

Факултет инжењерских наука

Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Управљање енерго-еко пројектима

Број индекса: 369/2012

Александар З. Милојковић

**Управљање системом за наводњавање пољопривредног
земљишта равнице Стиг**

Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. . Др Милун Ј. Бабић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

Управљање системом за наводњавање пољопривредног земљишта равнице Стиг

Пројектни задатак

Студентски тим који сачињавају: Александар Милојковић, Милош Митровић, Мрослав 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 и његов значај за развој овог поднебља које карактерише суша. Наводњавање обрадивих површина у равници Стиг код Пожаревца би се вршило водом која се испумпава са површинског угљокопа Дрмно. Из овог угљокопа 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 поменути воду искористи за наводњавање, уради адекватан третман, једним делом поврати утрошену електричну енергију која служи за препумпавање воде уградњом хидрауличних турбина, пројектује мрежу 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 Александру Милојковићу да уради завршни сегмент студије који носи назив „Управљање системом за наводњавање пољопривредног земљишта равнице Стиг“, који треба да:

- уведе читаоца у материју;
- опише локацију пројекта, климатске факторе, идејно решење наводњавања;
- изнесе све податке о количини воде потребне за пољопривредне културе;
- опише све системе управљања (од водосабирника до акумулационог језера, заљвни систем на пољопривредној површини, филтерским постројењем и малом хидроелектраном);
- изнесе закључке.

Веома је било важно да уз помоћ савремених софтверских прорачунских и пројектантских алата комплетну идеју проверимо, али и да израдимо 3D виртуалне документације свих виталних компоненти водозаливног система, али и да утврдимо економску оправданост инвестиције у изградњу тог система.

Кључне речи:

SCADA, управљање, акумулационо језеро, цевовод, контролна кутија, рачунар, PLC.

Management system for irrigation of agricultural land plains Stig

Master work

Student team consisted of: Alexander Milojković Milos Mitrovic, Mroslav Miladinovic and Vladimir Milijanović, has a duty to do system design for irrigation of agricultural lands Stig.

The aim of this project is to increase the annual yield of agricultural crops and its significance for the development of the land characterized by drought, irrigation of farmland in the valley Stig in Pozarevac with water which is pumped from the open pit Drmno. From this open pit they use lignite for thermal power plant Kostolac is obtained, and the way exploitation is unique in Europe, because 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 from surface and ground water during operation. The task of the student team is to use that water for irrigation, do adequate treatment, partially restore electricity which is used for pumping water by installing hydraulic turbine, a network of pipelines and controlling the entire system.

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

The team division requires the student Александар Милојковић to do the segment of the study entitled „Management system for irrigation of agricultural land plains Stig“, which should:

- Introduce the reader to the subject matter;
- A description of the location of the project, climate factors, preliminary design of irrigation;
- Make a selection and sizing of the turbine and generator;
- Description of the management and control of the system (from wather collector VS1- to reservoir, on the land plants, filter plant and small hydroelectric power;
- and present the conclusion.

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

Keywords:

SCADA, management, reservoir, pipeline, control box, pc, PLC.

Крагујевац, јуни 2014. године

Проф. др Милун Бабић, ментор

Садржај

1. Увод	5
2. Наводњавање пољопривредне површине равнице „Стиг“	6
2.1 Локација Стишке равнице	6
2.2 Климатске карактеристике у области Стига.....	6
2.3 Количина воде потребна за наводњавање	9
2.4 Потреба биљака за водом	11
2.5 Идејно решење наводњавања.....	12
2.6 Опис система за наводњавање	13
3. Системи за управљање	15
3.1.1 Постојеће управљање и мониторинг на површинском копу Дрмно, систем одводњавања од површинских и подземних вода (извориште воде за наводњавање)	15
3.2 Надзор и управљање системом одводњавања	16
3.3 Техничке карактеристике бежичног система (базна станица).....	19
3.4 Техничке карактеристике претплатничких јединица	19
4. Управљање и мониторинг од водосабирника VS-1 до акумулационог језера.....	20
4.1 Постојећи систем одводњавања са водосабирника VS-1 (извориште воде за наводњавање).....	20
4.2 Опис система за наводњавање	21
4.3 Управљање и мониторинг	23
4.4 SCADA-Екран и трендови.....	26
5. Управљање наводњавањем на пољопривредној површини равнице „Стиг“.....	28
5.1 Модели управљања система за наводњавање	28
5.2 Преглед досадашњих модела управљања	28
5.3 Дизајн бежичне мреже сензора за надзор наводњавање , хардвер и софтвер за централизован систем	35
5.4 Развој контролних кутија за наводњавање	37
5.5 Изградња софтвера за бежични систем наводњавања.....	40
5.6 Израда бежичне мреже за наводњавање на пољопривредној површини „Стиг“.....	44
5.7 Сензори влажности земљишта-„IRROMETER“	47
6. Управљање филтерским постројењем	48
6.1 Одабир третмана	48
6.2 Филтрација воде	48

6.3	Процес филтрирања	49
6.4	Процес самочишћења	49
6.5	Практични примери - Вентилски терминал у контролном орману са ручно контролисаним панелом	50
7.	Управљачки систем малих хидроелектрана	55
7.1	Одабир хидрауличне турбине за МХЕ	55
7.2	Упраљачки систем.....	58
8.	Техно-економска анализа	64
9.	Закључци.....	67
10.	Литература.....	68

1. Увод

У основи биљне производње је пољопривредно земљиште као природно тело у којем се одвијају сви животни процеси биљне културе. Добро припремљено тло је темељни производни услов за добру пољопривреду и живот човека. Земљиште и вода су нераздвојни и чиниоци су биљног, животињског и људског постојања.

Садржај воде у тлу је променљив у зависности од временских прилика и потрошње воде од стране биљака. Чињеница је да воде у тлу нема довољно за нормалан раст и развој биљне културе што се негативно одражава на њихов род.

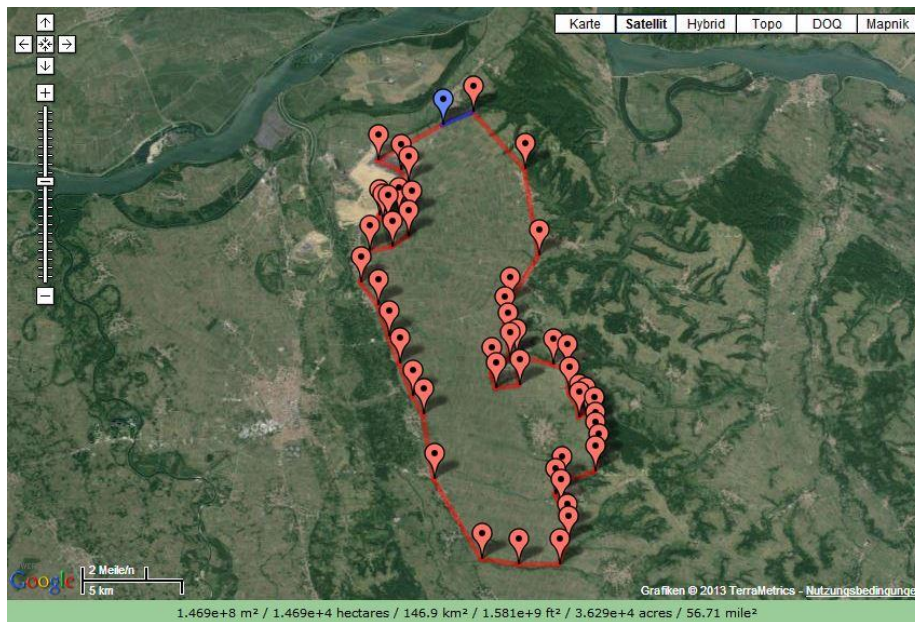
Пољопривредним земљиштима која немају довољно воде за узгој пољопривредних култура током целе вегетације или само у одређеном раздобљу раста и развитка, воду додајемо на вештачки начин. Све мере и радови којима се свесно и на вештачки начин повећава садржај воде у тлу с циљем узгоја пољопривредних култура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

Наводњавање тежи ка аутоматизацији ради повећања ефикасности, у економском и еколошком смислу. Управљање и надзор у овом сегменту имају значајну улогу у унапређењу наводњавања до највишег нивоа. Одлука о аутоматизацији система подразумева: смањење потребе за додатном радном снагом и ручним радом, уштеду времена, повећање ефикасности и тачности наводњавања.

2. Наводњавање пољопривредне површине равнице „Стиг“

2.1 Локација Стишке равнице

Стиг је равница у источној Србији, која 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 km² (Слика 1).



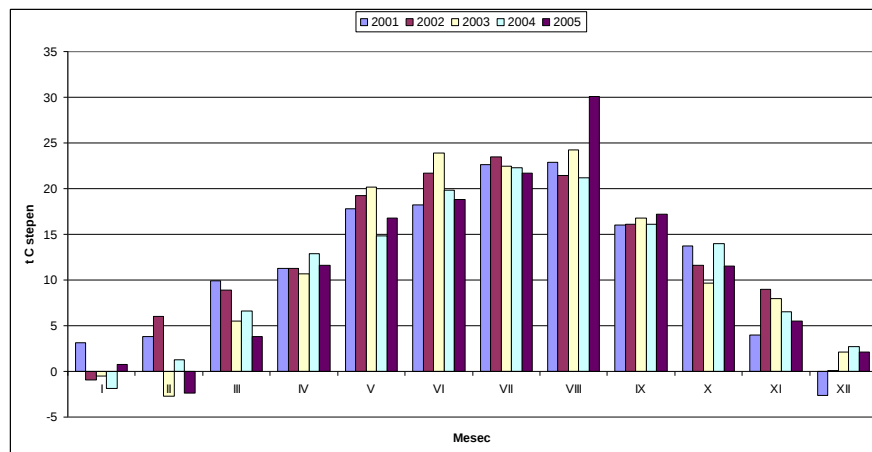
Слика 1. Равница „Стиг“

Земљиште равнице Стиг је веома плодно и погодно за гајење готово свих биљних култура, јер је површински слој типа чернозем. Традиционалне биљне културе које се гаје на овој плодној површини су у великој мери кукуруз, пшеница и сунцокрет, а у мањој мери остале житарице.

2.2 Климатске карактеристике у области Стига

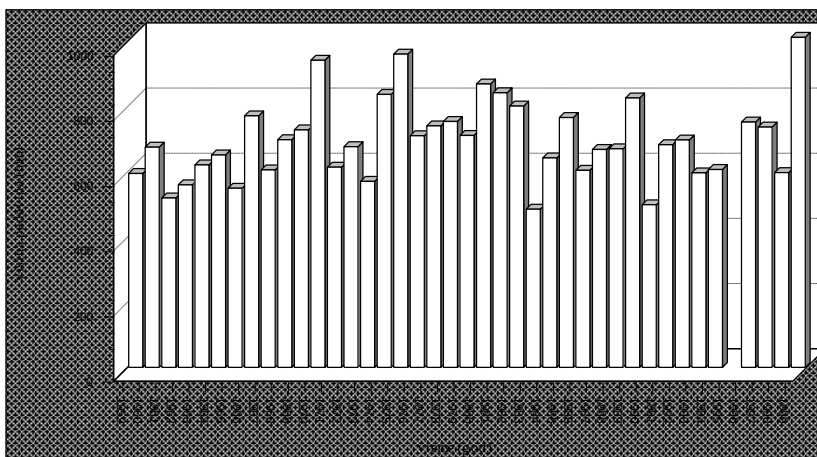
Клима овог подручја је умерено континентална са делимичним утицајем степско-континенталног климата, који долази из јужног Баната. Одлике ове климе су топла лета и релативно хладне зиме. Близина Ђердапске клисуре и изложеност подручја ударима кошава, одражава се на микроклиму.

На основу података са климатолошке станице Брадарац, средња годишња температура ваздуха на основу расположивих података за период од 1959. до 1994. године, износи $+10,9^{\circ}\text{C}$, при чему је најхладнији месец јануар са средњом месечном температуром од $-0,1^{\circ}\text{C}$, а најтоплији месец јул са средњом месечном температуром од $21,2^{\circ}\text{C}$. Средње месечне температуре за период од 2001. до 2005. године приказане су на Слици 2.



Слика 2. Средње месечне температуре за период 2001-2005¹

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 влажно. На основу вишегодишњег осматрања (за период 1959.-1999. године) на најближој метеоролошкој станици Брадарац, просечне суме годишњих падавина износе 688,2 mm (Слика 3).



Слика 3. Суме годишњих падавина за кишомерну станицу Брадарац²

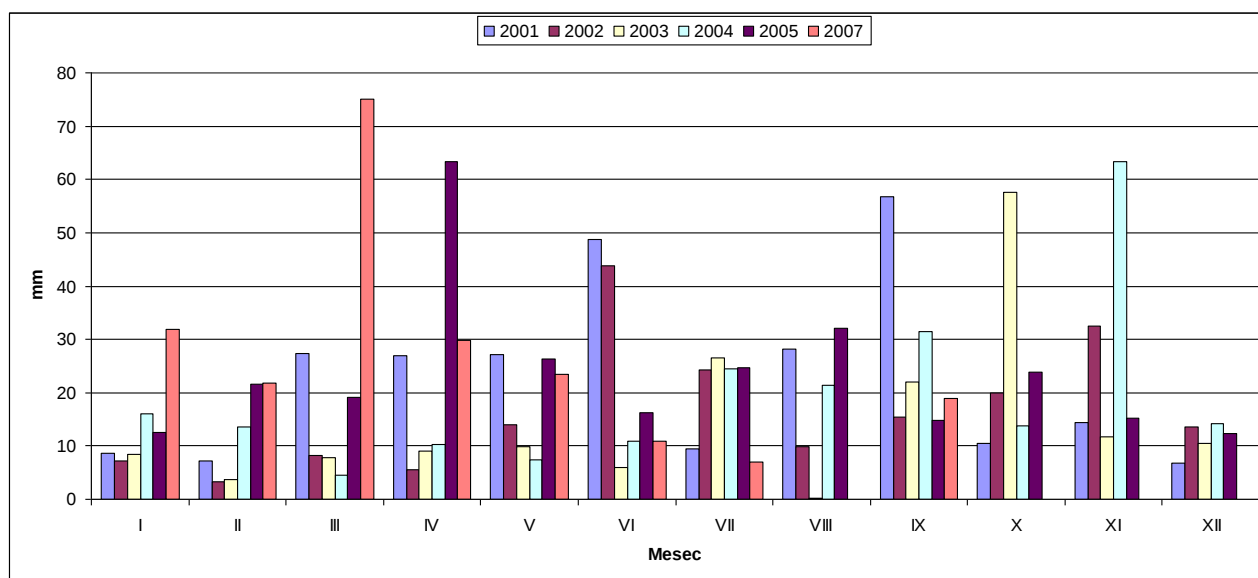
¹ Група аутора: Главни рударски пројекат површинског копа Дрмно за капацитет од 9х106 тона угља годишње; Рударско-геолошки факултет, Београд, 2009;

² Група аутора: Главни рударски пројекат површинског копа Дрмно за капацитет од 9х106 тона угља годишње; Рударско-геолошки факултет, Београд, 2009;

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.

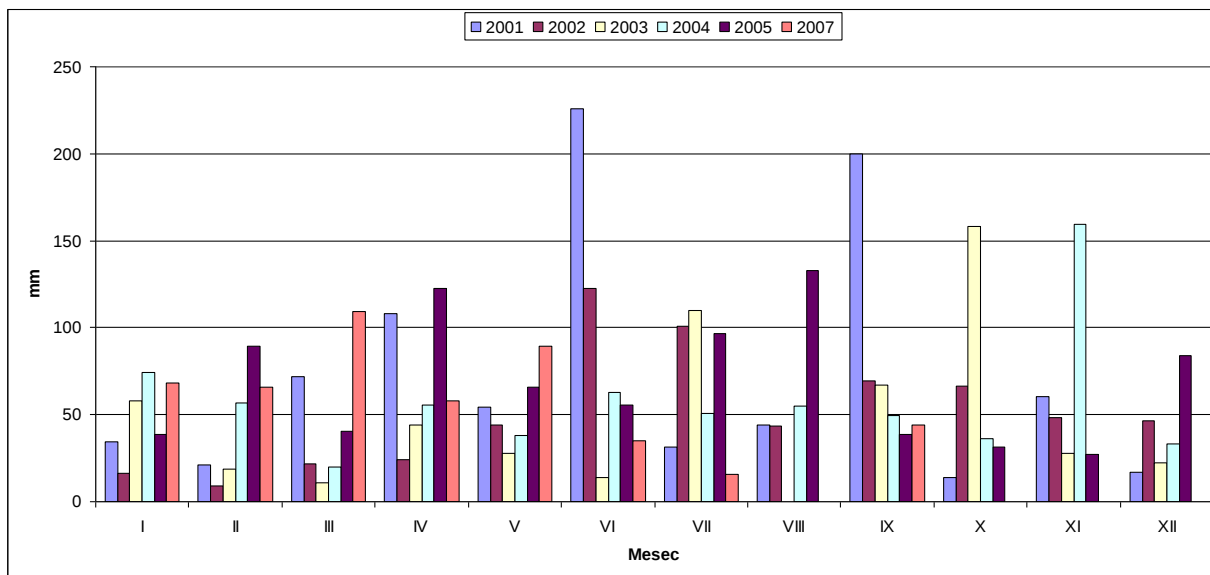
Просечан број кишних дана у току године је 134 дана, што чини 36,75% од укупног броја дана у години. Број дана са падавинама преко 1 mm воденог стуба има 92,2 дана годишње, а са падавинама преко 10 mm, 22 дана годишње. Максимална дневна висина падавина измерена на кишомерној станици Брадарац је забележена 09.10.1963. године, када је пало 60,7 l/m².

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/m², а најсиромашнији септембар са 40 l/m². Карактеристике поднебља су и врло суве зиме са мало снежних падавина. Максималне дневне количине падавина измерене на Дрмну током периода 2001- 2007. године (Слика 4), док су месечне количине падавина за исти период приказане на Слици 5.



Слика 4. Максималне дневне падавине на Дрмну за период 2001-2007³

³ Група аутора: Главни рударски пројекат површинског копа Дрмно за капацитет од 9х106 тона угља годишње; Рударско-геолошки факултет, Београд, 2009;



Слика 5. Месечне падавине на Дрмну за период 2001-2007⁴

2.3 Количина воде потребна за наводњавање

Усев кукуруза је један од оних који даје највећу вегетативну масу, па је разумљиво зашто и тражи велике количине хранива и воде. У раним фазама развића, водни дефицит се манифестује неуједначеним ницањем и напредовањем младих биљака, односно успореним порастом. Важно је истаћи да најкритичнији период, почиње 14 до 21 дан пре метличења⁵.

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 су због глобалног отопљавања и промена климе у производном подручју 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(слика 6), 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.

⁴ Група аутора: Главни рударски пројекат површинског копа Дрмно за капацитет од 9х106 тона угља годишње; Рударско-геолошки факултет, Београд, 2009;

⁵ Метличење је фаза цветања кукуруза;

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 (слика 6), 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.



Слика 6. Утицај суше на усева

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 усева треба око 50 mm, мају - 75 mm, јуну - 90 до 95 mm, јулу - 100 mm, августу - 95 mm, септембру - 40 mm (1 mm = 1 l/m²) (Слика 7).



Слика 7. Количина падавина у току вегетације⁶

⁶ Др Рудић В. Драган, МЕЛИОРАЦИЈЕ, Пољопривредни факултет Београд, 1999;

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 својстава. Код земљишта средњег механичког састава (чернозем, алувијална земљишта) заливна норма не би требало да прелази 60 mm (60 l/m²), а код осталих оне су мање и требало би да се крећу у распону од 20 до 40 mm (20 до 40 l/m²).⁷ 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.

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.

2.4 Потреба 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.

⁷ Др Рудић В. Драган, МЕЛИОРАЦИЈЕ, Пољопривредни факултет Београд, 1999;

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.).⁸

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).

2.5 Идејно решење наводњавања

Пошто се у непосредној близини равнице Стиг налази површински коп „Дрмно“ (слика 8 и 9) који је посебан у Европи по експлоатацији на терену који је изузетно изложен површинским и подземним водама, па се самим тим ради експлоатације угља црпи велика количина воде, а која се потом не користи, дошли смо на идеју да се управо сва та вода искористи на тај начин што ће адекватно димензионисаним системом наводњавања побољшати и олакшати пољопривредну производњу.

⁸ Др Рудић В. Драган, МЕЛИОРАЦИЈЕ, Пољопривредни факултет Београд, 1999;



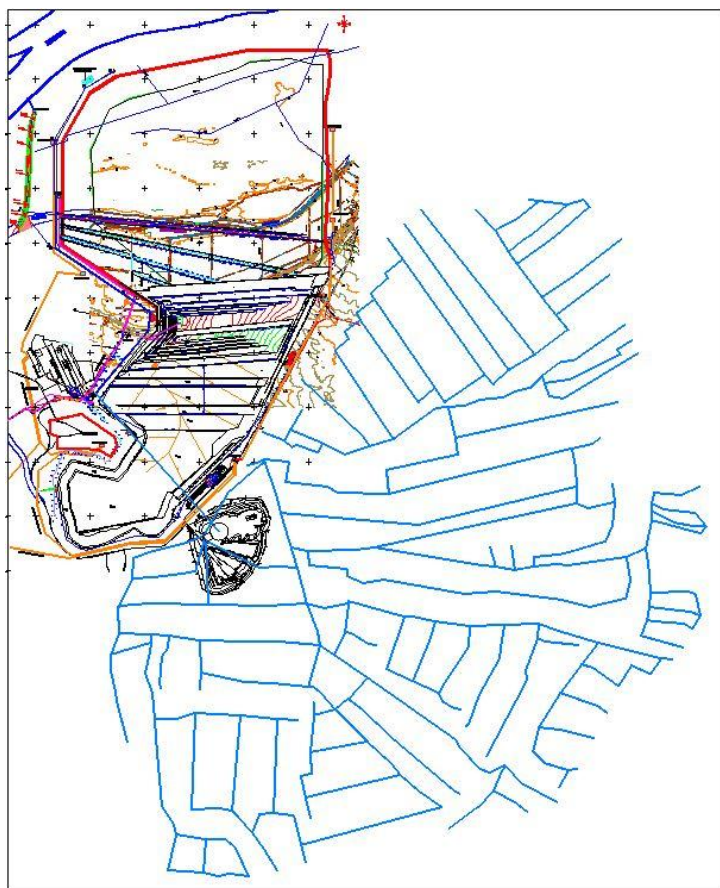
Слика 8. Приказ површинског копа Дрмно

2.6 Опис система за наводњавање

Систем за наводњавање пољопривредног земљишта у Стишкој равници требало би да функционише тако што би се вода из водосабирника VS-1, помоћу пумпне станице, потисним цевоводом препумпавала у акумулационо језеро које би требало да буде изграђено на локацији старог одлагалишта јаловине, које се налази на надморској висини од 130 m, а висинска разлика у односу на пољопривредне површине је 62m што ће омогућити гравитациони транспорт воде за наводњавање.

Месец	Количина доступне воде m ³	Количина воде која се акумулира m ³	Количина воде која се троши m ³	Разлика m ³
Јануар	2150000	9200000	-	-
Фебруар	2150000	11500000	-	-
Март	2150000	13800000	-	-
Април	2150000	13100000	3000000	700000
Мај	2150000	10900000	4500000	2200000
Јун	2150000	7800000	5400000	3100000
Јул	2150000	4100000	6000000	3700000
Август	2150000	700000	5700000	3400000
Септембар	2150000	600000	2400000	100000
Октобар	2150000	2300000	-	-
Новембар	2150000	4600000	-	-
Децембар	2150000	6900000	-	-

Табела 1. Приказ доступне количине воде



Слика 9. Приказ површинског копа Дрмно у односу на гравитациону мрежу ценовода



Слика 10. Приказ мреже гравитационог ценовода

Вода која се акумулира у вештачком језеру би се, након таложења, загревања и третмана у постројењу за третман воде, природним падом дистрибуирала кроз мрежу гравитационог ценовода свуда по Стишкој равници ценоводима распоређеним на начин приказан на слици 10. Укупна дужина мреже гравитационог ценовода је 170 km а притисак у ценоводу је минимално 1bar.

3. Системи за управљање

У овом пројекту ће бити описани следећи управљачки системи:

1. постојеће управљање и мониторинг на површинском копу Дрмно, систем одводњавања од површинских и подземних вода (извориште воде за наводњавање);
2. управљање и мониторинг од главног водосабирника VS-1 до акумулационог језера;
3. управљање наводњавањем на пољопривредној површини равнице „Стиг“;
4. управљање фиктерским постројењем;
5. управљање малим хидроелектранама за повраћај дела утрошене енергије.

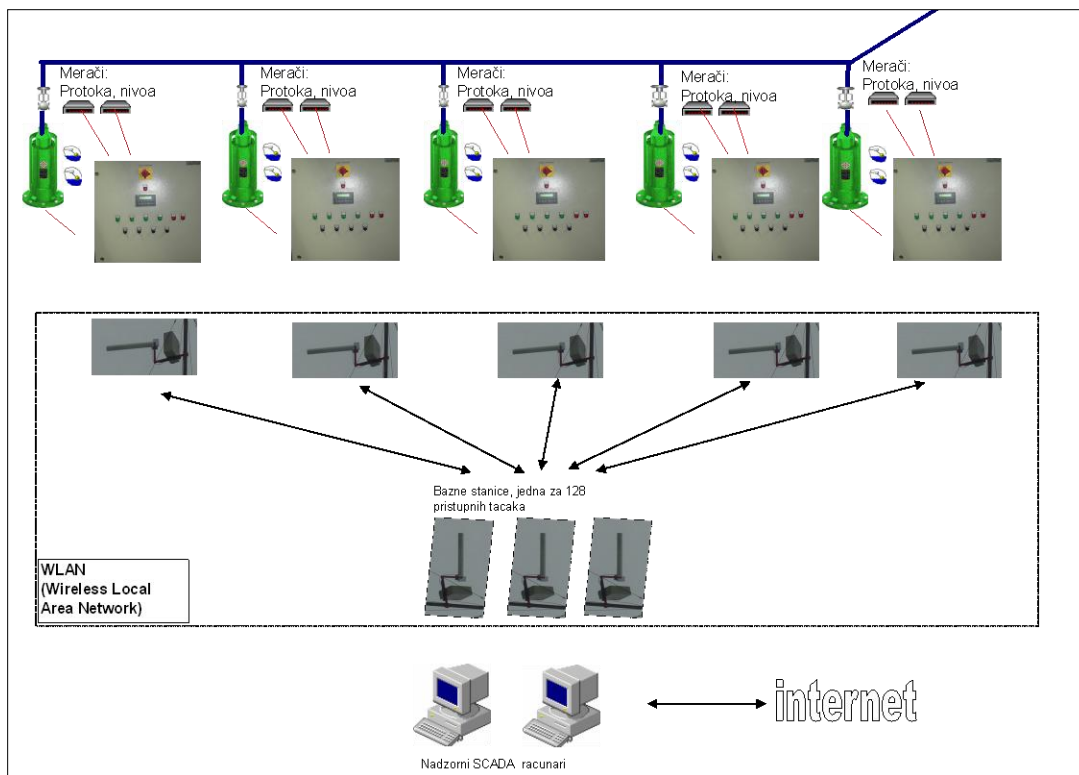
3.1.1 Постојеће управљање и мониторинг на површинском копу Дрмно, систем одводњавања од површинских и подземних вода (извориште воде за наводњавање)

Како је процес одводњавања веома сложен и зависи од много природних фактора на које се не може утицати (падавине, температуре, режим подземних и површинских вода), то је потребно бар познавати режим тих параметара и ван подручја самог површинског копа.

У данашње време прогнозни прорачуни и симулација подземних вода на лежишту обављају се помоћу разних софтвера. Међутим, како би се добили што прецизнији и веродостојнији хидрогеолошки модели лежишта и прогнозни прорачуни, то је потребно да имамо што више поузданих података, односно стално праћење рада система одводњавања. Практично, постојећи систем заштите од подземних вода и систем за праћење и осматрање представљају сервис за динамичко праћење полазних хидрогеолошких параметара. На овај начин се у сваком тренутку могу добити ажурни подаци полазних хидрогеолошких параметара, који су неопходни ради реконструкције постојећих система заштите од подземних вода или избора нових система заштите површинских копова угља од дотока подземних вода.

Прикупљање података о хидрогеолошким параметрима може се вршити читавањем са мерних инструмената на терену и њиховим елаборирањем или аутоматизовано прикупљање података са мерних уређаја преко регулационих уређаја. Претраживање и обрада елаборираних података, спор је и мукотрпан посао. Ова сазнања, озбиљност истраживања и потреба за сталним иновирањем и брзом коришћењу свих прикупљених података, поставили су захтев за ефикаснијим приступом подацима.

Мониторинг и управљање радом на површинском копу Дрмно (Слика 11) се састоји из централног система за надзор и управљање CSNU и он обухвата: локалне мерно управљачке системе на самом изворишту, и надзорног рачунара са SCADA софтвером.



Слика 11. Надзор и управљачки систем линијама бунара⁹

3.2 Надзор и управљање системом одводњавања

Локално мерно управљачки системи на бунарима (Слика 12) треба да омогуће управљање мотором пумпе по задатом протоку и/или задатом нивоу, заштиту од кратког споја, преоптерећења, нестанка фазе, сувог рада пумпе, мерење и приказ протока и нивоа, комуникацију са надзорним центром TCP/IP протоколом, старт-стоп, пренос вредности протока, нивоа, отварање врата ормана, аларма преоптерећења.

Функције надзорног рачунара су: контрола свих бунара, укључење, искључење, контрола и архивирање свих вредности у систему (протоци, нивои, аларми и тд.), формирање дневних, месечних и годишњих извештаја.

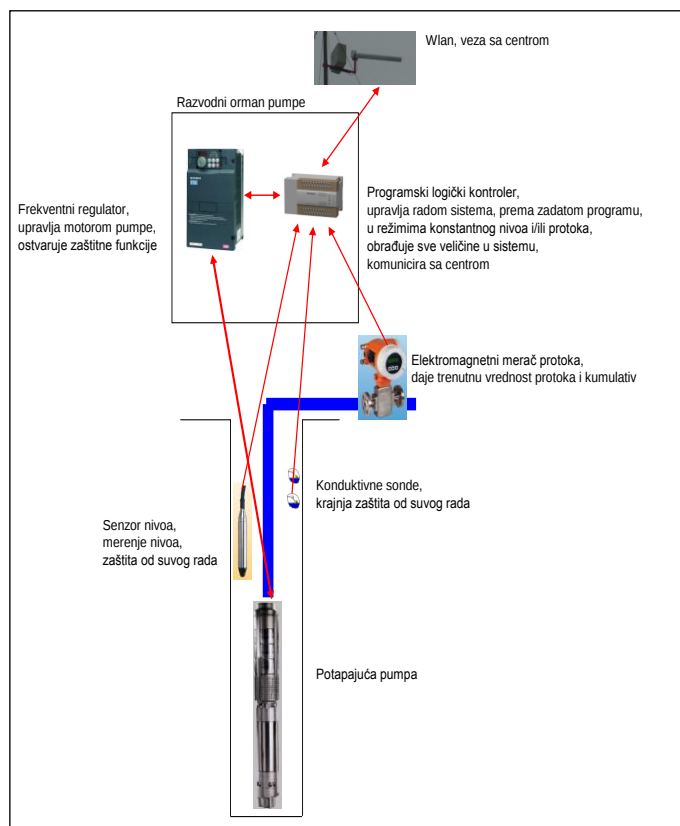
⁹ Група аутора: Главни рударски пројекат површинског копа Дрмно за капацитет од 9х106 тона угља годишње; Рударско-геолошки факултет, Београд, 2009;

Како би све ово успешно функционисало, потребно је да се успостави комуникациони систем, који обухвата примопредајни систем на бунарима, примопредајни систем у контролном центру и рачунарске мреже у контролном центру.

Систем мора да има потпуну отвореност. То значи, да одговарајуће техничко лице у сваком тренутку може да приступи надзорно-управљачком систему и изврши потребне измене на хардверу и софтверу.

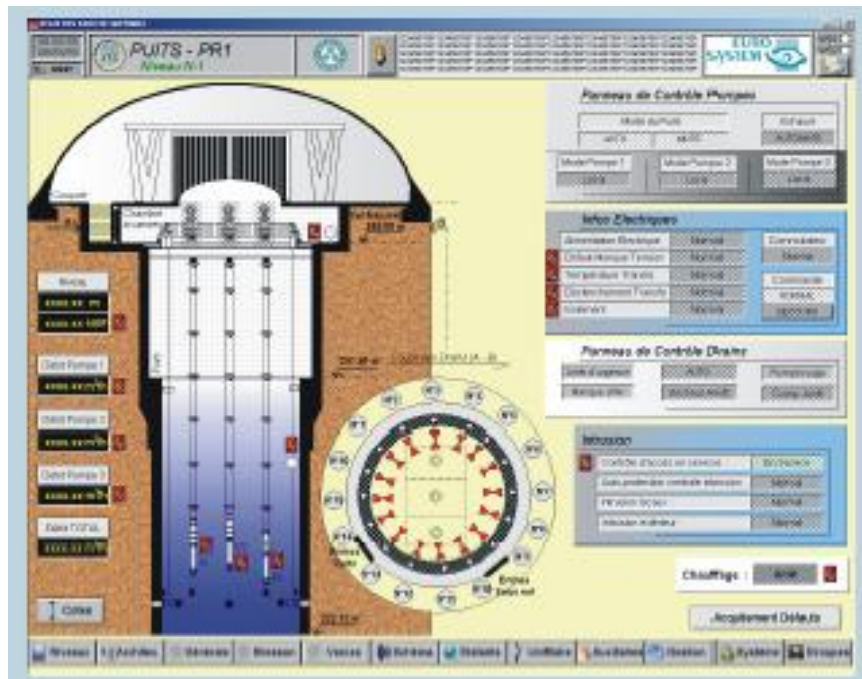
На главном монитору треба приказати географски распоред пројектованих бунара, линију ивице копа и линију напајања, односно трафо-станице преко којих се бунарска линија напаја.

На основу података: ниво воде у бунару, тренутни проток, стање пумпе (укључено напајање, пумпа укључена/искључена, пумпа исправна/неисправна итд.), разлог застоја у раду пумпе (нема воде у бунару, реаговала нека од електричних заштита електро-мотора, пумпа у локалном режиму рада итд.) и струја електро-мотора, могуће је направити добру базу података на годишњем и вишегодишњем нивоу за даље пројектовање оптималнијих система заштите од подземних вода. На монитору у диспечерском центру нумеричким и графичким апликацијама (Слика13) треба приказати рад сваког бунара.



Слика 12. Локални мерно управљачки систем на бунару¹⁰

¹⁰ Група аутора: Главни рударски пројекат површинског копа Дрмно за капацитет од 9х106 тона угља годишње; Рударско-геолошки факултет, Београд, 2009;



Слика 13. Детаљан приказ бунара са свим параметрима

У циљу реализације комуникационог система, који би омогућио повезивање PLC уређаја на бунарима са системом централног управљања (SCADA софтвер), предвиђа се инсталација бежичног комуникационог система, који обухвата примопредајни систем на бунарима и постојећи примопредајни систем у контролном центру. Предлаже се инсталација бежичне приступне мреже на 5,4 GHz.

Такође, базна станица има могућност проширења додавањем нових сектора који би омогућавали већи угао покривања око базне станице. Базна станица се према рачунарској мрежи централног система за прикупљање података (SCADA систем) повезује преко 10/100 BaseT Ethernet интерфејса.

Имајући у виду да се бунари налазе изван линије оптичке видљивости, посматрано са контролног центра, предвиђа се и монтажа још две базне станице, које би омогућиле повезивање тих бунара. Веза између ових станица ће се такође остварити бежичним путем. Примопредајни систем на бунару састојаће се од претплатничке јединице, са антеном добитка 16 dBi. Претплатничка јединица ће се монтирати у ормане поред бунара заједно са осталом опремом, а повезаће се са PLC контролером преко 10/100BaseT Ethernet интерфејса. Са друге стране врши се повезивање са спољашном јединицом и антеном. У садашњој консталацији предвиђа се монтажа 46 претплатничких јединица.¹¹

¹¹ Група аутора: Главни рударски пројекат површинског копа Дрмно за капацитет од 9x106 тона угља годишње; Рударско-геолошки факултет, Београд;

3.3 Техничке карактеристике бежичног система (базна станица)

Спецификација радио интерфејса:

- стандард: IEEE 802.16-2004,
- фреквенција: 5,475 – 5,725 GHz,
- дуплекс начин рада: TDD, OFDM 256 FFT,
- модулација: BPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM и
- излазна снага: min 17 dBm.

Мрежна својства:

- подршка за IP (IPv4, PFC 791) протокол,
- бридгинг начин рада (IEEE 802.3d),
- подршка за рутирање, динамички протоколи рутирања (RIPv2, OSPF),
- подршка за WLAN у складу са IEEE 802.1 P/Q
- класификација саобраћаја на основу параметара II, III и IV нивоа OSI модела (L2, L3 и L4),
- QoS механизми: UGS, rtPS, nrtPS, VE, CIR, MIR,
- капацитет: Максималн број корисника по сектору: 512,
- интерфејси: Backhaul: 10/100 BaseT,
- напајање: 220VAC, 50Hz,
- услови околине: RoHS.

3.4 Техничке карактеристике претплатничких јединица

Спецификација радио интерфејса:

- стандард: IEEE 802.16-2004,
- фреквенција: 5,475 – 5,725 GHz,
- модулација: BPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM,
- излазна снага: 20 dBm,
- појачање антене: 16 dbi.

Мрежна својства:

- подршка за IP (IPv4, RFC 791) протокол,
- бридгинг начин рада (IEEE 802.3d),
- подршка за WLAN у складу са IEEE 802.1 P/Q,
- интерфејси: Кориснички интерфејс: 10/100 BaseT,
- услови околине: RoHS,
- напајање: 220 VAC, 50 Hz.¹²

¹² Група аутора: Главни рударски пројекат површинског копа Дрмно за капацитет од 9х106 тона угља годишње; Рударско-геолошки факултет, Београд, 2009;

4. Управљање и мониторинг од водосабирника VS-1 до акумулационог језера

4.1 Постојећи систем одводњавања са водосабирника VS-1 (извориште воде за наводњавање)

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 14). Водосабирници су димензионисани за приливе површинских вода педесетогодишњег повратног периода.



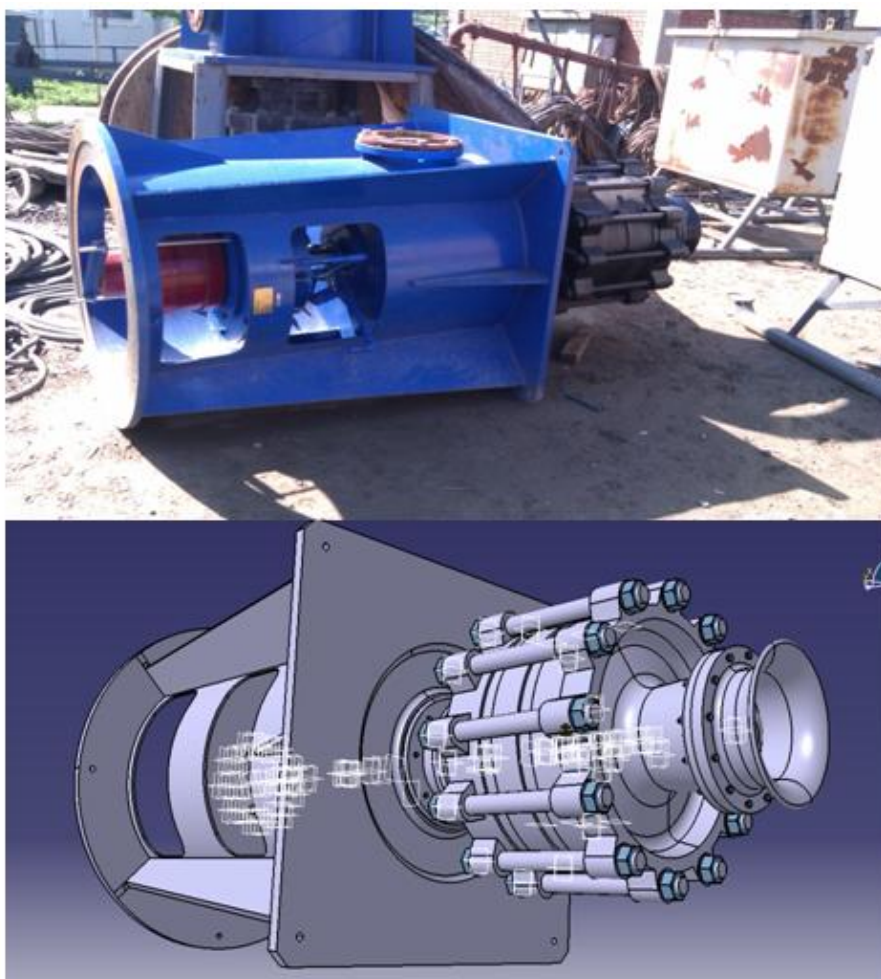
Слика 14. Изглед водосабирника VS-1

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.

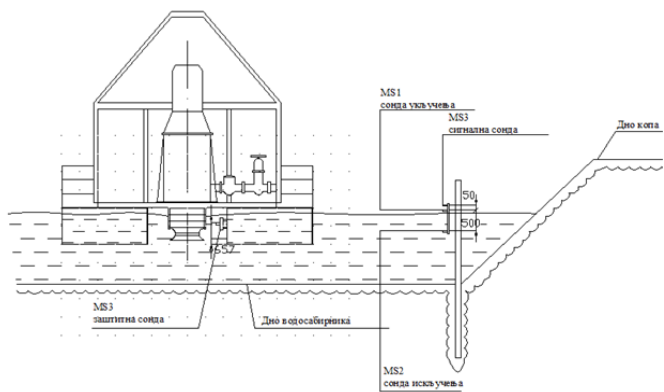
Укупна просечна количина воде која се са површинског копа Дрмно сакупи помоћу оба система одводњавања у току једног месеца износи 2150000 m³. За годину дана ова количина износи 25800000 m³ што је према потребама земљишта и биљних култура и више него довољна за наводњавање 66 km² од укупне површине равнице Стиг.

4.2 Опис система за наводњавање

Систем за наводњавање пољопривредног земљишта Стиг би требало да функционише на следећи начин, вода са водосабирника VS-1 помоћу пумпне станице, која садржи 5 пумпе BPV-8, слика 15, би се потисним цевоводом препумпавала у акумулационо језеро које би требало да буде изграђено на локацији садашњег одлагалишта јаловине (Слика 17), које је на надморској висини од 140m, што би омогућило гравитационо наводњавање пољопривредних површина равнице Стига. Дужина потисног цевовода би требала да буде 1600m.



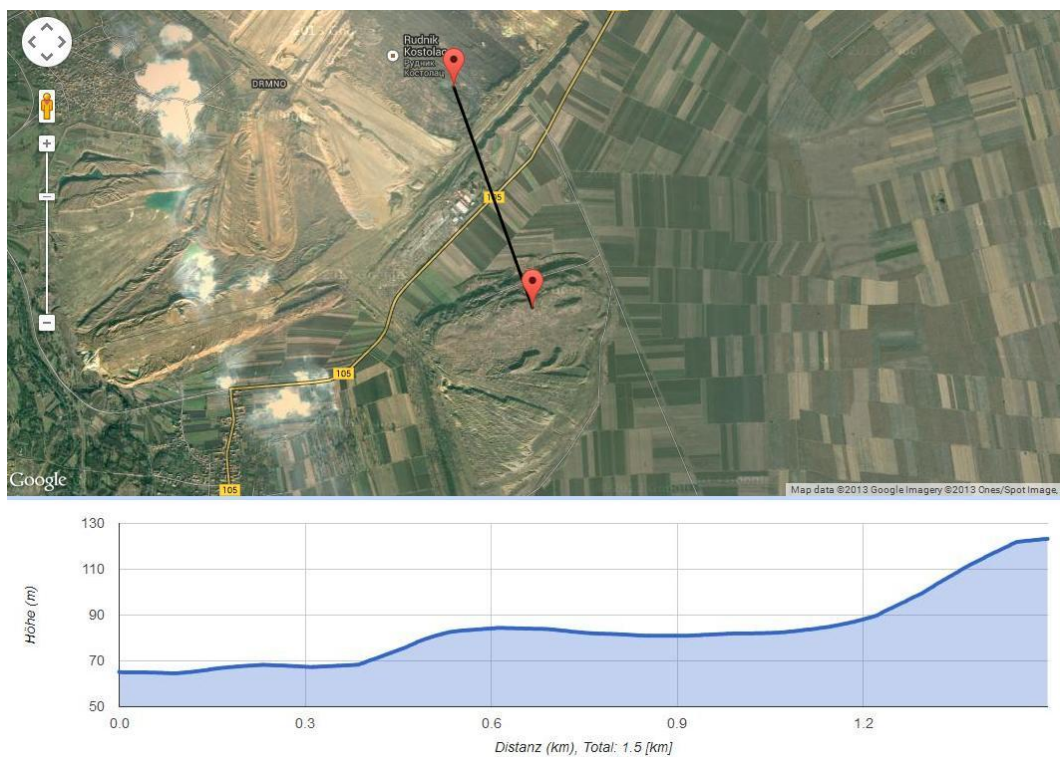
Слика 15. Приказ пумпе BPV-3



Слика 16. Приказ понтона



Слика 17. Приказ одлагалишта



Слика18. Приказ терена од VS-1 до одлагалишта-акумулационог језера



Слика 19. Приказ терена површинског копа Дрмно и одлагалишта

Акумулационо језеро би захватало запремину од 28000000 m^3 а идеализоване димензије би биле:

- полупречник 670 m,
- дубина 20 m.

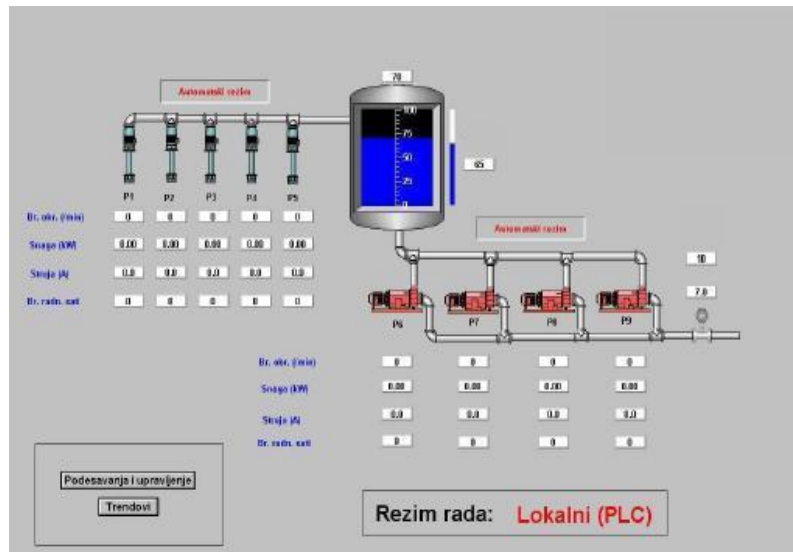
4.3 Управљање и мониторинг

Водосабирник са 5 пумпи на понтону, већ поменут систем, би поседовао регулацију, која садржи систем за мерење, праћење и контролу, односно SCADA software, који се налази на PC рачунару у контролном објекту. SCADA систем је повезан путем целуларне мреже оператера мобилне телефоније, односно преко GPRS рутера, са операторским PLC-овима, који се налазе на пумпној станици и на тај начин добија информације о раду система, а могуће је и управљање његовим радом (слика 20).



Слика 20. Шематски приказ система за управљања и надзор¹³

¹³ Фирма Мастер инжењеринг, Аутоматизација-системи водоснабдевања, Суботица;



Слика 21. Приказ екрана са SCADA програмом

Пумпна станица на главном водосабирнику VS-1 би поседовала неколико електро-ормана за регулацију. У једном се налази графички програмибилни логички контролер (PLC), који служи за контролу тог целог система, док у другим се налазе фреквентни регулатори на које су прикључене пумпе. Фреквентни регулатори служе за регулисање брзине обртања радног кола пумпе. У акумулационом језеру, које је у нашем SCADA програму приказано као резервоар се налази сонда за мерење нивоа воде (слика 21).¹⁴ Након пуњења поменутог резервоара, вода се прелива у гравитациону мрежу цевовда што ће даље омогућити наводњавање пољопривредне површине уз помоћ одговарајућих компоненти, које ће бити описане у даљем току рада.



Слика 22. Приказ електро-ормана¹⁵

¹⁴ Фирма Мастер инжењеринг, Аутоматизација-системи водоснабдевања, Суботица;

¹⁵ Фирма Мастер инжењеринг, Аутоматизација-системи водоснабдевања, Суботица;

Трансмисер притиска је постављен у потисном цевовду од водосабирника VS-1 до акумулационог језера. PLC добија информацију о нивоу воде у акумулационом језеру и о вредности притиска у цевовду путем сензора, затим је путем „Modbus“ комуникације прослеђује је фреквентним регулатором, заједно са информацијама о задатом нивоу воде и задатом притиску у потисној цеви, што задаје оператер на PLC-у. Фреквентни регулатори на основу тих информација регулишу брзину обртања радног кола, самим тим и проток воде. Поред тога PLC укључује, или искључује пумпе (аутоматски-у зависности од стања система, или ручно вољом оператера), што спречава изливање акумулационог језера и настанка материјалне штете.

Аутоматско укључивање/искључивање пумпи се врши у зависности од брзине пумпи и то тако што уколико су брзине максималне – укључује се слободна пумпа која је радила најмањи број минута од слободних пумпи, или ако су брзине минималне – искључује се пумпа у раду која је радила највећи број минута од укључених пумпи, а такође и у зависности од нивоа воде у резервоару, односно притиска у потисној цеви, тако што ако је достигнут гранични горњи ниво– искључује се пумпа у раду која је радила највећи број минута од укључених пумпи, или ако је достигнут гранични доњи ниво укључује се слободна пумпа која је радила најмањи број минута од слободних пумпи. PLC приказује систем регулације на свом екрану који се користи и за уношење података од стране оператера, захваљујући томе што је осетљив на додир. Систем се приказује на више различитих прозора на екрану који се мењају притиском одговарајућег тастера на екрану и то су следећи екрани:¹⁶

Ekran – „Prikaz sistema regulacije“

Ekran – „Upravljanje pumpama“

Ekran – „Upravljanje potisnim pumpama“

Ekran – „Detaljan prikaz potisne pumpe“

Ekran – „Grafik nivoa vode“

Ekran – „Grafik pritiska“

Ekran – „Podešavanja potisnog sistema“

Ekran – „Prikaz neispravnosti“

SCADA систем је направљен у програму „Lookout“ верзије 6.2 (слика 23). Пумпна станица има екран за приказ система, екран за подешавање и управљање и екран за приказ графика нивоа воде у акумулационом језеру као и вредност притиска у потисном цевовду у реалном времену. Подаци о раду система се меморишу на локалном диску (хард диску) у виду извештаја.

У овом екрану је сликовито приказан систем регулације са задатим нивоом воде, измереним нивоом воде, задатим потисним притиском, измереним притиском у потисној цеви, приказ рада пумпи (укључена или искључена), ту се налазе тастери за улазак у друге екране, а такође је приказано и тренутно време. Приказ задатог нивоа воде је приказан бројчано, а и графички симболом укључених или искључених светала (зелених, жутих,

¹⁶ Фирма Мастер инжењеринг, Аутоматизација-системи водоснабдевања, Суботица;

црвених) који се налазе десно од резервоара. Измерени ниво воде у резервоару је приказан бројчано, а и графички, светло плавом бојом унутар слике резервоара. Променом измереног нивоа воде, промениће се и ниво који је приказан графички (као и бројчано). Приказ измереног нивоа је дат у процентима од пуног опсега хидростатичке сонде који износи 20 метара, тако да приказ нивоа 0 одговара растојању од 20m до врха резервоара, док приказ нивоа 100 значи да је резервоар пун, тј. растојање воде од врха резервоара је минимално. Задати и измерени потисни притисак је приказан само бројчано у бар-има. Десно од приказа задатих и измерених вредности нивоа воде у појединим моментима појављују стрелице на горе или доле и натписи „бр.мин“ (што значи брзина минимална), „бр.мах“ (што значи брзина максимална) и „пауза“. У нашем случају резервоар представља акумулационо језеро.



Слика 23. Приказ система регулације¹⁷

У случају алармног стања појављује се још један тастер црвене боје – „Аларм“ изнад слике резервоара и притиском на њега улази се у екран „Приказ неисправности“ где су приказани сви аларми појединачно. Тастер „Аларм“ трепће све до тренутка док га оператер не притисне и тиме стекне увид у карактер аларма. Такође, поново ће почети да трепће уколико се појави нови аларм у систему којег оператер још није регистровао.

4.4 SCADA-Екран и трендови

У овом екрану су приказани графици односно трендови измерених и задатих нивоа воде у резервоару и притиска у потисној цеви у реалном времену.

¹⁷ Фирма Мастер инжењеринг, Аутоматизација-системи водоснабдевања, Суботица;



Слика 24. Приказ трендова¹⁸

У доњем делу сваког графика је приказано време када је извршено узорковање приказаних вредности. У горњем делу графика са леве стране су приказане стрелице које служе за померање временске осе која је тренутно приказана. Кликом миша на стрелице које упућују на лево, помера се приказ временске осе у лево, односно на вредности које су измерене даље у прошлости, а кликом миша на стрелице које упућују на десно, враћа се приказ временске осе у десно, односно на вредности које су тренутно измерене. У зависности од тога на коју стрелицу је кликнуто и померање временске осе ће бити веће или мање. Померање временске осе се може вршити и померањем курсора, који се налази у горњем средишњем делу графика, тако што се кликне левим тастером миша на њега и не отпуштајући тастер миш се повлачи лево или десно и на тај начин се могу мењати четири брзине померања графика, што се види и по стању осветљености четири стрелице које служе за померање временске осе у једном смеру. Ако се на поменути курсор само кликне, отвара се прозор у којем је могуће директно уписати време на које се жели фокусирати приказ временске осе. Такође могуће је 16/16 и тражити промену приказане вредности („Break“), односно њен минимум („Min“) или максимум („Max“) кликом на дугме са стрелицама у оквиру за тражење („Find“) и бирањем функције која је потребна из листе поред дугмади са стрелицама.¹⁹

У горњем десном углу графика је мали семафор са зеленим и црвеним светлом који приказује, црвено светло када је померање временске осе заустављено, а зелено када није. Заустављање и покретање временске осе се може остварити кликом миша на њега. Кликом миша на слику лево од стрелица за померање временске осе појављује се искачући прозор у коме је могуће изабрати неке од функција које су већ описане и које се могу активирати и на горе описани начин.

¹⁸ Фирма Мастер инжењеринг, Аутоматизација-системи водоснабдевања, Суботица;

¹⁹ Фирма Мастер инжењеринг, Аутоматизација-системи водоснабдевања, Суботица;

5. Управљање наводњавањем на пољопривредној површини равнице „Стиг“

5.1 Модели управљања система за наводњавање

Постоје многи разлози за посвећивање пажње код управљања системима за наводњавање као што су:

- рапидна еволуција економских услова који наводе пољопривредна газдинства да модификују њихов производни систем;
- потреба за респектовањем заштите животне околине и консенквенце које настају код управљања системима за наводњавање на квантитативну и квалитативну контролу водених ресурса.

Због тога побољшање управљања наводњаваним усевима добија приоритет са економског и аспекта заштите околине. За систем пољопривредних усева, за који су трошкови наводњавања високи у релацији са бруто приходом, контрола наводњавања је примарно питање код управљања:

- водним ресурсима,
- опремом,
- радном снагом.

Стратегија избора мора бити решена пре сезоне наводњавања и то:

- избором структуре производње према ограничењима на газдинству: који усеви, које усеве наводњавати, која висина производње се може очекивати и који су гранични циљеви;
- орјентациони програм за наводњавање, који представља сет за доношење одлука о управљању наводњавањем које је често лимитирано извршавањем прогноза циљева.

Модалитети управљања наводњавањем су врло различити за поједине пољопривредне усеве, земљишта и остале улове. Због тога постоји читав низ модела и компјутерских програма који решавају ову проблематику, најпре тероијски па онда практично за конкретно подручје.

5.2 Преглед досадашњих модела управљања

Који је приступ најбољи за одређивање, када и колико наводњавати? Стари приступ је био укључити пуно тестирања на терену, проверавати време и усеве и комбиновати све

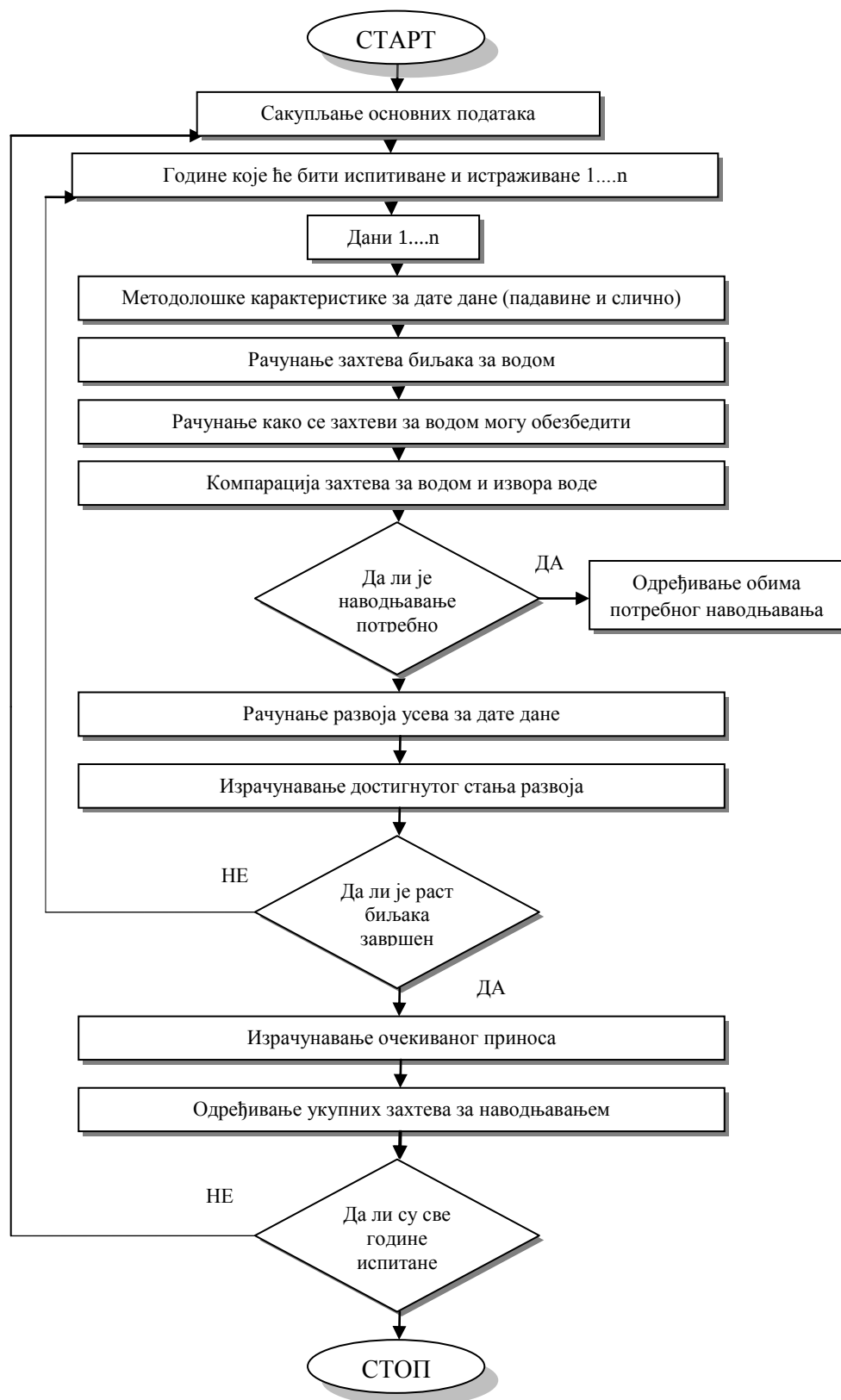
то са искуством и направити најбољу процену. Нови приступ је, покретање програма расподеле наводњавања (irrigation schedule) у вашем компјутеру, напуните их подацима и пустите да он да неке одговоре.

Модел који се може убројати у старији приступ за решавање проблема управљања наводњавањем развијен је од стране Csaba Csakia (1985.) и представљен је на слици 25.

Овде се ради о симулационом моделу „раста биљака“ који се користе као основа код управљања наводњавањем. У истом се одређују:

- ефекти наводњавања на појединачне усеве,
- обим траженог наводњавања,
- број и дистрибуција дана за наводњавање,
- рационална дистрибуција могућих оскудних капацитета воде,
- економски аспекти различитих техничких метода наводњавања,
- економска ефикасност наводњавања и
- утицај цене воде на обим коришћења наводњавања.

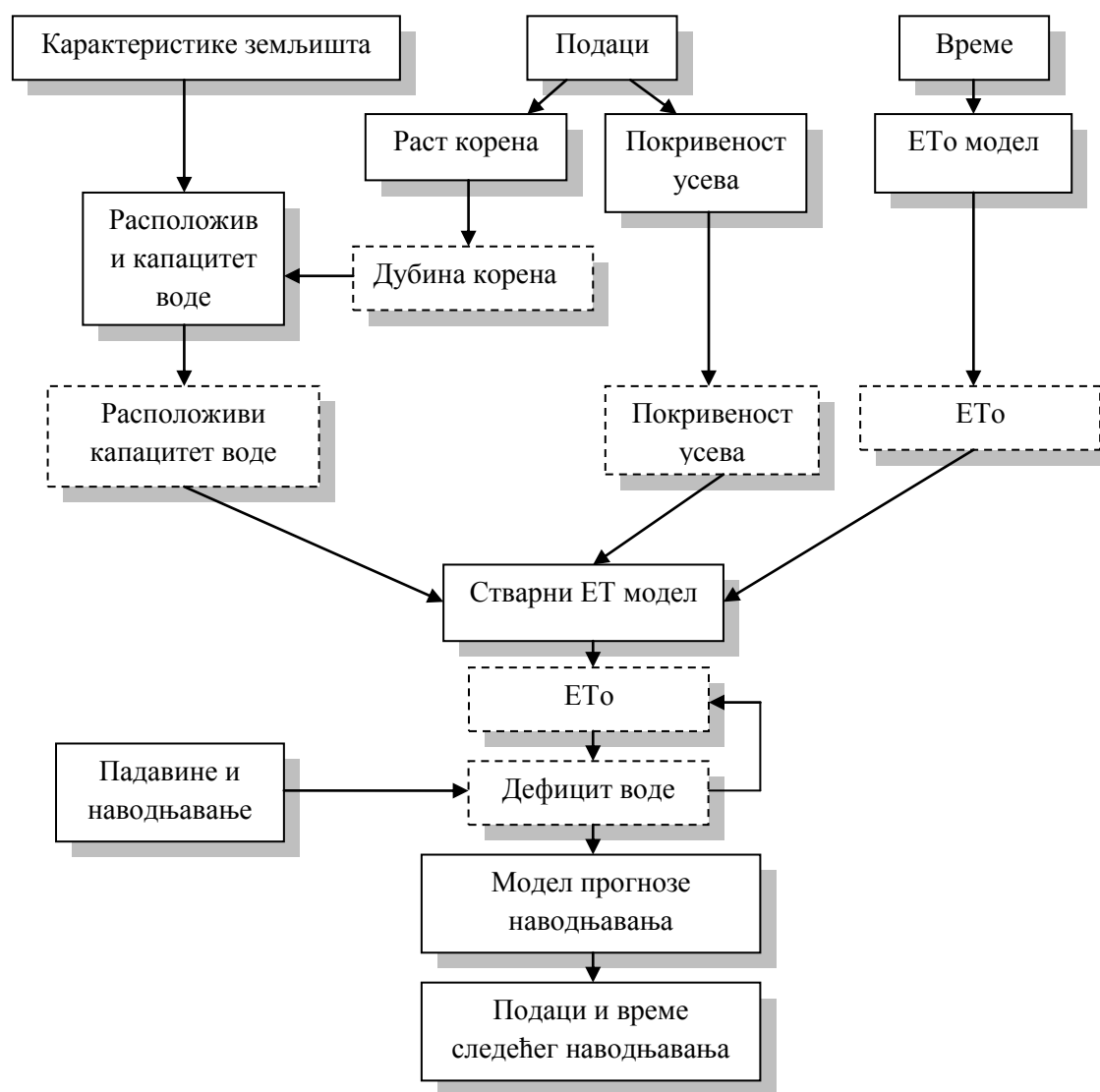
У моделу се могу истраживати и остали фактори као што су: време сетве, пролећни мраз или економско-социјални проблеми везани за наводњавање .



Слика 25. Алгоритам за симулацију развоја биљака²⁰

²⁰ Мелиорације-Земљиште и вода, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, 2006, стр.87;

IMS (irrigation management service) модел је представљен на слици 26 у виду компјутерског пакета програма за коришћење наводњавања пољопривредних површина у реалном времену.



Слика 26. Шема модела IMS²¹

Пакет садржи 4 модела:

- референце за модел евапотранспирације код појединих усева,
- модел стварне евапотранспирације,
- модел биланса воде у земљишту и
- модел прогнозе наводњавања.

²¹ Мелиорације-Земљиште и вода, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, 2006, стр.88

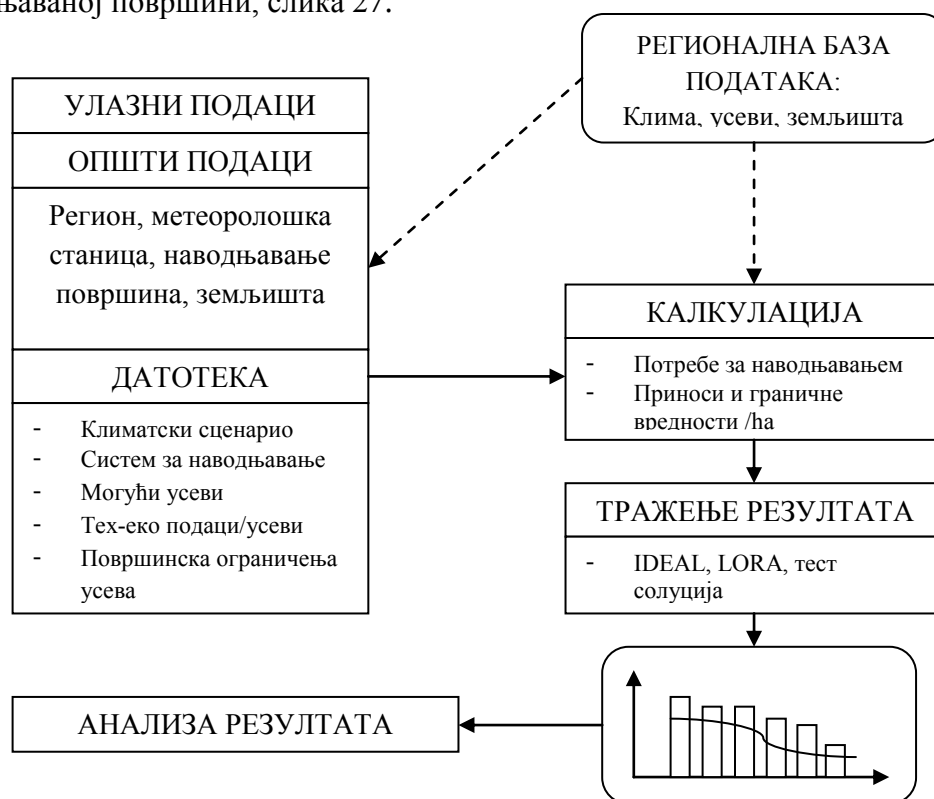
IMS модел развио је Hess²² (1994.). На основу овог модела служба наводњавања даје савете за наредних 10 дана, на којим пољима наводњавати, када и колико.

Четири компоненте се налазе у овом моделу и то:

- 1) Истраживање дневне евапотранспирације за усеве према локалним метеоролошким подацима;
- 2) Прилагођавање односа евапотрансакције усева стварној евапотрансакцији, узимајући у обзир покривеност усева и садржај воде у земљишту;
- 3) Израчунавање дефицита воде у земљишту;
- 4) Екстраполација водног биланса за предвиђање следећег времена наводњавања.

У моделу управљања наводњавањем који су развили Deumier, Leroy I Peyremonrte (1997.) дата су три рачунарска програма:

- LORA је програм који омогућава фармерима да постигну оптималну структуру на наводњаваној површини, слика 27.



Слика 27. Програмска структура LORA модела²³

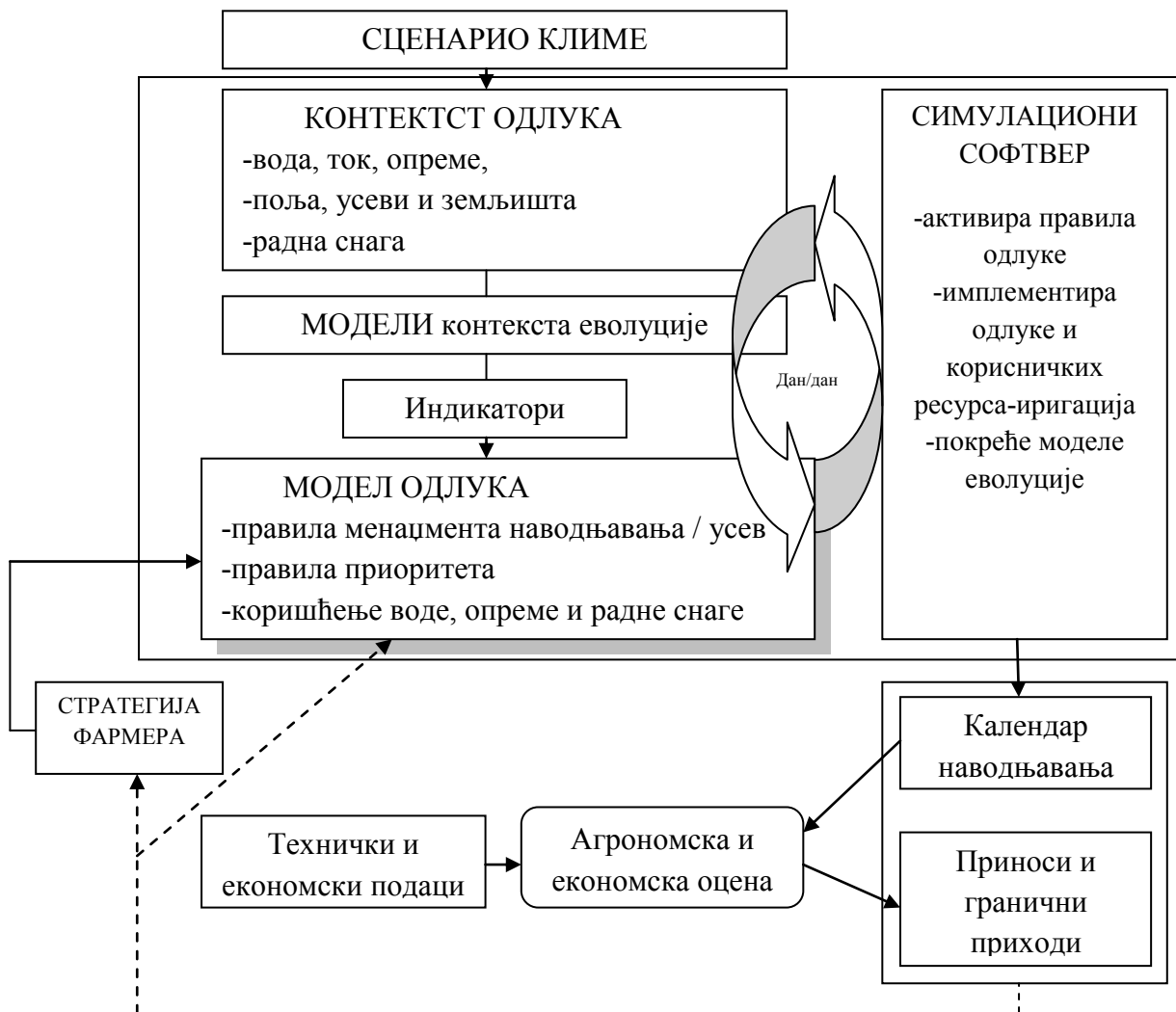
Имајући у виду водни капацитет земљишта, климатске и техничко-економске факторе (потенцијални принос, производне цене, субвенције, трошкове инпута, посебно наводњавања) LORA истражује план структуре производње за наводњавање и

²² Мелиорације-Земљиште и вода, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, 2006, стр.89;

²³ Мелиорације-Земљиште и вода, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, 2006, стр.90

ненаводњавање усева који максимизира приходе на наводњаваној површини, компатибилан је са поставком наводњавања у време и обиму и десетодневном капацитету, повезан је са просечним протоком и радним временом опреме и узима у прорачун варијабилност климе.

IRMA је симулатор наводњавања који допушта фармерима да тестирају и побољшавају оријентационе програме наводњавања, слика 28.



Слика 28. Принципи рада IRMA модела²⁴

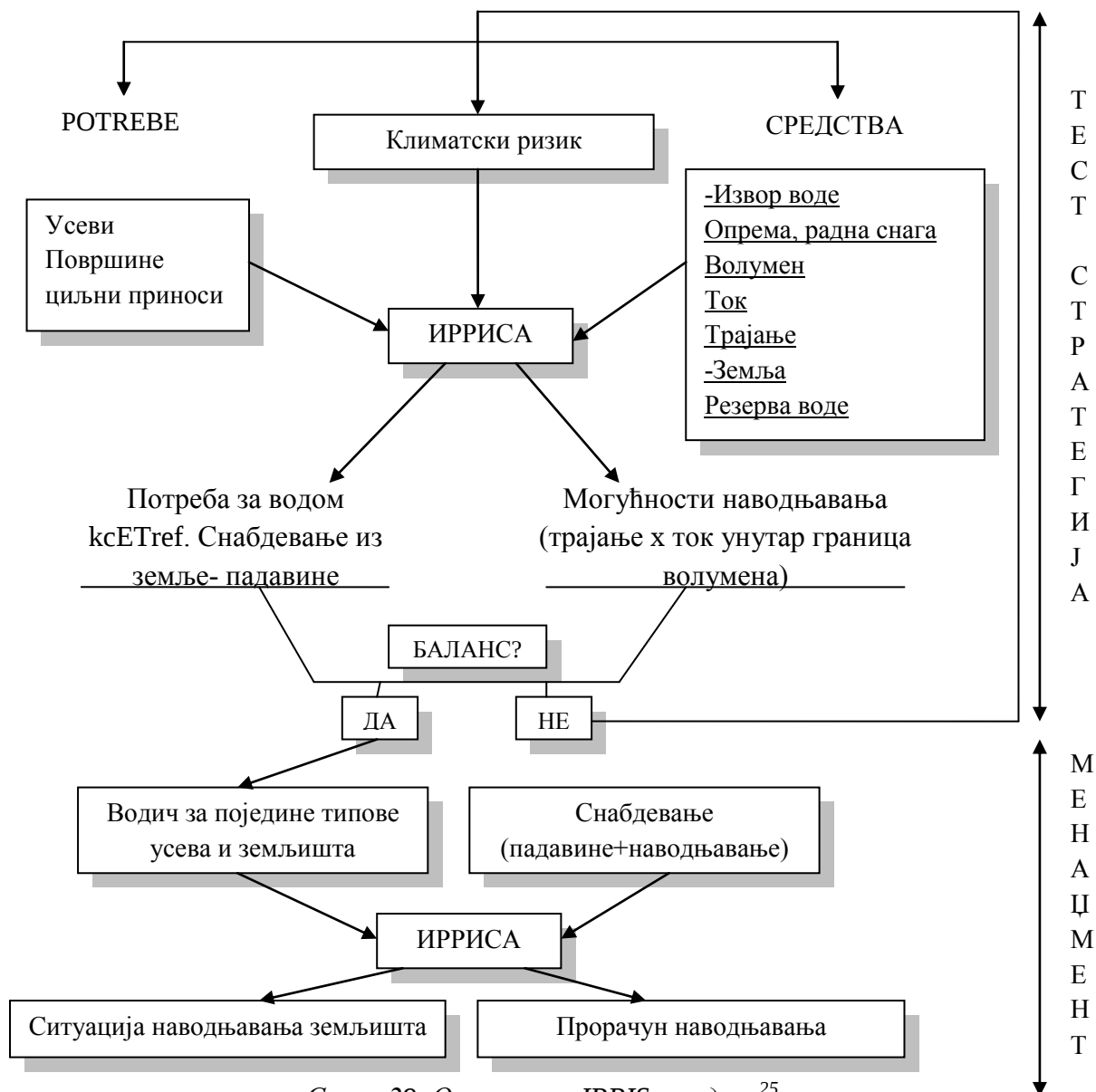
Следећи серију интервјуа и посматрање сезона наводњавања, структура истраживања изводи се на следећи начин:

- одређивање правила за конституисање блокова наводњавања, груписањем у хомогена стања;
- правила за управљање наводњавањем по блоковима за одлучивање о почетним подацима, износу наводњавања, понављању података и крај података. Ова правила које се означавају као „уколико постоје услови онда следи одлука“ покрећу сет

²⁴ Мелиорације-Земљиште и вода, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, 2006, стр.90;

индикатора који се односе на климатске услове, стање воде у земљишту, развојни стадијум усева, стварно или прогнозирано стање усева итд.;

- правила за управљање приоритетима између блокова и сезона наводњавања се прекидају у периодима у току којих нема варирања састава блокова и редоследа приоритета између блокова;
- правила која се користе за уређивање водних ресурса, проток и опрему за различите блокове у зависности од њихових карактеристика и одређених ограничења која постоје на пољопривредној површини и околини;
- правила за управљање радним временом фармера.



Слика 29. Алгоритам IRRISA модела²⁵

²⁵ Мелиорације-Земљиште и вода, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, 2006,стр.91;

IRRISA је softver који истражује одлуке о стратегијама наводњавања. Овај метод даје распоред времена које је дозвољено фармерима за спровођење стратегије наводњавања, слика 29.

Циљ овог софтвера је да:

- проверава компатабилност између захтева у погледу воде и средстава за наводњавање, а посебно опреме и снабдевања за одређени план усева;
- да пружа подршку за управљање наводњавањем.

После описа њихових система (усеви, земљиште, водни капацитет земљишта и средстава за наводњавање), фармер бира како би постигао равнотежу између захтева и потреба:

- ниво падавина повезаних са вероватноћом на основу анализе фреквенције у току 25 година. Обично се усваја хипотеза за „сушну годину“, нпр. Појава кише у две године од 10 година;
- потребе за водом изабране од 3 описана типа: таман, вишак и мањак (недостатак);
- стратегија коришћења водног капацитета земљишта: корисник одлучује о почетном нивоу наводњавања а IRRISA онда приказује начин мобилизације преосталог капацитета за постизање вршних потреба.²⁶

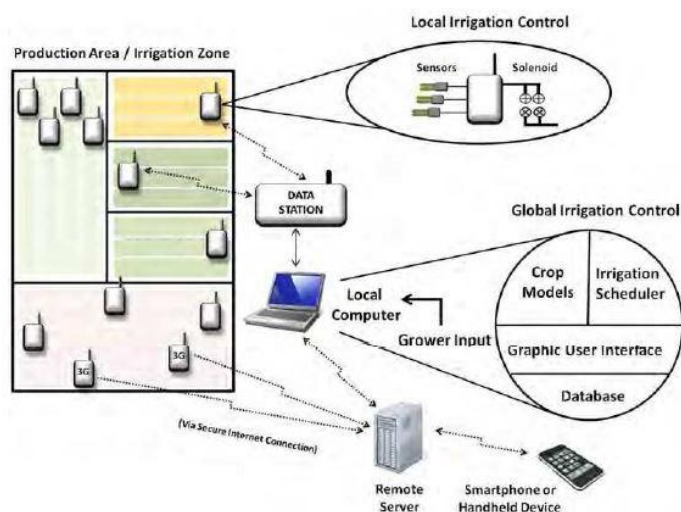
Уколико нема довољно средстава да се задовоље неке од ових наведених хипотеза корисник може:

- да прихвати ризик и у будућности буде више опрезан у бирању плана усева;
- смањити потребе (захтеве) на тај начин што ће смањити производне циљеве за одређене усеве.

5.3 Дизајн бежичне мреже сензора за надзор наводњавање , хардвер и софтвер за централизован систем

Бежична мрежа сензора, (слика 30) је важна алатка за мониторинг усева и контролу наводњавања. Чест данашњи проблем са WNS (wireless network sensors) системима је да се оспособе за разумевање велике количине прикупљених података. Нова генерација ових система треба да омогући кориснику да разуме податке и учини их корисним. Један начин за то је да се контролише наводњавање. Корисници на најједноставнијем нивоу могу да погледају податке са сензора и користе их да одлуче да ли је наводњавање потребно или не.

²⁶ Др. Милан Стошић, Мелиорације земљиште и вода, Универзитет у Новом саду, 2006, стр.92;



Слика 30. Приказ мреже сензора која показује даљински приступ²⁷

Алатке достављају у реалном времену податке које узгајивачима помажу да идентификују трендове влажности земљишта, што омогућава да се унапред закаже време наводњавања, које се поклапа са потребама усева за водом.

Унапређење даљинске контроле наводњавања на следећи ниво омогућава сензору у контролној кутији који чита податке са терена да такође контролише наводњавање са електромагнетне релеј контролне плоче, и самим тим контролу електромагнетних вентила за пуштање протока воде. Ово дозвољава узгајивачу да даљински примени наводњавање или модификује распоред наводњавања на основу тренутних услова на пољима.

Да би се додатно побољшала контрола наводњавања, софтверски систем пружа контролу скупа локалних тачака, који доноси одлуке за наводњавање локално у контролној кутији, користећи прикључене сензоре.

У овом режиму, узгајивач задаје жељену количину воде и контролна кутија ће наводњавати до жељеног нивоа влажности земљишта, користећи повратне информације од сензора у земљи (слика 31).

Постоји сет прилагодљивих алата који узгајивачи поседују, који контролним кутијама омогућавају наводњавање на основу екстерних података.

Оваква „глобална контрола“ омогућава подацима из других контролних кутија и алата узгајивача да се користе за контролу наводњавања.

Ова глобална контрола омогућава прецизно наводњавање користећи узгајне алате који контролишу наводњавање на основу прецизних података о физиолошким потребама биљака за водом.

²⁷ David Kohanbash, George Kantor, Todd Martin и Lauren Crawford, *Wireless Sensor Network Design for Monitoring and Irrigation Control: User-centric Hardware and Software Development*, САД, 2013



Слика 31. Приказ контролне кутије са безжичном конекцијом-чвора²⁸

5.4 Развој контролних кутија за наводњавање

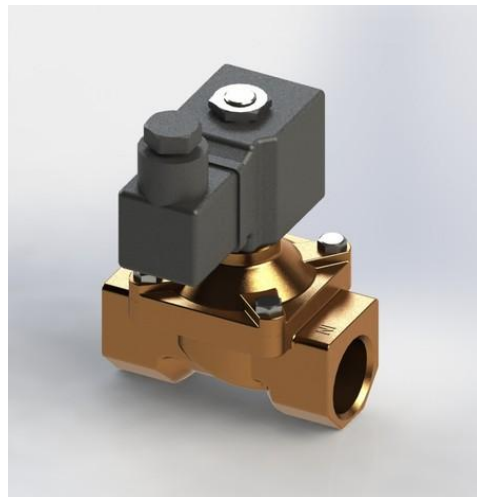
Две контролне кутије (познате и као чворови) у стању су да читају сензоре и контролишу соленоиде (електромагнетне вентиле), слика 32, за наводњавање, развијени су као део овог пројекта. Обе се заснивавају на Em50R контролној кутији. Ове контролне кутије су одабране зато што су поуздане у условима на пољу, батерије држе дуго и има дугачак домет сигнала у спољним условима. Такође имају могућност постављања фотонапонских ћелија за пуњење батерија електричном енергијом добијену од сунчевог зрачења. Може да подржи и до пет различитих сензора у исто време, а постоји много различитих типова сензора који се производе и који обезбеђују мултифункционалну употребу за контролне кутије.

Две врсте контролних кутија које су произведене укључују nR5 контролну кутију која је у могућности да контролише 24V електромагнетне вентиле, и nR5-DC која на основу повратних информација корисника може да контролише 12V соленоиде. Соленоиди повезани са nR5-DC напајају се из контролне кутије, тако да корисници не морају да спровode електричне каблове до соленоида за наводњавање, што кориснику штеди време и новац.

С обзиром да мање „интелигентне“ контролне кутије шаљу податке у контролне кутије које контролишу наводњавање, утврђено је да мора да постоји други комуникациони протокол између контролних кутија заснован на радио таласима. Ова одлука је донета на принципима уштеде енергије и поузданости. Ниво стандардног комуникационог протокола није одговарајући јер две контролне кутије нису увек „будне“ и у стању приправности, него

²⁸ David Kohanbash, George Kantor, Todd Martin и Lauren Crawford, Wireless Sensor Network Design for Monitoring and Irrigation Control: User-centric Hardware and Software Development, САД, 2013

се по потреби укључују уколико је потребно да се пошаље податак. Стварањем модификованог протокола комуникације између кутија, могу се дотерати перформансе и трајање батерије. Контролне кутије користе радио од 900 Mhz за директну комуникацију од тачке до тачке.



Слика 32. Електромагнетни вентил- Соленоид

Да би се смањила потрошња енергије код контролних кутија, нови пакети података морали су да буду 64 бита или мање, како се пакети података не би делили на више пакета података при пријему. Одабрани су бинарни подаци за већину комуникационих пакета, што сирове пакете чини теже за читање од стране људи али омогућава да више података стане у 64-битни пакет. Овакво паковање података смањује укупан број пакета који се шаљу што смањује потрошњу батерије.

Почетак сваког пакета је уобичајни карактер праћен идентификацијом пакета, серијским бројем контролне кутије и временским печатом. Након хедера долазе специфични подаци пакета праћени футером. Футер садрж и циркуларни број (ЦБ), број пута колико је контролна кутија покушала да пошаље пакет, као и број колико карактера пакет садржи (Слика 33).



Слика 33. Пакет информација од контролне кутије до базне станице²⁹

Ако податак не заузима у потпуности простор предвиђеног пакета, попуњава се до предвиђене величине тако да може бити коректно анализиран.

²⁹ David Kohanbash, George Kantor, Todd Martin и Lauren Crawford 2012, Wireless Sensor Network Design for Monitoring and Irrigation Control: User-centric Hardware and Software Development, САД, 2013

Сваки пут када је контролна кутија укључена, и сваких наредних 24 часа након тога она шаље своју тренутну конфигурацију. Ово је корисно јер се тако осигурава да подаци у базној станици буду свежи и такође омогућава да контролне кутије буду аутоматски идентификоване и регистроване у базним станицама.

Када је пакет са информацијама послат из контролне кутије, базна станица шаље пакет са повратним информацијама како би контролна кутија регистровала да је пакет стигао у базну станицу. Потврдни пакет увек има број покушаја слања и ЦБ вредност.

Када базна станица пошаље нови конфигурациони пакет контролној станици, контролна станица сачува нова подешавања, и затим шаље повратни пакет са сачуваним подешавањима базној станици, како би их она верификовала. Ово је праћено слањем конфирмационог пакета из базне станице, што се увек дешава када прими податак из контролне кутије. Процес слања се понавља 10 пута, ако се након тога подаци не пошаљу, пошилац ће одустати од слања. 10 пута је одабрано као баланс између покушаја да се пошаље пакет у условима лоше радио везе, и минималне трансмисије како би се пролонгирало трајање батерије. Овај процес је битан из два разлога. Први је да се осигура тачност послатих података, јер ако би се наводњавало дуже или краће од предвиђеног наводњавање би могло да буде неуспешно. Други разлог настаје због окружења кроз које се подаци шаљу, често је то нераван терен, са брдима, долинама, далеководима, дрвећем преко ког податак треба да буде послат. Вишеструким слањем података повећава се вероватноћа успеха радио комуникације.³⁰

Како би се сачувала батерија, контролне кутије су већину времена у стању хибернације како би трошиле што мање енергије, и укључују се непосредно пре трансмисије података захваљујући кориснички дефинисаном интервалу. Резултирајући изазов постојања двосмерне комуникације између контролне кутије и базне станице која је повезана са рачунаром у канцеларији је да контролна кутија остане укључена довољно дуго да прима команде из базне станице. Да би се решио овај проблем, конфирмациони пакет из контролне станице садржи поље које говори контролној кутији да остане „будна“ неколико секунди. На овај начин, када базна станица шаље потврдни пакет до контролне кутије захтева додатно време пре него што контролна кутија / радио "заспи" тако да потврдни пакет може бити праћен другим пакетом са промењеним подешавањима за контролну кутију. Коришћење ове стратегије уграђивања команде у потврдни пакет може бити проширено за било које друге параметре који се морају слати редовно.

³⁰ David Kohanbash, George Kantor, Todd Martin и Lauren Crawford 2012, Wireless Sensor Network Design for Monitoring and Irrigation Control: User-centric Hardware and Software Development, САД, 2013;

5.5 Изградња софтвера за бежични систем наводњавања

Софтвер и кориснички интерфејс су од кључног значаја како би корисници имали пуну корист од било којег безичног система за наводњавање (БСН). Развој овог софтвера је довео до дизајна напредног интерфејса који је великим делом резултат тест пројеката спроведених са узгајивачима и директне комуникације између узгајивача и тима инжењера за развој софтвера.

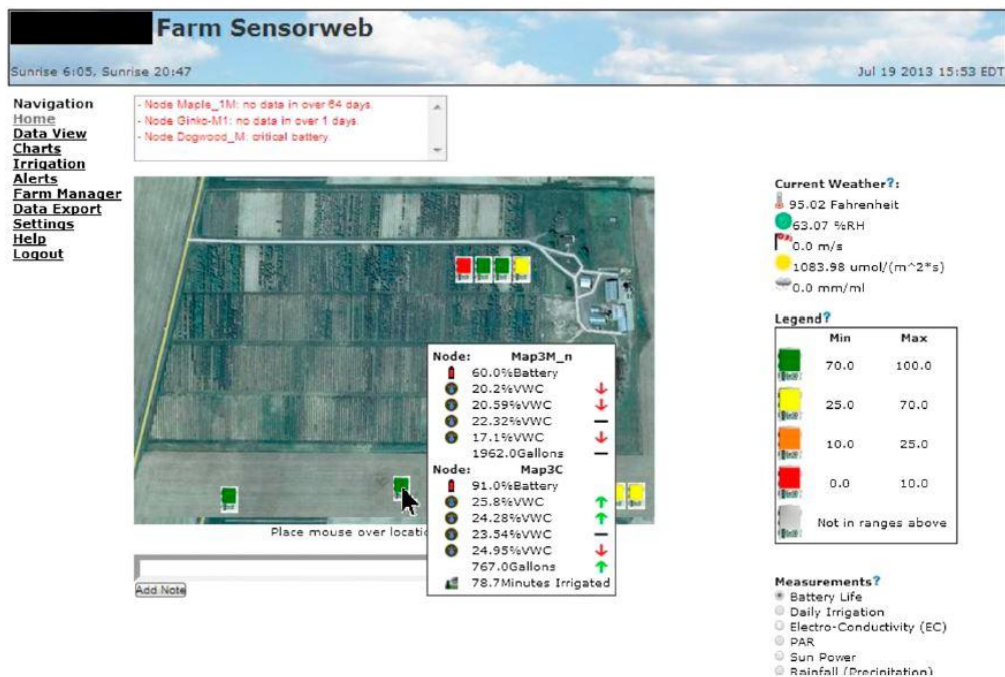
Карактеристике су додаване и уклањане из система на основу повратних информација од корисника и посматрањем корисничке праксе. Овај софтвер заснован на интернет мрежи омогућава даљински приступ преко интернета у познатом веб дизајну. Ово омогућава корисницима да прате наводњавање где год имају приступ интернету. Интерфејс је дизајниран да може да ради како на стандардним рачунарима тако и на мобилним уређајима као што су паметни телефони или таблет рачунари.

Постоје четири главне компоненте софтвера базне станице БСН. То су: базе података, комуникациони софтвер, кориснички интерфејс и систем за развој биљака. Иако су сви делови система осмишљени за директну интеракцију са користицима, интерфејс је део софтвера који ће корисници највише користе. Што значи да интерфејс мора бити добро дизајниран, лак за коришћење и лако прилагодљив корисницима.³¹

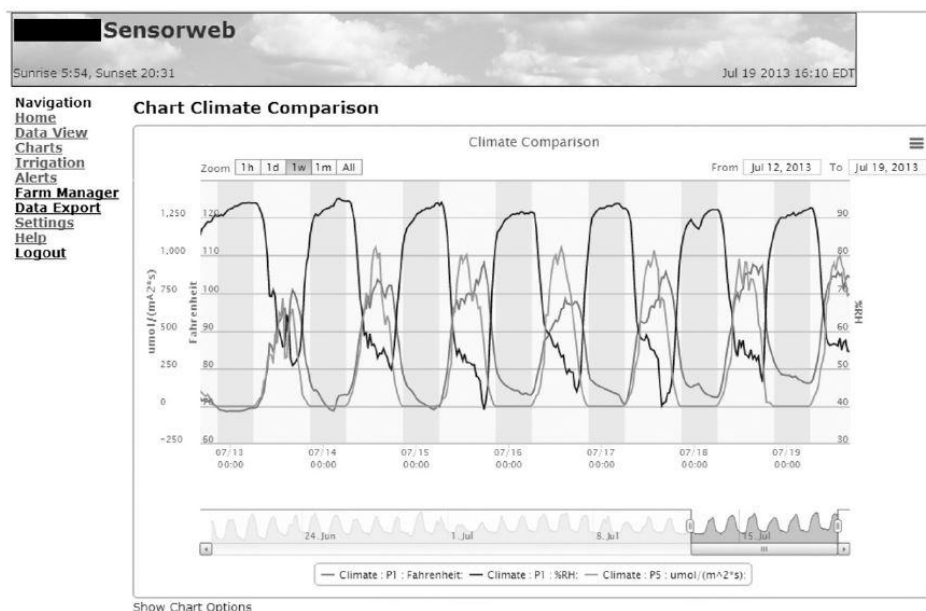
Једна од компликација при прилагођавању интерфејса корисницима је да је сваки узгајивач јединствен, уникатан. Што значи да кориснички интерфејс мора бити довољно флексибилан да подмири различите потребе корисника, и различите ситуације.

Врло је битно да прва ствар коју корисник види обезбеди довољно корисних информација које су разумљиве. Након што се корисник пријави на сајт своје фарме који је заштићен шифром, први приказан екран је просторни поглед на пољопривредну површину, који је приказан у више боја, које корисник сам бира при задавању мера (Слика 34). Корисник може брзо добити више информација о контролним кутијама на одређеним локацијама померајући миша преко жељених контролних кутија на екрану, или померањем прста по смарт телефону. Почетна страница садржи обавештења која су генерисана од стране система, као и обавештења која корисник сам подешава, и одељак где корисник може да направи белешке. Уколико корисник жели да продуби податке, може их приказати у правом времену или/и може приказати графикон са историјским подацима (слике 35 и 36).

³¹David Kohanbash, George Kantor, Todd Martin и Lauren Crawford, *Wireless Sensor Network Design for Monitoring and Irrigation Control: User-centric Hardware and Software Development*, САД, 2013



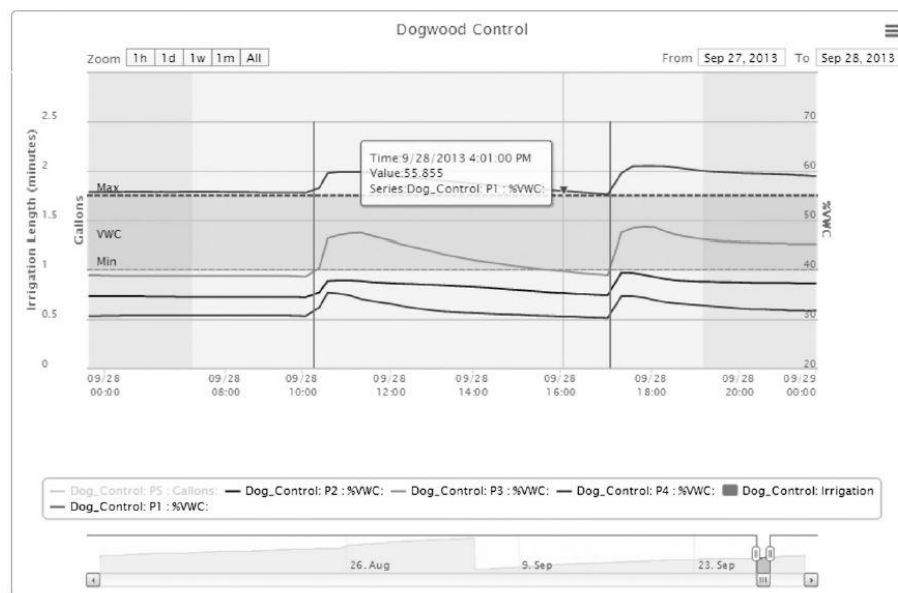
Слика 34. Приказ екрана на интернет страници која показује површину која се наводњавања у реалном времену³²



Слика 35. Упоредивање климатских услова преко података добијених из контролних кутија³³

³² David Kohanbash, George Kantor, Todd Martin и Lauren Crawford 2012, Wireless Sensor Network Design for Monitoring and Irrigation Control: User-centric Hardware and Software Development, САД, 2013

³³ David Kohanbash, George Kantor, Todd Martin и Lauren Crawford 2012, Wireless Sensor Network Design for Monitoring and Irrigation Control: User-centric Hardware and Software Development, САД, 2013;



Слика 36. Дијаграмски приказ влажности земљишта након наводњавања³⁴

Контрола наводњавања која користи БСН је прилагодљива и има више режима. Корисници могу ручно послати контроле за наводњавање, конфигурисати распоред наводњавања, конфигурисати локалне тачке, и контролисати наводњавање на основу програмских алата за узгај усева (табела 2).

Irrigation mode	Control point	Description	The WSN advantage
Manual commands	User	Allows the grower to send manual irrigation commands to the nodes	Irrigation can be determined remotely based on sensor data and sent to the nodes. Irrigation nodes can also easily be reconfigured and/or moved based on the current crop
Schedule based	Node	Irrigation is based on a predefined schedule that is stored in the nodes	Same as manual commands but a schedule controls irrigation so there is less direct user involvement
Local "set point" control	Node	Uses the schedule but also looks at the current soil moisture to determine if irrigation is needed at that nodes location	Irrigation is determined at each location for precise irrigation control
Global control	Base station	This is used to control irrigation based on values external to the node. Examples of global control can be a sensor on a different node, a computed value from a growing tool, or from a plant science model	This entire method of control is completely data driven and allows for feed-forward predictive control
Pulse types		This is a submode for the modes listed above. With this option, irrigation can be issued in pulses to allow sensors time to react, increase precision, or allow irrigation lines time to recharge	The ability to do this on each node allows for localized irrigation control. This can further improve the irrigation precision by using commanding micropulses of irrigation as needed

Табела 2. Модели наводњавања и предности при коришћењу бежичне мреже сензора³⁵

³⁴ David Kohanbash, George Kantor, Todd Martin и Lauren Crawford 2012, Wireless Sensor Network Design for Monitoring and Irrigation Control: User-centric Hardware and Software Development, САД, 2013

³⁵ David Kohanbash, George Kantor, Todd Martin и Lauren Crawford 2012, Wireless Sensor Network Design for Monitoring and Irrigation Control: User-centric Hardware and Software Development, САД, 2013;

У оквиру мреже сензора, групе за наводњавање (или зоне) могу се штеловати. Корисници могу поделити контролне кутије које имају иста подешавања у групе, тако да када се мењају подешавања за наводњавање, целој групи се подаци ажурирају. Предност БСН је да ће свака контролна кутија независно контролисати наводњавање на основу својих сензора без обзира на остале контролне кутије у групи којој припада. Ово омогућава решење за штеловање много контролних кутији у једном кораку док се задржава предност прецизног наводњавања за сваку кутију појединачно.

Дизајн контролне странице за наводњавање има сличне проблеме као и почетна страница сајта, сваки корисник има специфичне услове са којима послује и програм мора бити у стању да обради све задате податке смислено. Због флексибилности догађаји наводњавања могу бити подешени да трају од једне секунде до једног дана. Дан је подељен на 288 делова у трајању од по 5 минута, и сваки део може бити задат из алата за наводњавање.

Сваки метод наводњавања има другачију методологију контроле. Коришћење контролних кутија при наводњавању је корисно јер уколико се не успостави веза са базном станицом или је лоша радио веза, контролна кутија ће наставити са наводњавањем без прекида. Ово је јако битно за поузданост система, јер ако код других контролних кутија или базне станице дође до грешке, контролна кутија ће наставити да наводњава самаостално. У случају глобалне контроле, где је базна станица контролна тачка и доноси све одлуке за наводњавање, ако се догоди да у базној станици дође до грешке, контролне кутије ће се пребацити на коришћење распореда за наводњавање који је ускладиштен код њих. Ова методологија двојне контроле обезбеђује робустан приступ систему за наводњавање, тако да контролне кутије настављају наводњавање уколико је веза изгубљена.

База података је заснована на SQEL базама података, и она је одговорна за складиштење свих подешавања и података за БСН. Један од три разлога за коришћење SQEL база је да датотека спорије пише али чита брже од система база података на серверу. У оквиру БСН је врло мало уноса у базу података, у поређењу са бројем упита претраге при приступу систему.

Свакој контролној кутији се додељује идентификациони број или шифра при уносу у систем података. Сви подаци су повезани са том идентификацијом контролне кутије из које су дошли.

Софтвер за комуникацију са контролним кутијама као и систем узгајивачких алата би требало да константно раде у позадини, за разлику од корисничког интерфејса који искључиво активира корисник при приступу преко интернет претраживача.

Комуникациони софтвер контролних кутији користи посебан језик за кодирање који се назива „PERL“. Овај програм је расположив свуда у свету и има одличну базу података. Велика предност му је што тај програмски језик прављен за рад са подацима, тачније за модификацију података, примање, потврђивање итд. Алатке за развој биљака пружају

напредне функције за кориснике. Неки сегменти ових алата су: дефицит водене паре, тачка росе, евапотранспирација, уштеда воде и модели биљака. Такође подржава опцију слања тренутног стања путем SMS-а или електронском поштом, што омогућава упозорења корисника.³⁶

5.6 Израда бежичне мреже за наводњавање на пољопривредној површини „Стиг“

На слици 37 је приказана мрежа сензора са прикључним местима и контролним кутијама на пољопривредној површини равнице „Стига“ у програму „Farm Sensorweb“. Информације се шаљу преко контролне кутије у центар, тако да администратор може надгледа целу мрежу свих корисника преко рачунара, што може спречити хаварију система уколико дође до кvara. Преласком курсора на екрану се могу очитати следеће информације: власник контролне кутије, „живот батерије“, дневно наводњавање, електро проводљивост, влажност земљишта, јачина сунчевог зрачења и падавине. Ове информације су у реалном времену.

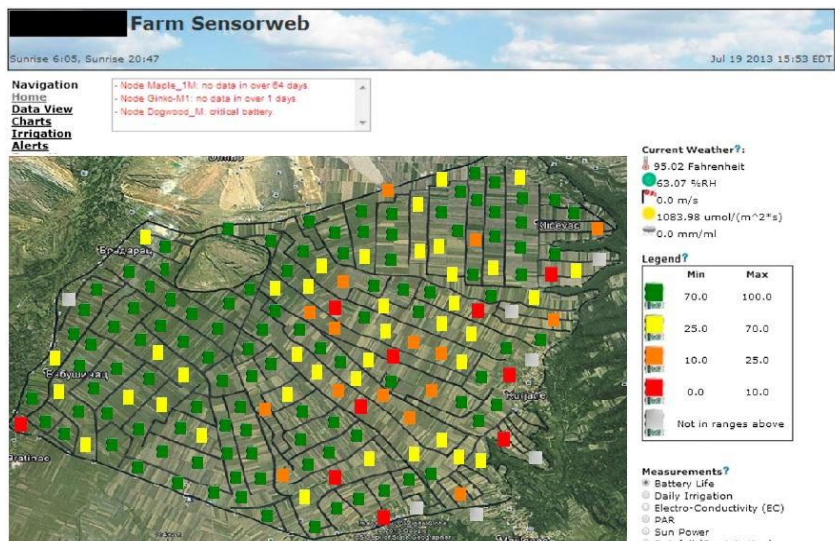
Сваки квадратић на слици који је у некој од боја (црвен, наранџаст, жут или зелен) показује приказано прикључно место на њиви са гравитационим цевоводом, зауставним вентилима, електро-магнетним вентилом, мерачом протока и контролном кутијом.

Боје на екрану представљају вредност јачине батерије, зелена је са највећом од 70 до 100, док је црвена од 0 до 10, што је приказано на слици 37.³⁷

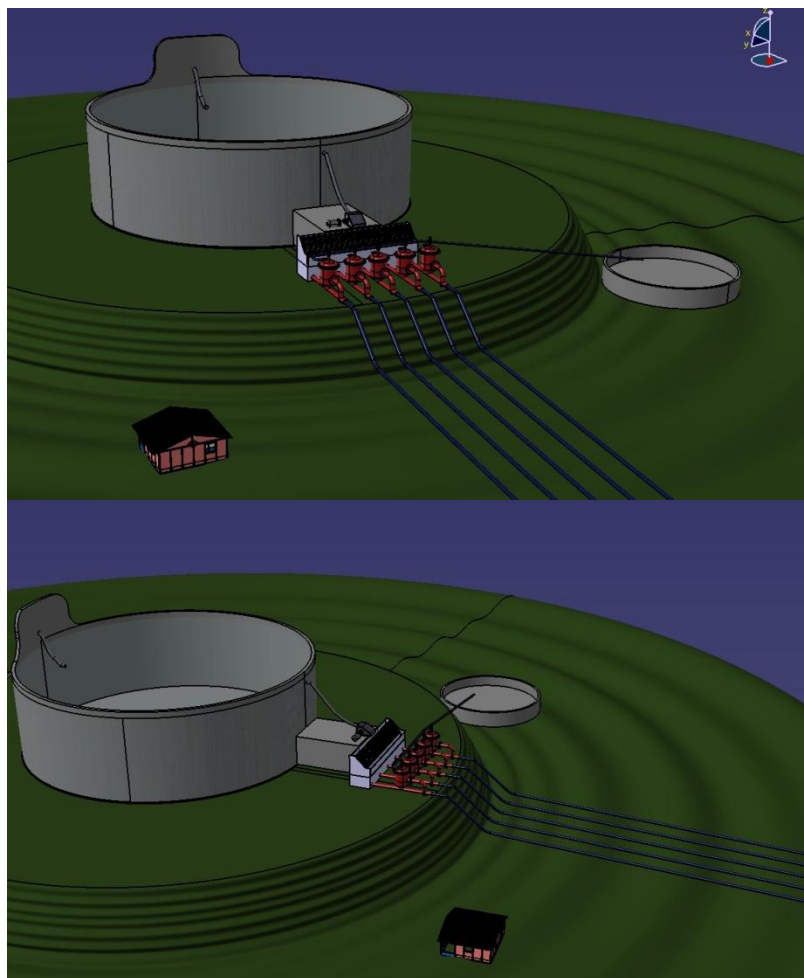
Сивом бојом су означене контролне кутије код којих су се батерије испразниле, преласком курсора на екрану ће писати да је поменута ван домета сигнала, те ће програм показати упозорење (аларм) црвене боје на врху екрана. Тада ће корисник морати да замени батерију или допуни већ постојећу. У случају да корисник не поступи након аларма, администратор ће га контактирати ради упозорења.

³⁶ David Kohanbash, George Kantor, Todd Martin и Lauren Crawford 2012, Wireless Sensor Network Design for Monitoring and Irrigation Control: User-centric Hardware and Software Development, САД, 2013

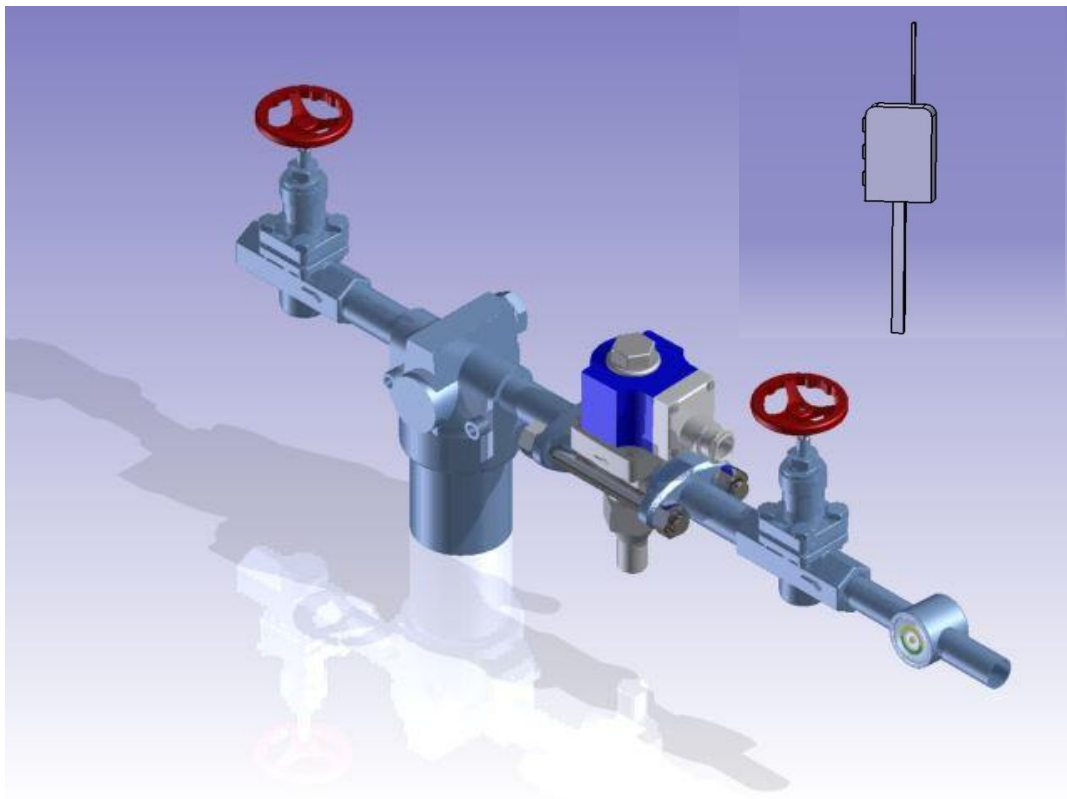
³⁷ David Kohanbash, George Kantor, Todd Martin и Lauren Crawford 2012, Wireless Sensor Network Design for Monitoring and Irrigation Control: User-centric Hardware and Software Development, САД, 2013;



Слика 37. Приказ мреже сензора на пољопривредној површини Стиг



Слика 38. Приказ контролног центра и постројења за наводњавање, израђено и програму Catia V5



Слика 39. Приказ прикључног места израђено у програму Catia V5

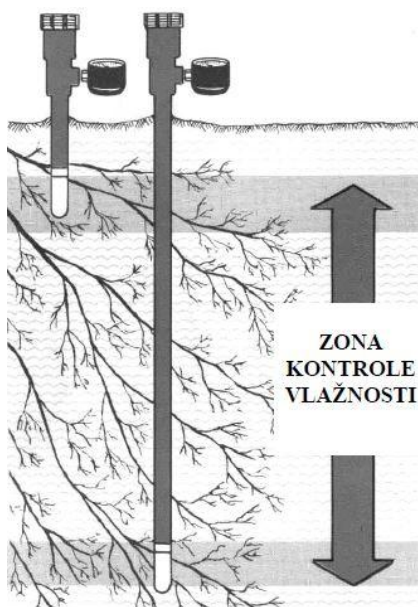
После прикључка за наводњавање (слика 39) је постављен мерач протока којим ће се мерити утрошена вода корисника и на тај начин ће се вршити наплата. Електронски мерач протока, (слика 40), намењени су за контролу и мерење протока флуида различитих вискозитета, радних притисака и протока. Карактерише их висока прецизност, модеран дизајн и једноставна инсталација. Подаци о потрошњи воде се могу читавати преко рачунара у контролном објекту, сигнал се шаље путем WIFI сигнала.



Слика 40. Електронски мерач протока

5.7 Сензори влажности земљишта-„IRROMETER“

„IRROMETER“ (Слика 41) ради по принципу тензиометара, који је сасвим различит од осталих система који мере проценат влажности. „IRROMETER“ се састоји од затворене цеви напуњене водом, специјално вакумираног бројчаника и порозног врха који се поставља у земљу на жељену дубину коренове зоне. Код сувог земљишта, вода бива извучена из инструмента, смањујући количину воде у инструменту и стварајући вакум који се онда читава на бројчанику, те информације се даље шаљу ка контролној кутији, која је повезана бежичном мрежом са контролним центром. Подаци се обрађују и програм доноси одлуке. Што је земљиште више суво, то су веће вредности. Наводњавањем се овај поступак преокреће. Наиме, вакум који је створен због сувог земљишта сада увлачи воду из земљишта натраг у инструмент, и бројчаник показује ниже вриједности. Инструмент се понаша као “вестачки корен”. Вредност од 50 на бројчанику показује да корење добија исту количину воде, без обзира да ли је биљка на песковитом или глиненом земљишту. Због овог јединственог принципа рада, нису потребна никаква прерачунавања под нормалним условима рада за различите типове земљишта. „IRROMETER“ константно мери тренутну влажност земљишта у зони кореновог система биљке.



Слика 41. Лево: Приказ зобне контроле влажности; десно: Сензор влажности земљишта

6. Управљање филтерским постројењем

6.1 Одабир третмана

Имајући у виду да дренирана 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 пометутог цевовода најпрактичније је прво приступити механичком пречишћавању.

6.2 Филтрација воде

Филтрација воде је основна операција чији је циљ да из воде уклони све механичке честице дисперговане у њој. Начин филтрације се бира према 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 филтер фирме „AMIAD WATER SISTEM“ . Поменути филтар био би постављени одмах након третмана воде каскадном аерацијом.

Имајући у виду да би требало да се наводњава 66 km^2 и да је потреба биљака за водом велика у периоду вегетације, максимални проток кроз филтерско постројење износио би 2500 l/s .³⁸

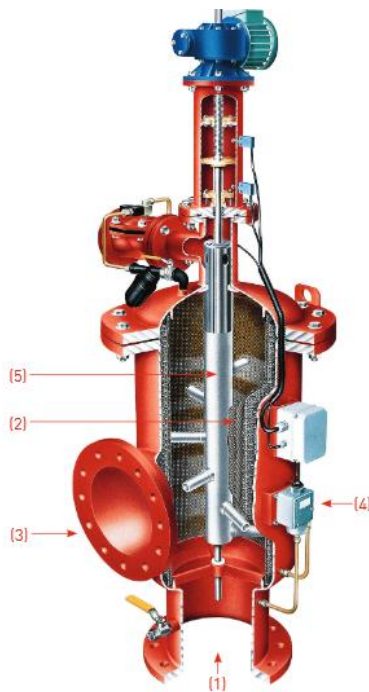
Велики брзи филтри фирме „AMIAD WATER SISTEM“ могу да задовоље оволико велике капацитете филтерског постројења. Велика област филтрације, поуздан оперативни механизам и једноставна конструкција ових филтра чини идеално решење филтрације воде лошег квалитета великог капацитета.

AMIAD EBS филтри су аутоматски филтри са електричним самочишћењем степена филтрације од 10 до максималних 800 микрона. Максимална радна температура ових филтра је 60 С. Максимални проток кроз филтар је $1800 \text{ m}^3/\text{h}$, односно 500 l/s . Радни притисак у филтру, може да буде од оптималних 2 бара, до максималних 10 бара.³⁹

³⁸ <http://www.amiad.com/>;

6.3 Процес 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 постаљен на зиду самог филтра (4). Прекидач осећа разлику притиска и када достигне унапред подешене вредности, почиње процес чишћења.



Слика 42. Структура филтра⁴⁰

6.4 Процес самочишћења

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

⁴⁰ <http://www.amiad.com/>;



Слика 43. Начин прања филтра⁴¹

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.

6.5 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 неутрализовано покретање запорних вентила. Слика 43. приказује вентилски терминал у контролном ормару са панелом са ручним командама. Предност оваквог решења је што су аутоматски ниво и контролни панел са ручним командама потпуно одвојени и могу се заштити бравама. За пребацивање се користи прекидач.

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.

⁴¹ <http://www.amiad.com/>;



Слика 44. Контролни орман са ручно контролисаним панелом

Вентилски терминал у управљачком ормару са дисплејем

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 44. 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 45).

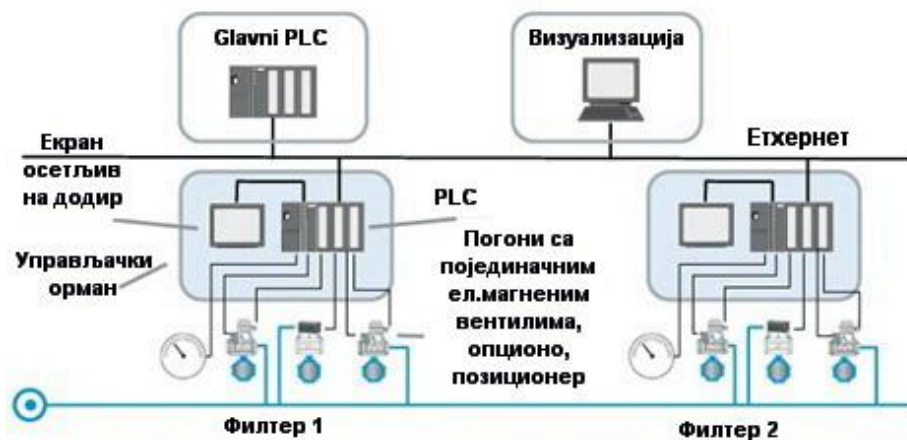


Слика 45. Управљачки ормар са дисплејем⁴²

⁴² Енергетска уштеда на филтерским постројењима за пречишћавање воде мехатроника.gomodesign.rs.htm.;

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 45).

Слика 45 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 46. Класично решење аутоматизације са појединачним електромагнетним вентилима и погонима са позиционером⁴³

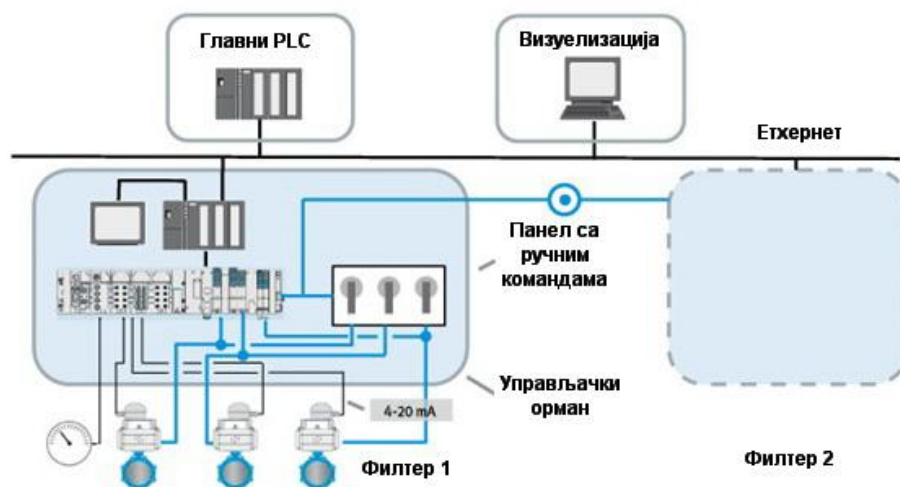
Ово је повезано са главним контролним нивоом, који се састоји од PLC-а вишег нивоа и системом визуализације, преко Етернет конекције. PLC у управљачком ормару контролише запорне вентиле, док главни PLC контролише праће појединачних филтера.

Често је проширио конвенционална решења како би укључио следеће функције:

- 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 46 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, 20 mA, активација погона путем 5/3 електромагнетног вентила на вентилском терминалу и релокацијом управљачког софтвера на PLC.

⁴³ Енергетска уштеда на филтерским постројењима за пречишћавање воде мехатроника.gomodesign.rs.htm.;



Слика 47. Често решење аутоматизације са вентилским острвом и интегрисаном функцијом позиционера у управљачком ормару⁴⁴

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.

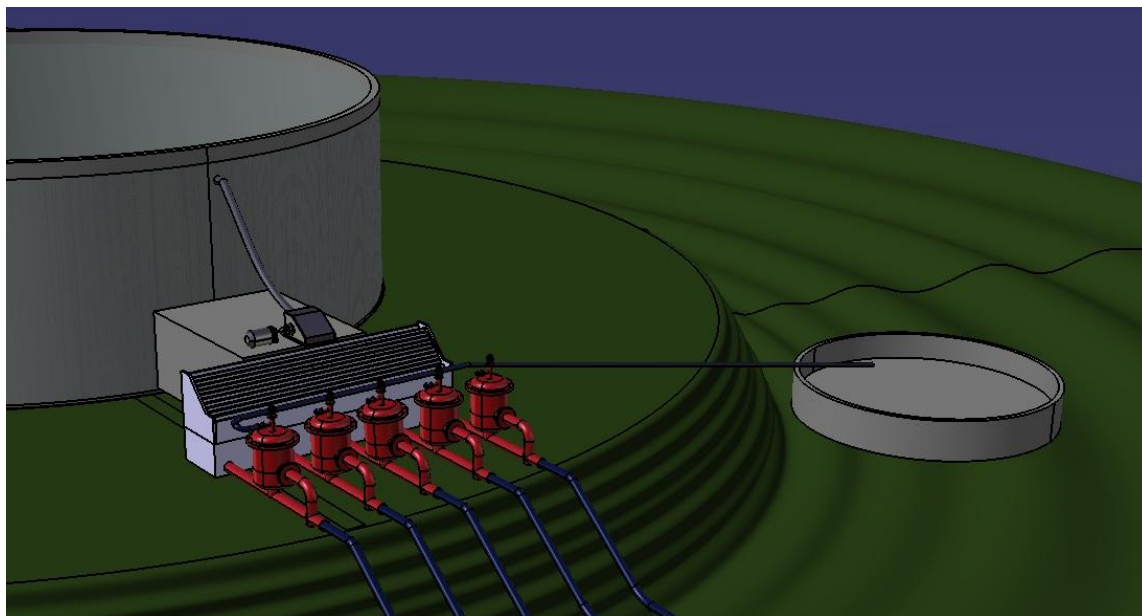
У целини посматрано, приказано решење је знатно економичније од досадашњих решења аутоматизације филтерских постројења.



Слика 48. Филтар EBS 1500

⁴⁴ Енергетска уштеда на филтерским постројењима за пречишћавање воде мехатроника.gomodesign.rs.htm.;

Структуру филтра (слика 48) чине перфорирани екран за пречишћавање сирове воде и уисни скенер са млазницама за самопречишћавање.



Слика 49. Приказ филтерског постројења-израђено у програму Catia V5

7. Управљачки систем малих хидроелектрана

7.1 Одабир хидрауличне турбине за МХЕ

Како би елиминисали одговорност при квару делова мале хидроелектране попут турбине, мултипликатора и генератора ове делове је најбоље купити у једном пакету и то од поузданог произвођача.

На локацији за изградњу мале хидроелектране проток је константан и износи $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$, па се при избору турбине одлучујемо за Банки турбину чија цена је знатно мања од свих осталих типова турбина.

”Једноставан принцип” био је мото при развоју Банки турбине, која је пројектована за поуздани трајни рад током неколико деценија и може се користити без специјалних средстава и алата за одржавање⁴⁵[5]

Област примене турбине:

Висина пада: $H = 5 \dots 200 \text{ m}$

Проток: $Q = 0,03 \dots 13 \text{ m}^3/\text{s}$

Снага: $N = 10 \dots 3\,500 \text{ kW}$

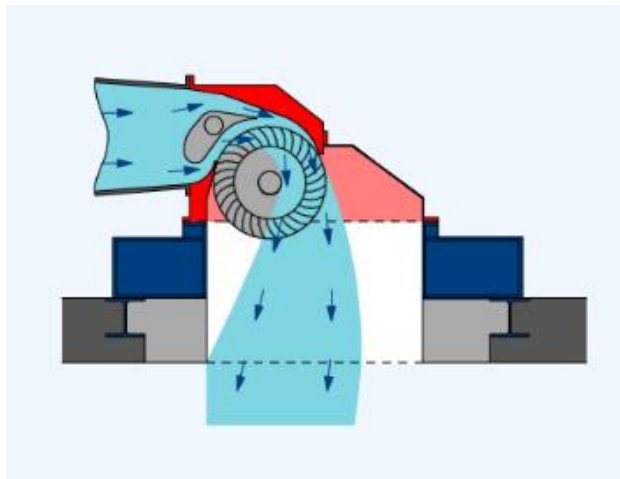


Слика 50. Банки турбина

⁴⁵ <http://cink-hydro-energy.com/sr/protochne-turbine;>

Принцип рада проточне банки турбине

Проточна турбина је радијална, благо реакциона турбина, са тангенцијалним распоредом лопатица обртног кола, са хоризонталним вратилом. Према специфичним обртајима спада међу спороходне турбине. Разводни систем усмерава водни млаз тако, да кроз венац лопатица улази у унутрашњи простор обртног кола и даље наставља кроз други проток са унутрашње стране обртног кола напоље до кућишта турбине. Из кућишта турбине вода отиче или слободно, или сифоном у одвод испод турбине.



Слика 51 Хоризонтални доток воде⁴⁶

У пракси овакав ток воде у обртном колу обезбеђује ефекат самочишћења. Нечистоће које при уласку воде у обртно коло упадну међу лопатице, под дејством центрифугалне силе и протока воде избацују се након половине сваког обртаја поново напоље ван простора обртног кола и одлазе у одвод.



Слика 52 Банки турбина⁴⁷

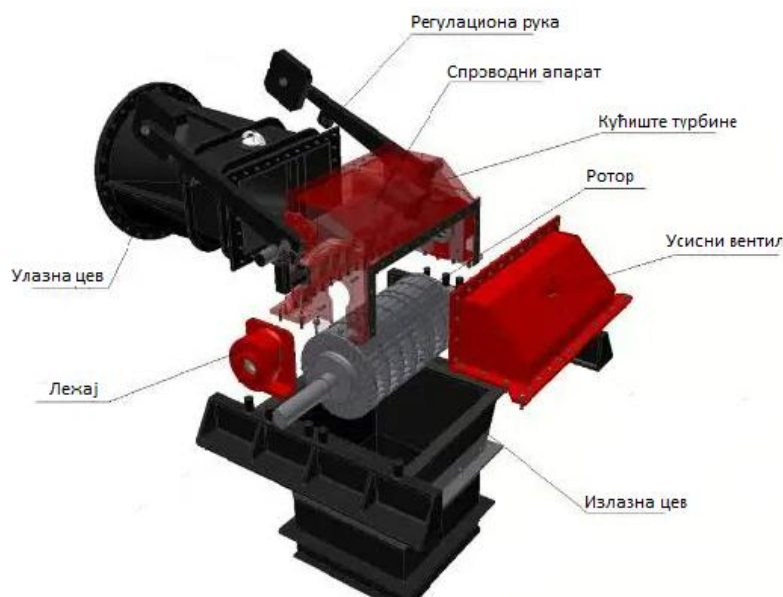
⁴⁶ <http://cink-hydro-energy.com/sr/protochne-turbine;>

⁴⁷ <http://cink-hydro-energy.com/sr/protochne-turbine;>

Уколико је количина воде у водном току променљива, проточна турбина се конструише као двокоморна. Стандардна расподела доводних комора је у односу 1:2. Ужа комора прима мали проток воде, а шира комора средњи проток. Обе коморе заједно примају пун проток. Таквом расподелом количина воде искоришћена је у распону пуног протока са оптималним учинком све до његове 1/6. Проточне турбине на овај начин веома ефикасно, са учинком преко 80% искоришћавају и веома променљиве протоке река.⁴⁸

Кућиште турбине

Кућиште проточне турбине произведено је од конструкцијског челика, веома је робусно, отпорно на ударе и мраз.



Слика 53 Конструкција двокоморне проточне турбине⁴⁹

Обртно коло

Најважнији део турбине је обртно коло. Оно се састоји од лопатица које су произведене према провереном поступку од вученог, профилисаног челика. Обострано су смештене у крајње дискове и заварене, по специјалном поступку, са унутрашњим дисковима обртног кола. Према величини обртно коло може имати до 37 лопатица. Линеарно постављене лопатице стварају само незнатну осовинску силу, тако да није потребно уграђивати ојачане аксијалне лежајеве који захтевају сложено причвршћивање и мазање. Код обртних кола веће ширине лопатице су вишеструко подупрте уметнутим дисковима. Обртна кола се пре коначне монтаже турбине пажљиво балансирају и пролазе кроз дефектоскопску контролу.⁵⁰

⁴⁸ <http://cink-hydro-energy.com/sr/protochne-turbine;>

⁴⁹ <http://cink-hydro-energy.com/sr/protochne-turbine;>

⁵⁰ <http://cink-hydro-energy.com/sr/protochne-turbine;>

7.2 Упраљачки систем

У двокоморној проточној турбини воду усмеравају две избалансиране, профилисане регулационе клапне. Они деле водни млаз, уједначавају га и омогућују да без удара уђе у обртно коло – независно од ширине комора. Обе регулационе клапне су прецизно монтиране у кућиште турбине и при мањим падовима могу служити и за затварање турбине. Тада није потребно користити арматуру за затварање између цевовода под притиском и турбине. Обе регулационе клапне независно једна од друге имају продужена рамена на којима је постављена аутоматска или ручна регулација. Регулационе клапне смештене су у самоподмазајућим лежиштима и не захтевају никакво одржавање. Додавањем тегова на крајеве рамена постиже се могућност гравитационог, хитног затварања турбине у случају њеног прекида рада.

Упраљачки уређај турбинског агрегата обезбеђује следеће деловање:

- аутоматски старт и везивање агрегата на изоловану мрежу,
- аутоматски старт и везивање агрегата на дистрибутивну мрежу,
- регулацију учестаности обртања у изолованом погону,
- промену снаге агрегата у паралелном раду,
- програмско деловање при потпуном и делимичном избацивању снаге,
- заустављање агрегата са искључењем генератора са изоловане мреже,
- заустављање агрегата са искључењем генератора са дистрибутивне мреже,
- заустављање агрегата при преоптерећењу код изолованог погона,
- заустављање агрегата при побегу,
- заустављање агрегата при деловању електричних заштита генератора.

Мала БАНКИ-хидроелектрана је спојена преко 7“ Widescreendisplay са мемориским програмом, којим се врши управљање (SPS)

„WAGO“ серија 750 за управљање, поседује прикључак за мрежну картицу која омогућава комуникацију са надређеним јединицама или за комуникацију на даљинско управљање. Преко аналогних и дигиталних карти се шаљу сигнали од постројења према управљачкој јединици или се сигнали шаљу од управљачке јединице према различитим компонентама постројења, нпр. спроводном апарату. Управљачка јединица прерађује улазне сигнале и на основу њих врши аутоматску регулацију постројења.⁵¹

⁵¹ <http://www.dive-turbine.de/pages/bih/naslovnica.php?lang=BA;>

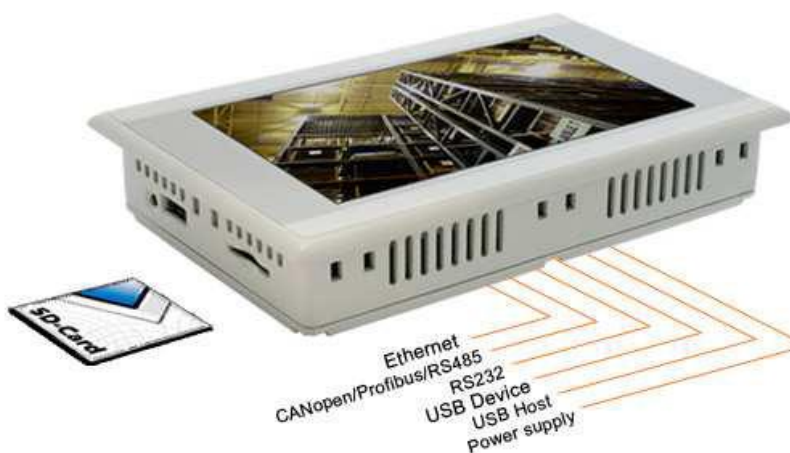
Преко површине дисплеја, се може проверити актуелно стање Банки постројења, различити подаци и вредности температуре. Осим наведеног, је могуће преко дисплеја вршити одређене наредбе, које се односе на управљање Банки постројењем, али само када је укључен тзв. ручни начин управљања.

Хидроелектране у класама снаге од 160kW до 380 kW су уобичајено опремљене са 48 дигиталних улаза, 32 дигитална излаза, 8 аналогних улаза, 2 аналогна излаза, као и са улазима од Пт 100, за мерење температуре.

Микро плоча фирме „Еатон Eaton Micro Innovation“ са ТФТ дисплејом у боји у формату 16:9, опремљена је са 400 Mhz RISC-процесором, као и са уграђеном меморијом од 128 mb, који се може додатно повећати кориштењем SD меморијске картице (слика 54).

7“ Екран осетљив на додир Eaton Micro Innovation поседује:⁵²

- ТФТ дисплеј у боји,
- Резолуција:800x480,
- Етернет прикључак (прикључак за мрежну картицу),
- Профибус ДП или ЦАН-Бус и
- RS232/ RS485.



Слика 54. „Eaton Micro Innovation“ ТФТ екран у боји, формат 16:9

СПС 750 WAGO садржи (слика 55):⁵³

- етернет прикључак (прикључак за мрежну картицу),
- велики распон функционалности,
- тачна дијагноза и
- велики меморијски простор за податке.

⁵² <http://www.dive-turbine.de/pages/bih/naslovnica.php?lang=BA;>

⁵³ <http://www.dive-turbine.de/pages/bih/naslovnica.php?lang=BA;>



Слика 55. СПС WAGO 750⁵⁴

Улазно / Излазне карте до 380 kW:

- 48 дигиталних улаза,
- 32 дигитална излаза,
- 8 аналогних улаза и
- 4 Pt100 улаза за мерење температуре.

Код великих вредности снаге постоји могућност потребе додавања дигиталних картица.

Управљачки ормар

Управљачка јединица, која поред СПС обухвата и расподелу наизменичног напона 230V као и истосмерног напона 24V, надзор над мрежом и инвертором, се налази у разводном ормару (произвођач „RITTAL“) димензија 1000x2000x600mm.

У управљачком ормару се налази и управљачки систем који је задужен за управљање боцом са азотом и притиском у турбини, који спријечава настанак корозије и гарантује надпритисак.

Поред екрана осетљивог на додир који је на вратима разводног ормара, постављени су и тастери за важне команде (Start, Stop, Reset) као и тастер за искључење у случају опасности.

Управљачка јединица која, по потреби, регулише горњи ниво воде, контролисана је путем хидрауличног агрегата. Притом се, помоћу одговарајуће сонде, мери горњи ниво воде, и прилагођава се отвор спроводног апарата одговарајућем нивоу воде. Осим тога, мере се и притисак, ниво уља као и температура уља хидрауличног агрегата.

⁵⁴ <http://www.dive-turbine.de/pages/bih/naslovnica.php?lang=BA;>

Управљачки систем постројења су:

- радне утичнице /освјетљење разводног ормара, једнофазно, 20А, три осигурача 16А,
- тастер за упозорење (опасност) са сигурносним релејем,
- 24VDC напајање, 100W непрекидно, обезбијеђено путем батерије (акумулатора) ,
- 24VDC вршно оптерећење, 250W, (није непрекидно напајање),
- релеј за надгледање мреже, произвођач Бендер VDM 423 ,
- преднапајање инвертера и
- сигурносни надзор за 8 апарата.

Управљање количином азота која се уводи у турбину:

- 2 магнетна вентила, 24VCC,
- полагање каблова за систем (до 5m удаљености од управљачког ормара – боце са азотом) и
- уређаји за спрјечавање настанка варница на завојницама магнетног вентила.

Систем за управљање хидрауличним агрегатом за подешавање споводног апарата:⁵⁵

- 1 сонда за мерење нивоа водостаја ,
- 1 пумпа, трофазна,
- 6 магнетних вентила, 24VCC,
- уређаји за спрјечавање настанка варница на завојницама магнетног вентила,
- континуирано мјерење притиска,
- контрола граничних вриједности за температуру и ниво уља,
- управљање термостатским грејањем, једнофазно,
- полагање каблова за систем (до 5m удаљености од управљачког ормара – боце са азотом) и
- разводна кутија на агрегату.

Управљање системом воденог хлађења за хлађење инвертера:

- 1 пумпа, једнофазна,
- надгледање притиска и
- регулација пумпе и температуре инвертера.

Верификација података од сигнала турбине:

- 5 турбинска сензора, верификација граничних вредности, укључујући обавештавање;
- 1 турбински сензор за мерење подпритиска, континуирано, укључујући меморисање података;

⁵⁵ <http://www.dive-turbine.de/pages/bih/naslovnica.php?lang=BA>

- надгледање вредности температуре лежаја (уља лежаја), континуирано, укључујући меморисање података.

Контрола података од сензорике спроводног апарата:

- 1 сензор за директно мерење даљине и приказа позиције спроводног апарата.

Позиција спроводног апарата се мери помоћу магнетног сензора директно на цилиндру. Овај сигнал се верификује, те му се додељује вредност позиције од 0 до 100% (отворености).

Напајање склопки

Стандардно се налази једна монофазна разводна скопка Фл-заштићена (20А, 0,03А), која пре свега служи за снабдевање осветљења разводног ормара и склопки у склопу разводног ормара потребном електричном енергијом.

Снабдевање са 24VDC

Уређаји за управљање постројењем снабдевени су са напоном од 24VDC. Овај напон се узима из властите производње и има вредност од 250W (24VDC, 10A).

Додатно се, ради обезбеђивања непрекидног напајања, управљачка јединица повезује на акумулатор (само неопходни струјни кругови, са вредношћу до 100W), како би се обезбедио несметан рад за неколико минута, у случају комплетног испада система (електричне мреже). Велики потрошачи, као нпр. магнетни вентили или осигурачи против прекомерног оптерећења су изузети, будући да би узимали превелику количину енергије. Технички гледано, није неопходно напајање великих потрошача.

Предвиђени акумулатори су израђени од олово-гел састава, за које није потребно одржавање, али је неопходна замена акумулатора, у правилним временским интервалима, због смањења њиховог капацитета (нпр. 3-5 година).

Такође је могуће снабдевати постројење електричном енергијом путем екстерног USB-уређаја 24VDC.

Сигурносни надзорни систем⁵⁶

Како би се на време могао уочити испад осигурача заштите проводника или мотора, који су важни за рад постројења, неопходно је континуирано пратити следеће сигурносне уређаје:

- осигурач заштите мотора (нпр. за хидрауличну пумпу),
- 3 осигурача 230VAC(нпр. пумпа расхладног система),
- сви 24VDC одводи са изузетком резервних одвода и

⁵⁶ <http://www.dive-turbine.de/pages/bih/naslovnica.php?lang=BA;>

- преднапон

Надзор над мрежом

За надзор над мрежом служи релеј ВМД произвођача „Bander“. Овај релеј испуњава све захтеве за дистрибуцију произведене електричне енергије у јавну електричну мрежу, те је овај начин надзора мреже најчешће признат код енергетских снабдевача.⁵⁷



Слика 56. Приказ електронског ормана⁵⁸

Енергетски ормар са воденим хлађењем

Само уз помоћ претварачке технике је могућ рад „Dive“-Турбине на промењивом броју обртаја и на тај начин је повећана њена ефективност. За постизање овакве ефективности потребна је употреба инвертора, који врше оптимизацију промењивих вредности напона за електричну мрежу. Инвертори, укључујући филтер пакет, као и заштите за електричну мрежу и генератор се испоручују у тзв. ТС8 – разводном одмару димензија 1200x2000x600mm. Опционо се може, у разводни ормар уградити осигурач за мрежу, уколико није уграђен у разводни ормар.

Понекад није могућа уградња осигурача у разводни ормар, што може бити условљено димензијама разводног ормара, односно, непостојањем резервног места за уградњу осигурача. У том случају се осигурач уграђује изван разводног ормара. Број енергетских ормара и инвертора зависи од снаге, коју постројење може да постигне.

Енергетски ормар :

- инвертори са филтер пакетом,
- заштита за генератор,
- заштита за електричну мрежу,
- надзор над напоном,
- заштита од прекомјерног напона, на страни генератора и
- сигурносни уређаји за електричну мрежу.

⁵⁷ <http://www.dive-turbine.de/pages/bih/naslovnica.php?lang=BA>

⁵⁸ <http://www.dive-turbine.de/pages/bih/naslovnica.php?lang=BA>

8. Техно-економска анализа

Циљ техно-економске анализе је испитати оправданост улагања сваких од сегмената пројекта наводњавања пољопривредне површине равнице Стиг, као и рок отплате целокупне инвестиције. Након контакта са одређеним фирмама у вези са ценама потребних компонената за израду пројекта дошло се до вредности, које су приказана у следећим табелама.

Табела 3. Цена инвестиције за МХЕ

Инвестиција	Износ (EUR)	Фирма	Век трајања (година)
ДИВЕ турбина	150.000	„Cink Hydro Energy k.s“ Češka, "DIVA turbinen" GmbH & 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		-
Укупно	370.000		-

Табела 4. 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
Укупно	490.250		-

Табела 5. Цена филтерског постројења

Инвестиција	Износ (EUR)	Фирма	Век трајања (година)
Каскадна аерација	80.000	Водоинжењеринг д.о.о.о., Чачак	50
Филтери (5 ком.)	100.000	"AMIAD water systems", Немачка	30
Сабирни цевовод	1.500	Жолим д.о.о., Пожаревац	50
Управљачке компоненте	50.000	Фесто, Београд	50
Базен за складиштење отпадне воде	200.000	Водоинжењеринг д.о.о.о., Чачак	50
Укупно	431.500		

Табела 6. Цена постројења за наводњавање “Стига” (површина од 66 km²):

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
Укупно	9.657.100		

Допринос за власнике пољопривредних површина

Принос по хектару (кукуруз) за целу површину (66km^2) по сезони:

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

У новцу (цена кукуруза 16,14 дин/кг):

- без наводњавања 692.406.000 дин/сезона (за целу пољопривредну површину),
- са наводњавањем 1.278.288.000 дин/сезона.

Разлика у новцу 585.882.000 дин/сезона, или 5.139.315,789 €.

Рок отплате инвестиције

- цена 1m^3 воде 5 динара,
- укупна цена за $25.800.000\text{m}^3$ 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.

9. Закључци

Развој методе управљања система за наводњавање на конкретном подручју равнице „СТИГ“ представља сложен истраживачки задатак који обухвата решавање бројних задатака на релацији вода-земљиште-усев. Решавање се не може замислити без израде пакета програма (software) уз примену рачунара и осталих управљачких компоненти.

У раду су размотрена четири управљачка дела постројења за наводњавање (пумпни, турбински, филтерски и заливни) који функционишу са различитим програмима путем рачунара. Овакав аутоматски систем би подигао ефикасност на висок ниво, у економском и еколошком смислу, што би омогућило беспрекорно и прецизно наводњавање, уштеду времена, смањење потребе додатне радне снаге. Ово би било значајно за повећање пољопривредних доприноса у овој регији која је позната по суши и малој производњи хране.

Позитивна страна пројекта је што се за наводњавање користи „отпадна вода“ са површинског копа Дрмно, која се након третирања у филтерском постројењу транспортује гравитационом мрежом цевовда до пољопривредне површине, што је и описано у раду.

10. Литература

- [1] Мелиорације- земљиште и вода, Универзитет у Новом саду- пољопривредни факултет, 2006.
- [2] Др Стјепан Мађар и Др Јасна Шоштарић, Наводњавање пољопривредних култура, Пољопривредни факултет Осјек, 2009.
- [3] С. Brouwer, Introduction to irrigation, САД 1985.
- [4] John D. Lea-Cox, Using Wireless Sensor Networks for Precision Irrigation Scheduling, University of Maryland- College Park, САД, 2005.
- [5] David Kohanbash, George Kantor , Todd Martin и Lauren Crawford 2012, Wireless Sensor Network Design for Monitoring and Irrigation Control: User-centric Hardware and Software Development, САД, 2013.
- [6] Др Рудић В. Драган , МЕЛИОРАЦИЈЕ, Пољопривредни факултет Београд, 1999.
- [7] СЗП. „Заваривач“-Врање, 1990: Пројекат изведеног стања понтонске пумпне станице, Београд.
- [8] Група аутора: Главни рударски пројекат површинског копа Дрмно за капацитет од 9х106 тона угља годишње; Рударско-геолошки факултет, Београд, 2009.
- [9] Александар Милојковић, Методологија управљања системом за одводњавање Копа “Дрмно“, завршни рад на основним академским студијама, Факултет инжењерских наука Крагујевац, 2012.
- [10] Александар Милојковић, Владимир Милијановић, Мирослав Миладиновић, Милош Митровић, Милун Бабић; Пројекат имплементације постројења за наводњавање пољопривредног земљишта равнице „Стиг“; часопис Енергетика 2014.
- [11] Александар Милојковић, Владимир Милијановић, Мирослав Миладиновић, Милош Митровић; семинарски рад у оквиру предмета Управљање енерго-еко пројектима; Факултет инжењерских наука Крагујевац, 2013.
- [12] Енергетска уштеда на филтерским постројењима за пречишћавање воде мехатроника.gomodesign.rs.htm.
- [13] <http://www.amiad.com/>, приступљено сајту 16. 06 . 2014.
- [14] <http://cink-hydro-energy.com/sr/protochne-turbine>, приступљено сајту 20.06.2014
- [15] <http://www.dive-turbine.de/pages/bih/naslovnica.php?lang=BA>, приступљено сајту 20.06.2014.

