	Закључак.....	75
12.	Прилог 1.....	77
13.	Прилог 2.....	78
	Литература.....	79

Summary

The point of this paper is to show how to do the construction and prototype of pump frame and to demonstrate the possibilities of how to improve water efficiency, as well as reducing energy consumption, primarily by improving energy efficiency. The paper shows the innovative solution of the pump frame, which uses only the energy of water for its work. The pump can be used to increase energy efficiency in water pumping, it is extremely economical and is very suitable for the use in agricultural production, cattle breeding, as well as for providing technical or technological water for various purposes. A prototype frame of the pump is shown, which is designed exclusively for devising of an innovative solution.

Keywords: pump, energy efficiency, hydraulic shock, non-return valve, break valve.

Резиме

Суштина овог рада је израда конструкције и прототипа рам пумпе, као и приказивања могућности како може да се побољша ефикасност воде, при чему се смањује потрошња енергије, пре свега побољшањем енергетске ефикасности. У раду је приказано иновативно решење рам пумпе, која за свој рад користи само енергију воде. Пумпа има за циљ повећање енергетске ефикасности код препумпавања воде, изузетно је економична и веома је погодна за примену у пољопривредној производњи, сточарству као и за обезбеђивање техничке или технолошке воде за различите потребе. Приказан је прототип рам пумпе који је израђен искључиво за потребе осмишљавања иновативног решења.

Кључне речи: пумпа, енергетска ефикасност, хидраулички удар, неповратни вентил, прекидни вентил.

Увод

Циљ мастер рада је израда конструкције и прототипа рам пумпе, као и конструисање иновативног решења рам пумпе. Да би се то одрадило потребно је проћи кроз одређене фазе, почев од идејног решења, затим конципирања, пројектовоња, израде модела, техничке документације, итд. Конструкција рам пумпе је одрађена у сарадњи са ментором. За израду модела и техничке документације коришћен је програмски пакет *Autodesk Inventor Professional 2016*.

Као конструкција прототипа рам пумпе усвојена је пумпа од стандардних делова, који се израђују од пластике. Таква конструкција рам пумпе је усвојена због своје једноставности, мале цене, доступности делова. Након израде прототипа рам пумпе и сагледања најбољег решења, приступило се конструисању иновативног решења рам пумпе.

Нагла индустријализација, огроман прираштај становништва и брза урбанизација, нарочито у последњих неколико деценија, суочавају човечанство са огромним проблемима по питању: воде, хране, енергије и животне средине. Посебно се истиче проблем воде, јер је имплицитно присутан у остала три проблема. Потребна за храном и енергијом су сваког дана све веће, што условљава и додатне количине воде неопходне за њихову производњу. Тако се пробуђује криза воде, која је увелико присутна, а која ће према бројним предвиђањима, средином овог века, прерасти у светску кризу глобалних размера [1].

Глад је глобални проблем планете, иако производња хране из године у годину расте. Глад је узрок и последица сиромаштва. Смањење сиромаштва значи интензивнији развој, али ће он неминовно утицати на повећање потрошње енергије. Међутим у погледу количине енергије и сировина на Земљи стање је веома забрињавајуће. Садашње процене јасно показују да извори енергије и сировина нису исцрпљени и да се располагање природним ресурсима у будућности мора заснивати на великој рационалности [1].

У целом свету се предузимају бројне активности за превазилажење нараслих проблема. За стручњаке је кључно решење у томе да се, с једне стране, унапреди пољопривредна производња и производња хране, али и да се побољша контрола и ефикасност употребе воде и да се повећа рециклирање воде, а са друге стране да се интензивнијим развојем смањи сиромаштво, при чему је један од најважнијих задатака да се одвоји развој од повећања потрошње енергије, пре свега побољшањем енергетске ефикасности. Да би се обезбедио одрживи развој, свет се мора окренути ка кохерентном и целовитом управљању водом, храном и енергијом [2].

У овом раду је приказано иновативно решење пумпе за подизање воде енергијом хидрауличног удара. Пумпа има за циљ повећање енергетске ефикасности у пумпању воде за разне потребе, јер не користи никакву споља унету енергију било да је то електрична енергија или енергија из мотора са унутрашњим сагоревањем.

Пумпа за подизање воде енергијом хидрауличног удара или, како се често назива, хидрауличка рам пумпа (hydraulic ram или hydram pump), је циклична пумпа, која за свој рад користи само енергију воде, односно ефекат појаве хидрауличног удара.

Хидрауличка рам пумпа помоћу енергије воде која дотиче у пумпу, подиже део те воде на много већој висини од висине на којој се налази доток воде у пумпи.

Пумпа је веома погодна за примену у пољопривредној производњи, сточарству, на рибањацима, за обезбеђивање техничке или технолошке воде за различите потребе.

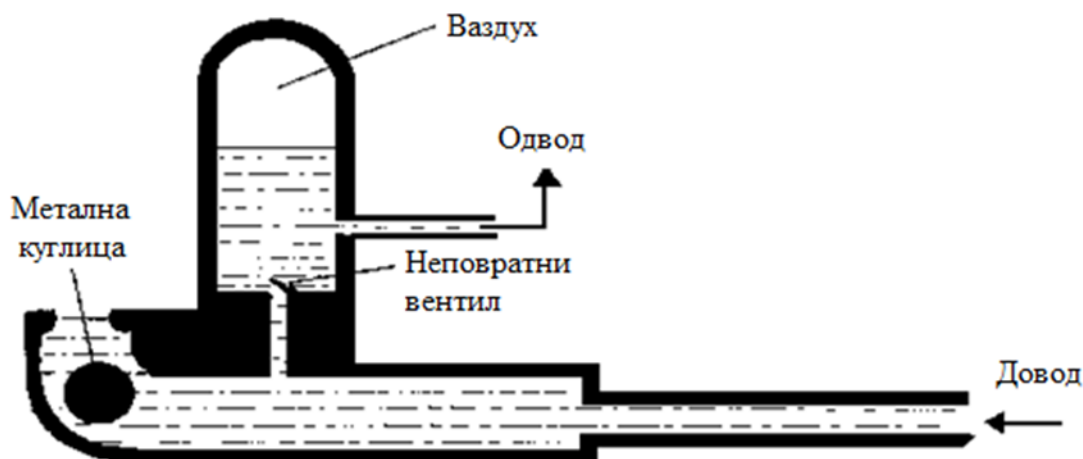
Један од основних захтева за конструкцију пумпе је да се користе материјали који се могу наћи на нашем тржишту и да се конструкција делова и подсклопова усклади са условима машинске обраде која ће се примењивати при израда пумпе.

1. Историјски развој хидрауличне рам пумпе

Почетак коришћења хидрауличких рам пумпи сматра се крајем 18 века у Великој Британији и Ирској. Када је дошло до настанка првог примера ручно контролисане пумпе, тзв. пулсирајућа пумпа. Први патент смислио је Englishman John Whitehurst и то 1775 године. Његов дизајн није био аутоматски, рад пумпе се контролисао отварањем и затварањем вентила. Где је још увек било пуно посла и трајао је дуготрајан процес при добављању воде са извора до крајњег места, али у другом погледу знатно лакши него да се преноси вода ручно. Прва аутоматска рам пумпа инсталирана је у Великој Британији крајем 18 века. Први патент аутоматске рам пумпе пријавили су Joseph и Etienne Montgolfier 1797 године. Дизајн хидрауличке рам пумпе је од почетка био оригиналан и био у функцији по првом патенту, само се проблем стварао у губитку ваздуха у комори под притиском, која служи да помоћу тог ваздуха под притиском избацује воду на већој висини. Тај губитак ваздуха изазивао је лупање у механизму, али патент се није мењао дуги низ година. Побољшану верзију рам пумпе за коју је издат патент 1816. године у Великој Британији, дизајнирао је његов син Pierce Montgolfier и решио је проблем који се стварао у комори за ваздух. Рам пумпа почиње широко да се користи за потребе водоснабдевања великих сеоских кућа, фарми и сеоских заједница. Велика Британија каснијих година оснива фирме Green и Carter за производњу рам пумпи и оснивају своје патенте пумпе који су у принципу слични патентима John Whitehurst и Joseph Montgolfier. Од тада па до данас се није много шта променило у самом принципу рада рам пумпе. Неке од инсталација ових пумпи су преживеле све до 2004. године. Први USA патент за хидруличку рам пумпу издат је 1806. године, али је интересовање за ове пумпе у USA нагло порасло после 1840. године када је почела њихова комерционална производња. Крајем 19 века, када су електрична енергија и пумпе на електричну енергију постале широко доступне, интересовање за коришћење рам пумпе је нагло опало [2].

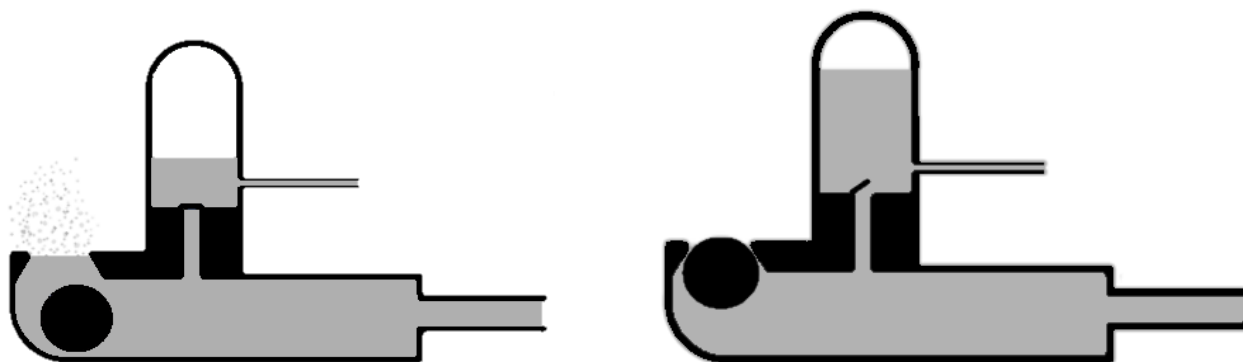
Оригинална конструкција Британске рам пумпе је приказан на слици 1 где се види пресек пумпе, која се састоји из: доводне цеви, пријемне цеви, куглице, вентила, цилиндра и одводне цеви. Принцип рада овог патента је следећи: да вода отиче из мање доводне цеви у већу пријемну цев, где се због велике количине воде ствара притисак и вода потискује неповратни вентил, при чему се вода улива у цилиндар. Када се створи довољан притисак ваздуха у цилиндру, вода потискује неповратни вентил и затвара га. Пошто је неповратни вентил затворен, вода из цилиндра излази на одводну цев. Куглица регулише отварање и затварање неповратног вентила у цилиндру и притисак који се ствара у цилиндру [2].

Куглица ће се увек налазити на левој страни пумпе у пријемној цеви, јер јој вентил и константан доток воде са извора не дозвољава да пређе на десну страну цеви. Цео овај циклус се дешава у тренутку и тако се постиже ефикасност рада пумпе. Вода се испоручује и избацује на жељену висину у малим импулсима преко одводне цеви. Овакав патент рам пумпе је направљен од метала и није се могао демонтирати, био је веома велике тежине и великих габаритних димензија.



Слика 1. Први патент рам пумпе [1]

Тадашњи рад пумпе је био идентичан као данашњи, једина разлика је у прекидном вентилу. Данашње пумпе имају прекидни вентил, а тада се уместо вентила користила метална куглица. На слици 2 а) приказан је циклус рада тадашње пумпе, када вода улази у експанзион суд и метална куглица је у затвореном положају. Док на слици 2 б) је приказано када је неповратни вентил затворен а куглица у доњем положају. Овде се може видети да из цилиндра преко одводне цеви се потискује вода и то се дешава све док вода у доводној цеви не достигне притисак који ће бити довољан да се савлада сила неповратног вентила. Након тога циклус се понавља испочетка и омогућава адекватан рад пумпе.



Слика 2. Рад пумпе када је: а) куглица у горњем положају, б) куглица у доњем положају [1]

Иновативно решење рам пумпе које је заменило претходо решење, такође се заснивало на истом радном принципу, главна разлика је у облику пумпе, масе и димензија. Ново решење рам пумпе је такође било метално само што се могло монтирати и демонтирати у било ком тренутку, што је олакшало процес постављања и премештања пумпе са једне на другу позицију. Такве рам пумпе су приказане на слици 3, где се може видети да састоје се од доводне цеви, цилиндра, вентила и одводне цеви.



Слика 3. *Изглед рам пумпи у 19 веку [1]*

2. Анализа садашњег решења рам пумпе

Рам пумпа представља цикличну пумпу, која за свој рад користи само енергију воде, односно ефекат појаве хидрауличког удара. Пумпа од самог настанка па до данас се ништа знатно није променила, главне промене се десиле само при конструисању и изради ударног вентила. На почетку самог настанка пумпе, ударни вентил чинила је само једна куглица, а данас се састоји од низа делова који чине склоп ударног вентила.

Садашње решење рам пумпе за подизање воде енергијом хидрауличког удара или како се често назива, хидраулична рам пумпа је приказана на слици 5 и може се описати на два начина. Први начин је помоћу основних елемената система пумпе, где се описују сви елементи који су неопходни за рад целокупног система пумпе. Други начин описује рад пумпе и елементе од којих се састоји сама пумпа.

2.1. Основни елементи система рам пуме

Хидраулична рам пумпа ради на основним принципима физике, тачније на принципу кинетичке енергије. Под кинетичком енергијом подразумева се енергија коју тело поседује услед свог кретања, што доводи до закључка да вода поседује кинетичку енергију [3]. Користећи ове једноставне законе физике, може се закључити да је за рад хидрауличне пумпе потребан:

- извор воде, одакле ће се напајати систем,
- резервоар за прикупљање довољне количине воде,
- цевовод за довод воде из резервоара до пумпе,
- пумпа и
- цевовод за одвод воде из пумпе до жељеног места.

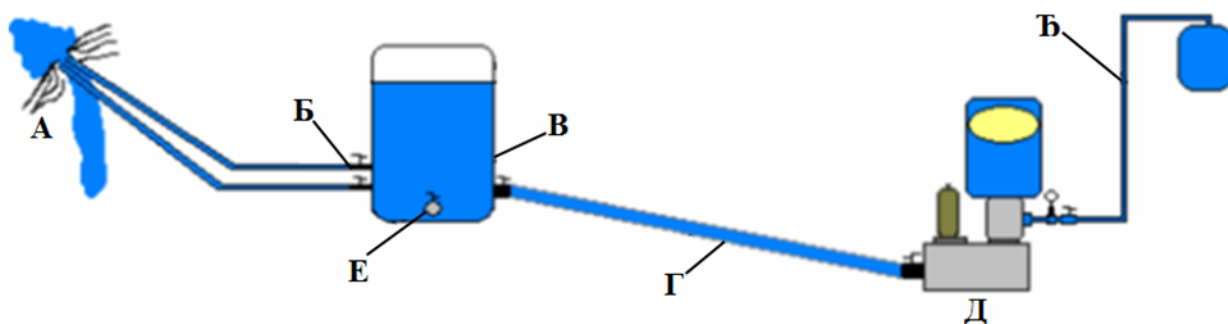
Основни елементи система хидрауличке рам пумпе су шематски приказани на слици 4 и састоји се од [3]:

- извор А,
- доводног цевовода Б,
- резервоара В,
- вентила на резервоару Е,
- погонског цевовода Г,
- рам пумпе Д и
- одводног цевовода Ђ.

Када се пронађе извор воде (слика 4, А) одакле ће се снабдевати систем водом преко доводног цевовода (слика 4, Б), мора да се на одређеној висинској разлици поставити резервоар (слика 4, В), где ће се прикупљати вода и испоручивати у константној количини до рам пумпе кроз погонски цевовод (слика 4, Г).

Резервоар је пожељно користити из два разлога. Први разлог је што се на тај начин може обезбедити довод воде са неколико извора, као што је приказано на слици 4.

Други разлог је што ће се у резервоару прикупљати сав песак и земљани муљ који долази са извора и на тај начин обезбедиће се одржавање пумпе у погледу повећања животног века пумпе и времена између периодичног сервисирања пумпе. На дну резервоара са спољашње стране се налази отвор, преко којег се резервоар чисти од песка и муља, који се ту наталожи након неког временског периода. Систем се састоји још од погонског ценовода (слика 4, Г), који има задатак да обезбеди воду од резервоара до пумпе. Помоћу погонске цеви се подешава висинска разлика резервоара и пумпе и дужина растојања између резервара и пумпе. Погонска цев је у овом систему веома важан елемент, јер ће од ње зависити ефикасност система. Крутост погонске цеви и материјал од којег је израђена цев ће одређивати притисак који ће систем моћи да постигне. Главни део система чини рам пумпа (слика 4, Д) која има задатак да помоћу хидрауличног удара избаци воду на знатно већој висини од нивоа на коме се налази резервоар са водом. Пумпа се састоји од: тела пумпе, ударног вентила, цилиндра и неповратног вентила. Одводна цев представља завршни део система рам пумпе и служи да допреми воду до жељеног места од пумпе, углавном је од пластике али може бити и од метала, или неких других материјала [3].



Слика 4. Основни елементи система рам пумпе [3]

2.2. Основни елементи и начин рада рам пумпе

Склоп рам пумпе се састоји из великог броја подсклопова, а неких од њих су:

- доводна цев,
- прекидни (ударни) вентил,
- неповратни вентил,
- експанзиони суд и
- одводна цев.

Основни елементи хидрауличне рам пумпе шематски су приказани на слици 5. Начин функционисања рам пумпе је следећи: на почетку рада пумпе, прекидни вентил (3) је отворен, а неповратни вентил (4) затворен [4].

Вода из извора почиње да тече под дејством силе гравитације кроз доводну - погонску цев (1) и прекидни вентил, који је отворен. Приликом повећања протицања воде кроз доводну цев притисак испод прекидног вентила расте и доводи до затварања вентила.

Услед наглог затварања прекидног вентила у доводној – погонској цеви (1) се јавља хидраулични удар који повећава притисак у телу пумпе и отвара неповратни вентил при чему гура воду у експанзиони суд (5), након чега се сабија ваздух у суду. Ваздух се сабија у суду све док притисак у суду не постане већи од притиска у доводном цевоводу. Притисак ваздуха у суду потискује воду из експанзионог суда у одводну – потисну цев (2) затварајући неповратни вентил, услед чега се сав проток воде преусмерава кроз одводну – потисну цев, тај процес се дешава све док се притисак ваздуха у експанзионом суду не изједначи са притиском воде у доводном цевоводу.

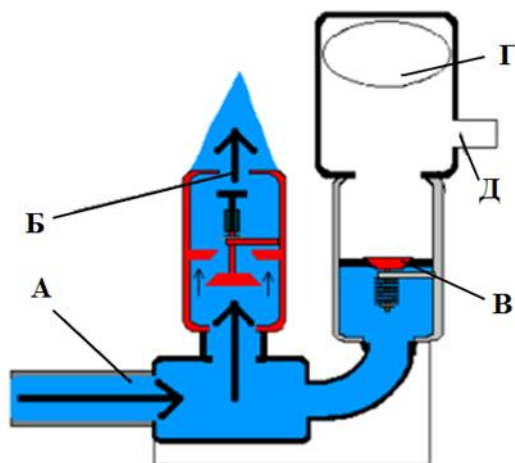
Експанзиони суд (5) садржи ваздух под притиском, који побољшава ефикасност пумпања обезбеђујући константан проток кроз доводну цев и ублажава вибрације пумпе при хидрауличком удару, када је прекидни вентил затворен. Затварањем неповратног вентила ствара се благи вакум који омогућава прекидном вентилу да се поновно отвори и да циклус почне поново.

Теоријски, пумпа може да ради без експанзионог суда, али јој ефикасност драстично опада, а пумпа ће бити изложена повећаним вибрацијама који би могли знатно да јој скрате радни век. Када се пумпа пусти у рад, ради све док кроз њу протиче вода и док је човек не заустави.



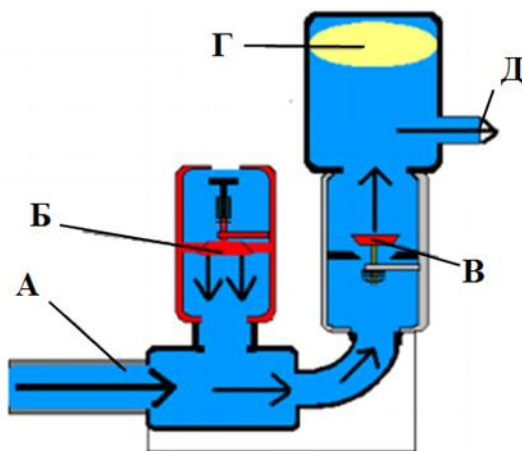
Слика 5. Основни елементи рам пумпе [4]

Рад пумпе се може преставити у 4 циклуса. Први циклус је приказан на слици 6, где вода са извора тече кроз погонску цев (А) у тело рам пумпе, испуњава тело пумпе и почиње да излази кроз прекидни вентил (Б), у том тренутку притисак у експанзионом суду не постоји, такође и вода долази само до неповратног вентила [5].



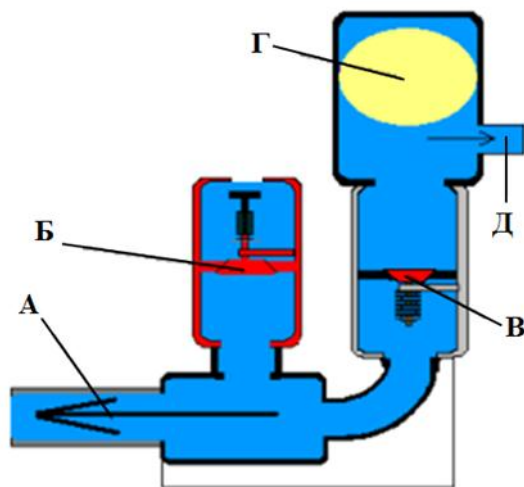
Слика 6. Први циклус рада рам пумпе [5]

Други циклус описује потискивање воде у експанзиони суд (слика 7). Вода долази до прекидног вентила преко погонске цеви, од сталног дотицања воде на вентил делује већи притисак од оног који он може издржати и долази до изненадног затварања вентила. Тада се ствара тренутни изненадни притисак и долази до савлађивања силе у опрузи неповратног вентила и он се отвара. Када се неповратни вентил отвори, вода пуни експанзиони суд и ствара висок притисак у њему а запремина ваздуха која се налазила унутар суда постаје све мања, што узрокује нагли дотицај велике количине воде.



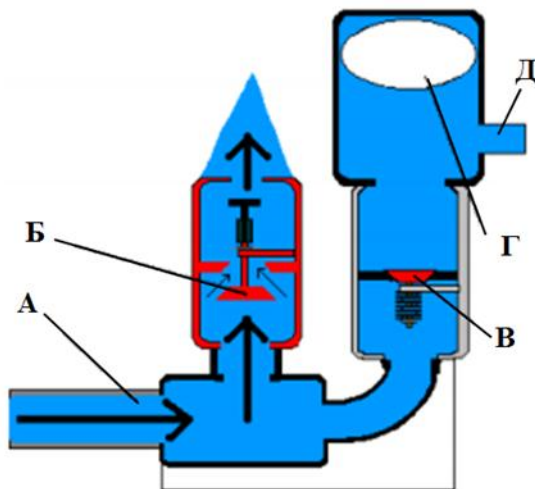
Слика 7. Други циклус рада рам пумпе [5]

Трећи циклус се заснива на потискивању воде из експанзионог суда (слика 8). Вода престаје да дотиче у експанзиони суд и неповратни вентил је затворен. Неповратни вентил спречава да се вода из експанзионог суда поново врати у тело пумпе. Притисак у експанзиони суд постаје толико јак да почиње вода да истиче из суда у одводну цев. Запремина ваздуха у суду нагло се шири и потискује воду на потисном цевоводу, потискивање воде се врши све док не постане толико мали притисак у експанзионом суду да га може савлати притисак који се налази у телу пумпе.



Слика 8. Трећи циклус рада рам пумпе [5]

Четврти циклус је ударни циклус (слика 9). Неповратни вентил је и даље затворен, али преливни вентил је отворен и кроз њега истиче вишак воде која се налази у телу пумпе. Након чега се у неком временском периоду притисак у експанзионом суду и телу пумпе изједначује, што значи да ће неповратни вентил у неком тренутку почети да се отвара, а прекидни вентил ће се нагло затворити, што ће проузроковати да процес рада пумпе почне из почетка.



Слика 9. Четврти циклус рада рам пумпе [5]

Укупан циклус система рада рам пумпе зависи од дужине погонске цеви, материјала цеви, храпавости унутрашње површине цеви, сва четири циклуса би се требала остварити од 1,5 до 2 s, да би се пумпа сматрала ефикасном. Ако би укупан циклус система био краћи или дужи пумпа се не би сматрала ефикасном јер би се увек нека количина воде задржала у експанзионом суду.

2.3. Предности рам пумпе

Хидрауличка рам пумпа је поуздана, лака за одржавање и изузетно економична, практично без икаквих експлоатационих трошкова. Пумпа има само два покретна дела, прекидни вентил и неповратни вентил, што је чини једноставном, релативно јефтином за израду, лаком за одржавање и веома поузданом.

Пумпа не захтева посебан надзор у току рада, само је на улазном делу доводне цеви потребно поставити заштиту од уласка крупнијих тела како се доводна цев не би запушила и прекинула рад пумпе.

Коришћење пумпе је временски неограничено, без трошкова сервисирања и одржавања. Обзиром да пумпа нема мотор, нити захтева било какво гориво, струју или неки други спољни енергетски извор, ради се о еколошки чистој технологији.

Кључне предности коришћења рам пумпе могу се сумирати у неколико тачака [3]:

- не користи бензин, дизел или електричну енергију,
- једноставна конструкција и лако инсталирање,
- аутоматски, непрекидан рад не захтева надзор или људско присуство,
- може да ради 24 сата дневно и
- одржавање је практично бесплатно.

3. Технички задатак и листа захтева прототипа рам пумпе

3.1. Технички задатак

Технички задатак представља улаз у процес конструисања и настаје услед техничких потреба и планирања производа са циљем да се постојеће техничко стање промени и обогати у корист човека [6].

Технички задатак се формира на основу захтева, услова, ограничења и жеља које се постављају пред будућу конструкцију. Често је технички задатак дефинисан од стране купца, али је неопходно да конструктор разради задатак и да га усагласи са наручиоцем и извођачима.

Суштина постављеног техничког задатка треба да буде идентификована правилном формулацијом проблема. Разрада техничког задатка може да обезбеди проширивање па чак и измене оригиналног проблема која треба да води ка што лакшим решењима.

Назив конструкције је прототип рам пумпе. Основни задатак конструкције је да се пумпа израђује од стандардних делова и да избацује воду на што већој висини, а да се при томе користи само енергија воде. Захтевана висина на којој се треба избацити вода је 5m од места постављања пумпе. При раду пумпе морају се задовољити основни услови безбедности, како не би дошло до повређивања људи и животиња који се могу наћи у близини, јер се пумпа поставља на изворима и рекама.

3.2. Листа захтева

Листа захтева се своди на захтеве поручиоца који нису исказани језиком конструктора, нити преудицирају одређена конструкциона решења.

Захтеви се деле на [6]:

- Чврсте захтеве који морају бити у потпуности испуњени, па се њихово испуњење не квантификује при вредновању појединих решења.
- Жеље представљају захтеве које треба испунити у што је могуће већој мери. Оне се могу користити, у каснијем вредновању конкретних решења, као упоредне оцене појединих варијанти. При томе је погодно да се жеље класификују по важностима.

Без обзира на врсту захтева (чврсти захтеви или жеље) они се могу изразити:

- Квантитативно где су сви подаци нумерички (бројевима), као на пример: димензије, број појединих елемената, максимална маса, пренета снага или
- Квалитативно где су подаци о захтевима изражени описно, као на пример: погодност руковања, опасност од корозије, естетски изглед.

Захтеви могу бити врло разноврсни у зависности од конкретног проблема који се решава. Они се, пре свега, односе на остваривање техничке функције уз одређене техничке и економске услове, ограничења и могу се поделити на:

- Функцију која се у листи захтева дефинише описно уз неопходне скице, димензије, материјал који треба предвидети, енергију коју треба користити. Нумерички и описни подаци важни за одвијање функције треба да буду јасно и прецизно унети у листу захтева.
- Радна својства се односе на квалитет извршења функције, погодности одржавања, поузданости и сигурности у раду, радни век.
- Ергономска својства проистичу из односа човек (руковаоц)-машина и у првом реду се односи на безбедно и лако руковање или на аутоматизацију управљања.
- Услове испоруке који обухватају захтеве у погледу трошкова, цена и друге сродне услове.
- Економске услове који обухватају захтеве у погледу трошкова, цена и других захтева економске природе.

Поред ових, у неким случајевима се могу дефинисати и друге групе захтева, као што су: спољни изглед, склапање и расклапање, транспорт и монтажа.

Листа захтева као и поставка техничког задатка представљају део конструкционе документације, па је погодно да њен облик буде усклађен са стандардима који се користити при изради рам пумпе. У листи захтева треба да буду јасно и прецизно унети и класификовани сви захтеви.

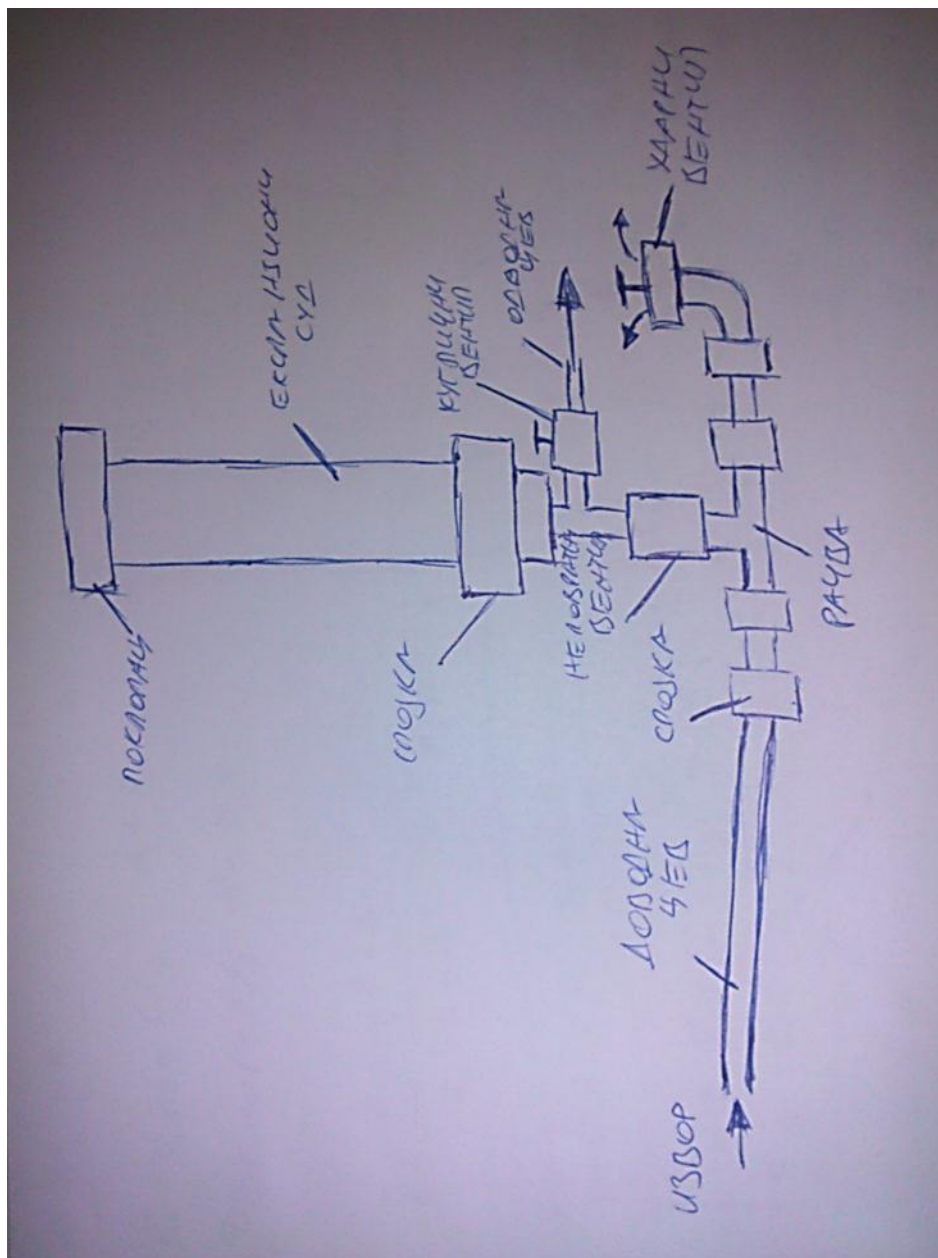
У табеле 1 дата је листа захтева, где се може видети да су формиран чврсти захтеви и жеље. Чврсти захтеви су они захтеви који се морају испунити и сходно томе они су у овом раду испуњени. Док су жеље они захтеви који не морају да се испуне, али оне су у случају овог рада испуњене одмах након испуњења чврстих захтева.

Табеле 1. Листа захтева

ЛИСТА ЗАХТЕВА			
Редни број	ПРОТОТИП РАМ ПУМПА	Чврсти захтев	Жеље
1.	Функција: • Избацивање воде на одређеној висини. • Могућност смањења и повећања протока воде. • Пумпа својим обликом и положајем саставних подсклопова треба да омогући лак прилаз деловима приликом постављања и пуштања у рад пумпе. • Облик пумпе треба да омогући њено лако премештање ако је то потребно.	+ + + +	
2.	Подаци битни за извршење функције: • Максимално оптерећење пумпе, проток воде кроз доводну цев не сме бити већи од 0,3 l/s. • Димензије пумпе 0,8x0,8x0,15 m. • Маса пумпе 7 kg. • Чишћење пумпе ручно. • Пумпа треба да омогући лаку монтажу и демонтажу. • Да се осигура неопходна безбедност пумпе.	+ + + +	+ +
3.	Радна својства: • Радни век уз правилно одржавање пумпе 2 година. • Велика поузданост. • Средње оптерећење пумпе.	+	+ +
4.	Ергономска својства: • Пумпа треба да буде безбедна за руковање. • Једноставно руковање.	+ +	
5.	Технолошка својства: • Пумпа се израђује од стандардних делова.	+	
6.	Испорука: • Рок завршетка конструкције 30.08.2017. године. • Рок испоруке израђене пумпе 30.09.2017. године.	+ +	
7.	Економски услови: • Стандардни делови конструкције. • Што једноставнија монтажа конструкције. • Што једноставније одржавање и сервисирање конструкције. • Трошкови израде пумпе не треба да превазиђу трошкове предвиђене буџетом. • Цена (конструкције + материјал + израда): 50 €.	+ + + + +	

4. Прототип рам пумпе

Након постављања листе захтева и техничког задатка, приступа се изради скице прототипа рам пумпе. На слици 10 је приказана скица прототипа рам пумпе. Скица је прошла кроз низ различитих идеја до свог коначног облика, највећа пажња при скицирању посвећења је стандардним деловима, како би се пумпа могла направити. При скицирању водило се рачуна и о деловима који ће се користити при изради прототипа рам пумпе, због своје цене јер основни задатак је да рам пумпа не пређе трошкове предвиђене буџетом за њену израду.



Слика 10. Скица прототипа рам пумпе

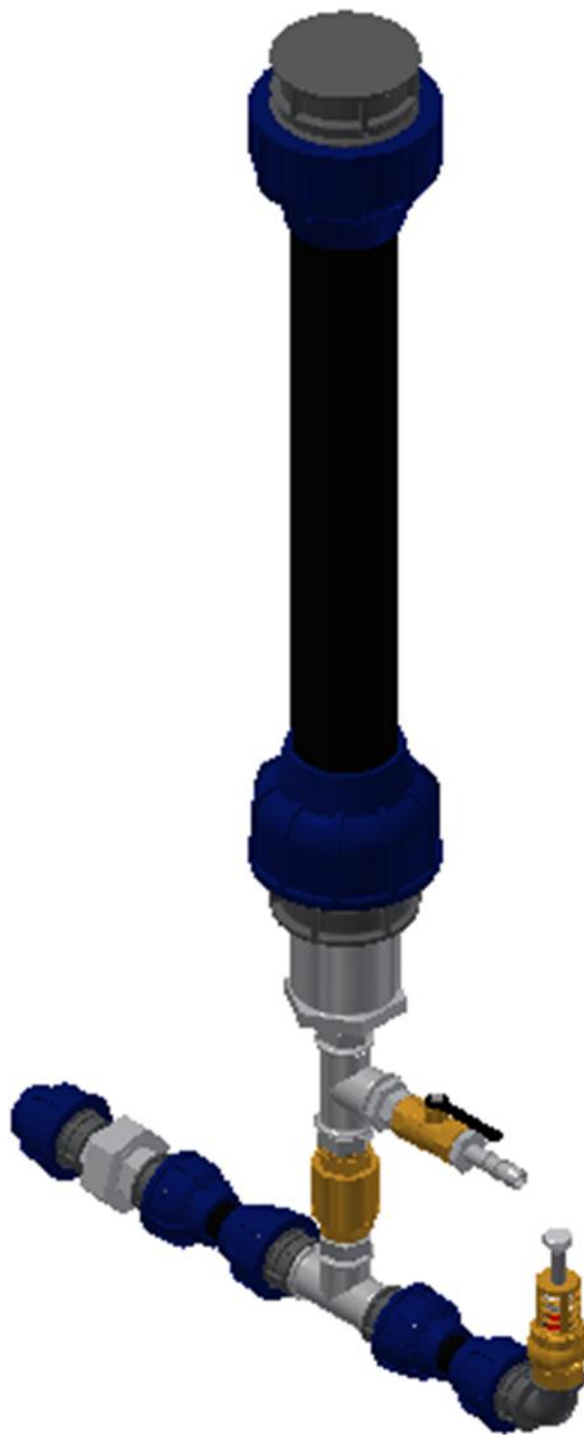
4.1. Конструкција прототипа рам пумпе

У наредном делу је приказана детаљна конструкција прототипа рам пумпе, позиционирање делова који су стандардних димензија, израђени ливењем.

Целокупна конструкција (израда 3D модела), као и израда техничке документације, рађена је у софтверском пакету *Autodesk Inventor Professional 2016*. При моделирању коришћен је модул *Assembly design, Part design*, а у оквиру њега радно окружење *Sketcher*.

Конструкција пумпе је таква да на почетку рада пумпе вода тече кроз њу пуним протоком, како би се добила довољно велика брзина воде, односно кинетичка енергија. Дакле, један део воде мора да се изгуби. Када вода достигне потребну брзину затвори се такозвани ударни вентил, кроз који је вода истицала. Треба напоменути да је вода имала одређену кинетичку енергију пре затварања овог вентила. Након затварања вентила притисак воде достиже веома велику вредност отвара се неповратни вентил према експанзионом суду, па један део воде одлази у експанзиони суд и сабија ваздух у њему. На тај начин се кинетичка енергија воде претвара у потенцијалну енергију компримованог ваздуха. Компримовани ваздух затим потискује ваздух из експанзионе посуде према потрошачу. Када притисак довољно ослаби, у експанзионој посуди отвори се неповратни вентил и циклус почиње из почетка, то јест почиње доток воде у експанзиони суд [7].

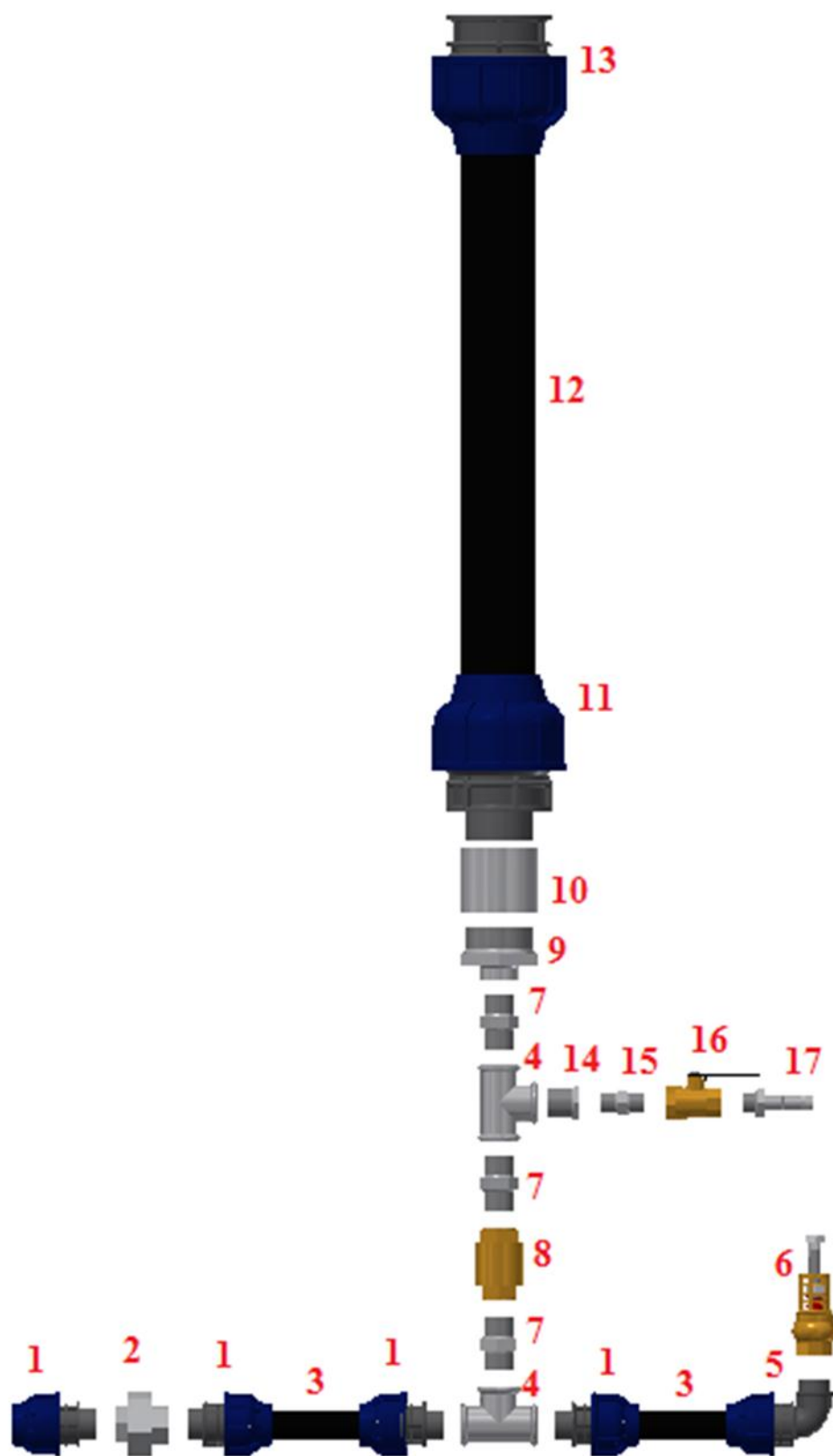
На слици 11 приказана је конструкција прототипа рам пумпе, на основу које је конструисано иновативно решење пумпе. Конструкција прототипа рам пумпе израђена је од стандардних делова, углавном од пластичних материјала због своје ниске цене на тржишту, сем вентила који морају бити издржљиви и не може се водити рачуна о уштеди при њиховом избору.



Слика 11. *Конструкција прототипа рам пумпе*

Конструкција прототипа рам пумпе се састоји из више делова и подсклопова. Сви делови и подсклопови прототипа су бројно приказани на слици 12. Бројевима од 1 до 17 приказани су следећи делови и подсклопови пумпе:

1. Полуспојка 3/4",
2. Спојка 3/4",
3. Црево 3/4",
4. Т-наставак 3/4",
5. Полуспојка 90° - 3/4",
6. Ударни вентил 3/4",
7. Нипли 3/4",
8. Неповратни вентил 3/4",
9. Редуцир 3/4"-2",
10. Цев 2",
11. Полуспојка 2",
12. Црево 2",
13. Полуспојка са затвореним горњим делом 2",
14. Редуцир 3/4"-1/2",
15. Нипли 1/2",
16. Вентил 1/2",
17. Одушак за црево 1/2".



Слика 12. Приказ саставних делова рам пумпе

4.1.1. Полуспојка

Као први подсклоп рам пумпе је полуспојка (слика 13), која служи за повезивање рам пумпе са цевоводом. Полуспојка обезбеђује чврсту везу рам пумпе и цевовода, она такође обезбеђује и херметичност при спајању делова пумпе. Полуспојка је пластична и израђује се ливењем. У рам пумпи постоје неколико полуспојки, али оне су по конструкцији у потпуности исте, једина разлика је у димензијама.



Слика 13. Полуспојка

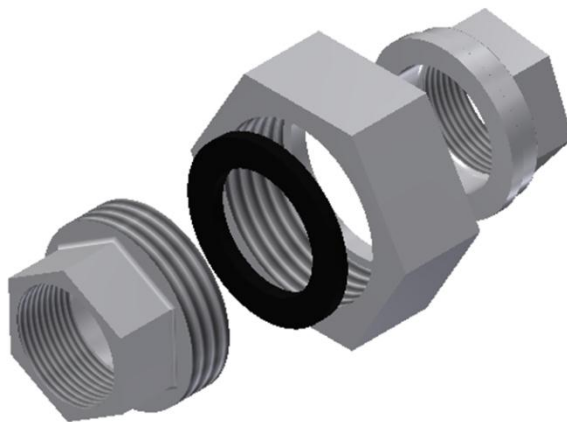
Полуспојка се састоји из горњег-доњег дела полуспојке, гумице, прстена и осигурача (слика 14). Горњи и доњи део имају задатак да спајају полуспојку, унутар њих се налазе сви остали елементи полуспојке. Прстен и гумица обезбеђују херметичност при спајању полуспојке и црева, док осигурач спречава извлачење црева из полуспојке.



Слика 14. Саставни делови полуспојке

4.1.2. Спојка 3/4"

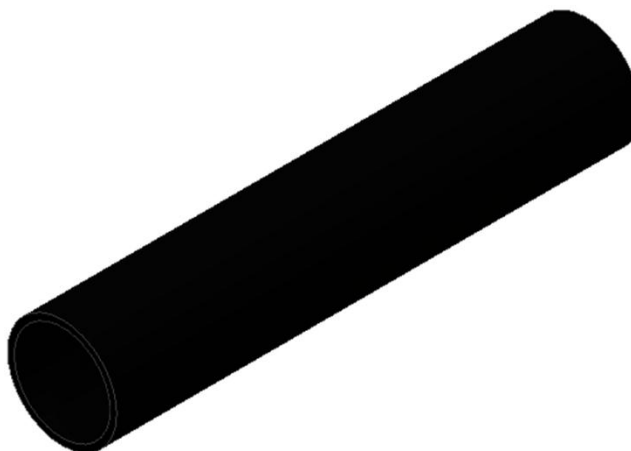
Основна функција спојке 3/4" је да адекватно и херметички повеже две полуспојке. Састоји се из средишњег, горњег и доњег дела, између којих се налази гумица која обезбеђује херметичност при спајању. Спојка се израђује поступком обраде метала резањем и она је од легуре гвожђа, преко ње се наноси површинска заштита, јер се на тај начин продужује век трајања спојке.



Слика 15. Спојка 3/4"

4.1.3. Црево

На слици 16 је приказано пластично црево, његова основна функција је да врши спајање између две полуспојке. Црево се израђује од пластике, веће тврдоће јер на тај начин се обезбеђује чврстоћа пумпе. На пумпи се налазе два црева и она су потпуно идентична у погледу материјала и конструкције, само је разлика у димензијама. Мање црево 3/4" врши функцију носеће конструкције пумпе и спаја полуспојке 3/4", а веће црево од 2" представља експанзиони суд пумпе.



Слика 16. Црево

4.1.4. Т наставак

Служи да обезбеди кретање воде у више смера, прави се од легуре гвожђа са површинском заштитом која је обично од цинка. На слици 17 је приказан т наставак 3/4" који спаја две полуспојке и један неповратни вентил. Т наставак се такође налази и на средишњем делу пумпе, јер се помоћу њега врши избацивање воде из експанзионог суда.



Слика 17. Т наставак

4.1.5. Полуспојка 90°- 3/4"

Основна намена полуспојке 90° је да спаја цев 3/4" и ударни вентил под углом од 90°. Она се такође састоји од горњег-доњег дела полуспојке, прстена, осигурача и гумице, као и претходна полуспојка, једина разлика ове полуспојке је та што је горњи део нешто другачије конструкције у односу на претходно описану и под углом од 90°. На сликама 18 и 19 приказана је полуспојка под углом од 90°, у склопљеном и расклопљеном стању.



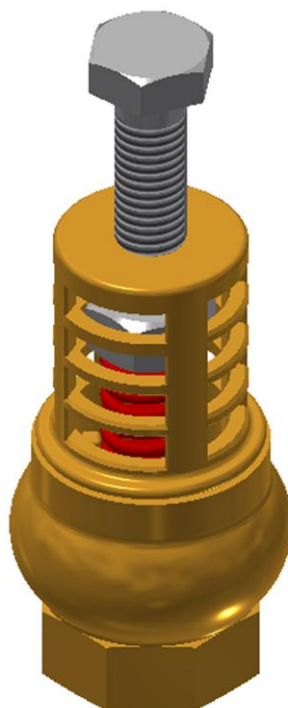
Слика 18. Полуспојка под углом 90°



Слика 19. Саставни делови полуспојке под углом 90°

4.1.6. Ударни вентил 3/4"

Ударни вентил (слика 20) представља један од главних делова рам пумпе, он има функцију да потискује воду у експанзионом суду помоћу хидрауличног удара. Он се састоји од тела вентила, поклопца, осовинице, опруге и гумице. Израђује се од месинга, најпре ливењем, а након тога се врши дорада помоћу обраде метала резањем.



Слика 20. Ударни вентил

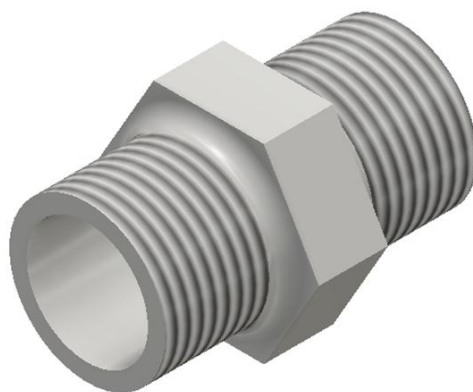
На слици 21 је такође приказан ударни вентил само у растављеном стању, где се виде сви делови вентила. Ударни вентил се добија прерадом неповратног вентила. Врши се бушење и урезивање навоја на поклопцу вентила, где се поставља завртањ и опруга помоћу којих се обезбеђује отварање и затварање вентила у жељеном тренутку, и на тај начин се обезбеђује поуздан рад пумпе.



Слика 21. *Саставни делови ударног вентила*

4.1.7. Нипли

Основна намена ниплија је повезивање два суседна метална дела, он се такође као и остали метални делови пумпе прави од легуре гвожђа након чега се врши површинска заштита. Нипли се добија ливењем из калупа након чега се врши поступак обраде резањем до свог коначног изгледа. У раду постоје неколико ниплија и они су конструкционо сви исти, једина разлика је у димензији, јер се користе код већег и мањег пречника цеви. На слици 22 је приказан изглед ниплија.



Слика 22. Нипли

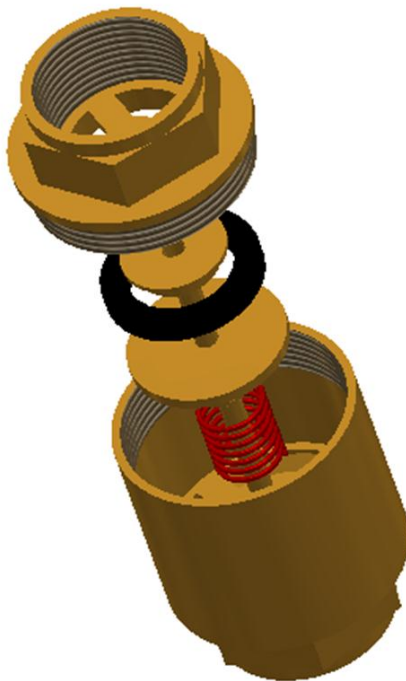
4.1.8. Неповратни вентил 3/4"

Неповратни вентил (слика 23) се налази између два т-наставка, и има функцију да не дозвољава да се вода врати из експанзионог суда у телу пумпе. Израђује се од месинга ливењем, а касније свој коначан облик добија поступком обраде резањем.



Слика 23. Неповратни вентил 3/4"

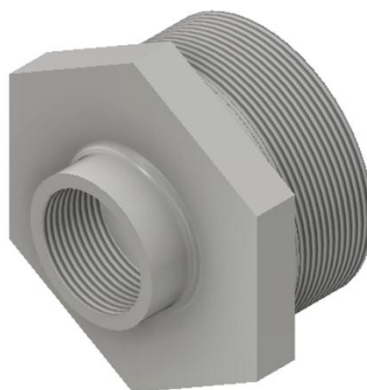
Вентил се састоји од горњег и доњег дела, где се између њих налази осовиница, опруга, прстен и гумица. Осовиница врши вођење средишњег дела неповратног вентила, док опруга обезбеђује потребну силу да не дође до отварања вентила када то није потребно. Гумица обезбеђује херметичност вентила и налази се између два прстена. На слици 24 су приказани сви делови од којих је састављен вентил.



Слика 24. Саставни делови неповратног вентила

4.1.9. Редуцир

Служи за обезбеђивање прелаза са мањи на већи пречник или обрнуто, његов изглед може се видети на слици 25. Израђује се од легуре гвожђа ливењем, након чега се врши бушење отвора и нарезивање навоја. На рам пумпи се налазе се два редуцира, и они су идентичне конструкције само је разлика у димензијама пречника које треба да редукују.



Слика 25. Редуцир

4.1.10. Цев 2"

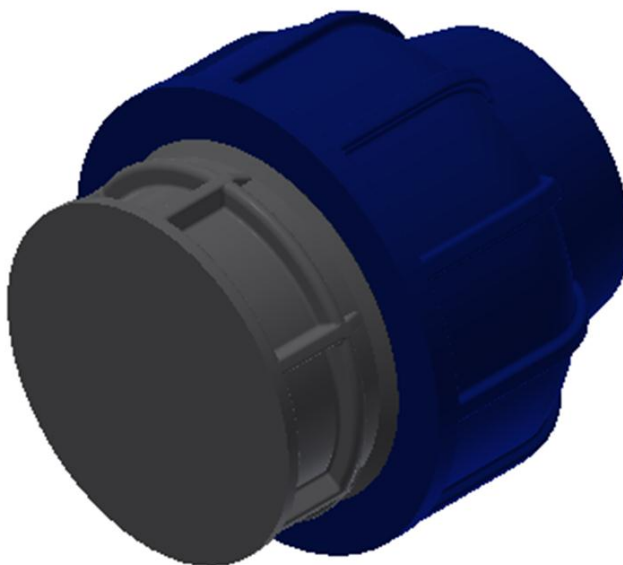
Врши повезивање редуцира и полуспојке, прави се од обичне металне цеви урезивањем навоја са унутрашње површине (слика 26). Израђује се од легуре гвожђа, након чега се врши површинска заштита због спречавања корозије и продужавања века трајања.



Слика 26. Цев 2"

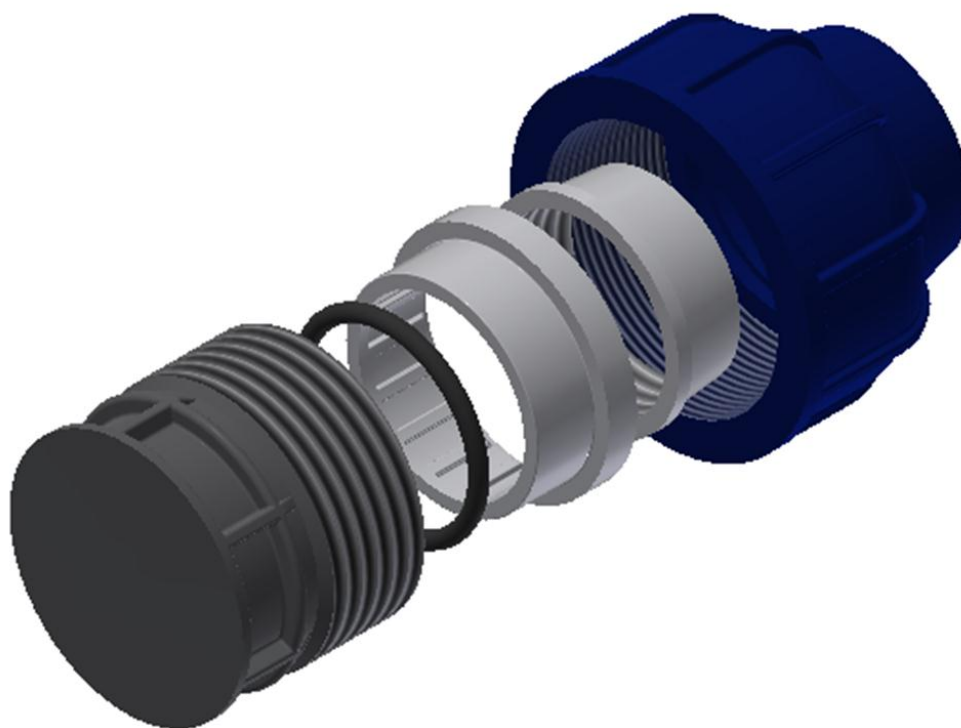
4.1.11. Полуспојка са затвореним врхом 2"

Полуспојка (слика 27) обезбеђује затварање експанзионог суда, она такође обезбеђује и херметичност при спајању. Полуспојка се израђује од пластике ливењем. У рам пумпи поставља се на експанзионом суду, карактеристична је по својој конструкцији у односу на остале полуспојке јер је затворена са горње стране.



Слика 27. Полуспојка 2"

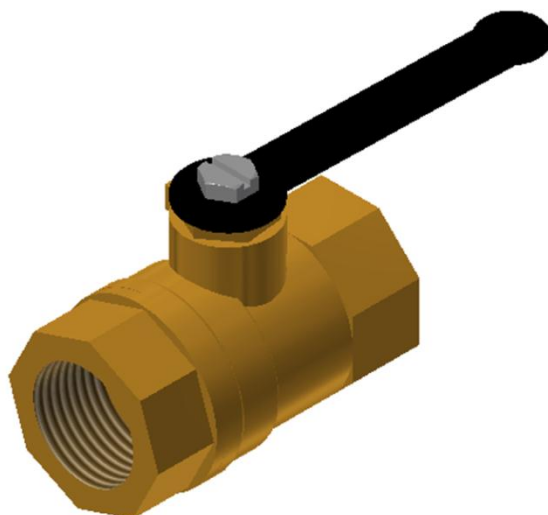
Полуспојка се састоји из горњег-доњег дела полуспојке, гумице, прстена и осигурача (слика 28). Горњи и доњи део имају задатак да спајају полуспојку, унутар њих се налазе сви остали елементи полуспојке. Горњи део ове полуспојке је различит по конструкцији у односу на досадашње, јер је затворен и онемогућује даљи проток воде. Прстен и гумица обезбеђују херметичност при спајању полуспојке и црева, док осигурач спречава извлачење црева из полуспојке.



Слика 28. Приказ саставних делова полуспојке 2"

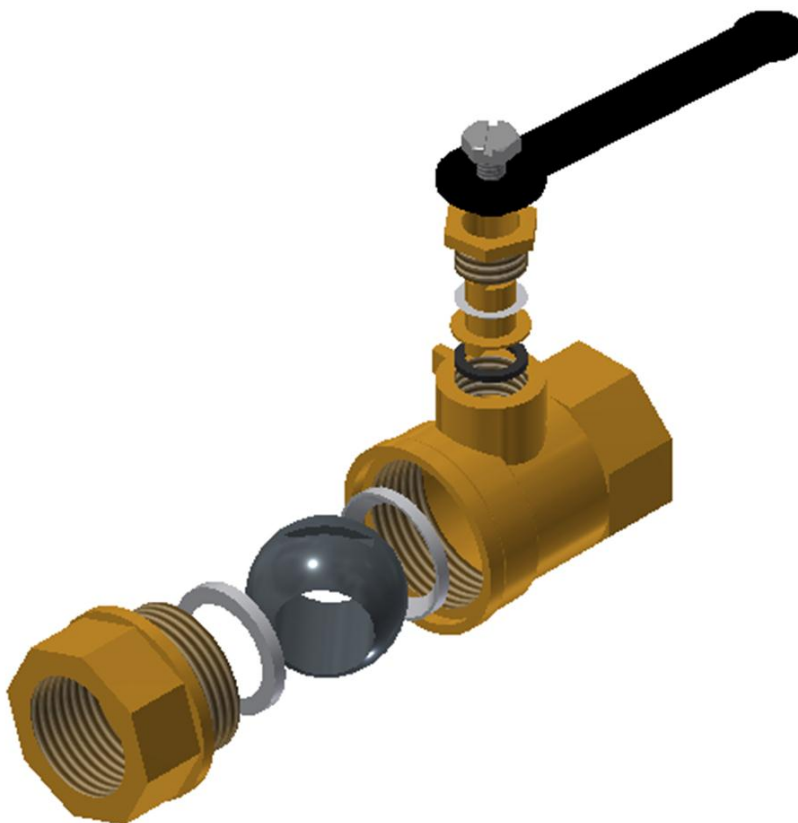
4.1.12. Вентил 1/2"

Основна функција вентила је да обезбеди адекватно пуштање и заустављање воде од пумпе до места где се испоручује вода. Налази се на т-наставку где је причвршћен помоћу ниплија 1/2". Вентил (слика 29) се израђује од месинга ливењем, након чега се врши обрада резањем до жељеног изгледа.



Слика 29. Вентил 1/2"

Вентил се састоји од тела вентила, поклопца, куглице, вођице, навртке, ручице, завртња, гуменог дихтунга и пластичних прстенова. Делови вентила приказани су на слици 30. Вентил је веома поуздан и једноставан за руковање због куглице помоћу које се врши отварање и затварање протока воде кроз вентил.



Слика 30. Саставни делови вентила 1/2"

4.1.13. Одушак за црево 1/2"

Основна намена одушка за црево (слика 31) је да обезбеди адекватно везивање одводног цевовода за пумпу. Одушак се налази на вентилу 1/2", и на њега се навлачи одводно црево које се за одушак причвршћује шелницом. Израђује се од легуре гвожђа ливењем, и површински се заштићује цинком ради спречавања кородирања и продужетка века трајања.



Слика 31. Одушак за црево 1/2"

4.2. Израда прототипа рам пумпе

Ова пумпа је веома једноставна. Осим два вентила нема других покретних делова, па је може направити свако ко поседује елементарну водоинсталатерску вештину. Најпогоднија је за коришћење на водотоцима, али уз мало маште може се употребити и на другим воденим токовима. Назив је добила по ударном ефекту воде, који се користи за нагло повећање притиска, којим се вода пумпа на висину већу од висине воденог тока.

На слици 32 је приказан прототип рам пумпе, на основу којег је конструисано иновативно решење пумпе. Сви делови прототипа рам пумпе су стандардни, и они се могу набавити у свакој продавници са водоводним материјалом. Изузетак је само ударни вентил, који се мора направити. Ударни вентил се може направити преправком неповратног вентила, тако што му се опруга постави са супротне стране у односу на постојеће стандардно место, на тај начин ће се успостављати тачан временски период отварања и затварања вентила. Изглед саставних делова и како се треба преправити неповратни вентил приказује слика 21. Поента је да вентил буде отворен а да га затвара вода која кроз њега истиче, када достигне довољно велику брзину. Да би пумпа имала исправан рад, ударни вентил треба што енергичније да затвара. Од њега у великој мери зависи крајњи притисак који пумпа може да оствари. Други фактор који утиче на функционалност је доводна цев. Осим што мора бити довољно великог пречника (ради што веће масе воде, тј њене кинетичке енергије), њена унутрашњост би требала бити глатка, како би вода протицала са минималним трењем.



Слика 32. Прототип рам пумпе

Када је у питању прототип решење пумпе које је направљено, за његово успешно функционисање потребна је минимална висинска разлика између захватане воде и пумпа од $0,5\text{ m}$. Дужина доводног цевовода од захватане воде до пумпе може да се креће од 4 до 20 m . Висина избацивања воде теориски може бити и до 30 m , али у овом случају вода се избацује на 5 m од нивоа где је постављена пумпа. Дужина одводног цевовода није од велике важности, али зависи од висине подизања воде.

У селу Сење код Ћуприје инсталирана је пумпа за подизање воде енергијом хидрауличког удара, инсталација је извршена за потребе конструисања иновативног решења рам пумпе која се налази у раду.

На основу шеме која је приказана на слици 34 постављен је задатак који пумпа треба испунити. Потребно је да положај инсталиране пумпе буде $H = 1\text{ m}$ ниже од нивоа захватане воде. Доводни цевовод треба бити дужине $L=10\text{ m}$, израђен од пластичне цеви различитог пречника, на почетку цевовода пречник цеви треба бити $D_1 = 60\text{ mm}$, а на самом крају $D_2 = 20\text{ mm}$, са дебљином зида од 2 mm , и унутрашњим пречником од 16 mm . Висина избацивања воде од места постављања пумпе треба бити $h = 5\text{ m}$. Одводни цевовод мора бити пречника $d = 10\text{ mm}$, и дебљине зида од 2 mm .

Да би се испунио задатак који је постављен, било је потребно пронаћи висинска разлика од 1 m између пумпе и извора одакле ће се пумпа напајати водом. За ту висинску разлику искоришћен је водозахват приказан на слици 33, који се налази у селу Сење и обезбеђује да положај инсталиране пумпе буде 1 m нижи од нивоа захватане воде. Како би се остварио што већи проток у доводном цевоводу, цев је направљена из два нивоа. Први ниво доводне цеви чине пластичне канализационе цеви пречника 60 mm , и оне се постављају до извора одакле ће се пумпа напајати водом. Док други ниво чини водоводна пластична цев пречника 20 mm и она се поставља на улазу у рам пумпу. Ова два нивоа када се споје помоћу пластичног редуцира, чине доводни цевовод прототипа рам пумпе.



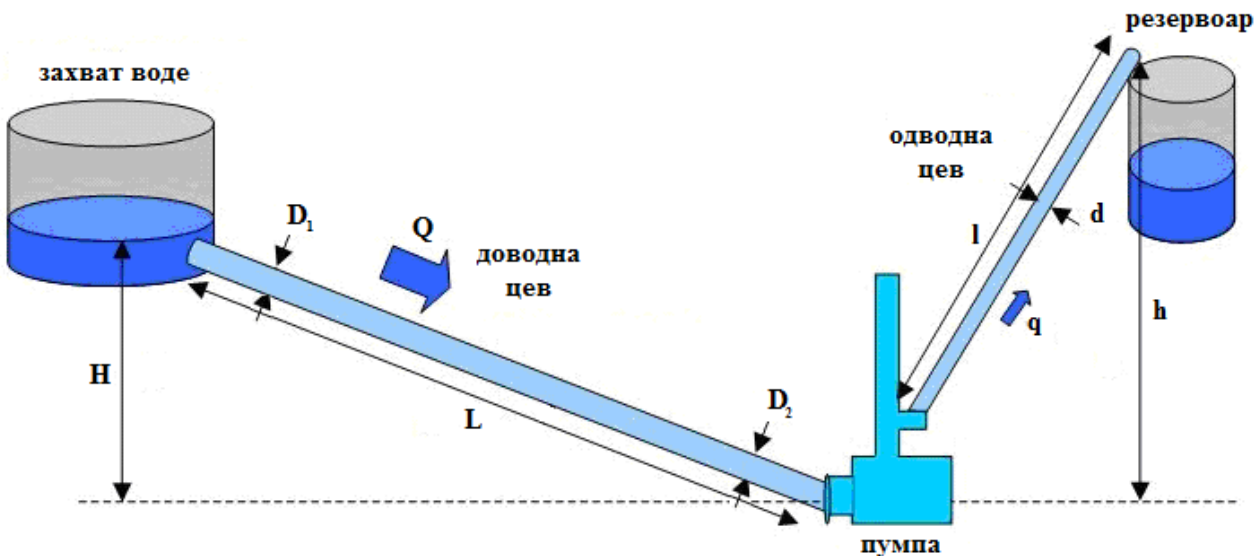
Слика 33. Водозахват за прототип пумпе

Одводни цевовод рам пумпе је дужине $l = 15\text{ m}$, пречника 10 mm материјал од којег је направљен цевовод је гума, јер на тај начин се постиже избацивање воде преко било које препреке, која се може наћи на путу где се испоручује вода.

4.3. Прорачун прототипа рам пумпе

Висинска разлика између воденог тока из којег се узима вода за пумпу, би требала бити што већа, али се не препоручује да буде већа од 15 m. Ако је ситуација таква да је та висина нпр. 30 m, онда се препоручује да се користе две пумпе, степенасто, тј да вода која пређе кроз ударни вентил прве пумпе (која се постави на 15 m) служи као доводна вода за другу пумпу.

На слици 34 приказана је шема система инсталиране рам пумпе, која се састоји од воденог тока, доводне цеви, рам пумпе, одводне цеви и места где се испоручује вода.



Слика 34. Шема рам пумпе [8]

Када не би било губитка енергије, однос протока одлазне и долазне воде Q/q би био једнак реципрочној вредности односа висина воденог стуба тј H/h , где је H висина између воденог тока и пумпе, а h висина између пумпе и места где се вода испоручује. С обзиром да постоје губици, који су утолико већи што је већи однос H/h , мора се узети у обзир и степен искоришћења η , који је дат у табели 2.

По препоруци из литературе [8] у табели 2, је приказано како степен искоришћења зависи од висинске разлике између пумпе и воденог тока и места где се испоручује вода, такође, приказано је и колико степен искоришћења зависи од количине протока воде на улазу и излазу из пумпе у процентима. Препоручује се да нагиб доводне цеви буде минимално 1:9, а максимално 1:4, дужина доводне цеви би требала да буде 150-1000 пута већа од унутрашњег пречника цеви. Унутрашњи пречник цеви је стандардизован и он зависи од протока воде у доводном цевоводу.

Табела 2. Степен искоришћења, зависно од протока воде и висинске разлике између захватане и испоручене воде [8]

количина погонске воде (<i>lit/min</i>)	2-7	5-16	10-28	15-45	30-65	50-115	70-180	120-280
унутрашњи пречник доводне цеви (<i>mm</i>)	20	25	32	40	50	68	80	100
унутрашњи пречник одводне цеви (<i>mm</i>)	10	15	15	20	25	25	30	40

У табели 3 је приказан унутрашњи пречник доводне и одводне цеви, пречници цеви зависе од количине протока воде у доводном цевоводу.

Табела 3. Унутрашњи пречници погонске и одводне цеви [8]

H_1/H_2	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:10	1:12	1:15
η	0,7	0,58	0,5	0,45	0,4	0,36	0,35	0,28	0,24	0,2
Q_2/Q_1 (%)	35	19	12,5	9	6,5	5	4,2	2,8	2	1,3

Мерењем на месту где је постављена пумпа помоћу кофе са избаждареним вредностима од 0 до 20 *l* и флашице са избаждареним вредностима од 0 до 1 *l*. И утврђење проток на улазу и излазу из пумпе:

$$Q = 7,02 \text{ l/min} = 0,117 \text{ l/s}$$

$$q = 0,534 \text{ l/min} = 0,0089 \text{ l/s}$$

Мерења су извршена по пет пута помоћу штоперице на мобилном телефону у временском периоду од један минут. Сва мерења која су измерена била су приближних вредности, али узета је средња вредност мерења.

Коефицијент корисног дејства инсталиране пумпе износи:

$$\eta = \frac{q \cdot h}{Q \cdot H} = \frac{0,0089 \cdot 5}{0,117 \cdot 1} = 0,381 \cdot 100 = 38,1 \%$$

Потребно је напоменути да прототип рам пумпе има велике губитке у доводном цевоводу, јер цевовод није у потпуности херметичан при спајању веће и мање цеви. Такође губици се стварају при спајању већих и мањих делова пумпи, при раду ударног и неповратног вентила.

Доводни и одводни цевоводи могу бити различитих пречника и зависно од тога ће и пумпа имати различити капацитет. На капацитет пумпе утиће остварена херметичност при спајању делова, унутрашњи пречник експанзионог суда, јачина силе у опрузи неповратног вентила и временски период укључивања и искључивања прекидног (ударног) вентила.

Приказане су у табели 4 перформансе пумпе са доводном цеви пречника $D = 20 \text{ mm}$ и одводне цеви пречника $d = 10 \text{ mm}$, које су одрађене тестирањем прототипа рам пумпе.

Табела 4. Перформансе прототипа пумпе

Однос димензија D/d	mm/mm	20/10	20/10	20/10
Однос висина h/H	m/m	5	7	10
Протицај у доводном цевоводу Q	l/min	7,02	7,19	7,94
Количина испупане воде	m^3/dan	0,768	0,519	0,312
Коефицијент ефикасности	%	38,1	31,9	30,3

5. Иновативно решење рам пумпе

На основу прототипа пумпе, разних истраживачких радова, дошло се до иновативног решења рам пумпе за подизање воде енергијом хидрауличног удара. Од прелиминарног до коначног пројекта извршено је доста модификација рам.

Развојне активности на усавршавању пумпе за подизање воде енергијом хидрауличног удара усредсређене су на повећање степена искоришћења, смањење осцилација протока, смањење буке, побољшања поузданости у раду и веку трајања.

Суштина иновативног решења пумпе је у примени специфичних конструктивних решења подсклопова и њихових делова, којим се елиминишу или ублажавају недостаци уочени приликом анализе постојећих техничких решења.

5.1. План активности

У оквиру овог дела мастер рада приказан је план активности, који се мора поштовати и примењивати када се приступи конструисању и изради нове рам пумпе. Такође треба напоменути да би сваки производ или део који се прави неvezано да ли је машинска област у питању или не, требао имати план активности, и да се при изради тих производа или делова треба придржавати према том плану активности. У складу са тим правилом, примењен је следећи план активности приказан на слици 35 при конструисању иновативног решења рам пумпе, који прати производ од идеје до реализације.



Слика 35. План активности

План активности при конструисању иновативног решења рам пумпе има следећи редослед:

1) Почетак пројекта

Почетак пројекта обухвата предлог за нови производ (рам пумпе) – у оквиру почетка пројекта даје се предлог за конструисање и израду нове рам пумпе, како би се унапредио рад постојеће пумпе.

2) Обезбеђивање неопходних цртежа и 3D модела.

Анализа производа (рам пумпе) – где спада технолошко-економско образложење због чега треба приступити конструисању и изради новог производа. Уочава се предност нове рам пумпе у односу на постојећа решења, као и све остале могуће предности које рам пумпа доноси.

3) Документација

Документација која обухвата калкулацију трошкова у оквиру буџета – врши се калкулација и одређивање буџета потребног при конструисању и изради нове рам пумпе.

Дизајнирање 3D модела – моделирање у одговарајућем софтверском програму, на основу кога могу да се одреде све карактеристике новог производа.

Израда техничке документације – на основу 3D модела врши се израда техничких цртежа за израду делова производа.

4) Материјали

Набавка материјала – врши се набавка материјала од којих ће се правити делови рам пумпе, набавља се и сва потребна опрема за обраду материјала (сечење, глодање, стругање, бушење, брушење, заваривање). Сви стандардни делови се поручују преко службе за набавку материјала, којој се доставља списак потребних стандардних делова (завртњаци, навртке, опруге).

5) Израда производа и прототипова

Обрада делова производа – у овом делу плана активности врши се обрада свих не стандардних делова рам пумпе, помоћу машина за савијање и сечење лима, глодалица, струга, брусалица, бушалица.

Мерни протокол – када се направи модел ради се мерни протокол, где се врши провера функционалних и битних мера рам пумпе. Када се направи прототип, и пумпа пусти у рад, такође се врши провера мера и њена ефикасност при раду.

6) Финализација пројекта

У овој фази врши се пуштање рам пумпе у рад. Такође се врши утврђивање стварног буџета за израду пумпе, где је циљ показати да сума није превазишла предвиђени буџет.

5.2. Технички задатак

На самом почетку иновативног решења рам пумпе, поставља се технички задатак који треба да обезбеди проширивање па чак и измену оригиналног проблема која треба да води ка што лакшим решењима.

Назив конструкције је иновативно решење рам пумпе. Основни задатак конструкције је да избацује воду на што већој висини, а да се при томе користи само енергија воде. Захтевана висина на којој се треба избацити вода је 10m од места постављања пумпе. При раду пумпе морају се задовољити основни услови безбедности, како не би дошло до повређивања људи и животиња који се могу наћи у близини, јер се пумпа поставља на изворима и рекама.

5.3. Листа захтева

Листа захтева као и поставка техничког задатка представљају део конструкционе документације, па је погодно да њен облик буде усклађен са стандардима који се користе у предузећу у којем би се вршила израда пумпе. У листи захтева треба да буду јасно и прецизно унети и класификовани сви захтеви.

Захтеве које треба да испуни иновативно решење рам пумпе приказани су у табели 5, где се може видети да су формирано као и код прототипа рам пумпе чврсти захтеви и жеље. Под чврстим захтевима сматрају они захтеви који се морају испунити и сходно томе они су у овом раду испуњени, док су жеље они захтеви који не морају да се испуне.

Табеле 5. Листа захтева иновативног решења рам пумпе

ЛИСТА ЗАХТЕВА			
Редни број	ИНОВАТИВНО РЕШЕЊЕ РАМ ПУМПА	Чврсти захтев	Жеље
1.	Функција: • Избацивање воде на одређеној висини. • Могућност смањења и повећања протока воде. • Пумпа својим обликом и положајем саставних подсклопова треба да омогући лак прилаз деловима прилоком постављања и пуштања у рад пумпе. • Облик пумпе треба да омогући њено лако премештање ако је то потребно.	+ + + +	
2.	Подаци битни за извршење функције: • Максимално оптерећење пумпе, проток воде кроз доводну цев не сме бити већи од 0,9 l/s. • Димензије пумпе 1x1x0,2 m. • Маса пумпе 20 kg. • Чишћење пумпе ручно, помоћу одговарајућег алата. • Коришћење материјала, од кога се праве стандардни делови пумпе. • Пумпа треба да омогући лаку монтажу и демонтажу. • Да се осигура неопходна безбедност пумпе.	+ + + +	+ + +
3.	Радна својства: • Радни век уз правилно одржавање пумпе 10 година. • Велика поузданост. • Средње оптерећење пумпе.	+	+ +
4.	Ергономска својства: • Пумпа треба да буде безбедна за руковање. • Једноставно руковање.	+ +	

Табеле 5. Наставак табеле5

5.	Технолошка својства: • За израду се користе машине за обраду метала, које се налазе у фирми у којој ће се израђивати рам пумпа.	+	
6.	Испорука: • Рок завршетка конструкције 30.09.2017. године. • Рок испоруке израђене пумпе 30.12.2017. године.	+ +	
7.	Економски услови: • Што једноставнији елементи конструкције • Што једноставнија монтажа конструкције • Што једноставнији одржавање и сервисирање конструкције • Трошкови израде пумпе не треба да превазиђу трошкове предвиђене буџетом. • Цена (конструкције + материјал + израда): 400€	+ + + + +	

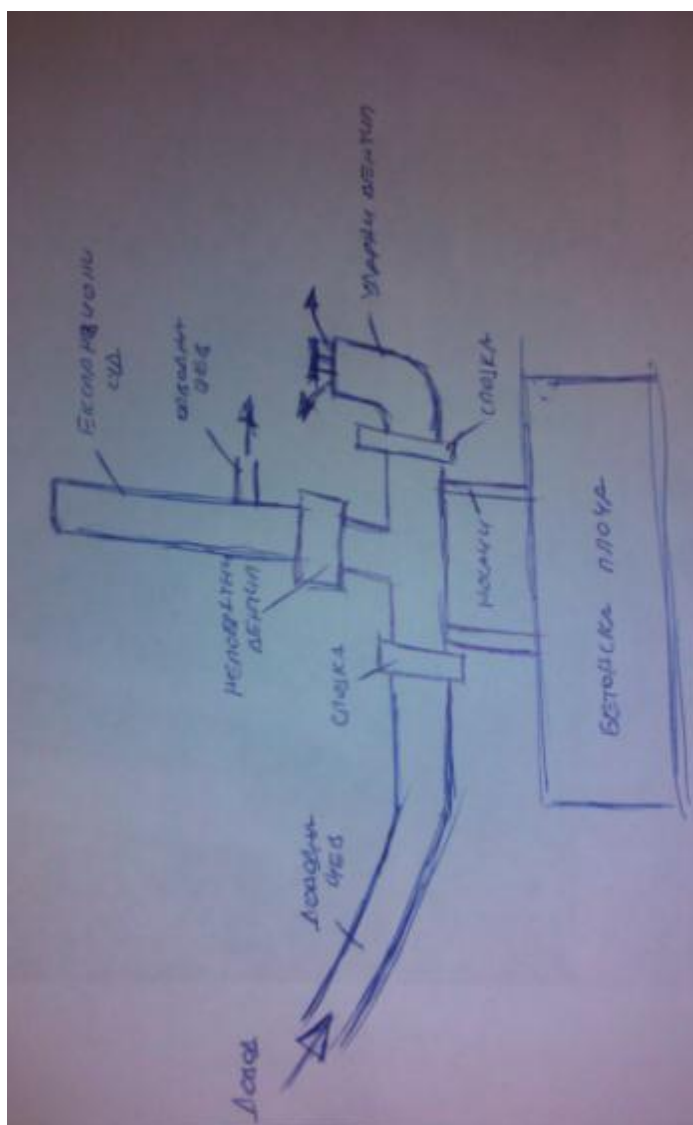
6. Конструкција иновативног решења рам пумпе

Рам пумпа се састоји из већег броја делова које су од пресудног значаја и без којих не би могло да се добије исправно функционисање пумпе. Важни делови пумпе су:

- носећа конструкција,
- доводна цев,
- прекидни вентил,
- неповратни вентил,
- експанзиони суд,
- бетонска основа рам пумпе.

Карактеристичан размештај имплусног (прекидног) и неповратног вентила је такав да обезбеђује максималано искоришћење уређаја за дати проток који протиче у потисном цевоводу. Имплусни вентил је снабдеван уравнотежавајућом опругом чијим се сабијањем или опуштањем врши подешавање хода клипа односно оптимална учесталност отварања и затварања имплусног вентила.

Уградњом експанзионог суда са мембраном избегнуте су осцилације у протоку и растварање ваздуха у води. Сигурносни вентил на мембрани са горње стране експанзионог суда омогућава подешавање оптималног притиска ваздуха у конкретним радним условима уређаја. Изглед скицираног иновативног решења рам пумпе са њеним главним деловима приказан је на слици 36.

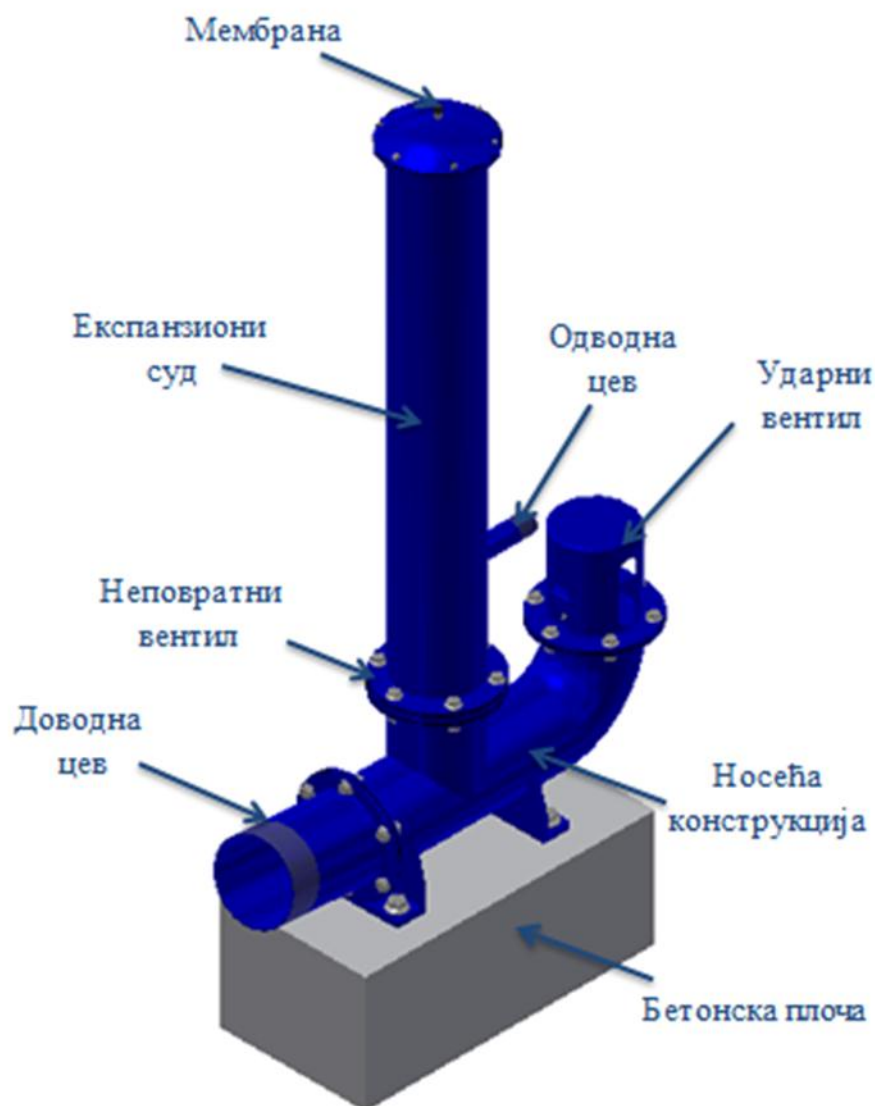


Слика 36. Скица иновативног решења рам пумпе

Конструктивним решењем ове рам пумпе остварена су побољшања у односу на постојећа решења. Тиме је добијена ефикасна и еколошка пумпа погодна за снабдевање водом за различите потребе.

На слици 37 приказан је коначан изглед модела рам пумпе. Она се састоји из:

- носеће конструкције,
- доводне цеви,
- прекидног вентила,
- неповратног вентила,
- експанзионог суда,
- бетонске основе рам пумпе.



Слика 37. Изглед иновативног решења рам пумпе

6.1. Теоријски прорачун рам пумпе

Постоје многобројни и врло разноврсни принципи, методе и инструменти за одређивање протока флуидне струје. Овде ће се представити теоријски начин за одређивање протока у цевима.

6.1.1. О механици флуида

У циљу побољшања услова живота, принципи механике флуида примењивани су још у праисторији. Древне цивилизације започеле су развој механике флуида у емпиријском – искуственом облику, нарочито у области наводњавања.

Сам почетак развоја механике флуида као теоријске дисциплине и практичне науке датира из трећег века пре нове ере са Архимедовим записом "О телима која пливају". До данас наука о флуидима превалила је дуг пут. Механика флуида развила се у једну од најкомплекснијих дисциплина [10].

Њен развој још није завршен и постоје многа питања која захтевају одговоре. Развој рачунарске технике, нумеричких анализа и брзих и поузданих мерних уређаја на крају 20 и почетком 21 века отварају нове стране у историји механике флуида.

Развој механике флуида захтева промене и у њеном проучавању. То је изазов за све институције које се баве образовањем и истраживањем у пољу механике флуида.

6.1.2. Модели флуида

Основни модели флуида који се проучавају су [10]:

- миран флуид - флуид у стању мировња. Може да буде стишљив и нестишљив, али се увек посматра као невискозан флуид, јер се вискозне силе не јављају при мировању флуида;
- нестишљив флуид - флуид код кога је густина константна. Може да буде вискозан и невискозан;
- идеалан (савршен) флуид - флуид који је невискозан. Модел флуида у коме су нађена прва решења кретања;
- стишљив (компресибилан) флуид - флуид чија је густина променљива а еластичне силе (притиска) доминантне. Вискозни ефекти обично се занемарују. Модел оваквог флуида примењује се у динамици гасова;
- реалан флуид - стваран флуид код кога су изражене и вискозне и еластичне силе. За реалан флуид постоји ограничен број тачно решених проблема.

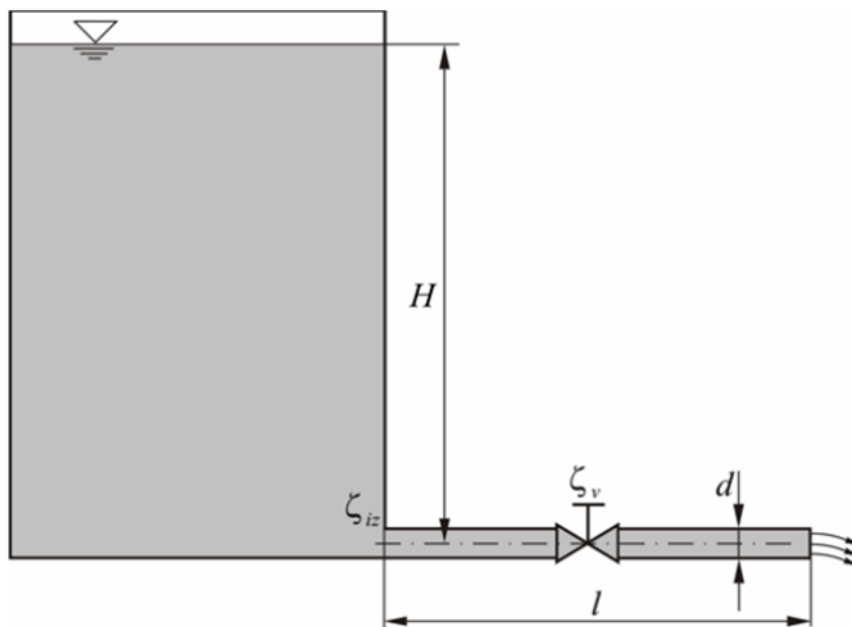
6.1.3. Струјни режим

Према кретању флуида треба разликовати два (три) основна струјна режима [10]:

- ламинаран - са слојевитим кретањем флуида без мешања суседних слојева. Струјни режим који је добро описан Навије - Стоксовим једначинама, теоријски и практично је у доброј мери проучен и испитан. Карактеришу га мали интензитет, брзина или јака вискозност;
- турбулентан - хаотично кретање флуидних делића са интензивним мешањем. Постављене једначине дају решења за ограничен број проблема. Експериментална истраживања и нумеричка решења донекле задовољавају данашње потребе;
- прелазан - зона између ламинарног и турбулентног кретања са низом специфичности у зависности од карактеристика струје. Термин "прелазан" односи се и на недовољно развијено струјање, нпр. на струјање флуида из резервоара у цевовод.

6.1.4. Мерење теоријског протока воде

Из отвореног резервоара са константним нивоом $H = 1m$, истиче вода кроз цев пречника $d = 125mm$, дужине $l = 1m$. Коефицијент локалног губитка на излазу из резервоара је $\zeta_{iz} = 0.5$, док је локалног губитка на вентилу $\zeta_v = 6.5$. Коефицијент вискозности воде износи $\nu = 1.004 \cdot 10^{-6} \left[\frac{m^2}{s} \right]$



Слика 38. Одређивање протока воде из резервоара [11]

С обзиром на велику вискозност и пречник цеви претпоставља се ламинаран режим струјања.

Бернулијева једначина 1-2 гласи [11]:

$$g \cdot H = 2 \frac{v^2}{2} + \frac{v^2}{2} \left(\zeta_{iz} + \zeta_v + \lambda \frac{l}{d} \right)$$

За ламинаран режим струјања коефицијент трења је

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

Где је

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu}$$

Враћањем у Бернулијеву једначину добија се облик

$$g \cdot H = 2 \frac{v^2}{2} + \frac{v^2}{2} \left(\zeta_{iz} + \zeta_v + \lambda \frac{64 \cdot v}{v \cdot d} \cdot \frac{l}{d} \right)$$

Сређивањем Бернулијеве једначине добија се квадратна једначина

$$(2 + \zeta_{iz} + \zeta_v) \cdot v^2 + \frac{64 \cdot l}{d^2} \cdot v - 2 \cdot g \cdot H = 0$$

$$9 \cdot v^2 + 1.004 \cdot v - 19.62 = 0$$

Решењем квадратне једначине добија се брзина струјања течности кроз цев

$$v = 1.42 \frac{m}{s}$$

Где се негативно решење квадратне једначине одбацује као физички немогуће.

Провером режима струјања

$$R_e = \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{1.42 \cdot 125 \cdot 10^{-3}}{1.004 \cdot 10^{-6}} = 1.131 \cdot 10^{-7} < 2320$$

потврђује се претпоставка да је струјање ламинарно.

Проток течности кроз цев износи

$$Q = 4 \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = 1.42 \frac{(125 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 3.14}{4} = 0.701 \frac{l}{s}$$

Када је познат проток воде кроз доводну цев $Q \left[\frac{l}{s} \right]$, вертикална висинска разлика између места захватања воде и места постављања пумпе $H[m]$ и висинска разлика од пумпе до локације за испоруку воде $h[m]$, могуће је израчунати количину воде која ће бити испоручена $q \left[\frac{l}{s} \right]$, са усвојеним коефицијентом ефикасности инсталације η .

Коефицијент ефикасности инсталације је усвојен $\eta = 61\%$ према препоруци [6] и зависи од односа димензија D/d , односа висина h/H , и од протицаја воде у доводном цевоводу Q .

$$q = \eta \cdot Q \cdot \frac{H}{h} = \frac{61}{100} \cdot 0.71 \cdot \frac{2}{10} = 0.08662 \frac{l}{s}$$

На основу решења постављеног задатка, може се доћи до података колико би износио улазни проток воде, излазни проток воде у минути и на дан. Према усвојеном коефицијенту ефикасности од $\eta = 61\%$ улазни и излазни проток воде при најбољој херметичности пумпе износио би:

$$Q = 0.701 \frac{l}{s} = 42.06 \frac{l}{min} = 60.566 \frac{m^3}{dan}$$

$$q = 0.08662 \frac{l}{s} = 5.197 \frac{l}{min} = 7.483 \frac{m^3}{dan}$$

Протицај воде доступан на доводној цеви ће бити смањен пропорционално висинској разлици између захвата и пумпе, односно између пумпе и локације на којој се вода подиже. Дакле, ако је извор воде $2m$ изнад пумпе, а вода се подиже на $10m$ изнад пумпе, само 20% од доступне количине воде ће бити испоручено, док ће се 80% прелити преко прекидног (ударног) вентила, уз претпоставку 100% енергетске ефикасности. Количина испоручене воде ће бити додатно смањена за фактор енергетске ефикасности, који типично износи око 60% али се може повећати и до 80%. Његово повећање зависи од конструкције и од квалитета израда делова пумпе. Ако се узме енергетска ефикасност 60%, испоручена количина воде ће бити 60% од 20%, односно 12% од доступне количине воде на доводној цеви. Енергетску ефикасност не треба мешати са запреминском ефикасношћу, која се односи на запремину испоручене воде у односу на запремину укупне захваћене воде из извора помоћу резервоара и доводне цеви. Реални подаци за рам пумпу се најчешће дају табеларно, на основу тестова при испитивању пумпе [12].

У једначини за одређивање количине воде која ће бити испоручена не фигурише дужина одводне цеви јер су губици трења мали, због малог протока воде. Међутим, ако је проток велики, или је дужина одводне цеви велика, губици трења ће утицати на смањење испоручене воде.

Доводна цев је најважнији део инсталације пумпе, јер кроз њу протиче вода из извора до пумпе и простире се талас повишеног притиска услед хидрауличког удара. Цев би требало да буде, што је могуће више равна, без кривина и лукова. Пречник доводне цеви, бар за једну величину треба да буде већи од одводне цеви. Препоруке за дужину доводне цеви су засноване на емпиријским подацима, добијеним систематским експериментима [13]. Капацитет и стабилност рам пумпе зависи од односа дужине и пречника доводне цеви. По препоруци из литературе [13] установљено је да ће хидрауличка рам пумпа радити на задовољавајући начин ако је однос дужине и пречника између 150 и 1000. Повећање дужине доводне цеви у овом опсегу неће имати никакав утицај на промену протока на улазу и излазу из пумпе, али ће смањити фреквенцију рада (мање циклуса у минути). Практични аспекти као што су хабање вентила, замор делова и јачина произведене буке, фаворизују нижу фреквенцију рада, а самим тим и већу дужину доводне цеви од минимално потребне за добар рад пумпе. Уколико је однос дужине и пречника доводне цеви изван наведеног опсега, перформансе и стабилност пумпе биће нарушени.

7. Конципирање конструкције

Конципирање идејног решења машинског система представља утврђивање глобалног размештаја делова и компонената ради остваривања задате функције. Ова фаза конструисања обухвата пут од идеје преко описа функције до идејног решења функције [6].

7.1. Општа функција рам пумпе

Општа (глобална) функција машинског система може се рашчланити на парцијалне функције, а ове пак на елементарне функције. Почев од елементарне, преко парцијалне до опште, функције су хијерархијски и међусобно повезане, тако да чине структуру функција.

- Парцијалне функције

На одређеном нивоу апстрактности појављује се потреба за разлагањем опште функције на парцијалне са мањим степеном сложености. Разлагање настаје обично у тренутку када је установљен радни принцип функционисања машинског система. Процес рашчлањавања опште функције финијих функционалних структура спроводи се до одређеног нивоа. Процес траје све дотле док рашчлањење функције не буду тако ниског степена комплексности да је за сваку поједину могуће пронаћи одговарајући принцип решења [6].

Поред основне радне функције у парцијалним функцијама су и помоћне функције: припреме, опслуживања, управљања, регулисања и усклађивања.

- Елементарна функција

Свака парцијална функција система извршава се одређеним принципима до којих се долази рашчлањавањем парцијалних на елементарне функције. Најчешће се свака парцијална функција може решити скупом елементарних функција, што значи да за свако решење парцијалних функција постоји понуда више различитих скупова елементарних функција. Најједноставнији је случај када је сложеност парцијалне функције таква да за њу постоје готова решења. Најчешће је функционална структура за извршење опште функције таква да за поједине парцијалне функције постоје готова решења, а за друге се мора поћи од тражења могућих принципа.

Основна функција рам пумпе је да обезбеди адекватно избацивање воде на одређену висину. То се постиже помоћу система кога чине узајамно повезани вентили са цевима. Систем на улазу преко доводне цеви добија већи проток воде, а на излазу избацује мањи проток воде преко одводне цеви. Основни задатак система је да избаци воду на одређену висину, при чему се треба остварити што већи степен ефикасности пумпе. Рам пумпа треба да буде таква да може да се уз што мањи напор прилагођава условима околине у којима би радила. Рам пумпа треба да буде стабилна, како би се обезбедио безбедан и правилан рад. Дакле, рам пумпа треба да поседује и одређена ергономска својста поред карактеристика тачности.

7.2. Концепција рам пумпе

Концепција рам пумпе је дефинисана на основу чињенице да се постигне што већи степен ефикасности пумпе. На подсклоповима рам пумпе је могуће, односно потребно вршити промене и подешавање да би се задовољио одговарајући степен ефикасности при избацивању воде на одређеној висини [6].

Усвојена је концепција рам пумпе која је имала најмањи број измењивих компоненти. То подразумева да је избегнута примена специјалних вентила, већ су примењене најједноставније механичке справе. На тај начин се долази до уштеде у трошковима израде.

Једна од битних концепција која се применила на рам пумпи је модификација ударног вентила, јер његовим правилним конструисањем долази до повећања степена ефикасности пумпе. При изради његове конструкције водило се рачуна да се не конструишу делови са сложеном површином геометрије, него једноставни механизми који ће обезбеђивати велику ефикасност при раду како ударног вентила тако и саме пумпе.

Одлука да се конструише рам пумпа са једноставним механичким справама, донета је у договору са ментором овог мастер рада. Савет је искуствене природе, јер се тако показало у пракси до сада, а да је радни век рам пумпе знатно дужи на тај начин. То значи да је избегнуто наручивање специфичних делова (типа вентила, итд.).

8. Формирање конструкције рам пумпе

Формирање конструкције представља део процеса конструисања у којем се на основу усвојене концепције, уз додатне активности које омогућавају добијање нових информација, започне са производњом [6].

- Начин израде (величина серије, расположиви капацитети, ангажовање других произвођача итд.).
- Материјал – врста, хемијски састав, особине, начин израде, итд.
- Димензије делова конструкције – које се одређују на различите начине у зависности од постављеног задатка и расположивих средстава за његово решавање.
- Облик делова конструкције с обзиром на технологију израде, карактеристике усвојених материјала, напонска и друга стања, монтажу итд.
- Квалитет и тачност делова конструкција, толеранције, храпавост површина и друге карактеристике које се дефинишу на основу прорачуна, испитивања итд.

Фаза формирања конструкције обухвата избор распореда, облика и димензија делова и склопова на основу изабране концепције. Извршава се кроз два корака, формирањем прелиминарног и дефинитивног пројекта.

Обично се ради више варијанти прелиминарног пројекта да би се добиле информације о предностима и недостацима појединих варијанти.

8.1. Начин израде рам пумпе

Већина металних делова који се уграђују у рам пумпи свој коначан облик најчешће добијају поступцима обраде резањем, тако да је од свих технологија при изради пумпе управо ова технологија и најважнија. Главна карактеристика поступака резањем је да се обрада врши одвајањем струготине захваљујући дејству алата дефинисане или недефинисане резне геометрије (облика резног клина). Овакав опсег различитих обрада условљен је пре свега, захтевима производње делова веће тачности мера и облика, као и квалитета обрађене површине који се другим поступцима (поступци ливења, синтеровања, обраде деформацијом и т.д.) тешко, или уопште не могу постићи. С друге стране, поступци обраде резањем су у појединачној и малосеријској производњи практично незаменљиви и представљају, једини могући економски исплатив начин производње. Подела поступака обраде резањем извршена је према механизмима, односно врстама процеса којим се остварује скидање материјала [14].

При изради рам пумпе користиће се поступци обраде код којих се на рачун механичког деловања резног клина алата врши скидање материјала. При томе коришћени су само алати дефинисане резне геометрије (једносечни и вишесечни алати). Основна карактеристика поступака обраде резањем алатима дефинисане резне геометрије је дебљина (величина) струготине која се креће у границама од 0,025 до 2,5 [14].

8.1.1. Поступци обраде једносечним алатима

Поступци обраде резањем једносечним алатима представљају поступке при којима алат има једну резну ивицу која може бити у захвату са обратком непрекидно или повремено. Ови алати се називају ножеви. У ове поступке спадају: стругање, вертикално и хоризонтално рендисање [14].

Стругање је поступак обраде који се највише користи од свих конвенционалних поступака обраде. Стругањем се обрађују цилиндричне и чеоне површине делова. Због различитих операција стругањем, процењује се да око 40% укупне обраде резањем отпада управо на стругање.

Главно кретање представља ротационо (обратно) кретање које остварује предмет обраде, а помоћно кретање остварује алат. Правац помоћног кретања се дефинише према оси предмета обраде и може бити различито, што даје различите могућности стругања.

У процесу настанка струготине рендисање представља поступке обраде идентичне стругању. Уствари рендисање представља специјални случај стругања када је померање предмета обраде бесконачно велико. Овде се ради о обради равних површина, не као што је случај код стругања где су биле у питању цилиндричне површине. Једина разлика је у континуитету резања, стругање је континуиран поступак обраде док је рендисање дисконтинуиран (прекидни) поступак [15].

8.1.2. Поступци обраде вишесечним алатима

Поступци обраде вишесечним алатима представљају оне поступке код којих је алат вишесечан, дакле са више резних ивица, без обзира на карактер главног и помоћног кретања. Поступци обраде са вишесечним алатима имају најмање две а већином преко шест резних ивица, где се не реже са свим резним ивицама истовремено, него је у захвату са предметом обраде само одређен број резних ивица тако да је попречни пресек резног слоја материјала промењив у току захвата. Најчешће је у захвату мање од половине резних ивица. Од вишесечних алата при изради рам пумпе користиће се алати за израду отвора, глодање, тестерисање и брушење [14].

Поступци обраде отвора представљају групу поступака којима се израђују пролазни и непролазни отвори различите тачности и квалитета обрађене површине. Од поступка обраде отвора користиће се бушење, упуштање, проширивање и развртање [15].

Бушење је поступак којим се у пуном комаду, коришћењем одговарајућег алата – бургије, израђују пролазни и непролазни отвори. Главно и помоћно кретање виши алат – бургија. Главно кретање представља обртно кретање алата, а помоћно кретање представља праволиниско кретање алата. Карактеристика бушења је да се у току обраде попречни пресек струготине не мења. Само променом посмака пре почетка обраде могуће је мењати пресек струготине. При класичном бушењу се не може постићи нарочита тачност отвора, нити квалитет обрађене површине, због чега је потребно радити операције као што су упуштање и проширивање.

Упуштање и проширивање представља поступак обраде већ избушених отвора или отвора формираних ливењем или ковањем. Главно кретање представља обртно кретање алата, а помоћно аксијално померање такође врши алат. Проширивање представља операцију ширења већ избушеног отвора и ако се као алат користи завојна бургија, тада се ради о такозваном грубом проширивању или разбушивању. Принцип који се у пракси често користи је бушење у пуни материјал, после чега следи једно или више проширивања са повећањем отвора за око 60% од претходног избушеног.

Тако се на пример отвор $\varnothing 25\text{mm}$, прво буши бургијом $\varnothing 10\text{mm}$ затим проширује бургијом $\varnothing 16\text{mm}$ и коначно бургијом $\varnothing 25\text{mm}$ [15].

Развртање представља поступак најфинијег ширења (проширивања) отвора који су претходно фино обрађени употребом проширивача. Развртањем се повећава тачност мера (димензија) отвора а истовремено се смањује храпавост обрађене површине. Обично се поступак развртања састоји од претходног и завршног развртања, а добија се квалитат обрађене површине N5 до N6 (са $R_a = 0,4$ до $0,8 \mu\text{m}$, односно $R_a = 2,5$ до $5,0 \mu\text{m}$) [15].

Глодањем се обрађују делови са равним површинама, делови са сложеним просторним конфигурацијама, разни отвори и жљебови, зупчаници (конусни, цилиндрични, пужни) завојне површине различитог облика, спојни и унутрашњи навоји. Глодање је универзалан и веома продуктиван поступак тако се у производној пракси после стругања највише користи. Код глодања алат – глодало врши главно обртно кретање а помоћно кретање може бити различито. Праволиниско помоћно кретање у превцу све три координатне осе врши предмет обраде. Осим тога помоћно кретање може бити и комбиновано са ротационим (кружним) кретањем које такође врши обрадак.

Обрада тестерисање се користи првенствено за реализацију производних операција одсецања (сечења) материјала, исто тако може да се користи и за извођење операција исецања и усецања. Према основним кретањима алата и предмета обраде, као и типу машине за обраду тестерисањем, тестерисање се може вршити на кружним, тракастим и оквирним тестерама.

Брушење представља поступак код кога главно, обртно кретање врши алат – брусно тоцило, док помоћно кретање којих може бити више могу бити праволиниска и обртна и њих врши предмет обраде. Брушење је једна од најзначајнијих производних операција завршне обраде, јер обезбеђује: високу тачност мера и висок квалитет обрађене површине.

Изводи се након термичке обраде тако да остварује и уклања грешке настале услед топлотних деформација при термичкој обради. Распоред главног и помоћног кретања зависи од врсте производне операције и алата.

8.1.3. Поступак обраде спајање-заваривање

Након технологије поступком обраде резањем, потребно је пумпу спојити поступком обраде заваривањем. Заваривање пумпе ће се вршити помоћу ручно електролучног заваривања (REL) и такво заваривање се сврстава у поступке заваривања топљењем, помоћу топлоте која се ослобађа у електричном луку. REL заваривање почиње успостављањем електричног лука између врха електроде и основног материјала [16].

Лук топи ивице основног материјала и электроду и ствара метално купатило заштићено од ваздуха слојем трошке и гасовима, све створено топљењем и сагоревањем облоге. У току рада, заваривач спушта электроду ка основном материјалу, одржавајући растојање приближно једнако пречнику њеног језгра. Када се електрода толико потроши да остане око $50mm$, лук треба прекинути, обити трошке са положајем завара, након чега заваривање наставити новом електродом. Основни параметри REL заваривања су: пречник електрорде (језгра), јачина струје заваривања, радни напон, дужина лука и брзина заваривања.

9. Иновативно решење представљено кроз његово моделирање

У наредном делу је приказано идејно решење рам пумпе и позиционирање делова који ће се израђивати од стандардних и не стандардних делова, помоћу CNC и других машина.

Целокупно конструисање (израда 3D модела), као и израда техничке документације, рађена је у софтверском пакету *Autodesk Inventor Professional 2016*. При моделирању коришћен је модул *Assembly design, Part design*, а у оквиру њега радно окружење *Sketcher*.

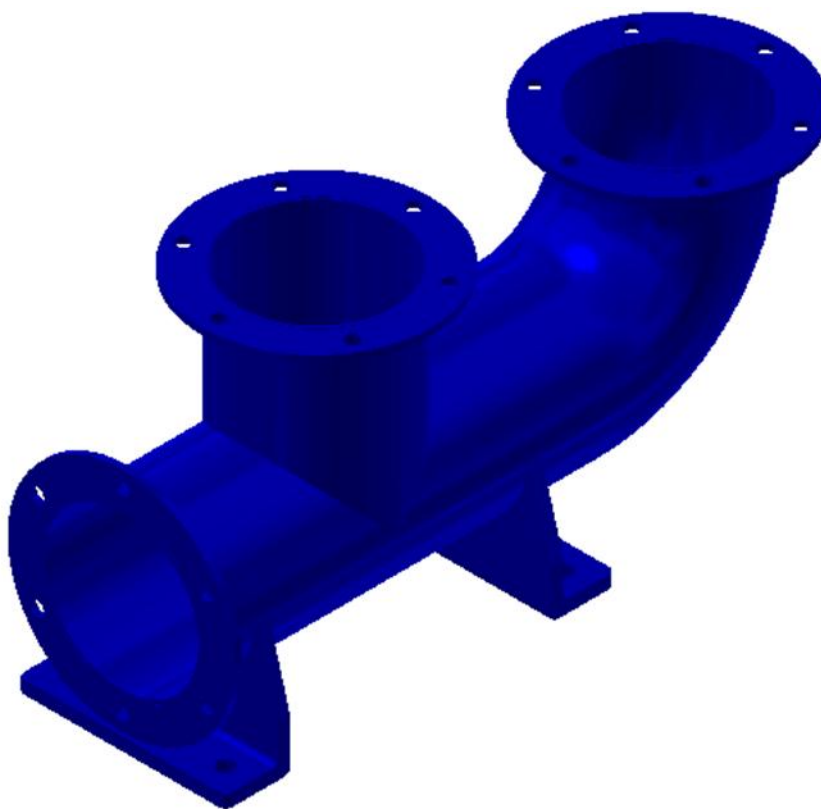
9.1. Саставни делови рам пумпе

Рам пумпа се састоји из већег броја делова који обезбеђују њено исправно и прецизно функционисање. У свом саставу има елементе који су од пресудног значаја:

- носећа конструкција,
- доводна цев,
- прекидни вентил,
- неповратни вентил
- експанзиони суд,
- бетонска основа рам пумпе.

9.1.1. Носећа конструкција

Носећа конструкција рам пумпе (слика 39) израђена је од стандардних цевастих профила који су обрађени сечењем помоћу машинске тестере и спојени заваривањем. Материјал од кога је направљена носећа конструкција је челик за цеви $\check{S}1212$, затезне чврстоће $R_m = 350 - 450$, границе развлачења $R_{eH} = 240$ [17]. На носећу конструкцију се постављају сви остали делови пумпе. Такође, преко носеће конструкције пумпа се повезује са подлогом помоћу типлова и завртња, и препоручује се да је подлога од бетона.

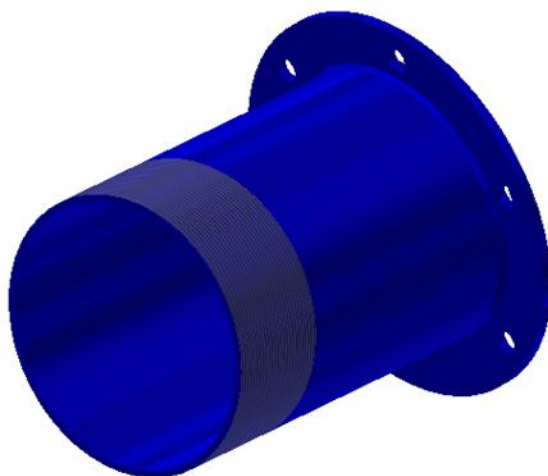


Слика 39. Носећа конструкција

Носећа конструкција се састоји од једне Т рачве спољашњег пречника 125 mm, која има задатак да повезује ударни вентил, неповратни вентил, експанзиони суд и целокупну конструкцију рам пумпе са подлогом преко носача. Ударни вентил повезан је са Т рачвом преко челичне кривине, вијка, навртке, прстена и дихтунга, који обезбеђује адекватну херметичност пумпе. Експанзиони суд и носећа конструкција се такође спајају помоћу вијка, навртке, дихтунга и прстена. Носач рам пумпе се израђује од L профила и он је стандардне дебљине од 5mm, за Т рачву се спаја помоћу завареног споја а за подлогу на којој треба стојати пумпа помоћу специјалних типлова. Цела носећа конструкција свој коначан изглед добија поступцима обраде метала резањем, с тим што се на крају користе и поступци обраде заваривање како би се повезала конструкција.

9.1.2. Доводна цев

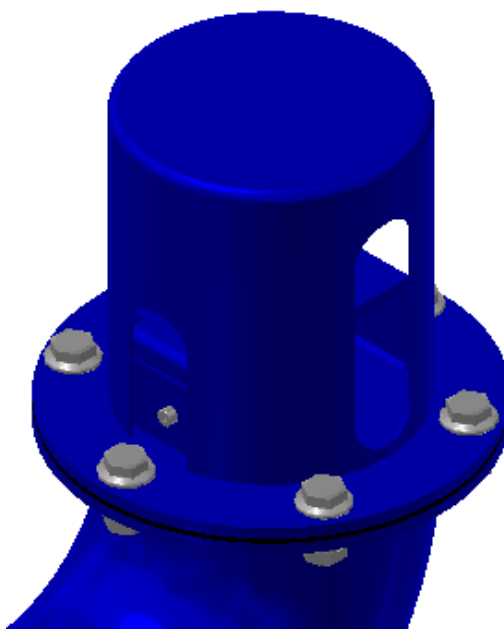
Доводна цев (слика 40) је такође спољашњег пречника 125 mm, израђена је од челика Č1212, истих карактеристика као и цев за носећу конструкцију, на доводну цев заварен је прстен помоћу кога се врши спајање за носећу конструкцију пумпе. Везивање носеће конструкције и прстена остварује се преко вијка и навртке између којих се налази гумени дихтунг који обезбеђује херметичност пумпе. На доводну цев израђен је навој, који служи за повезивање доводног цевовода и доводне цеви. Доводни цевовод има задатак да обезбеди адекватно протицање воде од извора до пумпе.



Слика 40. Доводна цев

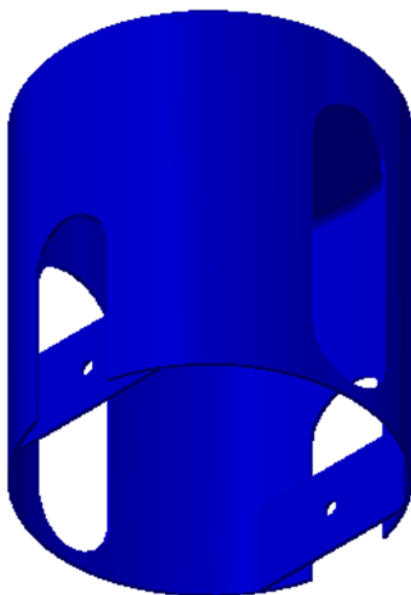
9.1.3. Прекидни вентил

Прекидни вентил (слика 41) израђује се од више делова, где је један део делова стандардизован и може се у продаји наћи као стандардан део а други део делова се израђује само за израду рам пумпе и то поступцима обраде резањем. Вентил се састоји од поклопца, плочице за поклопац, завртња, носача вентила, вођице, прстена, осовинице, опруге, ударне плочице, подлошке, навртке. Он се причвршћује за носећу конструкцију рам пумпе помоћу вијка и навртки, између којих се налази гумени дихтунг који обезбеђује херметичност при раду.



Слика 41. Прекидни вентил

У даљем тексту ће бити детаљно објашњени делови прекидног вентила, јер је он један од главних делова рам пумпе. Поклопац вентила (слика 42) се израђује од челичног лима $\check{S}1202$, затезне чврстоће $R_m = 350 - 450 \text{ MPa}$, границе развлачења $R_{eH} = 210 \text{ MPa}$ [17], поступком обраде извлачења, након чега се врши поступак обраде глодањем како би се добили отвори за излазак воде, поклопац је спољашњег пречника 120 mm , дебљине лима 1.5 mm . На поклопац са унутрашње стране су заварене две плочице помоћу којих се поклопац причвршћује за носач вентила преко завртња. Основна намена поклопца је да обезбеди безбедност при раду прекидног вентила, јер вентил при раду пумпе увек је у покрету и може лако доћи до повреде људи који се налазе у његовој близини.



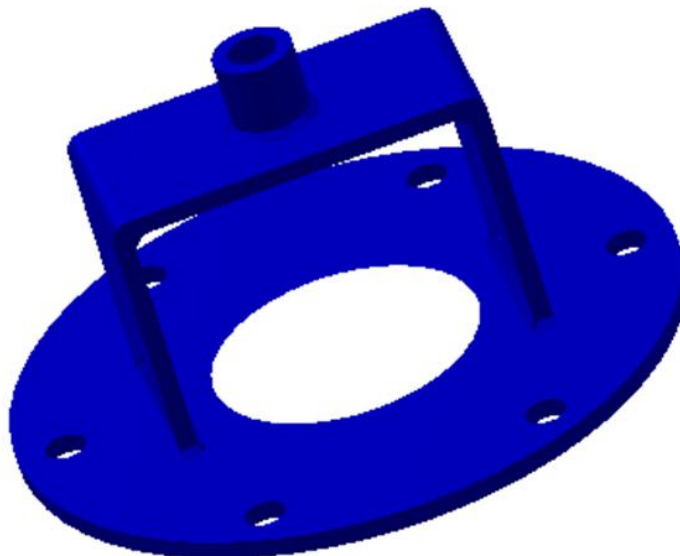
Слика 42. Поклопац вентила

На слици 43 је приказан подсклоп прекидног вентила, где се могу видети носач вентила, вођица вентила и прстен вентила.

Носач вентила преставља један од основних делова вентила, јер без носача вентила не би могло ништа да се причврсти за вентил. Он је направљен од челика $\check{S}1202$ у облику U профила [17], и заварен је за прстен вентила. На носачу су избушена два отвора где је у отворе урезан навој, за којих се помоћу завртња причвршћује поклопац вентила.

Вођица вентила која има задатак да води вентил у жељеном правцу, налази се на носачу вентила и завареним спојем се причвршћује за носач. Унутрашњи пречник вођице мора одговарати спољашњем пречнику осовинице вентила, како би се обезбедило адекватно померање осовинице без оштећења или оптерећења. Вођица вентила се прави од челика за побољшање $\check{S}1430$, затезне чврстоће $R_m = 630 \text{ MPa}$, границе развлачења $R_{eH} = 430 \text{ MPa}$, тврдоће 163 HB јер вођица вентила трпи једно од највећих оптерећења при раду пумпе [17].

Прстен вентила се израђује од конструкционог челика $\check{C}0545$, затезне чврстоће $R_m=500-600\text{MPa}$, границе развлачења $R_{eH}=280\text{MPa}$, тврдоће 140-170 HB [17], прстен се добија из четвртасте плоче поступком обраде метала резањем, где се као коначан део добија прстена облик који има задатак да спаја вентил и носећу конструкцију. Спољашњи пречник прстена је 175mm који одговара спољашњем пречнику прстена носеће конструкције. На прстен су избушени шест отвора помоћу поступком обраде бушење и проширивање, који служе за причвршћивање прекидног вентила са носећом конструкцијом преко вијка и навртке, између којих се такође као и код претходног везивања налази дихтунг да би се обезбедила херметичност пумпе.



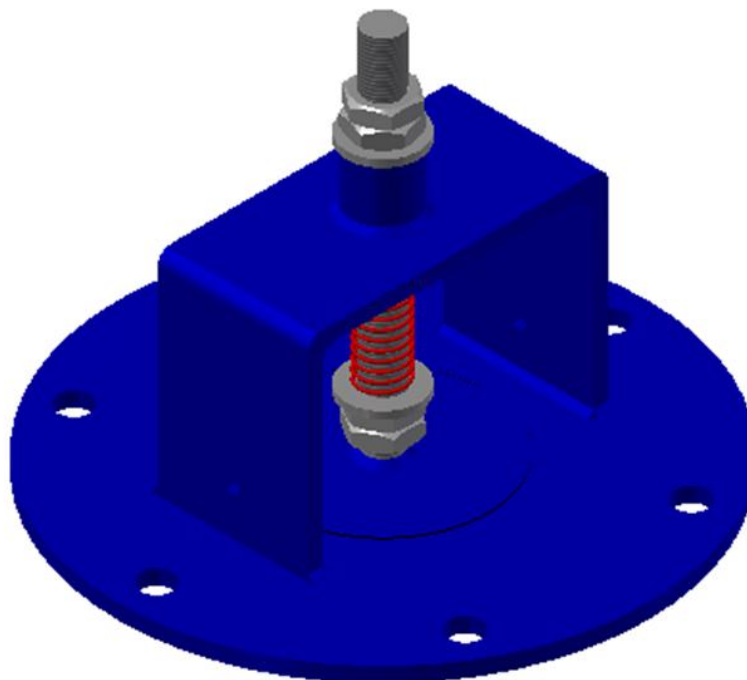
Слика 43. Носач вентила

Осовиница вентила (слика 44) се израђује од челика за побољшање $\check{C}1430$, затезне чврстоће $R_m = 630\text{MPa}$, границе развлачења $R_{eH} = 430\text{MPa}$, тврдоће 163 HB јер осовиница вентила трпи једно од највећих оптерећења при раду пумпе, и њен задатак је да обезбеди правац кретања кроз вођицу, такође да обезбеђује адекватан ход вентила који зависи од нивоа где је постављена навртка која се налази на почетку и крају осовинице [17]. Целом дужином осовинице је нарезан навој на који се завија навртка, док на другом крају је осовиница заварена за ударну плочицу. Ударна плочица је такође од челика за побољшање $\check{C}1430$ на којој се монтира гумени дихтунг који обезбеђује адекватну херметичност прекидног вентила када је вентил у горњем (затвореном) положају и онемогућује преливање воде из носеће конструкције.



Слика 44. Осовиница вентила

На слици 45 је приказан подсклоп носача вентила и осовинице. Приказана је опруга у положају када је вентил затворен. Опруга се израђује од хладно вучене жице, и то од челика за побољшање Č2130, затезне чврстоће $R_m = 1200 - 1400 \text{ MPa}$, границе еластичности $R_e = 1050 - 1150 \text{ MPa}$ [17] и поседује силу довољне јачине да омогући отварање и затварање вентила при раду пумпе када је то непотребно, сила отварања и затварања вентила се може подешавати помоћу подлошке и навртки које су ISO стандарда.



Слика 45. Подсклоп носача и осовинице вентила

9.1.4. Неповратни вентил

Неповратни вентил има задатак да не дозволи враћање воде из експанзионог суда у носећу конструкцију. Састоји се из више делова, и сви делови се углавном праве од челика $\check{C}1430$, осим завртња, вијка, навртке, подлошке и опруге, делови се израђују од челика ради постизања веће отпорности на савијање при раду, јер трпе сталне вибрације, ударе и велике притиске. Вентил се налази између експанзионог суда и носеће конструкције. Он спаја носећу конструкцију и експанзиони суд помоћу вијка и навртке између којих се налази гумени дихтунг чији је задатак да обезбеђује херметичност како не би дошло до протицања воде између њих. Вентил се састоји од прстенасте плоче, поклопца, мањег прстена, подлошке, завртња, опруге и навртке.

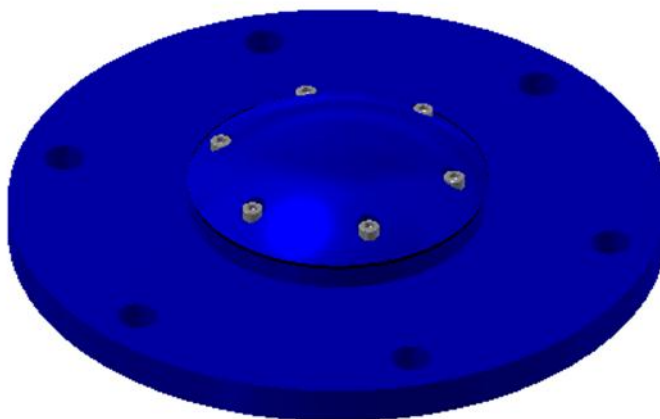
Прстенаста плоча се израђује од конструкционог челика $\check{C}0545$, затезне чврстоће $R_m = 500 - 600 MPa$, границе развлачења $R_{eH} = 280 MPa$, тврдоће $140 - 170 HB$ [17], и њена основна намена је да води неповратни вентил у жељеном правцу.

Она се израђује помоћу обраде глодањем, брушењем и бушењем, где се обрадом глодање добијају габаритне мере плоче, брушењем побољшава квалитет обрађене површине и бушењем се отварају отвори. Отвори на плочи служе за причвршћивање плоче помоћу вијка и навртке за експанзиони суд и носећу конструкцију, омогућавају вођење неповратног вентила и протицање воде када је вентил отворен.

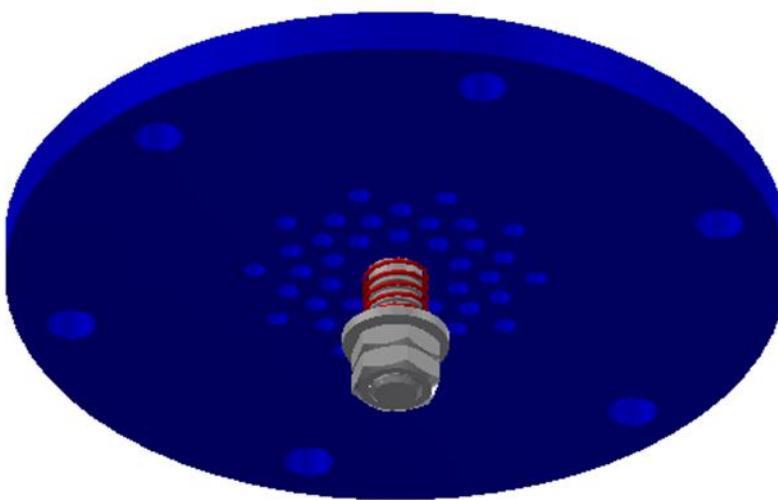
Поклопац служи да затвори мањи прстен у који се поставља завртањ који обезбеђује вођење вентила, везивање поклопца и мањег прстена се остварује преко завртња и гуменог дихтунга јер као и до сада мора да се обезбеди херметичност пумпе и не дозволи цурење воде када то није потребно.

Опруга, подлошка и навртка обезбеђују адекватну висину отварања и затварања неповратног вентила, где се преко опруге обезбеђује потребна сила да се што лакше затвори вентил а преко навртке и подлошке обезбеђује се висина отварања вентила. Потребно је да се подеси отварање и затварање вентила у тачно одређеном временском приоду и при тачно одређеном притиску који се налази у експанзионом суду, јер се не би постигло тачно отварање и затварање вентила пумпа не бих адекватно радила, стварали би се губици који нису пожељни.

На сликама 46 и 47 је приказан неповратни вентил, где је на слици 46 приказан поглед одозго и на њој се може видети горњи део прстенасте плоче, поклопац, гумени дихтунг, мањи прстен и завртњеви. На слици 47 приказан је поглед одоздо неповратног вентила, где се може видети доњи део прстенасте плоче, вијак који обезбеђује вођење вентила, опруга, подлошка и навртке.



Слика 46. Неповратни вентил поглед одозго

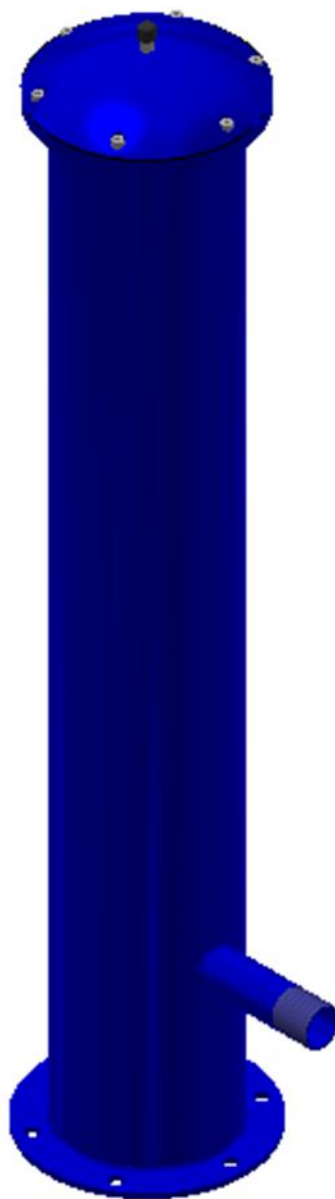


Слика 47. Неповратни вентил поглед одоздо

9.1.5. Експанзиони суд

Основна намена експанзионог суда (слика 48) је да у тренутку складишти воду до одређеног притиска, након чега потискује и избацује воду из посуде помћу тог истог притиска. Он се састоји од два прстена, металне цеви, мембране, поклопца и одводне цеви. Екпанзиони суд се израђује од челика за цеви $\check{C}1212$, затезне чврстоће $R_m = 350 - 450$, границе развлачења $R_{eH} = 240$ [17] и њега заправо чини једна челична цев пречника $125mm$, на којој су заварена два прстена и одводна цев.

Прстенови служе за спајање експанзионог суда са неповратним вентилом са доње стране помоћу већег прстена, и са поклопцем са горње стране помоћу мањег прстена. Спајање се врши преко вијка и навртке са доње стране а са горње завртњима, између којих постоји гумени дихтунг за херметичност пумпе.



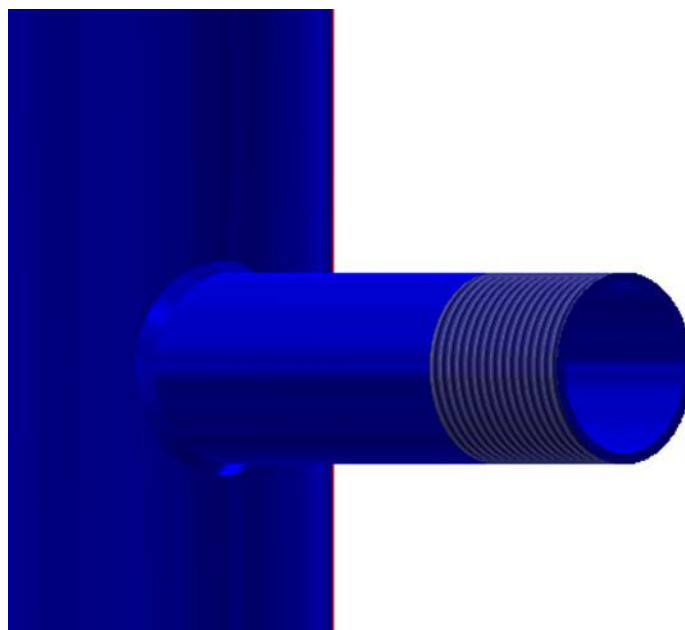
Слика 48. *Експанзиони суд*

Мембрана (слика 49) је гумена и њена намена је да обезбеди што равномернији притисак у суду када долази и одлази вода из суда. Материјал од којег се мембрана прави је гума, јер је потребно обезбедити њено скупљање и ширење при раду. Такође она омогућава и подешавање притиска у суду преко вентила који се налази на њеном врху. Када је потребно остварити већи притисак у суду, у мембрану се упумпава одређена количина ваздуха који се додаје помоћу класичног компресора или пумпе. Упумпавање ваздуха се врши помоћу пиштоља за ваздух и вентила који се налази на врху мембране. Супротно томе ако је потребно имати мање количине притиска у суду из мембране се избаци вишак ваздуха одвијањем вентила. Мембрана се налази у експанзионом суду са горње стране где се њено извлачење из суда обезбеђује поклопцем, који је завртњима везан за прстен суда.



Слика 49. Мембрана

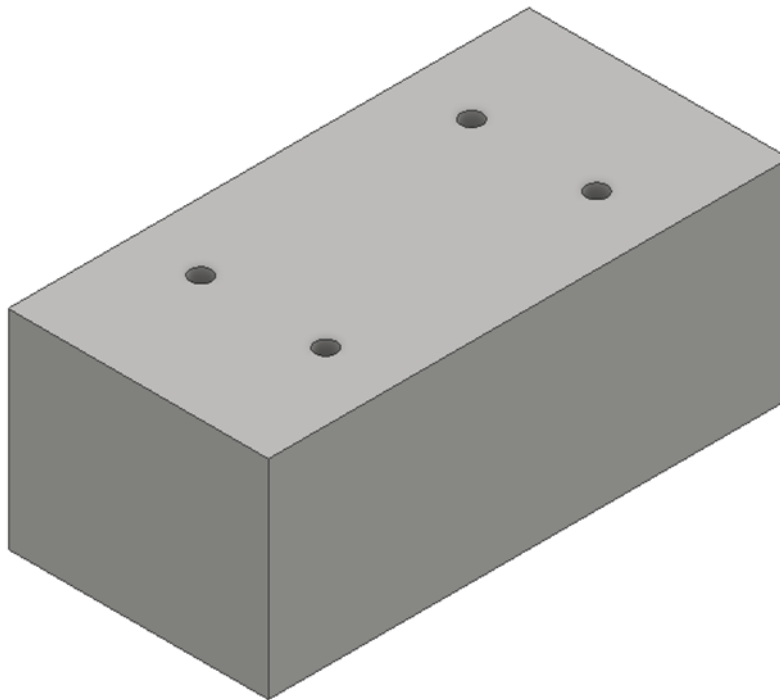
Одводна цев (слика 50) је такође стандардног спољашњег пречника 32mm, израђена од челика за цеви Č1212, затезне чврстоће $R_m=350-450$, границе развлачења $R_{eH}=240$ [17] и заварена је за експанзиони суд. Преко одводне цеви се избацује вода под притиском из експанзионог суда. На одводну цев израђен је навој, који служи за повезивање одводног цевовода и одводне цеви. Одводни цевовод је углавном од гуме како би се омогућило лакше савијање приликом избацивања воде до жељеног места.



Слика 50. Одводна цев

9.1.6. Бетонска основа рам пумпе

За постављање рам пумпе (слика 51) је неопходно припремити армирану бетонску основу габарита 1x0,5 m, а висину постоља прилагодити терену. Потребно се избушити бетонску основу помоћу ручне бушалице на четири места како би се помоћу типла и завртња поставила пумпа.



Слика 51. Бетонска основа

На слици 52 је приказан подсклоп типла који служи за везивање рам пумпе за бетонску плочу. Типли се израђује од конструкционог челика $\check{C}0545$, затезне чврстоће $R_m = 500 - 600 MPa$, границе развлачења $R_{eH} = 280 MPa$, тврдоће $140 - 170 HB$ [17], и он се набија у бетонску плочу, након чега се на бетонску плочу поставља пумпа и причвршћује помоћу завртња. Типли се састоји од основе, клина, пластичне подлошке и завртња. Основа са спољашње стране при дну је прорезана вертикално са четири жљеба и хоризонтално по свом обиму са шест жљеба помоћу којих се обезбеђује боље трење при стезању завртња, а са унутрашње стране при врху је нарезан навој ISO стандарда на који се завија завртањ. При дну основа са унутрашње стране је конусног облика јер се једино на тај начин постиже адекватно ширење основе при стезању завртња. При стезању завртња, типли се шири јер при дну типлија налази се конусни клин којег гура завртањ, и на тај начин се спречава извлачење типла из бетонске плоче.



Слика 52. *Типли са завртњем*

10. Детаљно конструисање рам пумпе

Детаљно конструисање представља део процеса конструисања у којем се комплетира конструкција техничког система са коначним дефинисањем распореда, облика, димензија и карактеристика површина свих компонената, врши дефинитиван избор материјала, технологије израде и прорачун трошкова [6]. Током досадашњег процеса конструисања, постављене су задовољавајуће димензије и распоред у склопу, приказан је изглед целог склопа рам пумпе.

Стога, други део фазе детаљног конструисања је разрада конструкционе документације која укључује склопне и радионичке цртеже, цртеже монтаже и одговарајуће листе делова.

Конструктор треба да обезбеди документацију која се односи на израду, монтажу, транспорт и контролу квалитета, а кориснику треба обезбедити упутства за руковање, одржавање и поправке.

10.1. Анализа рам пумпе

Класификација и распоред производне документације се врши на основу анализе производа, којом се врши подела производа на мање јединице [6]. Анализа производа може дати функционално, производно или монтажно оријентисану структуру.

Карактеристике ових структура су подела на поједине компоненте које се не могу даље делити и комбиновање тих компонената или подсклопова у склопове и коначно у производ.

Анализом конструкције рам пумпе утврђено је да се она не може делити функционално јер сама по себи представља целину и има функцију као целина.

Најповољније је извршити поделу његових елемената према монтажној структури. Овим начином дефинисани су подсклопови који се као целине постављају на пумпи. Делови подсклопова дефинисани су у оквиру тог подсклопа.

10.2. Техничка документација

Технички цртеж представља универзални језик комуникације техничких лица у области машинства [18]. Техничко цртање је техничка дисциплина која омогућава да се тродимензионални објекат прикаже у равни цртежа.

Основни циљ машинског техничког цртања је да се кроз цртеж или скуп цртежа у потпуности једнозначно дефинишу облик, функција, димензије, врста обраде, материјал, квалитет и друге карактеристике машинских делова и склопова.

У техничком цртању предмети се приказују тако да се једноставно могу одредити све димензије предмета. За разумевање техничког цртања у машинству потребно је да технички цртеж буде јасан, прегледан и прецизан. Техничко цртање се базира на принципима нацртне геометрије, у комбинацији са правилима техничког цртања, која су прописана ради постизања једнообразности.

Техничка документација је урађена за све нестандартне делове рам пумпе и приложена је на крају овог рада. Рам пумпа је подељена на главне подсклопове и на помоћне делове подсклопова пумпе.

Обележавање цртежа се врши на следећи начин:

01.XX.YY

01 – ознака за склопни цртеж пумпе,

XX – ознака за цртеже подсклопова,

YY – ознака за делове подсклопова.

Овакав вид означавања цртежа је према SRPS стандарду. Таблице које су коришћене у техничким цртежима су такође по SRPS стандарду.

Избор материјала је рађен по препорукама из литературе [17]. Толеранције су дате такође према препорукама из литература и дате су стандардно где се касније при изради делова врши прорачунавање у бројним вредностима одступања. Квалитет обраде је условљен према савету ментора рада и литературе [18].

На цртежима нису дате ознаке за заваривање јер њих накнадно одређује фирма у којој би се вршила израда рам пумпе. По искуству и савету ментора, технологију заваривања прописује технолог заваривања фирме у којој би се вршио поступак и режим заваривања, и то се дешава оног тренутка када отпочне израда рам пумпе.

10.3. Економски аспекти рам пумпе

Сваки машински систем треба да је економски оправдан у погледу цене, продуктивности, степена искоришћења, потребних трошкова експлоатације итд [19]. Упоредно са остваривањем техничких карактеристика морају се при конструисању испоштовати и економски захтеви.

Када је реч о прототипу рам пумпе која је приказана, она је у потпуности исплатива, јер не захтева велика улагања а даје задовољавајуће резултате. За прототип рам пумпе није потребан ни један вид уноса енергије за њен рад који би стварао додатне трошкове, сем енергије воде са извора где би се пумпа инсталирала. За целокупан систем прототипа рам пумпе потребна је инвестиција од 5000 динара која би се уложила за њено самостално прављење и инсталирање, додатни трошкови касније не постоје.

Када би се прототип пумпе упоређивао са неком другом пумпом истих карактеристика у погледу излазног протока воде, било да је реч о електричној пумпи или пумпом са унутрашњим сагоревањем у потпуности би била исплатива. Јер пумпе на електрични погон или погон са унутрашњим сагоревањем увек ће имати додатне трошкове у виду снабдевања електричном енергијом, горивом, одржавањем, сервисирањем итд.

На основу овога може се закључити да је прототип рам пумпе који је направљен, у потпуности исплатива и инвестиција у односу на било коју другу пумпу која би се инсталирала.

Што се тиче економског показатеља иновативног решења рам пумпе у овом случају не може бити дат, јер се није вршила израда иновативног решења него само израда прототипа пумпе. Може се само навести на који начин и где се остварује уштеда израдом ове пумпе у односу на постојећа решења.

Највећа уштеда је при конструисању неповратног и прекидног (ударног) вентила, где се водило рачуна да су они једноставни за израду а при томе да се остварује најбоља функционалност при њиховом раду. Уштеда се појављује и при избору материјала, начину израде делова, уложеног буџета, потребног радног простора, итд.

10.4. Радни век, одржавање и сервисирање рам пумпе

Што се тиче одржавања, ова рам пумпа није претерано захтевна јер спада у лако одрживе машинске системе због своје масивне конструкције и широких толеранција које треба да обезбеди.

Клизних елемената на пумпи нема, тако да нема много хабања и није неопходно посебно одржавање њихових додирних површина.

Што се тиче редовног одржавања ове пумпе као целине, битно је да се једном недељно провери да ли има талога од муља у телу пумпе и да ли на доводној цеви не постоји нека препрека која онемогућава доток воде у цев. Ако постоји нека препрека на доводној цеви потребно је склонити, или ако постоји муљ у телу пумпе потребно је тај муљ извадити из тела одвијањем завртња који се налази на најнижој тачки тела пумпе.

Сервисирање пумпе се врши периодично, једном годишње када се проверавају дихтунзи пумпе, њихова геометрија и тачност. У случају да дође до промена геометрије и тачности потребно их је заменити новим, јер на тај начин се продужава век трајања пумпе.

Радни век пумпе предвиђен је при нормалном раду и уз редовно одржавање и сервисирање на пет година. Радни век се одређује на основу радног века материјала од којих се производе делови за пумпу, и при том радном веку на материјалу се не могу десити никаква оштећења. На основу извора података од произвођача за радни век материјала могуће је очекивати вишеструко дужи радни век.

11. Закључак

У целом свету се предузимају бројне активности да се побољша контрола и ефикасност употребе воде, као и да се смањи потрошња енергије, пре свега побољшањем енергетске ефикасности. Да би се обезбедио одржив развој, свет се мора окренути ка кохерентном и целовитом управљању водом, храном и енергијом.

Како почиње да расте енергетска криза поново постаје све актуелнија примена рам пумпе, које су широко коришћене у 19 веку, али је са појавом електричне енергије и електричних пумпи интересовање за њих опало.

У раду је приказан прототип рам пумпе који је направљен и инсталиран на водозахвату у селу Сење. Инсталација и мерење ефикасности пумпе помоћу протока воде на улазу и излазу из пумпе извршена је само за потребе мастер рада, на основу које се осмислила конструкција иновативног решења рам пумпе.

Када је реч о прототипу рам пумпе која је приказана у раду, она је у потпуности исплатива, јер не захтева велика улагања а даје задовољавајуће резултате. Упоредивањем прототипа рам пумпе са неком другом пумпом истих карактеристика у погледу излазног протока воде, било да је реч о електричној пумпи или пумпом са унутрашњим сагоревањем у потпуности би била исплатива. Јер пумпе на електрични погон или погон са унутрашњим сагоревањем увек ће имати додатне трошкове у виду снабдевања електричном енергијом, горивом, одржавањем, сервисирањем итд.

На основу овога може се закључити да прототип рам пумпе који је направљен, је у потпуности исплатива инвестиција у односу на било коју другу пумпу која би се инсталирала.

Иновативно решење рам пумпе за подизање воде енергијом хидрауличног удара, има за циљ повећање енергетске ефикасности у премпуцавању воде за разне потребе, јер не користи никакву споља унуту енергију, било да је то електрична енергија или енергија из мотора са унутрашњим сагоревањем.

Конструисање иновативног решења рам пумпе извршило се на основу прототипа, који је направљен од стандарних делова и функцију је имао само за потребе усавршавања иновативног решења. Конструисање иновативног решења рам пумпе представљало је један дуг, свеобухватан и тежак процес.

Детаљно анализирање постојећих решења је омогућило креирање идејног решења конструкције рам пумпе, што је допринело смањењу конструкционих варијанти пумпи. На основу прикупљених података приступило се конципирању и формирању конструкције рам пумпи. У фази детаљног конструисања ништа није битно промењено на самој конструкцији пумпе, од онога што је усвојено као најбоље иновативно решење.

Анализом конструкције рам пумпе, може се закључити да су сва ограничења и услови у виду габарита, функције и радних својства, датих на почетку, испуњени. Што је и био један од главних услова на почетку рада.

Пумпа је апсолутно монтажна-демонтажан, што омогућава лако руковање, премештање и одржавање. Са економског аспекта конструкција испуњава све економске захтеве, јер се њеном применом смањују финансиски трошкови.

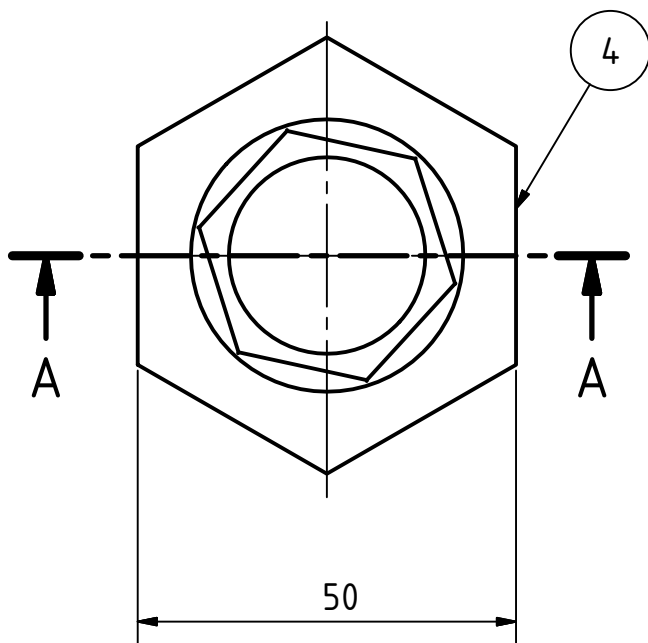
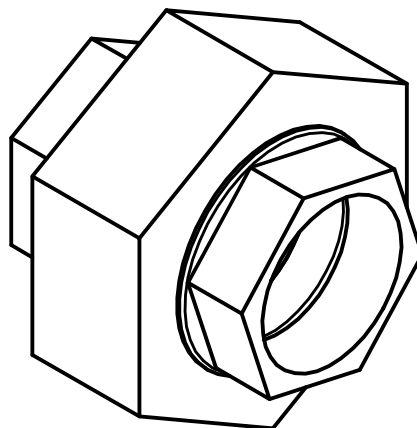
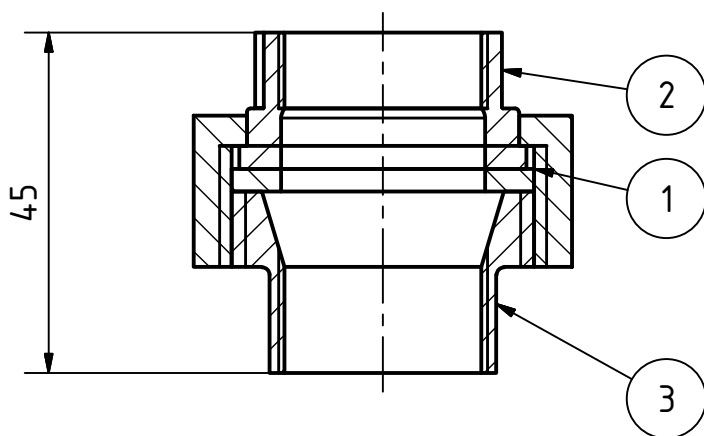
Примена пумпе у реалним условима експлатације, показује да, због бројних повољности, овакве пумпе могу успешно да се користе у пољопривредној производњи, у сточарству као и за обезбеђење техничке или технолошке воде са друге потребе. Радни век пумпе предвиђен је при нормалном раду и уз редовно одржавање и сервисирање, пумпа се може користити у дугом временском периоду.

Циљ рада је испуњен, конструкција пумпе задовољава све услове који су постављени на почетку рада и пре свега конструкција је применљива у пракси, што је био и примарни циљ.

12. Прилог 1

Техничка документација склопа и подсклопова прототипа рам пумпе са саставницом

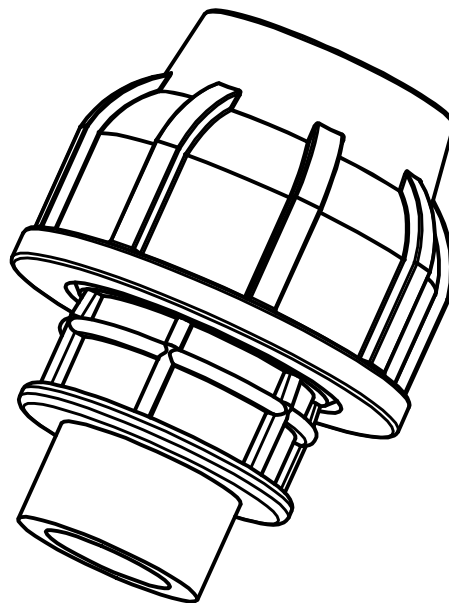
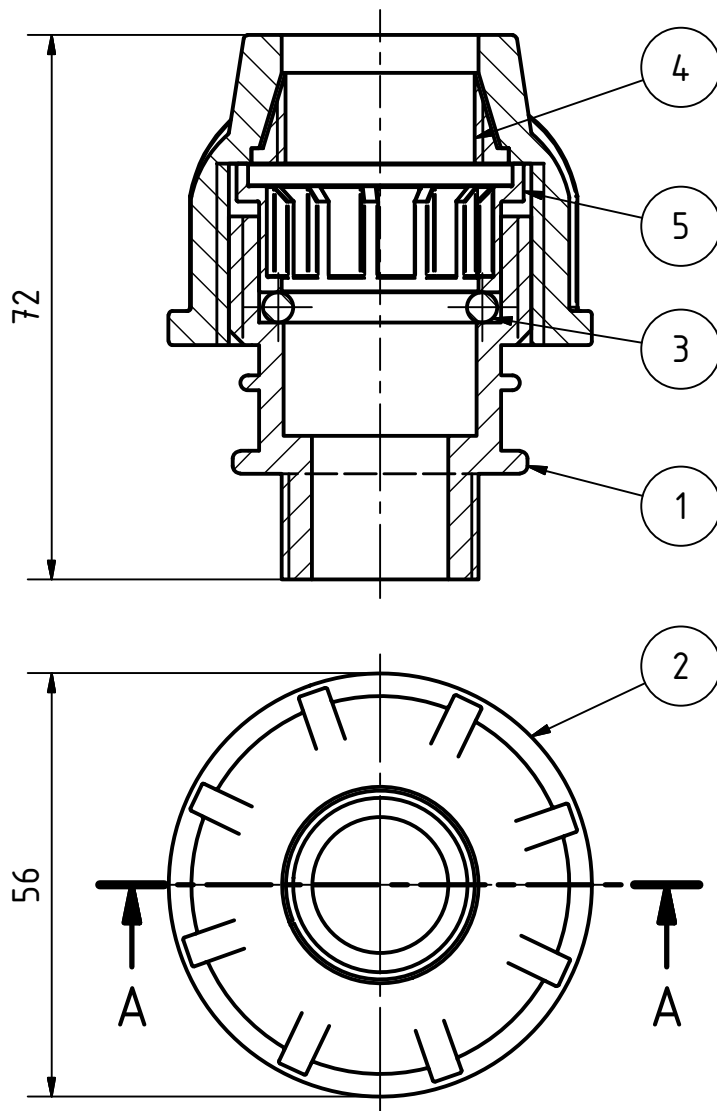
Presek: A-A
Razmera: (1 : 1)



4	1	Središnji deo	P1.01.01.04	Φ 58x20mm	Mesing-K.CuZn40
3	1	Gornji deo	P1.01.01.03	Φ 40x24mm	Mesing-K.CuZn40
2	1	Donji deo	P1.01.01.02	Φ 38x18mm	Mesing-K.CuZn40
1	1	Dihtung	P1.01.01.01	Φ 40x3mm	Guma-EPDM
Poz.	Kom.	Naziv	Oznaka	Opis	Materijal

								Razmera 1:1							
				Datum		Ime		Naziv Spojka							
				Obradio		30-Aug-17 Nikola Damjanović									
				Odobrio											
				Standard											
				Fakultet inženjerskih nauka				Oznaka				List			
								P1.01.01.00				2			
												A4			
State		Izmene		Datum		Ime									

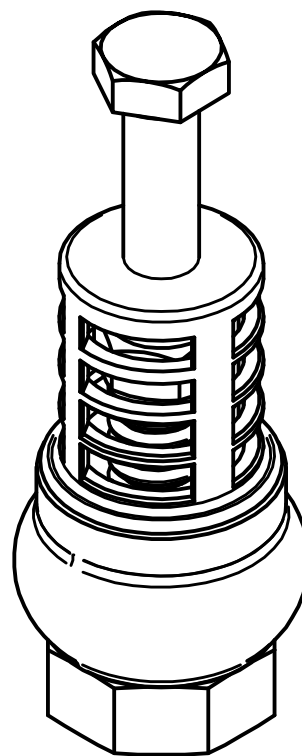
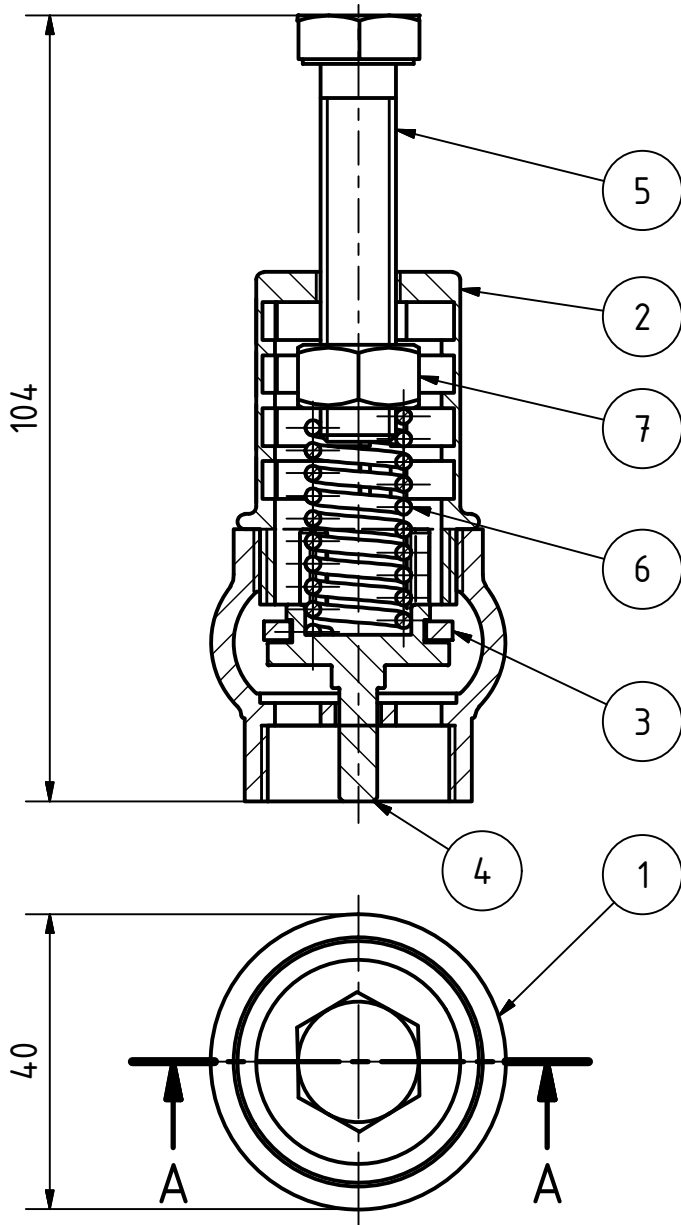
Presek: A-A
Razmera: (1 : 1)



5	1	Prsten	P1.01.02.05	Φ 38x17mm	Plastika-PP-MA-21
4	1	Osigurač	P1.01.02.04	Φ 34x12mm	Plastika-PP-MA-21
3	1	Gumica	P1.01.02.03	Φ 30x4mm	Guma-EPDM
2	1	Gornji deo	P1.01.02.02	Φ 56x41mm	Plastika-PP-MA-21
1	1	Donji deo	P1.01.02.01	Φ 40x48mm	Plastika-PP-MA-21
Poz.	Kom.	Naziv	Oznaka	Opis	Materijal

								Razmera 1:1	
				Datum	Ime	Naziv Poluspojka 1			
			Obradio	30-Aug-17	Nikola Damjanović				
			Odobrio						
			Standard						
				Fakultet inženjerskih nauka		Oznaka P1.01.02.00			List 3
									A4
State	Izmene	Datum	Ime						

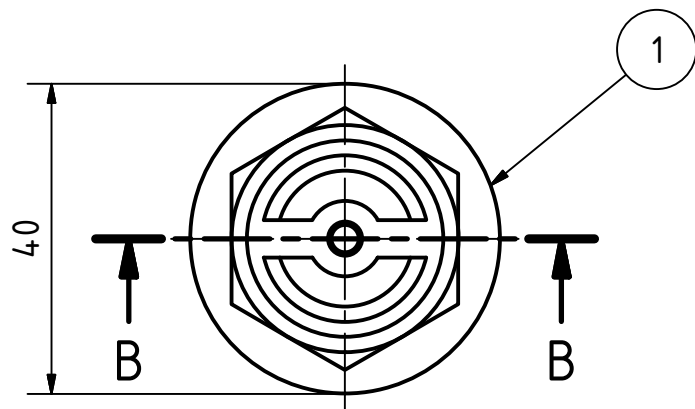
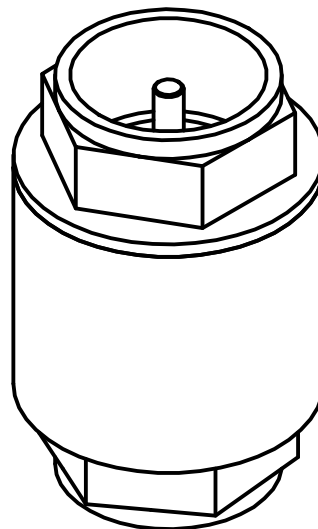
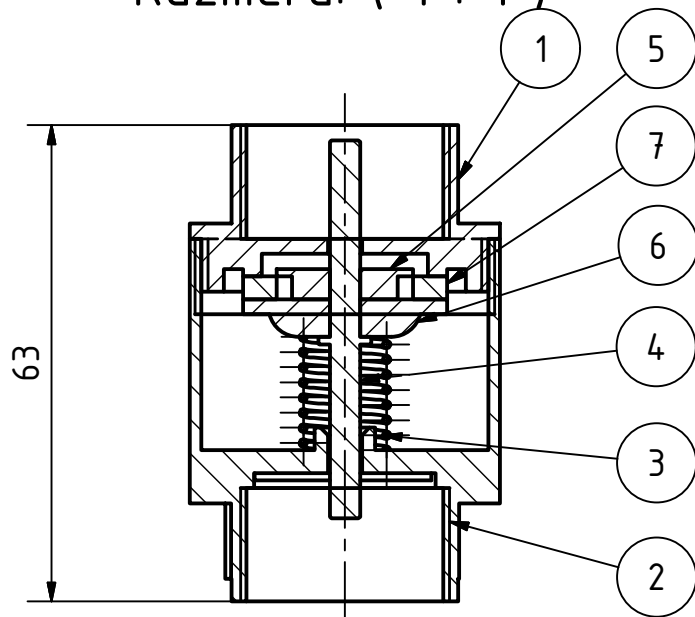
Presek: A-A
Razmera: (1 : 1)



7	1	Navrtka	P1.01.03.07	ISO 4032 - M10	Č1220
6	1	Opruga	P1.01.03.06	Φ 14x1x30mm	Č1220
5	1	Zavrtanj	P1.01.03.05	ISO 4017 - M10 x 50	Č1220
4	1	Vođica	P1.01.03.04	Φ 24x35mm	Mesing-K.CuZn 40
3	1	Dichtung	P1.01.03.03	Φ 25x2,5mm	Guma-EPDM
2	1	Gornji deo ventila	P1.01.03.02	Φ 32x44mm	Mesing-K.CuZn 40
1	1	Donji deo ventila	P1.01.03.01	Φ 40x36mm	Mesing-K.CuZn 40
Poz.	Kom.	Naziv	Oznaka	Opis	Materijal

								Razmera 1:1		
				Datum	Ime	Naziv Udarni ventil				
			Obradio	30-Aug-17	Nikola Damjanović					
			Odobrio							
			Standard							
				Fakultet inženjerskih nauka		Oznaka P1.01.03.00			List 4	
									A4	
State	Izmene	Datum	Ime							

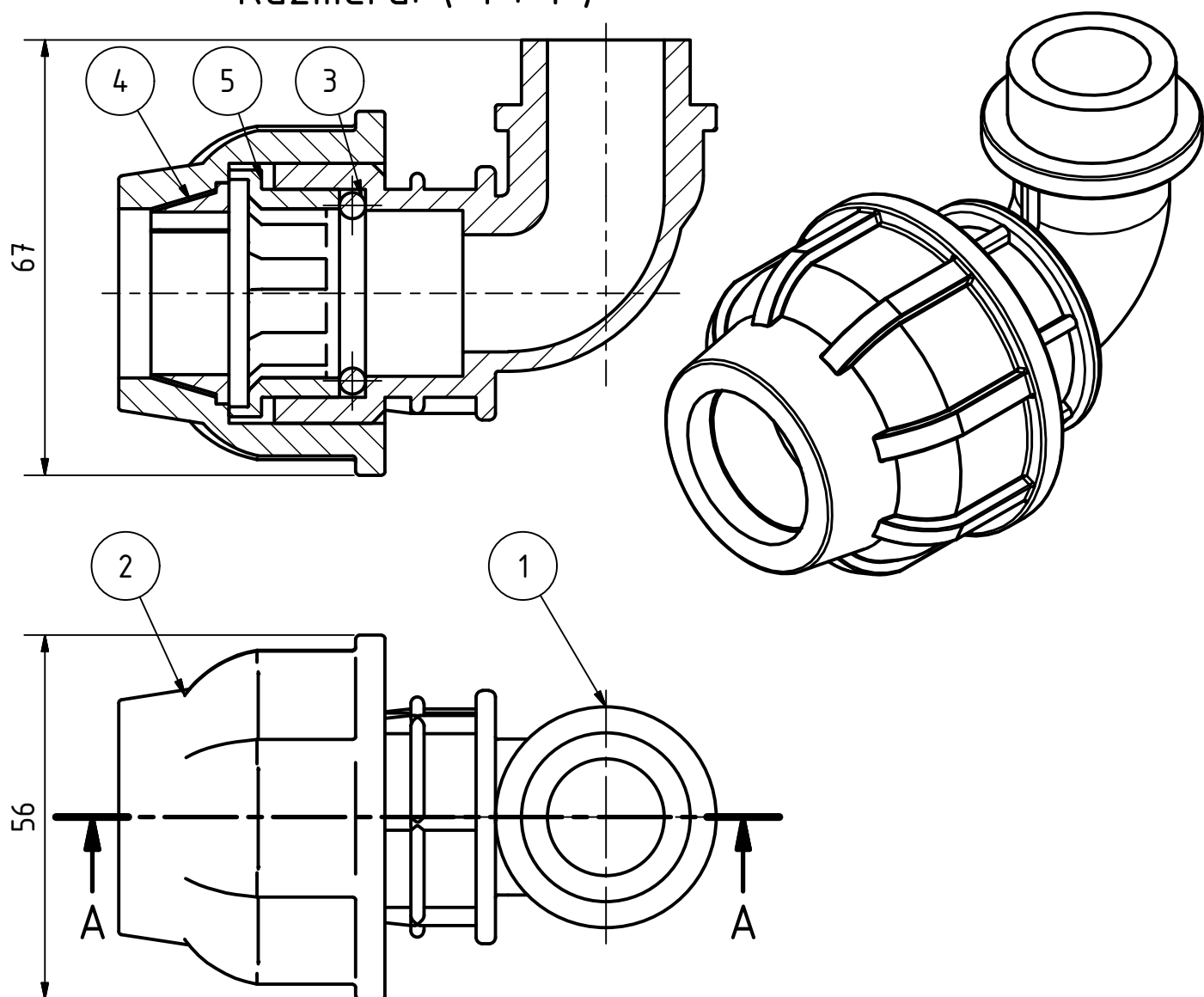
Presek: B-B
Razmera: (1 : 1)



7	1	Gumica	P1.01.04.07	Φ 27x3mm	Guma-EPDM
6	1	Prsten 2	P1.01.04.06	Φ 27x5mm	Mesing-K.CuZn40
5	1	Prsten 1	P1.01.04.05	Φ 18x4mm	Mesing-K.CuZn40
4	1	Osovinica	P1.01.04.04	Φ 7x50mm	Mesing-K.CuZn40
3	1	Opruga	P1.01.04.03	Φ 12x1x15mm	Č1220
2	1	Gornji deo	P1.01.04.02	Φ 40x22mm	Mesing-K.CuZn40
1	1	Donji deo	P1.01.04.01	Φ 40x48mm	Mesing-K.CuZn40
Poz.	Kom.	Naziv	Oznaka	Opis	Materijal

			Razmera 1:1		
			Datum	Ime	Naziv Nepovratni ventil
		Obradio	30-Aug-17	Nikola Damjanović	
		Odobrio			
		Standard			
			Fakultet inženjerskih nauka		Oznaka P1.01.04.00
State	Izmene	Datum	Ime		List 5 A4

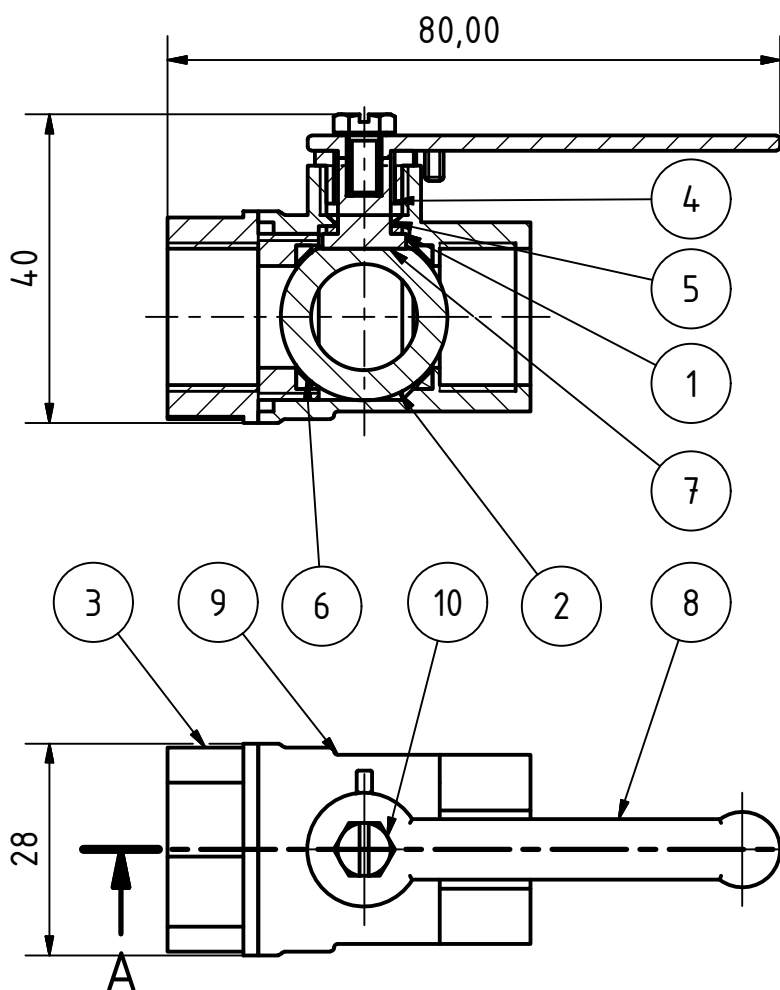
Presek: A-A
Razmera: (1 : 1)



5	1	Prsten	P1.01.05.05	Φ 38x17mm	Plastika-PP-MA-21
4	1	Osigurač	P1.01.05.04	Φ 34x12mm	Plastika-PP-MA-21
3	1	Gumica	P1.01.05.03	Φ 30x4mm	Guma-EPDM
2	1	Gornji deo	P1.01.05.02	Φ 56x41mm	Plastika-PP-MA-21
1	1	Donji deo	P1.01.05.01	Φ 68x58mm	Plastika-PP-MA-21
Poz.	Kom.	Naziv	Oznaka	Opis	Materijal

			Razmera 1:1		
			Naziv		
			Poluspojka 90°		
			Oznaka		
			P1.01.05.00		
			List		
			6		
			A4		
Stafa	Izmene	Datum	Ime		

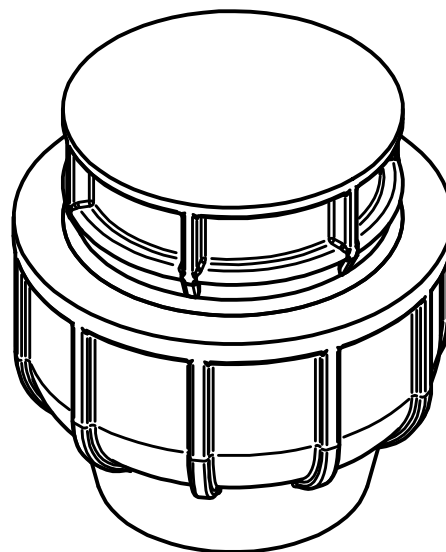
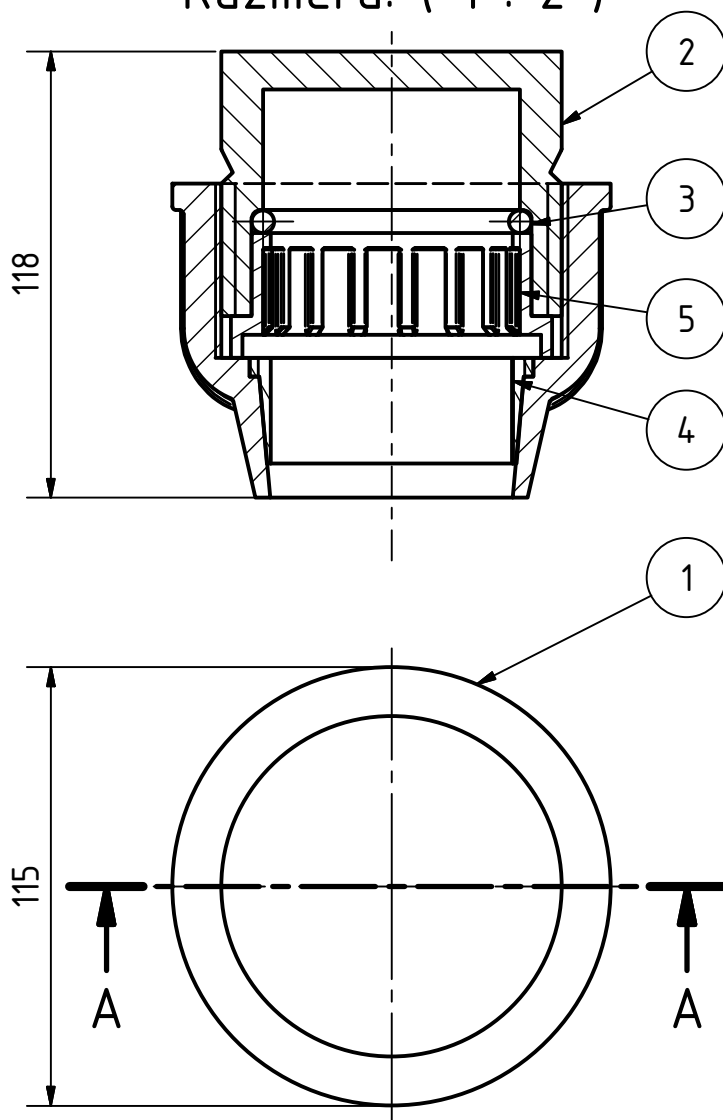
Presek: A-A
Razmera: (1 : 1)



10	1	Zavrtnanj	P1.01.06.10	ISO 1207 - M4 x 8	Č1220
9	1	Telo	P1.01.06.09	Φ 28x36mm	Mesing-K.CuZn40
8	1	Ručica	P1.01.06.08	14x62x2mm	Č0545
7	1	Osovinica	P1.01.06.07	Φ 11x12mm	Mesing-K.CuZn40
6	2	Osigurač 2	P1.01.06.06	Φ 18x2mm	Plastika-PP-MA-21
5	1	Osigurač 1	P1.01.06.05	Φ 10x2,5mm	Plastika-PP-MA-21
4	1	Navrtka 2	P1.01.06.04	Φ 13x7mm	Mesing-K.CuZn40
3	1	Navrtka 1	P1.01.06.03	Φ 28x12mm	Mesing-K.CuZn40
2	1	Kuglica	P1.01.06.02	Φ 22mm	Plastika-PP-MA-21
1	1	Gumica	P1.01.06.01	Φ 8x1mm	Guma-EPDM
Poz.	Kom.	Naziv	Oznaka	Opis	Materijal

								Razmera 1:1	
				Datum	Ime	Naziv Ventil			
			Obradio	30-Aug-17	Nikola Damjanović				
			Odobrio						
			Standard						
				Fakultet inženjerskih nauka		Oznaka P1.01.06.00			List 7
									A4
State	Izmene	Datum	Ime						

Prasek: A-A
Razmera: (1 : 2)



5	1	Prsten	P1.01.07.05	Φ 85x33mm	Plastika- PP-MA-21
4	1	Osigurač	P1.01.07.04	Φ 80x34mm	Plastika- PP-MA-21
3	1	Gumica	P1.01.07.03	Φ 70x6mm	Guma-EPDM
2	1	Gornji deo	P1.01.07.02	Φ 90x70mm	Plastika- PP-MA-21
1	1	Donji deo	P1.01.07.01	Φ 150x83mm	Plastika- PP-MA-21
Poz.	Kom.	Naziv	Oznaka	Opis	Materijal

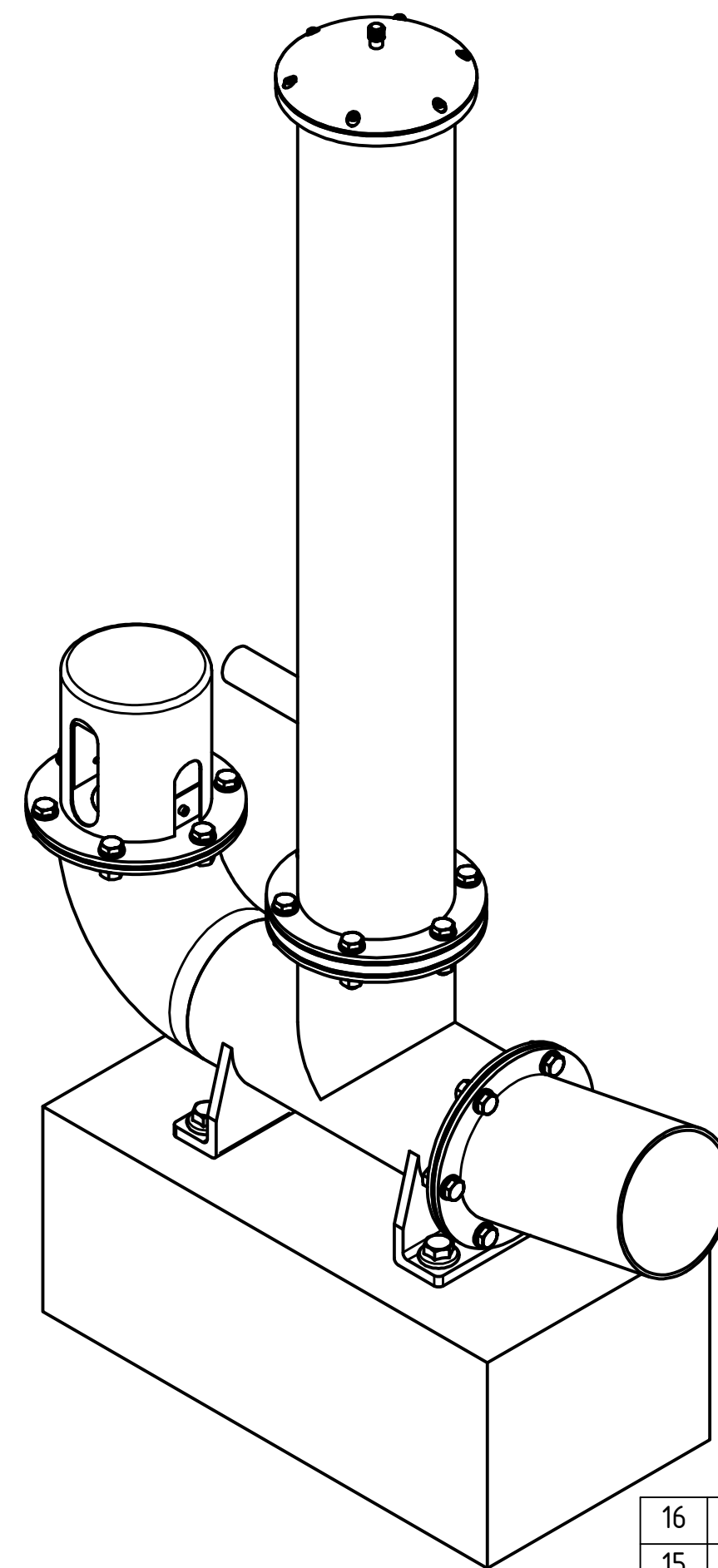
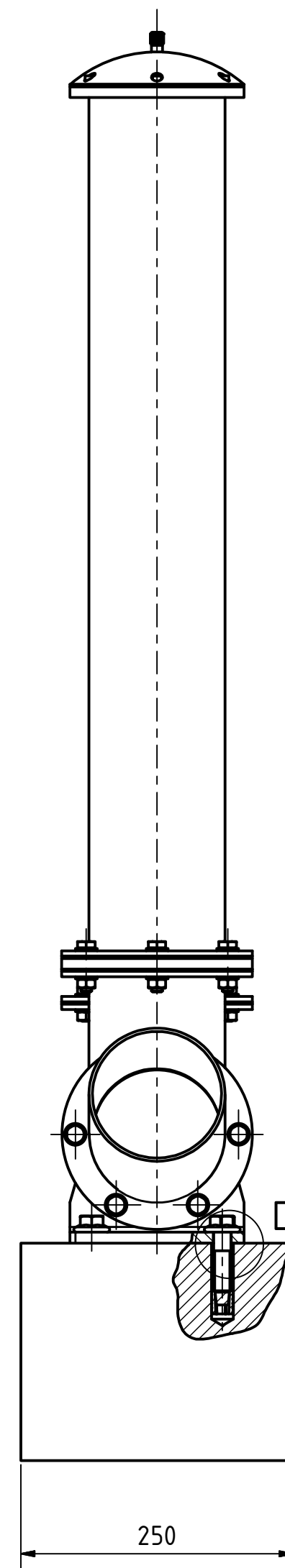
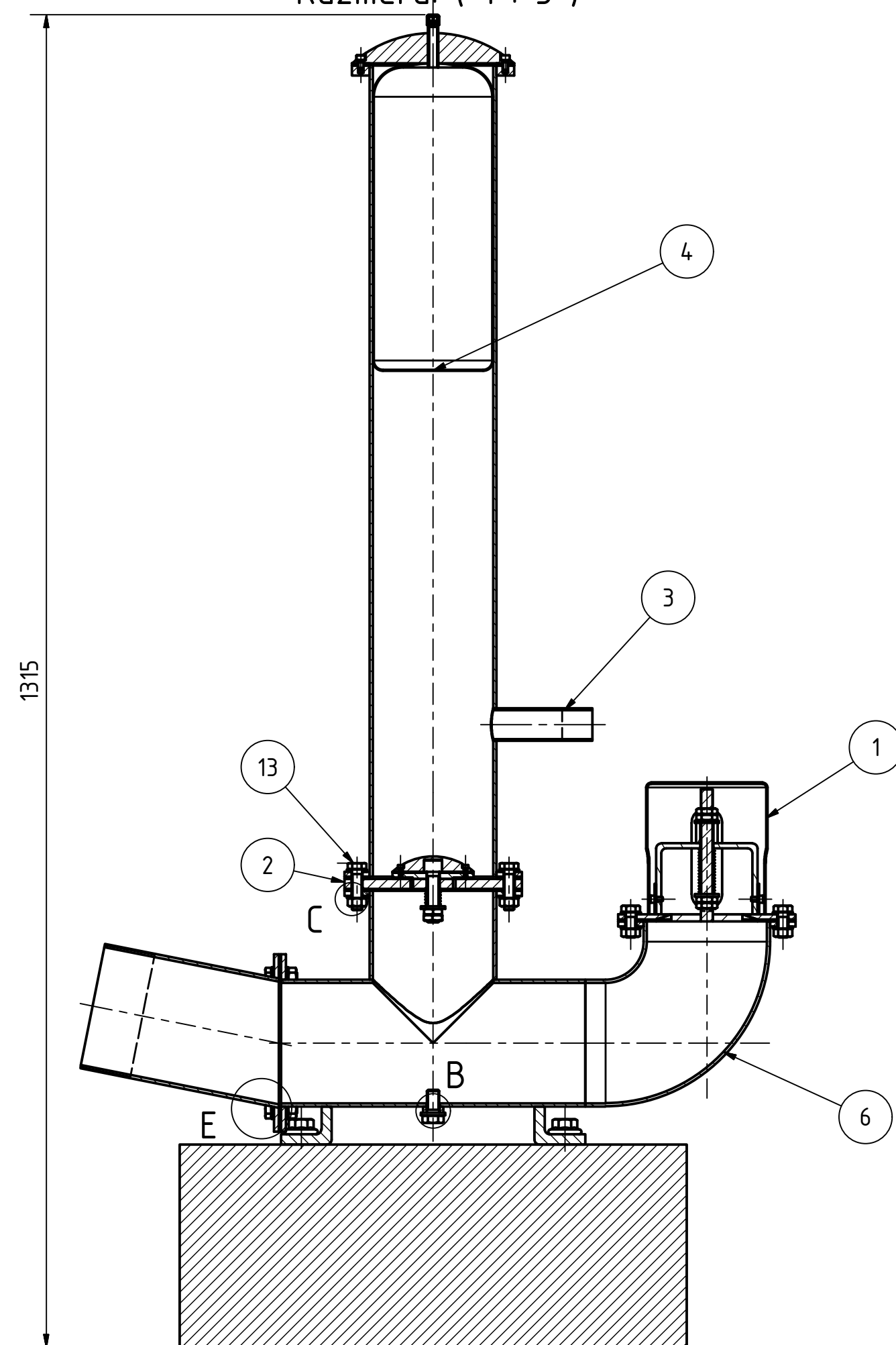
						Razmera 1:2	
			Datum	Ime	Naziv Poluspojka 3		List 8
			Obradio	30-Aug-17 Nikola Damjanović			
			Odobrio				
			Standard				
			Fakultet inženjerskih nauka			Oznaka P1.01.07.00	A4
State	Izmene	Datum	Ime				

13. Прилог 2

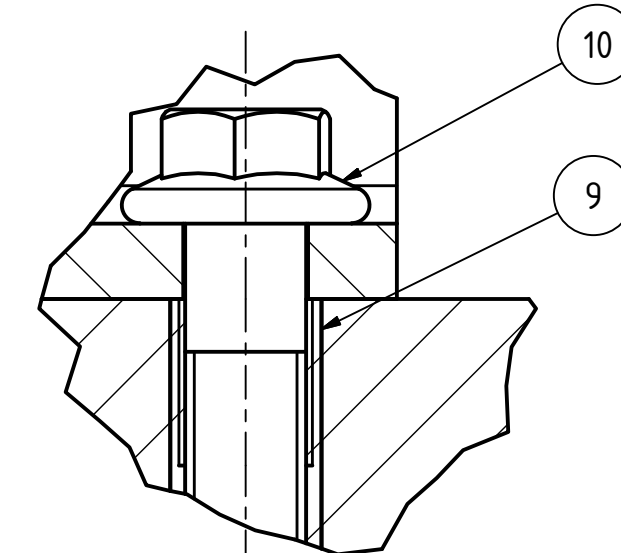
Техничка документација склопа и подсклопова иновативног решења рам пумпе са саставницом

Razmera: (1 : 5)

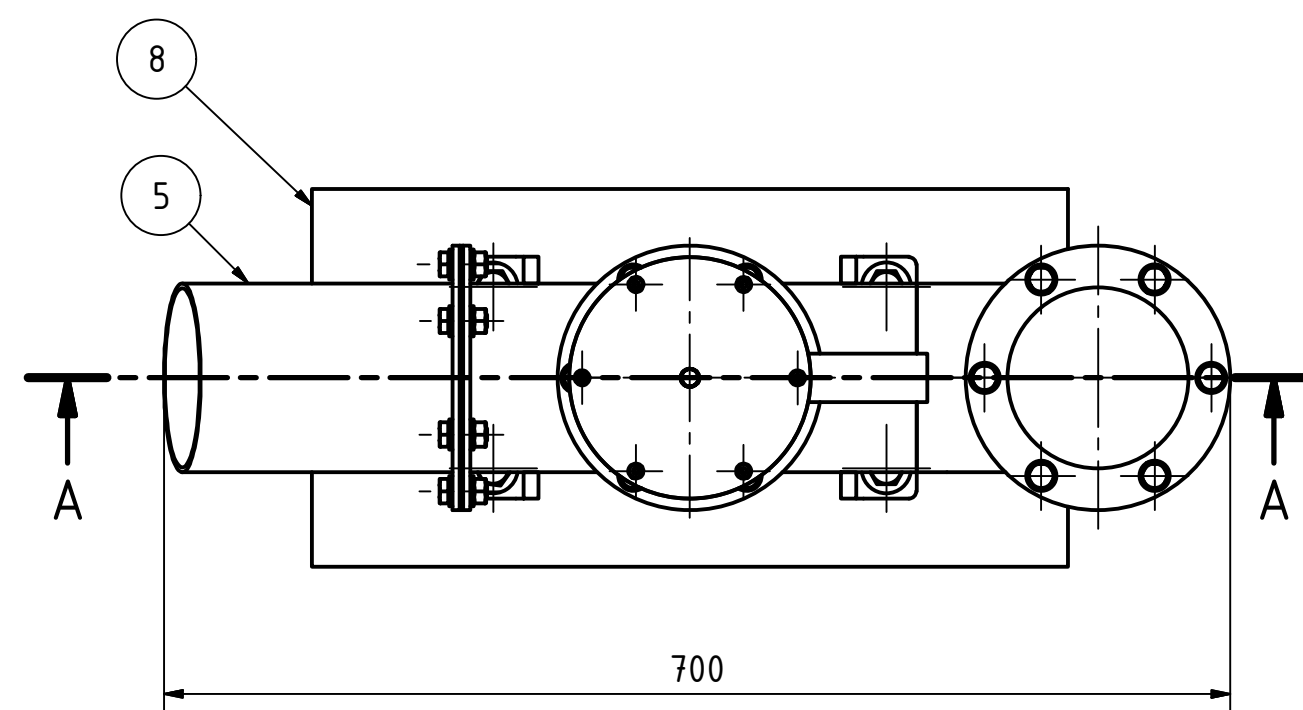
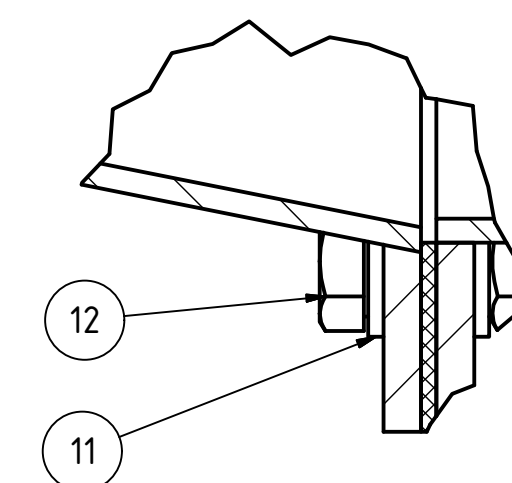
Razmera: (1 : 5)



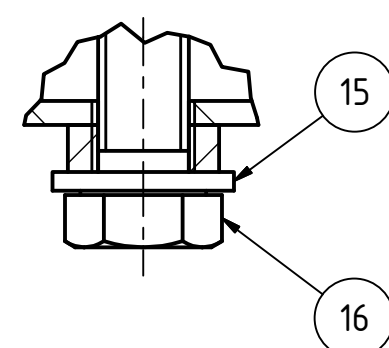
Detalj: D
Razmera: (1 : 1)



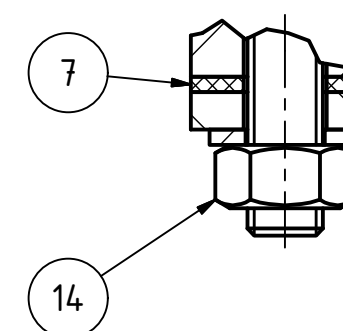
Detalj: E
Razmera: (1 : 1)



Detalji: B
Razmera: (1 : 1)

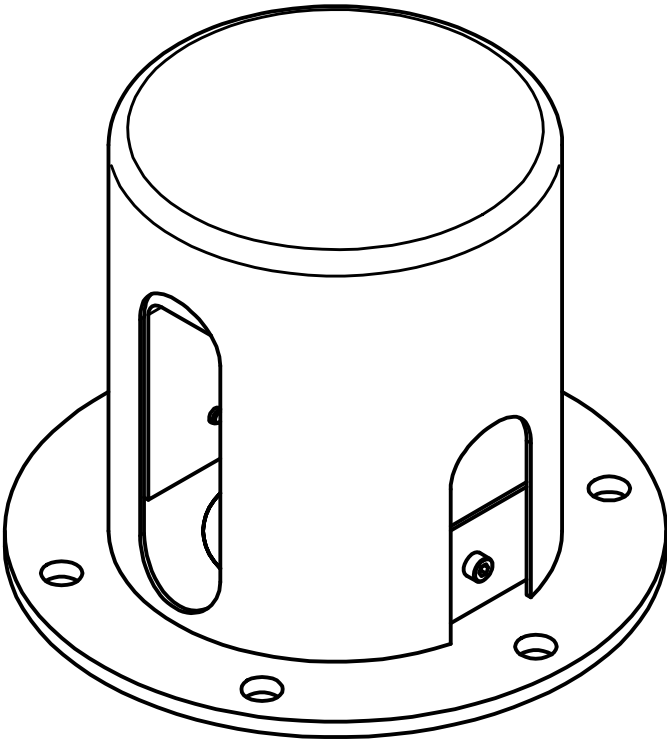
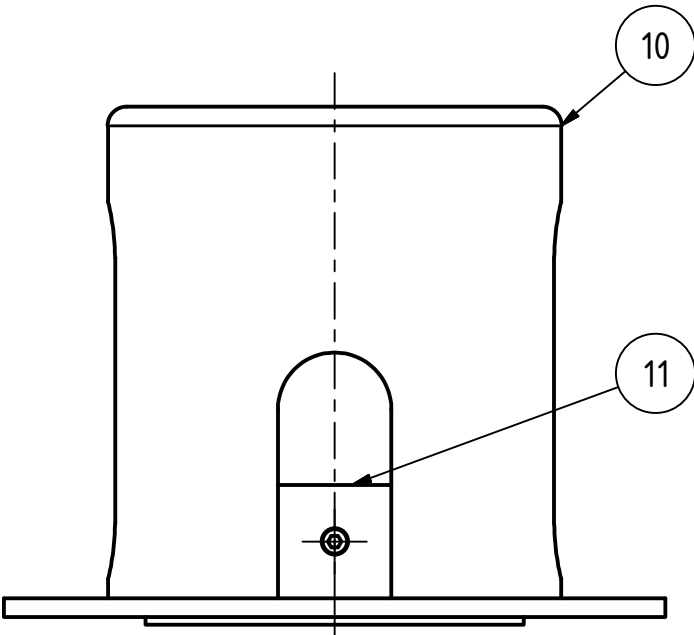
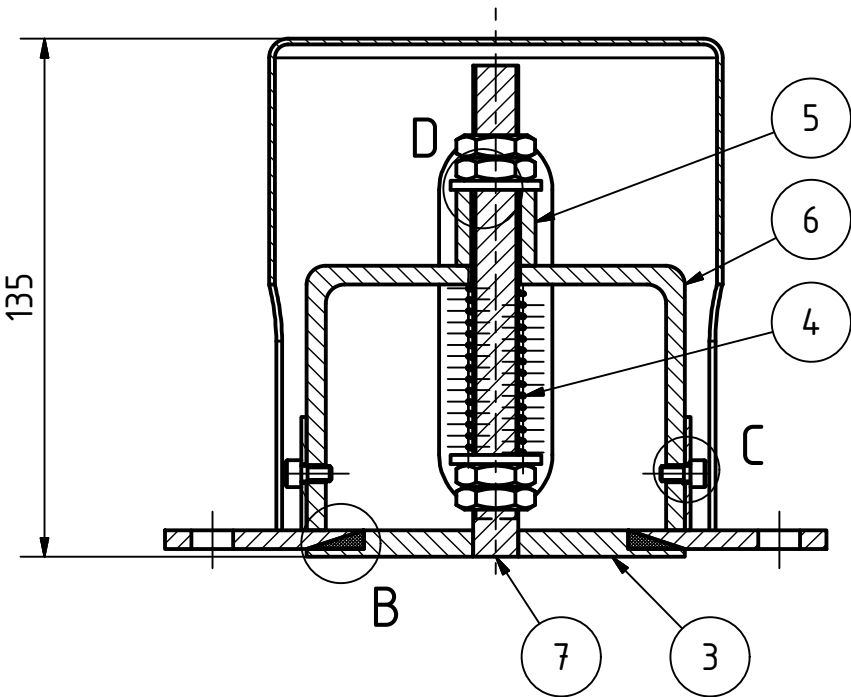


Detalj: C
Razmera: (1 : 1)

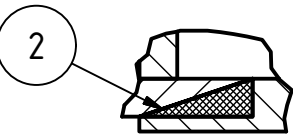


16	1	Zavrtanj	P1.01.16.00	ISO 4017 - M12 x 25	Č1220
15	1	Podloška	P1.01.15.00	ISO 7089 - 12 - 140 HV	Č1220
14	18	Navrtnka	P1.01.14.00	ISO 4032 - M10	Č1220
13	6	Zavrtanj	P1.01.13.00	ISO 4017 - M10 x 40	Č1220
12	12	Zavrtanj	P1.01.12.00	ISO 4017 - M10 x 25	Č1220
11	36	Podloška	P1.01.11.00	ISO 7089 - 10 - 140 HV	Č1220
10	4	Zavrtanj	P1.01.10.00	ISO 4162 - M16 x 55	Č1220
9	4	Tipli	P1.01.09.00	Φ20x65mm	Č0545
8	1	Betonska ploča	P1.01.08.00	250x500x200mm	Beton
7	4	Gumeni dihtung	P1.01.07.00	Φ175x2mm	Guma-EPDM
6	1	Telo pumpe	P1.01.06.00	Φ125x480mm	Č1212
5	1	Dovodna cev	P1.01.05.00	Φ125x200mm	Č1212
4	1	Membrana	P1.01.04.00	Φ116x350mm	Guma-EPDM
3	1	Ekspanzioni sud	P1.01.03.00	Φ125x850mm	Č1212
2	1	Nepovratni ventil	P1.01.02.00	Φ175x65mm	Č0545
1	1	Udarni ventil	P1.01.01.00	Φ175x135mm	Č1202
Poz.	Kom.	Naziv	Oznaka	Opis	Materijal
			Razmera 1:5		
			Naziv		
			Inovativno rešenje Ram pumpe		
			Oznaka		
			P1.01.00.00		
			List 1		
			A2		
			Fakultet inženjerskih nauka		
			Datum		
			Ime		
			Odobrio		
			Standard		
			State		
			Ime		
			Datum		
			Ime		

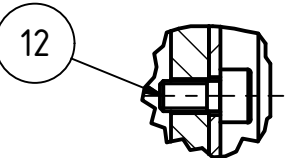
Presek: A-A
Razmera: (1 : 2)



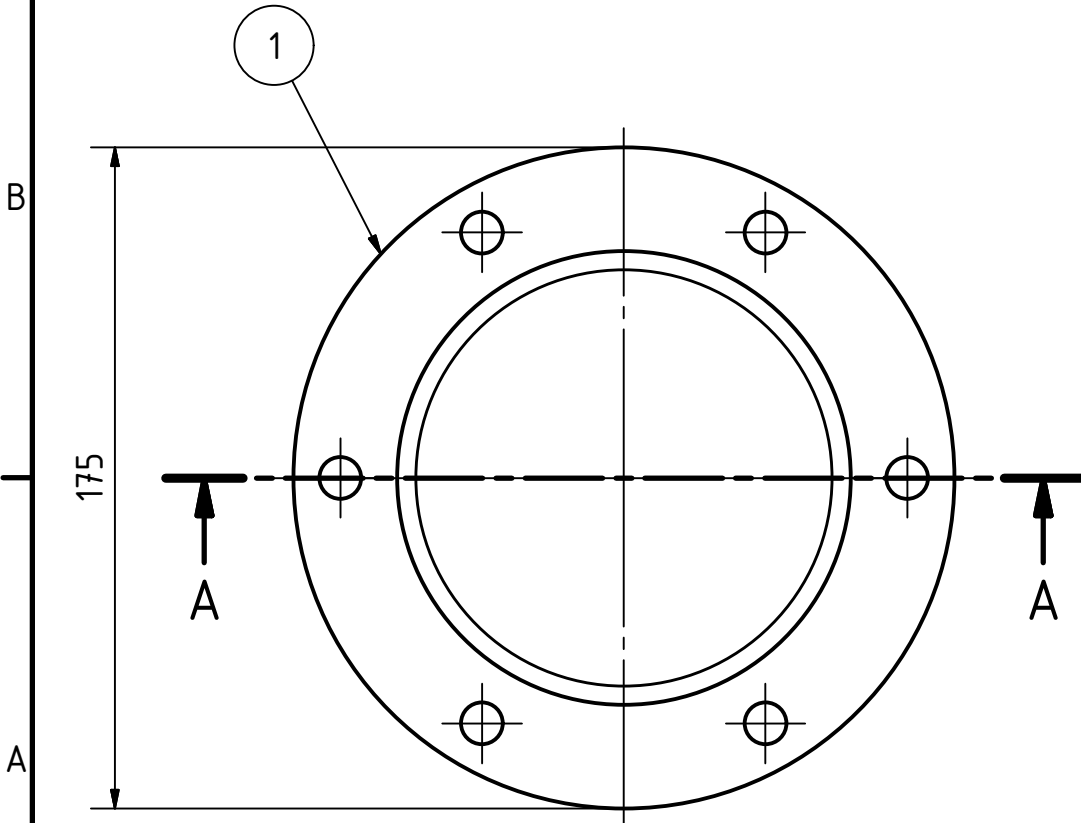
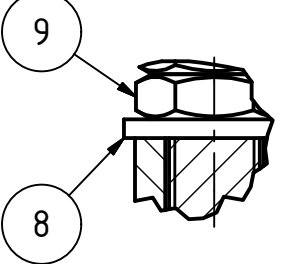
Detalj: B
Razmera: (1 : 1)



Detalj: C
Razmera: (1 : 1)



Detalj: D
Razmera: (1 : 1)



12	2	Zavrtnanj	P1.01.01.12	ISO 4762 - M4 x 8	Č1220
11	2	Pločica	P1.01.01.11	30x1,5x60 mm	Č0545
10	1	Poklopac	P1.01.01.10	Φ120x130 mm	Č0545
9	4	Navrtka	P1.01.01.09	ISO 8675 - M12 x 1.25	Č1220
8	2	Podloška	P1.01.01.08	ISO 7089 - 12 - 140 HV	Č1220
7	1	Osovinica	P1.01.01.07	Φ12x130 mm	Č1220
6	1	Nosač osovinice	P1.01.01.06	Φ100x70 mm	Č0545
5	1	Vođica osovinice	P1.01.01.05	Φ21x20 mm	Č1220
4	1	Opruga	P1.01.01.04	Φ14x1x45 mm	Č 1220
3	1	Donja ploča 2	P1.01.01.03	Φ100x7 mm	Č0545
2	1	Dihtung	P1.01.01.02	Φ100x5 mm	Guma- EPDM
1	1	Donja ploča 1	P1.01.01.01	Φ175x5 mm	Č0545

Poz.	Kom.	Naziv	Oznaka	Opis	Materijal
12	2	Zavrtnanj	P1.01.01.12	ISO 4762 - M4 x 8	Č1220
11	2	Pločica	P1.01.01.11	30x1,5x60 mm	Č0545
10	1	Poklopac	P1.01.01.10	Φ120x130 mm	Č0545
9	4	Navrtka	P1.01.01.09	ISO 8675 - M12 x 1.25	Č1220
8	2	Podloška	P1.01.01.08	ISO 7089 - 12 - 140 HV	Č1220
7	1	Osovinica	P1.01.01.07	Φ12x130 mm	Č1220
6	1	Nosač osovinice	P1.01.01.06	Φ100x70 mm	Č0545
5	1	Vođica osovinice	P1.01.01.05	Φ21x20 mm	Č1220
4	1	Opruga	P1.01.01.04	Φ14x1x45 mm	Č 1220
3	1	Donja ploča 2	P1.01.01.03	Φ100x7 mm	Č0545
2	1	Dihtung	P1.01.01.02	Φ100x5 mm	Guma- EPDM
1	1	Donja ploča 1	P1.01.01.01	Φ175x5 mm	Č0545
Poz. Kom. Naziv Oznaka Opis Materijal					
Razmera 1:2					
Naziv					
Udarni ventil					
Oznaka					
P1.01.01.00					
List 2					
A3					
Fakultet inženjerskih nauka					
Datum					
10-Sep-17					
Ime					
Nikola Damjanovic					
Obradio					
Standard					
Odobrio					
Izmene					
State					



Литература

- [1] Jeffery, T. D., "Hydraulic Ram Pumps - A Guide to Ram Pumps Water Supply System", Intermediate Technology Publications, 1992.
- [2] Teferi Taye, "Hydraulic Ram Pump", Journal of the Ethiopian Society of Mechanical Engineers, Vol. II, No. 1, July, 1998.
- [3] Hydraulic ram; интернет адреса: http://en.wikipedia.org/wiki/Hydraulic_ram [приступљено 18.02.2017.]
- [4] ОР 4- Hydraulic Ram Pump System; интернет адреса: <http://portfolios.gaiauniversity.org/view/view.php?id=952> [приступљено 18.02.2017.]
- [5] Hidraulička pumpa; интернет адреса: <http://www.srebrnstojanovic.rs/hidraulickarpumpa.html> [приступљено 18.02.2017.]
- [6] Н. Марјановић, „Методe конструисања”, Машински факултет, Крагујевац, 1999.
- [7] Clemson; интернет адреса: <http://www.clemson.edu/irrig/Equip/ram.htm> [приступљено 26.02.2017.]
- [8] Molyneux F., The Hydraulic ram for Rival Water Supply, Fluid Handling, 1960.
- [9] T.D. Jeffery, T.H. Thomas, A.V. Smith, P.B. Glover, P.D.Fountain The Department Technology Unit – Warwick University MDG Publishing, Warwickshire, 2005.
- [10] М. Букуров, „Механика флуида“, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2009.
- [11] М. Букуров, С. Бикић „Механика флуида 2 - скрипта задатака“, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2009.
- [12] Rife Ram Pumps; интернет адреса: <http://www.riferam.com/rams/index.html> [приступљено 03.03.2017.]
- [13] The University of Georgia, College of Agriculture and Environmental Sciences/Athens, Hydraulic Rams For Off-Stream Livestock Watering, 1998.; интернет адреса: <http://www.caes.uga.edu/departments/bae/extension/pubs/documents/rampump3.pdf> [приступљено 08.03.2017.]
- [14] Б. Недић., М. Лазић, „Производне технологије Обрада метала резањем“, Машински факултет, Крагујевац, 2007.
- [15] С. Екиновић, „Поступци обраде резањем“ Машински факултет, Зеница, 2003.
- [16] А. Мајсторовић., М. Јовановић, „Основи заваривања, лемљења и лепљења“, Научна књига, Београд, 1995.
- [17] В. Николић, „Машински елементи“, Машински факултет, Крагујевац, 2004.
- [18] Л. Ивановић, „Техничко цртање са компјутерском графиком“, Машински факултет, Крагујевац, 2008.
- [19] С. Јовичић., Н. Марјановић, „Основи конструисања“, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2011.