

**Факултет инжењерских наука  
Универзитета у Крагујевцу**



**Владимир М. Милијановић**

**Пројектовање постројења за третман воде за систем  
наводњавања пољопривредног земљишта равнице Стиг**

**Назив студијског програма: Машинско инжењерство**

**Ниво студија: Мастер академске студије**

**Модул: Енергетика и процесна техника**

**Предмет: Управљање енерго-еко пројектима**

**Број индекса: 375/2012**

**Комисија за преглед и одбрану:**

1. Проф. др Милун Ј. Бабић - ментор
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

Датум одбране: \_\_\_\_\_

Оцена: \_\_\_\_\_

# **Пројектовање постројења за третман воде за систем наводњавања пољопривредног земљишта равнице Стиг**

## **Мастер рад**

Студентски тим који сачињавају: Александар Милојковић, Милош Митровић, Мирослав Миладиновић и Владимир Милијановић, има задатак да уради пројекат Система за наводњавање пољопривредних површина Стига.

Циљ овог пројекта је да се повећа годишњи принос пољопривредних култура. Значај пољопривреде за развој Стига је све већа како ово поднебље све учесталије погађа суша, па се процењује да би се наводњавањем обрадивих површина у равници Стиг код Пожаревца знатно могао да подигне годишњи принос. Наша је идеја да се за наводњавање ове равнице искористи вода која се испумпава са површинског угљокопа Дрмно, чиме би се постигле значајне еколошке и енергетске користи, али и омогућило Електропривреди Србије да узврати становницима овога краја за све штете које угљенокоп и електрана доносе овом крају. Из угљокопа Дрмно ископава се лигнит за потребе Костолачких термoeлектрана, а по начину експлоатације је специфичан и у европским оквирима, јер се налази на терену који је изложен протицању јаким подземних вода, па као такав поседује јединствени систем за заштиту од површинских и подземних вода приликом експлоатације. Задатак студенског тима је да:

- уради пројекат који би требало да омогући да се поменута вода, након одговарајућег третмана, искористи за наводњавање,
- се поврати један део утрошене енергије уградњом хидрауличних турбина у новопроектовани систем и да се
- пројектује мрежа цевовода и управљање целокупним системом.

Након консултација са члановима тима, решено је да се у оквиру пројекта ураде четири подстудије које својим обимом и садржајем одговарају захтевима које мора да има један мастер рад на мастер студијама енергетике и процесне технике на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу.

Унутар, тимска подела посла налаже студенту **Владимиру М. Милијановићу** да уради завршни сегмент студије који носи назив „Пројектовање постројења за третман воде за систем наводњавања пољопривредног земљишта равнице Стиг“, који треба да:

- уведе читаоца у материју,
- истражи колике су потребе биљака за водом и садржај воде у тлу,
- прикаже позицију равнице Стиг и климатске карактеристике на том поднебљу,
- прикаже основне карактеристике система одводњавања на површинском копу „Дрмно“ и анализира издашност воде,

- изнесе идејно решење наводњавања, пројектује целокупан систем за третман вода са изворишта, као и одговарајући управљачки систем,
- изради у једном од програмских пакета 3Д конструкцију целокупног система за третман вода са свим пратећим компонентама,
- уради комплетну техно-економску анализу пројекта и
- прикаже који су утицаји на животну средину, изнесе одговарајуће закључке.

Кључне речи:

Филтри, аерација, наводњавање, систем, филтрација, издан, акумулација, третман.

## Design of water treatment plants for irrigation of agricultural land plains Stig

### Master work

Student team consisted of: Alexander Milojković, Miloš Mitrović, Miroslav Miladinović and Vladimir Milijanović, has a duty to do system design for irrigation of agricultural lands Stiga.

The aim of this project is to increase the annual yield of agricultural crops and its significance for the development of podnevlja characterized by drought, irrigation of farmland in the valley Stig in Požarevac water that is pumped from the surface open pit Drmno. From this open pit mined lignite for Kostolac thermal power plant, and the way exploitation is special and within the European framework, as it is on the ground which is exposed to the flow of strong ground water, and as such has a unique system for the protection of surface and ground water during operation . The task of the student team that pomunutu water used for irrigation, do adequate treatment partially restore electricity bills, which is used for pumping water by installing hydraulic turbine, a network of pipelines and control the entire system.

After consultation with team members, it was decided to do the project four sub-study of its scope and content meet the requirements that must have a master work of the master studies of Energy and Process Engineering at the Faculty of Engineering Sciences in Kragujevac.

Inside, team division of labor requires the student **Vladimir Milijanović** do segment of the study entitled "Design of water treatment plants for irrigation of agricultural land plains Stig", which should:

- Introduce the reader to the subject matter,
- Specify how the water needs of plants and water content in the soil,
- Show the position of the plain Stig and climatic characteristics in this region,
- Show the main characteristics of the drainage system in open pit "Drmno" and analyze the abundance of water,
- Present the conceptual design of irrigation projects overall system for the treatment of water from the spring, and the correspondingmanuevre system,

- The development of one of the software packages of the entire 3D structural system for the treatment of water with all supporting konponente,
- Do a complete techno-economic analysis of the project,
- Show that the impacts on the environment, present appropriate conclusions.

It was important that with the help of modern software budget and design tools complete idea check, but also to create a 3D virtual documentation of all vital components vodozalivnog system, but also to determine the economic feasibility of investment in the construction of the system.

Keywords:

Filters, aeration, irrigation system, filtration, released, reservoirs, treatment.

## Садржај:

|            |                                                                         |           |
|------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.</b>  | <b>Увод .....</b>                                                       | <b>7</b>  |
| <b>2.</b>  | <b>Потребе биљака за водом .....</b>                                    | <b>8</b>  |
| <b>3.</b>  | <b>Садржај воде у тлу .....</b>                                         | <b>10</b> |
| <b>4.</b>  | <b>Локација равнице Стиг и климатске карактеристике .....</b>           | <b>12</b> |
| 4.1        | Климатске карактеристике .....                                          | 12        |
| <b>5.</b>  | <b>Карактеристике система одводњавања копа Дрмно (изворишта) .....</b>  | <b>16</b> |
| <b>6.</b>  | <b>Идејно решење наводњавања .....</b>                                  | <b>18</b> |
| <b>7.</b>  | <b>Анализа воде са изворишта и издашност .....</b>                      | <b>19</b> |
| 7.1        | Испитивање квалитета воде .....                                         | 20        |
| 7.2        | Издан формирана у алувиону реке Млаве и Дунава .....                    | 21        |
| 7.3        | Издан у лесу .....                                                      | 21        |
| 7.4        | Издан формирана у шљунку и песку (“Дрмска издан”) .....                 | 22        |
| 7.5        | Издан у песковито-прашинастим наслагама повлате III угљеног слоја ..... | 22        |
| 7.6        | Издан у песковито-прашинастим наслагама у подини Шугљеног слоја .....   | 23        |
| <b>8.</b>  | <b>Режим подземних вода .....</b>                                       | <b>24</b> |
| <b>9.</b>  | <b>Потребан квалитет и количина воде за наводњавање .....</b>           | <b>26</b> |
| 9.1        | Количина воде потребне за наводњавање .....                             | 27        |
| <b>10.</b> | <b>Анализа акумулације .....</b>                                        | <b>31</b> |
| <b>11.</b> | <b>Одабир третмана .....</b>                                            | <b>34</b> |
| 11.1       | Механичке методе .....                                                  | 34        |
| 11.2       | Аерација .....                                                          | 35        |
| 11.3       | Филтрација воде .....                                                   | 35        |
| 11.4       | Процес филтрирања .....                                                 | 38        |
| 11.5       | Процессамочишћења .....                                                 | 39        |
| 11.6       | Начини постављања филтра на магистрални цевовод .....                   | 41        |
| <b>12.</b> | <b>Одабир управљачких и регулационих компоненти .....</b>               | <b>42</b> |
| 12.1       | Пнеуматика као алтернатива .....                                        | 42        |
| 12.2       | Флексибилна аутоматизација .....                                        | 43        |

|            |                                                             |           |
|------------|-------------------------------------------------------------|-----------|
| 12.3       | Вентилски терминал .....                                    | 43        |
| 12.4       | Интелигентни вентилски терминал .....                       | 44        |
| 12.5       | СРХ терминал са интегрисаним web-мониторингом .....         | 44        |
| 12.6       | Практични примери .....                                     | 44        |
| <b>13.</b> | <b>3 D изведба постројења са свим компонентама .....</b>    | <b>48</b> |
| 13.1       | Увод у програмске пакете .....                              | 48        |
| 13.2       | CATIA V5.....                                               | 49        |
| 13.3       | Приказ постројења за третман вода у програму CATIA V5 ..... | 49        |
| <b>14.</b> | <b>Токови масе и енергије .....</b>                         | <b>53</b> |
| <b>15.</b> | <b>Техно-економска анализа.....</b>                         | <b>57</b> |
| <b>16.</b> | <b>Утицај на животну средину .....</b>                      | <b>60</b> |
| <b>17.</b> | <b>Закључци .....</b>                                       | <b>62</b> |
| <b>18.</b> | <b>Литература .....</b>                                     | <b>63</b> |

## 1. Увод

Пожаревац има интересантан положај јер је скоро подједнако удаљен од три веће реке: Дунава, Велике Мораве и Млаве. У атару општине Пожаревац сустичу се и три географске целине Поморавље, Подунавље и Стиг са земљиштем које се убраја међу најплоднија у Србији.

Пољопривредним земљиштима која немају довољно воде за узгој пољопривредних култура током целе вегетације или само у одређеном раздобљу раста и развитка, воду додајемо на вештачки начин. Све мере и радови којима се свесно и на вештачки начин повећава садржај воде у тлу с циљем узгоја пољопривредних култура називамо наводњавање.

Вода има врло значајну улогу у животу биљке и за процесе у тлу. Биљке имају потребу за одређеном количином воде за своје животне процесе кроз цело време вегетације. Потребе биљних култура за водом зависе од фаза вегетационог раста и развоја и климатским и воденим приликама локалитета узгоја. Садржај расположиве воде у тлу је врло променљив. У нашим условима производње и код већине пољопривредних култура, садржај воде у тлу је често супротан од потреба биљака, тако да је у доба највећих захтева за водом њен прилив у тло најмањи.

Земљишта и воде загађене тешким металима данас представљају главни еколошки проблем који има изузетно негативан утицај на животну средину и човека и за који је још увек неопходно наћи ефикасно и економично технолошко решење.

Највећи део отпадних вода се у нашој земљи уопште се не пречишћава. О пречишћавању отпадних вода се мало зна, иако су већ у блиској будућности неопходна велика улагања у решавање проблема отпадних вода, не само због усклађивања законодавства са европским стандардима, већ и због евидентне угрожености водених ресурса.

## 2. Потребе биљака за водом

Вода има врло значајну улогу у животу биљке и за процесе у тлу. Биљке имају потребу за одређеном количином воде за своје животне процесе кроз цело време вегетације. Потребе биљних култура за водом зависе од фаза вегетационог раста и развоја и климатским и воденим приликама локалитета узгоја. Садржај расположиве воде у тлу је врло променљив. У нашим условима производње и код већине пољопривредних култура, садржај воде у тлу је често супротан од потреба биљака, тако да је у доба највећих захтева за водом њен прилив у тло најмањи.

Биљна култура узима воду за своје животне потребе углавном из тла помоћу кореновог система (а мањим делом и преко листа). Заједно с водом она из тла прима и отопљена биљна хранива што значи да биљка истовремено „пије и једе“. Највећу количину усвојене воде биљка троши на процесе транспирације и изградњу органске материје путем фотосинтезе.

С агрономског становишта битно је стање влажности и садржај воде у површинском слоју тла од једног до највише два метра дубине. Тај слој се назива „пољопривредни“ или „агролошки“ јер се у њему налази главна маса корења већине пољопривредних култура.

Вода у тлу углавном потиче од падавина или наводњавања, а само мањим делом из подземних вода. С обзиром на велико значење воде као главног биолошког чиниоца, за постизање пуног потенцијала пољопривредних култура нужно је у производној пракси добро манипулисати водом у тлу, односно одржавати повољан водени режим пољопривредног (површинског) слоја тла.

Познавање потреба култура за водом током вегетацијског периода кључан је податак за извођење наводњавања па га је нужно утврдити већ код планирања и припреме за наводњавање, односно при избору производне оријентације у условима наводњавања.

Специфичне потребе поједине културе за водом могу се одредити експерименталним или прорачунским методама. Експерименталне методе одређивања потреба пољопривредних култура за водом подразумевају дуготрајне, вишегодишње егзактне експерименте који се обављају углавном у научноистраживачким установама. Резултати и сазнања експерименталних метода се користе за израду прорачунских метода (модела), у облику компјутерских програма који су лако доступни стручњацима и произвођачима који се баве наводњавањем. Један од најчешће коришћених модела за утврђивање потребе за водом пољопривредних култура је рачунарски модел „CROWAT“ који су препоручили стручњаци FAO-а (Smith, 1992.).<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>Др Рудић В. Драган, МЕЛИОРАЦИЈЕ, Пољопривредни факултет Београд, 1999

За израчунавање су потребни следећи подаци: карактеристике подручја (географске ширине, дужине и надморске висине), културе које ће се наводњавати, климатски показатељи (средње месечне температуре ваздуха °C, брзина ветра m/s, влажност ваздуха %, инсолација и количине падавина у mm - који се могу прибавити у Државном хидрометеоролошком заводу).

Прорачунским методама се долази до потреба за водом пољопривредних култура путем вредности „референтне евапотранспирације“ ( $ET_o$ ) и коефицијента одређене културе ( $k_c$ ) према следећем изразу<sup>2</sup>:

- $ET_c = k_c \times ET_o$  где су вредности следеће,;
- $ET_c$  = евапотранспирација културе (mm/dan),
- $ET_o$  = референтна евапотранспирација (mm/dan),
- $k_c$  = коефицијент културе.

Референтна евапотранспирација ( $ET_o$ ) дефинише се као вредност евапотранспирације са површине од 8 cm до 15 cm једнолично високог и активно узгајаног травњака који потпуно покрива површину и не оскудева водом<sup>3</sup>.

Највећи део потребних количина воде за узгајане културе на отвореном пољу у нашим климатским приликама током вегетације долазе из падавина. Разлика између укупне потребе за водом пољопривредних култура и прилива воде падавинама (ефективних или корисних за биљку), чини дефицит воде који треба надокнадити наводњавањем.

Поједностављено, дефицит воде на неком подручју може се израчунати путем следећег односа:

$$D_v = ET_o - O_{ef},$$

где су вредности следеће:

- $D_v$  = дефицит (мањак) воде,
- $ET_o$  = референтна евапотранспирација (mm),
- $O_{ef}$  = ефективне падавине (mm).

---

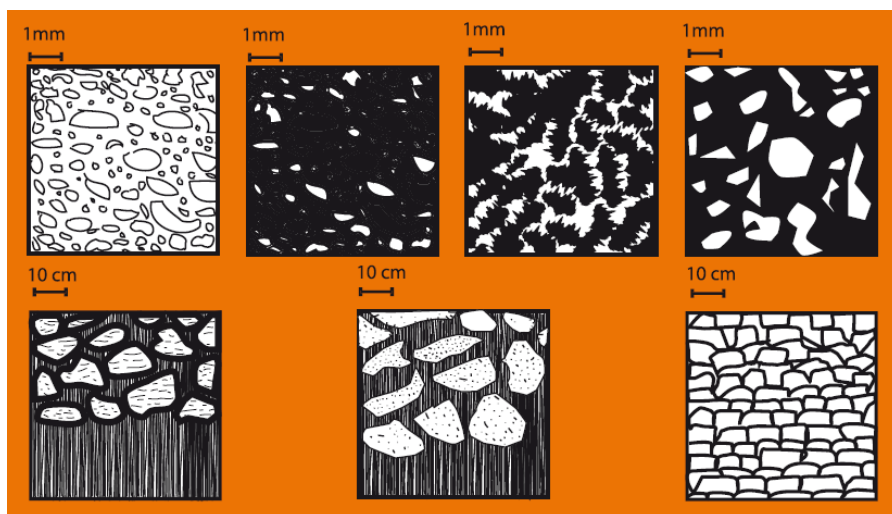
<sup>2</sup>Др Рудић В. Драган, МЕЛИОРАЦИЈЕ, Пољопривредни факултет Београд, 1999

<sup>3</sup>Др Рудић В. Драган, МЕЛИОРАЦИЈЕ, Пољопривредни факултет Београд, 1999

### 3. Садржај воде у тлу

Тло је природно тело минералног и органског састава подељено на хоризонте различите дебљине. Настало је поступним развојем из матичне стене под утицајем педогенетских<sup>4</sup> чиниоца и процеса. Ти процеси се одвијају милионима година и непрестано су у току, независно од људских жеља.

Тло се састоји од чврсте (честице тла), течне (вода) и гасовите фазе (ваздух) у којем живе микроорганизми тла, животиње и биљке. Између честица тла изграђен је порозни простор (поре тла) различитог облика и димензија у којем се налази вода, ваздух или неки други гас. Тај порозни простор је у зависности од типа тла и његових физичких карактеристика врло различит. Зависи и од типа тла и његовог механичког састава и представља велику природну залиху за воду или за ваздух. Тло је, у основи, растресит супстрат који има својство упијања воде из природних падавина, наводњавања или површинских водотокова, пропушта је кроз свој профил или је задржава, чинећи тако највећа „складишта“ воде за потребе биљних култура (Слика 3.1.).



Слика 3.1. Приказ грађе тла<sup>5</sup>

Вода у тлу је смештена у порама тла које чине шупљине, а налазе се између честица тла и структурних агрегата. За практичне сврхе поре тла се деле на мање или микропоре (капиларне поре) у којима се задржава вода и крупније или макропоре (некапиларне поре) у којима се налази ваздух док вода у њима може бити само краће време. Са становишта пољопривредне производње важан је садржај укупних пора, али и односа међу њима. Најповољнији је однос капиларних и некапиларних пора 3:2 до 1:1. Све поре у неком тлу чине укупну порозност тла који се изражава у процентима. У обрадивим земљиштима се укупна порозност креће од 50% до 65% и варира у зависности

<sup>4</sup> Педогенетски процес или педогенеза је процес стварања земљишта, који пролази кроз фазе физичког распадања матичне геолошке подлоге.

<sup>5</sup> Др Рудић В. Драган, МЕЛИОРАЦИЈЕ, Пољопривредни факултет Београд, 1999

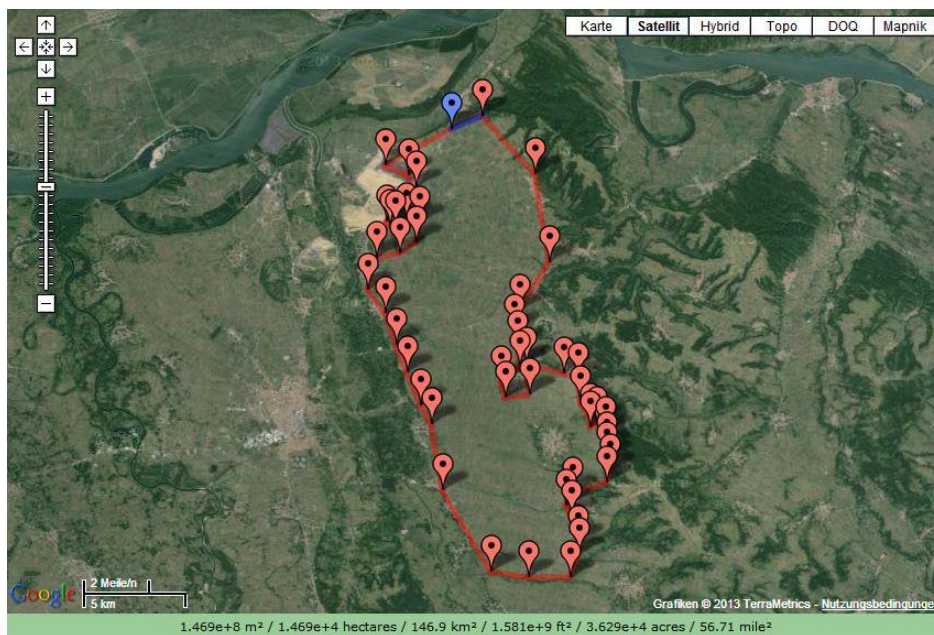
од типа тла и његовог механичког састава. Поре у тлу имају различите димензије, а такође и функције у односу на садржај воде у њима (Табела 1.).

Табела 1: Подела пора према димензијама и њихова улога у односу на воду у тлу

| Назив пора        | Функције у тлу               | Димензија пора у микронима |
|-------------------|------------------------------|----------------------------|
| <b>Врло грубе</b> | Брзо дренирају воду          | > 50                       |
| <b>Грубе</b>      | Споро дренирају воду         | 50 до 10                   |
| <b>Средње</b>     | Корисна (капиларна) за биљке | 10 до 0,2                  |
| <b>Фине</b>       | Вода неприступачна за биљке  | 0,2                        |

## 4. Локација равнице Стиг и климатске карактеристике

„Стиг” је равница у источној Србији, које представља јужни обод Панонске низије. Налази се у доњем току реке Млаве, од ушћа у Дунав до Хомољских планина. Већа насеља у овој области су Пожаревац и Петровац на Млави. Захвата површину од око 150 km<sup>2</sup> (Слика 4.1.).



Слика 4.1. Равница „Стиг”

Земљиште равнице „Стиг” је веома плодно и погодно за гајење готово свих биљних култура, ради се о типу земљишта које се зове чернозем.

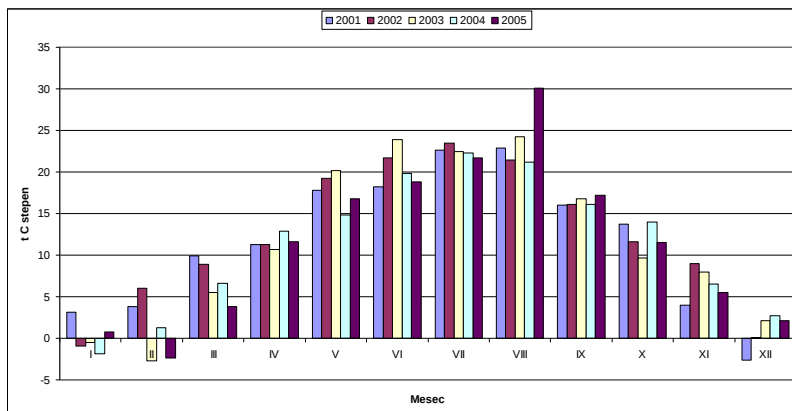
Биљне културе које се гаје на овој плодној површини су у великој мери кукуруз, пшеница и сунцокрет а у мањој мери остале житарице.

### 4.1 Климатске карактеристике

Клима овог подручја је умерено континентална са делимичним утицајем степско-континенталног климата, који долази из јужног Баната. Одлике ове климе су топла лета и релативно хладне зиме. Близина Ђердапске клисуре и изложеност подручја ударима кошава, одражава се на микроклиму.

На основу података са климатолошке станице Брадарац, средња годишња температура ваздуха на основу расположивих података за период од 1959. до 1994. године, износи +10,9°C, при чему је најхладнији месец јануар са средњом месечном температуром од -0,1°C, а најтоплији месец јули са средњом месечном температуром од

21,2°C. Средње месечне температуре за период од 2001. до 2005. године приказане су на Слици 4.2.



Слика 4.2. Средње месечне температуре за период 2001-2005.

Испаравање је најинтензивније у вегетационом периоду и износи 76% годишње, а у периоду јун-август 44,9%. Просечна релативна влажност износи 66,7% па се ово подручје убраја у умерено влажна.

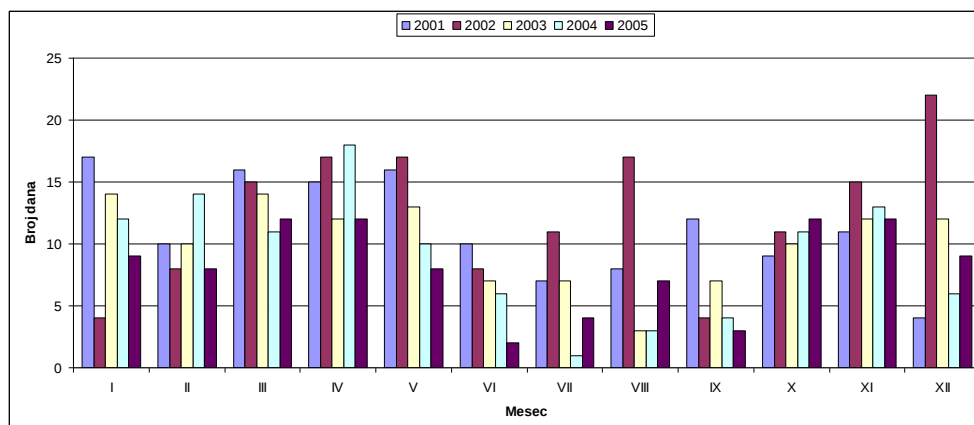
Према вредностима годишњих опажања кретања и правца ветрова може се закључити да је највећа учесталост северозападног ветра и кошаве, која дува са истока југоистока у просеку 100 дана годишње. У зимским месецима највише дува северозападни ветар, а у јулу југоисточни. Измерена максимална брзина ветра (кошаве) износи 28 m/s. Годишње честине правца ветра и средње брзине ветра у Великом Градишту за период од 2001. до 2005. године дате су у Табели 2.

Табела 2<sup>6</sup>

| Годишње честине праваца ветра и тишине и средње брзине ветра (m/s) у Великом Градишту |           |            |           |            |            |            |            |            |           |            |           |            |            |            |            |            |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| Година                                                                                | N         |            | NE        |            | E          |            | SE         |            | S         |            | SW        |            | W          |            | NW         |            | C         |
|                                                                                       | ћ         | б          | ћ         | б          | ћ          | б          | ћ          | б          | ћ         | б          | ћ         | б          | ћ          | б          | ћ          | б          |           |
| 2001                                                                                  | 62        | 1.6        | 62        | 1.2        | 234        | 2.8        | 243        | 3.8        | 26        | 2.0        | 43        | 1.5        | 207        | 1.8        | 150        | 2.3        | <b>68</b> |
| 2002                                                                                  | 63        | 1.4        | 76        | 1.3        | 282        | 3.4        | 272        | 4.0        | 27        | 1.9        | 46        | 1.6        | 134        | 1.7        | 134        | 2.3        | <b>61</b> |
| 2003                                                                                  | 71        | 1.7        | 66        | 1.3        | 264        | 2.9        | 244        | 4.0        | 18        | 2.3        | 56        | 1.4        | 171        | 1.8        | 155        | 2.2        | <b>50</b> |
| 2004                                                                                  | 43        | 1.4        | 61        | 1.4        | 247        | 3.3        | 242        | 3.8        | 24        | 1.6        | 66        | 1.2        | 195        | 1.8        | 162        | 2.3        | <b>58</b> |
| 2005                                                                                  | <b>44</b> | <b>1.5</b> | <b>56</b> | <b>1.3</b> | <b>264</b> | <b>2.8</b> | <b>230</b> | <b>3.7</b> | <b>19</b> | <b>1.5</b> | <b>54</b> | <b>1.5</b> | <b>224</b> | <b>1.9</b> | <b>133</b> | <b>2.2</b> | <b>71</b> |

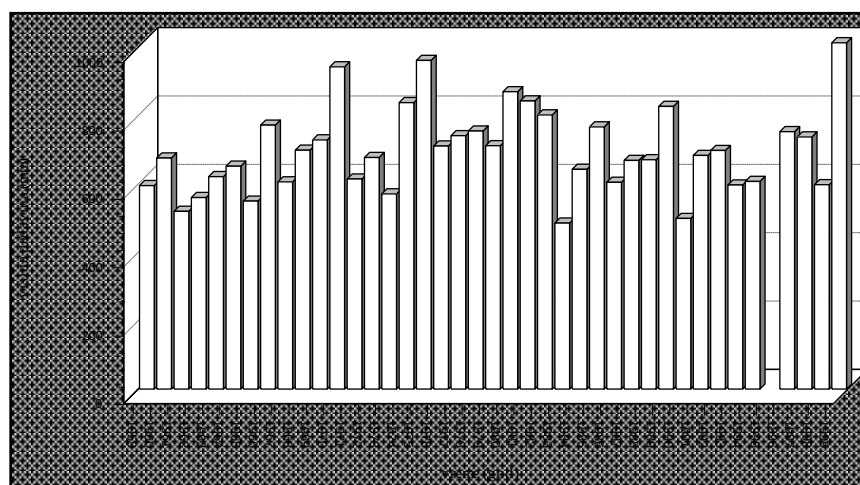
У табели 2 је приказан број дана са јаким ветром по месецима за период од 2001. до 2005. године.

<sup>6</sup>Група аутора, 2009: Главни рударски пројекат површинског копа Дрмно за капацитет од 9x106 тона угља годишње; Рударско-геолошки факултет, Београд



Слика 4.3. Број дана са јаким ветром месечно за период од 2001-2005<sup>7</sup>

На основу вишегодишњег осматрања (за период 1959.-1999. године) на најближој метеоролошкој станици Брадарац, просечне суме годишњих падавина износе 688,2 mm (Слика 4.4.).



Слика 4.4. Суме годишњих падавина за кишомерну станицу Брадарац<sup>8</sup>

Најкишовитији је месец јун са просечном сумом падавина од 91,3 mm, а месец са најмањом висином падавина је октобар са просеком од 43,7 mm.

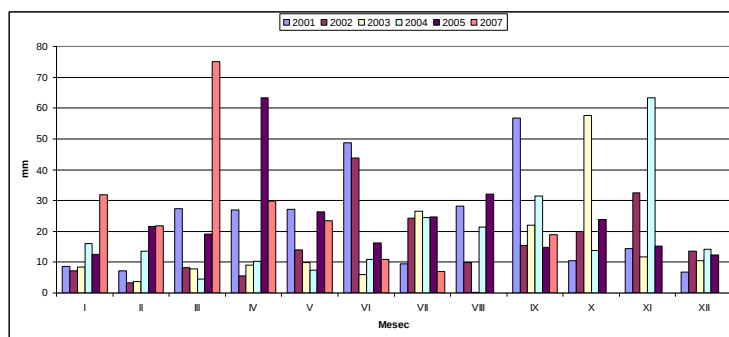
У току пролећа се излучи највећа количина падавина, просечно 214 mm, а годишње доба са најмањом количином падавина је зима у просеку 134,6 mm. Апсолутно максимална висина падавина за анализирани период, забележена је у августу 1975. године од 233,2 mm воденог стуба.

<sup>7</sup>Група аутора, 2009: Главни рударски пројекат површинског копа Дрмно за капацитетод 9x106 тона угља годишње; Рударско-геолошки факултет, Београд

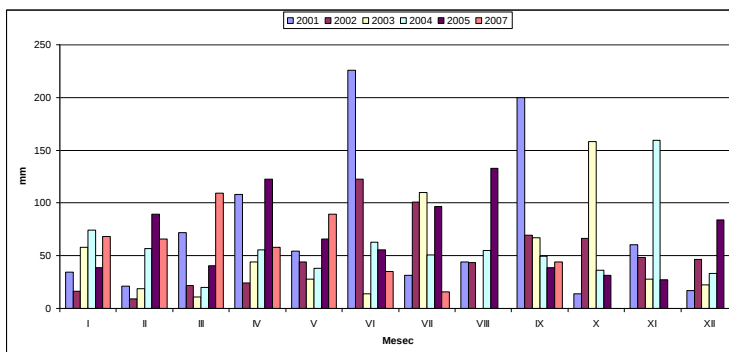
<sup>8</sup>Група аутора, 2009: Главни рударски пројекат површинског копа Дрмно за капацитетод 9x106 тона угља годишње; Рударско-геолошки факултет, Београд

Просечан број кишних дана у току године је 134 дана, што чини 36,75% од укупног броја дана у години. Број дана са падавинама преко 1 mm воденог стуба има 92,2 дана годишње, а са падавинама преко 10 mm, 22 дана годишње. Максимална дневна висина падавина измерена на кишомерној станици Брадарац је забележена 09.10.1963. године, када је пало 60,7 l/m<sup>2</sup>.

У оквиру површинског копа Дрмно, од 1987. године функционише мерна станица за регистровање падавина и температуре. Према подацима са ове станице, просечна годишња количина воденог талога износи од 600 до 640 mm. Најбогатији падавинама је месец мај са 120 l/m<sup>2</sup>, а најсиромашнији септембар са 40 l/m<sup>2</sup>. Карактеристике поднебља су и врло суве зиме са мало снежних падавина. Максималне дневне количине падавина измерене на Дрмну током периода 2001- 2007. године приказане су на Слици 4.5., док су месечне количине падавина за исти период приказане на Слици 4.6.



Слика 4.5.Максималне дневне падавине на Дрмну за период 2001-2007.



Слика 4.6.Месечне падавине на Дрмну за период 2001-2007.<sup>9</sup>

<sup>9</sup>Група аутора, 2009: Главни рударски пројекат површинског копа Дрмно за капацитетод 9х106 тона угља годишње; Рударско-геолошки факултет, Београд

## 5. Карактеристике система одводњавања копа Дрмно (изворишта)

Заштита површинског копа Дрмно од прилива подземних и површинских вода спроводи се са два независна система одводњавања: системом заштите од подземних вода и системом заштите од површинских вода.

За заштиту копа Дрмно од површинских и истеклих подземних вода из косина етажа, примењују се стандардни објекти заштите: етажни канали, водосабирници, пумпне станице и потисни цевоводи.

Унутар површинског копа, на најнижој коти тренутног откопа (око + 22 m) лоциран је главни водосабирник VS-1 који представља реципијент за све површинске воде и подземне воде истекле из косина етажа и воде прикупљене интервентним водосабирницима, и до њега спроведене мрежом канала (Слика 5.1.). Водосабирници су димензионисани за приливе површинских вода педесетогодишњег повратног периода.



Слика 5.1. Изглед водосабирника

На водосабирнику VS-1 постављене су на понтону две центрифугалне пумпе снаге мотора од по 315 kW, којима се преко потисног цевовода пречника 300 mm, дужине око 1200 m испумпава вода у одводни цевовод бараже LC-VIII\* и даље магистралним цевоводом GOL-1 гравитационо одводи у канал расхладне воде ТЕ Дрмно.

На етажним равнима ископани су канали и њима се вода усмерава до главног водосабирника VS-1 или до интервентних водосабирника, одакле се муљним пумпама препумпава у главни водосабирник. У западном делу копа због велике заводњености кровинских пескова, на етажној равни раде се интервентни водосабирници и на њима су инсталиране муљне пумпе од 10 kW.

Истицање подземних вода јавља се из косина етажа у западном, југоисточном и североисточном делу површинског копа, из песковитих и шљунковито песковитих слојева.

Количине вода које се препумпавају у VS-1 и оне које се испумпају из њега ван контуре копа прате се преко часова рада пумпи познатог капацитета.

Због нерешеног одвода воде из бараже ŠLA, лоциране на источној страни копа, испумпана вода из бунара се пушта у водосабирник VS-2 (у подножју источне завршне косине), одакле се препумпава и каналима одводи у главни водосабирник VS-1.

На основу расположивих података у Табели 3 приказани су водосабирници и ангажована опрема.

Табела 3<sup>10</sup>

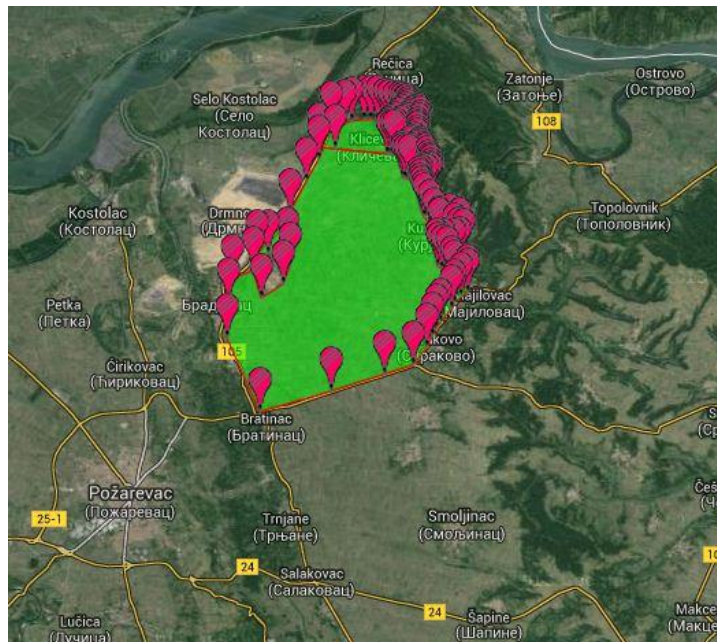
| Водосабирник              | VS -1       |             | VS -2       | VS -3       | Интервентни водосабирници |             |             |             |   |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|---|
| Ознака пумпе              | BPV8<br>3/1 | BPV8<br>3/2 | VCG<br>3010 | VCG<br>3010 | VCG<br>3010               | VCG<br>3010 | VCG<br>3010 | VCG<br>3010 |   |
| Снага мотор<br>пумпе (kW) | 315         | 315         | 10          | 10          | 10                        | 10          | 10          | 7.5         | 3 |

<sup>10</sup>Група аутора, 2009: Главни рударски пројекат површинског копа Дрмно за капацитетод 9х106 тона угља годишње; Рударско-геолошки факултет, Београд

## 6. Идејно решење наводњавања

Пошто се у непосредној близини равнице Стиг налази површински коп Дрмно који је посебан у Европи по експлоатацији на терену који је изузетно изложен површинским и подземним водама па се самим тим ради експлоатације црпи веома велика количина воде а која није искоришћена, дошло се на идеју да се управо сва та вода искористи на тај начин што ће адекватно димензионисаним системом наводњавања побољшати и олакшати пољопривредну производњу.<sup>11</sup>

Укупна просечна количина воде која се са површинског копа Дрмно сакупи помоћу оба система одводњавања у току једног месеца износи 2150000 m<sup>3</sup>. За годину дана ова количина износи 25800000m<sup>3</sup> што је према потребама земљишта и биљних култура и више него довољна за наводњавање 66 km<sup>2</sup> од укупне површине равнице Стиг (Слика 6.1.).



Слика 6.1. Приказ предвиђене површине за наводњавање<sup>12</sup>

<sup>11</sup> Мирослав Миладиновић, Милош Митровић, Александар Милојковић, Владимир Милијановић; семинарски рад израђен у оквиру предмета „Управљање енерго-еко пројектима“; Развој постројења за наводњавање пољопривредног земљишта равнице Стиг ;Факултет инжењерских наукаКрагујевац, 2013.

<sup>12</sup>Мирослав Миладиновић, Милош Митровић, Александар Милојковић, Владимир Милијановић; семинарски рад израђен у оквиру предмета „Управљање енерго-еко пројектима“; Развој постројења за наводњавање пољопривредног земљишта равнице Стиг ;Факултет инжењерских наукаКрагујевац, 2013.

## 7. Анализа воде са изворишта и издашност<sup>13</sup>

У децембру месецу 2001. год. на два узорка воде, узета на местима где се испумпане воде испуштају у реку Млаву, извршена су физичко-хемијска испитивања која су обухватила најважније и специфичне показатеље загађења који су од хигијенског, водопривредног и техничко-технолошког значаја. С обзиром да се вода након дренажања површинског копа слива у сабирни колектор, а одатле испушта у реку Млаву, оцена степена загађености вода дата је на основу Уредбе о класификацији вода и Правилника о опасним материјама у водама (табела 4)<sup>14</sup>.

На основу извршених анализа узорка воде узетих из дренажних бунара током 2006. и 2007.године, које су урадиле специјализоване институције, добијени резултати дати су у табели.<sup>15</sup>

| Табела 4: Резултати одређивања параметара воде |                             |                            |                              |
|------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Параметар                                      | Узорак                      |                            | МДКза водотоке<br>I иб класе |
|                                                | RI-1(код<br>Термоелектране) | RI-2(код преливне<br>P.S.) |                              |
| Мутноћа (NTU)                                  | 28,0                        | 22,0                       |                              |
| Специфична проводљивост S/cm                   | 781,0                       | 859,0                      |                              |
| Растворени кисеоник (mg O <sub>2</sub> /l)     | 7,0                         | 6,7                        | 5,0                          |
| Суви остатак нефилтриране воде (mg/l)          | 294,0                       | 530,0                      | do 1000                      |
| Суви остатак филтриране воде (mg/l)            | 219,0                       | 471,5                      |                              |
| Седиментне материје (ml/l)                     | <0,1                        | 0,1                        |                              |
| БПК <sub>5</sub> (mg/l)                        | 1,02                        | 1,4                        | 6,0                          |
| Амонијум јон (mg N/l)                          | 0,41                        | 0,32                       | 1,0                          |

<sup>13</sup>Издашност (капацитет) извора представља количину воде која природно истекне у јединици времена.

<sup>14</sup> Елаборат о резервама угља у лежишту Дрмно, ПД ЗА ГЕОЛОШКА ИСТРАЖИВАЊА, ВОДОПРИВРЕДНЕ РАДОВЕ И ПРОЈЕКТОВАЊЕ “ГЕОРАД” д.о.о. – ДРМНО

<sup>15</sup> Елаборат о резервама угља у лежишту Дрмно, ПД ЗА ГЕОЛОШКА ИСТРАЖИВАЊА, ВОДОПРИВРЕДНЕ РАДОВЕ И ПРОЈЕКТОВАЊЕ “ГЕОРАД” д.о.о. – ДРМНО

|                                               |         |         |       |
|-----------------------------------------------|---------|---------|-------|
| Слободни амонијак (описно)                    | нема    | нема    |       |
| Нитрити (mg N/l)                              | 0,010   | <0,005  | 0,05  |
| Нитрати (mg N/l)                              | 0,21    | 0,09    | 10    |
| Укупна тврдоћа (dH)                           | 43,96   | 53,2    |       |
| Калцијум (mg Ca/l)                            | 113,43  | 191,98  |       |
| Магнезијум (mg Mg/l)                          | 41,55   | 17,01   |       |
| Гвожђе (mg Fe/l)                              | 0,5     | 0,34    | 0,3   |
| Хлориди (mg Cl <sup>-</sup> /l)               | 6,1     | 24,1    |       |
| Сулфати (mg SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> /l) | 243,1   | 359,1   |       |
| Феноле (mg/l)                                 | 0,0006  | <0,0005 | 0,001 |
| Минерална уља (mg/l)                          | 8,5     | 7,6     |       |
| Бакар (mg Cu/l)                               | 0,440   | 0,011   | 0,1   |
| Олово (mg Pb/l)                               | <0,0020 | <0,0020 | 0,05  |
| Хром (mg Cr/l)                                | 0,100   | 0,002   | 0,1   |
| Цинк (mg Zn/l)                                | 0,01    | 0,01    | 0,2   |
| Кадмијум (mg Cd/l)                            | 0,0044  | 0,0049  | 0,005 |
| Жива (mg Hg/l)                                | <0,001  | <0,001  | 0,001 |
| Арсен (mg As/l)                               | <0,005  | <0,005  | 0,05  |

## 7.1 Испитивање квалитета воде

Испитивање квалитета исцрпљене воде треба да се изведу са два степена детаљности. Први је да се ураде комплетне анализе квалитета на узорцима воде из сваког десетог (1, 10, 20, 30, 40, 50) бунара у линији по редоследу њиховог извођења. Ова испитивања треба извести за компоненте које су предвиђене Правилником о хигијенској исправности воде за пиће (Сл. Лист СРЈ бр. 42/98) за анализе по Табели 4. Нови захвати воде укључујући и радиоактивност воде. Испитивања треба поновити након 12 месеци. Други је да се ураде непотпуне хемијске анализе из 5, 15, 25, 35, 45, 55 бунара по реду следеће компоненте: амонијум јон, амонијак, нитрате, нитрите, сулфате, фосфате, хлориде, хидрокарбонате, калцијум, магнезијум, гвожђе, манган, натријум и калијум.

Ова испитивања треба поновити после 12 месеци. Прве узорке воде треба узети пре завршетка тестирања бунара. Испитивања треба да се изведу од стране компетентне лабораторије.

## **7.2 Издањ формирана у алувиону<sup>16</sup> реке Млаве и Дунава**

Границу лежишта Дрмно на западу чини река Млава а на северу река Дунав. Алувијални шљунак, у ареалу река, је дебљине од 0,5 до 30 m. Ниво издањ формиран у алувионима ове две реке је на дубини 2-3 m од површине терена и у директној је хидрауличкој вези са издањ формираној у шљунковито-песковитим седиментима лежишта Дрмно, чинећи са њом тзв. ”Дрмску издањ”. Инфилтрација површинских вода реке Млаве, Дунава и вода издањ у алувиону представља главни начин храњења ”Дрмске издањ”.

За време ниских водостаја Млаве и Дунава, воде ове издањ прихрањују реке.

Гранулометријским анализама узорака узетих у алувијалном шљунку, добијени су хидрогеолошки параметри у следећим границама<sup>17</sup>:

- коефицијент филтрације ( $\kappa$ ) у m/s  $9,5 \times 10^{-5}$  -  $1,6 \times 10^{-2}$ ,
- коефицијент трансмисибилности (T) у m<sup>2</sup>/s  $6,8 \times 10^{-6}$  -  $1,6 \times 10^{-1}$ ,
- $\mu$ - специфична издашност ( 0,032 - 0,32).

## **7.3 Издањ у лесу**

На читавом угљоносном подручју лес је распрострањен осим у алувиону реке Млаве и Дунава. Дебљине је од 1 до 40 m, са падом подинске површи<sup>18</sup> од југоистока ка северозападу. У лесу се формира разбијена издањ која нема посебан значај у укупној проблематици одводњавања површинског копа ”Дрмно” и није ни третирана посебно при снижавању нивоа подземних вода. Коефицијент филтрације лесних наслага је од  $1,4 \times 10^{-9}$  до  $2,7 \times 10^{-5}$  m/s (добијен на основу резултата гранулометријских анализа), коефицијент вертикалне филтрације за површинске партије леса, добијен по методи Маага износи од

---

<sup>16</sup> Алувион је подручје на коме долази до исталоживања материјала (глине, песка, шљунка, неких других ситних честица), који је ту доспео преношењем материјала у воденом току, услед поплаве, или због промена унутар тока.

<sup>17</sup> Елаборат о резервама угља у лежишту Дрмно, ПД ЗА ГЕОЛОШКА ИСТРАЖИВАЊА, ВОДОПРИВРЕДНЕ РАДОВЕ И ПРОЈЕКТОВАЊЕ ”ГЕОРАД” д.о.о. – ДРМНО

<sup>18</sup> Подинска површ је доња водонепропусна баријера или граница за подземне воде.

$1,12 \times 10^{-6}$  до  $1,5 \times 10^{-3}$  m/s. Издан је са слободним нивоом и храни се падавинама, које се акумулирају на граници лес-барски лес<sup>19</sup>.

#### **7.4 Издан формирана у шљунку и песку (“Дрмска издан”)**

За експлоатацију угља највећи значај има издан формирана у плиоценском песку и шљунку. На источној страни граница ове издани прати Божевачку греду, а на западној алувион Млаве. На откопном пољу песак има континуирано распрострањење док шљунак недостаје у централном делу лежишта. Дебљина песка и шљунка је од 5 до 125 m. Основна карактеристика геометрије издани је континуиран пад подинске површи од истока према западу, односно од југа према северу. У природним условима ниво издани је субартески, а у условима одводњавања површинског копа ”Дрмно” са слободним нивоом.

Хидрогеолошки параметри седимената, у којима је формирана ова издан је у следећим границама<sup>20</sup>:

- коефицијент филтрације ( $\kappa$ ) m/s  $2,7 \times 10^{-7} - 1,8 \times 10^{-3}$ ,
- коефицијент трансмисибилности (T) m<sup>2</sup>/s  $8,8 \times 10^{-9} - 1,1 \times 10^{-3}$ ,
- $\mu$ - специфична издашност (0,04 – 0,22).

У току 2006. и 2007. године вршени су опити црпења на постојећим линијама бунара као и на тек изведеној линији LC-X. Добијени хидрогеолошки параметри су у следећим границама<sup>21</sup>:

- коефицијент филтрације ( $\kappa$ ) m/s  $2,8 \times 10^{-6} - 8,97 \times 10^{-3}$ ,
- коефицијент трансмисибилности (T) m<sup>2</sup>/s  $1,04 \times 10^{-4} - 2,49 \times 10^{-2}$ ,
- $\mu$ - специфична издашност (0,003 – 0,0997).

#### **7.5 Издан у песковито-прашинастим наслагама повлате<sup>22</sup> III угљеног слоја**

Прашинасто-песковити слој (дебљине на северозападу око 45 m) јавља се у подини шљунковито-песковитих наслага, а у кровини III угљеног слоја. У југозападном делу копа овај слој исклињава, а угаљ на тим просторима директно лежи испод шљунка. Висока

<sup>19</sup>Елаборат о резервама угља у лежишту Дрмно, ПД ЗА ГЕОЛОШКА ИСТРАЖИВАЊА, ВОДОПРИВРЕДНЕ РАДОВЕ И ПРОЈЕКТОВАЊЕ “ГЕОРАД” д.о.о. – ДРМНО

<sup>20</sup>Елаборат о резервама угља у лежишту Дрмно, ПД ЗА ГЕОЛОШКА ИСТРАЖИВАЊА, ВОДОПРИВРЕДНЕ РАДОВЕ И ПРОЈЕКТОВАЊЕ “ГЕОРАД” д.о.о. – ДРМНО

<sup>21</sup>Елаборат о резервама угља у лежишту Дрмно, ПД ЗА ГЕОЛОШКА ИСТРАЖИВАЊА, ВОДОПРИВРЕДНЕ РАДОВЕ И ПРОЈЕКТОВАЊЕ “ГЕОРАД” д.о.о. – ДРМНО

<sup>22</sup>Повлата је горња водонепропусна граница или баријера за подземне воде.

хетерогеност у вертикалном распрострањењу песковито-прашинастих наслага је доказана. Издан формирана у овим седиментима има субартески ниво и у директној хидрауличкој вези је са издани формираној у песковито-шљунковитом хоризонту.

Хидрогеолошки параметри седимената ове издани (добитијени на основу резултата гранулометријских анализа) су следећим границама<sup>23</sup>:

- коефицијент филтрације ( $\kappa$ ) m/s  $1,4 \times 10^{-8} - 9,0 \times 10^{-6}$ ,
- коефицијент трансмисибилности (T) m<sup>2</sup>/s  $4,2 \times 10^{-8} - 2,7 \times 10^{-5}$ ,
- $\mu$ - специфична издашност ( 0,03 – 0,05).

## 7.6 Издан у песковито-прашинастим наслагама у подини Шугљеног слоја

Прашинасто-песковити седименти у подини III угљеног слоја дисконтинуирано су развијени и раслојени прослојцима сиво-плаве глине, дебљине 3 до 5 m. Ниво издани је субартески<sup>24</sup> са притисцима 5-8 бара. Локално појављивање овакве издани у појединим деловима копа намеће потребу за растерећењем притиска у тим зонама како би се обезбедила стабилност подине копа и будућих унутрашњих одлагалишта.

Хидрогеолошки параметри ове издани (добитијени на основу резултата гранулометријских анализа) су следећим границама<sup>25</sup>:

- коефицијент филтрације ( $\kappa$ ) m/s  $1,5 \times 10^{-6} - 1,9 \times 10^{-4}$ ,
- коефицијент трансмисибилности (T) m<sup>2</sup>/s  $4,5 \times 10^{-6} - 9,5 \times 10^{-4}$ ,
- $\mu$ - специфична издашност (0,05 - 0,08).

---

<sup>23</sup>Елаборат о резервама угља у лежишту Дрмно, ПД ЗА ГЕОЛОШКА ИСТРАЖИВАЊА, ВОДОПРИВРЕДНЕ РАДОВЕ И ПРОЈЕКТОВАЊЕ “ГЕОРАД” д.о.о. – ДРМНО.

<sup>24</sup>Субартеске издани су издани код којих ниво подземних вода налази испод површине терена али увек изнадводоноснесредине.

<sup>25</sup>Елаборат о резервама угља у лежишту Дрмно, ПД ЗА ГЕОЛОШКА ИСТРАЖИВАЊА, ВОДОПРИВРЕДНЕ РАДОВЕ И ПРОЈЕКТОВАЊЕ “ГЕОРАД” д.о.о. – ДРМНО.

## 8. Режим подземних вода

Режим подземних вода на простору лежишта угља Дрмно формира се под утицајем следећих фактора и чињеница: површинских токова (Дунав, Млава и Мали Дунав – Дунавац), који су природне границе лежишта угља Дрмно, и главни извори прихрањивања издани која је формирана у кровинским шљунковито-песковитим хидрогеолошким колекторима;

- корито реке Млаве је регулисано у зони површинског копа “Дрмно”;
- хипсометријски<sup>26</sup> је више од старог корита и дуж десне обале има изграђен насип димензионисан на 100 годишње воде;
- вертикалног биланса (инфилтрација падавина, испаравања, евапотранспирације);
- интензивног одводњавања кровинских наслага угља дренажним бунарима.

Под утицајем наведених фактора и чиниоца издани подземне воде се формирају и осцилују на различитој дубини од површине терена. На основу извршених осматрања нивоа подземних вода у бунарима и пијезометрима у различитим временским периодима, може се извести закључак да се нивои подземне воде у зони површинског копа “Дрмно” и непосредној околини налазе углавном у кровинском хидрогеолошком колектору изграђеном од ситнозрног песка. Шљунковити хидрогеолошки колектор је већином издрениран и ниво подземне воде у овом колектору се региструје искључиво у источном делу површинског копа (дуж бараже бунара ŠLA). Нивои подземне воде у повлатном слоју осцилују у току времена у зависности од величине утицаја појединих од наведених фактора. Коефицијент оводњености лежишта угља Дрмно у почетку експлоатације (1985.г.) износио је 15 а сада је 3,5 m<sup>3</sup>/t, што лежиште угља Дрмно сврстава у јако оводњена лежишта. За планирани радни век површински коп “Дрмно” (31 год.) неопходно је спроводити перманентну заштиту од прилива подземних и површинских вода.

Режим издани у подручју алувијалне равни Дунава је под утицајем хидромелиорационог система. У алувијалној равни Дунава за заштиту приобалног појаса од високих нивоа подземних вода насталих као последица успора Дунава изграђена је мрежа канала са црпним станицама, одбрамбени насип на Костолачком острву (који се протеже поред Дунава од Рама до ушћа Млаве), насип дуж десне обале регулисаног корита Млаве и продубљен је стари Дунавац.

Повезивањем сливова црпних станица Речица и Завојска, нивои воде који се одржавају у каналској мрежи слива црпних станица Речица 1 и Речица 2 су нешто нижи него у претходном периоду. Црпна станица Завојска ради са нижим радним нивоима у

---

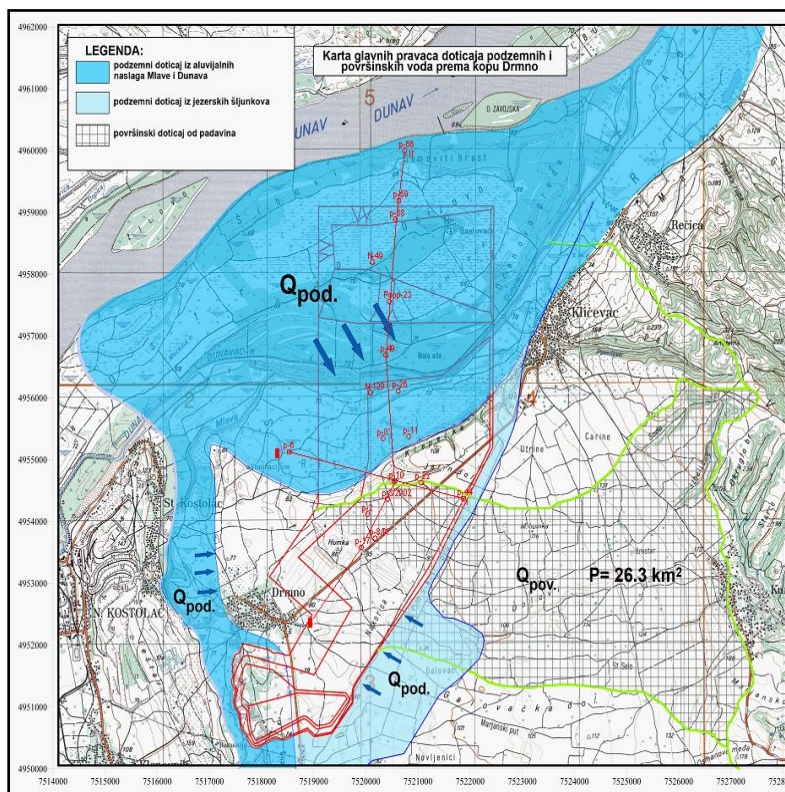
<sup>26</sup>Хипсометријски ниво представља ниво подземних вода.

доводном каналу у односу на Речицу, и нивои се одржавају аутоматски у границама кота од 65,1 до 65,6 m.

Капацитет црпне станице Завојска ( $2 \times 2,35 \text{ m}^3/\text{s}$ ) је довољан за евакуацију воде из система дренажних канала, тако да се црпне станице Речица 1 и Речица 2 сада укључују само према указаној потреби. Ниво воде у доводном каналу код црпне станице Речица се региструје око коте 66,4 m.

Одводњавањем повлатних хидрогеолошких колектора системом дренажних бунара у периоду од 1983.године, измењена је пијезометрија издани. Распростирање утицаја садашњег рада дренажних бунара, који се манифестују кроз деформацију струјне слике, обухвата релативно мали простор разматране издани.

Главни правци дотицаја подземних и површинских вода ка површинском копу Дрмно приказани су на Слици 8.1.



Слика 8.1. Правци дотицаја подземних и површинских вода ка површинском копу Дрмно

## 9. Потребан квалитет и количина воде за наводњавање

За наводњавање врло је важно познавати квалитет воде за наводњавање. Вода која се користи за наводњавање мора бити одговарајућих хемијских, биолошких и физичких својстава. Изузетно је важно да у води за наводњавање нема никаквих механичких честица које би могле довести до зачепљења капаљки (хидрауличне направе које расподељују воду у облику капи). Због тога је уградња филтра у систем додавања воде од изузетне важности за функционисање система наводњавања као по кап.

Погодност воде за наводњавање дефинисана је:

- физичким карактеристикама и
- температура и количина чврстих честица.

Наводњавање претоплом или прехладном водом може изазвати температурне шокове биљке. Површинске воде су топлије од подземних. При коришћењу подземних вода за наводњавање пожељно би било изградити базен за загревање воде. У води не би смело бити чврстих честица које би могле оштетити делове система за наводњавање. Оштећења најчешће настају у пумпи и деловима за расподелу воде, а код локализованог наводњавања могу се зачепити капаљке<sup>27</sup>;

- биолошким карактеристикама - важно је да вода не садржи узрочнике болести човека;
- хемијским карактеристикама - хемијска анализа воде је нужна како би се могли предвидети проблеми, односно спречити нежељене последице.

У води која се користи за наводњавање налази се одређена количина отопљених соли, а врста соли и концентрација одређују квалитет воде и погодност за наводњавање. У Српској агрономској пракси се користи FAO класификација из 1985 године<sup>28</sup>. Квалитет воде се оцењује на основу могућих проблема.

За наводњавање се може користити вода из природних или вештачких језера, водотокова или бунара. Најквалитетнија вода за наводњавање била би кишница или било која мека вода. Међутим у интензивном узгоју на великим површинама количине кишнице нису довољне па се користи вода из отворених водотокова или копаних бунара. Пре употребе било које воде мора се спровести хемијска анализа воде и она се понавља и током наводњавања у вегетацији. Без обзира на поднебље, вода може садржавати мање или више отопљених соли.

Приликом наводњавања соли се уносе у тло и у одређеним случајевима, током времена могу проузроковати озбиљне проблеме (заслањивање). У случајевима врло

---

<sup>27</sup> Капаљке су елементи из система за наводњавање кап по кап које усмеравају воду у корен биљке.

<sup>28</sup> Др Стјепан Мађар и Др Јасна Шоштарић, Наводњавање пољопривредних култура, Пољопривредни факултет Осјек, 2009

интензивне производње у заштићеним просторима, где се укупна количина воде потребна биљци даје наводњавањем могуће је много брже накупљање штетних концентрација соли у ризосфери<sup>29</sup>. Надаље, накупљање соли може настати и услед преобилне гнојидбе минералним и органским гнојивима, али и у случајевима високе количине подземне воде која садржи већу количину соли.

Температура воде за наводњавање треба да износи 20 °C до 25 °C, и мора бити повољних хемијских карактеристика које дозвољавају њену употребу<sup>30</sup>. Најпогоднији су јутарњи сати када биљка боље искоришћава воду, а испаравање је слабије и поступно. Код неповољног квалитета воде (вода с повећаним садржајем соли) потребно је сваке две до три године испирати тло, а уколико је узгој у супстратима, потребно их је мењати сваке године.

Опасност од заслањивања зависи о концентрације соли у води за наводњавање. Степен заслањености мери се као електропроводљивост воде, а изражава се у dS/m. Проблем заслањивања настаје када се концентрација соли у тлу повећа до границе која изазива отежано примање воде биљке. Повећањем заслањености тла повећава се осмотски тлак отопине тла, а смањује се за биљку количина приступачне воде у тлу. Наведено утиче на принос који опада пропорционално с порастом заслањености воде. Мера која се најчешће користи за спречавање и отклањање заслањености је испирање соли. Под тиме подразумевамо додавање веће количине воде од прорачунатог оброка, како би се испрала со у дубље слојеве тла. Делотворно решавање сувишних соли, могуће је уз добру дренажност.

Смањење инфилтрацијске способности и пропусности тла за воду последица је употребе воде с прекомерним садржајем натријума. Воде с високим садржајем натријума и ниским садржајем укупних соли имају јако изражену склоност отапања калцијума из површине тла, због чега долази до дисперзије глинених минерала и зачепљења пора тла, односно до погоршања структуре тла. Погоршањем структуре умањује се водопропусност тла. Проблем токсичности настаје под утицајем појединих јона које је биљка примила и акумулирала, најчешће у листу до концентрације јона која изазива оштећења. Најчешће токсични јони су јони хлора, натријума и бора. Проблем се решава као код заслањености, дакле испирањем.

## 9.1 Количина воде потребне за наводњавање

Усев кукуруза је један од оних који даје највећу вегетативну масу, па је разумљиво зашто и тражи велике количине хранљива и воде. У раним фазама развића, водни дефицит се манифестује неуједначеним ницањем и напредовањем младих биљака, односно

---

<sup>29</sup>Ризоми (мали шупљи корени биљака) преносе кисеоник у земљу и на тај начин стварају подручје богато кисеоником које се зове ризосфера.

<sup>30</sup>Др Стјепан Мађар и Др Јасна Шоштарић, Наводњавање пољопривредних култура, Пољопривредни факултет Осјек, 2009

успореним порастом. Важно је истаћи да најкритичнији период, почиње 14 до 21 дан пре метличења<sup>31</sup>.

Кукуруз у овом периоду мора да добије довољну количину воде. У супротном принос ће бити знатно редукован. Овај период траје све до почетка млечне зрелости кукуруза.

Приметно је да због глобалног отопљавања и промена климе у нашем производном подручју су све чешће сушне године са мањим или већим дефицитом падавина потребних за несметан раст и развој биљака. Стога је и мера наводњавања земљишта добила на значају и приметно је да се последњих година на производним пољима појављује све више машина помоћу којих се наводњава из постојеће каналске мреже и река.

Први знаци дефицита воде у земљишту су изглед, боја листа који се увија (боја је често светло зелена), метлица се превремено појављује, свила касни или се у неким случајевима у условима дуготрајног водног дефицита уопште и не појављује. На крају долази до свенућа лишћа. У току топлих летњих дана, обично у поподневним часовима, честа је појава превременог увенућа. Ово је последица тога што коренов систем биљака није у стању да надокнади воду која се губи испаравањем преко лисне површине и земљишта.<sup>32</sup>

Биљка прво реагује смањењем површине листова односно увијањем лишћа. Кад се температура ваздуха током ноћи спусти, када порасте ваздушна влажност, а у земљишту има довољно влаге, кукуруз може брзо да поврати добар изглед без последица по принос. Први симптоми потенцијалног смањења приноса су спарушено и жуто лишће, које почиње да се суши. Важно је истаћи да ово не треба да буде и сигнал за почетак наводњавања, јер тада је већ касно. Прави тренутак наводњавања се одређује на основу стања водно-ваздушних параметара у земљишту.<sup>33</sup>

---

<sup>31</sup> Метличење је фаза цветања кукуруза.

<sup>32</sup> Др Стјепан Мађар и Др Јасна Шоштарић, Наводњавање пољопривредних култура, Пољопривредни факултет Осјек, 2009.

<sup>33</sup> Др Стјепан Мађар и Др Јасна Шоштарић, Наводњавање пољопривредних култура, Пољопривредни факултет Осјек, 2009.



Слика 9.1. Количина падавина у току вегетације

У току вегетације потреба кукуруза за водом износи од 450 до 600 mm у нашим условима. Количина воде за наводњавање се може дефинисати као разлика између потреба усева и количине воде коју је усев добио путем атмосферских падавина. Вишегодишња истраживања и анализе, као и праћење физиологије усева даје нам просечне вредности месечних количина воде потребне за правилан раст усева. У месецу априлу усеву треба око 50 mm, мају - 75 mm, јун - 90 до 95 mm, јул - 100 mm, август - 95 mm, септембар - 40 mm (1 mm = 1 l/m<sup>2</sup>) (Слика 9.1.).

Разлику између ових количина и количине ефективних падавина треба надокнадити наводњавањем.

Тренутак извођења наводњавања у великој мери зависи од стања влажности земљишта као и од типа земљишта. Код средње тешких земљишта (иловастих) са наводњавањем треба почети када је влажност 16-18 масених %, код лаких (песковитих) 13 до 15% и тешких (тешко иловаста или глиновита земљишта) 18-20%. Норма заливања - количина воде која се на поље доведе у једном турнусу, зависи од карактеристика земљишта и његове влажности.

Ово је од велике важности јер превелике и неадекватне норме наводњавања могу довести до ерозије земљишта и деградације његових производних особина. Код земљишта средњег механичког састава (чернозем, алувијална земљишта) заливна норма не би требала да прелази 60 mm (60 l/m<sup>2</sup>), а код осталих оне су мање и требало би да се крећу у распону од 20 до 40 mm (20 до 40 l/m<sup>2</sup>). Такође је потребно водити рачуна о интензитету наводњавања односно о временском периоду у коме ће предвиђена норма бити пласирана на земљиште. Превелики интензитети такође могу довести до ерозије земљишта.

Све ово делује јако компликовано и замршено, па се поставља питање како све ово извести. Поред саветодавних служби у пољопривредним станицама, и сами произвођачи

опреме за наводњавање често дају основне препоруке за употребу њихових машина, па се позивамо на оно што је произвођач опреме препоручио.

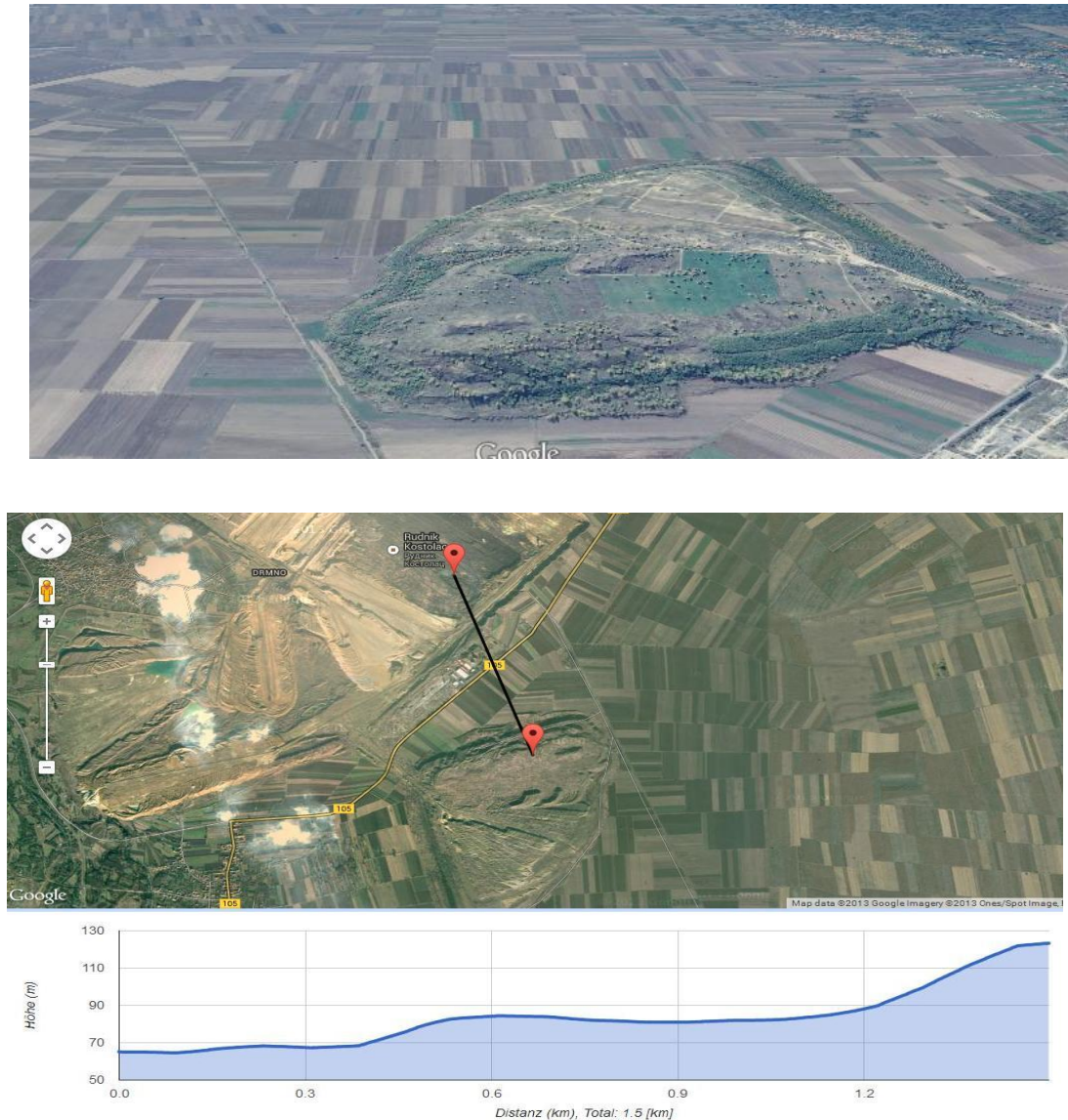


Слика 9.2.Неопходно вештачко наводњавање пољопривредног земљишта

Произвођачи би стално требало да имају у виду да је количина пољопривредног земљишта ограничена а да је бројност становништва све већа те да су потребе за храном и енергентима све веће. Стога једини начин за постизање оптималног нивоа производње је примена свих агротехничких мера, међу којима је и наводњавање. Повећање приноса и њихова стабилност у условима наводњавања у сваком случају оправдава улагање у системе и опрему за наводњавање, па се дилема око примене ове мере и не поставља.

## 10. Анализа акумулације

Систем за наводњавање пољопривредног земљишта Стиг би требало да функционише на следећи начин, вода са водосабирника VS-1 помоћу пумпне станице би се потисним цевоводом препумпавала у акумулационо језеро које би требало да буде изграђено на локацији садашњег одлагалишта јаловине (Слика 10.1.).



Слика 10.1. Локацији садашњег одлагалишта јаловине<sup>34</sup>

<sup>34</sup> Мирослав Миладиновић, Милош Митровић, Александар Милојковић, Владимир Милијановић: Пројекат имплементације постројења за наводњавање пољопривредног земљишта равнице Стиг; ЕНЕРГЕТИКА 2014.

Акумулационо језеро би захватало запремину од  $28000000 \text{ m}^3$  а идеализоване димензијеби биле:

- полупречник 670 m,
- дубина 20 m.

Вода која се акумулира у вештачком језеру би се након таложења, загревања и филтрације у филтерском постројењу природним падом дистрибуирала кроз магистрални гравитациони цевовод свуда по површини (Слика 10.2.).



Слика 10.2.Магистрални цевовод (дужина магистралних цевовода је 170km)

Прорачун потребне количине воде реализован је под претпоставком да падавина уопште нема или да их има јако мало као што је случај у изузетно сушним годинама. Оваква претпоставка је постављена из сигурносних разлога, односно, да би се са сигурношћу постигла потребна влажност земљишта без обзира на климатске карактеристике године Табела 5<sup>35</sup>.

---

<sup>35</sup> Мирослав Миладиновић, Милош Митровић, Александар Милојковић, Владимир Милијановић; семинарски рад израђен у оквиру предмета „Управљање енерго-еко пројектима“; Развој постројења за наводњавање пољопривредног земљишта равнице Стиг ;Факултет инжењерских наукаКрагујевац, 2013.

Табела 5

| Месец     | Количина<br>доступне воде m <sup>3</sup> | Количина<br>воде која се<br>акумулират <sup>3</sup> | Количина<br>воде која се<br>трошит <sup>3</sup> | Разликат <sup>3</sup> |
|-----------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------|
| Јануар    | 2150000                                  | 10750000                                            | -                                               | -                     |
| Фебруар   | 2150000                                  | 12900000                                            | -                                               | -                     |
| Март      | 2150000                                  | 15050000                                            | -                                               | -                     |
| Април     | 2150000                                  | 14200000                                            | 3000000                                         | 700000                |
| Мај       | 2150000                                  | 11850000                                            | 4500000                                         | 2200000               |
| Јун       | 2150000                                  | 8600000                                             | 5400000                                         | 3100000               |
| Јул       | 2150000                                  | 4750000                                             | 6000000                                         | 3700000               |
| Август    | 2150000                                  | 1200000                                             | 5700000                                         | 3400000               |
| Септембар | 2150000                                  | 950000                                              | 2400000                                         | 100000                |
| Октобар   | 2150000                                  | 4300000                                             | -                                               | -                     |
| Новембар  | 2150000                                  | 6450000                                             | -                                               | -                     |
| Децембар  | 2150000                                  | 8600000                                             | -                                               | -                     |

У претходној табели су приказане вредности, распоређене по месецима, воде која је доступна са изворишта и воде која је потребна за наводњавање биљних култура. Црвеним цифрама је обележен број који означава вишак акумулиране воде који се сваке године увећава за исту количину. Ова количина се преливним системом транспортује назад до водосабирника како би се спречило изливање акумулационог језера.

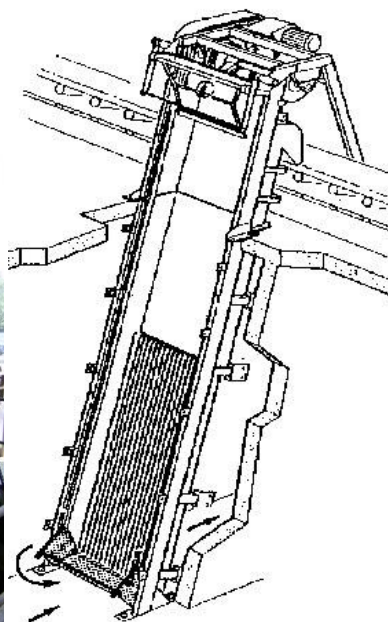
## 11. Одабир третмана

Загађивање вода тешким металима настаје као резултат неконтролисаног испуштања отпадних вода различитог порекла у реципијенте. Овакве отпадне воде имају специфичне токсичне особине и њиховим доспећем у природне воде долази до низа физичко-хемијских промена у води, попут промене боје, прозрачности, појава непријатног мириса и укуса, рН тврдоће, тровање водених организама, што негативно одражава на биљни и животињски свет у води.

Имајући у виду дадренирана вода са површинског копа Дрмно садржи велику количину гвожђа и мангана пожељно је приступити одговарајућим третманима. С обзиром да се цевовод пуни гравитационим путем, а уједно и постројење за третман воде које се налази испред поменутог цевовода најпрактичније је прво приступити механичком пречишћавању.

### 11.1 Механичке методе

Механичке методе пречишћавања воде састоје се у уклањању микро и макро суспендованих честица из воде, органског и неорганског порекла. Користе се: решетке, сита, песколони, хватачи масти, примарни таложници. У нашем случају примениће се коса аутоматска решетка за уклањање крупније нерастворене и пливајуће материје које би се могле наћи у акумулационом језеру (слика 11.1.).



Слика 11.1. Коса аутоматска решетка

## 11.2 Аерација

Следећи корак би била аерација. Аерација је процес размене материје између воде и гасне фазе ( ваздуха или чистог кисеоника). Она се изводи довођењем воде у додир са ваздухом или чистим кисеоником. Процес аерације је погодан за уклањање гвожђа и мангана из воде.С обзиром да се вода креће гравитационим путем аерација би се изводила помоћу каскада (слика 11.2.). На ивици акумулационог језера налазило би се постројењемале хидроелектране.Вода након проласка кроз радно коло турбине складиштилаби се у базенкоји би био смештен испред каскада. Разлог постављања базена испред каскада је равномерна расподела воде по каскадама приликом преливања.



Слика 11.2.Аерација помоћу каскада

## 11.3 Филтрација воде

Филтрација воде је основна операција чији је циљ да из воде uklони све механичке честице дисперговане у њој. Начин филтрације се бира прама врсти и величини диспергованих честица.

Филтери су важан елемент у процесу третмана вода који се обавља у водоводу или у погонима за пречишћавање отпадних вода . Они уклањају мутне и бионеразградиве материјале и по жељи омекшавају или стврдњавају воду и мењају јој киселост.У нашем случају најпогоднији је велики брзи филтри фирме „AMIAD WATER SISTEM“. Поменути филтри били би постављени одмах након третмана воде каскадном аерацијом.

Имајући у виду да би требало да се наводњава  $66 \text{ km}^2$  и да је потреба биљака за водом велика у периоду вегетације, максимални проток кроз филтерско постројење износио би  $2500 \text{ l/s}$ .

Велики брзи филтри фирме „AMIAD WATER SISTEM“ могу да задовоље оволико велике капацитете филтерског постројења. Велика област филтрације, поуздан оперативни механизми једноставна конструкција ових филтра чини идеално решење филтрације воде лошег квалитета са површинског копа Дрмно која би се складиштила у акумулационом језеру. Ови филтри највећу примену су нашли баш у пречишћавању воде за наводњавање пољопривредних површина (Слика 13.1.).



Слика 11.3. Један од начина коришћења филтра фирме „AMIAD“

AMIAD EBS филтри су аутоматски филтри са електричним самочишћењем степена филтрације од 10 до максималних 800 микрона. Максимална радна температура ових филтра је 60 C°. Максимални проток кроз филтар је 1800 m<sup>3</sup>/h, односно 500l/s. Радни притисак у филтру, може да буде од оптималних 2 бара, до максималних 10 бара<sup>36</sup>.

Структуру филтра чине перфорирани екран за пречишћавање сирове воде и усисни скенер са млазницама за самопречишћавање.



Слика11.4. Филтар EBS 1500<sup>37</sup>

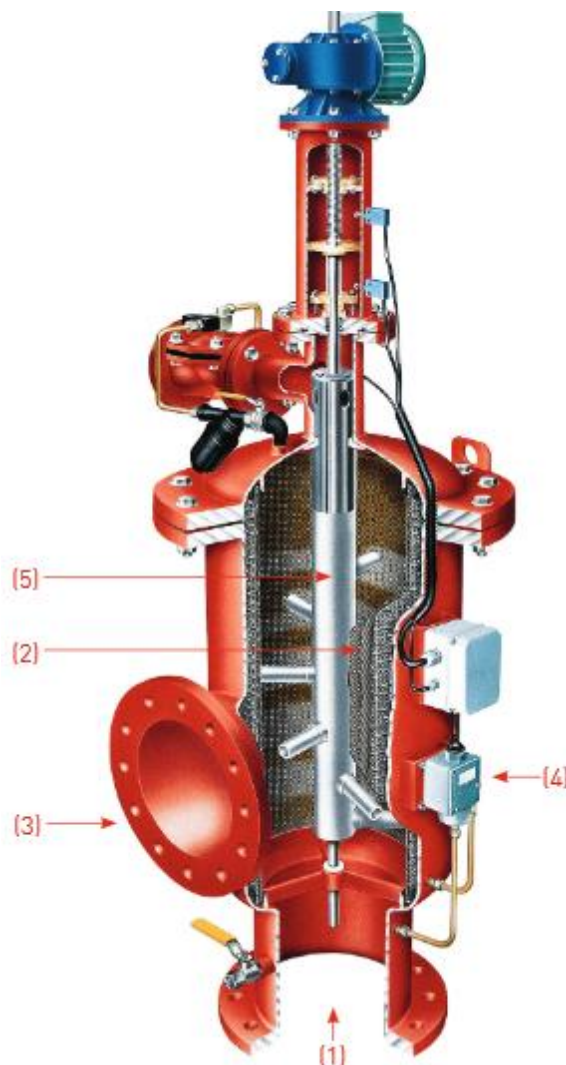
---

<sup>36</sup> [www.amiad.com/catalog](http://www.amiad.com/catalog), 14. 06.2014.

<sup>37</sup> [www.amiad.com/catalog](http://www.amiad.com/catalog), 14. 06.2014

## 11.4Процес филтрирања

Сирова вода улази у филтар (1)и пролази кроз екран (2). Пречишћена вода излази из филтра (3), док се нечистоће постепено нагомилавају на површини унутрашњег екрана и формира тзв. „колач“нечистоћа.Повећањем дебљине колача на екрану уједно се повећава диференцијални притисак преко екрана чиме се активира прекидач који је постављен на зиду самог филтра (4). Прекидач осећа разлику притиска и када достигне унапред подешене вредности, почиње процес чишћења<sup>38</sup>.



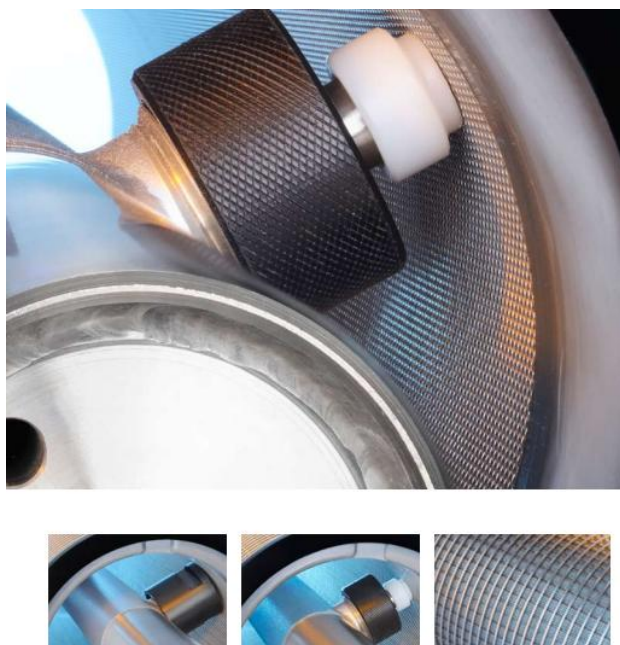
Слика 11.5.Структура филтра<sup>39</sup>

<sup>38</sup>[www.amiad.com/catalog](http://www.amiad.com/catalog), 14. 06.2014

<sup>39</sup>[www.amiad.com/catalog](http://www.amiad.com/catalog), 14. 06.2014.

## 11.5 Процес самочишћења

Процес самочишћења се обавља тако што се активира уисни скенер (5) који има своје уисне млазнице које су постављене по ободу самог филтра, односно екрана (Слика 11.6.). Приликом отварања издувног вентила ствара се вакуум у уисном скенеру, а самим тим и у уисним млазницама при чему се усава прљавштина са екрана. Осовина од уисног скенера је повезана са електромотором који се налази на врху филтра који омогућава окретање млазница по ободу филтра ради ефикаснијег и бржег чишћења екрана.



Слика 11.6. Приказ млазнице и скенера унутар филтра

Цео процес самопречишћавања траје око 30 секунди, при чему филтар наставља са нормалним радом. Систем за контролу „EBS“ операција и циклус чишћења контролише PLC ( Program Logical Control ). Током циклуса самочишћења, PLC уређај контролише електромагнетни издувни вентил помоћу хидрауличне команде или компримованог ваздуха<sup>40</sup>.

<sup>40</sup><http://www.amiad.com/>, 14. 06 . 2014.



Слика 11.7. Начин прања филтра

Циклус самочишћења може почети на више начина :

- приликом примања сигнала од прекидача за диференцијални притисак;
- када се активира временски интервал постављен на командној табли;
- мануелно ( ручно ) стартовање<sup>41</sup>.

---

<sup>41</sup><http://www.amiad.com/>, 14. 06 . 2014.

## 11.6 Начини постављања филтра на магистрални цевовод

Вода након проласка кроз механички третман и кроз турбину, а затим и кроз каскадну аерацију директно ће се улазити у базен одакле ће се распоређивати по главним магистралним цевоводима. Главних магистралних цевовода ће бити укупно 5, одакле ће севода даље распоређивати по целој мрежи цевовода. Као што је већ поменуто, потребна количина воде за наводњавање је 2500 l/s, капацитет једног филтра је 500 l/s, извршиће се монтажа једног филтра по цевоводу (Слика 11.8.).



Слика 11.8. Начин монтирања филтра на једном од магистралних цевовода



Слика 11.9. Начин монтирања пет паралелно постављених филтра

## 12. Одабир управљачких и регулационих компоненти

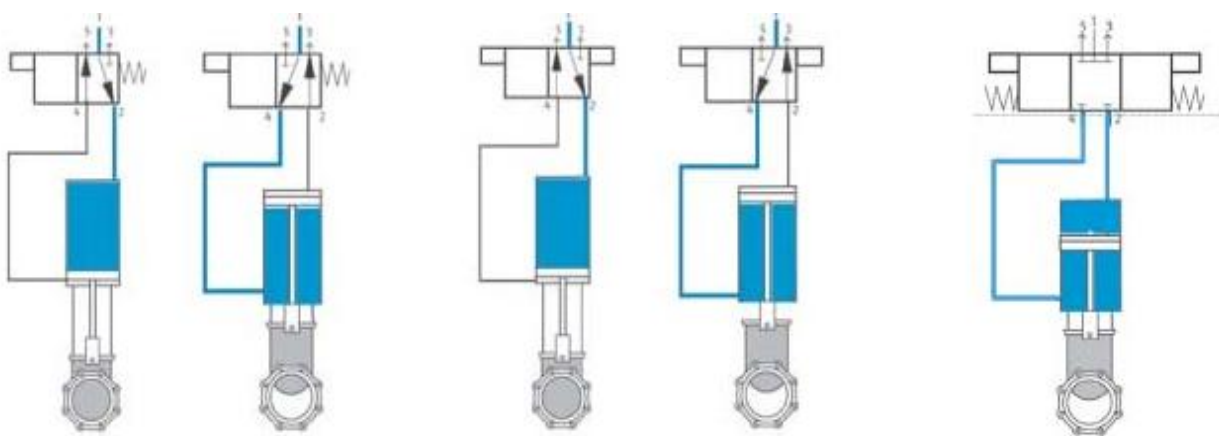
Светски трендови очигледно теже ка аутоматизацији. Аутоматизација штеди енергију и воду, нарочито воду за испирање и повећава оперативну поузданост. Пример пнеуматске аутоматизације филтера у постројењима за пречишћавање воде који је описан у овом чланку илуструје ову тврдњу и указује на предности које пнеуматска технологија доноси.

### 12.1 Пнеуматика као алтернатива

Без обзира да ли се запорни вентили покрећу линеарним или кружним покретима, пнеуматски погон и аутоматизација су интересантна алтернатива с економског и технолошког становишта. Ово је нарочито применљиво у односу на укупне трошкове инвестиције.

Пнеуматика нуди већу функционалност контроле запорних вентила и може се користити како би се постигла аутоматска активација сигурносних функција према степену оперативности. То је нарочито корисно с обзиром на понашање запорних вентила у случају нестанка електричне енергије, када генератори за случај нужде нису на располагању. Функције које су нарочито обухваћене су нормалан положај запорног вентила када је систем ван погона или када се укључује и сигурносна позиција запорних вентила током нестанка електричне енергије: аутоматско затварање, аутоматско отварање или аутоматско одржавање тренутног положаја (слика 12.1.)

рад вентила 5/2 моностабилни рад вентила 5/2 бистабилни рад вентила 5/3 средња позиција  
блокирана



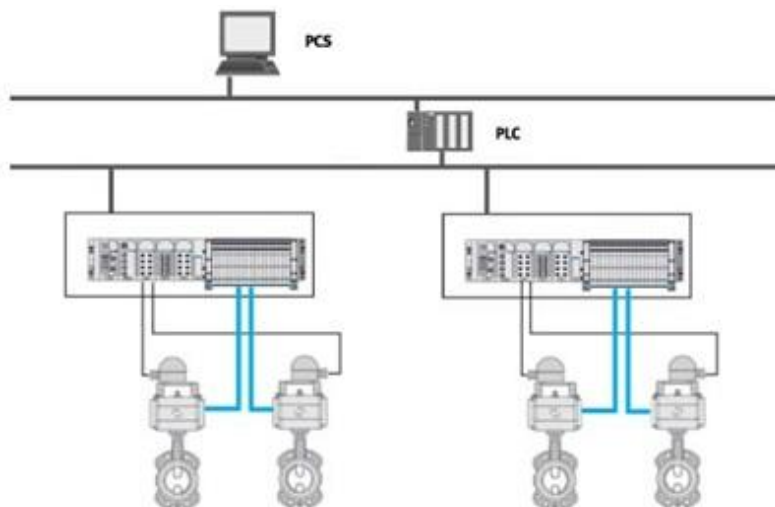
Слика 12.1. Начини постизања аутоматске контроле запорних вентила са пнеуматским погоном у случају нестанка електричне енергије: аутоматско затварање, аутоматско отварање или аутоматско одржавање тренутног положаја.

## 12.2 Флексибилна аутоматизација

Сваки концепт аутоматизације мора бити децентрализован и флексибилан и комбиновати пнеуматске и електричне компоненте. Терминали пнеуматских вентила су посебно погодни за ову сврху. Они пружају везу између пнеуматски покретаних запорних вентила и крајњих сензора положаја, мерне опреме и система или процеса контроле нивоа.

### 12.3 Вентилски терминал

Вентилски терминал (слика 12.2.) има пнеуматску секцију (МРА терминал) и електричну секцију (СРХ терминал). Обе секције могу бити флексибилно конфигуриране са великим бројем модула. Дигитални и аналогни улазни и излазни модули су на располагању за електрични део, док се пнеуматски део састоји од електромагнетних вентила различитих функција и протока. Модуларни дизајн омогућава да се терминал идеално прилагоди одређеном концепту система.



Слика 12.2. Структура аутоматизованог филтра са фиксном основом са вентилским острвом као централном компонентом<sup>42</sup>.

У зависности од величине постројења, аутоматизација система може укључивати систем контроле процеса, PLC ниво и тзв. извршни ниво. Систем контроле процеса и PLC нивоа су повезани путем Етхернета, док су PLC и комуникацијски уређаји спојени преко линије за паралелни пренос података линије или “Field bus” комуникације (серијски). Модерна решења за аутоматизацију се данас праве користећи “Field bus” системе за

<sup>42</sup>Енергетска уштеда на филтерским постројењима за пречишћавање воде мехатроника.gomodesign.rs.htm.

комуникацију на извршном нивоу. Ово важи за све запорне вентиле, пумпе, вентилаторе и мерну опрему која је спојена на PLC. Линк за интеранет комуникацију између постројења се такође може врло лако направити.<sup>43</sup>

Предности овог решења аутоматизације су следеће:

- значајна уштеда трошкова инсталације;
- више транспарентности на појединим нивоима;
- кохерентан концепт са малим бројем корисничких интерфејса,
- брже пуштања у погон и отклањање кvara,
- концентрација коначних управљачких елемената на вентилском терминалу и
- једноставно проширење инсталација, захваљујући fieldbus систему

## 12.4 Интелигентни вентилски терминал

Варијанта CPX терминала укључује не само “Field bus”, већ и његов властити PLC, тзв. СЕС контролер. Ово омогућава да вентилски терминал функционише независно од остатка мреже или PLC-а вишег нивоа и система контроле процеса. Ова варијанта нуди предност код инсталирања, с обзиром да чак и када дође до кварова на мрежи, индивидуално инсталиране секције могу наставити с радом. То може бити корисно код система за контролу филтера и црпних станица.

## 12.5 CPX терминал са интегрисаним web-мониторингом

CPX терминал, такође, може бити опремљен веб-монитором. То омогућава корисницима да прикажу податке из CPX терминала на спољашњем веб-монитору у реалном времену, што олакшава даљинску дијагностику<sup>44</sup>.

## 12.6 Практични примери

### *Вентилски терминал у контролном орману са ручно контролисаним панелом*

Да би се омогућило коришћење вентилског терминала као управљање филтерима, терминал је инсталиран у управљачком ормару како би био заштићен од спољашњих утицаја или да би се спречило неауторизовано покретање запорних вентила. Слика 12.3. приказује вентилски терминал у контролном ормару са панелом са ручним командама. Предност оваквог решења је што су аутоматски ниво и контролни панел са ручним

---

<sup>43</sup>Енергетска уштеда на филтерским постројењима за пречишћавање воде мехатроника.gomodesign.rs.htm.

<sup>44</sup>Енергетска уштеда на филтерским постројењима за пречишћавање воде мехатроника.gomodesign.rs.htm.

командама потпуно одвојени и могу се заштити бравама. За пребацивање се користи прекидач.



Слика 12.3. Контролни орман са ручно контролисаним панелом<sup>45</sup>

Кад се активира прекидач, он шаље сигнал у систем контроле рада. Овако згодно ручно управљање панелом је посебно корисно за пуштање у погон, омогућавајући да се повезивање с извором електричне енергије или програмирање PLC-а одложи за касније, с обзиром да панел са ручним командама функционише потпуно пнеуматски. На тај начин постројења настављају с радом или се доводе у одређену функцију чак и након престанка напајања с електричном енергијом.

#### ***Вентилски терминал у управљачком ормару са диспелјем***

LED лампице на CPX терминалу приказују тренутно стање пребацивања запорних вентила. Прозор на контролном ормару омогућава оператеру да брзо и једноставно надгледа стање постројења. Још практичнија варијанта је приказана на слици. У овом случају, врата контролног ормара су опремљена шематским дијаграмом постројења и LED лампица. Комплетна јединица је компактног дизајна. Систем контроле за пет филтера је инсталиран у једном управљачком ормару.

Указујући на пут ка будућности : вентилски терминал у управљачком ормару с интегрисаним контролером (PLC), екраном осетљивим на додир и интегрисаним функцијама контроле позиција (Слика 12.4.)

---

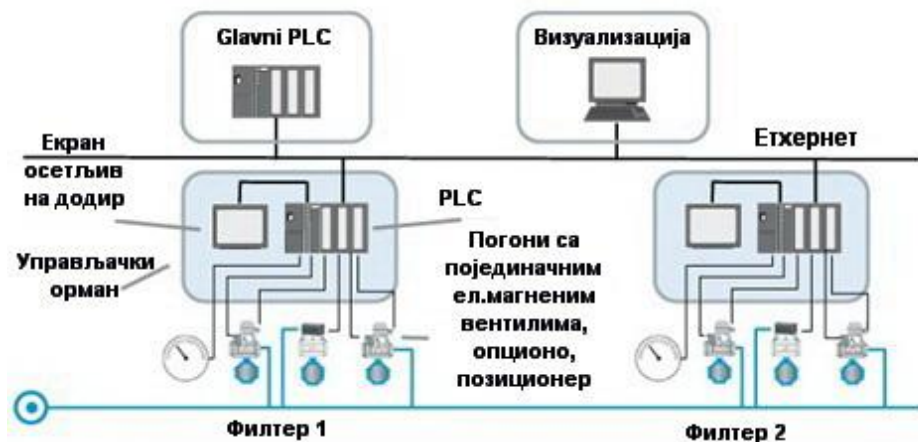
<sup>45</sup> Енергетска уштеда на филтерским постројењима за пречишћавање воде мехатроника.gomodesign.rs.htm.



Слика 12.4. Управљачки ормар са дисплејем<sup>46</sup>

Системско решење је ормар који омогућава оператеру постројења да са централног места постави све параметре неопходне за контролу запорних вентила и филтера и представља одличну основу за будућност.

Слика 12.5. приказује некадашња конвенционална решења. За запорне вентиле са open/close функцијом, пнеуматски погони и појединачних вентили са NAMUR интерфејсом су монтирани директно на погон. Регулациони вентил за испусни филтер је опремљен пнеуматским погоном и позиционером. Постоји управљачки ормар за сваки филтер. Главне компоненте управљачког ормара су екран осетљив на додир за контролу погона и PLC.



Слика 12.5.Класично решење аутоматизације са појединачним електромагнетним вентилима и погонима са позиционером<sup>47</sup>

Ово је повезано са главним контролним нивоом, који се састоји од PLC-а вишег нивоа и системом визуализације, преко интернет конекције. PLC у управљачком ормару

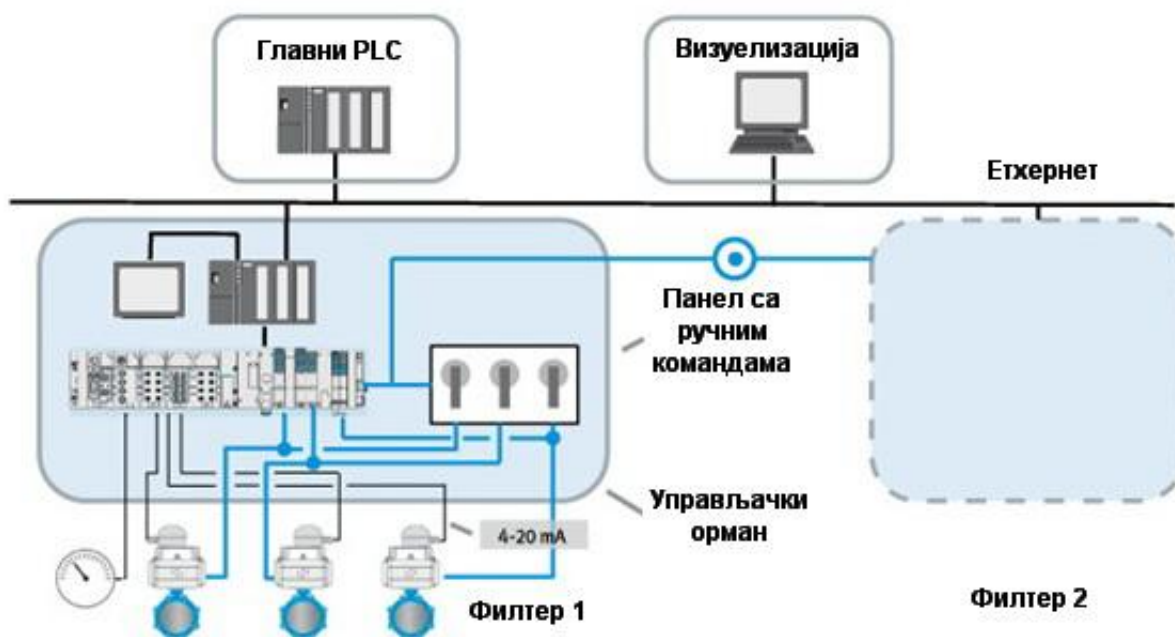
<sup>46</sup>Енергетска уштеда на филтерским постројењима за пречишћавање воде мехатроника.gomodesign.rs.htm.

<sup>47</sup>Енергетска уштеда на филтерским постројењима за пречишћавање воде мехатроника.gomodesign.rs.htm.

контролише запорне вентиле, док главни PLC контролише прање појединачних филтера. Фесто<sup>48</sup> је проширио конвенционална решења како би укључио следеће функције<sup>49</sup>:

- панел са ручним командама који омогућава контролу погона из управљачког ормара чак и у случају нестанка електричне енергије;
- робусно и флексибилније решење за контролу вентила (могуће их је контролисати чак и без струје; параметри за контролу се могу подесити централно на управљачком ормару);
- висок ниво поузданости, не само током пуштања у рад, него чак и током трајања нормалног рада.

Слика 12.6. приказује ново решење. Главне разлике су: вентилски терминал уместо појединачних вентила, интеграција пнеуматског панела са ручним командама и елиминација позиционера. Елиминација је извршена путем расподеле функције између три компоненте: повратни сигнал за положај запорног вентила преко кутије са сензорима и аналогним излазом 4 ... 20 mA, активација погона путем 5/3 електромагнетног вентила на вентилском терминалу и релокацијом управљачког софтвера на PLC.<sup>50</sup>



Слика 12.6. Често решење аутоматизације са вентилским острвом и интегрисаном функцијом позиционера у управљачком ормару<sup>51</sup>

<sup>48</sup>Фесто је производјач пнеуматских и електронских компонената и система намењених аутоматизацији производних процеса.

<sup>49</sup>Енергетска уштеда на филтерским постројењима за пречишћавање воде мехатроника.gomodesign.rs.htm.

<sup>50</sup>Енергетска уштеда на филтерским постројењима за пречишћавање воде мехатроника.gomodesign.rs.htm.

<sup>51</sup>Енергетска уштеда на филтерским постројењима за пречишћавање воде мехатроника.gomodesign.rs.htm.

У поређењу са конвенционалним решењима која имају позиционере, ово решење нуди неколико предности:

- не захтева компресовани ваздух високог квалитета, као што је било потребно за некадашње позиционере;
- већи проток соленоидних вентила омогућава брзе покрете и пружа сигурносне функције, чак и код великих погона;
- запорни вентил се може подесити преко панела са ручним командама чак и без електричне енергије;
- оператер постројења више не мора да иде до запорног вентила, с обзиром да може променити параметре директно из управљачког ормара.

У целини посматрано, приказано решење је знатно економичније од досадашњих решења аутоматизације филтерских постројења.

## **13. 3 D изведба постројења са свим компонентама**

### **13.1 Увод у програмске пакете**

Иако је машинство постојало много пре него што је измишљен рачунар, инжењери који конструишу машинске елементе, подсклопове, склопове, и машине су схватили да цртаћа табла која се до тада користила не може да се мери са оним што пружају специјални софтвери који су произведени за ту намену.

Ови софтвери се могу поделити у две групе и то:

У прву групу, која је и по датуму настанка нешто старија могу се уврстити они софтвери који су орјентисани ка дводимензионалном цртању (2D), један од програма који је најзаступљенији у овој групи је AutoCAD. Овакви програми су увелико олакшали разраду техничке документације за делове и склопове делова који су веома сложени и тешки за ручну израду.

Друга група софтвера је мало новијег датума и намењена је тродимензионалном моделирању (3D) и склапању машинских делова али и све више САЕ концепту, који се заснива на употреби рачунара у инжењерству. У ову групу програма могу се навести Pro Enginner, Solid Works, CATIA. Конструисање у овим програмима се своди на цртање затворене дво димензионалне контуре неког машинског дела у одговарајућој равни, даљим поступком конструисања манипулише се том контуром врши се њена ротација, translација или кретање по неким задатим путањама да би се добио машински део који је потребан. Ови програми су првобитно настали да се у њима само направи део и од ради склоп али данас се они користе за много шире појмове па сада могу да помогну у изради

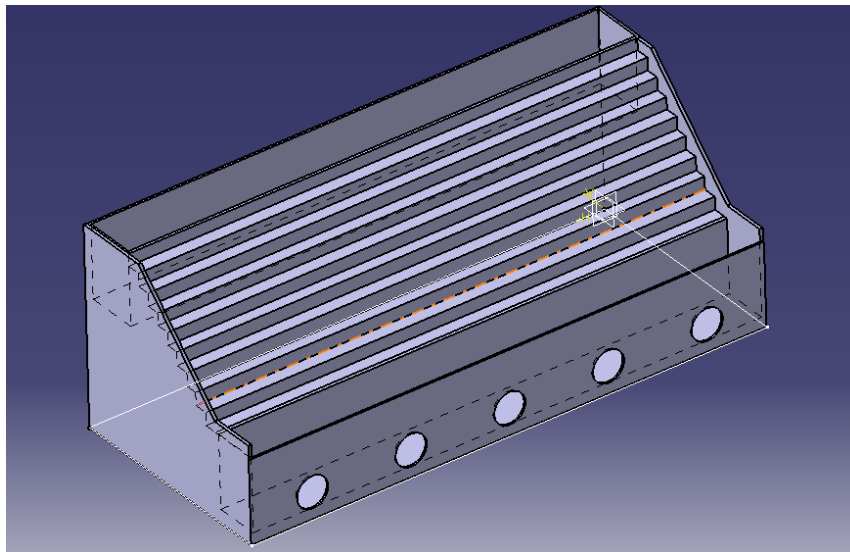
техничке документације, лаког мењању материјала, приказивач толеранција, анализе напона у деловима, буквално прави се прототип дела и врше се испитивања на њему.

## 13.2 CATIA V5

CATIA V5 представља нов алат за пројектовање подржано рачунаром (computer-aided design - CAD), који инжењери и дизајнери користе при развоју производа. При раду са сваким новим програмским пакетом важно је стећи основно разумевање његових могућности и ограничења. Програм CATIA V5 је написан као решење независно од оперативног система рачунара, које нуди велики број могућности за структурирање програмских модула и прилагођавање кориснику. Овај програмски пакет се у многоме заснива на основним елементима изгледа и понашању оперативног система Windows.

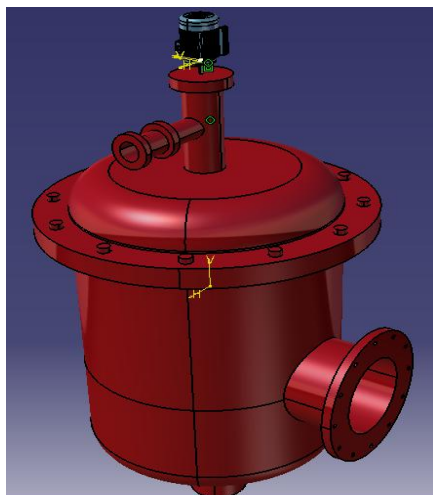
## 13.3 Приказ постројења за третман вода у програму CATIA V5

Каскадна аерација биће постављена пре проласка воде кроз филтерско постројење. На дну базена са каскадама биће израђени отвори који одговарају пречницима з магистралног цевовода ( Слика 13.1.).



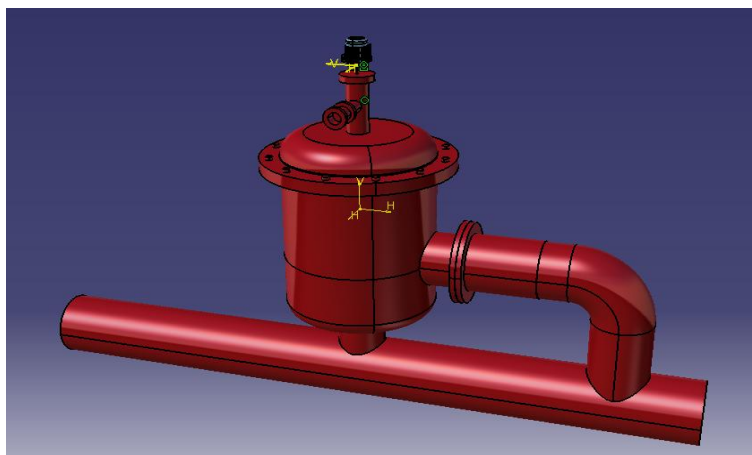
Слика 13.1. Каскадна аерација са отворима за постављање магистралног цевовода

На слици 13.1. су приказани базени који су постављени пре и после каскада ради равномерне расподеле воде по каскадама и магистралном цевоводу. Такође, израђене су и заштитне ограде како се вода не би преливала изван каскада.



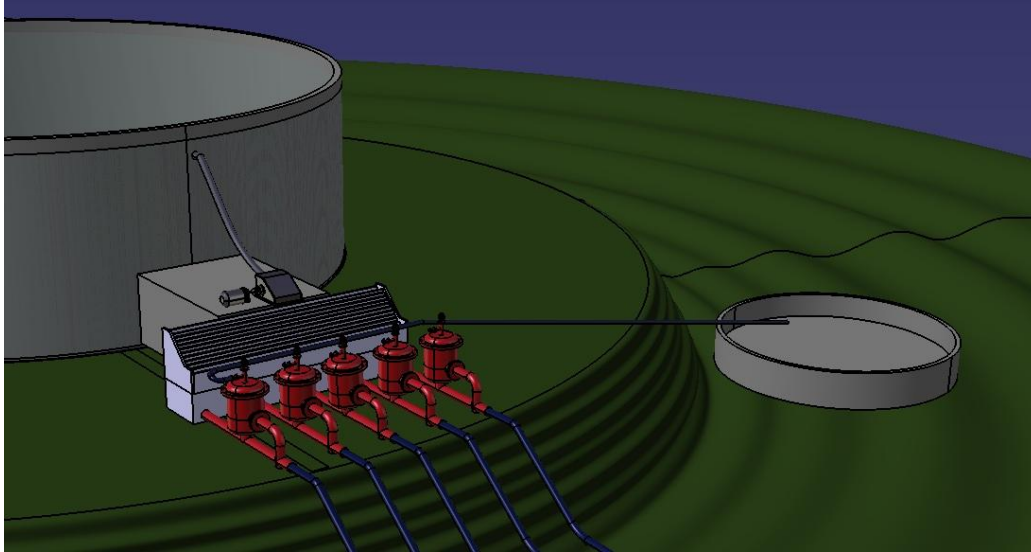
Слика 13.2.Приказ филтра у програму CATIA

Брзи велики филтри који има могућност самочишћења (Слика 13.2.)су филтри великог капацитета и биће постављени на сваки одгравитационих магистралних цевовода (Слика13.3.) ради ефикаснијег и бржег пречишћавања воде са којом би се наводњавале пољопривредне површине.



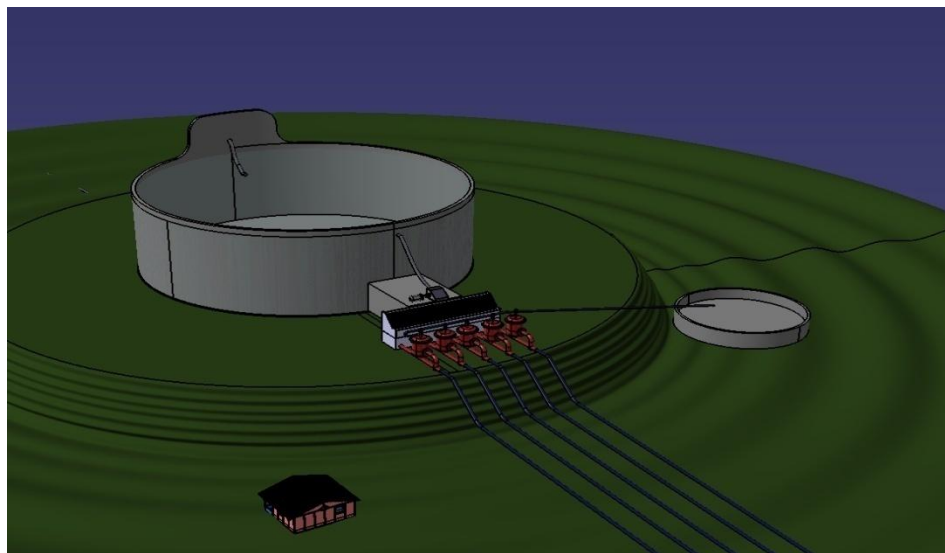
Слика 13.3 Приказ филтра монтираног на једном од магистралних цевовода

Филтри су постављени на магистрални цевовод одмах након третмана воде каскадном аерацијом(Слика 13.4.).



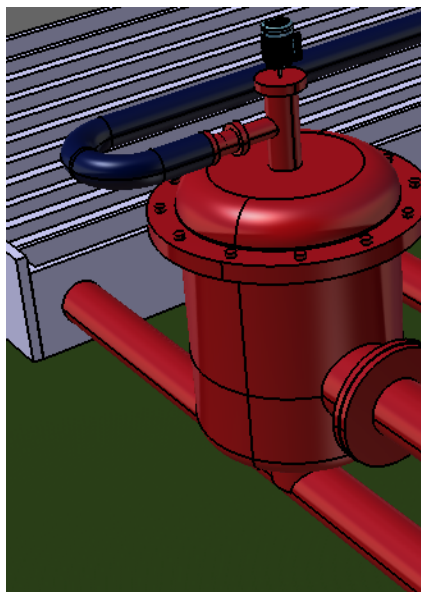
Слика 13.4.Приказ филтерског постројења са магистралним цевоводима

Управљачка станица са свом пратећом опремом биће постављена у непосредној близини самог постројења (Слика 13.5.) ради ефикаснијег реаговања у случају било каквог кvara на постројењу.



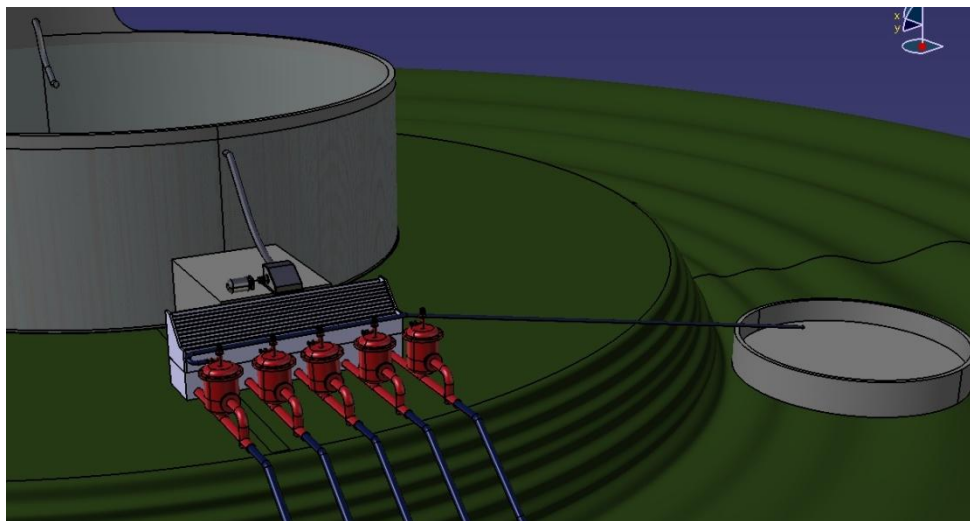
Слика 13.5. Приказ постројења са управљачком станицом

Када се активира опција самочишћења у филтерском постројењу, сабирни цевовод који је прикљученна месту издувног вентила ( Слика13.6. ) сакупља сву нечистоћу коју је филтер избацио у току процеса самочишћења.



Слика 13.6 Место прикључка за сабирни цевовод

Запрљана вода се од сабирног цевовода гравитационим путем транспортује до оближњег базена (Слика 13.7.) где се врши таложење и сушење. Након таложења и сушења преостали отпад ће се камионима транспортовати до најближе депоније.

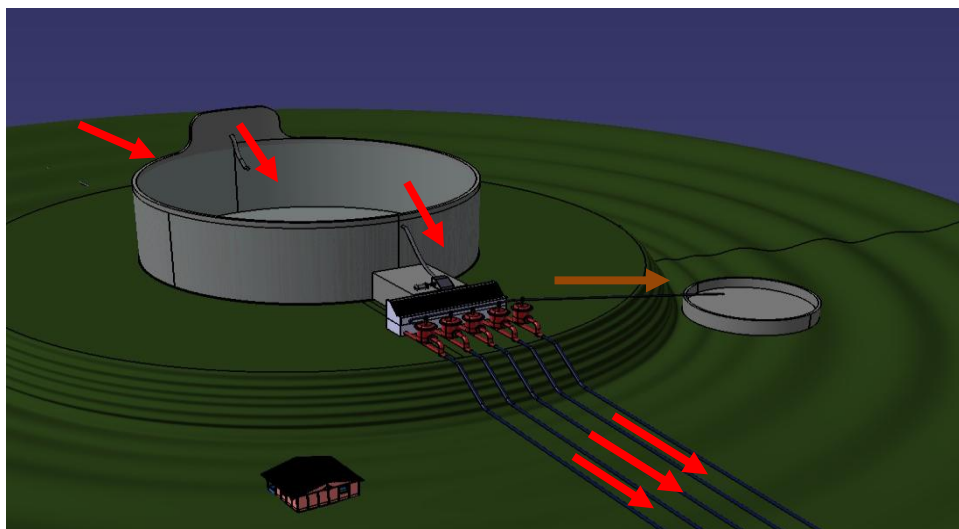


Слика 13.7. Приказ сабирног цевовода са базеном за смештај отпадне воде

## 14. Токови масе и енергије

Приликом испумпавања воде са главног водосабирника који се налази на најнижој коти површинског копа Дрмно, вода се преко главног одводног цевовода шаље у акумулационо језеро.

Са друге стране, вода приликом напуштања акумулационог језера пролазиће кроз турбину која ће бити постављена непосредно испред филтерског постројења. На овај начин, електрична енергија уложена за транспорт воде пумпама до акумулационог језера једним делом ће бити обновљена. Вода након проласка кроз турбину пролази кроз филтерско постројење где даље гравитационим путем пуни магистрални цевовод.



Слика 14.1. Приказ тока енергије и масе кроз цело постројење

## 14.1 Прорачун губитка притиска у филтерском постројењу

### *Полазни подаци:*

Укупан проток кроз филтерско постројење:

$$Q_U = 2,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

Проток кроз један филтер је  $Q = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ,

пречник цевовода  $d = 0,4 \text{ m}$ ,

дужина цевовода кроз филтерско постројење је  $l = 6,5 \text{ m}$ ,

густина воде је  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ .

$$\text{Средња брзина струјања течности је } v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{d^2 \pi}{4}} = \frac{0,5}{0,1256} = 3,98 \text{ m/s}$$

За случај цеви кружног попречног пресека, Reynoldsov број је:

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{3,98 \cdot 0,4}{10^{-6}} = 1592000$$

За хидрауличне глатке цеви постоји низ емпиријских формула за одређивање коефицијента отпора услед трења. Пошто се ради о турбулентном струјању искористиће се формула Хермана (Herman):

$$\lambda = 0,0054 + \frac{0,396}{Re^{0,3}}; \text{ за } Re \leq 2 \cdot 10^6$$

$$\lambda = 0,0054 + \frac{0,396}{72,54} = 0,01$$

### *Упутни губици притиска*

$$\Delta p_{vu} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2}$$

$$\Delta p_{vu} = 0,01 \cdot \frac{6,5}{0,4} \cdot 1000 \cdot \frac{3,98^2}{2} = 1287,03 \text{ Pa}$$

### *Локални губици притиска*

Коефицијент одговарајућег локалног отпора:

$$\xi_{ks} = 0,5 \text{ губици на изласку из каскаде}$$

$$\xi_K = 1,3 \times 2 \text{ губици на Т прикључку}$$

$\xi_v = 0,05 \times 2$  губици у вентилу

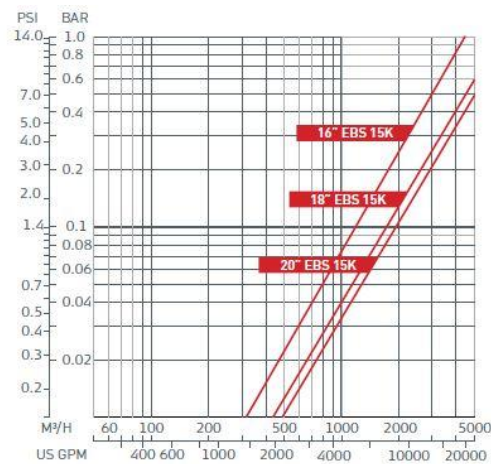
$\xi_{kr} = 0,18$  губици на кривини

$$\Delta p_{vl} = \sum \xi \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2}$$

$$\Delta p_{vl} = 3,38 \cdot 1000 \cdot \frac{3,98^2}{2} = 26770,27 \text{ Pa}$$

Укупни пад притиска у цевовду филтерског постројења је  $\Delta p_{ri} = 28057,03 \text{ Pa}$ .

Пад притиска у филтеру је приказан на слици 14.2 и износи  $\Delta p_f = 0,2 \text{ bar} = 20000 \text{ Pa}$



Слика 14.2 Дијаграм пада притиска у филтеру

Укупан пад притиска у филтерском постројењу износи:

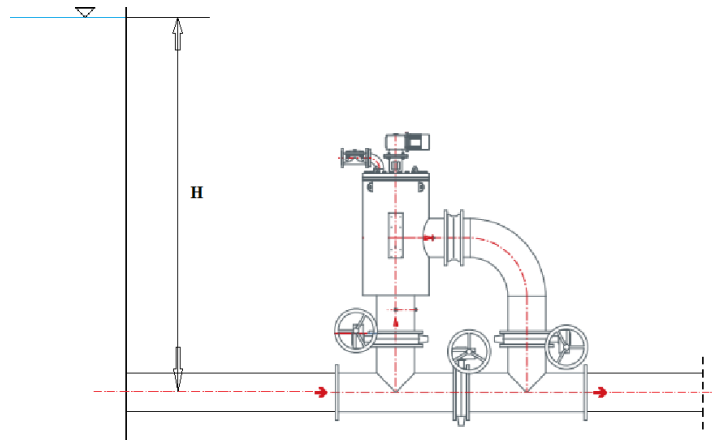
$$\Delta p = \Delta p_{ri} + \Delta p_f = 48057,03 \text{ Pa}$$

Имајући у виду да је оптимални притисак кроз филтер 2 bar, разлика између горњег нивоа воде у базену и улаза у цевоводби била  $H=14\text{m}$  како би се остварио поменути притисак.

$$P = P_0 + \rho \cdot g \cdot H$$

$$P = 100000 + 1000 \cdot 9,81 \cdot 14$$

$$P = 237340\text{Pa} = 2,37\text{bar}$$



Слика 14.2 Приказ филтра у односу на горњи ниво воде

Снага електромотора за покретање уисног скенера са млазницама је 1,5 kW. Пошто су у филтерском постројењу инсталирана 5 филтра, укупна електрична снага потребна за покретање свих електромотора је 7,5 kW.

## 15. Техно-економска анализа

Задатак техно-економске анализе је да се испита оправданост улагања у целокупан систем за наодњавање као и период исплативости свих постројења са својим компонентамакоје су наведене у следећим табелама.

Табела 6. Цена филтерског постројења

| Инвестиција                       | Износ (EUR)   | Фирма                          | Век трајања (година) |
|-----------------------------------|---------------|--------------------------------|----------------------|
| Каскадна аерација                 | 80000         | Водоинжењеринг д.о.о, Чачак    | 50                   |
| Филтери (5 ком.)                  | 100000        | "AMIAD water systems", Немачка | 30                   |
| Сабирни цевовод                   | 1500          | Жолим д.о.о. Пожаревац         | 50                   |
| Управљачке компоненте             | 50000         | Фесто, Београд                 | 50                   |
| Базен за складиштење отпадне воде | 200000        | Водоинжењеринг д.о.о. Чачак    | 50                   |
| <b>Укупно</b>                     | <b>431500</b> |                                |                      |

Табела 7.Цене инвестиције за аутоматско управљање и надзор

| Инвестиција                                          | Износ (EUR)    | Фирма                              | Век трајања (година) |
|------------------------------------------------------|----------------|------------------------------------|----------------------|
| Сензори влажности земљишта                           | 60.000         | Т.Пам д.о.о, Руски Кустур          | 8                    |
| Електро и мерно управљачка опрема на пумпној станици | 160.000        | Мастер инжењеринг д.о.о., Суботица | 30                   |
| Електромагнетни вентили                              | 45.000         | Трако д.о.о, Београд               | 25                   |
| Зауставни вентили                                    | 38.000         | Трако д.о.о, Београд               | 30                   |
| Рачунари                                             | 1.250          | Winwin д.о.о., Пожаревац           | 15                   |
| SCADA software                                       | 5.000          | ТипТех д.о.о., Београд             | 5                    |
| Контроли објекат                                     | 50.000         | Неимар СР д.о.о., Пожаревац        | 50                   |
| WIFI мрежа                                           | 16.000         | Сезампро д.о.о., Пожаревац         | 20                   |
| Мерачи протока                                       | 25.000         | AgroPartner д.о.о., Нови Сад       | 20                   |
| Контролне кутије                                     | 90.000         | Т.Пам д.о.о, Руски Кустур          | 30                   |
| <b>Укупно</b>                                        | <b>490.250</b> |                                    | -                    |

Табела 8. Цена инвестиције за МХЕ

| Инвестиција                       | Износ (EUR)    | Фирма                                                                          | Век трајања (година) |
|-----------------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| ДИВЕ турбина                      | 150.000        | „Cink Hydro Energy k.s“<br>Češka,<br>"DIVA turbinen" GmbH &<br>Co.Kg., Немачка | 30                   |
| Електро и мерно управљачка опрема | 20.000         |                                                                                | 30                   |
| Дифузор                           | 20.000         |                                                                                | 30                   |
| Грађевински радови                | 100.000        |                                                                                | 30                   |
| Транспорт, монтажа, пробни рад    | 30.000         |                                                                                | -                    |
| Пројекти, дозволе, надзор         | 50.000         |                                                                                | -                    |
| <b>Укупно</b>                     | <b>370.000</b> |                                                                                | -                    |

Табела 9. Цена постројења за наводњавање “Стига” (површина од 66 km<sup>2</sup>):

| Инвестиција                            | Износ (EUR)      | Фирма                                  | Век трајања (година) |
|----------------------------------------|------------------|----------------------------------------|----------------------|
| Модификација постојеће акумулације     | 2.000.000        | ПД Георад д.о.о., Дрмно                | 50                   |
| Пумпни агрегати 3 ком                  | 150.000          | Јастребац-Ад фабрика пумпи, Ниш        | 30                   |
| Потисни цевовод 1600m                  | 1.700            | Жолим д.о.о., Пожаревац                | 50                   |
| Гравитациони цевовод 170km             | 177.400          | Жолим д.о.о., Пожаревац                | 50                   |
| Канали                                 | 536.250          | Бада транс д.о.о., Пожаревац           |                      |
| Систем “кап по кап” за (целу површину) | 5.500.000        | Атп Ирригацион д.о.о., Београд         | 10                   |
| Систем за управљање и мониторинг       | 490.250          | Наведено у табели 4.                   |                      |
| Филтерско постројење                   | 431.500          | Наведено у табели 5.                   | 30                   |
| Мале хидроелектране                    | 370.000          | "DIVA turbinen" GmbH & Co.Kg., Немачка | 30                   |
| <b>Укупно</b>                          | <b>9.657.100</b> |                                        |                      |

### ***Допринос за власнике пољопривредних површина***

Принос по хектару (кукуруз) за целу површину по сезони:

- без наводњавања 6,5 т/ха,
- са наводњавањем 12 т/ха.

У новцу (цена кукуруза 16,14 дин/кг):

- без наводњавања 692406000 дин/сезона (за целу пољопривредну површину),
- са наводњавањем 1278288000 дин/сезона.

Разлика у новцу 585882000 дин/сезона, или 5139315,789 €.

### ***Рок отплате инвестиције***

- цена 1m<sup>3</sup> воде 5 динара,
- укупна цена за 25.800.000m<sup>3</sup> воде за наводњавање је 129.000.000 динара на годишњем нивоу (1.121.739€) у идеалним условима,
- инвестиција пројекта **9.657.100€**,
- рок отплате 8,5 година.

## 16. Утицај на животну средину

Данашњи трендови и брзина развоја индустрије, урбанизма и пољопривреде доводе до све већег загађења површинских и подземних вода, а нарочито река. Извори загађења површинских вода су бројни, а с обзиром да је за тематику овог рада најзначајније загађење, које настаје као последица уноса тешких метала у животну средину. Загађење тешким металима се оштро повећало од 1900. године и ствара озбиљне проблеме и за човека и животну средину у целом свету. На пример, концентрација метала у води и седиментима река се повећала неколико пута због ефлуената<sup>52</sup>.

Извори антропогеног<sup>53</sup> загађења вода тешким металима обухватају: индустријске изливе, индустријски отпад, рударске активности, топљење металних руда, производњу енергије и горива, сагоревање фосилних горива, саобраћајна средства, издувне гасове, примену минералних и органских ђубрива и пестицида, спирање са градских улица и депонија, одлагање комуналног муља на непрописан начин и друго.



Слика 16.1. Загађивање површинских вода као последица рударских активности

Индустрија са собом носи и друге ризике, који могу да подстакну додатно ослобађање тешких метала, који су на пример исталожени или везани у седиментима. Изливање вода за хлађење постројења са знатно вишом температуром од вода реципијената или изливање отпадних вода из процеса производње, које могу да промене

<sup>52</sup>Инфлуенти су тачкасти извори загађења вода који могу доспети у воде из индустријских постројења и из уређаја за пречишћавање комуналних вода.

<sup>53</sup>Антропогено загађивање представља вештачко загађивање вода, односно животне средине.

pH вредност реке или да доведу до стварања нових једињења са металима могу неповољно да утичу на процесе уклањања тешких метала из акватичних средина<sup>54</sup> (седиментацију<sup>55</sup>, флокулацију<sup>56</sup>, преципитацију<sup>57</sup>, оксидацију/редукцију, микробиолошку активност<sup>58</sup>, усвајање помоћу биљака<sup>59</sup>). Тако на пример присуство тешких метала као што су хром, кадмијум или бакар у отпадним водама чак и у изузетном малим концентрацијама (0.1 mg/l) може да спречи позитивно деловање бактерија у пречишћавању воде.

Надовезујући се на горе наведене чињенице важно је поменути и да токсичност једног тешког метала, у смислу његовог потенцијала да проузрукује загађење, не зависи само од његове концентрације у води већ и од облика у коме је присутан. Добро је познато да су тешки метали, изузев живе, више токсични у својим јонским формама док су њихови преципитовани и координативни облици мање опасни. Због тога сви услови који фаворизују стварање јона тешких метала (нпр. за многе метале то је ниска pH вредност) повећавајући и ризик загађења воде. С друге стране, као што је већ речено, мора се имати у виду и да преципитација тешких метала или њихова апсорпција на седиментима и суспендованим материјама представља дугорочан ризик с обзиром да јони тешких метала могу накнадно да се ослободе ако се створе повољни услови.

---

<sup>54</sup>Акватична средина је подручје које је изложено подземним и површинским водама.

<sup>55</sup>Седиментација је физички процес прераде воде који се своди на таложење честица у води под утицајем гравитације.

<sup>56</sup>Флокулација представља предtretман сирове воде, односно процес који се надовезује на процес коагулације и има задатак да обезбеди интензиван додир сетабилисаних честица које би се спајале у крупније фракције и лакше задржавале у филтерској испуни.

<sup>57</sup>Преципитација представља претварање отопљених спојева тешких метала у нетопиве спојеве и одвајање од тока отпадних вода.

<sup>58</sup>Микробиолошка активност представља степен загађености отпадних вода органским једињењима који је дефинисан количином кисеоника који је потребан за оксидацију који врше аеробни микроорганизми.

<sup>59</sup>Усвајање помоћу биљака представља способност биљака да прикупља воду како из атмосферских падавина преко листа, тако и из земље преко корена саме биљке.

## 17. Закључци

Због промене климатских услова у нашем поднебљу потребе за системом наводњавања пољопривредних површина су све веће.

Изградња наведеног система допринела би порасту приноса пољопривредних култура на површини коју би системпокривао, што би значило и пораст и у економском смислу за пољопривреднике који би се систему прикључили. Пораст приноса био би испраћен и порастом квалитета финалних производа из овога.

Позитивна страна пројекта је изградња акумулационог језера које се налазина 57m изнад пољопривредних површина које би се наводњавале из њега коришћењем гравитационог цевовода и тиме избегла додатна потрошња енергије за допремање воде до потрошача.

Применом одговарајућег система за третман отпадних вода са површинског копа Дрмно, спречиће се уливање отпадних вода у реке и уједно ће се смањити загађеност тих река, што знатно утиче на животну средину биљака и људи који у том поднебљу живе.

Отплата уложених инвестиционих средстава вршиће се наплатом воде од власника пољопривредних површина као и пољопривредника које желе узети на најам део земљишта од власника како би је обрађивали.

## 18. Литература

- [1] Група аутора, 2009: Главни рударски пројекат површинског копа Дрмно за капацитетод 9х106 тона угља годишње; Рударско-геолошки факултет, Београд.
- [2] Група аутора, 2009: Књига II.5 Технички пројекат заштите површинског копа "Дрмно" од подземних и површинских вода; Рударско-геолошки факултет, Београд.
- [3] Др Рудић В. Драган, МЕЛИОРАЦИЈЕ, Пољопривредни факултет Београд, 1999
- [4] Др Стјепан Мађар и Др Јасна Шоштарић, Наводњавање пољопривредних култура, Пољопривредни факултет Осјек, 2009.
- [5] Енергетска уштеда на филтерским постројењима за пречишћавање воде мехатроника.gomodesign.rs.htm.
- [6] [www.amiad.com/catalog](http://www.amiad.com/catalog), 14. 06.2014.
- [7] Елаборат о резервама угља у лежишту Дрмно, ПД ЗА ГЕОЛОШКА ИСТРАЖИВАЊА, ВОДОПРИВРЕДНЕ РАДОВЕ И ПРОЈЕКТОВАЊЕ "ТЕОРАД" д.о.о. – ДРМНО
- [8] <http://www.amiad.com/>, 14. 06 . 2014.
- [9] Владимир М. Милијановић: Сагледавање развоја система одводњавања на површинском копу „Дрмно“ и проширење те мреже; завршни рад; Факултет инжењеских наукаКрагујевац, 2012.
- [10] Мирослав Миладиновић, Милош Митровић, Александар Милојковић, Владимир Милијановић; семинарски рад израђен у оквиру предмета „ Управљање енерго-еко пројектима“: Развој постројења за наводњавање пољопривредног земљишта равнице Стиг ;Факултет инжењеских наукаКрагујевац, 2013.
- [11] Мирослав Миладиновић, Милош Митровић, Александар Милојковић, Владимир Милијановић: Пројекат имплементације постројења за наводњавање пољопривредног земљишта равнице Стиг; ЕНЕРГЕТИКА 2014.