

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ**

МИЛКА Ђ. ДОМАЗЕТ

**УТИЦАЈ ОДВОДЊАВАЊА НА
ПОЉОПРИВРЕДНА ЗЕМЉИШТА
У ПРИОБАЉУ ДУНАВА**

ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА

Београд, 2016.

**UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF AGRICULTURE**

MILKA DJ. DOMAZET

**DRAINAGE IMPACT ON THE
AGRICULTURAL LAND INSIDE
THE DANUBE RIVER RIPARIAN AREA**

DOCTORAL DISSERTATION

Belgrade, 2016.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ

МЕНТОР:

Др Невенка Ђуровић, ванредни професор
Пољопривредни факултет Универзитета у Београду

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

Др Ружица Стричевић, редовни професор
Пољопривредни факултет Универзитета у Београду

Др Еника Грегорић, ванредни професор
Пољопривредни факултет Универзитета у Београду

Др Весна Почуча, доцент
Пољопривредни факултет Универзитета у Београду

Др Радмила Пивић, научни саветник
Институт за земљиште, Београд

Датум одбране: _____

Изјава захвалности

Захваљујем се првенствено мојој менторки проф. др Невенки Ђуровић, на огромном поверењу које ми је указала, на несебичној и неизмерној помоћи, на издвојеном времену, труду, раду и ангажовању приликом израде ове дисертације.

Посебну захвалност упућујем мом драгом проф. др Драгану Рудићу, који је и дао идеју за проучавање ове проблематике.

Захваљујем се професорима, члановима комисије за оцену рада, који су својим сугестијама допринели квалитету рада.

Велику захвалност дугујем Електропривреди Србије, мојој матичној кући у којој сам запослена, на финансирању докторских студија и подстицању кадрова да се током рада образују и усавршавају.

Колегама Предрагу Радосављевићу из огранка хидроелектране Ђердап, Милану Радовановићу и Божидару Љумовићу из Института за водопривреду Јарослав Черни из Београда, дугујем неизмерну захвалност за све достављене подлоге, корисне савете, издвојено време, теренске обиласке.

Захваљујем се мом колеги Срђану Бугарићу, на превођењу и помоћи при коначном уобличавању ове дисертације.

Хвала мојим колегама и пријатељима који су веровали у мене и били уз мене када ми је било најпотребније.

Дубоку захвалност упућујем мојим рано преминулим родитељима Ђорђу и Невенки, и брату Стеви и мом прерано преминулом брату Мирославу, који би били поносни на мене, а ја сам се трудила да кроз живот мојом љубављу и сећањем на њих, оправдам њихово поверење.

На крају, захваљујем се мом супругу Урошу што је имао разумевања и стрпљења за мене.

Ову докторску дисертацију посвећујем сину Мирославу, мојој највећој радости, који ми је дао снагу да истовремено учим и радим и будем узорна супруга и мајка свих ових година.

АУТОР

УТИЦАЈ ОДВОДЊАВАЊА НА ПОЉОПРИВРЕДНА ЗЕМЉИШТА У ПРИОБАЉУ ДУНАВА

РЕЗИМЕ

Предмет истраживања у овој докторској дисертацији је анализа утицаја одводњавања на пољопривредна земљишта у приобаљу Дунава.

Успор који је створен изградњом Хидроенергетског и пловидбеног система „Ђердап 1“ утицао је на издизање нивоа подземних вода на површини од 181000 ha, од чега је 148000 ha на територији Војводине. Код одређивања коте успора по правилу су супротстављена два интереса. С једне стране, повишење коте успора омогућава већу производњу електричне енергије. С друге стране, повишење коте успора изазива потребу за већим улагањима за отклањање негативних последица у кориту реке и приобаљу које због специфичности топографских услова захватају велико пространство, како по линији водотока Дунава и притока, тако и по ширини унутар подручја.

Као репрезентативно подручје за истраживање одређен је локалитет Ковин – Дубовац. Узимајући у обзир све релевантне особине изабраног подручја, сви изведени закључци се могу сматрати применљивим и важећим и за шире приобално подручје Дунава у јужном Банату.

Након анализе података о природним карактеристикама подручја анализиран је рад дренажних система и утицај процеса одводњавања на пољопривредно земљиште током целокупног периода експлоатације ХЕПС „Ђердап 1“, а такође и у условима екстремних хидролошких појава (вишкова воде). Примењене мере одводњавања имају позитиван утицај на пољопривредно земљиште, одржавање нивоа подземне воде на пројектованом нивоу и пољопривредну производњу.

Сложени хидролошки услови и међусобни утицаји постојећих и планираних хидроенергетских система утичу да постаје веома важна могућност предвиђања нивоа подземних вода на пољопривредном земљишту у приобаљу. За моделирање нивоа подземних вода коришћена су два статистичка модела: вештачке неуралне мреже (*енг. ANN, скраћено од Artificial Neural Networks*) и техника заснована на

симбиози коју чини структура фази експертског система и техника обучавања која се примењује код вештачких неуралних мрежа, у литератури означавана као *ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzi Inference System)*. У раду је показано да су *ANN* и *ANFIS* модели сличних рачунарских и меморијских могућности и представљају изузетно добар нумерички оквир за генерисање квалитетних модела, односно, врло захвалне алате за моделирање хидролошких процеса у пољопривреди.

Кључне речи: одводњавање, пољопривредно земљиште, Дунав, Ђердап, ANN, ANFIS

Научна област: Биотехничке науке

Ужа научна област: Мелиорације земљишта

УДК: 631.432.2:626.86.3(282.243.7.043)(043.3)

DRAINAGE IMPACT ON THE AGRICULTURAL LAND INSIDE THE DANUBE RIVER RIPARIAN AREA

SUMMARY

The subject of this doctoral dissertation is the analysis of drainage impact on the agricultural land in the riparian area of the Danube.

Backwater created by building the Djerdap 1 Hydropower and Navigation System resulted in the rise of groundwater levels in the area of 181,000 ha, of which 148,000 ha in Vojvodina. When the backwater level is determined, as a rule, there are two opposing interests. On the one hand, backwater level increase allows greater electricity generation. On the other hand, the backwater level rise causes the need for higher investments to eliminate the negative consequences in the riverbed and the riparian area, which due to the specific topographic conditions affect large areas, both along the Danube and its tributaries, as well as across the studied area.

The Kovin - Dubovac site was identified as a representative area of research. Taking into account all the relevant characteristics of the selected area, the conclusions reached may be considered applicable and valid for a wider riparian area of the Danube in the southern Banat.

After analysing the data on the natural characteristics of the area, operation of the drainage systems was examined, together with the drainage impact on the agricultural land over the operation period of the Djerdap 1 HPP, and also under the conditions of extreme hydrological phenomena (surplus water). Applied drainage measures have a positive impact on agricultural land, maintaining the level of groundwater at the design level and agricultural production.

The ability to predict the groundwater level inside the agricultural land in the riparian area becomes essential due to the complex hydrological conditions and mutual impacts of the existing and planned hydropower systems. Two statistical models were used to model groundwater levels: artificial neural networks (ANN) and the technique representing a synergy of the fuzzy expert system structure and the training technique applied in the artificial neural networks, denoted in literature as ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System). The dissertation shows that ANN and ANFIS models have

similar computing and storage capabilities and are extremely good numerical framework for generating high-quality models, i.e., grateful tools for modelling hydrological processes in agriculture.

Keywords: drainage, agricultural land, the Danube, Djerdap, ANN, ANFIS

Scientific field: Biotechnical sciences

Research field: Land reclamation

UDC: 631.432.2:626.86.3(282.243.7.043)(043.3)

САДРЖАЈ

1. УВОД.....	1
2. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ.....	5
2.1. ИСТРАЖНИ РАДОВИ НА ПОДРУЧЈУ И ПРИМЕЊЕНЕ МЕРЕ ОДВОДЊАВАЊА	5
2.2. ВИШКОВИ ВОДЕ И ОДБРАНА ОД СУВИШНИХ УНУТРАШЊИХ И СПОЉНИХ ВОДА.....	10
2.3. МОДЕЛИРАЊЕ ПОДЗЕМНИХ ВОДА НА ПОЉОПРИВРЕДНИМ ЗЕМЉИШТИМА	17
2.4. ЗЕМЉИШНА ПОДРУЧЈА	22
3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА	24
4. КАРАКТЕРИСТИКЕ ПОДРУЧЈА ПРОУЧАВАЊА	37
4.1. ЛОКАЦИЈА И ВЕЛИЧИНА ПОДРУЧЈА	37
4.2. ДЕМОГРАФСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ПОДРУЧЈА.....	37
4.3. ГЕОЛОШКЕ И ХИДРОГЕОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ПОДРУЧЈА....	38
4.3.1. <i>Релјеф терена</i>	38
4.3.2. <i>Геоморфолошке одлике терена</i>	40
4.3.3. <i>Геолошки састав терена</i>	40
4.3.4. <i>Хидрогеолошке карактеристике подручја</i>	42
4.3.4.1. <i>Прва издан подручја</i>	42
4.4. ЗЕМЉИШТА ПРОУЧАВАНОГ ПОДРУЧЈА	46
4.4.1. <i>Заступљеност типова земљишта</i>	46
4.4.2. <i>Класификација земљишта по дренажним класама</i>	48
4.4.3. <i>Класификација земљишта према погодности за наводњавање</i>	50
4.5. АНАЛИЗА КЛИМАТСКО-МЕТЕОРОЛОШКИХ ПОДАТАКА.....	51
4.5.1. <i>Опите карактеристике</i>	51
4.5.2. <i>Анализа падавина</i>	56
4.5.2.1. <i>Расподела годишњих сума падавина</i>	56
4.5.2.2. <i>Расподела суме падавина три узастопне хидролошке године</i>	58
4.5.2.3. <i>Расподеле падавина по сезонама</i>	59
4.5.2.4. <i>Екстремне падавине</i>	63
4.5.3. <i>Евапотранспирација</i>	66

4.6. ПОЉОПРИВРЕДНА ПРОИЗВОДЊА	67
4.7. ХИДРОЕНЕРГЕТСКИ И ПЛОВИДБЕНИ СИСТЕМ „ЂЕРДАП”	73
4.8. ОДВОДЊАВАЊЕ ПОДРУЧЈА	84
4.8.1. <i>Развој система за одводњавање</i>	84
4.8.2. <i>Приказ постојећег система за одводњавање и заштитних насипа</i>	91
4.8.2.1. Црпне станице.....	91
4.8.2.2. Каналска мрежа	95
4.8.2.3. Дренажни самоизливни бунари	99
4.8.2.4. Хоризонтална цевна дренажа	101
4.8.2.5. Заштитни насипи	102
5. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА	104
5.1. РЕЗУЛТАТИ ПРОУЧАВАЊА УТИЦАЈА ПРИРОДНИХ И АНТРОПОГЕНИХ ФАКТОРА НА БИЛАНС ВОДА И РАД СИСТЕМА ЗА ОДВОДЊАВАЊЕ	104
5.1.1. <i>Подземне воде</i>	104
5.1.2. <i>Површинске воде –река Дунав</i>	131
5.1.2.1. <i>Анализа водостаја</i>	131
5.1.2.2. <i>Анализа протицаја</i>	135
5.2. АНАЛИЗА РАДА СИСТЕМА ЗА ОДВОДЊАВАЊЕ	139
5.2.1. <i>Анализа рада система за одводњавање на годишњем нивоу</i>	140
5.2.2. <i>Анализа рада система за одводњавање на месечном нивоу</i>	149
5.2.3. <i>Анализа рада система у условима екстремних вишкова воде</i>	151
5.2.4. <i>Ефикасност рада система за одводњавање</i>	165
5.3. МОДЕЛИРАЊЕ НИВОА ПОДЗЕМНИХ ВОДА У УСЛОВИМА ОДВОДЊАВАЊА	168
6. ЗАКЉУЧАК.....	185
7. ЛИТЕРАТУРА	191
ПРИЛОЗИ	207
БИОГРАФИЈА АУТОРА	214
ИЗЈАВЕ.....	215

1. УВОД

Слив Дунава кроз Србију, природа је даривала добрим земљиштем, обиљем вода и сунчевом енергијом. Али, плодна површина често је умела сурово да изневери човекова очекивања. Разлог увек исти: вода! Или је није било довољно или је било превише, а ретко када колико треба. Од последњих сто година, више од половине су биле сушне, а више од трећине поплавне или прекомерно влажне док је само 17 година је било наклоњено ратарима. Претиле су реке, подземне воде и падавине. Такав режим вода, несталан и непредвидив, захтевао је да га људска рука измени и прилагоди својим потребама.

Још у време Римске империје (III – IV век н.е.) су започели први радови на исушивању мочварних површина и одбрани од поплава.

Први велики хидромелиорациони радови на подручју Војводине, започели су у Банату копањем канала – вештачког корита реке Бегеј. После Пожаревачког мира 1718. године, да би се обезбедило коришћење природних блага, обезбедио привредни развој и повећао број становника, отпочело се са регулационим и мелиорационим радовима у Банату. Уређење водног режима земљишта довело је до наглог увећања становништва, освајања нових површине за обраду и створило услове за унапређење пољопривредне производње (Милошев, 2002; Милорадовић, 2002а).

Водопривредни радови (изградња насипа и канала) имали су у XVIII веку само локални значај, нису извођени према јединственој концепцији, а функције новоизграђених објеката нису биле међусобно усклађене. У настојању да се отклоне уочени недостаци и регулишу права и обавезе заинтересованих власника земљишта, доношени су закони и прописи о водном праву. Законским актом из 1871. године, дата је потпуна аутономија удружењима за одбрану од поплава и за мелиорације.

Период од 1887. године до 1918. године може се сматрати етапом у којој је започело систематско решавање регулације Дунава.

Значајнији организовани подухвати на исушивању мочварних површина у Војводини, крајем XVIII и почетком XIX века, обухватили су и радове на заштити од поплава изградњом насипа, канала и црпних станица у приобаљу Дунава. У

истом периоду оснивају се и водне задруге са задатком организованог одводњавања већих и мањих земљишних комплекса. Шездесетих година XIX века почиње интензивна градња одбрамбених насипа на обалама река у циљу освајања и заштите ритских земљишта од поплава (Милорадовић, 2002б)

Одводњавање је достигло шире размере као водопривредна грана у XIX и XX веку. Велики хидротехнички радови у другој половини XX века, у склопу изградње хидросистема Дунав-Тиса-Дунав омогућили су прихватање сувишних вода са око 1000000 ha и њихово одвођење у Дунав и Тису. Створени су услови за реализацију модерних хидромелиоративних решења одводњавања, која уз примену савремених агротехничких мера омогућавају остварење високог и стабилног приноса у пољопривредној производњи.

Упоредо, са изградњом Хидроенергетског и пловидбеног система (ХЕПС) „Ђердап 1“ на Дунаву, после 1970. године, на заштитним приобалним површинама, извршена је реконструкција постојеће и изградња нове каналске мреже, уз местимичну изградњу цевне дренаже, са циљем да се отклоне могући негативни утицаји успора Дунава на пољопривредно земљиште.

До 1990. године, изграђени су бројни системи за одводњавање. Бројни објекти за повећање заштите од поплава уз изградњу нових црпних постројења, са знатним прогушћењем каналске мреже и дограђивањем друге пратеће инфраструктуре, представљају значајно повећање обима хидромелиорационих мера на левој обали Дунава на територији Баната.

Научни циљ истраживања је био да се на примеру једног мањег подручја анализирају постојећи утицаји, да би на основу њих могли да се донесу закључци који би могли да се примењују у решавању питања одводњавања пољопривредних земљишта на ширем подручју приобаља Дунава.

Основни циљеви ове дисертације су усмерени на предлог даљег побољшања и усавршавања постојећег дренажног система на примеру огледног поља Ковин - Дубовац, и то кроз:

➤ Процену стварних количина сувишних унутрашњих вода које се евакуишу у Дунав преко постојеће дренажне мреже;

- Доношење закључака о ефикасности постојећег дренажног система на основу података о сувишним унутрашњим водама и превлаженим површинама из периода изградње и експлоатације дренажног система подручја Ковин – Дубовац;
- Предвиђања нивоа подземних вода у циљу рационалног управљања подземним водама у пољопривреди.

С обзиром на велику површину земљишта у приобаљу Дунава, од 181000 ha на коју има утицај успор ХЕПС „Ђердап 1“, одређено је репрезентативно огледно поље (локалитет Ковин - Дубовац), ради спровођења детаљних анализа које су предмет докторске дисертације. У раду су коришћени подаци хидролошких и метеоролошких мерења током периода 1970-2010 године.

Узимајући у обзир све релевантне особине изабраног подручја, сви изведени закључци се могу сматрати применљивим и важећим и за шире приобално подручје Дунава у јужном Банату. Пре свега, земљишта изабраног локалитета сачињавају они типови који су најраспрострањенији на алувијалној равни на левој обали Дунава. Изражен је велики утицај водостаја Дунава на режим подземних вода пољопривредних земљишта, а дренажним системима се током дугог низа година на систематски начин одводи сувишна вода са подручја.

Резултати ове дисертације треба да допринесу разумевању проблематике одводњавања пољопривредног земљишта, које има за циљ уређење водно - ваздушног режима земљишта и повећања приноса пољопривредних култура у условима који постоје на подручју јужног Баната.

Адекватну основу за квалитативну и квантитативну анализу утицаја успора Дунава који је створен изградњом хидроелектрана „Ђердап 1“ и „Ђердап 2“ на стварање вишка воде на одабраном локалитету, пружили су обимни подаци осматрања и мерења нивоа подземних и површинских вода вршених пре формирања акумулације и током четрдесет година рада ХЕПС „Ђердап 1“.

У управљању подземним водама на пољопривредним подручјима са изграђеним дренажним системима у долинама речних токова велики значај има предвиђање нивоа подземних вода.

У условима успора Дунав подвирним и процедурним водама утиче на повишење нивоа прве издани. Дренажним системима се елиминише штетан утицај успора, као и негативни утицај природних високих водостаја реке на хидролошке

услове на пољопривредним земљиштима у приобаљу. Међутим, поред већ постојећих ХЕПС „Ђердап 1“ и „Ђердап 2“ у плану је изградња и хидроцентрале „Ђердап 3“. На овај начин настају сложени хидролошки услови и међусобни утицаји ових хидроенергетских система, па од све већег значаја постаје могућност предвиђања нивоа подземних вода на пољопривредном земљишту у приобаљу, са циљем бољег и ефикаснијег управљања водама. Због тога је део ове дисертације посвећен стохастичком моделирању нивоа подземних вода савременим статистичким моделима који имају велику примену у разним инжењерским дисциплинама.

2. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

2.1. ИСТРАЖНИ РАДОВИ НА ПОДРУЧЈУ И ПРИМЕЊЕНЕ МЕРЕ ОДВОДЊАВАЊА

Улога и развој одводњавања земљишта у Војводини, па самим тим и на локалитету Ковин - Дубовац, као мере уведене у праксу ради сигурнијег и потпунијег коришћења површина за производњу хране, предмет је писаних приказа још из времена Римске империје, (III век н.е.) тачније, за време владавине римског цара Пробуса (276-282 н.е.) па све до данас (Драговић и сар., 2005).

До XVIII века на подручју Бачке и Баната, одводњавање, чији је циљ уређење водног режима земљишта, било је спорадично и делимично. Због угрожености водама, коришћене су само површине на вишим теренима и гредама, а велики комплекси земљишта (више од 50% површина) биле су под водом, барама и мочварама. У другој половини XVIII и током XIX века, првенствено су извођени регулациони радови на рекама, па су тако одређене површине ослобађане од сувишних вода (Milleker, 1925; Петровић, 1979; Драговић и сар., 2005). Хидротехнички радови на уређењу водотока често су били повезани са развојем трговине (Руvaraц, 1934; Ротар, 1997; Костић, 1959; Петровић, 1978).

Прву поуздану и тачну хидротехничку карту Дунава израдио је Самуел Миковини између 1735-1750. године (Пургина, 1958).

У Угарској је током XVI и XVII века Сабор донео законске акте о уређењу и пловности река, подизању насипа за одбрану од поплава, изградњи насипа и регулацији Тисе, Рабе, Муре, Ваге и Дунава (Петровић и сар., 1954), што се може сматрати првом законском регулативом која се односила на хидротехничке мелиорације.

У новијој историји, велики хидромелиорациони радови започети су на подручју Баната, почетком XVIII века, (1728. г.) као подручју које је било стално изложено превлаживању земљишта. У другој половини XVIII века, неколико мелиорационих система у Банату, грађено је према пројекту холандског инжењера Фремонта (Драговић и сар., 2005).

Наредбом цара Фрање Јосифа из 1867. године, изграђен је насип од Панчева до Ковина 1870. године (Ердеи, 1997).

Водопривредни радови (изградња насипа и канала) имали су у XVIII веку само локални значај, нису извођени према јединственој концепцији. У настојању да се отклоне уочени недостаци и регулишу права и обавезе заинтересованих власника земљишта, доношени су закони и прописи о водном праву. Године 1871. дата је потпуна аутономија удружењима за одбрану од поплава и за мелиорације.

Почетком XX века формирана је Панчевачко - ковинска задруга, а током 1906. године и Ковинско – дубовачка водна задруга. Задатак задруга је био да се изградњом насипа и канала заштите земљишта тзв. VIII дунавског залива (садашњи сектор Ковин - Дубовац) од поплава и сувишних унутрашњих вода. Радови на изградњи насипа су започели 1907. године. Димензије дунавског насипа су диктиране водама из 1897. године. После изградње насипа Панчево – Ковин, радови на уређењу унутрашњих вода на подручју Ковинско – дубовачке водне задруге завршени су 1909. године (Ердеи, 1997).

Поред ископа 120 km канала, изграђена је црпна станица Дубовац чији је протицај био $Q=4 \text{ m}^3/\text{s}$. Пре изградње насипа и канала, 10% земљишта коришћено је за оранице, 20% земљишта за ливаде, на 30% земљишта били су заступљени лоши пашњаци, док 40% земљишта није коришћено, јер су на њему биле баруштине (чак и у сушним годинама). До 1914. године половина баруштина претворена је у оранице (Ердеи, 1997). Од 1918-1945. године, Задруга је повећала дужину канала за 27 km (Милованов, 1987).

Интензивнија изградња и реконструкција система за одводњавање и модернизација црпних постројења започела је након Другог светског рата, тачније 1954. године. Тада почињу озбиљнија улагања у мелиорације земљишта на овом делу приобаља. Закључно са 1962. годином, изграђене су нове црпне станице: Гај на електропогон и Скореновац (реверзибилна) на електропогон. Престала је са радом црпка Бадрига (1962), и демонтиране лакомобилне црпке (Ердеи, 1997).

Систем заштите од спољних и унутрашњих вода на потезу Ковин - Дубовац састојао се од одбрамбеног насипа поред Дунава и отворене каналске мреже са две црпне станице, Дубовац и Гај, укупног капацитета $6 \text{ m}^3/\text{s}$ (црпна станица Дубовац $2 \times 1 \text{ m}^3/\text{s}$ и црпна станица Гај $2 \times 2 \text{ m}^3/\text{s}$). Црпне станице Гај и Скореновац (која се

налази изван проучаваног подручја) добиле су електричну енергију далеководом из Ковина. При изградњи црпних станица вршена је и изградња и реконструкција каналске мреже, као и замена дотрајалих дрвених мостова цевастим бетонским пропустима и плочастим мостовима (Ердеи, 1997).

Каналска мрежа је била плитка и имала је улогу да прикупи површинске воде, које су се наведеним црпним станицама препумпавале у Дунав. Овакав систем заштите у периоду пре изградње бране ХЕПС „Ђердап 1“ није могао да обезбеди континуирану заштиту подручја. Само виши делови терена су могли константно да се користе за пољопривредну производњу, док је већи део подручја практично сваког пролећа (период март - јуни) био угрожен високим нивоима подземних вода.

У периоду после 1970. године постојало је више облика законске регулативе која је регулисала питања водопривреде (изградња, реконструкција и одржавање заштитних објеката и постројења, одбрана од поплава и леда, заштита вода од загађења, регионално снабдевање водом и др.) на овом подручју. По Закону о водама из 1970. године, формиране су Самоуправне интересне заједнице (СИЗ). За територију општине Ковин конституисана је посебна Самоуправна интересна заједница. Законом о водама из 1990. г. укинута су СИЗ-ови и конституисани фондови. Затим, годину дана касније, Законом о водама Републике Србије укинут је Закон о водама Војводине а територија Републике Србије је проглашена јединственим водопривредним простором. Овим Законом су промењене надлежности над водопривредним хидромелиорационим објектима. Водопривредни објекти, постројења, уређаји и друга средства, као и права и обавезе у вези са њима, предати су ЈВП „Дунав”, једном од три јавна водопривредна предузећа (поред поменутог ЈВП „Дунав“, ЈВП „Сава“ и ЈВП „Морава“), осим објеката и постројења изграђених средствима ХЕПС „Ђердап“.

Од 1981. године, из састава Водопривредних организација, издвојила се Радна јединица „Водопривреда Ковин“ и формирана је посебна Водопривредна организација ООУР „Подунавље“, са седиштем у Ковину. После доношења Закона о предузећима (1990) више нису били на снази самоуправни општи акти, а Водопривредна организација ООУР „Подунавље“ постаје Водопривредно предузеће (ВП) „Подунавље“.

Јавно водопривредно предузеће „Србијаводе“ основано је 1996. године. Статус ВП „Подунавље“ остао је исти. Од 2003 године, формирају се два Јавна водопривредна предузећа: ЈВП „Србијаводе“ и ЈВП „Воде Војводине“. Законом о водама из 2010. године, формира се Водно подручје Бачке и Баната и обухвата део речног слива Дунава, Тисе и Тамиша. Формира се буџетски фонд за воде Аутономне покрајине Војводине, тако да надлежност према важећем Закону о водама над делом Дунава уз сектор Ковин – Дубовац има ЈВП „Воде Војводине“.

Изградњу и одржавање дренажног система сектора Ковин - Дубовац врши ВП „Подунавље“ из Ковина, истражне и студијске радове изводи Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, а улогу инвеститора има ХЕПС „Ђердап“, односно ЈП Електропривреда Србије у чијем саставу се поред осталих хидроелектрана, налазе и хидроелектране „Ђердап 1“ и „Ђердап 2“ (Ердеи, 1997).

Прва истраживања терена и уградња пијезометара, као припрема за анализе последица успора Дунава, почели су 1960. године и трајали су до 1967. године. Праћен је ниво подземних вода овог подручја при природном режиму Дунава. Пијезометри су распоређени по хидролошким профилима као плитки (8-10 m дубине), плитки у батеријама и дубоки (до 20 m дубине) (Енергопројект, 1967).

Стање режима подземних вода на пољопривредним површинама, разматрано је у низу студија и пројеката почев од 1963. године. Студијски радови и хидродинамички прорачуни режима подземних вода у приобаљу Дунава под утицајем успора ХЕПС „Ђердап 1“ омогућили су дефинисање природног режима подземних вода и прогнозу режима подземних вода на приобалним подручјима у условима пројектованог режима експлоатације при „режиму 68/63“ код ушћа Нере (Енергопројект, 1954,1967).

За потребе заштите приобалних пољопривредних површина, од неповољних утицаја успора ХЕПС „Ђердап 1“ у условима њеног рада са котом „68/63“ код ушћа Нере, израђени су пројекти за цело подручје од Панчева до Дубовца. У главном пројекту одводњавања закључено је да се постојеће одводњавање углавном површинских вода приобаља врши каналском мрежом. Подземне воде слободно су деловале на земљиште, јер плитко постављена каналска мрежа није могла да их прихвати. Пољопривредним делом пројекта су постављени захтеви у погледу

оптималних дубина подземне воде које треба да се крећу од 0,90 m до 1,50 m (Енергопројект, 1967).

Реконструисан (дограђен) систем је почео са радом 1972. године, од када се перманентно врши и праћење ефеката његовог рада - регистровање режима рада црпних станица, мерење нивоа подземних вода на пијезометрима по подручју и на пијезометрима постављеним дуж дренажних канала где су изведени самоизливни бунари, као и директан технички увид у стање на терену. Водопривредном сагласношћу коју је издао Републички секретаријат за пољопривреду, шумарство и водопривреду, наложено је тадашњем Јавном предузећу „Ђердап“ да перманентно прати стање система заштите објеката у приобаљу као и ефекте рада система. Из тих разлога је сачињен *Програм осматрања, праћења и мерења утицаја успора на приобаље Дунава*, који у себи садржи девет под-програма за сваки од аспеката заштите (Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, 2011). Институт за водопривреду „Јарослав Черни“ из Београда према уговору склопљеном са ЈП Електропривреда Србије за период од изградње ХЕПС „Ђердап 1“, односно од почетка реализације *Система заштите приобаља*, до данас реализује овај Програм.

Пројектом заштите је предвиђено да се сувишна вода евакуише у Дунав путем црпних станица које међусобно имају раздвојене сливове условљене котатама терена. На тај начин црпне станице имају дефинисане различите режиме водостаја у доводним каналима. Међутим, практично од изградње, наведени системи функционисали су међусобно повезани. Током 1982. године издвојени су сливови црпних станица Врба и Дубовац, који од тада функционишу као засебне целине (Орлић и Савић, 1989; Савић и Орлић, 1990).

Резултати анализа спроведених у склопу израде Идејних пројеката заштите приобаља од утицаја успора режимом „69,5/63“ су показали да изграђени системи за режим „68/63“, одговарајућом изменом режима рада (пре свега интензивнијим радом црпних станица), могу да обезбеде заштиту на подручју и условима повишене коте успора. Ово је касније потврђено и кроз експлоатацију у периоду рада ХЕПС „Ђердап 1“ у режиму „69,5/63“ (Институт за водопривреду „Јарослав Черни, 2006).

Систем је 1985. године реконструисан у циљу заштите од утицаја успора ХЕПС „Ђердап 1“ за успор режимом „69,5 и више“. Током 1985. године је постављена хоризонтална цевна дренажа на делу слива црпне станице Врба, што је додатно оптеретило ову црпну станицу, која иначе на подручју треба да одржава најниже радне нивое.

До 1990. године, изграђени су бројни системи за одводњавање. Бројни објекти за повећање заштите од поплава уз изградњу нових црпних постројења, са знатном доградњом каналске мреже и дограђивањем друге пратеће инфраструктуре, представљају значајно повећање обима, иако недовољно у односу на укупне потребе заштите земљишта од превлаживања сувишним водама на евидентираним угроженим површинама.

2.2. ВИШКОВИ ВОДЕ И ОДБРАНА ОД СУВИШНИХ УНУТРАШЊИХ И СПОЉНИХ ВОДА

Издан је хидрогеолошки медијум, настала одређеном геолошком генезом. Режим прве издани битно утиче на поплаву од унутрашњих вода. Брзина промене нивоа прве издани је пропорционална коефицијенту филтрације и водопрпусности земљишта (Димкић и сар., 2012). Прва издан налази се на различитим геоморфолошким јединицама, због чега се јављају различити типови режима прве издани (Шкорић, 1994). На карактеристике прве издани битно утиче геолошки и геоморфолошки састав терена.

Почетак стварања квартарних наслага у целој Војводини, представља наставак полудинске седиментације у плитком језерском басену (Јосиповић, 1985; Стојиљковић, 1997, 2000). Фација старача у Банату ствара се у напуштеним речном коритима. У односу на остале алувијалне седименте налази се у облику сочива у фацији корита или на површини акумулативне равни (Стојиљковић, 1993). Литолошки је представљена глиновитим алевритима, алевритским песковима, алевритским глинама и тресетом формираним у слабо покретљивој воденој средини. Као добри водоносници на овом подручју могу се издвојити: Полициклични - еоплеистоценски песак и шљунак (на дубини већој од 50 m); Алувијални песак и шљунак (дубине до 50 m), старијег дела „варошке” терасе и

алувијалних тераса Дунава. По подацима експерименталног црпљења, коефицијенти филтрације на земљиштима југоисточног Баната су у интервалу од $2,27 \times 10^{-4}$ до $4,5 \times 10^{-5}$ cm/s (Стојиљковић, 1997).

Највећу површину Баната заузимају лесне терасе, ритске депресије, а најмању планински простор вршачких планина које ремете његов равничарски карактер Живковић и сар. (1972). Банатска лесна тераса се простире у Банату поред Дунава и Тисе, уз Бегеј и са обе стране Тамиша. Услед велике ерозивне снаге ових токова, током геолошке прошлости лесна тераса је подељена на четири терасе: новокнежевачку, новобечејску, зрењанинску и панчевачку. Јужни део панчевачке лесне терасе припада општини Ковин. Лесна тераса је благо заталасана, незнатно нагнута према југоистоку. Минерални састав је сложен, а у њему доминирају минерали монтморилонит и илит. Лесна тераса се спушта стрмим одсецима према алувијалној равни Дунава, који код Скореновца износе 8-9 m, а код Ковина и Дубовца 3-6 m (Александровић, 1974).

Подручје на коме се налазе општине Панчево и Ковин припада крајњем ободу Панонске међувеначне тектонске потолоне. Њега изграђују неогени и квартарни, тачније еоплеистоценски и холоценски седименти различите генезе, таложени преко палеорељефа паркетне структуре (Ракић, 1985). На подручју општине Ковин, према досадашњим истраживањима, може се издвојити шест геоморфолошких целина: Делиблатска пешчара, лесна зараван, баваништански лесни под, лесна тераса, алувијална тераса, инундациона раван (Букуров, 1972, 1978, 1984; Drasovean, 1996).

По наводима Каталине (1984) у геолошком погледу подручје Ковин - Дубовац представља алувијалну терасу са појединачним узвишењима који спадају у остатке јужне банатске лесне терасе и еолских пескова Делиблатске пешчаре. У оваквим условима долази до формирања хидроморфних земљишта, „чија генеза и својства у највећој мери зависе од хидролошког режима који обухвата: а) изворе воде и начине прекомерног влажења; б) зону у профилу захваћену тим влажењем и ц) дужину трајања прекомерног влажења” (Ћирић, 1996.)

Као што је речено, геоморфолошке карактеристике терена су важан чинилац и имају велики утицај на појаву поплава. Узимајући у обзир факторе као што су рашчлањеност рељефа, густина хидрографске мреже, распоред површинских и

подземних вододелница, дебљина надизданске зоне, може се генерално закључити да се подручја у долинама река у АП Војводини, која су угрожена од појаве површинских или подземних вода, налазе на надморској висини испод коте 100 mm.

Дунав је највећи колектор - скупљач и пријемник вода са подручја АП Војводине. Због тога промене режима Дунава имају одређеног утицаја и на промене режима Тисе и других притока, као и на промене режима подземних вода (Милошев и Дедић, 2000). У природним условима, за време водостаја Дунава нижих од нивоа прве издани у приобаљу брањеног подручја, водоток је служио као дрен за подземне воде (и за подземне воде више терасе), а при високом нивоу Дунава пунио је прву издан (Енергопројект, 1967). Алувијална раван у условима успора насталим изградњом ХЕПС „Ђердап 1“, када Дунав подвирним и процедурним водама утиче на повишење нивоа прве издани, стално је угрожена вишком воде. Прва издан се напаја инфилтрацијом вода Дунава, падавинама и дотоком из залеђа алувијалне равни. На основу проучавања режима нивоа прве издани, утврђени су следећи типови режима: климатски, климатско – хидролошки и антропогени (Стојшић и сар., 1993; Стојиљковић, 1977; Шкорић, 1994).

Заштита од штетног дејства вода се у водопривреди дели на три дела (Божиновић и Савић, 2000):

1. Заштита од вода које се изливају из речних корита;
2. Заштита од сувишних атмосферских и подземних вода;
3. Заштита од различитих видова водне ерозије и бујица.

Појаве сувишних и штетних унутрашњих вода условљене су пре свега неравномерном временском расподелом падавина. Вишкови воде од падавина најчешће се јављају у пролеће, због обиља влаге настале услед топљења снега, али није редак случај да се јаве у летњем периоду, после интензивних пљускова (Шкорић, 1994, Белић и сар., 2002). Основни чиниоци који условљавају појаву поплава од унутрашњих вода могу се сврстати у шест генетских група: геолошки, геоморфолошки, педолошки, климатски, хидролошки и антропогени (Стојиљковић, 2000). Климатски и хидролошки фактори се брзо мењају у времену и простору и најзначајнији су са аспекта одбране од поплава. Недовољно познавање односа који постоје између ових фактора, законитости режима падавина,

површинских и подземних вода, цикличности поменутих хидролошких појава, хидрогеолошких и воднофизичких својстава земљишта има за последицу отежану борбу против поплава регионалног и локалног карактера.

Климатски чиниоци су битни за појаву поплава од унутрашњих вода на пољопривредним површинама које се налазе на најнижим геоморфолошким јединицама (Стојиљковић, 2000). Стојшић (1968, 1990) наводи да су падавине у три узастопне хидролошке године добар индикатор појава поплава у Војводини

Са хидролошког аспекта на појаву вишкова воде утичу екстремне метеоролошке ситуације (акумулирање претходних падавина, ниске температуре и интензитет испаравања). Неуниформна расподела атмосферских падавина у комбинацији са неповољним водно – ваздушним режимом и рељефом земљишта су основни разлози за појаву превлаживања. Појава опасности од поплавних унутрашњих вода условљена је претходним дуготрајним кишним периодима. Из тог разлога ниво подземне воде такође може почети да расте што може довести до појаве поплава на подручју (Милошев и Дедић, 2000).

На основу досадашњих истраживања процењено је да је у Војводини око 350000 ха земљишта угрожено превлаживањем и да је много више присутно унутрашње превлаживање од спољашњег. Поплаве од унутрашњих вода се јављају претежно у пролећно - зимском периоду или у вегетационом периоду. Летње превлаживање потиче услед падавина високог интензитета, када се вода задржава на површини терена и у микродепресијама услед слабих инфилтрационих и филтрационих карактеристика земљишта. Хидролошка ситуација са изузетно високим падавинама и високим нивоом подземних вода јавила се крајем 1998. године са вишеструко већом количином падавина од просека за посматрани период (1924-1998). Падавине са још већим интензитетом регистроване су фебруара 1999. године, са 2,5 пута већим количинама од просечних вредности, што је додатно оптеретило каналску мрежу. Услед интензивних падавина (мај и јун месец), а нарочито у периоду од 8. до 12. јула дошло је до појаве поплаве од унутрашњих вода на подручју којим управљају ЈВП „Воде Војводине” као и на деловима система од заједничког водопривредног интереса са Мађарском (Коцић и сар., 2000). Хидролошке појаве оваквог ранга су ретке и могу се поредити са сличним из 1942, 1956. и 1970. године (Бунчић, 2000).

Ради брзог и ефикасног снимања поплавлених подручја, могу се применити савремене методе снимања коришћењем *GPS* опреме, аерофотограметријско снимање или снимање из сателита и примена ГИС методологије (Салваи и сар., 2003; Салваи и Бенка, 2006; Бенка и Салваи, 2006; Бенка, 2009). Kling и Balint (2009) дали су предлог методологије за израду карте угрожености унутрашњим водама. Полазни принцип који се користи код предложене методе за израду карте угрожености је да се утицај сваког појединачног фактора на појаву унутрашњих вода може представити једним параметром. Сваки утицајни фактор је представљен са само једном вредношћу за тачно дефинисано место. У циљу добијања што поузданијих резултата, од свих претходно наведених фактора, треба користити оне, за које постоје дужи низови података (падавине, нивои подземне воде) и који се могу просторно представити коришћењем ГИС алата. На овај начин формирање унутрашњих вода на одређеном простору се може дефинисати и квантификовати. Предложена методологија је илустрована на примерима на подручјима у Мађарској која у односу на подручја у Војводини имају сличне проблеме са сувишним водама као и сличне начине спровођења и организације одбране од поплавних унутрашњих вода (Bozan et al., 2009; Pásztor, et al., 2015). Ризик од појаве сувишних унутрашњих вода је моделиран стохастичким методама, узимајући у обзир компатибилне просторне информације изабраних утицајних фактора.

У АП Војводини је 1942. године било поплављено унутрашњим водама 406000 ha, 1956. око 244000 ha, а 1965, 1970. и 1975. године више од 100000 ha. Ове поплаве су се јавиле после кишних година или кишовитих сезона, а у већим размерама услед узастопно кишних година, које су за последицу имале издизање нивоа прве издани (Белић и Шкорић, 1983; Шкорић, 1994; Бунчић, 2014).

Вишеструка регресиона анализа се користи за одређивање улоге различитих фактора у формулисању вишкова воде, чиме се обезбеђује поузданост процене утицаја примењених фактора. Ради стандардизације, вредности сваког утицајног фактора из регресионе једначине множе се факторима корекције (Грегорић, 2008).

Пројектовање, изградња и управљање мелиорационим системима на равничарским подручјима везано је за многобројне међусобне утицаје фактора водног биланса и подручја (Белић и Шкорић, 1983; Gilliam и Skaggs, 1986; Yohns и

Watkins, 1989; Xie et al., 2002; Zhonghua et al., 2006; Nistor и Lowenberg-DeBoer, 2007; Fernandez et al., 2006; Yenigun и Aydogdu, 2010).

Поједина подручја су стално или повремено изложена сувишним водама различитог порекла, те на таквим подручјима мере заштите од штетног дејства вода треба да буду комплексне. Комплексне мере заштите од штетног дејства вода треба ускладити и прилагодити специфичностима подручја (Радановић и Нешовић, 1977; Божиновић и Савић, 2000; Бездан, 2015). Време одводњавања пољопривредних земљишта зависи од захтева пољопривредне производње и по различитим ауторима се креће од 5-30 дана (Владисављевић, 1957; Стојшић, 1968; Рудић, 1979; Полић, 1980; Габрић, 2005).

Системи за одводњавање углавном су димензионисани на количину падавина која одговара повратном периоду од 5 или 10 година. То практично значи да у вегетационом периоду одводњавање превлаженог земљишта може да траје максимално 7 дана (15 дана у ванвегетационом периоду). Код подземних дренажних система пројектовано време одводњавања је краће (3 дана у вегетационом и 7 дана у ванвегетационом периоду) (Бунчић, 2000).

Једна од веома ефикасних метода за смањење водолежних површина је на пример, изградња привремених канала који су у функцији само у периоду док се не одведе вода са водолежних површина. Такође се препоручује изградња дубоких дренажа, који пробијају слабопропусни слој. Равнање земљишта и подривање могу такође позитивно да утичу на отклањање опасности од формирања водолежних површина (Грегорић, 2008).

Под одбраном од поплавних унутрашњих вода подразумева се одвођење у пријемнике (реке, велике канале и др.) површинских и подземних вода које су формиране на самом подручју. Под изузетно великим унутрашњим водама подразумевају се оне површинске и подземне воде које већ постојећи капацитети система за одводњавање у нормалним условима рада не могу да одведу, па се морају предузимати посебне мере и радови ради ефикасне заштите (Бунчић, 2000). На подручју АП Војводине изграђено је укупно 285 система за одводњавање којима се одводњава више од 2100000 ha, са 22000 km каналске мреже, око 16000 објеката (мостова, устава, пропуста и др.) и 155 стабилних црпних станица капацитета преко 400 m³/s (Ликић, 2002).

Када се говори о одводњавању подручја истраживања, мора се нагласити да је највећи проблем, као и у одводњавању пољопривредног земљишта на другим подручјима у Републици Србији проблем одржавања постојећих система за одводњавање. Канали спадају у категорију „отворених проводника” водног тока, у којима се јавља струјање са слободном водном површином, па су они непрестано изложени замуљивању и обрастању коровском вегетацијом. Овде треба поменути и изворе загађења из пољопривреде, која често изазивају прекомеран раст водених макрофита и еутрофизацију акватичних екосистема (Перишић и Тутунџић, 1990; Гаћеша и Клашња, 1994; Skaggs et al., 1994; Далмација и Агбаба, 2008). У циљу обезбеђења свеобухватног функционисања дренажних система, неопходно је њихово редовно одржавање. Одржавање је процес комплексне и редовне примене адекватних мера на основу којих се омогућава континуирани и ефективни рад водопривредних објеката и система у целини усаглашених са прописаним мерама заштите (Петковић, 1992). У радове на одржавању система за одводњавање спадају функционални послови које изводе: инжењерско – техничко особље у циљу израде пројеката и елабората, радници у водопривредним организацијама и руковоаци црпних станица у зони каналске мреже. Ту спадају радови који се односе на измуљење каналске мреже и ископ интервентних канала. У те радове спада и разастирање ископаног материјала, уградња цевастих пропуста са набавком материјала, машинско и ручно кошење једногодишњег, и сечење дрвенастог растиња са уклањањем из профила, одржавање и ремонт црпних постројења, рад на механичком препумпавању воде у реципијент, као и одржавање електропостројења (Рудић и сар., 2004). Уз примену савремене, специјалне механизације и под условом да каналска мрежа није у запуштеном стању, за њено одржавање у функционалном стању, према нормативима, потребно је на годишњем нивоу измуљити $0,10 \text{ m}^3$ по дужном метру канала. То практично значи да канале вишег реда треба у просеку измуљивати сваке 10 године, а канале нижег реда сваке 5 године (Грегорић, 2008).

У приобаљу Дунава налазе се велике површине пољопривредног земљишта Живковић и сар. (1972) у којима је после изградње брана на Дунаву измењен водни режим.

На подручју у приобаљу река, какво је подручје на потезу Ковин - Дубовац, доминантно су заступљена земљишта чија се педогенеза одвијала у условима

вишка воде. Ова земљишта често су везана за рељефске депресије, у којима се налазе дебљи слојеви подземне воде чији ниво показује мање или веће колебање. Карактерише их тежак механички састав и неповољне водно-ваздушне особине (Ћирић, 1996). Мере одводњавања битно утичу на поправку производних особина тешких хидроморфних земљишта (Пламенац, 1988).

2.3. МОДЕЛИРАЊЕ ПОДЗЕМНИХ ВОДА НА ПОЉОПРИВРЕДНИМ ЗЕМЉИШТИМА

У управљању подземним водама на пољопривредним подручјима са изграђеним дренажним системима у долинама речних токова велики значај има моделирање нивоа подземних вода (Salas et al., 1990; Пушић и Димкић, 2008). У литератури се могу наћи подаци о успешној примени физички заснованих нумеричких модела, од којих су најпознатији *DRAINMODE* (Kandil et al., 1995; Fernandez et al., 2006) и *MODFLOW* (Harabaugh et al. 2000). Божић и сар., (2010, 2014) су са успехом применили математички модел *MODFLOW* у приобаљу Дунава на подручју Панчевачког рита при анализи режима подземних вода у реалним условима, и извршили симулације дренаже различитим техничким мерама, са циљем изналажења оптималног решења дренирања и побољшања пољопривредне производње и животних услова. Овакви нумерички модели су на добро истраженим подручјима веома успешно средство у анализи подземних вода, због тога што могу да репрезентују велику просторну и временску варијабилност особина аквифера.

Међутим, те особине у моделу морају са високом тачношћу да опишу природне услове, да би симулације биле прецизне. Они захтевају прецизну карактеризацију почетних и граничних услова, који представљају улазе у моделе (Behzad et al., 2010). Развој таквих модела захтева бројне податке, не само оне које се односе на ниво подземне воде, већ и на друге хидрогеолошке параметре. Многобројни параметри који описују физичку зависност променљивих углавном су непознати, или их је тешко измерити. Дакле, иако су физички модели веома широко примењивани у условима моделирања кретања подземне воде у несатурисаном земљишту, они имају велики недостатак који се огледа у томе што захтевају прецизну карактеризацију и квантификацију физичких својстава и

међусобних зависности у систему који је од интереса за анализу (Knotters и Bierkens, 2000).

Због тога што такве податке није лако обезбедити, предвиђања која се постижу нумеричким моделима не могу бити примењена за велики број проблема у области управљања водама (Coppola et al., 2003, 2005).

С друге стране, статистички модели немају ову врсту ограничења. Иако је физичка зависност између климатских и хидролошких величина које се јављају у условима дренажања веома комплексна и нелинеарног карактера, статистички модели је са успехом могу описивати, па стога имају широку примену у пракси одводњавања.

Међу највише примењиванима су регресивни модели, који имају значајну помоћну улогу и при анализи сложенијим статистичким моделима (Ђуровић и сар., 2013). Ђуровић и Стричевић, (2005) су извршили моделирање зависности дубине подземне воде од падавина и закључили да се зависност дубине подземне воде од падавина на дренираним подручјима успешно може описати статистичким моделом *MA (Moving Average)* типа.

С друге стране, у литератури о стохастичким процесима могу се наћи подаци о параметарским моделима који се заснивају на тзв. „*data driven*“ техникама. Они могу да буду алтернатива за физичке моделе при моделирању нивоа подземне воде у различитим сценаријима, или и да реконструишу дуже периоде недостајућих опсервација да би објасниле међусобни утицај величина чија су мерења на располагању. У односу на физичке моделе параметарски модели имају предност, јер не захтевају податке о граничним и почетним условима, као и податке о карактеристикама издани, односно, када су знања о хидролошким и хидрогеолошким параметрима ограничена.

Један од параметарских модела је вештачка неурална мрежа (*Artificial Neural Networks, ANN*) који има широку примену у науци и инжењерству. Неуралне мреже (*Neural Networks - NN*) су обећавајућа нова генерација информационо процесних система које показују особину учења, меморисања и генерализације на основу података на којима се обучавају. Постоје две категорије неуралних мрежа: вештачке и биолошке неуралне мреже. Представник биолошких неуралних мрежа је нервни систем живих бића. Вештачке неуралне мреже су по структури, функцији

и обради информација сличне биолошким неуралним мрежама, али се ради о вештачким творевинама. Неурална мрежа у рачунарским наукама представља добро повезану мрежу елемената који обрађују податке. Једна од важнијих особина неуралних мрежа је њихова способност да уче на ограниченом скупу примера.

Када се говори о неуралним мрежама, мисли се првенствено на „вештачке неуралне мреже“, због тога што се углавном говори о моделима неуралних мрежа реализованим на рачунарима. Неуралне мреже представљају систем састављен од веома великог броја једноставних елемената за обраду података. Овакви системи су способни за прикупљање, меморисање и коришћење експертских знања.

ANN модел се користи у свим областима науке и инжењерства. Служи за обраду информација које служе за учење, памћење и обуку. *ANN* модел је важан алат у хидрологији (Kim и Valdes, 2003; Lin и Chen, 2005, 2006; Adamowski, 2008; Partal и Cigizoglu, 2008; Kalteh et al., 2008; El-Shafie et al., 2013; Nourani et al., 2014a, 2014b; Afan et al., 2015).

Када се ради о проучавању подземних вода, предност *ANN* модела је што се они могу са високом прецизношћу користити за побољшање стратегије управљања за широк спектар проблема подземних вода, који се односе на квантитативне и квалитативне аспекте (ASCE Task Committee, 2000a, 2000b; Gobindraju и Rao, 2000; Basheer и Hajmeer, 2000; Coulibaly et al., 2000, 2001; Copola et al., 2003; Nayak et al., 2006; Singh и Deo, 2007; Krishna et al., 2008; Trichakis et al., 2009; Mohanty et al., 2010; Mardookhpour, 2012). Поређења са другим параметарским моделима показала су да се *ANN* модели, са високом прецизношћу могу користити за прогнозу нивоа подземних вода на одабраним локалитетима (Nourani et al., 2008, 2011; Yang et al., 2009; Dash et al., 2010; Yoon et al., 2011).

Други модел који је коришћен у овом раду је *ANFIS* модел. Крајем прошлог века у литератури су се појавили системи за фази резоновање на основу неуралних мрежа (*Neural Network-Driven Fuzzy Reasoning*). С обзиром да су се овакве структуре појавиле у радовима Такаги, Сугена и Канга (Sugeno и Kang, 1988; Takagi и Hayashi, 1991), често се овакви системи означавају и као *TSK* модели. Основна идеја у оваквим структурама је да се коришћењем функција припадности срачуна задовољење предуслова за неку активност или одлуку, а да се након тога, та активност или одлука квантификује кроз излаз неуралне мреже.

Такозване „*soft*“ компјутерске технике, као *fuzzy inference system (FIS)*, је и самостално са успехом коришћен у прогнози нивоа подземних вода. Alvisi et al. (2006) користили су фази (*fuzzy*) логику за моделирање зависности падавина и нивоа подземне воде на подручју Италије. Srinivasa и Nagesh (2006) применили су фази логику за моделирање биљне производње у условима наводњавања. Комбинацијом ова два модела, *ANN* и *FIS* настао је *neuro-fuzzy inference system (ANFIS)* односно, нова компјутерска техника која је применљива у хидрологији, у моделирању зависности падавина и хидролошких појава (Lin и Lee, 1996; Kisi, 2005; Chang и Chang, 2006; Chang et al., 2007).

Tutmez et al. (2006), су користили *ANFIS* модел за моделирање електричне проводљивости подземне воде на основу концентрације позитивних јона у раствору, и показали да је моделирање могуће чак и када је на располагању мало информација о подземној води. Ponambalam et al. (2003) су показали да *ANFIS* модел при оптимизацији водних ресурса има предности у односу на друге методе засноване на вишеструкој регресионој анализи. Pankaj и Deo, (2006) су поредили различите облике неуралних мрежа и *ANFIS* модела за моделирање речног тока и дошли до закључка да је у моделирању ових хидролошких феномена због њихове сложености неопходно користити комплексне неуралне мреже. Farahmand et al. (2010) и Talebizadeh и Moridnejad, (2011) су поредили *ANFIS* модел и *ANN* модел у моделирању нивоа језера користећи као улазне податке падавине, евапотранспирацију и дотицај и дошли до закључка да *ANFIS* модел даје боље резултате. До сличних закључака, у моделирању зависности падавина и нивоа подземне воде, при поређењу *ANFIS* модела и *ANN* модела са *RBF (radial based function)* алгоритмом у прогнози сезонског нивоа подземне воде дошли су и други аутори (Kurian et al., 2006; Amutha и Porchelvan, 2011; Khashei-Siuki и Sarbazi, 2013; Nourani et al., 2015). Shirmohammadi et al. (2012) су у моделирању подземних вода применили неколико такозваних „*data driven*“ техника, укључујући и *ANFIS* модел и показали предности ове технике у моделирању нелинеарних временских серија у односу на друге технике. Moosavi et al. (2013), анализирали су хибридне *ANN* и *ANFIS* системе код којих је примењена „*wavelet*“ трансформација података који су коришћени као улаз у ове моделе. Анализирали су архитектуру *ANFIS* модела и одређивали оптимални број неурона у скривеном слоју при прогнози нивоа

подземне воде за различите периоде предвиђања. до сличних закључака су дошли и Adamowski и Chan, (2011).

Када се ради о дневним предвиђањима нивоа подземне воде Affandi и Watanabe (2010), су показали да се и *ANFIS* и *ANN* модели могу користити са високом прецизношћу.

У моделирању нивоа подземних вода најчешће се користе једнослојне или вишеслојне неуралне „*feedforward*“ мреже за које се показало да дају веома добре резултате (Banerjee et al., 2009; Dash et al., 2010; Rakshandexpoo et al., 2012).

Ghose et al., (2010), Behzard et al., (2010), Dalicopulos et al., (2005), Coulibaly et al., (2000), Maheswaran и Khosa (2013) су у архитектури неуралне мреже применили један скривени слој. Излазни слој има само једну варијаблу – дубину подземне воде на посматраној бушотини као месечну вредност.

При формирању неуралне мреже веома је важно направити правилан избор улазних података. Coulibaly et al., (2000); Sudheer et al., (2002) и Bowden et al., (2005), су користили аналитичке технике као кроскорелациону и аутокорелациону анализу, којом су утврдили линеарну везу између неких од променљивих које су разматране. Taormina et al. (2012) и Zhang и Govindaraju (2009), су уместо корелационе анализе, која не показује зависност величина у времену, применили регресивне моделе којима је утврђено које ће улазне варијабле бити укључене, заједно са редом модела и степеном кашњења.

Dalicopulos et al. (2005), су за моделирање нивоа подземних вода као улазни параметар користили падавине, док су неки аутори као улазне податке користили поред падавина и температуру (Copola et al., 2005; Tsanis et al., 2008; Lallahem et al., 2005; Ghose et al., 2010). У случајевима моделирања дубине подземних вода на већој дубини нема утицаја климатских фактора на ниво подземних вода (Uddameri, 2007).

Coulibaly et al, (2001a,b,c) Dalicopulos et al., (2005), Tsanis et al., (2008) су при креирању структуре мреже предложили су да број скривених чворова у мрежи буде три чвора и закључили да је то добар компромис између квалитета, моделирања и комплексности обуке мреже. Sreekanth et al. (2009), су показали да број чворова у скривеном слоју може да буде много већи.

За обучавање *ANN* мреже са успехом може применити *Levenberg-Marquardt* метод пропагације грешке уназад (Coyle et al., 2000; Taormina, 2012; Krishna et al., 2008; Maxeswaran и Rakesh Khosa, 2013).

Affandi и Watanabe (2007) и Moosavi et al. (2013), су поредећи *ANFIS* модел и два алгоритма *ANN* (*Levenberg-Marquardt* и *radial basis function*) дошли до закључка да нема значајне разлике између примењених техника.

2.4. ЗЕМЉИШНА ПОДРУЧЈА

По истраживањима Каталине (1984) на подручју Ковин – Дубовац најзаступљенији тип земљишта у целом рити, у укупној површини већој од 70% је ритска црница. У зависности од услова даљег развоја овог типа земљишта, дошло је до формирања подтипова и варијетета.

Ритска црница формирана је на најнижем делу терена, као последица таложења колоидних честица. Ритска црница је тешког механичког састава са високим уделом глиновите фракције по целој дубини профила (41,6%-76%) а тамо где су се таложиле песковити и прашкасти материјали, дошло је до формирања лакших варијетета ритске црнице.

Заступљени су некарбонатни и карбонатни подтип ритске црнице као и варијетети оба подтипа према степену заслањености (заслањени и местимично заслањени).

Код карбонатног подтипа ритске црнице садржај карбоната је висок по целој дубини профила (креће се и до 42%) а реакција средине неутрална до благо алкална. Заузима централне делове подручја, а од свих подтипова највише је заступљена бескарбонатна ритска црница (више од 40% подручја).

Друго по заступљености је алувијално земљиште. На подручју Ковин – Дубовац, као и на осталом делу приобаља великих река у Војводини заступљен је овај тип земљишта са типом профила (А)-С или (А)-G. С обзиром да је на делу површине која је дуго плављена водама Дунава при високим водостајима било заступљено земљиште типа ритска црница, на делу површине је алувијално земљиште заступљено на њему. Механички састав алувијалних земљишта зависи од удаљености од водотока, па се срећу различите форме ових земљишта,

песковите, иливасте песковите, и најдаље од водотока глиновите. Међу алувијалним земљиштима разликују се подтипови карбонатни и некарбонатни. Алувијално земљиште, са подтиповима карбонатним и некарбонатним, заступљено је у следећим формама: алувијално глиновито земљиште; алувијално иловасто земљиште; алувијално песковито земљиште. На делу терена налази се алувијално земљиште у забаривању (оглејано). Изградња насипа крајем 19. и почетком 20. века утицала је да је прекинут процес плављења и таложења материјала, што је утицало на престанак процеса формирања ових земљишта.

На подручју проучавања алувијално земљиште је заступљено на јужној страни подручја, непосредно уз одбрамбени насип.

Од осталих типова земљишта на подручју се налазе мочварно – глејно земљиште – еуглеј, подтип хипоглеј.

Наведени типова земљишта су доминантно заступљени како на посматраној локацији Ковин – Дубовац, тако и у целом приобаљу. Међутим поред ових хидроморфних земљишта, на малим оазама виших терена јављају се и аутоморфна земљишта (чернозем) на укупној површини од 27 ha.

Појаве тресета су регистроване на локалитету Дубовац-Гај-Велики Лап, између јужног обода Делиблатске пешчаре и канала Лап. Тресет се јавља на површини терена од 185 ha, односно 2,00% и лежи преко глиновито-песковитих седимената. Дебљина слоја је веома променљива и креће се од 0,20 m до 4,0 m (просечна дебљина 1 m). Експлоатација тресета је повремена, а највећи проблеми у експлоатацији су подземне воде

На површини од 230 ha (2,49%) заступљена је и ливадска црница карбонатна.

У Сектору Ковин - Дубовац, нису заступљена халоморфна земљишта али постоје процеси заслањивања, те се јављају подтипови земљишта као што су: ритска црница карбонатна заслањена; ритска црница карбонатна местимично заслањена; ритска црница бескарбонатна местимично заслањена и чернозем солоњецести.

3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА

Утицај одводњавања на пољопривредна земљишта у приобаљу Дунава, проучаван је на локалитету Ковин - Дубовац, (у даљем тексту Сектору) који репрезентује услове на целом приобаљу на коме се региструје утицај успора Хидроенергетског и пловидбеног система Ђердап. Пре свега, проучени су природни чиниоци на подручју, а затим је сагледан њихов утицај на одводњавање земљишта у светлу ефикасности рада система за одводњавање и последица које они имају за пољопривредну производњу.

Огледно поље (локалитет Ковин - Дубовац) је површине 9241 ha (Слика 3.1).



Слика 3.1.- Сектор Ковин - Дубовац (www.google.rs/maps)

Поред прикупљања података и литературе, детаљног обиласка терена и савременог приступа картирању подручја, методе проучавања су базиране на статистичкој обради података применом корелационе и регресионе анализе и примени стохастичких модела у моделирању нивоа подземних вода.

ТОПОГРАФСКЕ, ГЕОЛОШКЕ И ПЕДОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ПОДРУЧЈА

Топографске карактеристике подручја (рељеф терена, надморска висина, експозиција терена, сливна подручја, нагиб терена) су представљене применом географског информационог система (ГИС). За израду ових карата коришћен је дигитални модел терена (ДЕМ) са хоризонталном просторном резолуцијом од 30 метара.

Основна геолошка карта подручја је дигитализована на основу Основне геолошке карте СФРЈ, 1:100000, (Савезни геолошки завод, 1985). Дигитализација је извршена на Рударско - геолошком факултету у Београду, док су хидрогеолошки профили преузети из Института за водопривреду „Јарослав Черни” (2010).

Основна педолошка карта је дигитализована на Институту за земљиште у Београду. Као подлога за израду педолошке карте подручја је коришћена Педолошка карта Војводине, размере 1:50000 (Институт за пољопривредна истраживања у Новом Саду, 1971).

МЕТОДОЛОГИЈА ОБРАДЕ ПОДАТАКА КЛИМАТСКИХ ПАРАМЕТАРА

На истраживаном подручју, сектору Ковин-Дубовац, не постоји метеоролошка станица која омогућава праћење свих основних климатских чинилаца који су битни за пољопривредну производњу. Из тог разлога су за потребе рада коришћени основни климатски параметри за период 1971-2010. године, мерени на метеоролошкој станици Велико Градиште, која је најближа огледном пољу. У оквиру рада су приказана годишња и месечна кретања средњих, минималних и максималних температура ваздуха, инсолације, брзине, правца и учесталости ветра, релативне влажности ваздуха, средњег напона водене паре, ваздушног притиска, покривености неба облацима и снежног покривача.

Падавине, као најважнији климатски елемент са становишта утицаја на количину вишка воде на пољопривредном земљишту су обрађене:

- на годишњем нивоу
- на нивоу хидролошке године

- на нивоу суме падавина три узастопне хидролошке године
- на сезонском нивоу - вегетациони период од 1. априла до 30. септембра и ван-вегетациони од 1. октобра до 31. марта
- на месечном нивоу
- екстремне месечне падавине

При анализи података за моделирање нивоа подземних вода, коришћени су и подаци о падавинама са кишомерне станице у Ковину, због прецизнијег дефинисања утицаја на подземне воде подручја.

Са аспекта пројектовања и одржавања система за одводњавање посебан значај имају максималне падавине. У раду је вероватноћа појаве екстремних једнодневних, дводневних, тродневних и петодневних максималних падавина и њихових повратних периода одређивана преко дистрибуција Лог – Пирсон III, (*Log - Pearson III*) и Гамбел (*Gumbell*) посебно по месецима у години. За оцену боље прилагођености теоријских функција и емпиријских вредности коришћени су тестови сагласности Колмогоров - Смирнов и Хи-квадрат тест (χ^2). При одређивању карактеристичних вредности падавина за поједине повратне периоде бирана је теоријска функција која је показала боље слагање са измереним подацима.

За одређивање референтне евапотранспирације коришћена је метода *Penman-Monteith* (Allen et al. 1998):

$$E_{To} = \frac{0,408 \cdot \Delta \cdot (Rn - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T + 273} \cdot u_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot u_2)}$$

где је: E_{To} – референтна евапотранспирација (mm), Rn – нето радијација са површине усева ($MJ/m^2 \cdot dan$), T – средња месечна температура ваздуха мерена на 2 m висине ($^{\circ}C$), u_2 – брзина ветра мерена на 2 m висине (m/s), e_s – сатурисани напон водене паре (kPa), e_a – стварни напон водене паре (kPa), $e_s - e_a$ – дефицит напона водене паре (kPa), Δ – нагиб криве напона водене паре ($kPa/^{\circ}C$), γ – психометријска константа ($kPa/^{\circ}C$), G – енергија која се троши на загревање земљишта ($MJ/m^2 \cdot dan$)

Услед недостатка свих горе наведених података, тј. прекида у временским серијама мерења инсолације, у раду је коришћена модификована *Penman-Monteith* метода у којој се користе подаци о суми осунчавања и средњој релативној влажности ваздуха.

ХИДРОЛОШКО-ХИДРАУЛИЧКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ПОДРУЧЈА

Под хидролошко-хидрауличким карактеристикама подручја подразумева се стање подземних и површинских вода на сектору Ковин - Дубовац.

Методологија обраде података о подземним водама

Ниво подземних вода на сектору Ковин - Дубовац се прати помоћу пијезометара. Основна мрежа пијезометара за праћење режима подземних вода Сектора Ковин – Дубовац формирана је још 1961. године и допуњена 1966. године. Велики број ових пијезометара је уништен у протеклом периоду, а на њиховим локацијама изведени су нови. Због тога на релативно малом броју пијезометара постоје континуирана мерења током дужег низа година.

Обнављање мреже пијезометара обављано је током 1974. године, затим 1978. године и 1982. године. Посебно значајно обнављање пијезометарске мреже је извршено током 2001. године и 2002. године. Мрежу пијезометара одржава ХЕПС „Ђердап“ уз ВП „Подунавље“ из Ковина. За потребе овог рада коришћени су подаци са 43 пијезометара од укупно 147 колико их је у периоду од 1970. године постављено на испитиваном подручју. Распоред пијезометара је тако конципиран да се из резултата њиховог праћења могу прикупити задовољавајући подаци о стању нивоа подземне воде у условима успореног режима водостаја Дунава са применом изведених мера заштите, као и стање изведених објеката за заштиту и уређење ових површина.

Мерени подаци који су добијени из пијезометара не представљају непрекидне низове података од самог датума постављања. Постоји много случајева постављања нових пијезометара на локацијама које су близу старијих пијезометара који су престали да функционишу. У неким случајевима мерени подаци не

представљају стварну дубину подземних вода у пијезометру, нпр. у случају залеђивања, или квара, тако да подаци са њих нису могли да буду коришћени у раду.

Измерени нивои воде у репрезентативним пијезометрима плићим од 1 m од површине терена су у овом раду приказани графички. Избор пијезометара је направљен тако да они равномерно покривају подручје. Приказани су резултати мерења за период 1985-2010. године, за које постоје дуже континуиране временске серије мерених података. Анализе пијезометара су обухватале одређивање максималне и минималне дубине подземних вода у пијезометрима, средње нивое подземних вода за посматрани период, као и амплитуде нивоа подземних вода. Такође је одређено и задржавање нивоа подземних вода на дубини мањој од 1 m од површине терена. Сви ови резултати су приказани табеларно за сваки пијезометар посебно. Графичка представа је обухватала приказивање нивограма подземне воде у пијезометру на основу кога је нацртана и линија (крива) трајања нивоа подземних вода и крива учесталости.

Методологија обраде података о површинским водама

Испитивани сектор Ковин - Дубовац се налази уз сам ток реке Дунав, са његове северне стране, и он је у непрестаној вези са водостајем у реци Дунав. Подаци о водостају реке Дунав су узети са водомерне летве у Ковину. Ови подаци су служили за графичко представљање промене нивоа воде у реци на годишњем и месечном нивоу, док је табеларно приказано стање водостаја по месецима, са средњим вредностима, минимумима и максимумима. Подаци о једнодневном водостају су послужили за добијање криве трајања и криве учесталости водостаја реке Дунав, са којих које се лако уочава разлика у вредностима и учесталости водостаја у периоду пре и после изградње ХЕПС „Ђердап“.

Најближе мерно место за мерење протицаја се налази испод моста Смедерево-Ковин и у раду је обрађиван протицај на годишњем и месечном нивоу. На основу постојећих мерених података приказане су и крива учесталости и крива трајања протицаја реке Дунав за посматрани период.

АНТРОПОГЕНИ УТИЦАЈ НА РЕЖИМ ПОДЗЕМНИХ ВОДА

На истраживаном сектору Ковин - Дубовац постоје четири црпне станице преко којих се избацују вишкови воде из подручја. Црпне станице испитиваног подручја су Гај (нова и стара), Мало Баваниште, Врба и Дубовац (нова и стара). Подаци о раду црпних станица и водостајима у доводним каналима су обрађивани на годишњем, сезонском и месечном нивоу. Корелационом анализом утврђена је зависност нивоа подземних вода и параметара дренарања.

ОБРАДА ПОДАТАКА У ГЕОГРАФСКОМ ИНФОРМАЦИОНОМ СИСТЕМУ (ГИС)

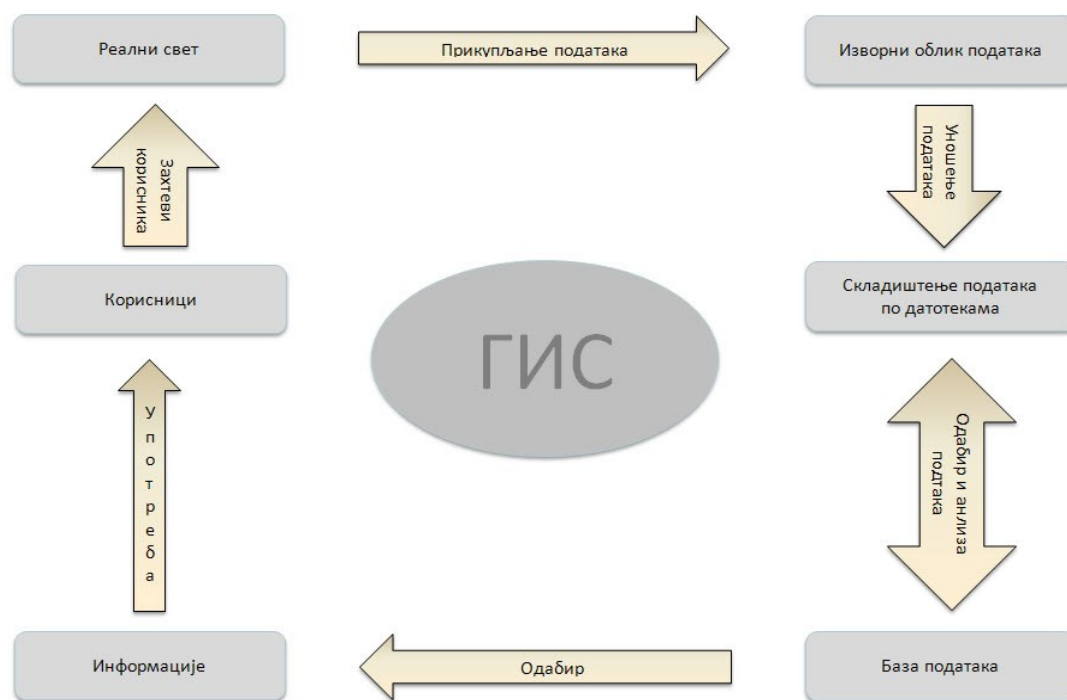
Географски информациони систем дуго година уназад постоји као препознатљива техника за решавање просторних проблема у многим областима живота и рада. ГИС омогућава једноставно прикупљање, чување, анализу и приказивање података референтно везаних за простор. Преко тако прикупљених информација, ГИС се може искористити за анализе, мониторинг и управљање истраживаних површина са великом прецизношћу.

Познато је да велики број фактора утиче на услове животне средине, зато је веома тешко сагледати све те факторе истовремено, а још теже бавити се моделирањем са толико великим бројем променљивих. ГИС је својом методологијом отворио могућности не само анализе, већ је креирао и инфраструктуру за употребу самог система ради квалитетнијег моделирања и управљања животним простором (Слика 3.2).

Већина географских података се најчешће не налази у дигиталној форми. За њихово коришћење и импортовање у базу података у ГИС-у неопходно је извршити превођење у дигиталну форму. Скенирање аналогних карата се користи за добијање растера. Основни циљ је боље чување и манипулација подацима. Након скенирања, подаци се морају узети за неки референтни систем и овај процес се зове геореференцирање. Скенирање и геореференцирање заправо представљају први корак у векторизацији.

На тај начин је векторизована педолошка карта, геолошка карта, карта дренажности земљишта, карта плавних површина и друге.

Увођењем савремених технологија у научно-истраживачки рад, израда карата потенцијала рељефа добила је потпуно другачију димензију коришћењем растерског формата: дигиталног елевационог модела (ДЕМ) и апликација које су интегрисане у географски информациони систем. Дакле, топографски атрибути као што су надморска висина, нагиб терена, експозиција терена, сливна подручја, план и профил линије пада, и друго могу бити изведени из дигиталног елевационог модела. У изради ове докторске дисертације дигитални модел терена је креиран са хоризонталном просторном резолуцијом од 30 метара.



Слика 3.2. - Шематски приказ функционисања ГИС-а

МОДЕЛИРАЊЕ НИВОА ПОДЗЕМНИХ ВОДА ПРИМЕНОМ СТАТИСТИЧКИХ МОДЕЛА

Статистички модели имају велику примену у хидрологији и разним инжењерским дисциплинама. За предвиђање нивоа подземних вода у овом раду, коришћене су две *soft computing* технике: прва од њих су вештачке неуралне мреже (енг. *ANN*, скраћено од *Artificial Neural Networks*) а друга је техника заснована на симбиози коју чини структура фази експертског система и техника обучавања која се примењује код вештачких неуралних мрежа, у литератури означавана као *ANFIS* (*Adaptive Neuro-Fuzzi Inference System*). Ниво подземних вода је предвиђан за 1 месец унапред, на појединачним бушотинама које се налазе на различитом растојању од воденог тока.

Дренажни канали на подручју распоређени су у три линије:

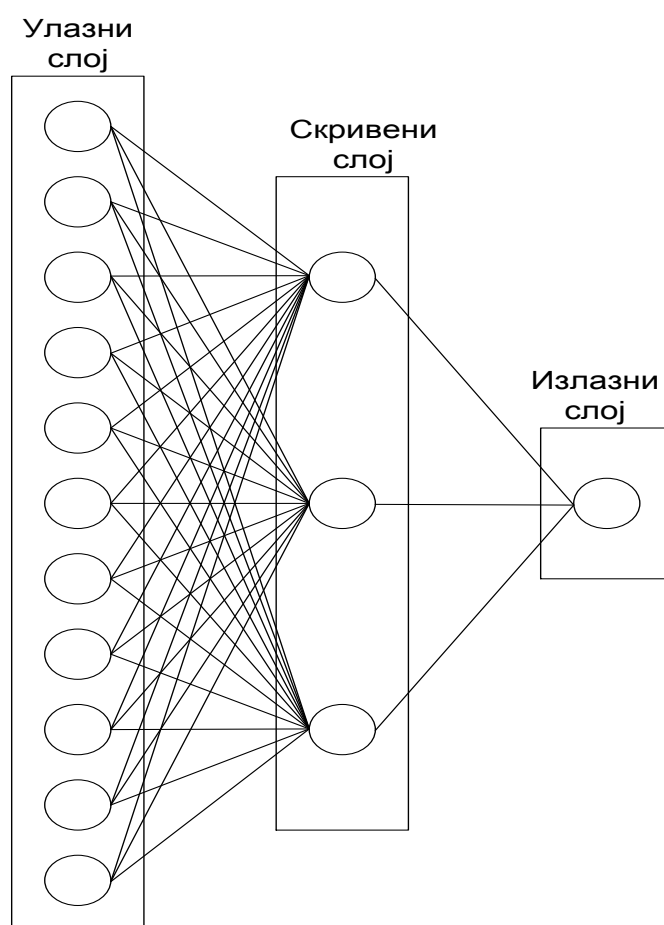
- прва линија канала уз насип за заштиту из правца Дунава,
- друга линија канала за регулацију нивоа подземних вода унутар подручја,
- трећа линија канала за заштиту подручја од дотицаја из залеђа.

У сваком од делова подручја изабрана је по једна репрезентативна бушотина (пијезометар) на којој је извршено моделирање нивоа подземне воде. Поред моделирања подземне воде у одговарајућој дренажној линији, циљ оваквог избора опсервација био је да се утврди у којој мери удаљеност од водотока утиче на могућност предвиђања нивоа подземних вода и да ли постоје значајне разлике у могућности примене стохастичких модела.

ANN мрежа која је примењена за моделирање нивоа подземних вода представља генерацију информационо процесних система које показују особину учења, меморисања и генерализације на основу коришћених података. Неуралне мреже се састоје од више слојева који су међусобно повезани. Повезивањем више слојева добија се вишеслојна *feedforward* мрежа. Применом *ANN* модела могуће је моделирати зависност неких физичких величина и вредности неке променљиве чију вредност желимо да предвидимо у неком тренутку. У улазном слоју налазе се вредности улазних променљивих, односно оних физичких величина које утичу на променљиву која се предвиђа. Слој који прима улазне сигнале се зове улазни слој

и он обично не ради ништа осим пропуштања улазног сигнала. Излази мреже се генеришу из излазног слоја. Сваки слој између улазног и излазног слоја се зове скривени слој (*hidden*) зато што је он за дату мрежу унутрашњи слој и нема директан контакт са спољашњим окружењем. Може да постоји од нула до неколико скривених слојева у *ANN* моделу. За мрежу се каже да је потпуно повезана ако је сваки излаз једног слоја повезан са сваким чвором у следећем слоју (Слика 3.3). У раду је формирана једнослојна *feedforward* неповратна мрежа, која показује добре резултате у прогнозирању нивоа подземних вода.

У структури *ANN* мреже примењен је један скривени слој. Излазни слој има само једну варијаблу – дубину подземне воде на посматраној бушотини као месечну вредност. Улазне варијабле одређене су корелационом и регресионом анализом. Активациона функција за скривени и излазни као и број чворова у скривеном слоју, одређени су емпиријски.



Слика 3.3.- Структура *ANN* модела

Други статистички модел који је у раду примењен је *ANFIS* модел. Наиме, системи за фази резоновање на основу неуралних мрежа (*Neural Network-Driven Fuzzy Reasoning*) се називају *TSK* модели (Поглавље 2. Преглед литературе). Основна идеја у структури оваквих модела је да се коришћењем функција припадности срачуна задовољење предуслова за неку активност или одлуку, а да се након тога, та активност или одлука квантификује кроз излаз неуралне мреже. Овакви системи су настали са основним циљем да се реше два проблема која су увек присутна у пројектовању фази (*fuzzy*) система за резоновање. Први од њих је недостатак једнозначних метода и поступака за избор функција припадности и одређивање параметара које у њима постоје. Други је везан за непостојање обучавајућих функција у процесу самоподешавања правила одлучивања.

Општа структура правила за закључивање у *TSK* системима је следеће форме:

$$R^s : IF x = (x_1, \dots, x_n) \text{ is } A_s \text{ THEN } y_s = NN_s(x_1, \dots, x_n), \quad s = 1, \dots, r$$

где r представља укупан број правила за одлучивање, A_s је фази скуп којим се дефинише предуслов за примену правила и свако правило има свој предусловни фази скуп, док $NN_s(\)$ представља неуралну мрежу чији су улази (x_1, \dots, x_n) а излаз y_s .

Један од најчешће коришћених *TSK* система је такозвани *ANFIS* систем (*Adaptive Network-based Fuzzy Inference System*, Jang, 1992). Карактеристика *ANFIS* модела је да последице, односно коначни излаз из система за резоновање буду представљене у форми линеарне комбинације предуслова који су довели до те последице. Другим речима, правила одлучивања у *ANFIS* моделу имају следећу структуру:

$$R^j : IF x_1 \text{ is } A_1^j \text{ AND } x_2 \text{ is } A_2^j \text{ AND } \dots \text{ AND } x_n \text{ is } A_n^j \text{ THEN } y_j$$

где је x_i улазна варијабла, y_j је излаз из система, A_i^j је лингвистички члан са одговарајућом функцијом припадности $\mu_{A_i^j}(x_i)$, док су $a_i^j \in R$ реални коефицијенти. Илустративан пример *ANFIS* система са две улазне варијабле и два правила одлучивања је приказан на Слици 3.4.

Структура *ANFIS* модела (Слика 3.4) је приказана у форми узастопне активности шест слојева. Први слој нема никакву функцију осим да дистрибуира улазне варијабле према појединим лингвистичким члановима. Са A_i^j је означен фази скуп који је задужен за варијаблу x_i а који фигурише у правилу R^j и који је дефинисан одговарајућом функцијом припадности $\mu_{A_i^j}(x_i)$. Уобичајени кандидати за ове функције припадности су континуалне функције које су део-по-део диференцијабилне. Најчешће се, за ову сврху, користе Гаусове функције, трапезоидалне, троугаоне и такозване *S* или *Z* функције. На излазу из ових блокова се генерише вредност функције припадности. Трећи слој у коме се налазе блокови означени словом Π нису ништа друго него множачи. Другим речима, ови блокови генеришу вредности $\mu_j = \mu_{A_1^j}(x_1) \times \mu_{A_2^j}(x_2)$, при чему ова вредност представља такозвану вредност окидања правила R^j , односно вредност која говори о томе са којим нивоом значајности ово правило треба да учествује у поступку доношења коначне одлуке, односно коначне вредности у резоновању. У циљу формирања генералне структуре неопходно је извршити нормализацију вредности окидања правила, тако да њихов укупан збир износи 1. Томе служи четврти слој чији су блокови означени са N и у којим се врши поступак нормализације:

$$\bar{\mu}_j = \frac{\mu_j}{\mu_1 + \mu_2}, j = 1, 2$$

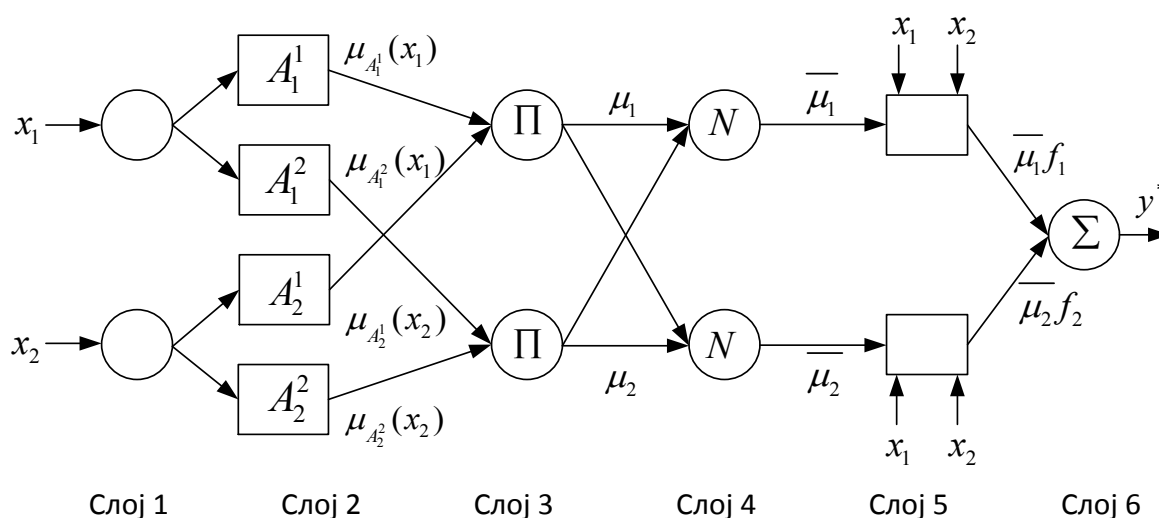
У петом слоју се срачунава такозвана тежинска последична вредност (weighted consequent value) на начин:

$$\bar{\mu}_j f_j = \bar{\mu}_j (a_0^j + a_1^j x_1 + a_2^j x_2), j = 1, 2$$

где заправо вредност f_j представља коначну вредност коју предлаже правило R^j , али пошто оно није једино, његов утицај се мора скалирати, односно помножити са одговарајућом тежином. Сачунавање вредности f_j представља опонашање једне једноставне неуралне мреже која има један чвор, два улаза, линеарну интеграциону и линеарну активациону функцију. Наравно, у општем случају се може усвојити и сложенија форма консеквентне (последичне) функције, али би зато поступак

подешавања консеквентних параметара (consequent parameters) $\{a_0^j, a_1^j, a_2^j\}$, $j = 1, 2$ био много сложенији.

Коначно, у шестом слоју који се састоји само из једног блока, означеног симболом Σ , се врши сумирање тежинских консеквентних вредности које су генерисала сва правила понаособ.



Слика 3.4. Структура ANFIS модела

Врло важна особина оваквог система за резонување јесте да се његови параметри могу подешавати методом пропагације грешке уназад. Осим тога, консеквентни параметри се могу естимирати и применом Калманове филтрације. Другим речима, добро познате и често коришћене технике за подешавање или естимацију параметара могу бити искоришћене и овом приликом.

Као статистички показатељи рада модела коришћени су: корен средње квадратне грешке ($RMSE$), коефицијент детерминације (R) и коефицијент ефикасности модела (COE).

Корен средње квадратне грешке $RMSE$ најчешће се користи као мера разлике предвиђених вредности неким моделом у односу на стварне, измерене вредности. Кореном средње квадратне грешке се мери тачност односно прецизност модела. Вредност корена средње квадратне грешке би требало да буде што мања, што ближа нули.

Коефицијент детерминације (R) одређује линеарну корелацију између мерених и симулираних вредности моделом. Оптимална вредност је 1.

Nash–Sutcliffe коефицијент ефикасности модела (COE) се користи за оцену (процену) тачности прогнозе неког модела. Овај коефицијент је у интервалу од $-\infty$ до 1. Вредност коефицијент 1 одговара ситуацији када се симулиране вредности идеално поклапају са мереним вредностима током истраживања. Ако је коефицијент ефикасности једнак 0 ($E=0$) онда то указује да предвиђање моделом је тачности као и средња вредност мерених података.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i^o - y_i^c)^2}{N}}$$

$$R = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i^o - \bar{y}^o)(y_i^c - \bar{y}^c)}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^N (y_i^o - \bar{y}^o)^2 \right] \left[\sum_{i=1}^N (y_i^c - \bar{y}^c)^2 \right]}}$$

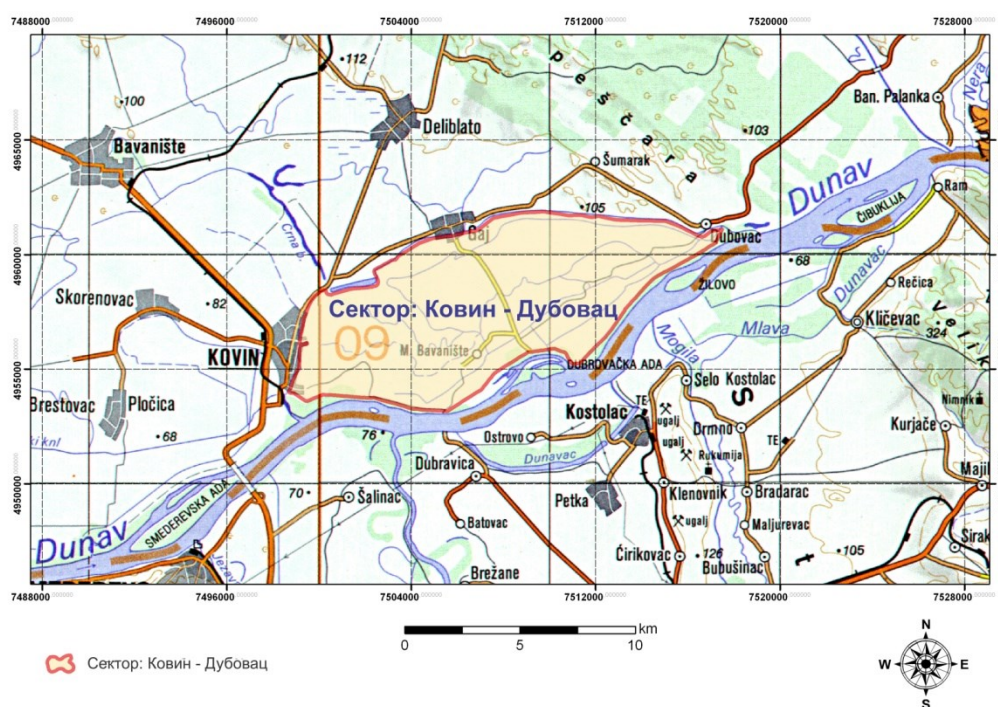
$$COE = 1 - \frac{\left[\sum_{i=1}^N (y_i^o - y_i^c)^2 \right]}{\left[\sum_{i=1}^N (y_i^o - \bar{y}^o)^2 \right]}$$

где су y_i^o и y_i^c осмотрене и израчунате вредности посматране физичке величине у времену t , а \bar{y}^o и \bar{y}^c средње вредности осмотрених и израчунатих вредност те величине.

4. КАРАКТЕРИСТИКЕ ПОДРУЧЈА ПРОУЧАВАЊА

4.1. ЛОКАЦИЈА И ВЕЛИЧИНА ПОДРУЧЈА

Као што је речено, Сектор Ковин - Дубовац је површине 9241 ha. Простире се на левој обали Дунава и то на 1150 - 1175 km. Налази се између $44^{\circ}48'20''$ и $44^{\circ}41'11''$ северне географске ширине и $20^{\circ}58'00''$ и $21^{\circ}12'16''$ источне географске дужине. Јужна страна сектора граничи се са реком Дунав у укупној дужини од 25 km. Северна граница подручја је лесна тераса до села Гај (Слика 4.1).



Слика 4.1.- Географски положај Сектора Ковин – Дубовац

4.2. ДЕМОГРАФСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ПОДРУЧЈА

По подацима Републичког завода за статистику (www.rzs.gov.rs), Општина Ковин има 10 насељених места са укупно 35511 становника. На подручју истраживања налазе се делови насеља: Ковина на западу, Гаја на северу и Дубовца на северо-истоку. Према последњем попису 18,3% од укупне популације је

пољопривредно становништво, од чега је 59,2% активно у пољопривреди. Према процени, у односу на делове насеља која припадају посматраном подручју и усмених информација добијених на терену, Сектор Ковин - Дубовац је насељен са око 1200 становника. Поменути подаци указују да мере одводњавања земљишта у циљу побољшања услова за пољопривредну производњу имају велики значај за становништво подручја.

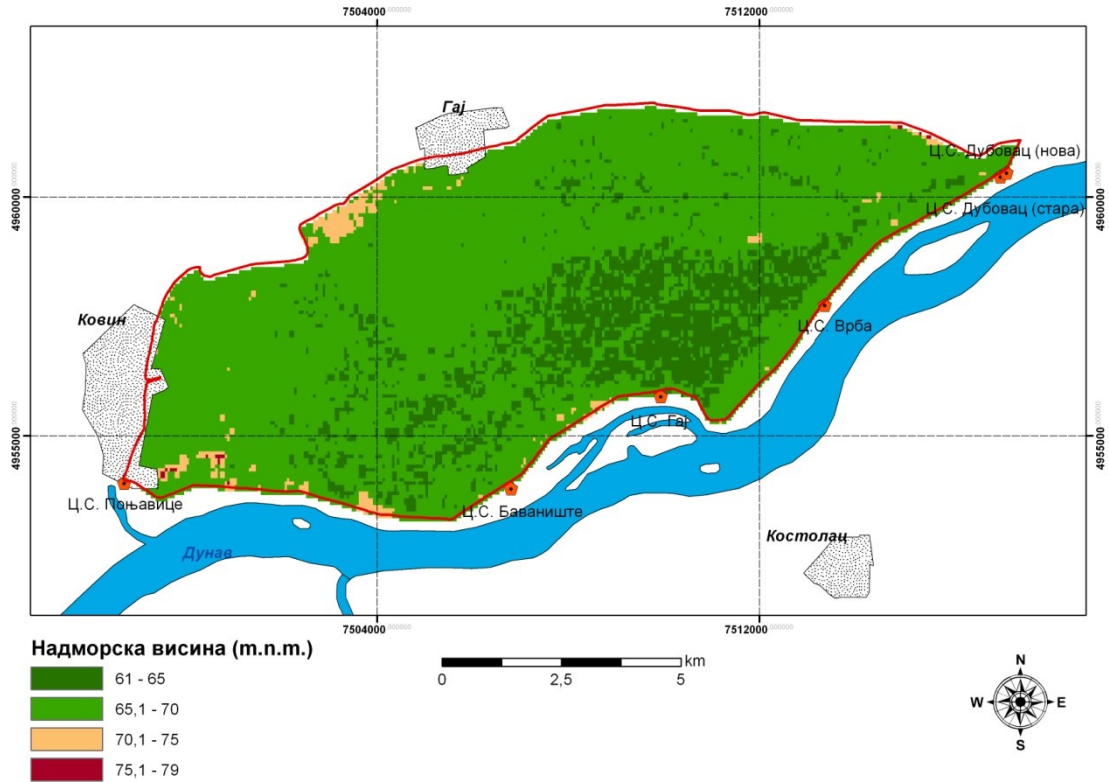
4.3. ГЕОЛОШКЕ И ХИДРОГЕОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ПОДРУЧЈА

4.3.1. Рељеф терена

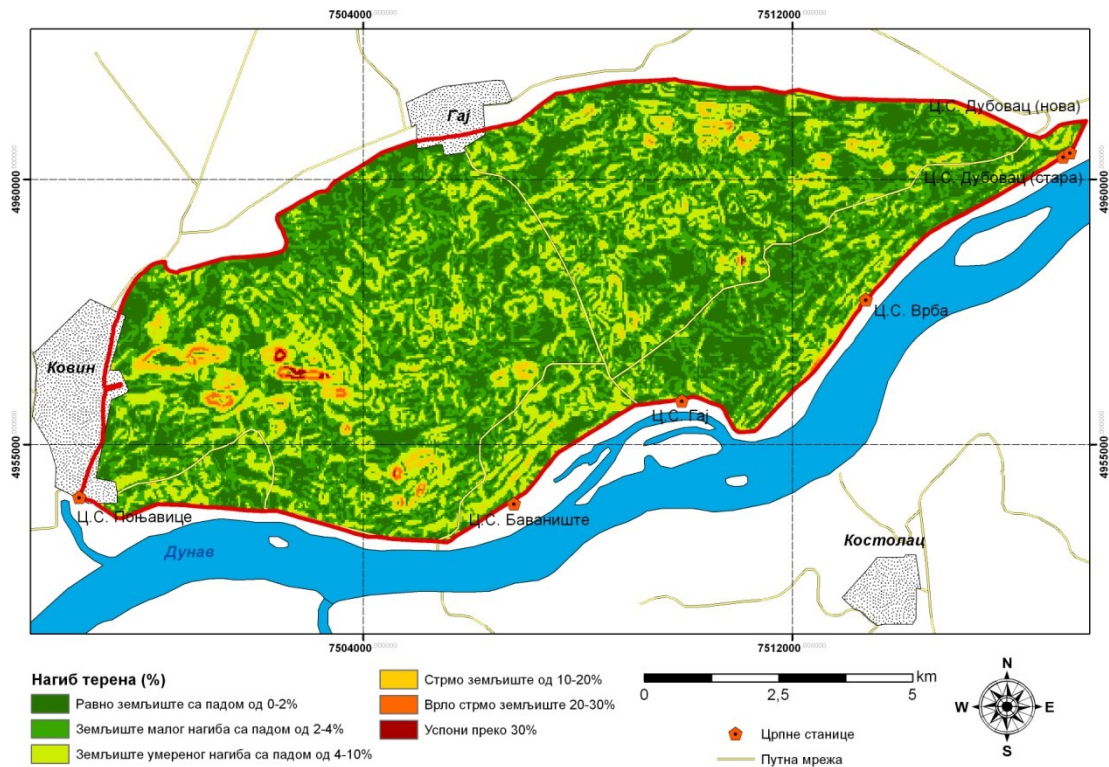
Рељеф Сектора Ковин – Дубовац одликује се свим елементима који су заједнички за рељеф јужног Баната. Припада акумулативно – структурном типу рељефа (Давидовић и Миљковић, 1997; Рударско-геолошки факултет, 2004).

Надморска висина Сектора Ковин – Дубовац варира у интервалу од 61 до 79 mnm, с тим што највећа површина терена припада надморској висини између 60 и 70 mnm (Слика 4.2).

Карта нагиба терена (Слика 4.3) Сектора Ковин - Дубовац, показује да су најзаступљеније површине земљишта са малим нагибом (2-4%), затим земљиште умереног нагиба са падом од 4-10%, земљиште са падом од 0-2%, а веома је мало заступљено земљиште са падом већим од 10% (мање од 8%).



Слика 4.2.- Карта надморске висине Сектора Ковин - Дубовац



Слика 4.3.- Карта нагиба терена Сектора Ковин - Дубовац

4.3.2. Геоморфолошке одлике терена

Алувијална равна Дунава је сложена геоморфолошка целина која се састоји од два морфолошка члана: алувијалне терасе и инундационе равни.

Алувијална тераса у општини Ковин налази се источно од насеља, пружајући се јужним деловима атара Гаја и Дубовца. Границу на северу према лесној тераси чине лесни одсеци. Нижа је 3-6 m од лесне терасе, са израженим депресијама испуњеним водом. На подручју се налазе мртваје и напуштени рукавци и меандри Дунава. Између депресија налазе се обалске гредице – узвишења паралелна са током Дунава. Све депресије су каналисане и укључене у систем одбрамбених линија левог приобаља Дунава.

Инундациона равна у општини Ковин, дели се на панчевачко-ковински и ковинско-дубовачки инундациони терен. Панчевачко-ковински инундациони терен захвата простор између лесне терасе на северу, Ковина на истоку, Дунава на југу, а на западу прелази у дунавско-тамишки инундациони терен. Просечна надморска висина креће се од 67-68 m и то је са ковинско-дубовачким инундационим тереном најниже земљиште у ковинској општини. Ковинско-дубовачки инундациони терен заузима простор између Ковина на истоку, алувијалне терасе на северу, Дубовца на западу и Дунава на југу. Након изградње бране на Ђердапу и формирања вештачког језера, овај инундациони терен често угрожавају високе подземне воде.

Геолошко-морфолошке особине инундационе равни у су резултат морфолошког рада Дунава. Због тога је читав инундациона равна насута рецентним песком и муљем кога је Дунав наталожио приликом свог отицања и изливања. Лесна тераса је петрографски састављена од леса који је утицајем климе и вегетације био врло погодна основа за стварање разних типова земљишта.

4.3.3. Геолошки састав терена

У морфогенетском смислу, терен подручја припада крајњем ободу Панонске међувеначне тектонске потолине. Њега изграђују неогени и квартарни, тачније еоплеистоценски и холоценски седименти различите генезе (Хацић и сар., 2005).

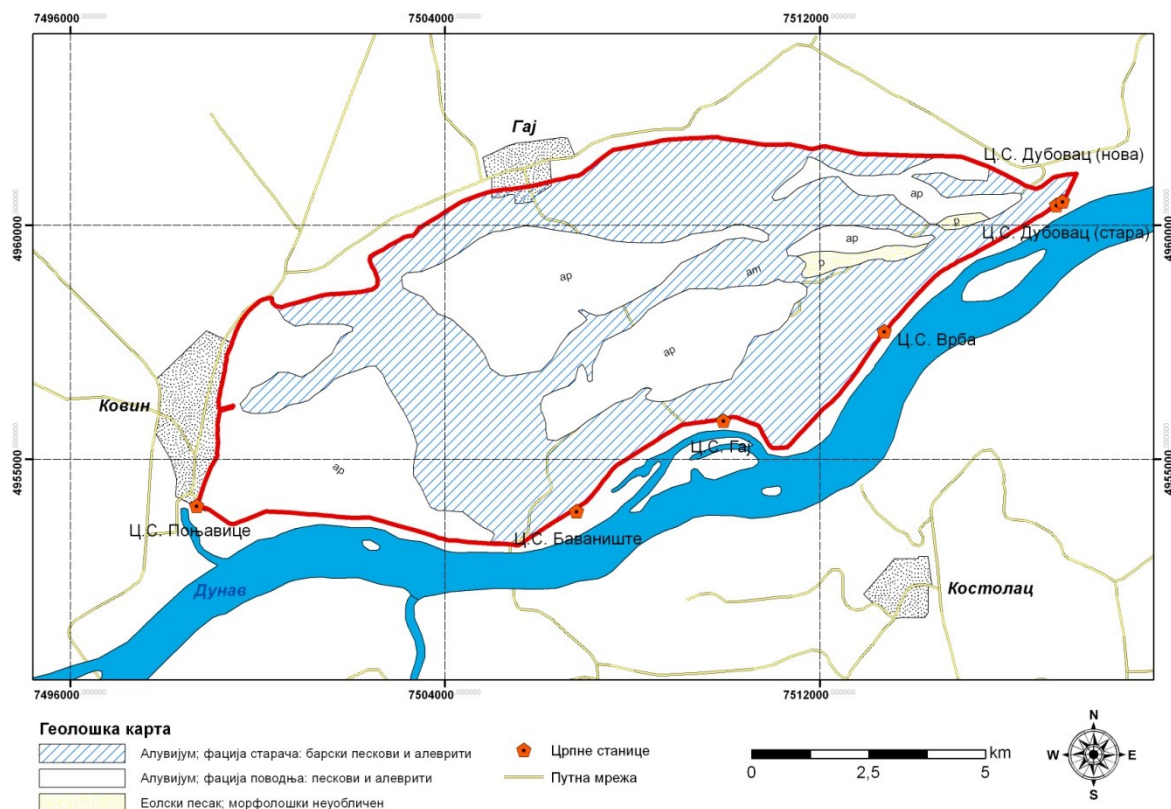
У геолошком погледу, на подручју Ковин – Дубовац „алувијални седименти састоје се од језерских шљункова плеистоцена и то на дубинама од 8-10 m, у близини Дунава и идући даље од реке залегање је све дубље тако да се на раздаљинама од 6 km, ови седименти налазе на дубинама од 30 m.” (Каталина, 1984.).

Према Геолошкој карти Сектора Ковин – Дубовац (Слика 4.4.) су картиране три целине геолошке грађе терена и то:

1. Прва целина уједно и најраспрострањенија - алувијум; фазија старача: барски пескови и алеврити, на површини од 5241 ha или 56,72% укупне површине подручја.

2. Друга целина: алувијум; фазија поводња: пескови и алеврити, заступљена на површини од 3892 ha или 42,12% укупне површине терена.

3. Трећа целина: еолски песак; морфолошки неуобличен, заступљен на површини од 107 ha или 1,16 % укупне површине. Еолски песак је незнатно заступљен на посматраном подручју.



Слика 4.4.- Основна геолошка карта Сектора Ковин – Дубовац, геореференцирана на Основу геолошке карте СФРЈ, 1:100000 (Савезни геолошки завод, 1985)

4.3.4. Хидрогеолошке карактеристике подручја

На истраживаном подручју постоје два јасно издиференцирана слоја: слабије пропусни површински слој чији је коефицијент филтрације $K = 10^{-5} - 10^{-6}$ cm/s, и водоносни слој веће пропусности са коефицијентом филтрације $K = 10^{-3} - 10^{-2}$ cm/s (Каталина, 1984).

Као добри водоносници на ширем подручју могу се издвојити (Стојиљковић, 1997):

- Полициклични еоплеистоценски песак и шљунак (на дубини 8-50 m);
- Алувијални песак и шљунак (дубине до 50 m), старијег дела „варошке” терасе и алувијалне терасе Дунава.

Воде у оба водоносника су бикарбонатне, а по садржају катјона магнезијумске или калцијумске. По укупној тврдоћи припадају тврдим водама (Енергопројект, 1967, Институт за водопривреду „Јарослав Черни, 2011).

4.3.4.1. Прва издан подручја

Саставни чинилац водног биланса подручја у долини великих река представљају подземне воде. Под режимом подземних вода се подразумевају карактеристике подземног дотицаја или отицаја и промене нивоа подземних вода.

Режим подземних вода испитиваног подручја је веома динамичан и он има своја сезонска и годишња колебања која се налазе под утицајем водостаја реке Дунав, као и низа геолошких, климатских, хидролошких, биогених и антропогених фактора који на њега утичу. Геолошки фактори су стабилни и они дају основне карактеристике режима подземних вода.

Са аспекта пољопривредне производње значајна је „прва издан“, док дубљи водоносни слојеви имају значај евентуално у прихрањивању. Подземне воде могу у пољопривредној производњи да имају и штетно и корисно дејство. Штетно дејство се огледа у томе да подземне воде могу да буду ограничавајући фактор пољопривредне производње, или да буду чинилац који значајно редукује продуктивност пољопривредне производње. То се дешава у случајевима када је ниво подземних вода близу површине терена или на самој површини терена и

онемогућава развој кореновог система биљака у дубину, доводећи до појаве недостатка кисеоника, или када подземне воде стварају велику влажност у орничном хоризонту и спречавају или одлажу извођење основних агротехничких мера. Корисно дејство улоге подземних вода се огледа у томе да у периодима летњих месеци и великих потреба биљака за водом, вода која потиче из подземних вода може асцедентним токовима да стиже у зону ризосфере и у облику приступачне воде буде корисна за биљке. Ово капиларно кретање је у зависности од механичког састава земљишта. На земљиштима лакшег механичког састава ово издизање је најмање због малог удела микропора у оваквим земљиштима, док је на земљиштима тешког механичког састава ово издизање теоријски највеће, али веома споро. На овакав начин биљке могу да надоместе делове својих потреба за водом током вегетационог периода.

Неповољан режим подземних вода може директно да утиче на смањење приноса. Негативан утицај подземних вода може да се огледа и кроз њихов неповољан хемијски састав. Уколико је подземна вода минерализована, онда капиларним издизањем може доћи до заслањивања земљишта.

Од великог значаја за пољопривредну производњу су дубине на којој се налазе подземне воде и правци кретања подземних вода. Уколико су подземне воде дубоко и немају утицај на гајене културе онда у нашим условима треба током летњег периода заливати гајене културе. Насупрот томе, уколико су подземне воде плитке онда треба одводити вишкове воде. Равничарски делови уз реку се карактеришу изразитим микрорељефом у којем се налазе и велике површине под микродепресијама. За ефикасну евакуацију вишкова воде из оваквих подручја неопходно је пројектовати мрежу отворених канала са хоризонталном цевном дренажом који ће служити за одвођење вишка воде.

Алувијална равна у условима успора насталим изградњом ХЕПС „Ђердап 1“, када Дунав подвирним и процедурним водама утиче на повишење нивоа прве издани представља терен који је стално угрожен. Прва издан се напаја инфилтрацијом вода Дунава, падавинама и дотоком из залеђа алувијалне равни (Милорадов и Димитријевић, 1990; Прохаска, 1990; Бабић-Младеновић, 2005).

На основу проучавања режима нивоа прве издани, утврђени су следећи типови режима: климатски, климатско – хидролошки и антропогени (Стојшић 1993; Стојиљковић 1993,1997; Шкорић 1994).

Климатски тип режима констатован је у деловима издани са новијим геоморфолошким јединицама: Делиблатској пешчари, лесној заравни. На овај тип режима битан утицај имају падавине, које брзо инфилтрирају кроз еолске седименте са добрим филтрационим одликама.

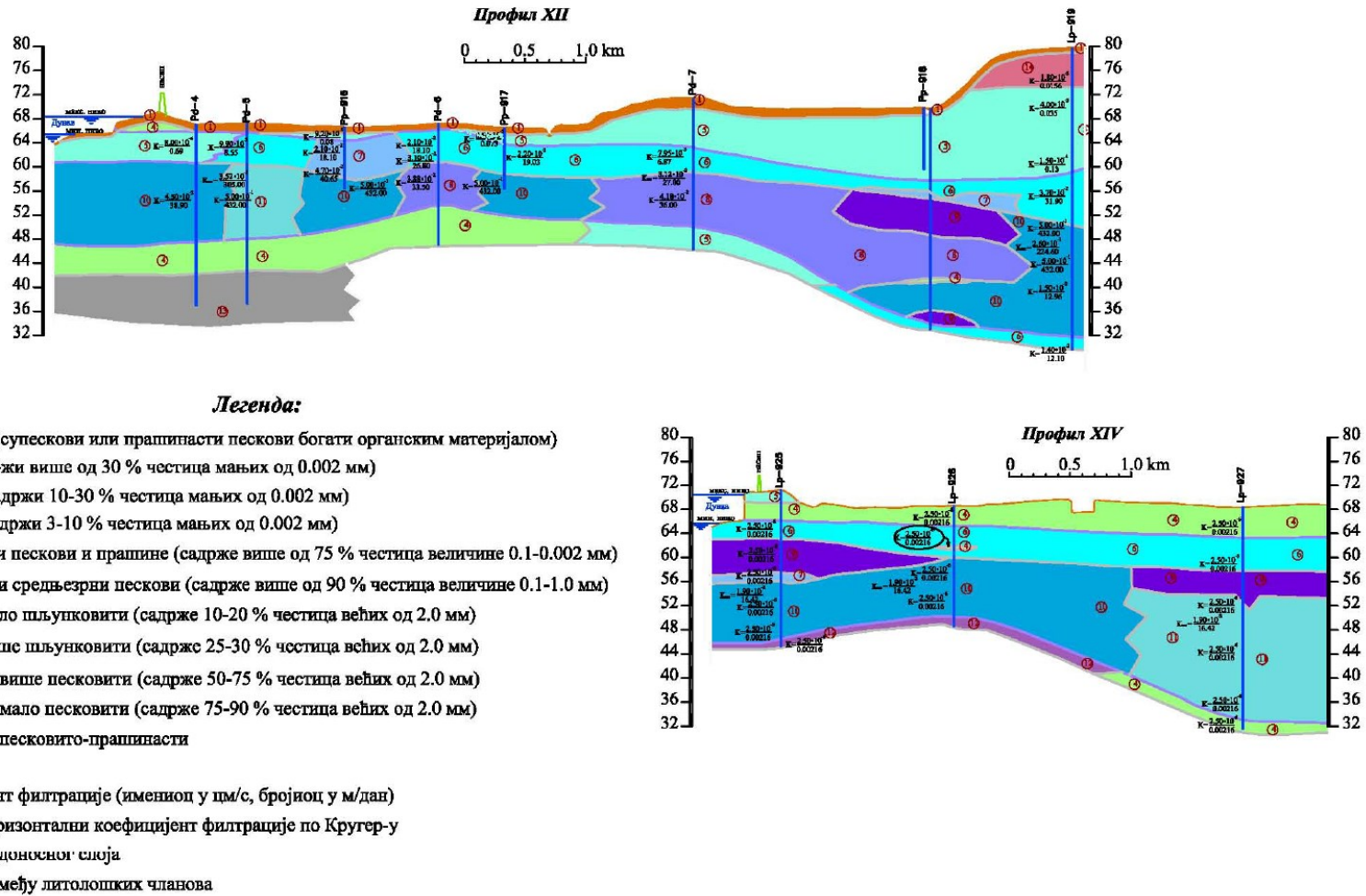
Градијенти струјања издани су према локалним депресијама, поточним долинама усеченим у лесну зараван и ка нижим геоморфолошким јединицама. Генерални градијент је према северозападу ка Тамишу и југу ка алувијалној тераси и равни Дунава.

Климатско – хидролошки или после 1972. године - антропогени тип режима прве издани преовлађује на „варошкој” тераси и алувијалној тераси Дунава.

Као што је претходно назначено, динамика кретања подземних вода у профилу земљишта, у великој мери зависи од хидрогеолошких услова саме средине (Пушић и Чешновар, 1993). Због тога је познавање хидрогеолошких карактеристика терена од значаја при сагледавању утицаја подземних вода на процесе превлаживања, салинизације и алкализације.

У постојећим хидрогеолошким условима, илустрованим хидрогеолошким профилима (Слика 4.5), главни транспорт маса одвија се кроз доњи водоносни слој, преносећи поједине утицаје на режим подземних вода дуж подручја. Тако се и утицај промене водостаја изазваних успором ХЕПС „Ђердап 1“, пропагира у брањена подручја, подижући пијезометарске притиске у водоносном слоју, што се посредно одражава и на нивое подземних вода у горњем, слабије пропусном слоју (Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, 2010).

Утицај реке, односно промене њених водостаја, на брањено подручје може се елиминисати, односно свести на захтевану величину одржавањем, одређеног режима пијезометарских притисака у доњем водоносном слоју, путем дренажног система постављеног иза насипа.



Слика 4.5.- Хидрогеолошки профили (Институт за водопривреду „Јарослав Черни”, 2010)

4.4. ЗЕМЉИШТА ПРОУЧАВАНОГ ПОДРУЧЈА

Сектор Ковин - Дубовац, укупне површине од 9241 ha, представља пространу алувијалну раван, са земљиштем на чије је образовање Дунав имао доминантну улогу.

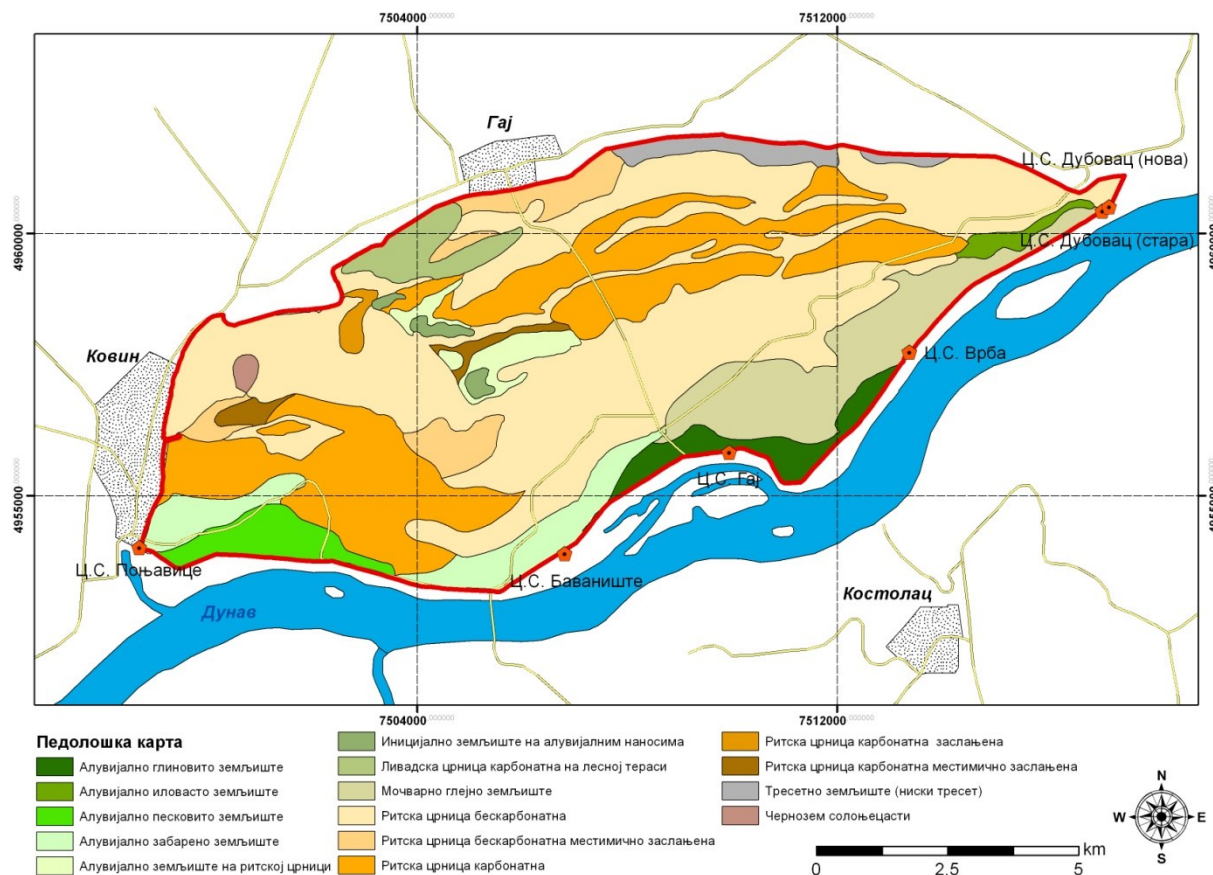
4.4.1. Заступљеност типова земљишта

Изливање Дунава и плављење приобалних подручја водама Дунава при високим водостајима пре XX века утицало је на процесе формирања педолошког покривача на подручју Ковин – Дубовац. На формирање земљишта такође су имале велики утицај и рељефне депресије, као и хидрофилна вегетација. Као што је у *Поглављу 2, Преглед литературе* речено, у процесу таложења дошло је до диференцирања материјала по величини честица и то тако што су се крупније честице песка таложиле ближе водотоку, а идући све даље од корита реке таложиле су се све ситније честице песка, праха и колоидних материја. Почетком века ови процеси су прекинути изградњом насипа на левој обали Дунава.

У описаним условима дошло је до формирања хидроморфних земљишта, чија генеза и својство у највећој мери зависи од хидролошког режима који обухвата: а) изворе воде и начине прекомерног влажења; б) зону у профилу захваћену тим влажењем и ц) дужину трајања прекомерног влажења, (Ћирић, 1996).

На Слици 4.6 је приказана Педолошка карта сектора Ковин – Дубовац, векторизована према Педолошкој карти Војводине (Институт за пољопривредна истраживања, 1971).

Типови земљишта и ниже таксономске категорије су приказани у Табели 4.1. са назначеним површинама израженим у хектарима и проценат заступљености у односу на укупну површину Сектора.



Слика 4.6.- Педолошка карта сектора Ковин - Дубовац (дигитализована на основу Педолошке карте Војводине у размери 1:50000 у Институту за земљиште Београд).

Табела 4.1- Типови земљишта и ниже таксономске категорије (површине и проценат заступљености у односу на укупне површине)

Типови и подтипови земљишта	Површина (ha)	Површина (%)
Алувијално глиновито земљиште	260	2,81
Алувијално иловасто земљиште	69	0,75
Алувијално песковито земљиште	258	2,79
Алувијално забарено земљиште	485	5,25
Алувијално земљиште на ритској црници	177	1,92
Чернозем солоњчасти	27	0,29
Иницијално земљиште на алувијалним наносима	60	0,65

Типови и подтипови земљишта	Површина (ha)	Површина (%)
Ливадска црница карбонатна на лесној тераси	230	2,49
Мочварно глејно земљиште	830	8,98
Ритска црница бескарбонатна	4002	43,31
Ритска црница бескарбонатна местимично заслањена	377	4,09
Ритска црница карбонатна	2139	23,15
Ритска црница карбонатна заслањена	48	0,52
Ритска црница карбонатна местимично заслањена	94	1,02
Тресетно земљиште (ниски тресет)	185	2,00
Укупно	9241	100,00

Хидроморфна земљишта су најзаступљенија земљишта посматраног подручја - укупне површине 9214 ha или 99,71% од целокупне површине Сектора. У Сектору Ковин - Дубовац, од аутоморфних земљишта је заступљен само чернозем солоњецасти у укупној површини од 27 ha.

4.4.2. Класификација земљишта по дренажним класама

Да би се могла сагледати сложеност проблема одводњавања и предложити адекватна решења за његово решавање, потребно је познавати дренажна својства земљишта. Дренажна својства земљишта зависе од низа карактеристика земљишта (пропустљивост, екстерна и интерна дренираност, механички састав и др).

У циљу одређивања негативних ефеката од сувишних вода, површине подложне превлаживању на територији Републике Србије су у зависности од степена угрожености категорисане у I, II, III, IV и V дренажну класу (Водопривредна основа РС, 2001).

Свакој дренажној класи одговара извесна природна дренажна способност, зависно од својства земљишта, матичног супстрата и других природних карактеристика. На основу такве оцене могуће је сагледавање одговарајућих проблема и решења одводњавања. Заступљеност дренажних класа земљишта на

сектору Ковин - Дубовац приказана је у Табели 4.2. Просторни распоред земљишта појединих дренажних класа приказан је на Слици 4.7.

Прву дренажну класу чине земљишта која су природно врло слабо дренирана, високог степена угрожености од сувишних вода.

Типолошка заступљеност: ритска црница бескарбонатна, (4002 ha) ритска црница бескарбонатна местимично заслањена (377 ha), ритска црница карбонатна заслањена (48 ha), ритска црница карбонатна местимично заслањена (94 ha), и мочварно – глејна земљишта (830 ha) – што значи да прва дренажна класа заузима 5351 ha или 57,91% од целокупне површине Сектора.

Другу дренажну класу чине земљишта која су природно слабо дренирана, средњег степена угрожености од сувишних вода.

Типолошка заступљеност: алувијално глиновито земљиште (260 ha), алувијално иловасто земљиште (69 ha), алувијално забарено земљиште (485 ha) алувијано песковито земљиште (258 ha) алувијално земљиште на ритској црници (177 ha), ритска црница карбонатна (2139 ha), ливадска црница карбонатна на лесној тераси (230 ha) и иницијално земљиште на алувијалним наносима (60 ha) што значи да друга дренажна класа заузима 3678 ha или 39,80% од целокупне површине Сектора.

Трећу дренажну класу чине земљишта која су природно недовољно дренирана, умереног степена угрожености од сувишних вода.

Типолошка заступљеност: чернозем солоњцасти, (27 ha), – односно трећа дренажна класа заузима 0,29% од целокупне површине Сектора.

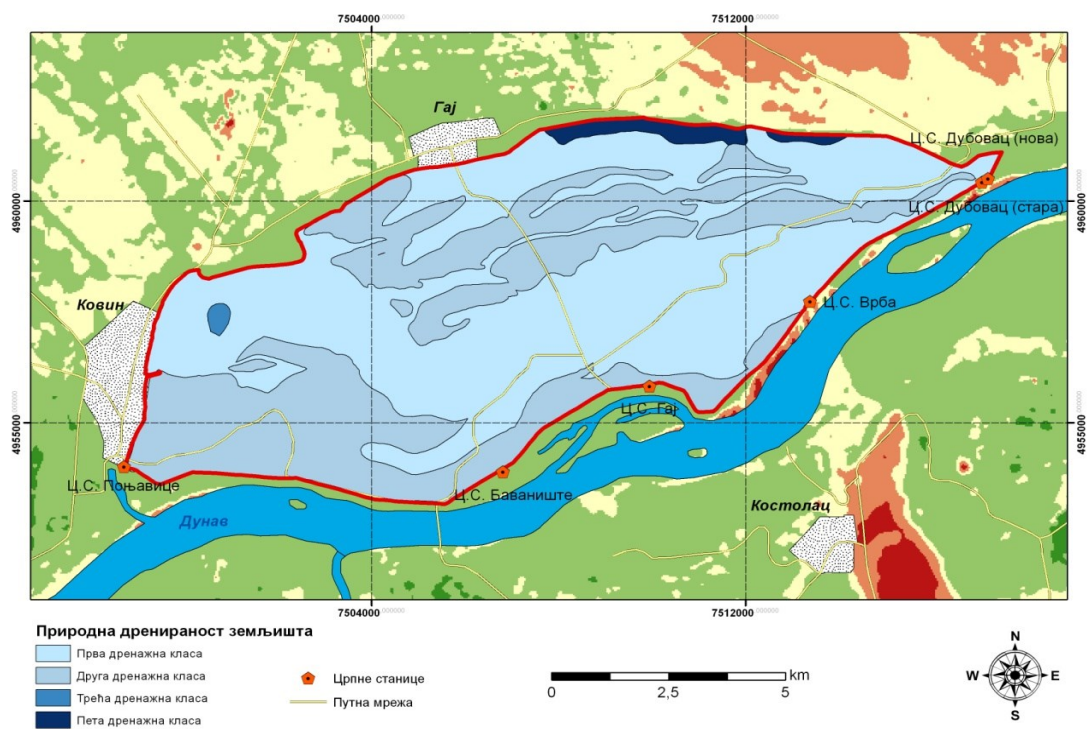
Четврту дренажну класу чине земљишта која су природно умерено дренирана, ниског степена угрожености од сувишних вода. Нису заступљена на посматраном Сектору.

Пету дренажну класу чине врло лака земљишта, која су природно добро дренирана, стога њихове површине нису угрожене од сувишних вода и не захтевају одводњавање.

Типолошка заступљеност: Тресетно земљиште (185 ha).

Табела 4.2.- Површине према дренажним класама земљишта

Класе дренажности	Површина (ha)	Површина (%)
Прва класа	5351	57,91
Друга класа	3678	39,81
Трећа класа	27	0,29
Пета класа	185	2,00
Укупно	9241	100,00



Слика 4.7.- Карта дренажних класа земљишта на подручју

4.4.3. Класификација земљишта према погодности за наводњавање

Оптимални исход наводњавања зависи, пре свега, од низа природних услов. Према Водопривредној основи Републике Србије (2001) земљишта су груписана према погодности за наводњавање у неколико класа:

У I класу спадају дубока земљишта погодна за наводњавање без ограничења, под претпоставком систематске, периодичне контроле квалитета и квантитета иригационе воде као и режима подземне воде – прве издани на наводњаваним земљиштима. На подручју су ова земљишта заступљена на 1198 ha што чини 12,96% укупне површине Сектора.

У II класи су дубока и средње дубока земљишта погодна за наводњавање уз одређену опрезност. Ова група земљишта није заступљена на посматраном Сектору.

У IIIа класи су заступљена дубока земљишта (претежно хидроморфног карактера) која захтевају претходно одговарајуће одводњавање отвореним каналима и/или цевном дренажом и дубинско растресање неповољних слојева у профилу. На подручју су заступљена на 4952 ha што чини 53,59% укупне површине Сектора

У IIIб класи су заступљена дубока земљишта која захтевају поред одговарајућег одводњавања и примену хемијских и физичких средстава за поправку земљишта у мањим количинама, као и друге мере комплексних мелиорација. Ова група земљишта није заступљена на посматраном Сектору.

У IIIв класи су заступљена дубока, средње дубока до плитка земљишта (претежно хидроморфног карактера) која захтевају уз одговарајуће одводњавање (отвореним каналима и/или ефикасном цевном дренажом), примену значајних количина хемијских и физичких средстава за поправку земљишта. Заступљена су на 2156 ha што чини 23,33% укупне површине Сектора.

У IV класи је земљиште које није погодно за наводњавање односно није иригабилно. Заступљена су на 935 ha што чини 10,11% укупне површине Сектора.

4.5. АНАЛИЗА КЛИМАТСКО-МЕТЕОРОЛОШКИХ ПОДАТАКА

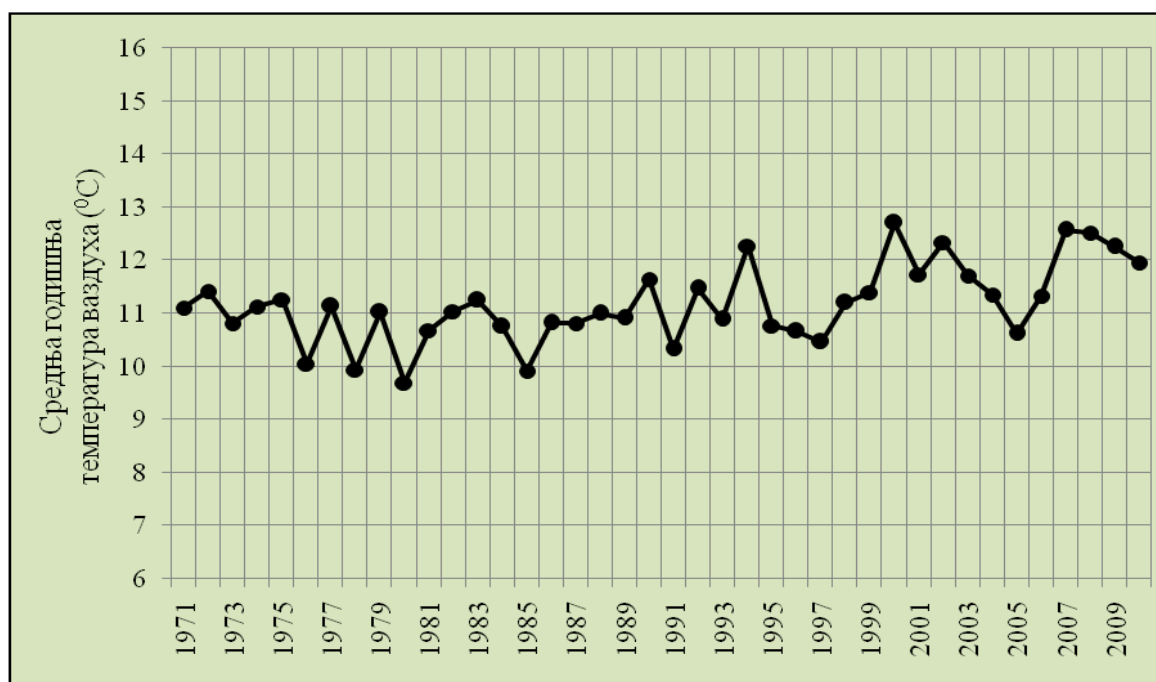
4.5.1. Опште карактеристике

Клима у АП Војводини је умерено континентална са извесним специфичностима. Карактеристичан је велики распон екстремних температура - максимална средња месечна температура је у јулу 21,4°C а у јануару је је -1,3°C, при чему је средња годишња температура ваздуха 11°C. Ветрови који дувају у АП Војводини су кошава, северни и јужни ветар. Јужни Банат као и Банат у целини је део умерено климатског појаса. Међутим, његов изражено континенталан карактер климе је последица његове географске припадности Панонској низији која је окружена планинским масивима Карпата са истока, Алпа са запада и Динарида са

југозапада. Због наведеног географског положаја, у Банат продиру ваздушне струје преко нешто нижих Карпата и долином Дунава, преко Влашке низије. Са северозапада преко Алпа, продиру утицаји средњоевропске климе, а преко Динарида, односно из правца Јадранског мора, долазе утицаји медитеранске климе који ублажавају континенталну (Зеленхасић, 1983; Зеленхасић и Руски, 1991; Кнежевић, 1990).

На основу података РХМЗ просечне вредности за посматрани период (1971-2010) средњих месечних температура ваздуха су се кретале од најнижих вредности измерених у јануару ($0,1^{\circ}\text{C}$) до највиших које су измерене у јулу ($21,5^{\circ}\text{C}$), (Слика 4.9). Кретање средње годишње температуре ваздуха приказане су на Слици 4.8. Средња годишња температура ваздуха износи $11,2^{\circ}\text{C}$.

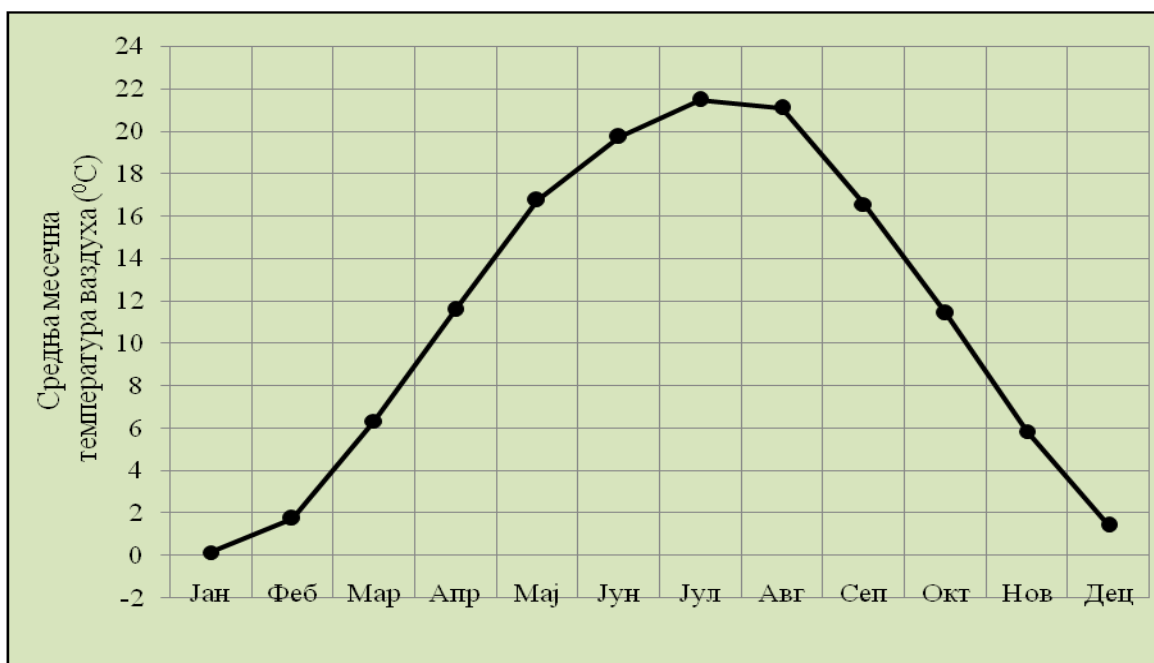
Мраз се јавља у периоду од октобра до априла, а снежне падавине у периоду од новембра до априла. Висина снежног покривача износи за посматрани период од 6 cm у 1972. години до 124 cm у 1976. години. Просечна висина снежног покривача износи 36,2 cm годишње, а највише снега је измерено у месецима фебруару и јануару где је измерено 61 cm 2009. године и 54 cm 1976. године, респективно.



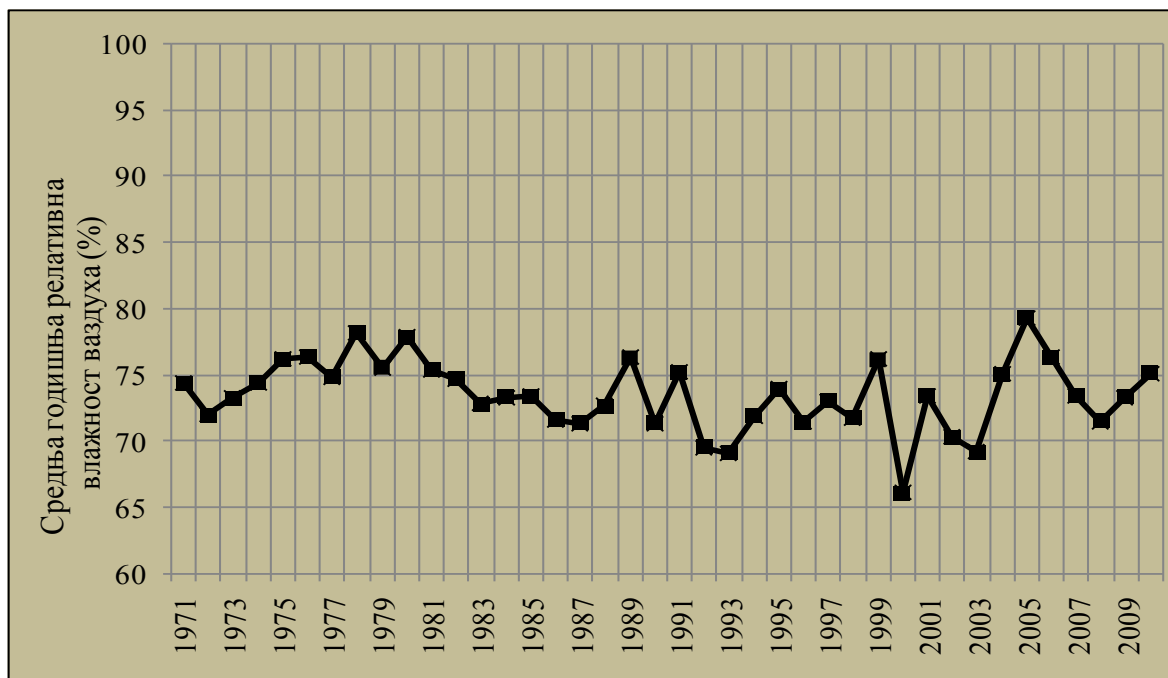
Слика 4.8.- Средња годишња температура ваздуха, ($^{\circ}\text{C}$), (1971-2010)

Просечна годишња сума осунчаности износи за посматрани период 2045 h, а најсунчанија је била 2000. година са 2468 h, а најмања осунчаност је измерена у 1989. године и износила је укупно 1790 h. Просечна дневна осунчаност за цео период износи 5,6 h по дану.

Средња годишња релативна влажност ваздуха у посматраном периоду износи 73,5%. Највећа релативна влажност ваздуха је измерена 2005. године и износи 79,3%, а најмања 2000. године, само 66,1% (Слика 4.10). Средња месечна релативна влажност у датом периоду је највиша у месецима децембру и јануару, 83,1% и 81,6%, респективно, а најнижа у августу 68,7%.



Слика 4.9.- Средња месечна температура ваздуха (°C), (1971-2010)

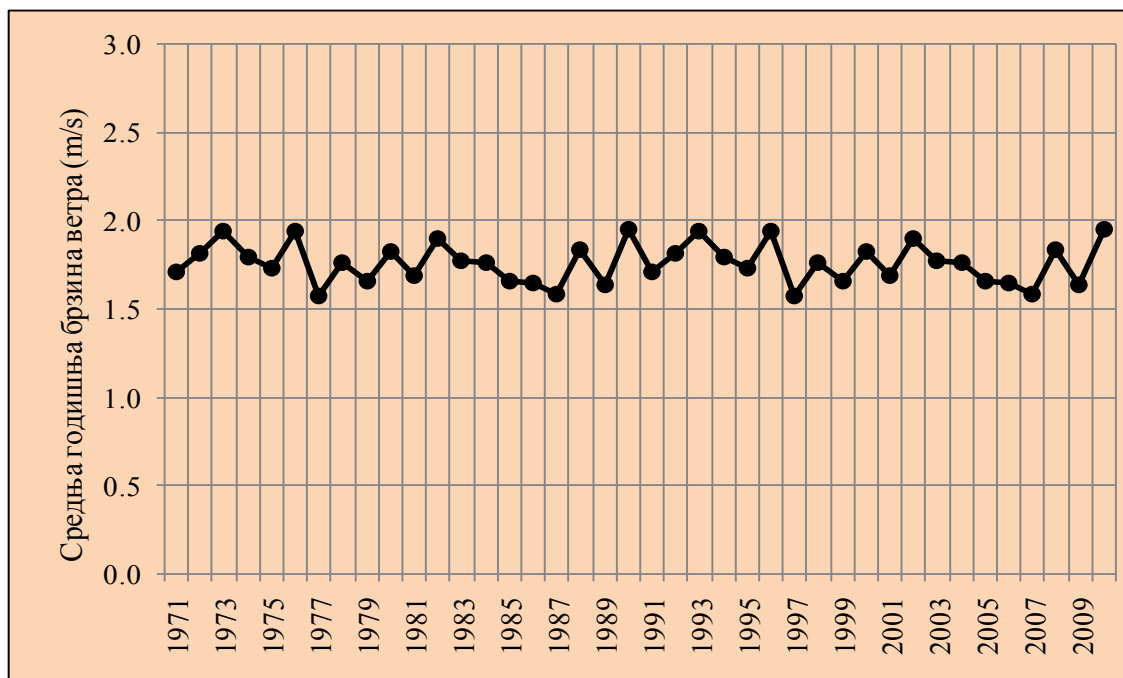


Слика 4.10.- Средња годишња релативна влажност ваздуха (%), (1971-2010)

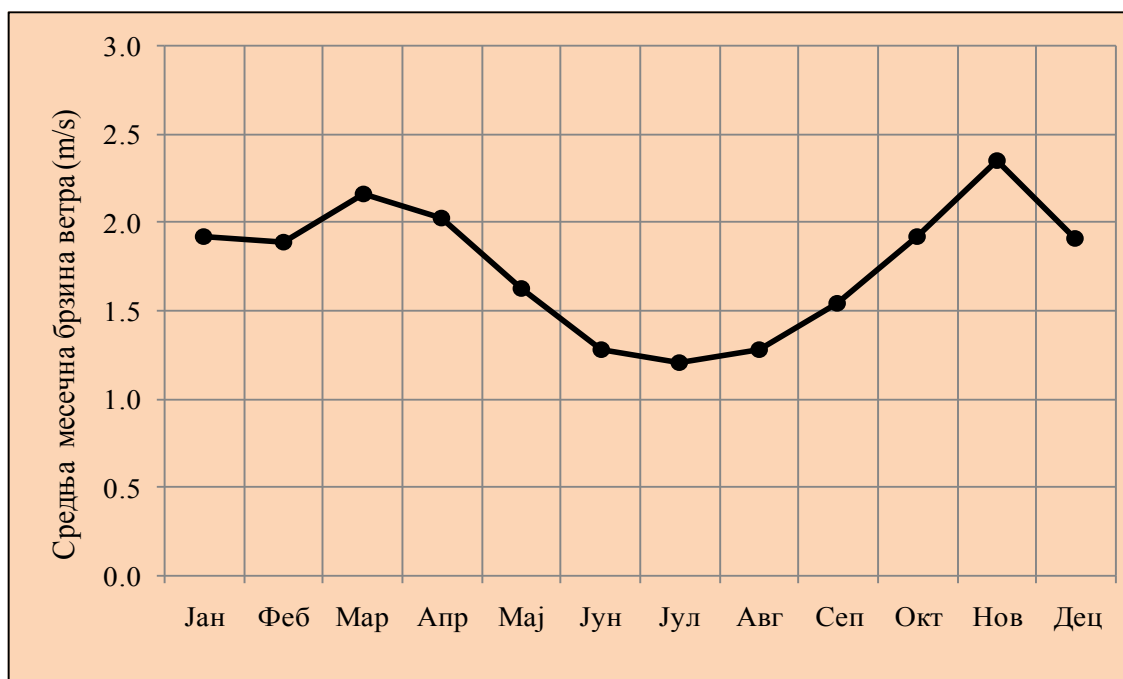
Ваздушни притисак се у четрдесетогодишњем посматраном периоду креће у распону од 1104 mb до 1010 mb. Најнижи средњи месечни притисак је у месецу априлу, док је највиши притисак у јануару. Средња покривеност неба облацима у датом периоду износи 5,6 десетина, са варијацијама од 4,5 до 6,4 десетина међу годинама. У августу је најмања покривеност неба облацима од 3,9 десетина у просеку.

Просечни средњи напон водене паре у посматраном периоду износи 10,6 mb и креће се од 9,5 mb у 1993. години до 11,7 mb у 2010. години.

Средња годишња брзина ветра се креће од 1,58 m/s у 1997. години до 1,95 m/s у 2010. години са вишегодишњим просеком од 1,76 m/s (Слика 4.11). Најветровитији је месец новембар са брзином ветра од 2,35 m/s, док је најнижи просек у јулу, и износи 1,20 m/s (Слика 4.12). Најучесталији и најјачи су ветрови који се распростиру из правца југо-исток и исток-југо-исток, а насупрот њима се јављају ветрови из правца запад-север-запад који су мање учесталости и нешто мање јачине.



Слика 4.11.- Средња годишња брзина ветра (m/s) (1971-2010)



Слика 4.12.- Средња месечна брзина ветра (m/s) (1971-2010)

Климатски услови умерено-континенталне климе који су заступљени на посматраном подручју се карактеришу са четири годишња доба, са хладнијим и влажнијим зимским периодом и сушнијим летом. Изражени су и пролећни и летњи

период. Такви услови дозвољавају гајење већине ратарских, повртарских и воћарско-виноградарских култура. Ограничавајући фактори за неке културе могу бити у дужини вегетационог периода који је потребан за сазревање (мања акумулација топлоте), а као и у појавама касних пролећних и раних јесењих мразева.

4.5.2. Анализа падавина

Падавине представљају један од најзначајнијих климатских фактора са становишта пољопривредне производње. Оне представљају један од најважнијих параметара водног биланса и зато се посебно и детаљно испитују. У условима вишка воде у земљишту, падавине се посматрају са аспекта одводњавања вишкова воде из земљишта, док се за потребе наводњавања падавине посматрају засебно као ефективне падавине које могу да буду искоришћене од стране биљке. У условима испитиваног подручја оба случаја водног биланса, са вишковима и са мањковима воде, се јављају наизменично.

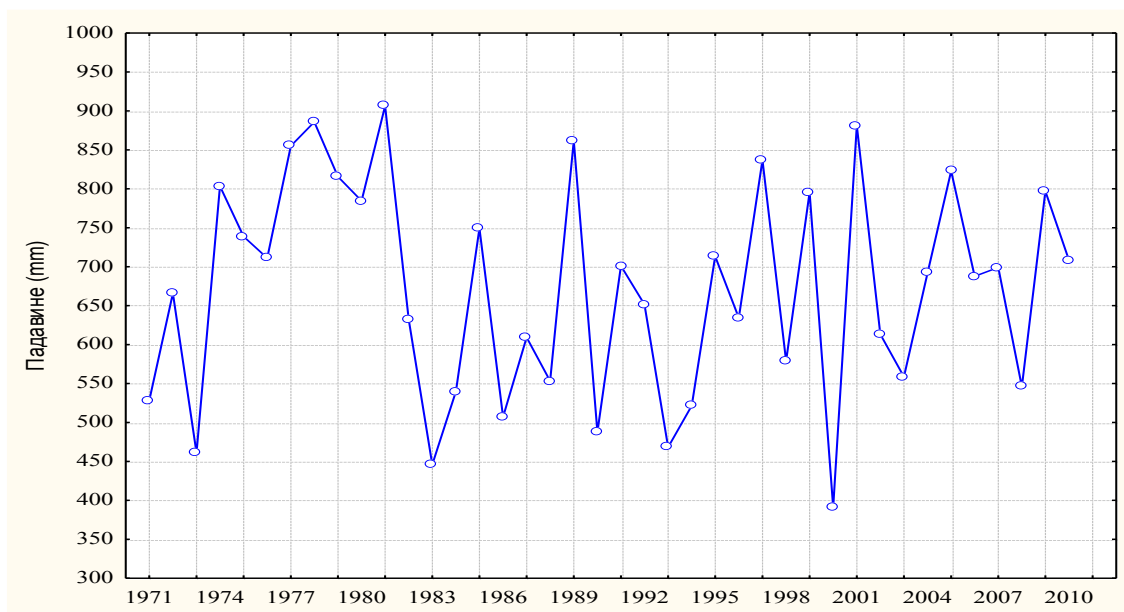
Када се посматрају падавине битан је њихов просторни распоред и временска расподела. У случају испитиваног подручја, коришћени су месечни низови падавина у периоду 1971-2010. г.

Режим падавина на подручју припада подунавском типу, који карактеришу максимуми падавина у јуну (95,7 mm) и минимуми у марту (38,2 mm).

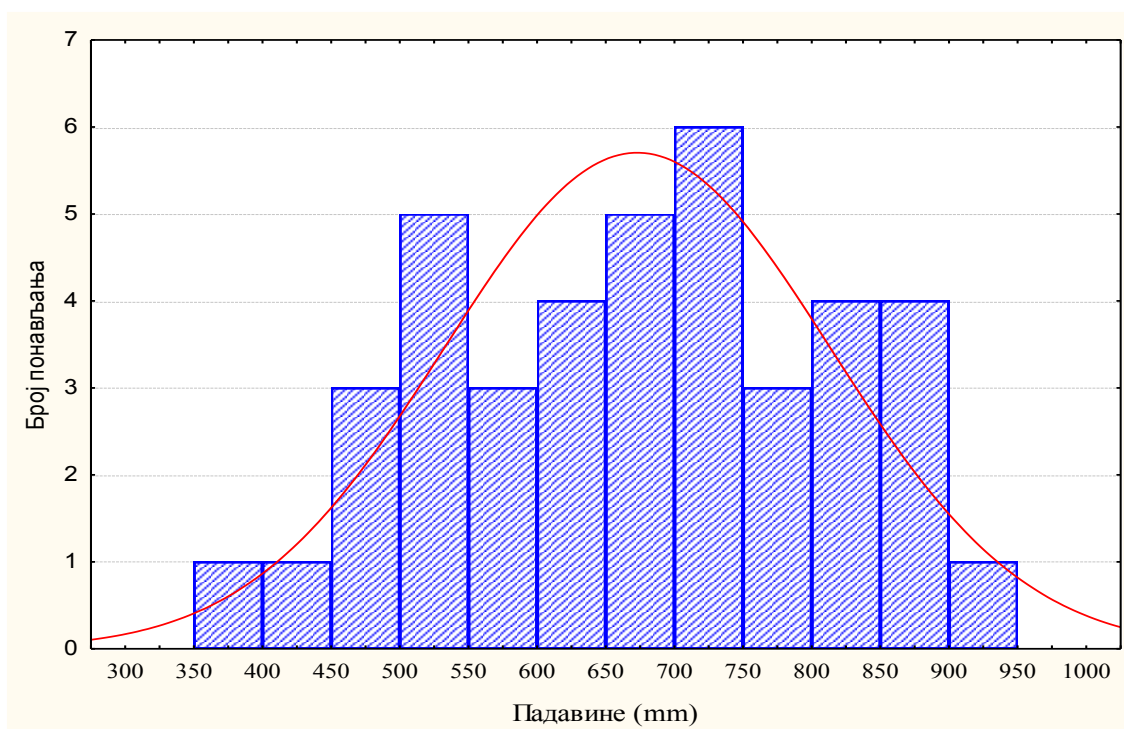
4.5.2.1. Расподела годишњих сума падавина

Годишња сума падавина креће се у интервалу 390,9 mm у 2000. години до 906,4 mm у 1981. години, са просеком од 671,0 mm (Слика 4.13).

На слици 4.14 приказан је хистограм суме годишњих падавина са кога се види да су у вишегодишњем периоду највише биле заступљене годишње суме од 700-750 mm.



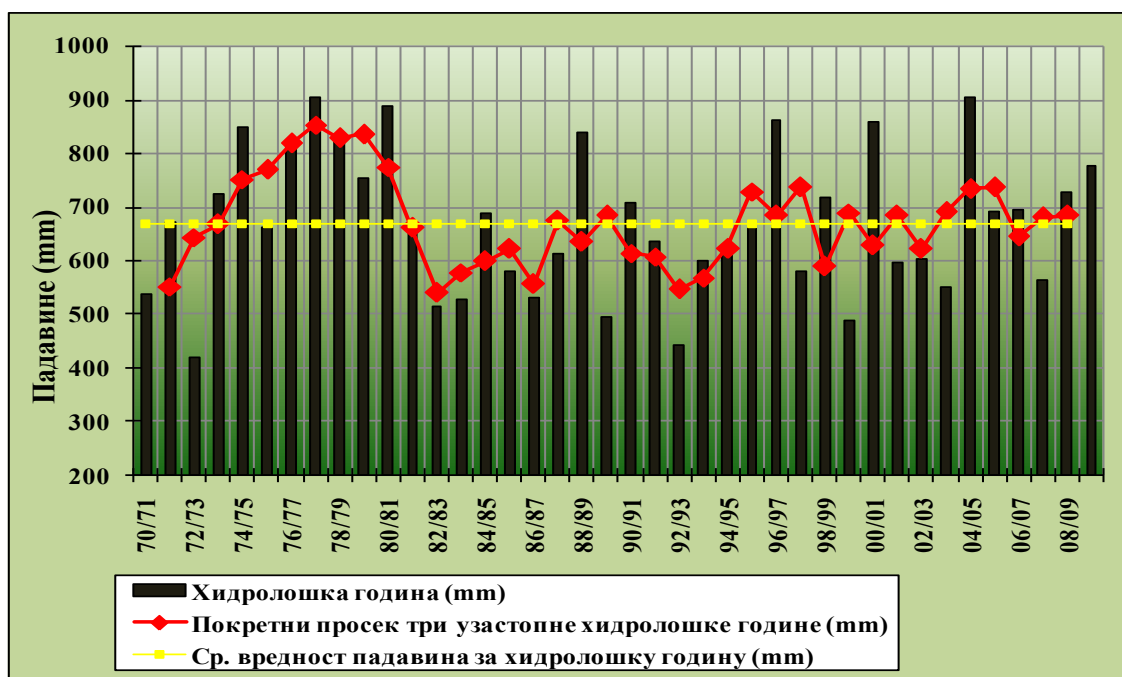
Слика 4.13.- Годишње суме падавина (mm) (1971-2010)



Слика 4.14.- Хистограм учесталости суме годишњих падавина (1971-2010)

4.5.2.2. Расподела суме падавина три узастопне хидролошке године

Средња покретна сума падавина три узастопне хидролошке године (Слика 4.15) кретала се током посматраног периода у врло широким границама од 539,3 mm (1981/82-1983/84) до 852,2 mm (1976/77-1978/79), што у односу на просечну вишегодишњу вредност износи 80,2%, односно 127%. Треба напоменути да се јављао сушни период од 1981/82. године до 1986/87. године у трајању од 6 сезона код ког је средња покретна сума падавина била стално испод просечне вишегодишње вредности за хидролошку годину. У периоду од 1974/75. године до 1980/81. године је низ година у којима је средња покретна сума падавина три хидролошке године била стално изнад просека (7 сезона).



Слика 4.15.- Упоредњење кретања суме падавина за хидролошке године и кретања покретне просечне суме за три узастопне хидролошке године (1971-2010)

На Слици 4.16. приказани су подаци о суми зимских падавина за вишегодишњи период. Ови односи указују на опасности од вишкова воде и поплаве на неком подручју. Ако се доведу у везу са покретним просецима три узастопне хидролошке године онда се могу лакше објаснити појаве у водном билансу. На

пример, велике поплаве јавиле су се 2006. године, а у њој је сума зимских падавина само за 2 mm изнад просека. Међутим, ако се посматрају претходне хидролошке године и покретни просеци трогодишње суме падавина узастопних хидролошких година, може се видети да су те вредности далеко изнад просека (35-41% изнад просека).



Слика 4.16.- Упоредње кретања суме падавина три узастопне хидролошке године и зимског периода иза њих (1971-2010)

4.5.2.3. Расподеле падавина по сезонама

Временски распоред падавина по хидролошким годинама и њиховим сезонама је приказан у Табели 4.3. У питању је континентални режим падавина са већим количинама падавина у топлијој половини године.

Просечна сума падавина хидролошких година кретала се током посматраног периода у врло широким границама од 419,8 mm (1972/73. година) до 905,0 mm (2004/05. година), што у односу на просечну вишегодишњу вредност износи 62,7%, односно 135%. Треба издвојити да се јављао сушни период од 1992/93. године до 1995/96. године у трајању од 5 сезона, код ког је сума падавина била стално испод просечне вишегодишње вредности за хидролошку годину. У периоду од 1976/77.

године до 1980/81. године је био низ година у којима је сума падавина стално била изнад просека (5 година). По критеријуму Стојшића (1990) да се кишном годином сматра она година са сумом падавина изнад 700 mm онда је таквих година било 13 у посматраном периоду.

У зимском периоду 2008/09. године забележено је 449,4 mm, што представља максимум зимских вредности суме падавина које износе у просеку 277,6 mm, док је минимум забележен у сезони 1972/73, са свега 147,3 mm.

Најсувљи вегетациони период је био 2000. године са свега 227,4 mm, док је у 2001. години забележено 663,0 mm у вегетационом периоду, што је чак 68% више од просека који износи 392,4 mm.

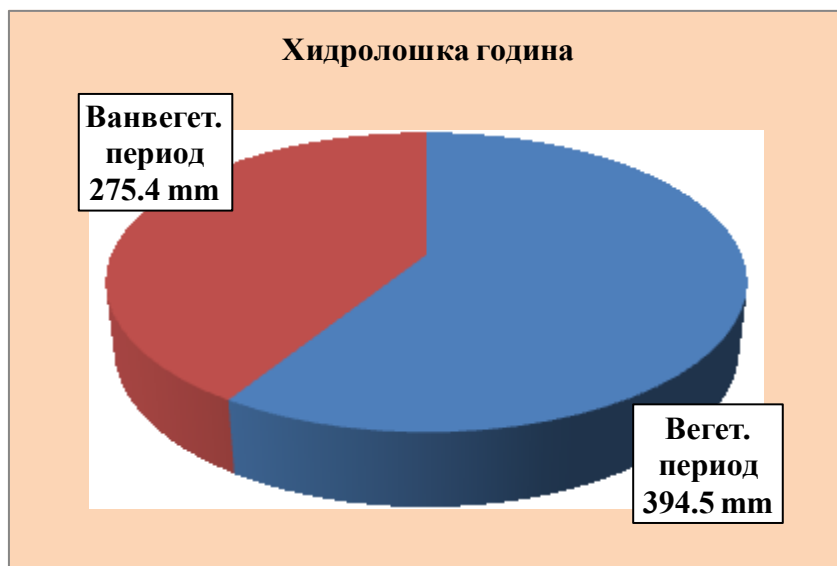
Табела 4.3.- Годишње суме падавина (mm) у хидролошким годинама и њиховим сезонама

Година	Вегетациони период IV-IX (mm)	Хидролошка година	Зимски период X-III (mm)	Хидролошка година (mm)
1971	301,3	70/71	235,5	536,8
1972	441,8	71/72	229,2	671,0
1973	272,5	72/73	147,3	419,8
1974	424,7	73/74	299,1	723,8
1975	579,8	74/75	267,0	846,8
1976	443,7	75/76	218,6	662,3
1977	511,3	76/77	307,5	818,8
1978	581,1	77/78	323,4	904,5
1979	493,6	78/79	342,4	836,0
1980	440,0	79/80	313,6	753,6
1981	459,8	80/81	426,8	886,6
1982	359,5	81/82	308,4	667,9
1983	288,1	82/83	225,3	513,4
1984	251,2	83/84	275,2	526,4
1985	450,5	84/85	237,0	687,5
1986	262,4	85/86	317,4	579,8
1987	306,7	86/87	225,1	531,8
1988	256,4	87/88	357,4	613,8
1989	650,5	88/89	188,4	838,9
1990	233,6	89/90	260,1	493,7
1991	472,9	90/91	235,7	708,6
1992	354,7	91/92	279,6	634,3
1993	244,0	92/93	197,7	441,7
1994	356,4	93/94	243,1	599,5

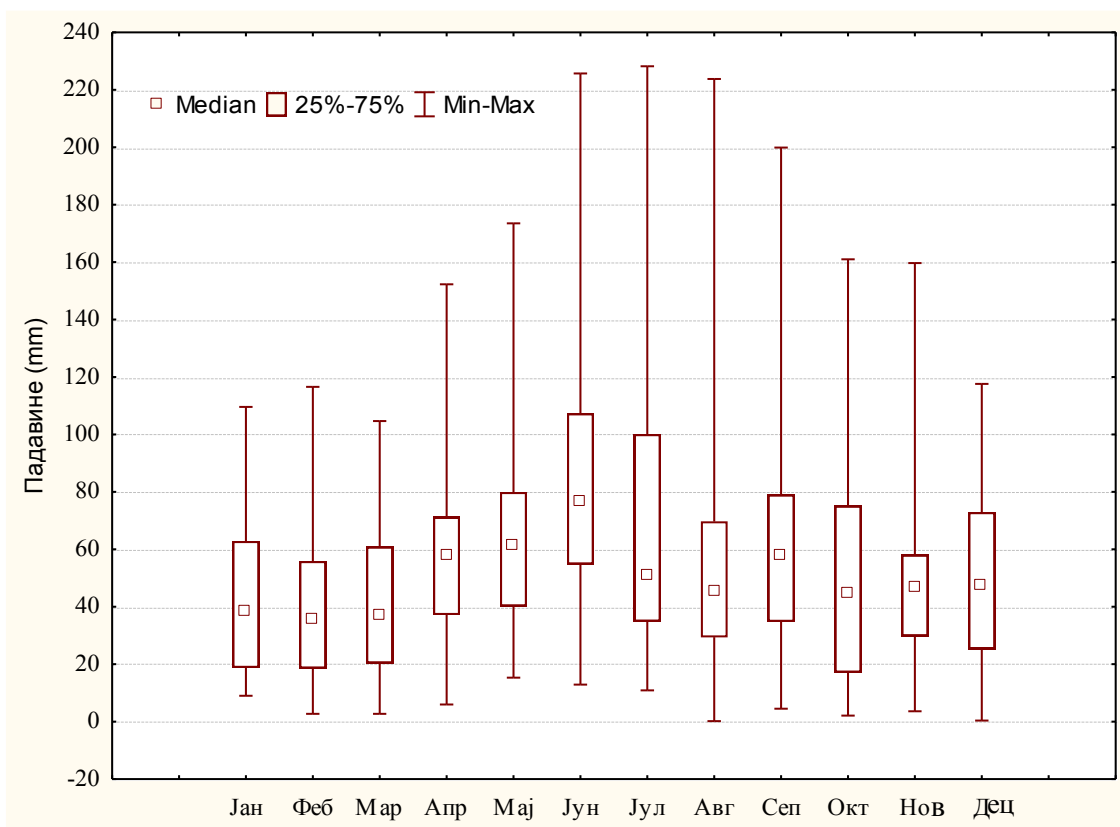
Година	Вегетациони период IV-IX (mm)	Хидролошка година	Зимски период X-III (mm)	Хидролошка година (mm)
1995	449,8	94/95	177,0	626,8
1996	391,1	95/96	275,4	666,5
1997	572,5	96/97	287,6	860,1
1998	374,8	97/98	205,8	580,6
1999	449,4	98/99	268,5	717,9
2000	227,4	99/00	260,0	487,4
2001	663,0	00/01	196,4	859,4
2002	404,1	01/02	191,0	595,1
2003	262,9	02/03	340,8	603,7
2004	312,1	03/04	236,9	549,0
2005	512,0	04/05	393,0	905,0
2006	410,7	05/06	279,6	690,3
2007	285,8	06/07	408,7	694,5
2008	270,4	07/08	291,8	562,2
2009	278,2	08/09	449,4	727,6
2010	393,5	09/10	382,6	776,1
Мах	663,0		449,4	905,0
Min	227,4		147,3	419,8
Просек	392,4		277,6	670,0

На Слици 4.17. се може видети да у вегетационом периоду просечно падне 394,5 mm падавина, а у зимском периоду 275,4 mm, што значи да се у вегетационом периоду измери 58,9% укупних падавина.

Важна особина режима падавина на подручју је велика променљивост месечних сума падавина у различитим годинама (Слика 4.18), где је најмањи коефицијент варијације 45,0% у априлу, а највећи износи 80,1% у јулу. Максималне просечне месечне падавине се јављају у јуну (95,7 mm), а најмање просечне падавине се јављају у фебруару, 38,2 mm. Највеће месечне суме падавина су забележене у јулу 1999. године и износе 260, mm, док су месеци без падавина у појединим годинама били септембар и март по један пут.



Слика 4.17.- Однос суме падавина у вегетационом и ванвегетационом периоду за вишегодишњу просечну хидролошку годину (1971-2010)

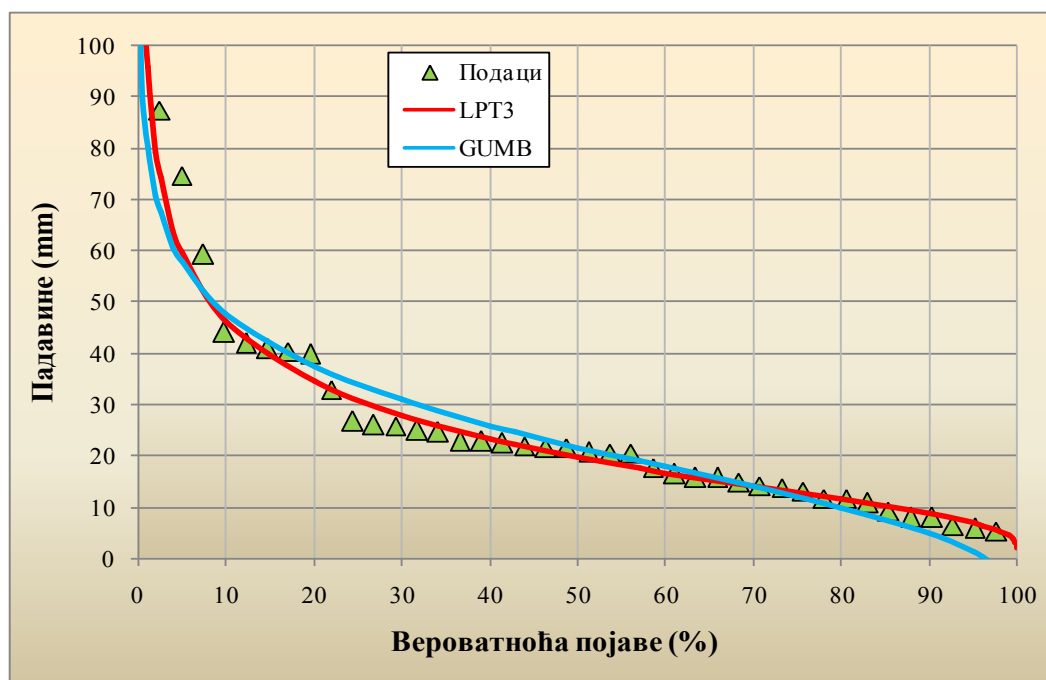


Слика 4.18.- Основни статистички показатељи за режим падавина (1971-2010)

4.5.2.4. Екстремне падавине

У проучавању екстремних падавина испитиване су дистрибуције Лог-Пирсон III и Гамбел. Провера прилагођености ових теоријских функција мереним вредностима је урађена за једнодневне, дводневне, тродневне и петодневне максималне падавине. Анализа је извршена за сваки месец у години за једнодневне податке висине падавина у периоду 1971-2010.

Прилагођеност ове две функције емпиријским вредностима падавина је испитано преко примене тестова сагласности Колмогоров-Смирнов и Хи-квадрат (χ^2). Обе функције дају задовољавајуће добре резултате с тим што је Лог-Пирсон III дистрибуција показала нешто боље резултате у односу на Гамбелову дистрибуцију.



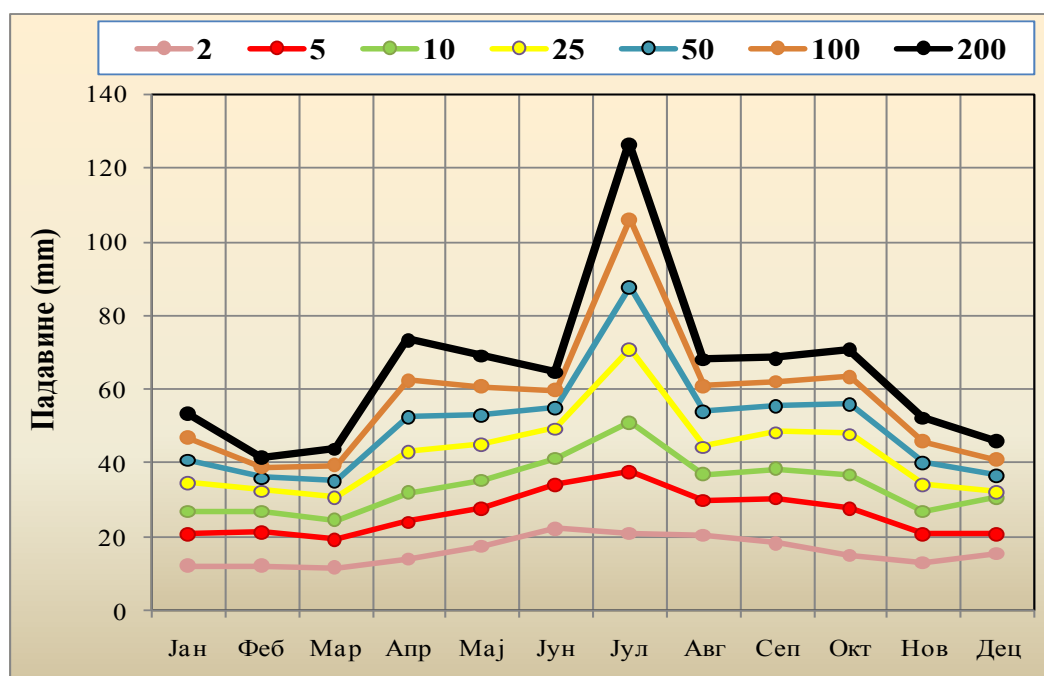
Слика 4.19.- Прилагођавање рачунских и емпиријских вредности дводневних падавина за месец април, (1971-2010)

На Слици 4.19 је графички представљено прилагођавање рачунских и емпиријских вредности дводневних падавина за месец април. Са графика се уочава блага предност (боља прилагођеност) Лог-Пирсон III дистрибуције у односу на Гамбелову што је потврђено и тестом сагласности (статистика 0,10071 наспрам

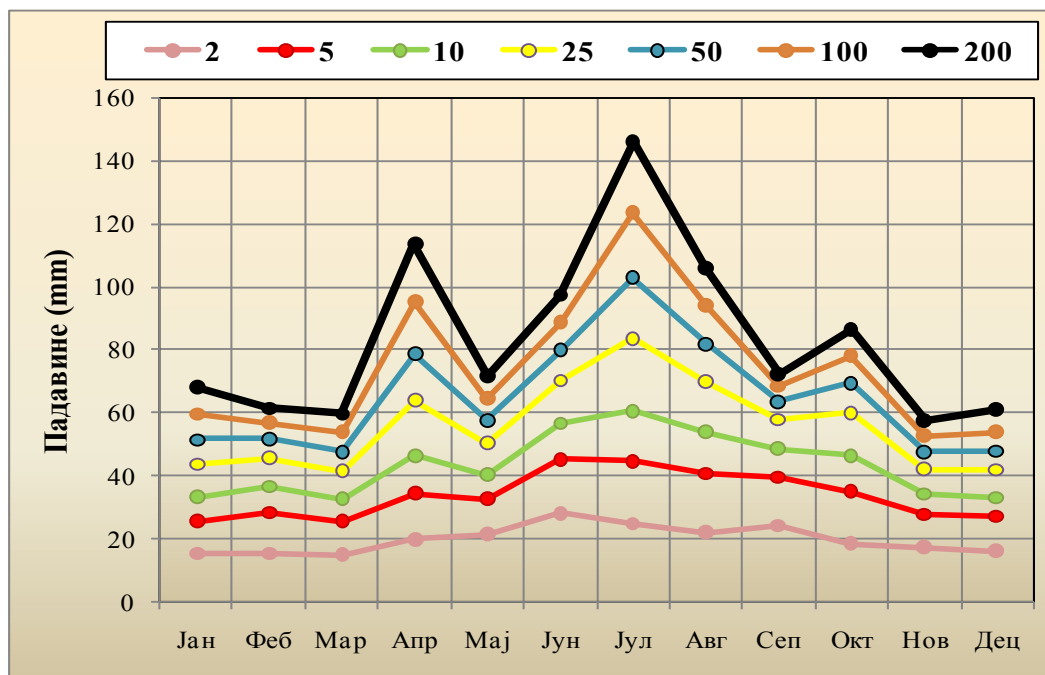
0,15837 са Колмогоров-Смирнов тестом, и 2,2389 наспрам 3,3957 са хи-квадратним тестом).

На основу функција које се најбоље прилагођавају емпиријским резултатима одређене су карактеристичне вредности падавине за повратни период од 2, 5, 10, 25, 50, 100 и 200 година (Слика 4.20.- 3).

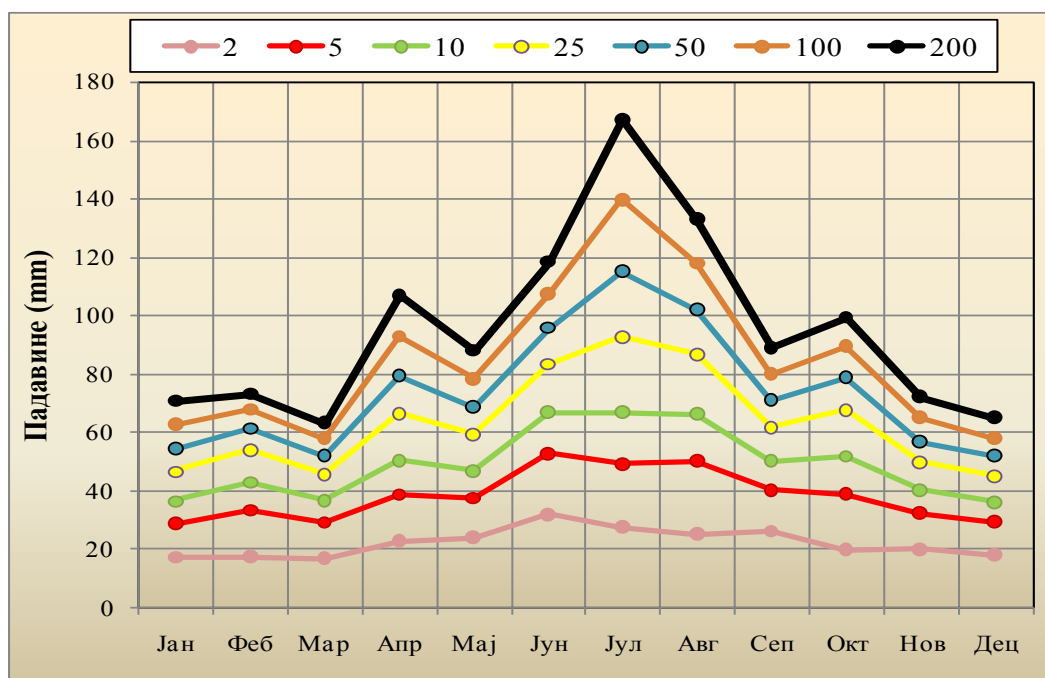
Циљ ових анализа је да покажу вредности екстремних падавина за одговарајуће повратне периоде које могу да представљају реалну опасност од појаве вишкова воде на подручју. Максималне вредности се јављају у јулу за све анализиране екстремне вредности. Ако се посматра повратни период јављања 5 година (односно вероватноћа појаве 20%) која се може узети као погодна за примену у обради података за потребе пољопривреде, са слика 4.20 – 4.23 се види да оне варирају у релативно малом распону 38 mm 62 mm за једнодневне, дводневне, тродневне и петодневне падавине, што с обзиром на густу каналску мрежу нису вредности које реално представљају сталну опасност за појаву вишкова воде на подручју, под условом да не коинцидирају са другим екстремним климатским и хидролошким појавама.



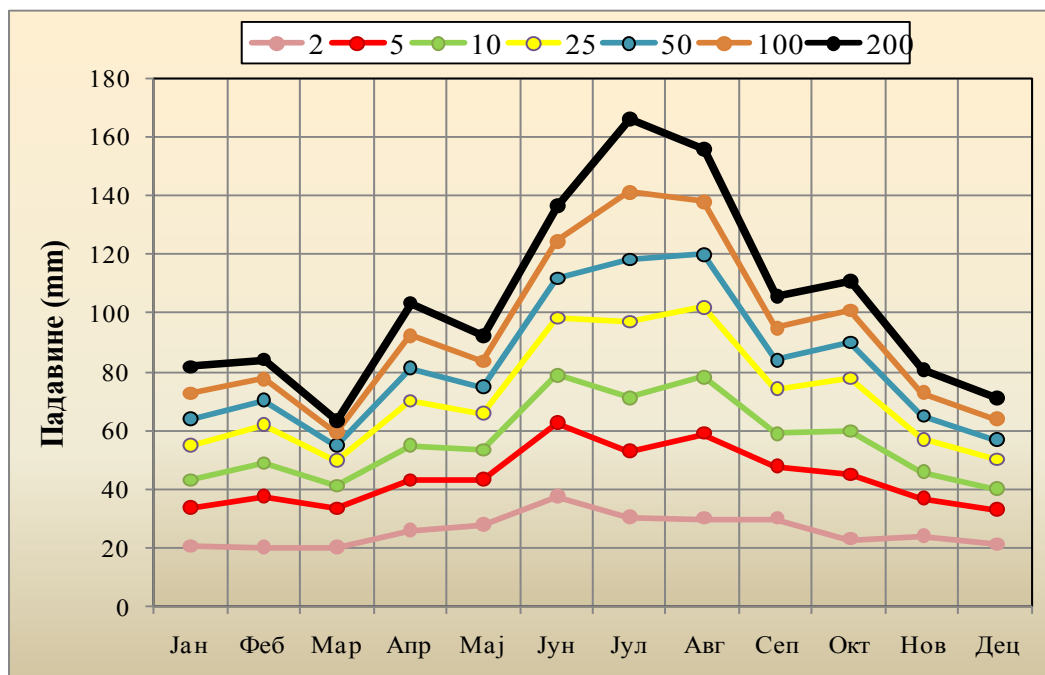
Слика 4.20.- Рачунске максималне једнодневне падавине за различите повратне периоде, (1971-2010)



Слика 4.21.- Рачунске максималне дводневне падавине за различите повратне периоде, (1971-2010)



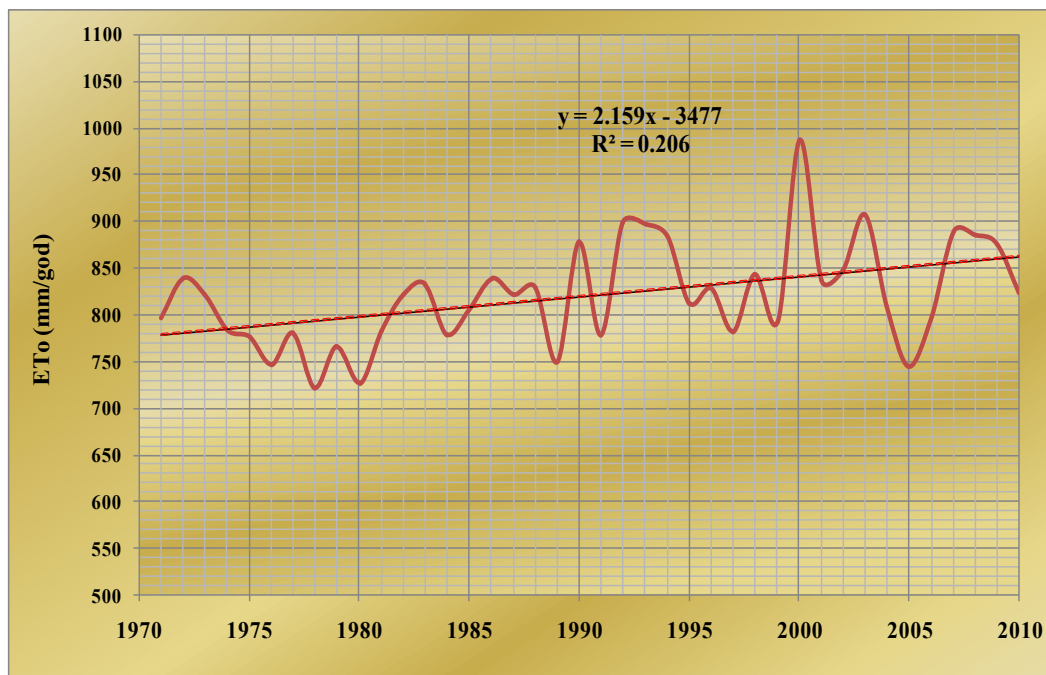
Слика 4.22.- Рачунске максималне тродневне падавине за различите повратне периоде, (1971-2010)



Слика 4.23.- Рачунске максималне петодневне падавине за различите повратне периоде, (1971-2010)

4.5.3. Евапотранспирација

Годишње суме референтне евапотранспирације су израчунате за период од 1971-2010. године. Највеће забележене вредности су биле 2000. године и износиле су 987,1 mm, док је најмања вредност забележена 1978. године и износила је 722,0 mm (Слика 4.24). Са слике се види да постоји тренд повећања годишњих сума евапотранспирације, што је у сагласности и са повећањем средњих годишњих температура у посматраном периоду (Слика 4.8). Просечна евапотранспирација у датом периоду је износила 820,5 mm.



Слика 4.24.- Годишња сума референтне евапотранспирације (1971-2010)

Минимална вредност референтне евапотранспирације у вегетационом периоду износи 551,0 mm и забележена је 1980. године, док је највећа вредност забележена 2000. године и износила је 761,9 mm. Просечна евапотранспирација у вегетационом периоду износи 638,8 mm.

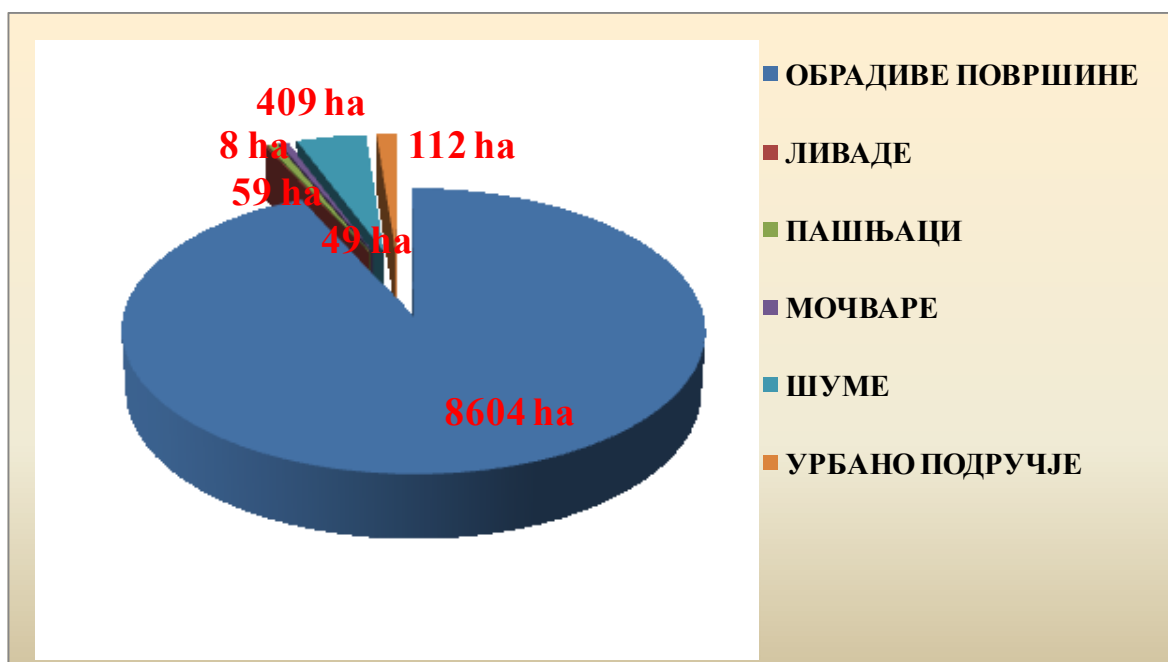
Месечне вредности просечне вишегодишње евапотранспирације су највеће у јулу (133,6 mm), јуну (120,5 mm) и августу (120,3 mm). Максимална месечна евапотранспирација је забележена у јулу 2007. године и она износи 165,2 mm, док је минимална јулска евапотранспирација била 110,8 mm, 1986. године. Више од 45% укупне евапотранспирације се односи на месеце јун, јул и август.

4.6. ПОЉОПРИВРЕДНА ПРОИЗВОДЊА

На истраживаном подручју се налазе површине следећих катастарских општина: Гај, Дубовац и Ковин – источна страна, са површинама од 6636 ha, 1378 ha, и 1267 ha, респективно, што укупно чини 9241 ha.

Начин коришћења земљишта

Према подацима Републичког завода за статистику, обрадиве површине заузимају 93,1% истраживаног подручја (8604 ha), следе шуме са 4,43% површине (409 ha), па затим урбанизовано подручје са 1,21% површине (112 ha), пашњаци, мочваре и ливаде са 1,25% површине испитиваног подручја (116 ha) (Слика 4.25).



Слика 4.25.- Начин коришћења земљишта на истраживаном подручју за вишегодишњи период од 1990-2010. године

У сетвеној структури доминирају ратарске културе, и то пре свега кукуруз који се гаји на 46,7% обрадивих површина, и пшеница која се гаји на 26,8% обрадивих површина. Сунцокрет се гаји на 12,8% обрадивих површина, соја на 7,5%, док се крмно биље, шећерна репа, дуван, поврће, јечам и уљана репица гаје на преосталих 6,3% површина. У поседовној структури 87,55% површина припада приватним власницима док је 12,45% површина у друштвеној својини.

Приноси пољопривредних култура

У табелама 4.4. и 4.5. су приказани приноси ратарских и повртарских култура, за период 1990-2010. године по власничкој структури.

Табела 4.4.- Приноси ратарских култура на посматраном подручју за вишегодишњи период 1990-2010. г.*

Година	Просечни приноси ратарских култура (t/ha)					
	Озима пшеница		Озими јечам		Кукуруз	
	Привредна друштва и задруге	Породична газдинства	Привредна друштва и задруге	Породична газдинства	Привредна друштва и задруге	Породична газдинства
1990	6,478	5,428	6,125	5,324	5,176	4,885
1991	5,688	5,116	5,324	5,156	8,613	7,549
1992	5,124	3,448	4,932	3,238	4,846	4,424
1993	4,576	2,987	4,164	2,865	3,044	2,387
1994	3,968	3,118	3,721	2,982	5,704	5,195
1995	3,32	3,336	3,142	3,436	4,994	5,719
1996	3,035	2,826	2,876	2,461	4,246	4,038
1997	4,306	3,704	4,028	3,514	6,443	6,109
1998	4,38	3,98	4,021	3,624	4,428	4,068
1999	3,068	2,994	2,996	2,862	4,383	4,563
2000	3,15	2,431	2,999	2,211	1,027	2,193
2001	3,992	3,911	3,752	3,652	6,847	5,397
2002	3,752	2,974	3,521	2,784	4,432	5,686
2003	2,283	2,079	2,256	1,982	3,81	3,488
2004	4,679	4,394	4,326	4,129	7,777	5,907
2005	3,716	3,711	3,512	3,52	7,724	4,755
2006	3,655	3,384	3,421	3,432	6,338	4,996
2007	4,122	3,366	3,879	3,436	5,58	3,729
2008	5,591	4,683	5,315	3,428	5,603	4,815
2009	4,751	3,646	4,432	3,491	8,423	6,894
2010	3,546	3,495	3,158	3,125	8,282	6,571
Просек	4,15	3,57	3,90	3,36	5,61	4,92
Мах	6,48	5,43	6,13	5,32	8,61	7,55
Мин	2,28	2,08	2,26	1,98	1,03	2,19

*По подацима Општине Ковин (2011)

У периоду 1990-2010. г. остварени су већи приноси пшенице у друштвеном сектору него у приватном сектору. Просечни принос пшенице за истраживани

период износи 4,15 t/ha у друштвеној својини и 3,57 t/ha у приватној својини. Оба забележена просека су већа од просека за Србију за дати период, који износи 3,41 t/ha (FAOSTAT, 2010). Највећи забележени принос је био у 1990. године и износио је 6,48 t/ha у друштвеној својини. Најнижи просечни приноси су забележени 2003. године и 2000. године у приватној својини и износили су 2,08 t/ha и 2,43 t/ha. Уколико се на примеру 2010. године упореде приноси пшенице на подручју Ковин – Дубовац са приносима пшенице у Јужнобанатском региону, види се да су они мањи. У Региону су просечни приноси пшенице у привредним друштвима и задругама 2010. г. били 3,958 t/ha а на породичним газдинствима 3,706 t/ha , наспрам 3,546 и 3,495 t/ha на подручју Ковин – Дубовац.

И код озимог јечма су већи приноси у друштвеном сектору него у приватном. Просечни принос озимог јечма за истраживани период износи 3,90 t/ha у друштвеној својини и 3,36 t/ha у приватној својини. Оба забележена просека, су много већи од просека приноса јечма у Србији који у датом периоду износи 2,71 t/ha (FAOSTAT, 2010). Највећи забележени принос је био 1990. године и износио је 6,12 t/ha у друштвеној својини. Најнижи просечни приноси су забележени 2003. године и 2000. године у приватној својини и износили су 1,98 t/ha и 2,21 t/ha.

Принос кукуруза за период 1990-2010. г. износи 5,61 t/ha у друштвеној својини и 4,92 t/ha у приватној својини. Оба забележена просека, у приватној својини и нарочито у друштвеној својини, су већи од просека у Србији за дати период који износи 4,31 t/ha (FAOSTAT, 2010). Највећи забележени принос је био 1991. г. и износио је 8,61 t/ha у друштвеној својини. Најнижи просечни принос је забележен 2000. г. у приватној својини и износи 2,19 t/ha. Уколико се на примеру 2010. године упореде приноси кукуруза на подручју Ковин – Дубовац са приносима пшенице у Јужнобанатском региону, види се да су они већи. У Региону су просечни приноси кукуруза у привредним друштвима и задругама 2010. г. били 7,710 t/ha а на породичним газдинствима 6,520 t/ha , наспрам 8,282 и 6,571 t/ha на подручју Ковин – Дубовац.

Просечни принос сунцокрета за истраживани период износи 1,98 t/ha и нешто је већи од просечног приноса за нашу земљу који износи 1,95 t/ha (FAOSTAT, 2010). Највећи забележени принос је био 1990. године и износио је 2,94

t/ha, док је најнижи просечни принос забележен 1999. године и износио је само 1,04 t/ha.

Табела 4.5.- Приноси индустријских култура, крмног биља и поврћа за вишегодишњи период 1990-2010. г.*

Година	Приноси индустријских култура, крмног биља и поврћа (t/ha)					
	Индустријске културе					Поврће
	Сунцокрет	Соја	Шећерна репа	Уљана репица	Дуван	Пасуљ
1990	2,938	3,387	45,691	3,827	2,043	1,361
1991	2,255	2,756	41,711	3,142	1,827	1,184
1992	2,013	2,438	35,144	3,097	1,652	1,119
1993	1,844	2,132	16,588	2,926	1,324	0,966
1994	2,018	2,439	31,896	3,012	1,658	0,726
1995	1,608	1,928	18,728	2,756	1,214	1,339
1996	1,603	1,926	31,163	2,742	1,192	1,353
1997	1,634	1,949	32,166	2,787	1,297	1,512
1998	1,857	2,199	32,465	2,934	1,348	1,441
1999	1,043	1,452	29,41	1,579	1,102	1,494
2000	1,255	1,628	15,178	1,876	1,258	0,938
2001	1,96	2,268	33,373	2,845	1,624	1,08
2002	2,023	2,441	30,06	3,152	1,642	1,169
2003	1,84	2,162	24,229	2,931	1,617	0,835
2004	2,365	2,687	49,083	3,175	1,871	0,793
2005	2,253	2,752	49,576	3,14	1,78	1,229
2006	1,806	2,189	38,446	2,894	1,611	1,085
2007	2,075	2,446	45,134	3,001	1,656	0,92
2008	2,495	2,921	51,181	3,642	1,987	0,962
2009	2,584	3,126	51,133	3,725	2,043	1,121
2010	2,163	2,979	54,567	2,987	1,947	1,277
Просек	1,98	2,39	36,04	2,96	1,60	1,14
Мах	2,94	3,39	54,57	3,83	2,04	1,51
Мин	1,04	1,45	15,18	1,58	1,10	0,73

*По подацима Статистичких годишњака Општине Ковин

Просечни принос соје за истраживани период износи 2,39 t/ha и за 8% је већи од просечног приноса у Србији, који износи 2,20 t/ha (FAOSTAT, 2010). Највећи забележени принос је био 1990. г. и износио је 3,39 t/ha, док је најнижи просечни принос забележен 1999. г. и износио је 1,45 t/ha. У 2010. г. принос сунцокрета на подручју (2,163 t/ha) је нешто мањи од приноса сунцокрета у Јужнобанатском региону (2,368 t/ha).

Просечни принос шећерне репе за истраживани период износи 36,04 t/ha и мало је мањи од просечног приноса који је 37,41 t/ha у Србији (FAOSTAT, 2010). Највећи забележени принос је био 2010. г. и износио је 54,57 t/ha, док је најнижи просечни принос забележен 2000. г. и износио је 15,18 t/ha. У 2010. г. принос шећерне репе на подручју (54,567 t/ha) је нешто мањи од приноса шећерне репе у Јужнобанатском региону (55,095 t/ha).

Просечни принос уљане репице за истраживани период износи 2,96 t/ha и знатно је већи од просечног приноса у Србији - 1,83 t/ha, (FAOSTAT, 2010). Највећи забележени принос је био 1990. г. и износио је 3,83 t/ha, док је најнижи просечни принос забележен 1999. г. и износио је 1,58 t/ha.

Просечни принос дувана у истраживаном периоду износи 1,60 t/ha, и већи је за 13,2% од просечног приноса за нашу земљу (1,39 t/ha, FAOSTAT, 2010). Највећи забележени принос је био 2009. г. и износио је 2,04 t/ha, док је најнижи просечни принос забележен 1999. г. и износио је 1,10 t/ha.

Просечни принос пасуља у истраживаном периоду износи 1,14 t/ha. Највећи забележени принос је био 1997. г. и износио је 1,51 t/ha, док је најнижи просечни принос забележен 1994. г. и износио је 0,73 t/ha. У 2010. г. принос пасуља на подручју (1,277 t/ha) је нешто мањи од приноса пасуља у Јужнобанатском региону (1,309 t/ha).

На основу напред изложеног, може се закључити да се просечни приноси: озиме пшенице, озимог јечма, кукуруза, сунцокрета, соје, уљане репице и дувана крећу од мало већих до значајно већих приноса у односу на просечне приносе на нивоу Републике Србије. Једино одступање је код приноса шећерне репе чији су просечни приноси били нешто мањи од просечних приноса за нашу земљу.

Иако су просечни приноси поменутих култура су нешто мањи (1-10%) него приноси у Јужнобанатском региону за с изузетком кукуруза за који су у 2010. години већи за (1-7%) у друштвеном и приватном сектору, с обзиром заступљене типове земљишта, може се закључити да се на подручју са успехом одвија пољопривредна производња.

Подаци до којих се дошло показују, да су просечни приноси већи од приноса у Србији што значи да и поред најнижег терена у приобаљу Дунава коме припада сектор Ковин – Дубовац, повремене неефикасности због неадекватног одржавања

система за одводњавање, са аспекта приноса пољопривредних култура одводњавање пољопривредног земљишта има позитивне ефекте. С друге стране, ако се пореде просечни приноси најважнијих пољопривредних култура са приносима у Јужнобанатском региону, они су нешто мањи (за 1-10%), с изузетком кукуруза.

4.7. ХИДРОЕНЕРГЕТСКИ И ПЛОВИДБЕНИ СИСТЕМ „ЂЕРДАП”

Деоница Дунава кроз нашу земљу која припада средњем току има дужину 588 km, од Бездана до Тимока. Главне притоке Дунава у Србији су: Тиса, Сава, Тамиш, Морава, Нера и Тимок (Слика 4.26).



Слика 4.26.- Река Дунав и њене притоке у Србији (www.hidmet.gov.rs)

ХЕПС „Ђердап“ као енергетска, пловидбена и хидротехничка целина је један од највећих инжењерско – техничких подухвата у Европи, са многобројним утицајима: развојним, социолошким, културним, еколошким и др. Изграђен је са сврхом да се на најрационалнији начин трајно користи највећи део технички искористивог хидроенергетског потенцијала са ђердапског сектора Дунава (Димитријевић и сар., 1990), који укључује и друге врло значајне функције (Катић и Сретеновић, 1990; Димкић и сар., 2012)

Заједнички српско– румунски сектор Дунава је дужине око 230 km.

На заједничком сектору протицаји Дунава се крећу у границама од

$$Q_{\min(1\%)} = 1950 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\max(1\%)} = 16000 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{sr} = 5650 \text{ m}^3/\text{s}$$

Основни технички делови система ХЕПС „Ђердап“ су:

- Главни објекти (са пратећим објектима) на профилима Дунава на km 942+950 (ХЕ „Ђердап 1“) и на km 843+000 (ХЕ „Ђердап 2“);
- Систем заштите приобаља Дунава и притока од спољних, унутрашњих и подземних вода на простору од 0 km 942+950 до границе допирања успора, као и дела између две бране;
- Систем осматрања и праћења промена у акумулацији и приобаљу, са периодичним анализама стања ефеката система заштите;
- Систем управљања, регистровања и даљинског преноса података и прогнозе дотока.

Бране ХЕПС „Ђердап 1“ „Ђердап 2“ изграђене су на km 943 и km 862,8 реке Дунав, на сектору који представља границу између Србије (раније Југославије) и Румуније и одликује се значајним хидроенергетским потенцијалом. Процентуална заступљеност производње електричне енергије из ових хидроелектрана у односу на укупну производњу енергије у Србији је 23%.

После II светског рата, 1956. г, потписана је заједничка декларација Југославије и Румуније о проучавању најповољније могућности изградње хидроелектрана у сектору Ђердапа. Од 1957. до 1960. године урађени су обимни теренски и лабораторијски истражни радови и студије. Предложено је да се најпре изгради систем на km 943, јер се њима искоришћава 80% укупног потенцијала и решавају у потпуности сви проблеми пловидбе. Од 1960. до 1963. године урађени су идејни, а од 1964. до 1968. године главни пројекти појединих објеката ХЕПС „Ђердап 1“. Изградња ХЕПС „Ђердап 1“ започела је септембра 1964. године. Јула 1969. године пуштена је у експлоатацију бродска преводница на левој обали (румунска), а августа 1970. године ушли су у погон први хидроагрегати. Цео објекат је пуштен у експлоатацију 16. 5. 1972. године, са радним режимом „68/63“.

Изградња система ХЕПС „Ђердап 2“ започела је децембра 1977. године, а хидроелектране су достигле пројектовани капацитет 1986. године. На главном току и рукавцу Гогош су изграђене додатне електране 1994. и 2000. године.

Експлоатација система

За разлику од других акумулација, код којих се режим рада уобичајено утврђује на профилу бране, у случају акумулације ХЕПС „Ђердап 1“ меродаван профил за дефинисање режима нивоа је профил код ушћа Нере (km 1075 реке Дунав), који се налази 132 km узводно од бране. Овај профил је утврђен као меродаван због тога што се налази на узводном крају заједничког српско - румунског сектора реке Дунав, као и због специфичних карактеристика приобалног терена акумулације.

Режим рада хидроелектране утврђиван је билатерално, споразумима који су у неколико наврата склапани између југословенске (српске) и румунске стране. Првим споразумом између СФР Југославије и НР Румуније утврђен је радни режим „68/63“.

Експлоатација ХЕПС „Ђердап 1“ започела је 1972. године у режиму „68/63“, али је билатералним споразумима од 1977. г. регулисана изградња додатног система заштите приобаља и трајна експлоатација ХЕПС „Ђердап 1“ у режиму „69,5/63“.

Током експлоатације система у режиму „69,5/63“ појавила се идеја заснована на резултатима осматрања, мерења и анализа, да се систем користи са још вишим kotaма успора. Предвиђено је да се екстремне коте диспечерског графика (69,5 и 63 mnm) задрже и даље, али да се знатно продужи трајање виших kota успора, уколико за то постоји могућност. С обзиром да су у тим условима очекивани неповољнији утицаји, извршена је анализа утицаја новог режима названог „режим 69,5 и више“ код ушћа Нере на приобаље, који је почео да се реализује од 1987. г.

Сви режими експлоатације ХЕПС „Ђердап 1“ дефинисани су kotaма нивоа за карактеристичне протоке, односно кривама протока у дијапазону од малих до

екстремно великих вода на контролним профилима код ушћа Нере на Дунаву (km 1075) и на брани (km 943+000).

У режиму „68/63“ хидроелектрана је радила од 1972. до 1976. године. Овај режим подразумева да се за протоке реке Дунав мање од $7350 \text{ m}^3/\text{s}$ на брани одржавају нивои горње воде тако да се на ушћу Нере реализује ниво воде на коти 68,00 mm, док се при већим протоцима на брани одржава ниво горње воде 63,00 mm, а на ушћу Нере успоставља природни режим нивоа воде (Милорадов и сар., 1990).

У режиму „69,5/63“ хидроелектрана је радила од 1977. до 1985. године. У овом режиму се за протоке реке Дунав мање од $9750 \text{ m}^3/\text{s}$ на брани одржавају нивои горње воде тако да се на ушћу реке Нере реализује ниво воде на коти 69,50 mm, док се при већим протоцима на брани одржава ниво горње воде 63,00 mm, а на ушћу Нере успоставља природни режим нивоа воде.

У режиму „69,5 и више“ експлоатација је почела 1985. године. Овај режим подразумева одржавање таквих нивоа горње воде на брани да се на ушћу Нере остваре пројектовани нивои и прецизно је дефинисан у Конвенцији из 1998. године.

Режим рада је новелиран „до коте 70,30“ у мају 2005. године, и од 2005. године до данас ради у том режиму.

Системом ХЕПС „Ђердап 2“ се управља тако да се, у спрези са системом ХЕПС „Ђердап 1“, на оптималан начин искористи укупни хидроенергетски потенцијал реке Дунав, обезбеде услови пловидбе и не угрози стабилност обала. Режим рада хидроелектране утврђен је билатерално у Конвенцији из 1998. године, на профилу бране на главном току реке Дунав (km 862+800) и на профилу Кладово (km 933 реке Дунав).

Код одређивања коте успора по правилу су супростављена два интереса. С једне стране повишењем коте успора добија се већа снага и производња електричне енергије, а с друге стране, повишењем коте успора изазивају потребу за већим улагањима за отклањање негативних последица у кориту реке и приобаљу које због специфичности топографских услова захвата изузетно велико пространство како по линији водотока Дунава и притока, тако и по ширини унутар подручја.

Техничке карактеристике објеката ХЕ „Ђердап 1“ и ХЕ „Ђердап 2“

Хидроенергетски и пловидбени систем „Ђердап 1“ комплексан и вишенаменски објекат. Обе земље, Србија и Румунија располажу истим деловима главног објекта, које одржавају и користе сходно споразуму и конвенцијама о изградњи и експлоатацији.

Свака страна располаже са по једном електраном, бродском преводницом и по 7 преливних поља од укупно 14, колико их има у заједничкој преливној брани. Симетралу објекта чини државна граница.

Као значајну карактеристику акумулације треба истаћи променљиву величину успора. Пропагација успора као и запремина акумулације се мењају зависно од протицаја и режима рада хидроелектране. При мањим водама формира се успор од 33 m на профилу бране, а простире се до Новог Сада на Дунаву и има дужину приближно 310 km. На Сави се простире до Шапца (око 100 km од ушћа Саве у акумулацију) а на Тиси до бране код Новог Бечеја (око 60 km од ушћа Тисе). При великим водама, успор на профилу бране је око 19 m и исклињава до ушћа Нере.

При просечним хидролошким условима изградњом бране ХЕПС „Ђердап 1“, формирана је запремина акумулације од $3500 \times 10^6 \text{ m}^3$. Хидроелектрана има могућност дневног, а делимично и недељног изравнавања протицаја. Ради и као проточна и вршна.

Хидроелектрана „Ђердап 2“ је друга заједничка српско – румунска хидроелектрана на Дунаву. Изграђена је на 863 km Дунава од ушћа у Црно море, на профилу Кусјак – Островул – Маре. Као и хидроелектрана „Ђердап 1“ и овај систем је комплексан и вишенаменски хидротехнички објекат. Тип хидроелектране је речна – проточна. Састоји се од основне електране, две преливне бране, две бродске преводнице и два разводна постројења. Свакој страни, српској и румунској, припада по један од поменутих објеката. Основна електрана као грађевинска целина, подељена је на два једнака дела. Између њих је државна граница, тако да свака страна несметано одржава и експлоатише свој део система.

Укупна запремина акумулације је $716,5 \times 10^6 \text{ m}^3$, а корисна запремина акумулације $48,5 \times 10^6 \text{ m}^3$. Хидроелектрана „Ђердап 2“ је пуштена у рад 1985. године.

Поред постојећих ХЕПС „Ђердап 1“ и „Ђердап 2“ планирана је изградња и хидроелектране „Ђердап 3“. То је реверзибилно пумпно-акумулационо постројење које би радило као интервентна електрана. Ноћу и у периодима, када систем располаже вишком електричне енергије, исти користи за испумпавање воде у горњу акумулацију. У врховима оптерећења ради као акумулациона електрана и обезбеђује за електроенергетски систем неопходну снагу и потребне количине вршне енергије. Планирана укупна инсталисана снага је 2400 MW. Планирана изградња је на 1007 km Дунава од ушћа у Црно море, на локацијама Песача, Бродица и Железнички поток.

Границе успора и систем заштите приобаља ХЕПС „Ђердап 1“ и „Ђердап 2“

Границе успора за режим „69,50 и више“ (Слика 4.27), простиру се од главног објекта до Новог Сада (Дунав km 1255+100) бране на Бечеју (Тиса km 50+850), Шапца (Сава km 105+100), и у одговарајућој мери на другим притокама Дунава: Поречкој реци, Пеку, Нери, Млави, Великој Морави, Тамишу, Топчидерској реци и Колубари (Сретеновић и сар., 2000).

Укупна површина терена на којој је присутан утицај успора ХЕПС „Ђердап 1“ и „Ђердап 2“ износи 181000 ha, од чега је 148000 ha на територији Војводине.



Слика 4.27.- Утицај успора од рада ХЕПС „Ђердап“ (извор: ХЕПС Ђердап)

Објекти система заштите приобаља

Објекти система заштите су просторно лоцирани у приобаљу између брана хидроелектрана „Ђердап 1“ и „Ђердап 2“, и узводно у складу са границама простирања успора на Дунаву од бране хидроелектране „Ђердап 1“ (km 943) до Новог Сада (km 1.250) на Тиси од ушћа до Бечеја, на Сави до Шапца и на другим притокама Дунава у већем или мањем појасу од ушћа до границе успора.

Укупна површина земљишта под утицајем успора ХЕПС „Ђердап 1“ и „Ђердап 2“ на којима је урађен дренажни систем је око 120000 ха.

Систем заштите приобаља генерално обухвата објекте заштите и објекте за осматрање утицаја успора. Изграђени објекти заштите по инвестиционом програму у експлоатацији су следећи:

- Преко 400 km нових и реконструисаних одбрамбених насипа;
- 50 km обалоутврде;
- 900 km отворених дренажних канала различитих пресека са 50 пропуста – мостова
- 1193 дренажних бунара (самоизливних бушених бунара има 995 или са потопљеним пумпама 198);
- 73 црпне станице;

- Цевна дренажа на 15000 ha
- Уставе, преводнице и преграде
- Трафо станице, далеководи, релејни радио системи (са 8 телеметријских станица);
- Кишне и фекалне црпне станице и посебни дренажни системи, у приобалним насељима и индустријским зонама: Брза Паланка, Кладово, Текија, Мосна, Доњи Милановац, Добра, Брњица, Голубац, Усје, Винци, Пожешно, Велико Градиште, Стари Костолац, Смедерево, Дубовац, Ковин, Иваново, Београд, Панчево, Книћанин.

Сви ови системи пројектовани су да задовоље одређене критеријуме одржавањем нивоа подземних вода, у свим хидролошким условима, на дубинама (Димкић и сар. 2012):

- 0,8-1,2 m од површине терена за заштиту пољопривредних површина
- до 2 m од површине терена за заштиту мањих насеља
- 3-3,5 m од површине терена за заштиту градова и индустријских зона.

Пошто су у току пројектовања и експлоатације система „Ђердап 1“ у досадашњим режимима експлоатације извршена одређена проучавања промена режима површинских и подземних вода у зони утицаја успора, затим режима наноса и леда, као и потребних мера за отклањање негативних утицаја изазваних успором, установљен је систем осматрања са циљем сталног контролисања ефеката система заштите и одређивања мера за остваривање планираних критеријума, као и доградње система заштите за све време његовог постојања.

Програми за праћење и осматрање система заштите приобаља

Водопривредном сагласношћу коју је издао Републички секретаријат за пољопривреду, шумарство и водопривреду, наложено је тадашњем Јавном предузећу „Ђердап“, да перманентно прати стање система заштите објеката у приобаљу као и ефекте рада система, и о томе обавештава ову организацију годишње. Из тих разлога је направљен *Програм осматрања* који у себи заправо садржи више програма за сваки од аспеката заштите.

Наведени програми су израђени од стране Института за водопривреду „Јарослав Черни” из Београда, и Института за основно уређење вода САП Војводине, и на бази њих су републички и покрајински органи дали сагласност на прелазак на више режиме експлоатације уз обавезу да се прате утицаји у акумулацији и приобаљу. Поштујући овакав концепт, реализација програма је започета 1978. године.

Систем мерења утицаја успора на приобаље

У циљу систематског прикупљања података за девет основних програма осматрања и праћења утицаја успора Дунава, успостављен је следећи систем мерења:

- 1500 плитких и дубоких пијезометара ради мерења нивоа и квалитета подземних вода (у 2010. години у функцији је било 1452 пијезометра);
- Профили на насипима ради праћења стабилности при великим водама на различитим локацијама у акумулационом језеру;
- 9 профила за комплетна хидролошка мерења протицаја и наноса, укључијући и додатне профиле;
- 185 основних профила за мерење морфолошких промена корита Дунава и 26 профила на притокама у зони утицаја успора;
- 12 профила за мерење квалитета воде Дунава и притока;
- 14 сектора за мерење водно – соног режима земљишта са укупно 124 профила;
- 3 профила за праћење промена на шумама у форландима;
- 10 основних профила за осматрање кретања леда и ледених појава;
- Посебни систем пијезометара ради праћења ефеката појединих дренажних система на свим локацијама на којима су изграђени;
- Осматра се и региструје рад црпних станица и ниво воде у дренажним каналима.

Проблематика утицаја успора ХЕПС „Ђердап 1“ и „Ђердап 2“ на приобаље

У периоду пре изградње ХЕПС „Ђердап 1“ и стварања успора, поједина пољопривредна подручја су се од повишених водостаја Дунава штитила изграђеним насипима и ретком каналском мрежом са црпним станицама чији је задатак превасходно био одводњавање унутрашњих вода пореклом од падавина, а мањим делом и провирних вода из правца водотока.

Под утицајем успора система „Ђердап 1“ на врло великом простору је дошло до трајне промене природних услова, са одређеним негативним последицама, као што су:

- повишење нивоа подземних вода које је угрозило многа насељена места, индустријске, комуналне и саобраћајне објекте, као и пољопривредну производњу у брањеном подручју,
- смањење транспортне способности за нанос, праћено таложењем наноса и додатним успором,
- смањење транспортне способности за лед у зони исклињавања успора,
- угрожавање стабилности постојећих одбрамбених насипа, измене у речној биоценози и др.



Слика 4.28.- Брањена подручја и насеља у приобаљу Дунава (ХЕПС „Ђердап“)

На карти (Слика 4.28) приказана је прегледна ситуација брањених подручја и насеља у приобаљу ХЕПС „Ђердап 1“.

Генерално се може констатовати да се после изградње система за заштиту раније небрањених подручја, реконструкције постојећих система, дотадашње коришћење земљишта битно променило, и то тако што су знатне површине први пут приведене културама, а у целини је на подручју омогућена стабилна пољопривредна производња. Само на појединим нижим деловима подручја, непосредно из одбрамбеног насипа се и даље јављају проблеми услед високих нивоа подземних вода.

Активности и мере уређења и заштите пољопривредних површина

С обзиром на положај приобалних подручја у односу на реку (алувијалне равни), као и карактеристичне хидрогеолошке и хидродинамичке услове (по правилу, двослојевита порозна средина), промене водостаја реке се пропагирају кроз доњи водоносни слој, изазивајући одговарајуће промене пијезометарских

нивоа, што утиче и на режим нивоа подземних вода у горњем слабије пропусном слоју. На овај начин се утицај промене водостаја, изазван успором ХЕПС „Ђердап 1“ пропагира ка унутрашњости приобалних подручја (Милорадов и Димитријевић, 1990).

Одржавањем одређеног режима пијезометарских нивоа у водоносном слоју дренажним системом постављеним поред реке, утицај реке на брањено подручје се ставља под контролу, што омогућава не само да се елиминише штетан утицај успора ХЕПС „Ђердап 1“, већ и негативан утицај природних високих водостаја река.

У брањеном подручју се регулисање режима подземних вода у условима успора остварује по потреби са једном или више дренажних линија. У складу са постављеном или изведеном заштитом и уређењем ниских приобалних површина, у зависности од специфичности услова на подручју (хидрогеолошких, геоморфолошких, хидролошких, педолошких и др.) изабране су и примењене одговарајуће техничке мере.

Ради спречавања повремених или трајног плављења незаштићеног приобалног земљишта, изграђено је или реконструисано преко 400 km насипа на ниским деловима обале, изведена заштита од спољних и подземних вода појединих насеља и градова и индустријских зона, изведени дренажни системи на око 120000 ha пољопривредних површина, и др.

На већем делу нижих пољопривредних површина у приобаљу Дунава, у зони утицаја успора, извршена је доградња и реконструкција постојећих система за одводњавање, а на подручјима десне обале Дунава, низводно од ушћа Велике Мораве, изграђени су нови одбрамбени насипи и дренажни системи за заштиту од неповољног утицаја успора Дунава.

4.8. ОДВОДЊАВАЊЕ ПОДРУЧЈА

4.8.1. Развој система за одводњавање

Историјат развоја система за одводњавање на сектору Ковин – Дубовац се може посматрати кроз два временска периода:

1. Први период подразумева време до 1970. године, када је постојао природни режим тока Дунава;
2. Други период од 1970. године, када је почела изградња и рад хидроелектране „Ђердап 1“ и када је дошло до значајних промена насталих утицајем успора Дунава на приобаље.

Посматрајући кроз историју, први озбиљнији радови на заштити од спољашњих и унутрашњих вода су започели крајем XVIII и почетком XIX века.

Насип од Панчева до Ковина, први пут је грађен 1870. године. У току 1906. године формирана је Ковинско - дубовачка водна задруга. Радови на изградњи насипа од Ковина до Дубовца су започели 1907. године. Димензије дунавског насипа су диктиране водама из 1897. године. Ширина круне насипа била је 6 m, а висина насипа 1,5 m изнад високе воде. Банкина насипа била је 50 cm испод високе воде и ширине 400 cm, са нагибом спољне косине 1:3 а на брањеном делу 1:2. Радови на уређењу унутрашњих вода на подручју Ковинско - дубовачке водне задруге завршени су 1909. године.

Ископано је 120 km канала и то: Високообални у дужини од 19 km, Лапски 15 km, Подунавско - паралелни (звани Ђопица) 15 km, Горњопоточки 10 km и др. Подигнуте су две уставе: једна у Дубовцу и једна у Ковину. Подигнуто је и 9 мостова. Изграђена је црпна станица Дубовац са две центрифугалне пумпе (протицај на станици био је $Q = 4 \text{ m}^3/\text{s}$).

Високообални канал (ободни) пресецао је ток подземних вода са лесне терасе, а прихватао је и воде природног водотока Црна бара која се близу Ковина слободно изливао са лесне терасе у алувијалну раван, односно у бару Црвенка. У периодима када није било могуће одвести воде гравитацијом у Дунав, канал је служио као резервоар сувишних вода.

Тринаест година после оснивања задруге, вредност земљишта је удвостручена. За време Првог светског рата подручје није одводњавано. То је задрузи нанело озбиљне штете. У влажним годинама и за време високих вода Дунава, пумпна станица није била довољног капацитета, па су подигнуте две провизорне (помоћне) станице са укупно 6 центрифугалних пумпи (свака капацитета $Q=0,140 \text{ m}^3/\text{s}$ и са погоном на пару).

Интензивнија изградња и реконструкција система за одводњавање и модернизација црпних постројења започела је 1954. године, односно, тада почињу озбиљнија улагања у мелиорације земљишта. У 1956. години, истакнут је проблем Црне баре чије се воде испуштају у Високообални канал и теку према Дубовцу. Насипи поред овог канала били су слаби и изграђени од пропусног материјала тако да су околне површине пољопривредног земљишта биле редовно угрожене од процедурних и провирних вода, а капацитет црпне станице Дубовац није био довољан за одвођење ових вода. Према томе, регулација Црне баре и могућност испуштања воде из ње непосредно у Дунав били су неопходни. Северни део подручја карактеришу затворене котлине и долине без пада и слабо пропусно земљиште.

У сливу Црне баре је 1958. г. пројектована нова каналска мрежа. Евакуација воде из акумулације вршила се гравитацијом отвореним каналом до Ковина (канал пролази ободом лесне терасе) а кроз сам град вода је одвођена затвореним засведеним бетонским каналом чији је протицај $Q = 6,00 \text{ m}^3/\text{s}$.

Нова црпна станица, Гај на електропогон изграђена је 1957. г. Систем заштите од спољних и унутрашњих вода, састојао се од одбрамбеног насипа поред Дунава и отворене каналске мреже са две црпне станице, Дубовац и Гај, укупног капацитета $6 \text{ m}^3/\text{s}$ (црпна станица Дубовац $Q=2 \times 1 \text{ m}^3/\text{s}$ и црпна станица Гај $Q=2 \times 2 \text{ m}^3/\text{s}$).

Да би се урадио пројекат ХЕПС „Ђердап 1“, обављена су опсежна проучавања промена режима површинских и подземних вода у зони утицаја успора као и предлагање неопходних мера за отклањања негативних утицаја изазваних наведеним променама.

Имајући у виду величину успора, његово простирање и геолошке и морфолошке карактеристике терена, заштита мелиорационог подручја сектора Ковин - Дубовац је решена на следећи начин:

- Хоризонталним дренажним линијским системима, отвореним дренажним каналима са и без вертикалних самоизливних бунара за пољопривредне површине алувијалне равни;
- Хоризонталном цевном дренажом хидроморфних пољопривредних земљишта на алувијалној равни;
- Црпним станицама;

- Пијезометарском мрежом за праћење нивоа подземних вода на пољопривредном земљишту.

И овај временски оквир детерминишу четири карактеристична периода утицаја успора ХЕПС „Ђердап 1“ на приобаље Дунава мерена код ушћа Нере:

- 1972 - 1976. г. - режим успора „68/63“,
- 1977 - 1984. г. - режим успора „69,5/63“,
- 1985 - 2005. г. - режим успора „69,50 и више“,
- од 2005. г. - режим успора „до 70,30“.

Приликом изградње објеката заштите од утицаја успора ХЕПС „Ђердап 1“ насип је реконструисан према пројектима заштите за режим успора „68/63“ код ушћа Нере и доведен у стање које пружа знатно сигурнију заштиту брањеном подручју.

У оквиру доградње система заштите подручја за елиминацију утицаја успора ХЕПС „Ђердап 1“ режимом „68/63“, изграђене су четири нове црпне станице:

- црпној станици Дубовац придодата је нова црпна станица за дренажне воде капацитета $Q=2 \times 0,33 \text{ m}^3/\text{s}$,
- црпној станици Гај придодата је, такође за дренажне воде, нова црпна станица од $Q=2 \times 0,33 \text{ m}^3/\text{s}$,
- изграђена је нова црпна станица Врба са инсталисаним капацитетом од $Q=4 \times 0,24 \text{ m}^3/\text{s}$,
- изграђена је нова црпна станица Баваниште (Мало Баваниште) са инсталисаним капацитетом од $Q=5 \times 0,43 \text{ m}^3/\text{s}$ за дренажне и површинске воде.

Осим реконструкције и изградње црпних станица, у оквиру заштите од утицаја успора режимом „68/63“ извршена је реконструкција постојеће каналске мреже, а у циљу остварења контакта са водоносним слојем. Дуж главних дренажних линија изграђени су самоизливни дренажни бунари.

Дренажни канали распоређени су генерално у три линије:

- прва линија канала уз насип за заштиту подручја од дотицаја из правца Дунава,

- друга линија канала за регулацију нивоа подземних вода унутар подручја,
- трећа линија канала за заштиту подручја од дотицаја из залеђа подручја.

Реконструисан (дограђен) систем је почео са радом 1972. године, од када се перманентно врши и праћење ефеката његовог рада - регистровање режима рада црпних станица, мерење нивоа подземних вода на пијезометрима по подручју и на пијезометрима постављеним дуж дренажних канала где су изведени самоизливни бунари, као и директан технички увид у стање на терену.

У вези регулисања међусобних обавеза по питању заштите приобаља ООУР „Подунавље“ Ковин, закључио је са ХЕПС „Ђердап“ 1981. године „Споразум о регулисању међусобних односа у вези са изградњом и експлоатацијом система за заштиту приобалног подручја на територији општине Ковин од повишеног нивоа Дунава“. На основу овог Споразума, извршени су додатни радови на заштити приобаља. Предвиђена је и заштита села Дубовац, ојачањем насипа у зони чуварница.

У периоду од 1981-1984. године извршено је чишћење и продубљивање дренажних канала и замена самоизливних бунара дуж основних дренажних линија.

Систем је 1985. године реконструисан и у циљу заштите од утицаја успора ХЕПС „Ђердап 1“ за успор режимом „69,5 и више“ и режим „до 70,30“ у ком ради и данас. Током 1985. године је постављена хоризонтална цевна дренажа на делу слива црпне станице Врба, што је додатно оптеретило ову црпну станицу, која иначе на подручју треба да одржава најниже радне нивое. Пројектом из 1986. године предвиђена је њена реконструкција, у смислу значајног повећања капацитета, али није реализована.

Због појаве извора, нестабилности дна и косина уливне грађевине, дошло је до слегања црпне станице Мало Баваниште и привременог престанка њеног рада током 1988. године, после чега је око самог објекта изведен растеретни систем (група самоизливних бунара спојена колектором).

Крајем 1987. године пуштен је у рад локални дренажни систем за прикупљање вода непосредно испод високе терасе насеља Ковин са црпном станицом Поњавица.

После 1991. године, повећање степена коришћења потенцијалне енергије Дунава изазвало је додатне проблеме у заштити подручја. Дошло је до погоршања водног режима ниских приобалних површина, односно до подизања нивоа подземних вода. Још у току експлоатације у режиму „69,5/63“ закључено је да се у зони прве дренажне линије на подручју Ковин - Дубовац региструју знатно виши пијезометарски притисци од пројектом предвиђених.

Ово је условило потребу додатних мера за елиминисање негативног утицаја повишеног успора и уређења водног режима на угроженим површинама. Нису свуда пројектована нова решења, већ су постојећи системи заштите надограђени, реконструисани, или су већ постојећа решења примењена за заштиту до тада нештићених објеката:

1. Извршена је реконструкција дренажних канала; замењени су метални делови дренажних самоизливних бунара полифиб цевима и изграђени су потребни мостови.
2. Уређен је водоток Поњавица који пролази источним делом града Ковина. У условима успора до ког је довео ХЕПС „Ђердап 1“ изменио се и режим одводњавања, тако да је овај водоток одвојен од слива црпне станице Мало Баваниште. Техничко решење уређења састоји се у следећем: ископ канала по северном ободу постојеће баре (Поњавица) у дужини од 2 km, изградња црпне станице ($Q=2 \times 0,180 \text{ m}^3/\text{s}$) на почетку канала која површинске и дренажне воде пребацује у Дунав (Дунавац). Дно канала је бетонирано, а косине су обложене бетонским плочама. Поред канала је урађено 5 самоизливних бунара, изграђена су три моста, а остали простор је насут земљом. Објекат обезбеђује одвођење сувишних површинских вода, као и одржавање пројектованог нивоа подземних водана сливном подручју које чини пољопривредно земљиште и део градског подручја. Изградњом објекта, читав простор је уређен урбанистички, саобраћајно, санитарно и естетски.
3. Извршена је допунска мера заштите пољопривредних површина хоризонталном цевном дренажом.

У оквиру система за одводњавање, налази се и црпна станица Поњавица (која не припада сектору Ковин - Дубовац). Током 2002. године извршено је раздвајање сливова црпних станица Гај и Врба, који су у међувремену били повезани.

Систем за заштиту нижих делова насеља Дубовац (тзв. Старо село), угрожених високим нивоима подземних вода, у функцији је од априла 2005. године. Чини га низ од 7 дренажних бунара са потопљеним пумпама и заједничким изливом у Дунав.

У пројектима је, као генерални принцип рада дренажног система, усвојено да се, при максималним водостајима Дунава, у доводним каналима код црпних станица одржавају најнижи дозвољени нивои, док се са смањењем протицаја Дунава дозвољава извесно издизање нивоа воде у овим каналима. Овакав режим одржавања нивоа воде у каналима је изабран зато што су локални губици на улазу воде из доњег водоносног слоја у дренажни канал пропорционални количини дренажне воде, односно водостају Дунава. Да се не би, због повећања ових губитака, јавило издизање пијезометарских притисака у водоносном слоју и, посредно, нивоа подземних вода на брањеном подручју, снижавањем нивоа воде у каналу се ови губици компензују, а пијезометарски притисци на месту дренажног система остају константни независно од водостаја Дунава.

У Дубовацу углавном ради нова црпна станица, док се стара ангажује само повремено, у периоду поплавних таласа. Нивои воде у доводном каналу се повремено региструју изнад предвиђеног максимума.

Црпна станица Врба је дужи низ година одржавала више нивое од пројектованих и то у просеку за око 0,8 m. Након замене постојећих пумпних агрегата новим, крајем 2007. године, њихово ангажовање је смањено а нивои се одржавају у границама предвиђених кота.

Основни подаци о инсталисаном капацитету и пројектом предвиђеним радним нивоима код црпних станица овог подручја приказани су у Прилогу 3.

Аутоматско управљање и даљински надзор над радом црпних станица се врши помоћу апликативног софтвера у Сектору за одржавање приобаља Хидроелектрана „Ђердап 1“ и „Ђердап 2“.

4.8.2. Приказ постојећег система за одводњавање и заштитних насипа

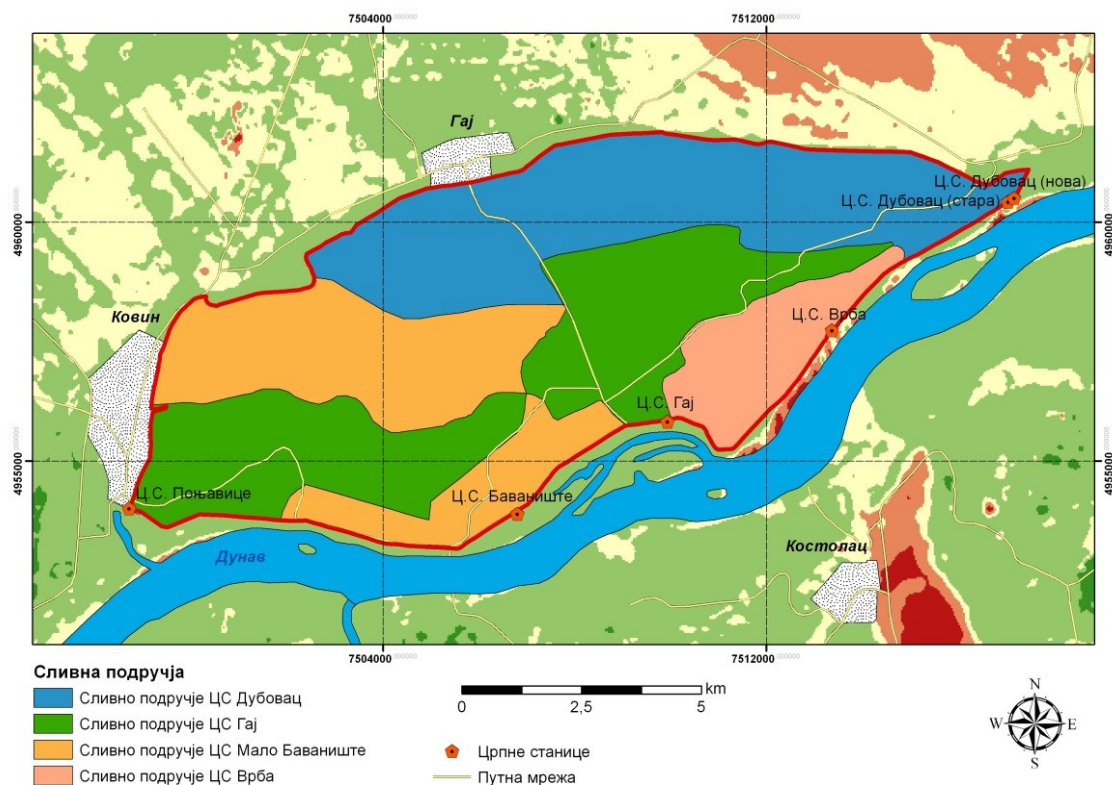
Систем за одводњавање сектора Ковин - Дубовац, чини отворена примарна (главна) каналска мрежа првог, другог и трећег реда укупне дужине 51,29 km и секундарна каналска мрежа укупне дужине 187,93 km, четири црпне станице (Слика 4.30), хоризонтална цевна дренажа на површини од 433 ha, самоизливни дренажни бунари - укупно 294 и пијезометри за праћење кретања нивоа подземне воде. Поред дренажног система, заштиту од спољашњих воде представља насип дужине 22,91 km. Сектор Ковин - Дубовац припада осамнаестој зони одводњавања од укупно 27 колико их има на простору Војводине.

У Прилогу 4 приказана је мапа Сектора Ковин - Дубовац са положајем дренажног система. Приказане су црпне станице и трасе канала, самоизливни дренажни бунари, цевна дренажа, пијезометри и водомерне летве.

4.8.2.1. Црпне станице

Пројектом који је урађен 1970. године сектор Ковин - Дубовац, је подељен на сливове који гравитирају одговарајућој црпној станици. Код поделе на сливове вођено је рачуна о котама терена које су различите и на основу којих су прописани и одговарајући режими нивоа воде у доводним каналима црпних станица (Слика 4.29).

Подела на сливове црпних станица се у протеклом периоду више пута мењала. Преграђивањем и повезивањем одређених канала вршена је преоријентација појединих делова слива једне црпне станице на слив друге, али су ови радови најчешће реализовани према тренутним потребама, у склопу решавања конкретних проблема.



Слика 4.29.- Сливна подручја црпних станица на подручју

У Табели 4.6 су дате површине које свако сливно подручје заузима, што је резултат прорачуна добијених ГИС алатом на основу нацртаних сливова (полигона). Готово подједнаку сливну површину заузимају црпне станице Дубовац и Гај, (2997 ha и 2989 ha, респ.), што чини 65% од целокупне површине сектора док најмања сливна површина припада црпној станици Врба (833 ha).

Табела 4.6.- Површине које заузимају сливна подручја црпних станица и њихова заступљеност на испитиваном подручју

СЛИВНО ПОДРУЧЈЕ	ПОВРШИНА (ha)	Процент заступљености (%)
Црпна станица Дубовац	2997	32,43
Црпна станица Врба	833	9,01
Црпна станица Гај	2989	32,34
Црпна станица (Мало) Баваниште	2423	26,22
УКУПНО	9241	100,00

Црпна станица Дубовац

Црпна станица Дубовац (стара) је пуштена у рад 1910. године. Погон мотора је дизел и састоји се од два агрегата инсталисане снаге 110 KS ($1KS=735,499W$). Има две црпке, капацитета $Q=2 \times 1,85 \text{ m}^3/s$. Црпке раде на бази хоризонталног центрирања, са висином дизања од 2,5 m. Коте пројектованих нивоа на основу које ради црпна станица су од 66,0 - 66,5 mm. Црпна станица Дубовац (стара) ради само у време великих поплавних таласа.

Црпна станица Дубовац (нова) је пуштена у рад 1972. године, када је комплетан ХЕПС „Ђердап 1“ почео са радом. Погон мотора је електрични и састоји се од два агрегата инсталисане снаге 35 KS (Прилог 3). Има две црпке, капацитета $Q=2 \times 0,33 \text{ m}^3/s$. Црпка ради на бази пропелера, са висином дизања од 6,5 m. Коте пројектованих нивоа на основу које ради црпна станица су као и код црпне станице Дубовац (стара) 66,0 - 66,5 mm.

Црпна станица Гај

Црпна станица Гај (стара) је пуштена у рад 1957. године. Погон мотора је електрични и састоји се од два агрегата инсталисане снаге 200 KS. Има две црпке, капацитета $Q=2 \times 2,0 \text{ m}^3/s$. Црпка ради на бази пропелера, са висином дизања од 6,0 m.

Црпна станица Гај (нова) је пуштена у рад 1972. године када је пуштена у рад и црпна станица Дубовац (нова). Погон мотора је електрични и састоји се од два агрегата инсталисане снаге 35 KS. Има две црпке, капацитета $Q=2 \times 0,33 \text{ m}^3/s$. Црпка ради на бази пропелера, са висином дизања од 6,5m. Коте пројектованих нивоа на основу које ради црпна станица су 65,8 - 66,3 mm.

Црпна станица (Мало) Баваниште

Црпна станица Мало Баваниште је пуштена у рад 1972. године. Погон мотора је електрични и састоји се од пет агрегата инсталисане снаге 60 KS капацитета $Q=5 \times 0,60 \text{ m}^3/s$. Црпка ради на бази пропелера, са висином дизања од 8,0

m. Коте пројектованих нивоа на основу које ради црна станица су 65,35 - 66,20 mm.

Црна станица Врба

Црна станица Врба је пуштена у рад 1972. године. Погон мотора је електрични и састоји се од четири агрегата инсталисане снаге 35 KS капацитета $Q=4 \times 0,33 \text{ m}^3/\text{s}$. Црпка ради на бази пропелера, са висином дизања од 7,3 m. Коте пројектованих нивоа на основу које ради црна станица су 65,1 - 65,40 mm.



Слика 4.30.- Главни канали и црпне станице, Дубовац, Гај, Баваниште

4.8.2.2. Каналска мрежа

Основна функција каналске мреже сектора Ковин - Дубовац је да на изразито равним теренима, на слабо водопропустљивим земљиштима сакупи сувишну површинску и подземну воду и да је евакуише ван мелиорационог подручја.

Постојећа каналска мрежа на сектору Ковин - Дубовац има укупну дужину канала 239,22 km (Табела 4.7), са укупним бројем од 120 примарних (главних) и секундарних (осталих) канала.

Израђени су и типски пропуси и мостови распона 3, 4, 6, и 8 m.

Табела 4.7.- Каналска мрежа са појединачном и укупном дужином канала

КАНАЛСКА МРЕЖА	ДУЖИНА КАНАЛСКЕ МРЕЖЕ (km)
Главни канали I реда	22,66
Главни канали II реда	9,65
Главни канали III реда	18,98
Секундарна (остала) каналска мрежа (број канала 114)	187,93
УКУПНО	239,22

Густина каналске мреже посматраног подручја је 25,89 m/ha. Иако је подручје од Панчева до Дубовца подељено лесном терасом код Ковина и водотоком Надела на три дела (Панчево - Иваново, Иваново - Ковин и Ковин - Дубовац), цело подручје карактерише сличност природних услова, као и изведених решења заштите од нивоа подземних вода изазваних стварањем успора ХЕПС „Ђердап 1“.

4.8.2.2.1. Одржавање каналске мреже

У циљу свеобухватног функционисања водопривредног система, неопходно је одржавати тај систем. Одржавање дренажних система подразумева редовне примене адекватних мера на основу којих се омогућава континуирани и ефикасни рад водопривредних објеката и система у целини.

Процес одржавања водопривредног система подразумева две групе радова а то су:

➤ Радови на одржавању заштитних објеката које изводе углавном инжењерско - техничко особље у циљу израде пројеката и елабората, радници у водопривредним организацијама и руковооци црпних станица у зони насипа. Ту спадају радови који се односе на насип (равнање круне насипа, механичко и ручно кошење круне и косине насипа и петометарског појаса). Поред тога, у радове на одржавању заштитних објеката спадају још и механизовано и ручно сечење шибља, примена хербицида на коровима, чишћење корова са облога насипа, одржавање насипских капија и белега, кошење траве и шибља у кориту, сечење шибља, поправка мањих оштећења обале, одржавање белега и брана и одбрана од поплава.

➤ У радове на одржавању система за одводњавање спадају функционални послови које изводе инжењерско - техничко особље у циљу израде пројеката и елабората, радници у водопривредним организацијама и руковооци црпних станица у зони каналске мреже. Ту спадају радови који се односе измуљење каналске мреже и ископ интервентних канала. У те радове спада и разастирање ископаног материјала, уградња цевастих пропуста са набавком материјала, машинско и ручно кошење једногодишњег, и сечење дрвенастог растиња са уклањањем из профила, одржавање и ремонт црпних постројења, рад на механичком препумпавању воде у реципијент, као и одржавање електропостројења.

Уз примену савремене, специјалне механизације и под условом да каналска мрежа није у запуштеном стању, за њено одржавање према нормативима, потребно је:

- код замуљења канала на годишњем нивоу, потребно је измуљити $0,10 \text{ m}^3$ по дужном метру канала. То практично значи да канале вишег реда треба у просеку измуљивати сваке 10 године, а канале нижег реда сваке 5 године.
- на пропустима и мостовима, вршити улагања 2,65% од инвестиционе вредности објекта за редовно одржавање,
- чишћење растиња на каналима вршити бар једном годишње, примењујући механичка и хемијска средства. Норматив за кошење подразумева површину банке ширине од 2 m, косине и дно канала,

- задовољити потребе за редовно одржавање и рад црпних станица на основу дугорочног просека улагања за ове потребе.

Још пре завршетка Другог светског рата, формирано је 15 великих водних задруга, од којих се Ковин - Дубовачка водна задруга нашла у Доњодунавској водној задрузи. Водне задруге имале су надлежности за одржавање каналске мреже.

У Доњодунавској водној задрузи формиране су две оперативне јединице, једна је Секција у Панчеву а друга је Секција у Ковину. До 1964. године, насипе и каналску мрежу су чувале и одржавале чуварске службе, чији су радници углавном били неквалификована радна снага и били распоређени по селима. Водне заједнице су укинуте 1962.г, а Војводина постала јединствено водно подручје.

Водопривредна организација ООУР „Подунавље”, са седиштем у Ковину формирана је 1981. г. а 1990. г. она постаје Водопривредно предузеће „Подунавље”. Према Закону о водама надлежност над делом Дунава уз сектор Ковин - Дубовац има ЈВП Воде Војводине.

Активности на одржавању каналске мреже

Одржавање каналске мреже односи се у првом реду на чишћење каналског профила од штетне вегетације, чиме се обезбеђује функционалност система. Канали имају релативно мале протоке и мале брзине тока воде, а тиме и малу снагу самопречишћавања због чега им прети опасност од преоптерећења загађењем (Килибарда и Бугарски, 2002).

Спроведене активности на чишћењу каналске мреже Сектора Ковин - Дубовац су:

Механичка метода чишћења канала - До почетка 70-тих година прошлог века, уклањање штетне вегетације из канала се вршило ручно - кратким, дугачким и ланчаним косама, а од тада почиње постепени развој примене механизације на искошавању канала. Поред већег броја косачица каналска мрежа се одржава и пловним косачицама.

Хемијске методе чишћења канала - На овом подручју први пут су за чишћење канала од штетне вегетације употребљени хербициди 1967. године. Од тада су хербициди у редовној употреби, а површине хемијским путем чишћених канала су

се наредних неколико година повећавале. Неискуством у примени хербицида, повремено су причињаване и штете на пољопривредним усевима у близини водопривредних објеката. Почев од 1973. године Институт за заштиту биља Пољопривредног факултета из Новог Сада и Завод за заштиту биља Пољопривредног факултета из Осијека, на бази вишегодишњих уговора прихватили су задатак да проучавају могућност одржавања хидромелиорационих објеката (канала и насипа) у Војводини, па самим тим и на сектору Ковин - Дубовац, уз примену хербицида. По њиховој препоруци је набављена потребна опрема за примену хербицида и за теренско праћење посла, као и заштитна опрема за раднике.

Биолошке методе - Пионирски посао на биолошкој заштити канала од штетног растиња почиње 1973. године, када је склопљен уговор са предузећем „Рибокомбинат” - Београд, којим је ангажована њихова стручна служба за праћење хемијског састава воде, вођење узгоја млађи амуре у Старој Ђопици (сливно подручје црпне станице Гај), и набавке биљоједне рибе (амур и толстолобик) да би се извршило порибљавање дренажних канала. Тада је од њих набављено 4000 комада одраслог амуре који су пуштени у канале. На основу донетог програма о порибљавању канала наведене године купљено је 6720 килограма белог амуре у циљу уништавања акватичног биља. Током 1974. године, морао се разрадити начин чувања порибљених водопривредних објеката због великог броја рибокрадица.

Улогу инвеститора и надзора одржавања дренажног система од 1982. г. изводи ХЕПС „Ђердап”, а извођачи радова су водопривредне организације (за сектор Ковин - Дубовац - задужено је Водопривредно предузеће „Подунавље”). У периоду између 1990-2000. година, радови на одржавању каналске мреже и дренажног система уопште, су сведени на минимум због недостатка финансијских средстава.

Секундарна каналска мрежа је великим делом неодржавана и запуштена, обрасла вегетацијом и замуљена, посебно на делу подручја између насипа и прве дренажне линије.

У циљу праћења рада дренажних система постављени су и редовно се осматрају пијезометри дуж дренажних канала (у засипу самоизливних бунара, на

неколико метара удаљености од бунара, на полурастојању између суседних бунара и на међурастојању од око 500 m дуж канала без самоизливних бунара).

Подаци осматрања пијезометара дуж појединих деоница дренажних канала показују лагано издизање пијезометарских притисака. Наведена појава указује на старење самоизливних бунара и повећање отпора у прифилтерској зони или пак зачепљење излива у каналу на појединим дренажним самоизливним бунарима.

На основу упоређења пројектованих пијезометарских нивоа дуж траса канала и нивоа регистрованих у пијезометрима између дренажних бунара уочавају се зоне са повишеним пијезометарским нивоима, где је нарушена функционалност канала, односно самоизливних бунара.

Током периода 2006-2010. укључујући и пролеће 2006. године, региструје се унутар брањеног подручја повољан режим подземних вода (дубине од површине терена су углавном веће од 0,8-1 m). Високим нивоима подземних вода су угрожене само ниже површине између насипа и прве дренажне линије, најчешће у појасу непосредно иза насипа. Ова угроженост, местимично и појава подземних вода на нижим површинама терена у првом реду се односи на ниже делове терена између црпних станица Дубовац и Врба, затим узводно од црпне станице Мало Баваниште до краја канала В-І-І. Узрок лошег стања у овој зони је запуштеност секундарне каналске мреже.

4.8.2.3. Дренажни самоизливни бунари

Дренажни бунари се, као основни објекти заштите и уређења водног режима подручја, користе за заштиту насеља и мелиоративних површина у условима када се водоносни слој налази испод моћног површинског слоја изграђеног од заглињених - слабијепропусних материјала.

За заштиту мелиоративних површина рађени су дренажни бунари који раде као самоизливни. Наиме, критеријуми за одржавање нивоа подземне воде на пољопривредним површинама (дубина воде на око 1 m од површине терена) дозвољава да се и самоизливним бунарима могу одржавати пијезометарски нивои у основном водоносном слоју на жељеној коти.

Самоизливни бунари, поред дренажне улоге имају сврху да обезбеђују филтрациону стабилност каналских профила на деловима где се региструју интензивнија филтрациона рушења дна и косина канала.

Приликом пројектовања објеката дренажних система тип самих дренажних бунара је изабран у зависности од хидрогеолошких и хидрохемијских услова и режима експлоатације (Хидрозавод, 1971)

Током досадашње експлоатације изведених дренажних бунара регистроване су појаве које изазивају опадање издашности бунара, односно повећање отпора на релацији водоносни слој - профилтерска зона - бунар.

Смањење издашности дренажног бунара у пракси се назива „старење бунара”, и настаје по правилу као резултат једног од наредна два процеса:

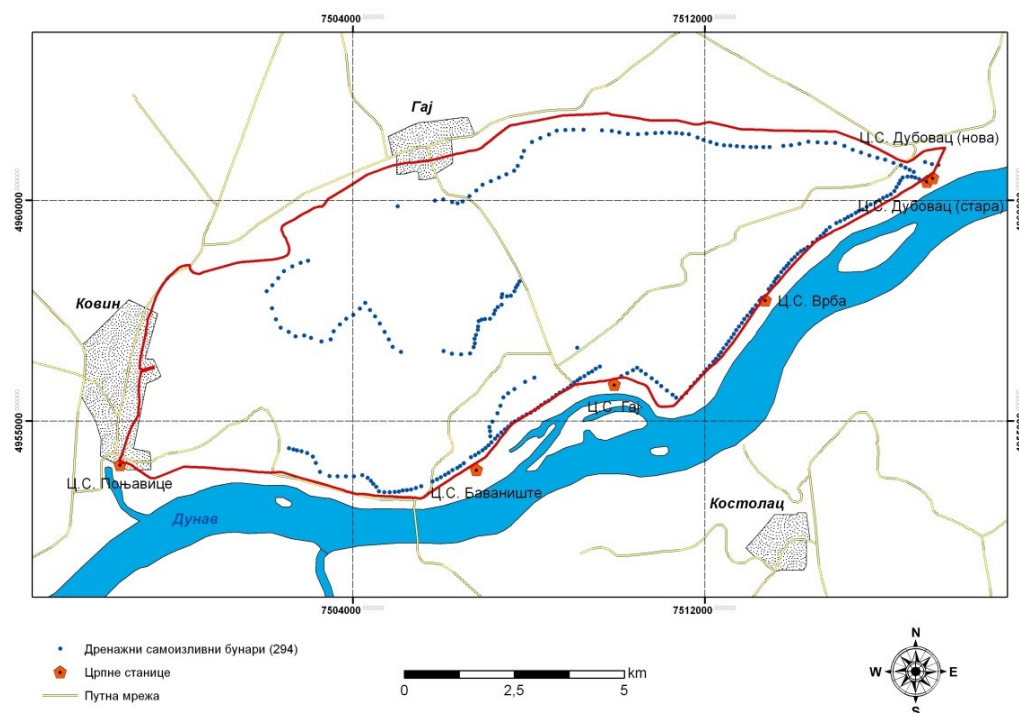
- корозија (појава везана искључиво за конструкцију бунара и представља његову физичку деградацију),
- инкрустација (представља процес таложења соли и нерастворених материја у профилтарској зони и на самој конструкцији бунара).

Дренажни самоизливни бунари на сектору Ковин - Дубовац су постављени (1971. г.) поред дренажних канала (у овом случају отвореног колектора) на међусобном растојању од 100 m на првој дренажној линији до Дунава. На другој и трећој дренажној линији растојање износи 150 до 200 m.

Бунари раде као самоизливни, јер се преко цеви пречника 150 mm, преко којих се вода из бунара излива у канал, обара притисак из водоносног слоја. Просечна дубина ових бунара износи 22 m (таложник 2 m, филтер 10 m и пуна цев 10 m)

У периоду експлоатације дренажних бунара од 1971-1978. године, дошло је до пропадања металне филтарске конструкције као резултат корозије и затим је настало запушивање бунара шљунком из засипа и до престанка рада практично свих дренажних самоизливних бунара. Из овог разлога самоизливни бунари на овом делу приобалног подручја су замењени новим. Њихов рад се прати од 1980. године. Током година уочено је споро али перманентно смањење издашности, што представља последицу хемијских процеса (инкрустације) у профилтарској зони на филтарској конструкцији бунара.

Број самоизливних дренажних бунара је 294 (Слика 4.31).

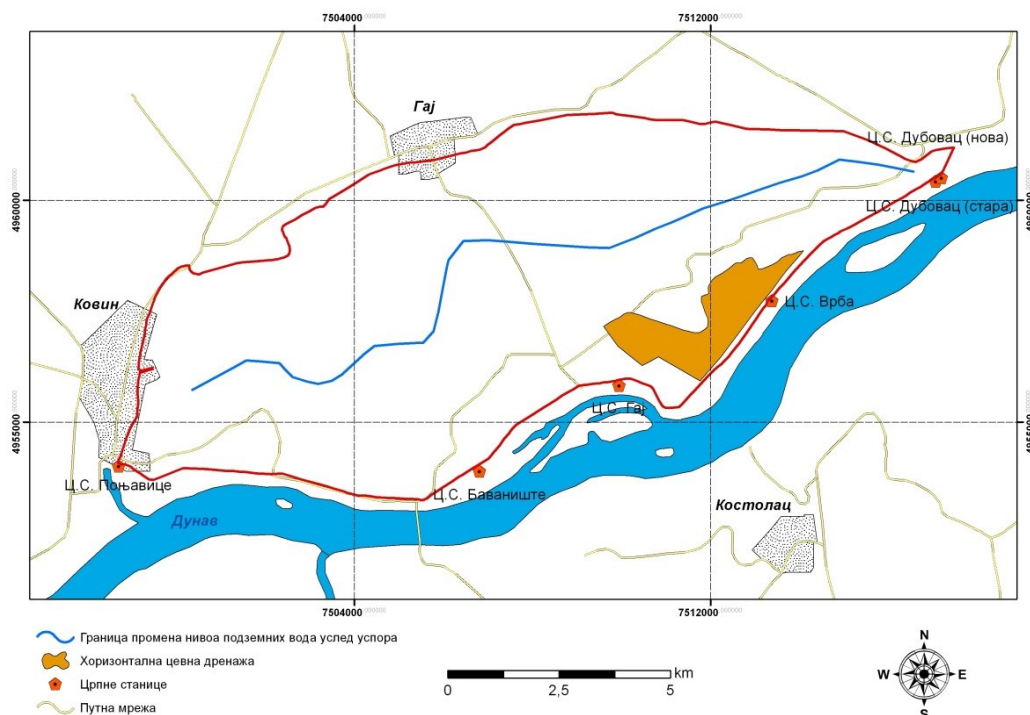


Слика 4.31.- Просторни распоред самоизливних дренажних бунара

4.8.2.4. Хоризонтална цевна дренажа

Без обзира на степен изграђености и функционисање система за одводњавање, на неким деловима подручја, водни режим није био уређен. Главни узрочници неповољног стања били су високи нивои подземних вода и присуство површинске воде на тим парцелама.

За интензивирање коришћења природних потенцијала таквих земљишта предвиђена су додатна техничка решења у виду прилагођавања детаљне каналске мреже и постављање хоризонталне цевне дренаже, 1972. г.



Слика 4.32.- Хоризонтална цевна дренажа на подручју

Хоризонтална цевна дренажа је изграђена од перфорираних пластичних цеви, пречника 80 mm, на дубини од 80 до 120 cm. Растојање између дренава је 20-40 m, пад 1,5‰ а дужина цеви 125-200 m. Током 2010. године, извршена је замена свих излива на дренавима, чишћење канала, изградња путне мреже, испирање дренава и снимање изведеног стања дренава.

Хоризонтална цевна дренажа изграђена је на површини од је 433 ha (Слика 4.32)

4.8.2.5. Заштитни насипи

У оквиру изградње система заштите од утицаја успора ХЕПС „Ђердап 1“ за режим „68/63“ извршено је надвишење постојећег насипа и његово ојачање са брањене стране и изведен заштитни баластни слој од шљунковито-песковитог материјала. Упоредо са овим извршена је одговарајућа реконструкција постојећег дренажног система.

Одбрамбени насип дужине 22,91 km, се код Ковина и код Дубовца, завршава у високом терену (Прилог 4).

Кота круне насипа има благ пад од коте 75,15 mmn код Ковина до 74,20 mmn код Дубовца. Спољна и унутрашња косина насипа изведене су у нагибу 1:3. Спољна косина је готово целом дужином заштићена од ерозионог дејства таласа бетонском облогом, изведеном до на 0,7 m испод круне насипа. На осталим деоницама насипа заштита спољне косине обезбеђује се шумским појасом (форландом) у инундацији.

За обезбеђење од неповољног утицаја филтрације целом дужином насипа изграђен је заштитни баласт ширине око 50 m. Баласт је изостављен само локално код чуварница, а такође није изграђен дуж првих 200 m насипа код Дубовца, тј. у зони уставе на високообалном каналу и црпне станице.

Конструкција насипа се унутар брањеног подручја завршава латералним каналом, који треба да обезбеди одвођење евентуалних провирних вода из зоне баласта.

Површински део насипа (укључујући и баласт) је углавном изграђен од водопрпусних песковито-шљунковитих материјала, местимично са прашином. У доњим деловима насип је изграђен од локалног материјала узетог из површинског слоја, из материјалних ровова у инундацији.

5. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

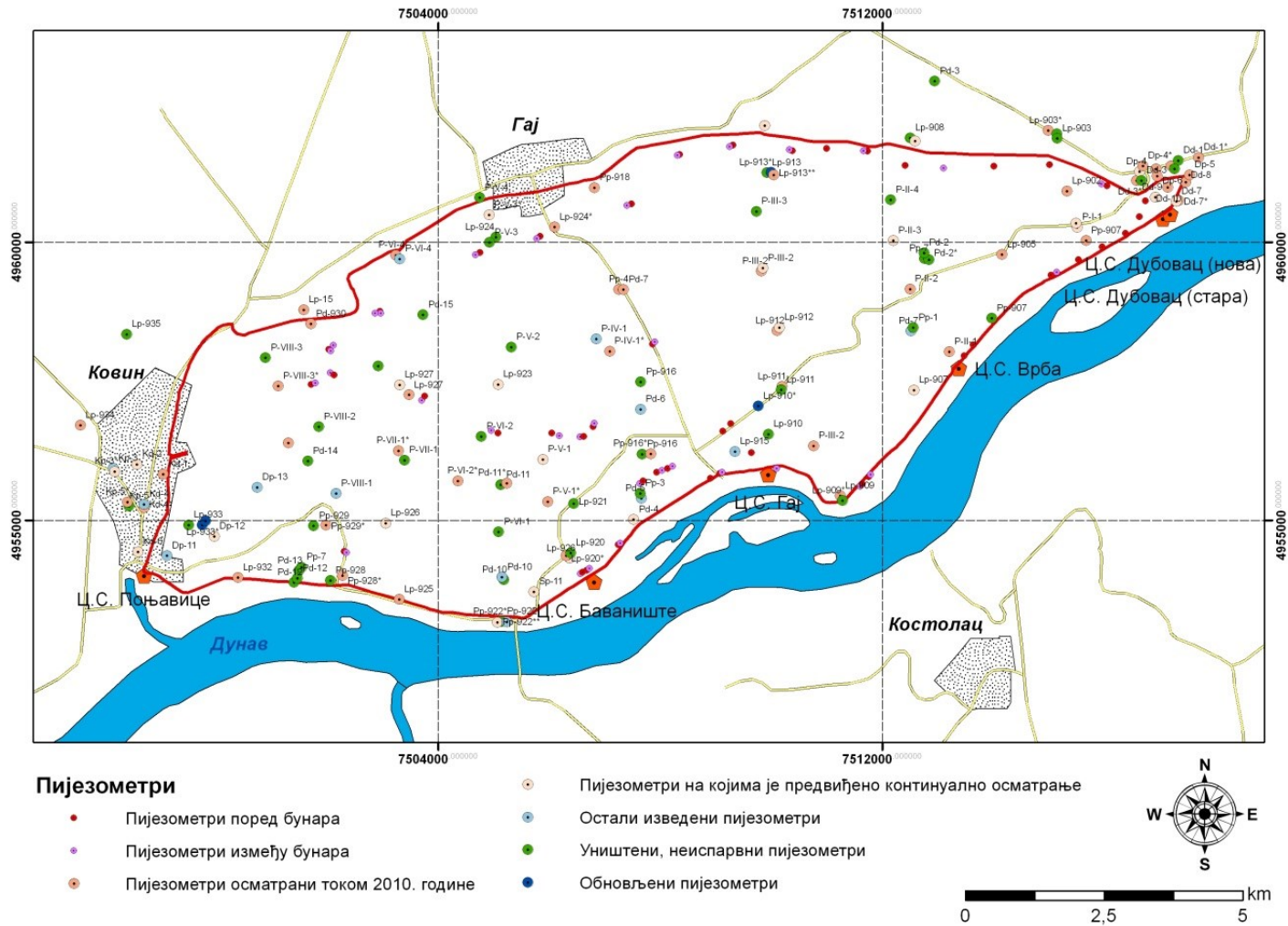
5.1. РЕЗУЛТАТИ ПРОУЧАВАЊА УТИЦАЈА ПРИРОДНИХ И АНТРОПОГЕНИХ ФАКТОРА НА БИЛАНС ВОДА И РАД СИСТЕМА ЗА ОДВОДЊАВАЊЕ

5.1.1. Подземне воде

У брањеном подручју тј. иза прве дренажне линије, пијезометарски нивои у водоносном слоју се прате на већем броју пијезометара.

Регистровање нивоа подземних вода на осматрачким пијезометрима, распоређеним по подручју, спроводе се петнаестодневно, док се пијезометри дуж трасе дренажних система осматрају четири пута годишње.

На векторизованој карти сектора Ковин – Дубовац, просторно су приказани положаји пијезометара (Слика 5.1).



Слика 5.1.- Просторни распоред и ознака пијезометара на сектору Ковин – Дубовац

Анализа осцилација подземних вода на испитиваном подручју је приказана је за низове података мерења нивоа подземних вода у периоду 1. јануара 1985. године до 31. децембра 2010. г. са читавањем на сваких 15 дана. У том периоду је укупно постављено и обновљено 147 пијезометара. Низови мерења нису континуални већ са прекидима. Разлози за прекиде мерења су техничке и људске природе. Међутим, често су на ове прекиде утицали и услови спољашње средине, пре свега поплавни периоди и замрзавање воде у пијезометрима.

У Табели 5.1. су приказани опсежи осцилација нивоа, средњи, максимални и минимални нивои подземне воде у пијезометрима и проценти трајања високих нивоа подземних вода, мањих од 1 m испод површине терена, за одабрана 43 пијезометра. Критеријум по коме су одабрани пијезометри су континуитет мерења на њима, и равномерни распоред на целом подручју у три дренажне линије. Из Табеле 5.1 се може видети да су осцилације нивоа подземне воде у пијезометрима веома велике. Највеће осцилације нивоа подземних вода су измерене на пијезометрима Pp-916*, Pp-901, Pd-7, Lp-912*, P-III-2*, P-VI-4* и P-5, од чак 8,77 m, 6,25 m, 5,24 m, 4,16 m, 4,69 m, 4,28 m и 4,40 m, респективно. У пијезометрима Lp-912, Lp-903**, Lp-920**, Pp-922** и SP-11 су забележене најмање осцилације које износе 0,84 m, 1,31 m, 1,21 m, 1,20 m и 0,96 m, респективно.

Табела 5.1.- Осцилације, средњи, максимални и минимални нивои подземне воде у пијезометрима и проценти трајања високих нивоа подземних вода

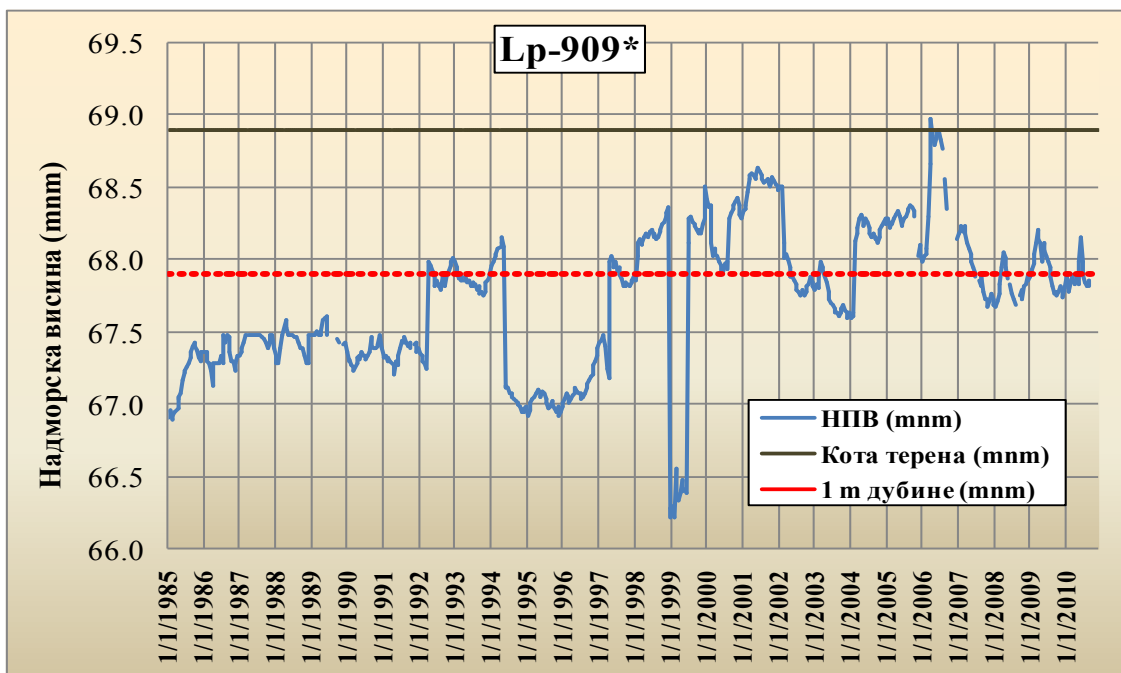
Ознака Пијезометра	Кота терена (mnm)	Највиши ниво подземне воде (mnm)	Најнижи ниво подземне воде (mnm)	Осцилација нивоа подземних вода (m)	Средњи ниво подземне воде (mnm)	Средња дубина до подземне воде (m)	Најмања дубина до подземне воде (m)	Највећа дубина до подземне воде (m)	Трајање високих нивоа подземних вода (%)
Pd-4	69,34	68,75	64,85	3,90	67,52	1,82	0,59	4,49	28,5
Pd-7	72,09	72,15	66,91	5,24	68,21	3,88	-0,06	5,18	0,2
Pd-14	69,93	68,59	66,09	2,50	67,18	2,75	1,34	3,84	0,0
Pd-15	73,30	72,86	70,02	2,84	71,26	2,04	0,44	3,28	0,0
Pp-901	69,57	67,93	61,68	6,25	66,90	2,67	1,64	7,89	0,0
Lp-902	69,39	67,88	66,28	1,60	67,04	2,35	1,51	3,11	0,0
Lp-905	68,42	67,67	65,09	2,58	66,54	1,88	0,75	3,33	0,6
Lp-909*	68,90	68,97	66,21	2,76	67,72	1,18	-0,07	2,69	35,7
Lp-911*	68,08	68,26	65,09	3,17	66,56	1,52	-0,18	2,99	30,2
Lp-912*	68,28	67,93	63,77	4,16	66,65	1,63	0,35	4,51	15,7
Lp-913**	68,95	68,30	65,95	2,35	67,17	1,78	0,65	3,00	5,4
Pp-916*	67,71	67,60	58,83	8,77	66,17	1,54	0,11	8,88	23,8
Pp-918	70,30	69,87	66,74	3,13	68,63	1,67	0,43	3,56	7,3
Lp-920**	68,93	68,10	66,89	1,21	67,38	1,55	0,83	2,04	3,6

Ознака Пијезометра	Кота терена (mm)	Највиши ниво подземне воде (mm)	Најнижи ниво подземне воде (mm)	Осцилација нивоа подземних вода (m)	Средњи ниво подземне воде (mm)	Средња дубина до подземне воде (m)	Најмања дубина до подземне воде (m)	Највећа дубина до подземне воде (m)	Трајање високих нивоа подземних вода (%)
Pp-922**	69,28	69,32	68,12	1,20	68,65	0,63	-0,04	1,16	87,1
Lp-923	70,91	70,21	67,65	2,56	68,81	2,10	0,70	3,26	7,3
Lp-924*	71,64	71,61	68,16	3,45	69,88	1,76	0,03	3,48	20,1
Lp-926	68,85	68,25	65,92	2,33	66,97	1,88	0,60	2,93	2,8
Lp-927*	68,30	68,30	65,61	2,69	66,69	1,61	0,00	2,69	11,9
Pp-928*	71,69	71,27	68,99	2,28	69,82	1,87	0,42	2,70	1,8
Pp-929*	70,57	69,20	65,30	3,90	67,58	2,99	1,37	5,27	0,0
Pp-930	71,07	70,68	67,87	2,81	69,08	1,99	0,39	3,20	5,3
Lp-932	71,07	70,93	67,93	3,00	69,08	1,99	0,14	3,14	5,7
Pp-933**	69,99	68,52	66,46	2,06	67,54	2,45	1,47	3,53	0,0
CB-33/S-	67,93	68,26	66,81	1,45	67,64	0,29	-0,33	1,12	99,8
CB-34/P-	67,85	68,32	66,08	2,24	67,64	0,21	-0,47	1,77	89,9
CB-36/P-	70,11	68,61	65,43	3,18	66,89	3,22	1,50	4,68	0,0
P-I-1*	70,54	68,08	66,57	1,51	67,16	3,38	2,46	3,97	0,0
P-II-2	72,80	70,91	68,94	1,97	69,69	3,11	1,89	3,86	0,0
P-III-1*	69,23	68,81	66,29	2,52	67,55	1,68	0,42	2,94	6,1

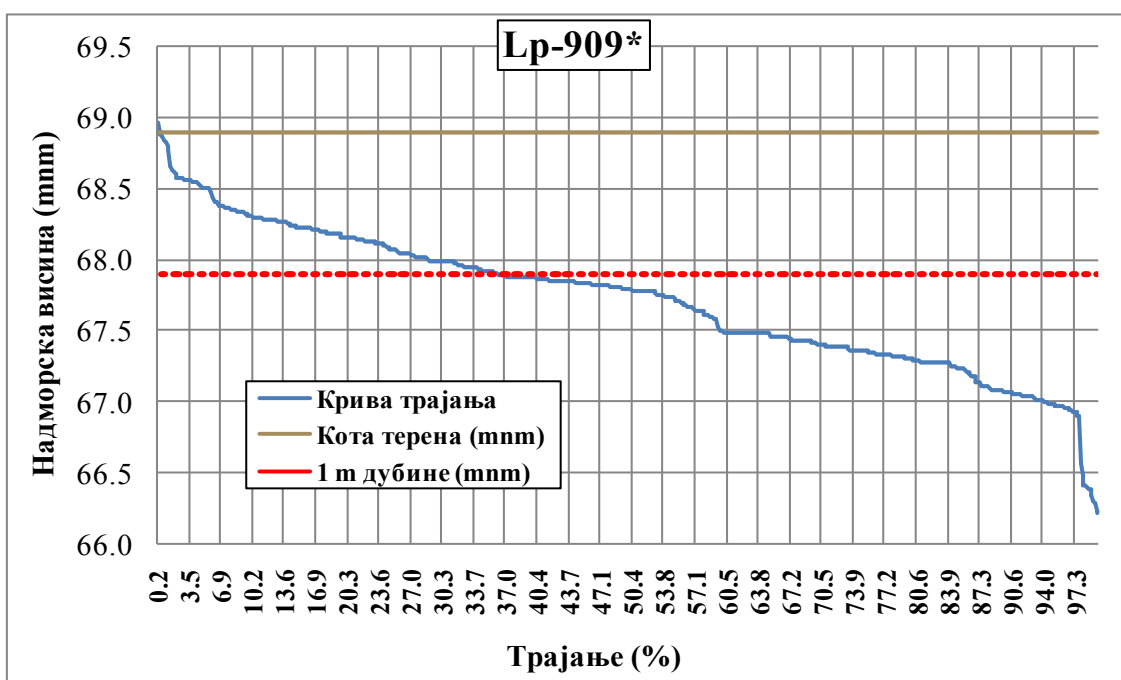
Ознака Пијезометра	Кота терена (mnm)	Највиши ниво подземне воде (mnm)	Најнижи ниво подземне воде (mnm)	Осцилација нивоа подземних вода (m)	Средњи ниво подземне воде (mnm)	Средња дубина до подземне воде (m)	Најмања дубина до подземне воде (m)	Највећа дубина до подземне воде (m)	Трајање високих нивоа подземних вода (%)
P-III-2*	70,35	69,11	64,42	4,69	67,01	3,34	1,24	5,93	0,0
P-IV-1*	68,28	67,78	66,33	1,45	67,02	1,26	0,50	1,95	31,8
P-V-1*	68,59	68,41	65,72	2,69	66,86	1,73	0,18	2,87	15,3
P-V-3*	73,79	72,95	70,30	2,65	71,69	2,10	0,84	3,49	3,7
P-VI-2*	68,93	67,53	64,85	2,68	66,34	2,59	1,40	4,08	0,0
P-VI-4*	74,16	75,19	70,91	2,10	72,00	2,18	1,16	3,25	0,7
P-VII-1*	68,84	67,59	64,61	2,98	66,19	2,65	1,25	4,23	0,0
P-VIII-3	71,29	69,83	66,86	2,97	68,17	3,12	1,46	4,43	0,0
P-1	69,61	68,89	65,00	3,89	67,67	1,94	0,72	4,61	5,1
P-2	69,80	69,79	65,92	3,87	68,69	1,11	0,01	3,88	77,0
P-3	70,81	70,79	68,26	2,53	69,34	1,47	0,02	2,55	11,7
P-4	72,28	71,86	68,93	2,93	70,21	2,07	0,42	3,35	2,5
P-5	72,98	72,01	67,61	4,40	70,40	2,58	0,97	5,37	0,2

Због постојања великог броја пијезометара у раду су графички приказани карактеристични пијезометри – они који су у одређеном временском периоду били изложени дејству високих нивоа подземних вода. Критеријум који је изабран у раду је проценат времена у коме је подземна вода била на дубини мањој од 1 m од површине терена. Дубина од 1 m је изабрана јер она у ширем смислу може представљати дубину до које се развија највећи део масе кореновог система и она не би требало да представља препреку за пољопривредну производњу. Такође, ова дубина је често и дренажни критеријум при пројектовању дренажних система. За 14 пијезометра у наставку следи графички приказ резултата преко нивограма подземне воде и преко криве (линије) трајања нивоа подземних вода.

Пијезометар Lp-909* (Слика 5.1) се налази око 1 km југоисточно од црпне станице Гај иза самог насипа крај Дунава. Карактерише се великим континуитетом мерења са само неколико мањих прекида (Слика 5.2). Од укупно 596 прочитаних мерења, 213 пута су регистроване дубине подземне воде мање од 1 m од површине терена. На Слици 5.3 је приказана крива трајања нивоа подземних вода. Укупно 35,7% времена се подземна вода на овом пијезометру налази на дубини која представља потенцијалну претњу оптималној биљној производњи. Осцилација нивоа подземне воде на овом пијезометру је 2,76 m, док мерења у 2006. години показује да подземна вода избија на саму површину терена. Битно је рећи да је средња дубина подземне воде од површине терена на овом пијезометру 1,18 m.

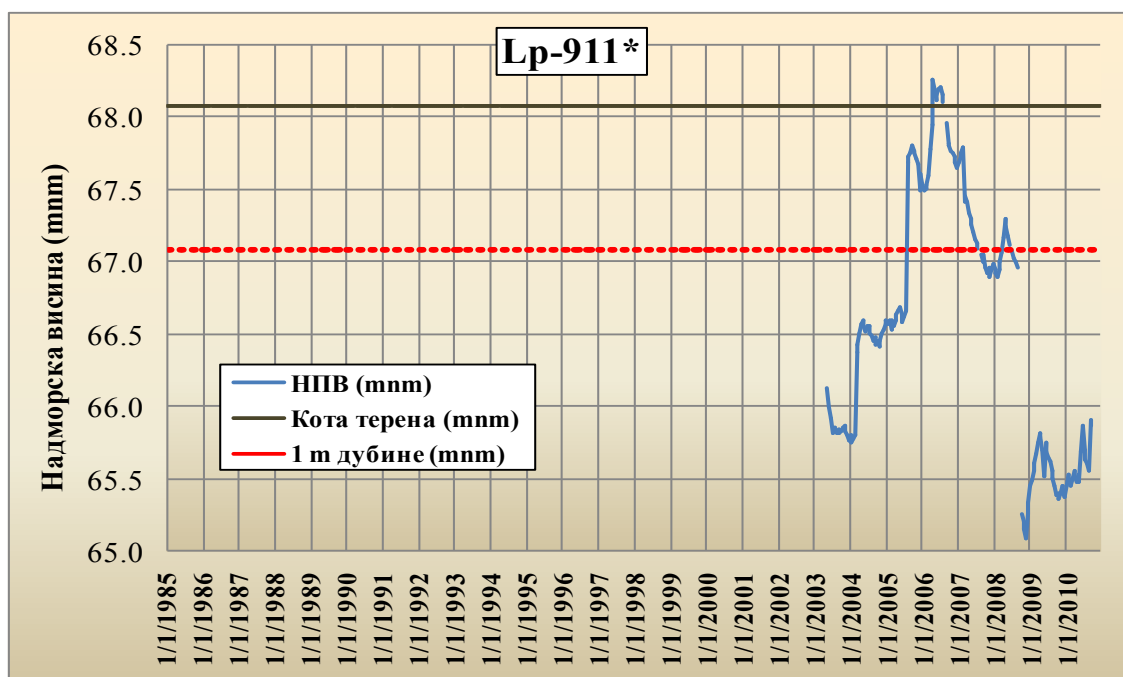


Слика 5.2.- Нивограм подземних вода на пијезометру Lp-909*

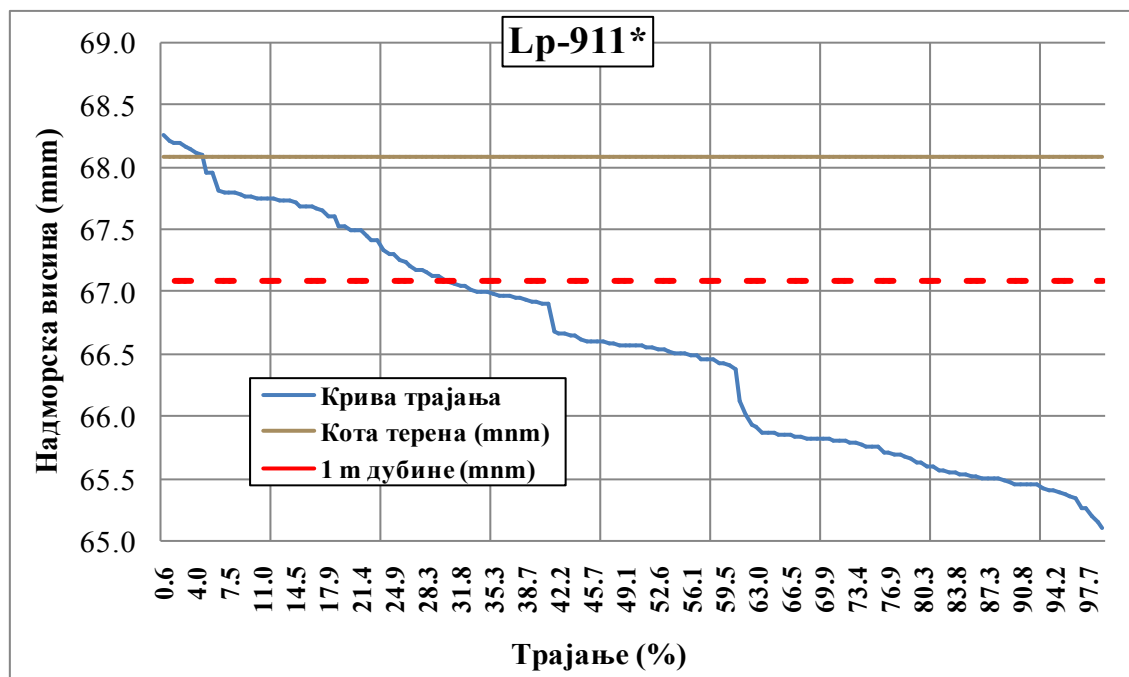


Слика 5.3.- Крива трајања нивоа подземних вода за пијезометар Lp-909*

Пијезометар Lp-911* (Слика 5.1) се налази око 2,5 km северно од пијезометра Lp-909*. Карактерише се мерењима која почињу 2003. године са само неколико мањих прекида до 2010. године. Од укупно 172 мерења, 52 пута су регистроване дубине подземне воде мање од 1 m од површине терена (Слика 5.4). На Слици 5.5. је приказана крива трајања нивоа подземних вода на овом пијезометру. Укупно 30,2% времена се подземна вода на овом пијезометру налази на дубини која представља потенцијалну претњу оптималној биљној производњи. Осцилација нивоа подземне воде на овом пијезометру је 3,17 m, док резултати мерења у 2006. години показује да подземна вода избија на саму површину терена. Средња дубина подземне воде од површине терена на овом пијезометру је 1,52 m.

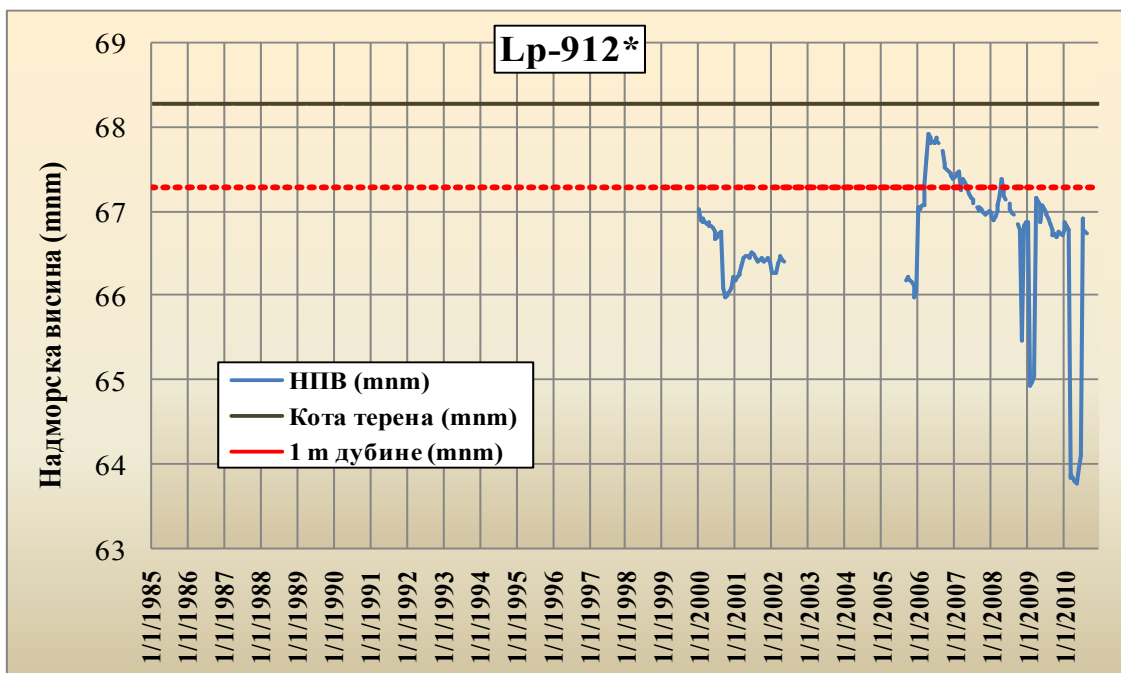


Слика 5.4.- Нивограм подземних вода на пијезометру Lp-911*

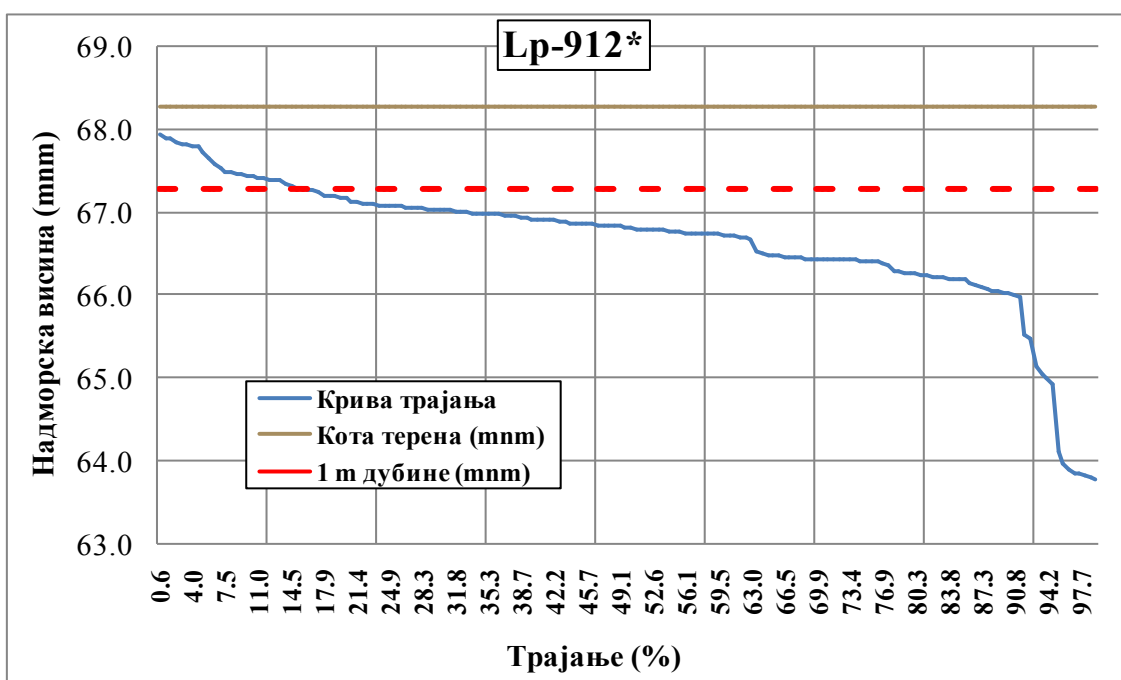


Слика 5.5.- Крива трајања нивоа подземних вода за пијезометар Lp-911*

Пијезометар Lp-912* (Слика 5.1) се налази око 1 km северно од пијезометра Lp-911*. Карактерише се мерењима која почињу 2000. године и прекидају се 2002. године, а затим се настављају 2006. године и трају до данас. Од укупно 172 очитана мерења, 27 пута су регистроване дубине подземне воде мање од 1 m од површине терена (Слика 5.6). На Слици 5.7 приказана је крива трајања нивоа подземних вода на овом пијезометру. Укупно 15,7% времена се подземна вода на овом пијезометру налази на дубини која представља потенцијалну претњу оптималној биљној производњи. Осцилација нивоа подземне воде на овом пијезометру је 4,16 m, док резултати мерења у 2006. години показују да подземна вода долази на само 35 cm од површине терена. Средња дубина подземне воде од површине терена на овом пијезометру је 1,63 m.

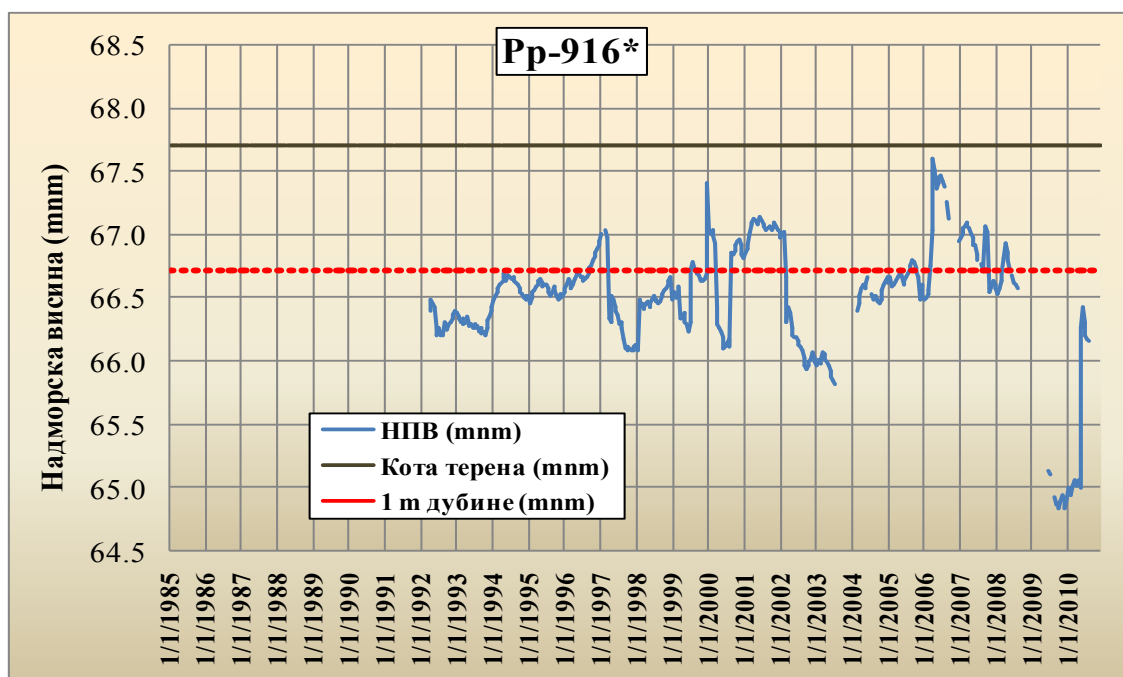


Слика 5.6.- Нивограм подземних вода на пијезометру Lp-912*

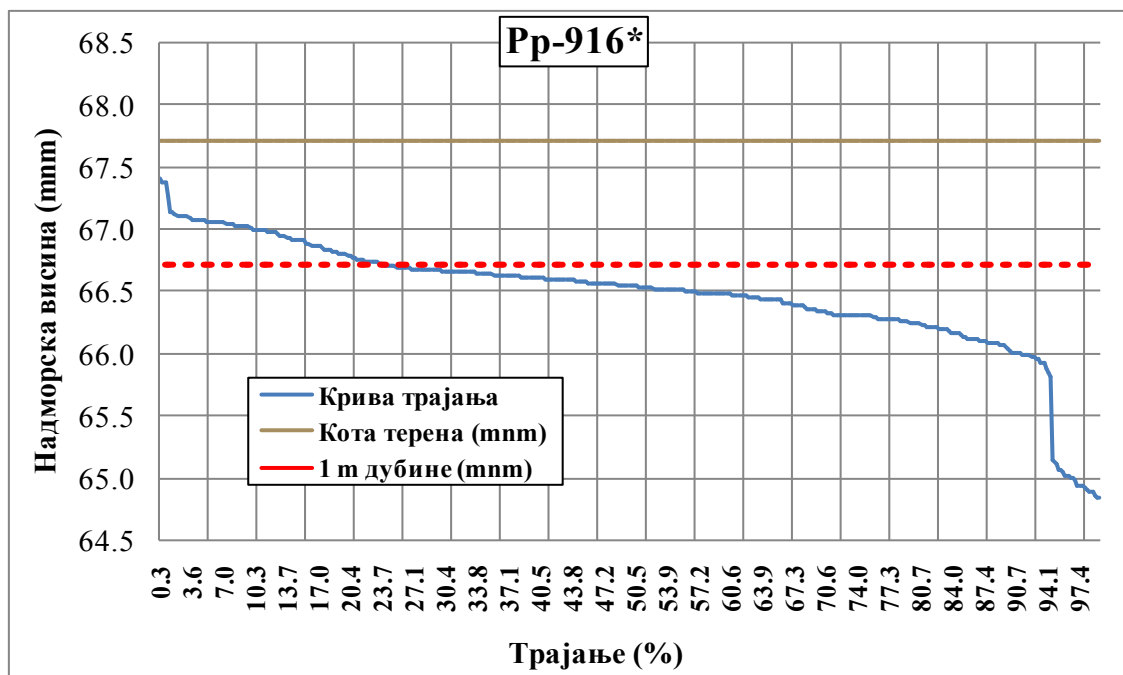


Слика 5.7.- Крива трајања нивоа подземних вода за пијезометар Lp-912*

Пијезометар Рр-916* (Слика 5.1) се налази око 2,5 km североисточно од црпне станице Баваниште. Карактерише се мерењима која почињу 1992. године са мањим прекидима до 2009. године, и наставком мерења до данас. Од укупно 411 очитаних мерења, 98 пута су регистроване дубине подземне воде мање од 1 m од површине терена (Слика 5.8). На Слици 5.9 је приказана крива трајања нивоа подземних вода на овом пијезометру. Укупно 23,8% времена се подземна вода на овом пијезометру налази на дубини испод 1 m. Осцилација нивоа подземне воде на овом пијезометру је 8,77 m, док резултати мерења у 2006. години показује да подземна вода долази на само 11 cm од површине терена. Средња дубина подземне воде од површине терена на овом пијезометру је 1,54 m.

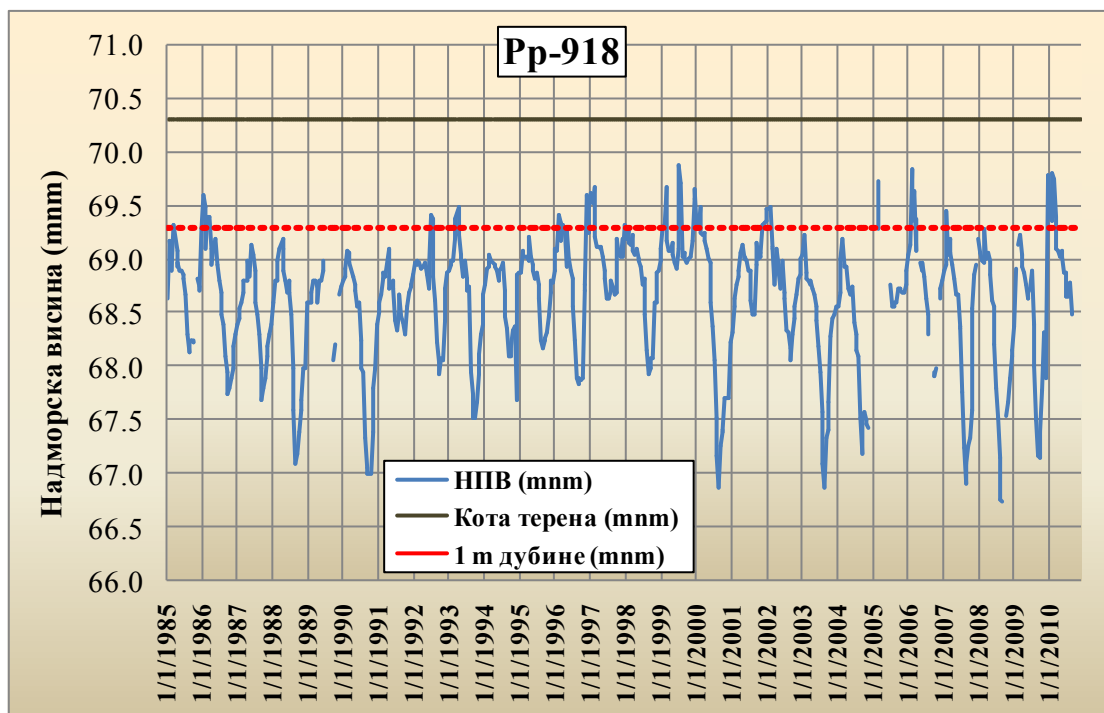


Слика 5.8.- Нивограм подземних вода на пијезометру Рр-916*

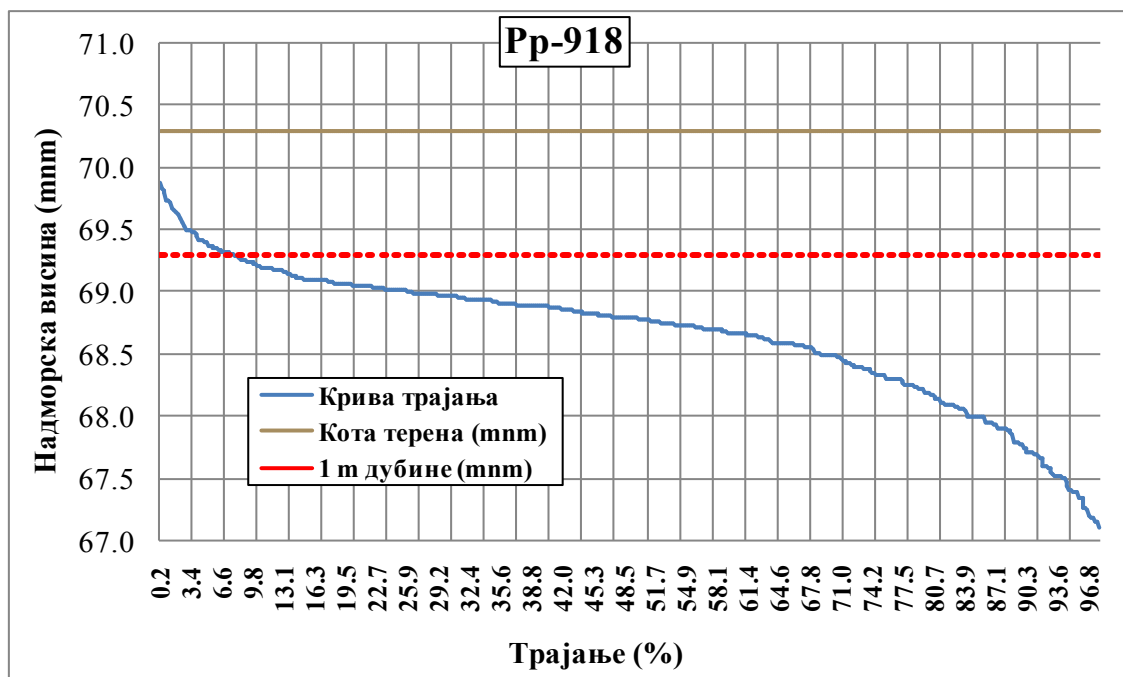


Слика 5.9.- Крива трајања нивоа подземних вода за пијезометар Рр-916*

Пијезометар Рр-918 (Слика 5.1) се налази у околини насеља Гај на самом северу истраживаног подручја. Карактерише се великим континуитетом у мерењима од 1985. године до 2010. године. Од укупно 589 очитаних мерења, 43 пута су регистроване дубине подземне воде мање од 1 m од површине терена (Слика 5.10). Укупно 7,3% времена се подземна вода на овом пијезометру налази на дубини испод 1 m (Слика 5.11). Осцилација нивоа подземне воде на овом пијезометру је 3,13 m, док резултати мерења у 1999. години показују да се подземна вода налазила на 43 cm од површине терена. Средња дубина подземне воде од површине терена на овом пијезометру је 1,67 m за цео период.

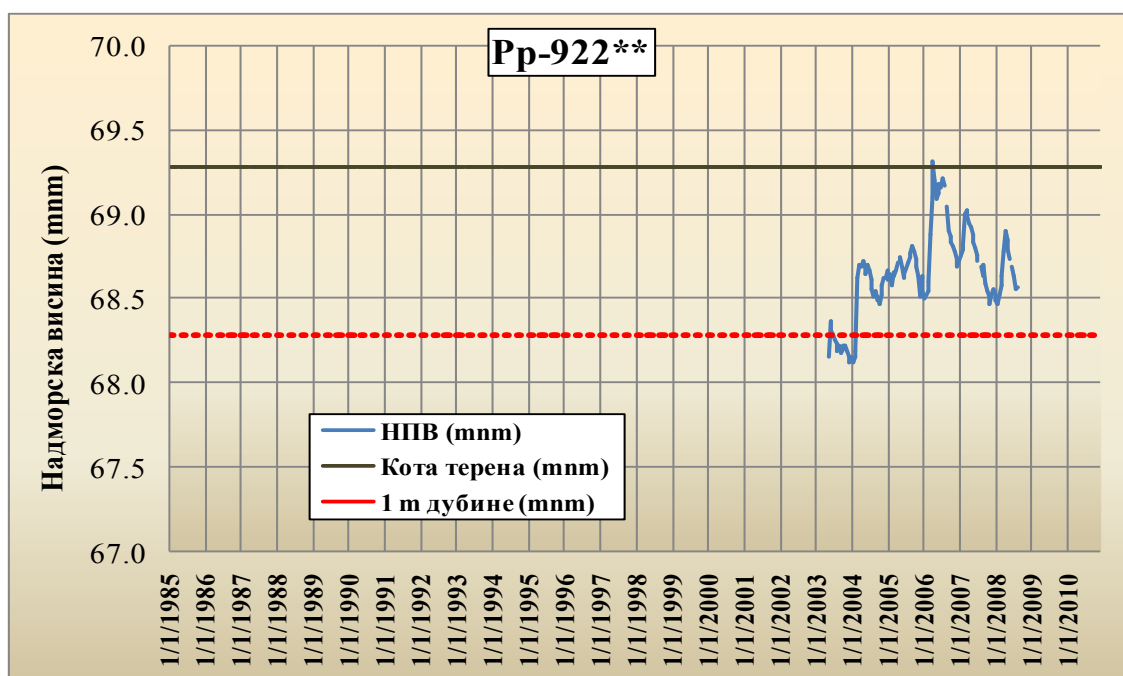


Слика 5.10.- Нивограм подземних вода на пијезометру Рр-918

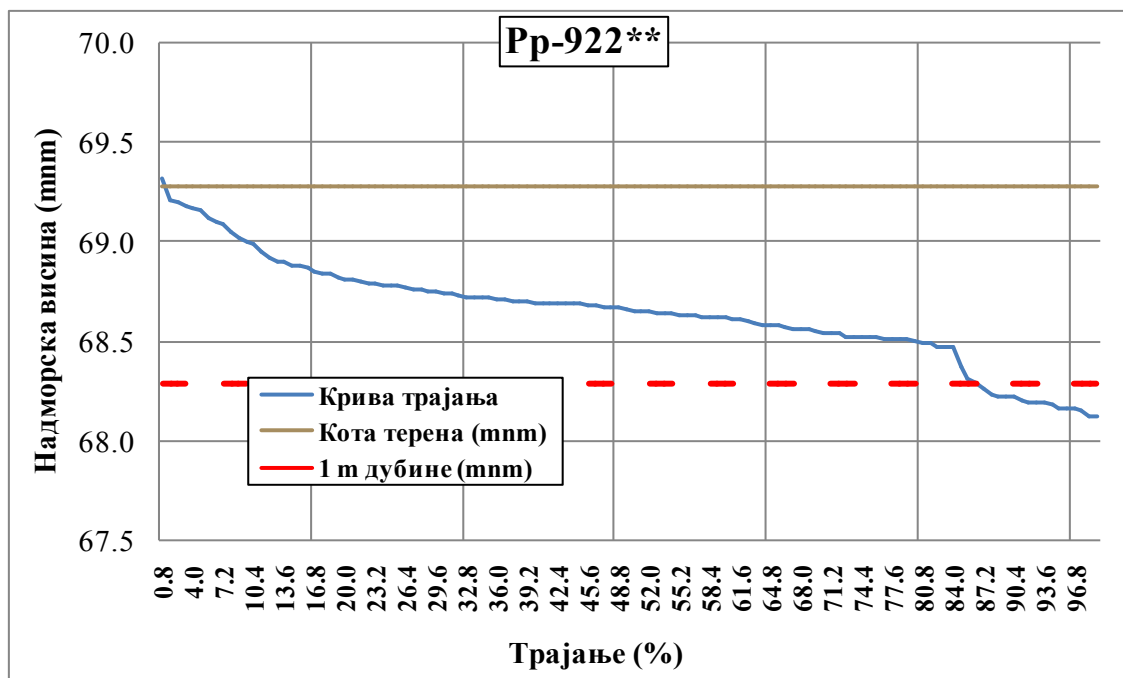


Слика 5.11.- Крива трајања нивоа подземних вода за пијезометар Рр-918

Пијезометар Рр-922** (Слика 5.1) се налази близу насипа на Дунаву западно од црпне станице Баваниште. Карактерише се мерењима од 2003. године до 2008. године. Од укупно 124 прочитаних мерења, 108 пута су регистроване дубине подземне воде мање од 1 m од површине терена (Слика 5.12). На Слици 5.13 је приказана крива трајања нивоа подземних вода. На овом пијезометру 87% времена се подземна вода налази на дубини испод 1 m. Осцилација нивоа подземне воде на овом пијезометру је само 1,20 m, док резултати мерења у 2006. години показују да се подземна вода налазила на површини терена. Средња дубина подземне воде од површине терена на овом пијезометру је само 0,63 m за цео период.

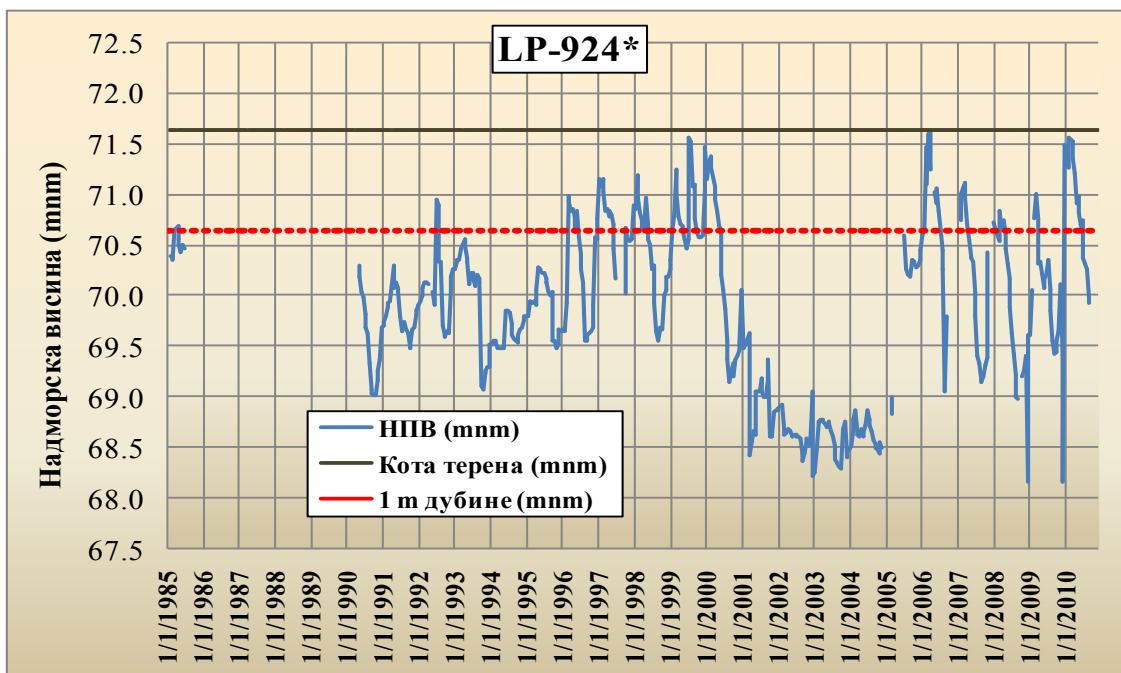


Слика 5.12.- Нивограм подземних вода на пијезометру Рр-922**

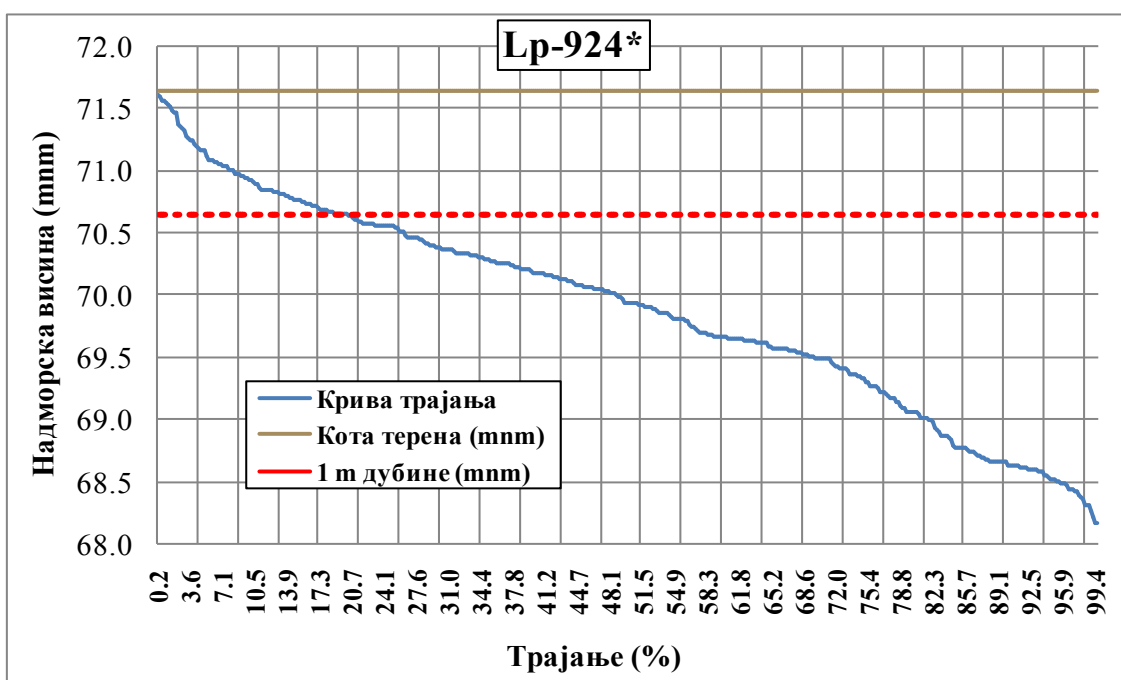


Слика 5.13.- Крива трајања нивоа подземних вода за пијезометар Рр-922**

Пијезометар Рр-924* (Слика 5.1) се налази поред пута Гај - насип на Дунаву, поред самог улаза у село Гај. Карактерише се великим континуитетом мерења од 1990. године до 2010. године, са мањим прекидима. Од укупно 467 прочитаних мерења, 94 пута су регистроване дубине подземне воде мање од 1 m од површине терена (Слика 5.14). На Слици 5.15. је приказана крива трајања нивоа подземних вода на овом пијезометру. На овом пијезометру 20,1% времена се подземна вода налази на дубини мањој од 1 m у односу на површину терена. Осцилација нивоа подземне воде на овом пијезометру је 3,45 m. Резултати мерења у 1999. години и 2006. години показују да се подземна вода налазила и до 3 cm од површине терена. Средња дубина подземне воде од површине терена на овом пијезометру је 1,76 m за цео период.

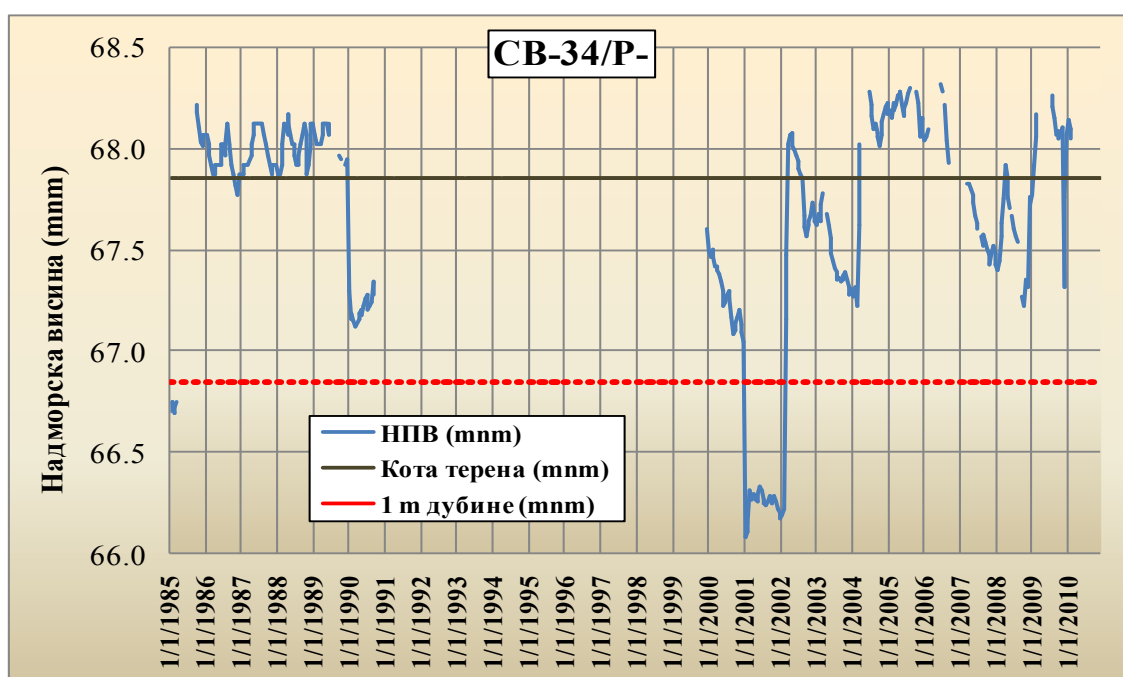


Слика 5.14.- Нивограм подземних вода на пијезометру Lp-924*

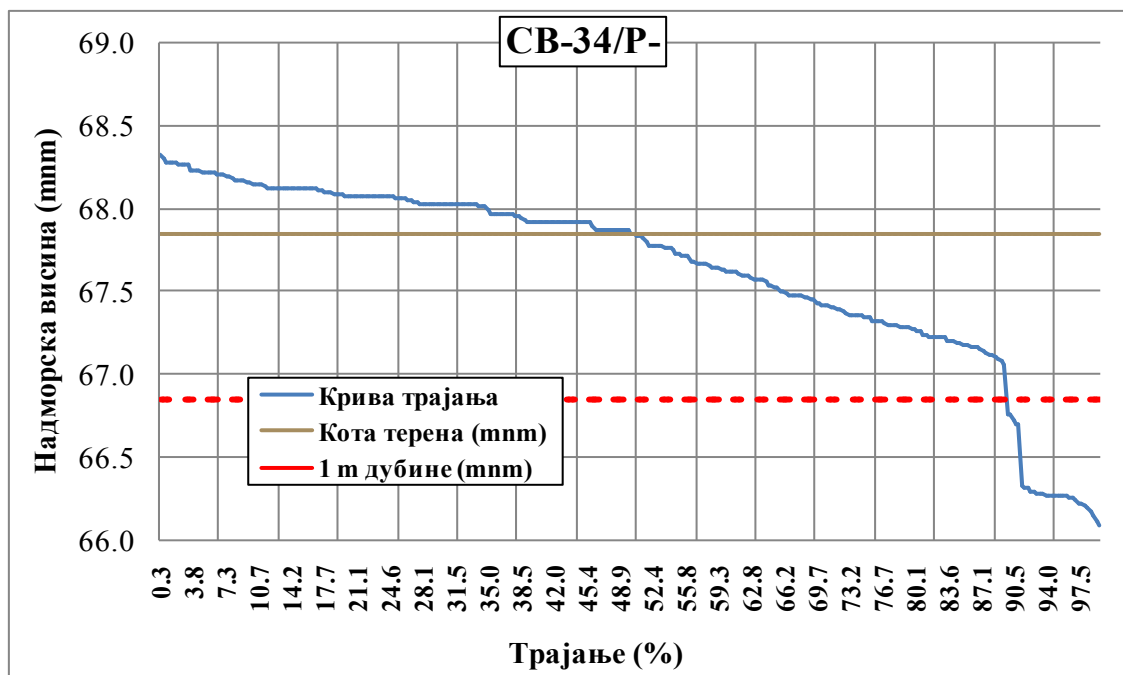


Слика 5.15.- Крива трајања нивоа подземних вода за пијезометар Lp-924*

Пијезометар СВ-34/Р- (Слика 5.1) се карактерише прекидима у мерењима од 1985. године до 2010. године, са великим прекидом од 1991. године до 2000. године. Од укупно 316 очитаних мерења, 284 пута су регистроване дубине подземне воде мање од 1 m од површине терена (Слика 5.16). На Слици 5.17 је приказана крива трајања нивоа подземних вода на овом пијезометру. У око 50% мерења вода налазила на површини терена, док се 89,9% времена се подземна вода налази на дубини мањој од 1 m од површине терена. Осцилација нивоа подземне воде је 2,24 m. Средња дубина подземне воде од површине терена је само 0,21 m за цео период.

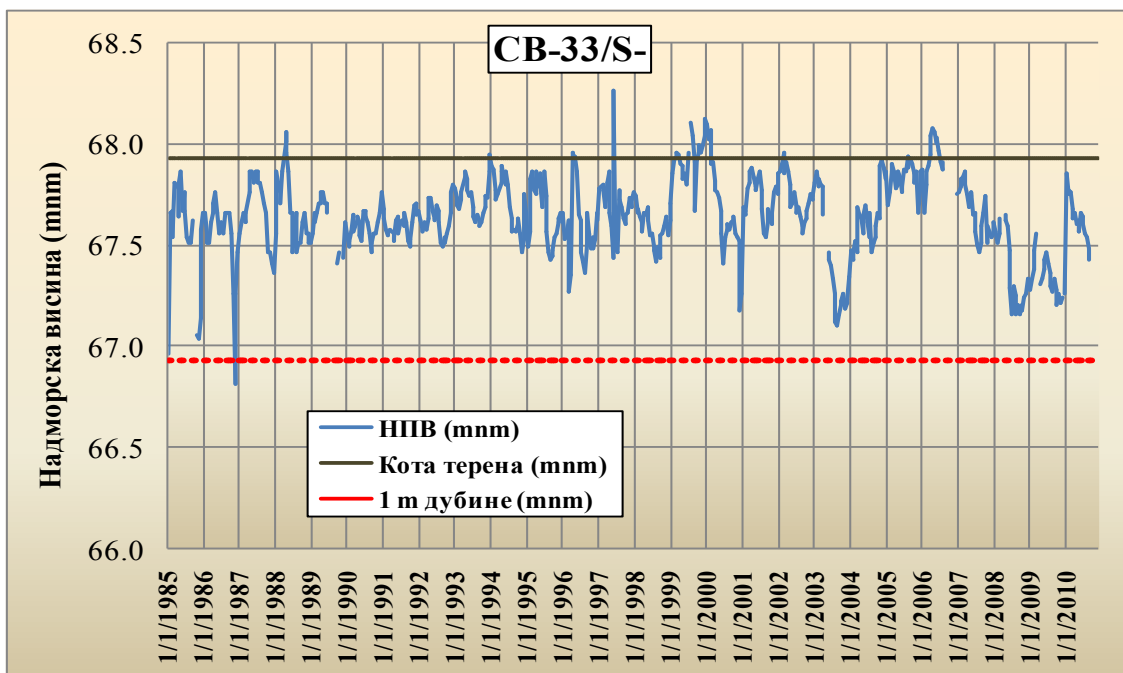


Слика 5.16.- Нивограм подземних вода на пијезометру СВ-34/Р

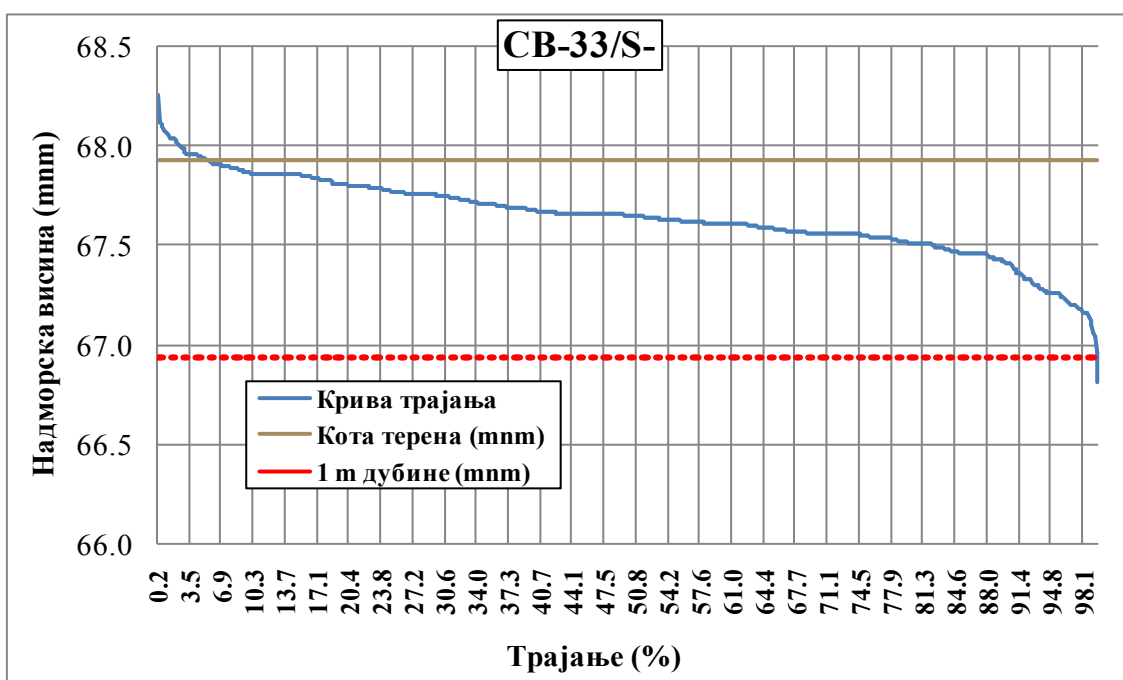


Слика 5.17.- Крива трајања нивоа подземних вода за пијезометар СВ-34/Р

Пијезометар СВ-33/С- (Слика 5.1) карактерише дуга временска серија мерења. Од укупно 591 прочитаних мерења, 590 пута су регистроване дубине подземне воде мање од 1 m од површине терена (Слика 5.18). На Слици 5.19 је приказана крива трајања нивоа подземних вода са које се виде да се у око 7% мерења вода налазила на површини терена. На овом пијезометру 90,9% времена се подземна вода налази на дубини до 1 m. Осцилација нивоа подземне воде на овом пијезометру је само 1,45 m. Средња дубина подземне воде од површине терена на овом пијезометру је само 0,29 m за цео период.



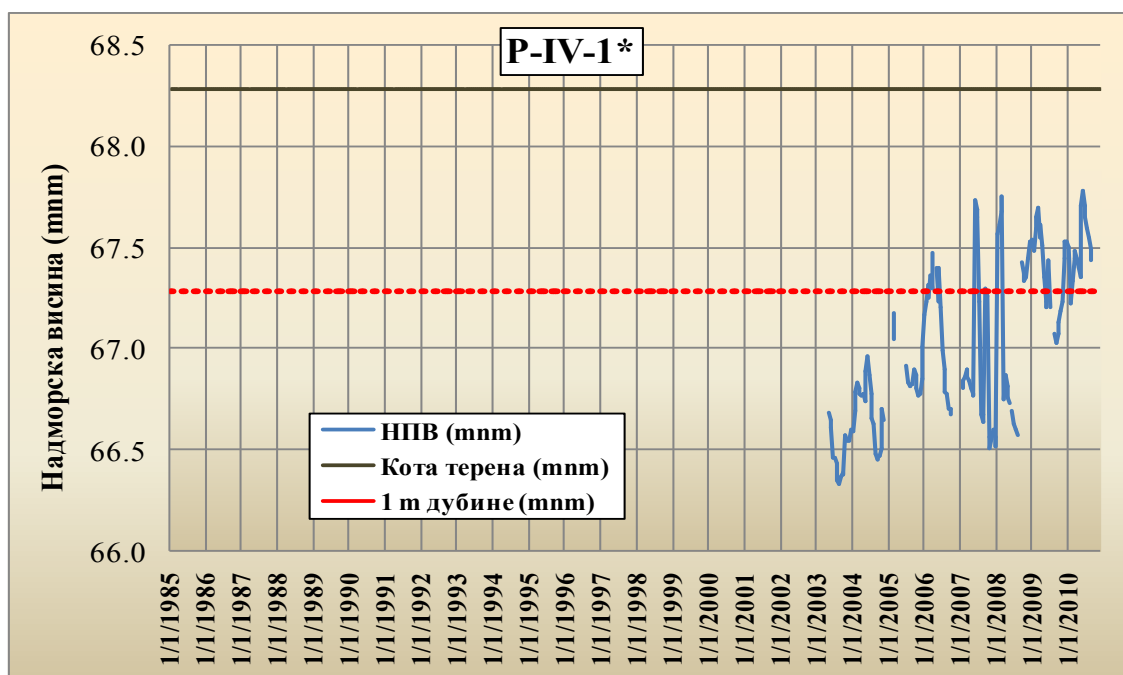
Слика 5.18.- Нивограм подземних вода на пијезометру CB-33/S



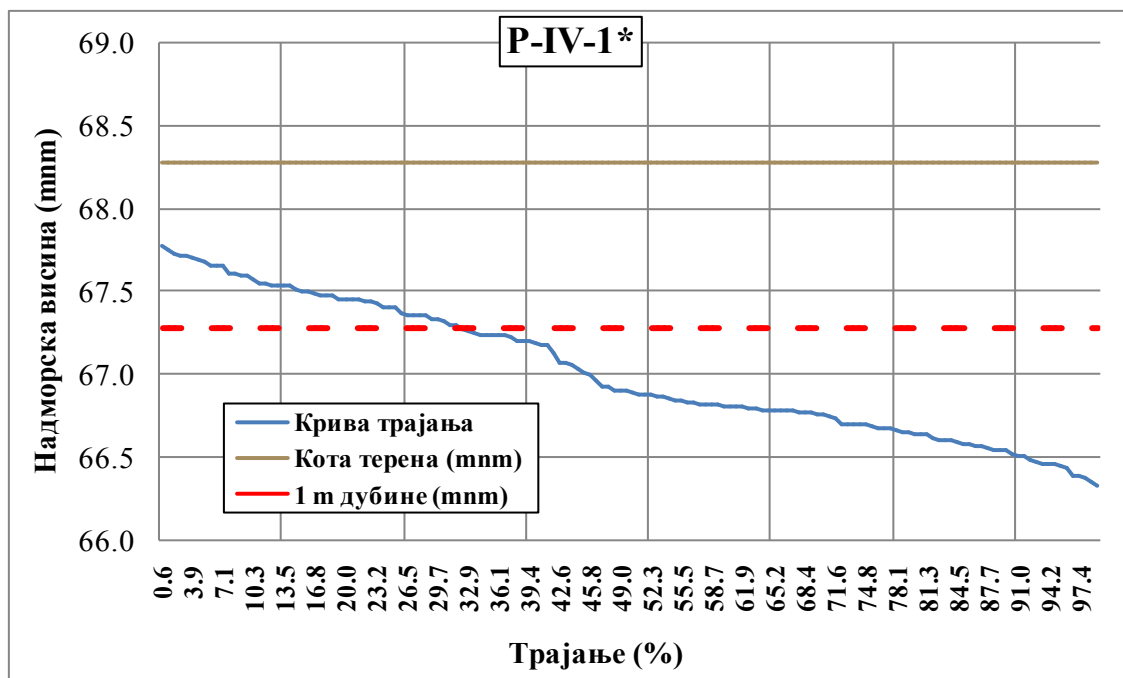
Слика 5.19.- Крива трајања нивоа подземних вода за пијезометар CB-33/S

Пијезометар P-IV-1* (Слика 5.1) се налази на око 400 m од половине пута Гај-црпна станица Гај. Карактерише се мерењима од 2003. године до 2010. године. Од укупно 154 прочитаних мерења, 49 пута су регистроване дубине подземне воде

мање од 1 m од површине терена (Слика 5.20). На Слици 5.21 је приказана крива трајања нивоа подземних вода на овом пијезометру. Око 31,8% времена се подземна вода налази на дубини мањој од 1 m од површине терена. Осцилација нивоа подземне воде на овом пијезометру је само 1,45 m, а вода се налази на дубини од 50 cm од површине терена у 2006. години. Средња дубина подземне воде од површине терена на овом пијезометру је 1,26 m за цео период.

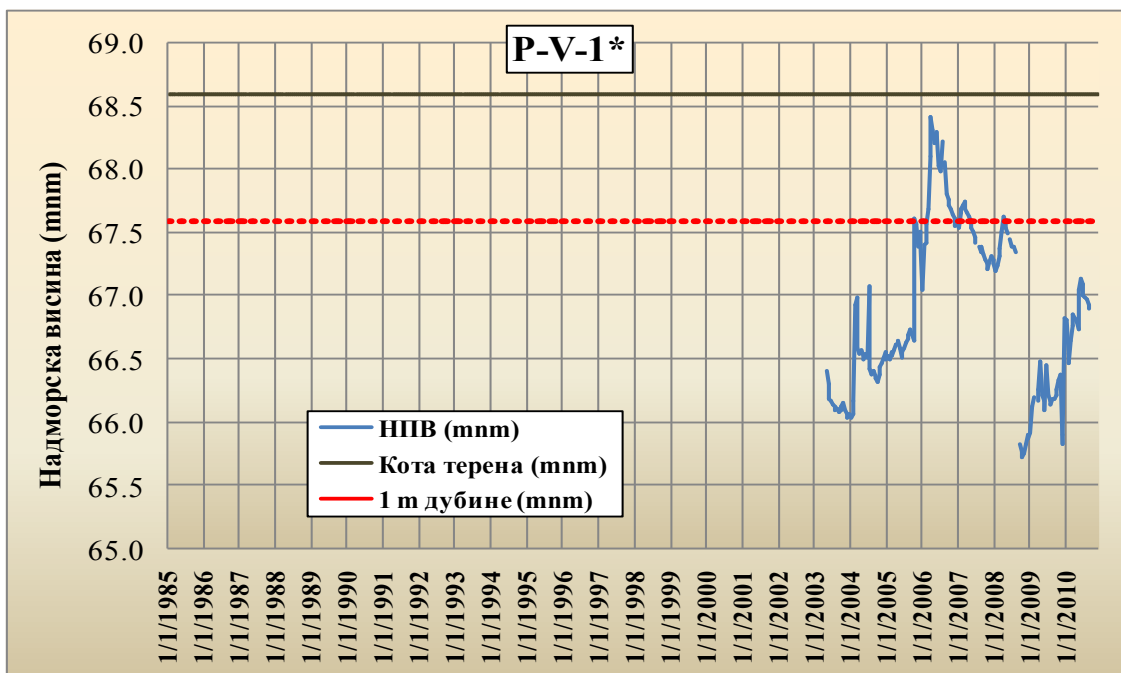


Слика 5.20.- Нивограм подземних вода на пијезометру P-IV-1*

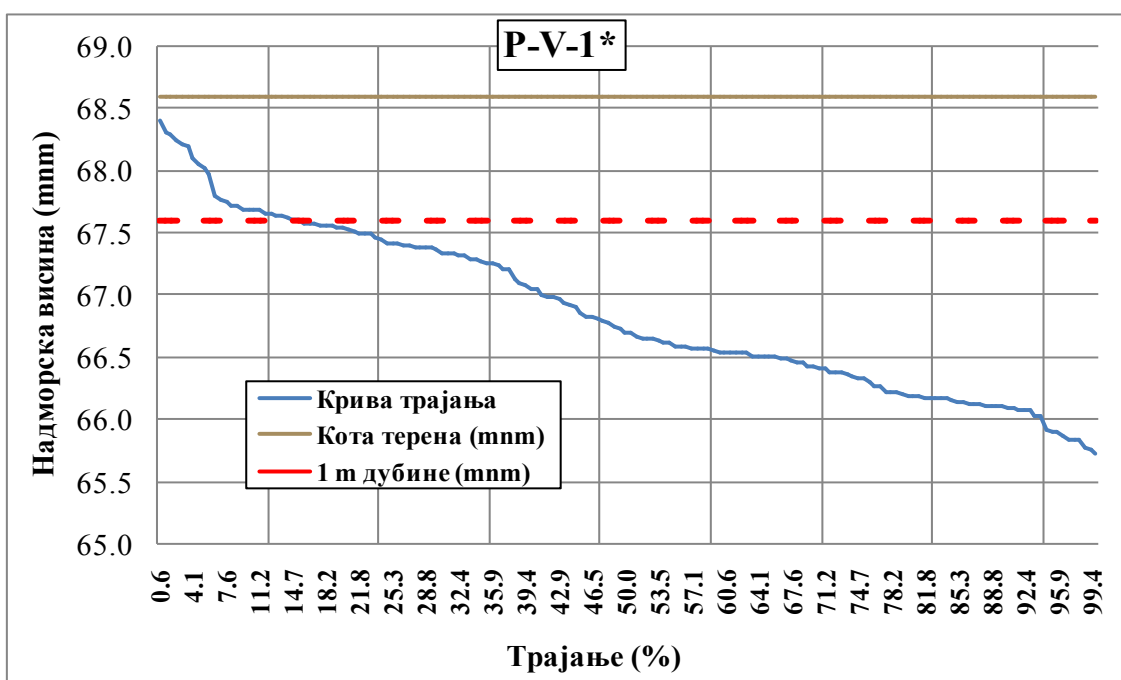


Слика 5.21.- Крива трајања нивоа подземних вода за пијезометар P-IV-1*

Пијезометар P-V-1* (Слика 5.1) се налази око 2,5 km северно од црпне станице Баваниште. Карактерише се мерењима од 2003. године до 2010. године. Од укупно 170 прочитаних мерења, 26 пута су регистроване дубине подземне воде мање од 1 m од површине терена (Слика 5.22). На Слици 5.23 је приказана крива трајања нивоа подземних вода. На овом пијезометру 15,3% времена се подземна вода налази на дубини која утиче на пољопривредну производњу. Осцилација нивоа подземне воде на овом пијезометру је само 2,69 m, а вода се налази на дубини од 18 cm од површине терена у 2006. години. Средња дубина подземне воде од површине терена 1,73 m за цео период.



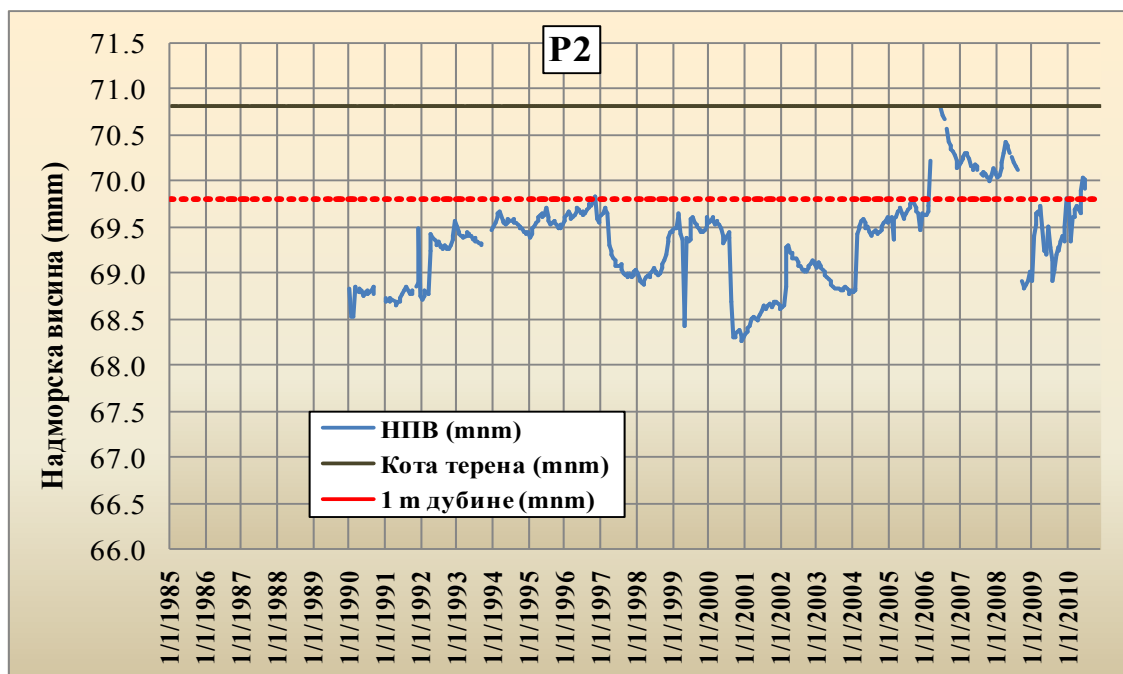
Слика 5.22.- Нивограм подземних вода на пијезометру P-V-1*



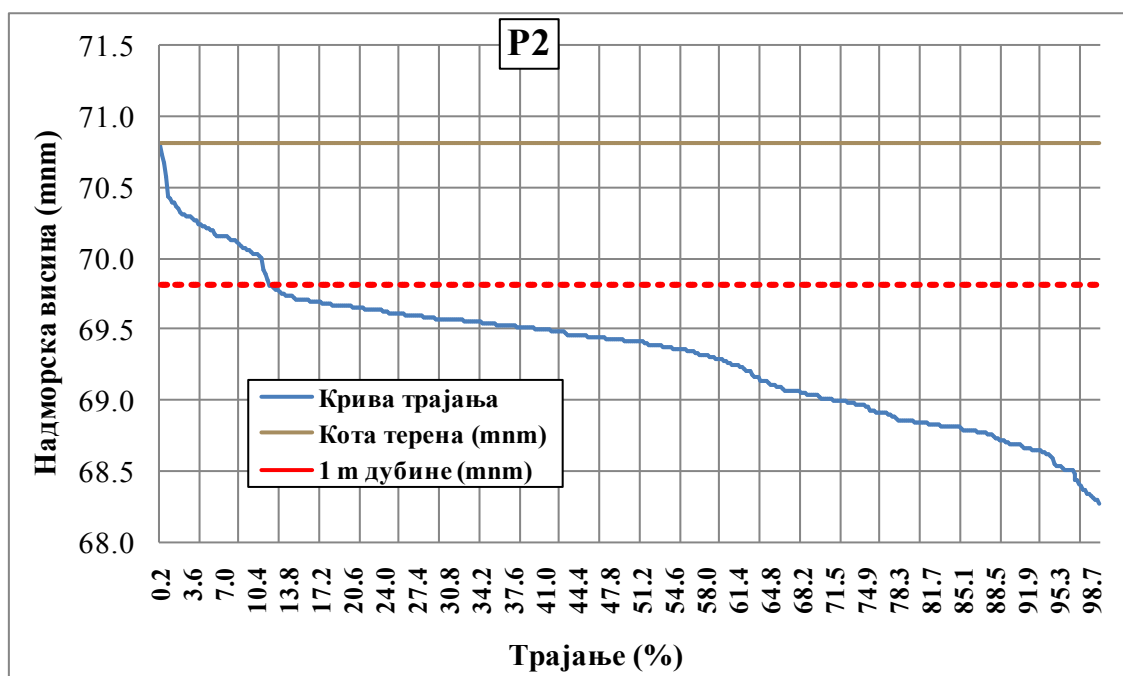
Слика 5.23.- Крива трајања нивоа подземних вода за пијезометар P-V-1*

Пијезометар P2 карактеришу мерења са мањим прекидима од 1990. године до 2010. године. Од укупно 366 очитаних мерења, 28 пута су регистроване дубине подземне воде мање од 1 m од површине терена (Слика 5.24). На Слици 5.25 је

приказана крива трајања нивоа подземних вода на овом пијезометру. Осцилација нивоа подземне воде на овом пијезометру је само 3,87 m.

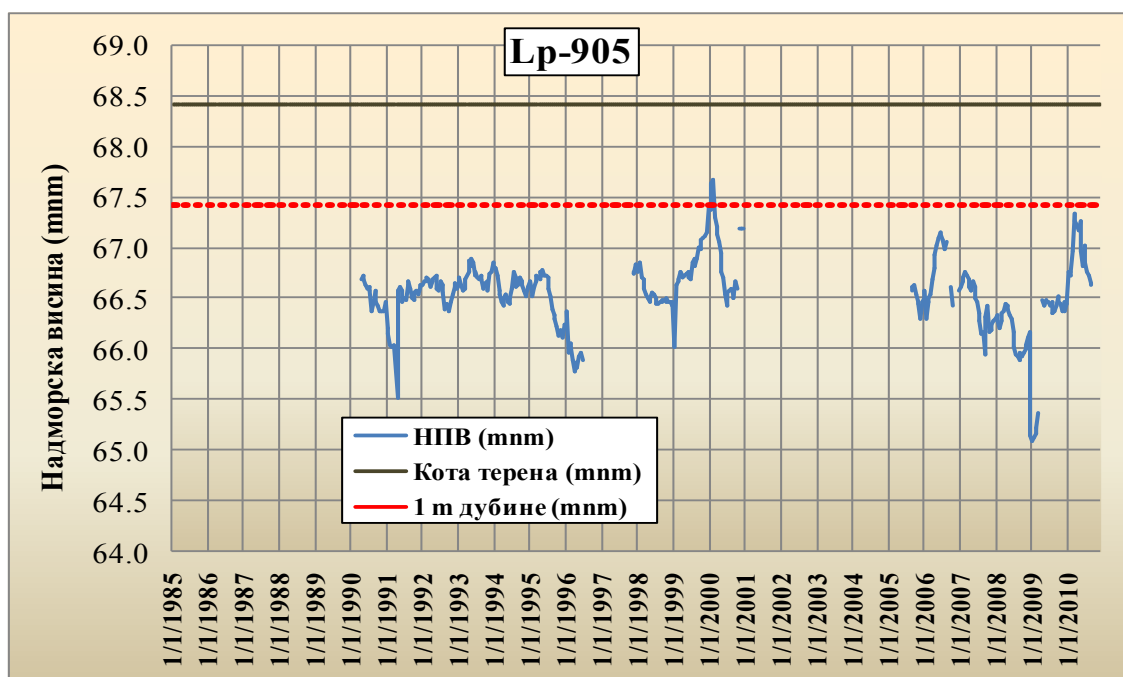


Слика 5.24.- Нивограм подземних вода на пијезометру P2

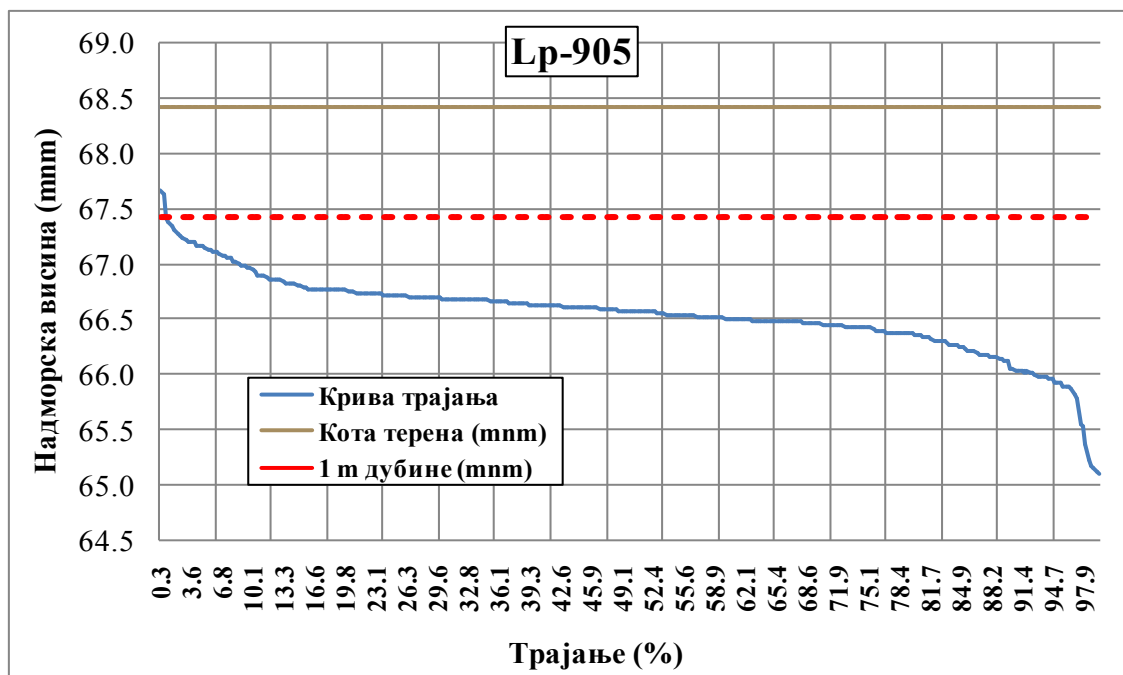


Слика 5.25.- Крива трајања нивоа подземних вода за пијезометар P2

Пијезометар Lp-905 и пијезометар Pp-929* су изабрани као представници пијезометара истраживаног подручја код којих нема опасности од високог нивоа подземних вода. Пијезометар Lp-905 се налази око 2,5 km западно од црпне станице Дубовац, док се пијезометар Pp-929* налази око 2,5 km источно од црпне станице Поњавице (Слика 4.27). Пијезометар Lp-905 се карактерише мерењима од 1990. године до 2010. године са прекидима у 1996-1997. години и од краја 2000. године до краја 2005. године. Од укупно 337 очитаних мерења, само 2 пута су регистроване дубине подземне воде мање од 1 m од површине терена (Слика 5.26). На Сlici 5.27 је приказана крива трајања нивоа подземних вода на овом пијезометру. Осцилација нивоа подземне воде на овом пијезометру је 2,58 m. Вода се налазила на дубини од 75 cm од површине терена у 2000. години. Средња дубина подземне воде од површине терена на овом пијезометру је 1,88 m за цео период.

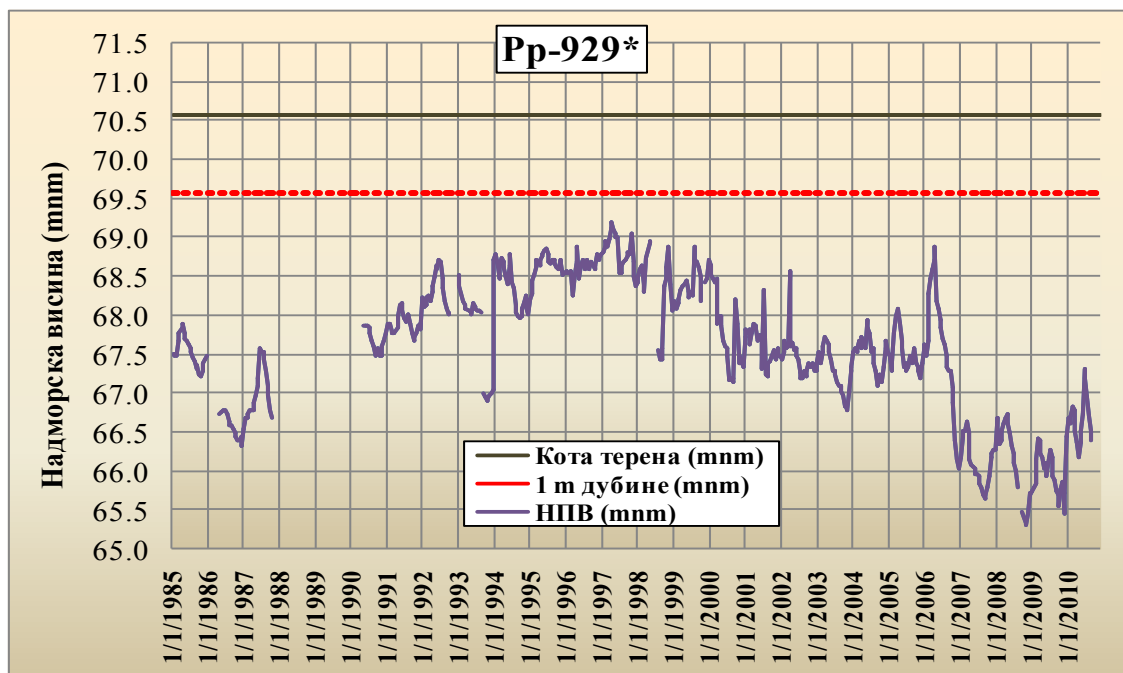


Слика 5.26.- Нивограм подземних вода на пијезометру Lp-905

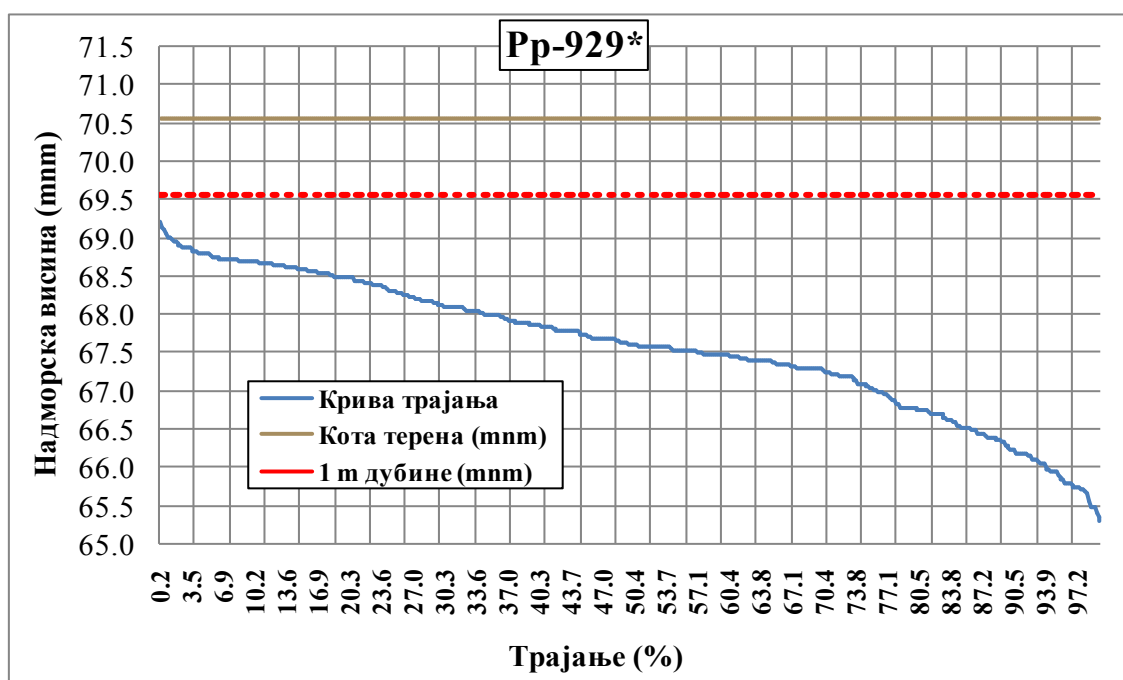


Слика 5.27.- Крива трајања нивоа подземних вода за пијезометар Lp-905

Пијезометар Pp-929* се карактерише мерењима од 1985. године до 2010. године са прекидима од краја 1988. године до лета 1990. године (Слика 5.28.). Ни у једном од 537 мерења није регистрована дубина подземне воде мања од 1 m од површине терена. На Слици 5.29 је приказана крива трајања нивоа подземних вода на овом пијезометру. Осцилација нивоа подземне воде на овом пијезометру је 3,90 m. Вода се налази на дубини од 1,37 m од површине терена у 1997. години, што је и највећи ниво подземне воде за овај пијезометар. Средња дубина подземне воде од површине терена на овом пијезометру је 2,99 m за цео период.



Слика 5.28.-- Нивограм подземних вода на пијезометру Рр-929*

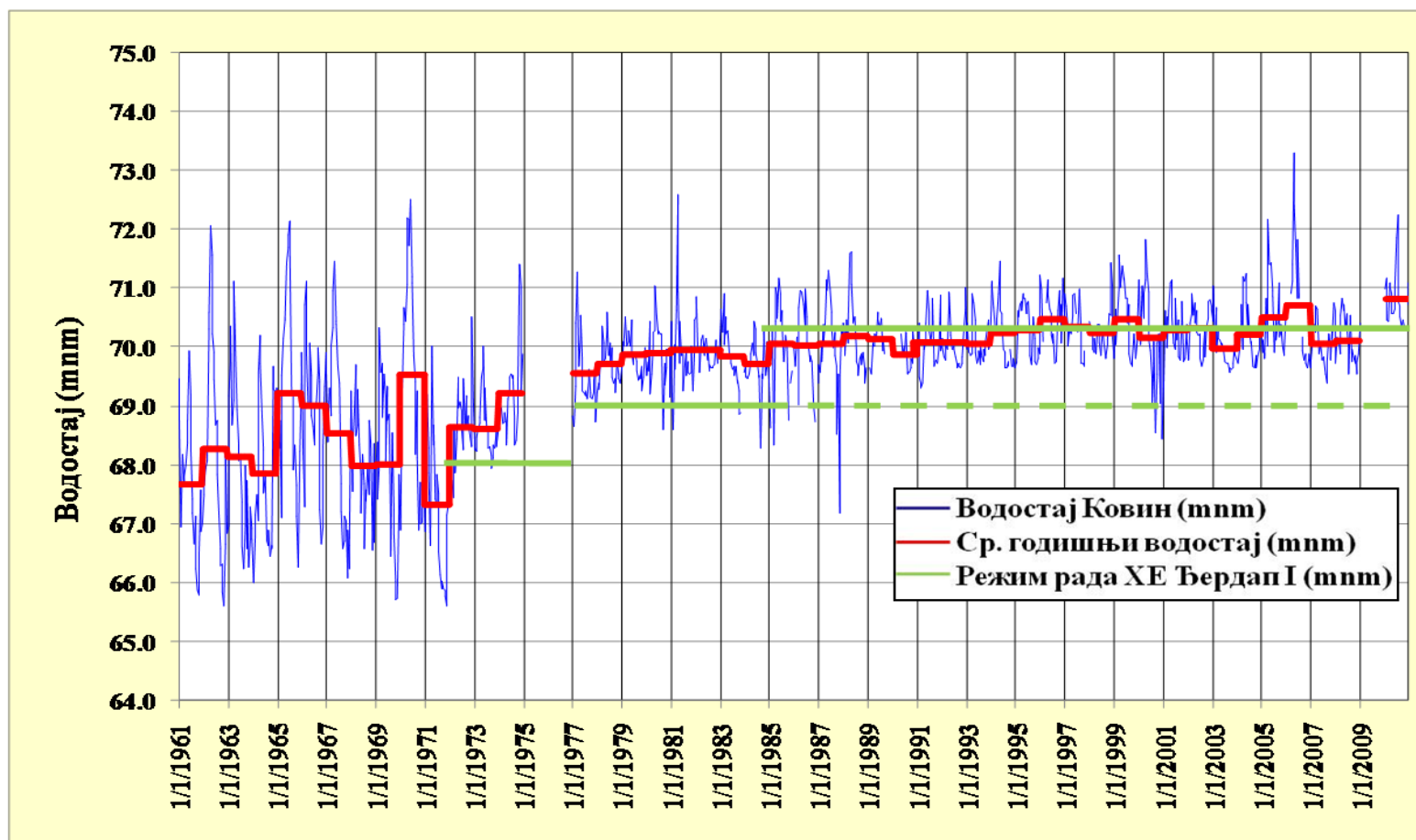


Слика 5.29.- Крива трајања нивоа подземних вода за пијезометар Рр-929*

5.1.2. Површинске воде –река Дунав

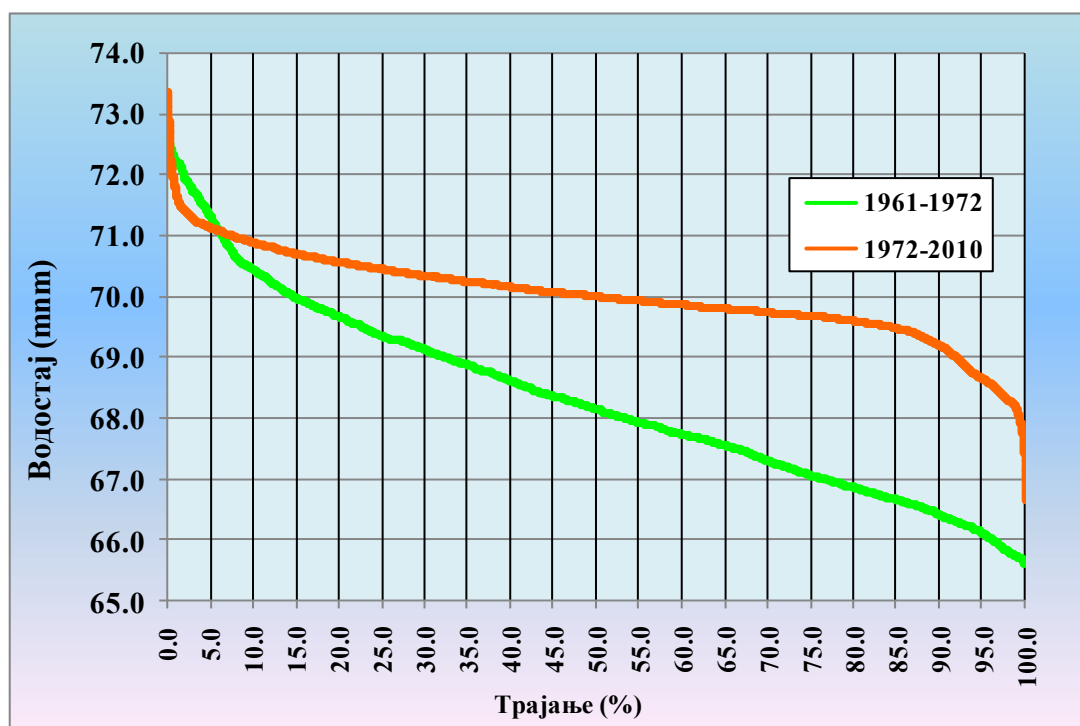
5.1.2.1. Анализа водостаја

ХЕПС „Ђердап 1“ је пуштен у погон 1972. године. Од тога времена хидролошко-хидраулички услови приобаља реке Дунав су се знатно променили. Дошло је до трајног повећања средњих водостаја и значајно мањих осцилација у водостајима реке Дунав. На Слици 5.30 је приказан водостај реке Дунав код Ковина за период од 1961-2010. године. Са слике се јасно уочава да је од периода изградње ХЕПС „Ђердап 1“ дошло до великих смањења у осцилацијама нивоа Дунава. Просечни водостај до 1972. године је износи 68,32 m, док је просечни водостај од изградње хидроелектране 70,01 m, са периодима раста у условима различитог режима рада ХЕПС „Ђердап 1“. У периоду 1972-1977. године средњи водостај је износио 68,84 m, у периоду од 1977-1985. године средњи водостај је износио 69,83 m. Од 1985. године до 2010. године средњи водостај износи 70,22 m. Повећање средњег водостаја између два праћена периода (пре и после изградње) износи 1,69 m (Слика 5.30).



Слика 5.30- Водостај Дунава у периоду 1961-2010. на водомерној летви Ковин у периодима различитих режима рада ХЕПС „Бердап I“ (1972-1977. г. режим рада 68,0 m, 1977-1985. г. режим рада 69,0 m и 1985-2010. г. режим рада од 69,0-70,3 m)

На Слици 5.31 приказано је упоређење линије трајања нивоа реке Дунав на водомерној летви Ковин за периоде пре и после изградње ХЕПС „Ђердап 1“. Са слике се уочава велика разлика у осцилацијама у нивоима воде за два периода, као и да се продужава трајање великих водостаја: нпр. трајање водостаја већих од 70 mm у периоду након изградње је 45% времена, док се у периоду пре изградње ове веће вредности водостаја биле уочаване само у 15% времена. Водостаји од 69 mm и виши, пре изградње ХЕПС „Ђердап 1“, трајали су 32% од интервала времена осматрања. Резултат изградње је да се продужава трајање истих водостаја са 32% на 92%. То значи да се само у незнатном периоду спушта ниво воде Дунава испод коте 69 mm. Трајно високи нивои Дунава, преко повећања хидростатичког притиска неизбежно утичу на подизање нивоа подземних вода у приобаљу а самим тим испољавају утицај и на услове пољопривредне производње на том подручју.



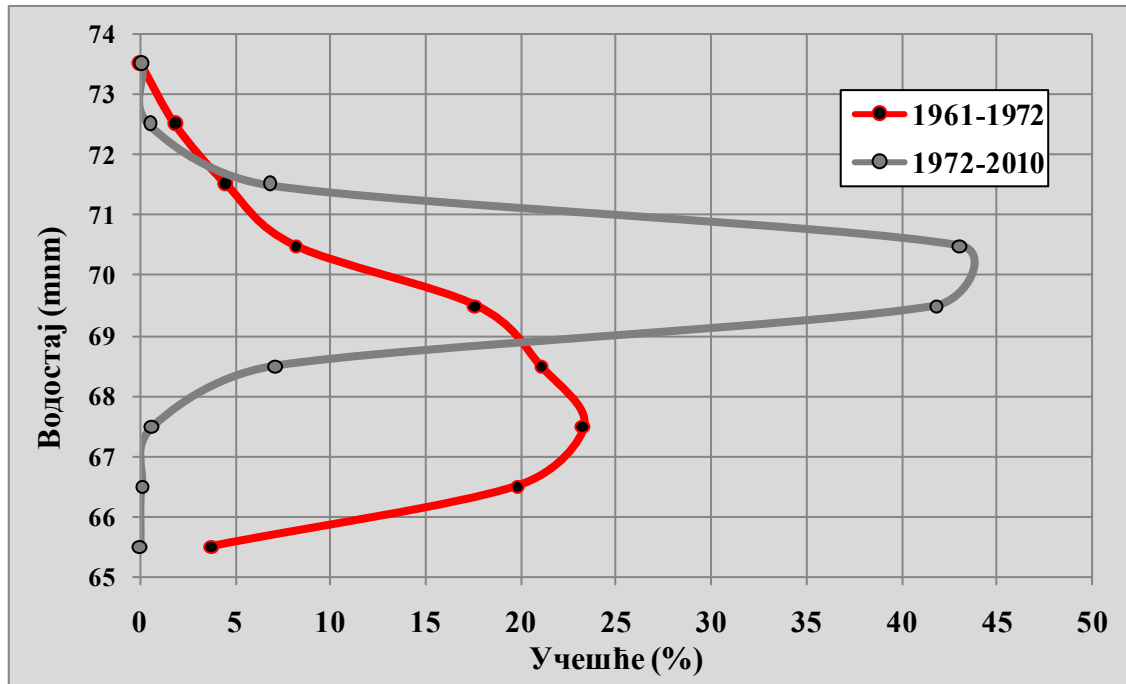
Слика 5.31.- Утицај ХЕПС „Ђердап“ на трајање нивоа Дунава на водомерној летви Ковин у периоду природног режима (1961-1972) и након изградње бране (1972-2010)

У Табели 5.2 су приказани просечни и апсолутни водостаји реке Дунав по месецима за период од 1972-2010. године на мерном месту Ковин. Највиши средњи водостај је у априлу и износи 70,57 m, док је најнижи средњи водостај у септембру и износи 69,69 m.

Табела 5.2- Средњи, максимални, минимални и екстремни водостаји реке Дунав за период од 1972-2010. година измерени на водомерној летви Ковин

Месец	Средњи месечни	Средњи месечни максимални	Средњи месечни минимални	Апсолутни максимум	Апсолутни минимум
Јануар	69,94	70,37	69,49	71,34	67,56
Фебруар	69,98	70,40	69,48	71,44	67,42
Март	70,21	70,72	69,62	72,97	67,86
Април	70,57	70,95	70,13	73,34	67,87
Мај	70,40	70,79	69,99	72,40	68,26
Јун	70,15	70,54	69,80	72,26	68,48
Јул	69,92	70,33	69,57	72,26	67,94
Август	69,74	70,16	69,34	71,12	66,66
Септембар	69,69	70,04	69,34	71,16	67,88
Октобар	69,70	70,09	69,33	71,30	67,37
Новембар	69,79	70,26	69,27	71,66	67,04
Децембар	69,96	70,48	69,41	71,35	67,67

На Слици 5.32 су упоредо приказане криве учесталости за реку Дунав код Ковина за период од 1961-1972. године и за период 1972-2010. године. Са слике се може увидети да се од изградње ХЕПС „Ђердап 1“, 1972. године, вредност модуса померила са 67,5 mm на 70,3 mm, што износи пораст од 2,8 m. Осим тога и учесталост појављивања модуса је значајно повећана, и то са 23% на 44%. У периоду пре изградње хидроелектране око 75% вредности водостаја је било у широком дијапазону од 66-70 mm.



Слика 5.32.- Крива учесталости за водостаје реке Дунав код Ковина за период од 1961-1972. г. и 1972-2010. г.

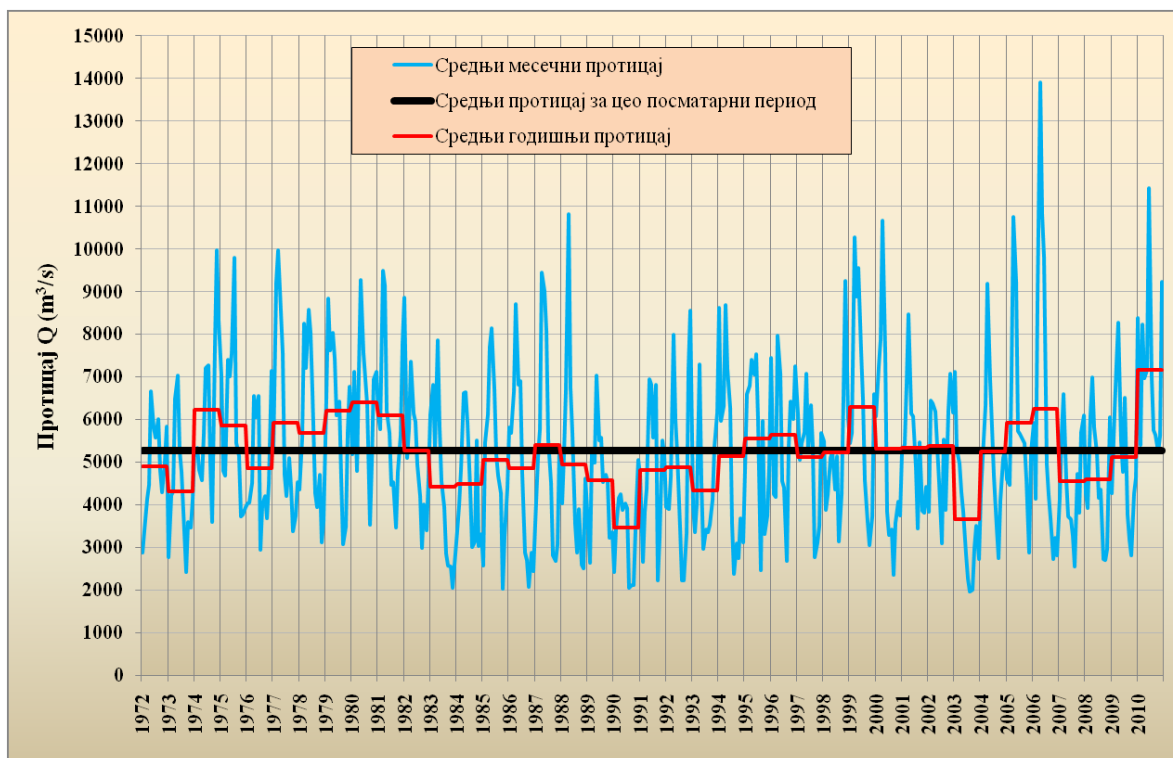
5.1.2.2. Анализа протицаја

Смедерево је најближа станица на којој се мери протицај на реци Дунав у близини истраживаног подручја. Мерно место се налази испод моста Смедерево-Ковин са шумадијске стране.

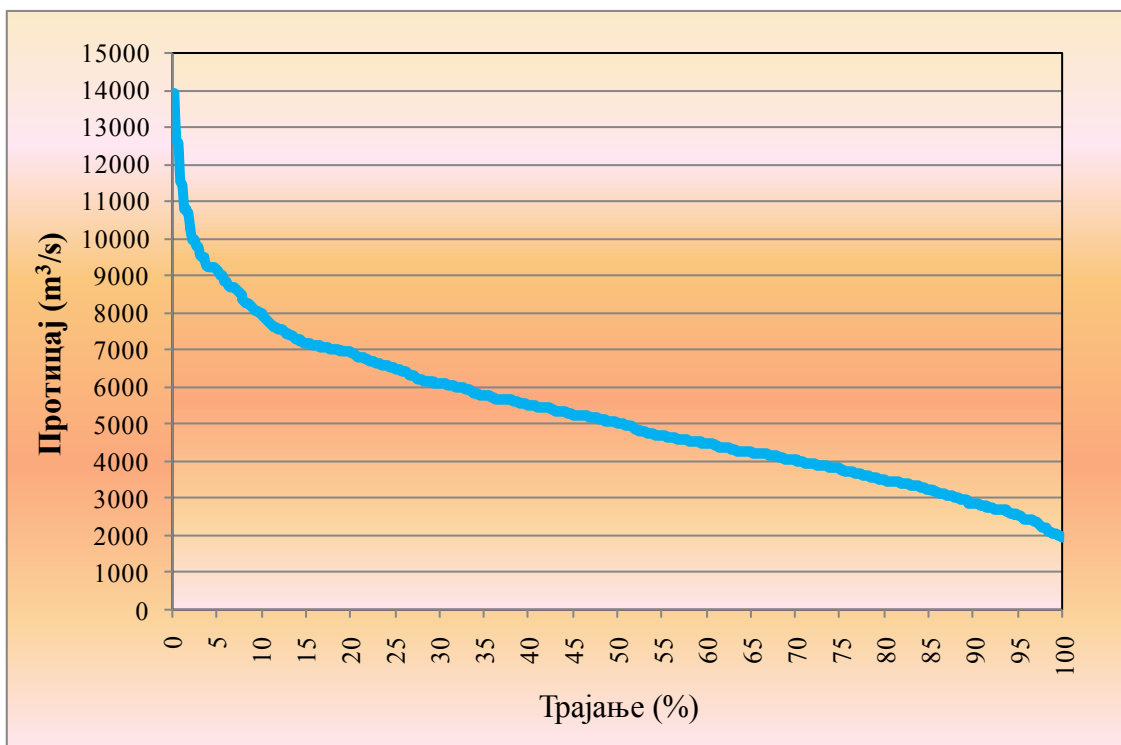
На Слици 5.33 и Прилогу 2 су приказани средњи месечни протицаји реке Дунав за период од 1972-2010. године са средњим годишњим протицајем и средњим протицајем за цео посматрани период. Највећи забележени протицај реке Дунав је забележен у априлу 2006. године и износио је $13913 \text{ m}^3/\text{s}$, док је најнижи протицај забележен у августу 2003. године и износио је $1967 \text{ m}^3/\text{s}$. Средњи протицај за цео посматрани период износи $5213,8 \text{ m}^3/\text{s}$.

Средњи годишњи протицаји (Слика 5.33) се крећу у распону од $3461 \text{ m}^3/\text{s}$ забележених 1990. године до $7171 \text{ m}^3/\text{s}$ забележених 1970. године пре изградње Ђердапа. На сликама 5.34 и 5.35. су приказане криве трајања и криве учесталости протицаја реке Дунав. Са криве учесталости се уочава да се у 80% времена протицај налази у распону од $2000\text{-}7000 \text{ m}^3/\text{s}$. У седам година истраживаног периода

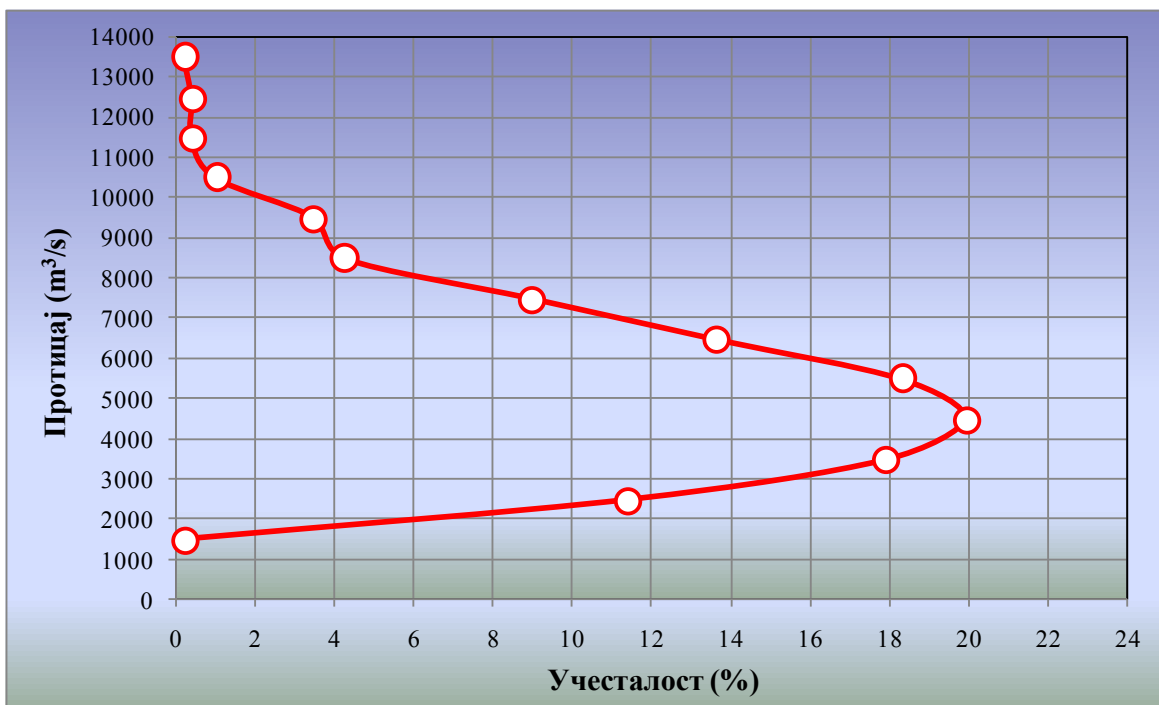
максимални годишњи протицај је прелазео $10000 \text{ m}^3/\text{s}$, док је осам пута просечни годишњи протицај био већи од $6000 \text{ m}^3/\text{s}$. Само у две године је просечни годишњи протицај био мањи од $4000 \text{ m}^3/\text{s}$. Амплитуде између максималних вредности годишњег протицаја су много веће од амплитуде минималних вредности годишњег протицаја (Слика 5.36).



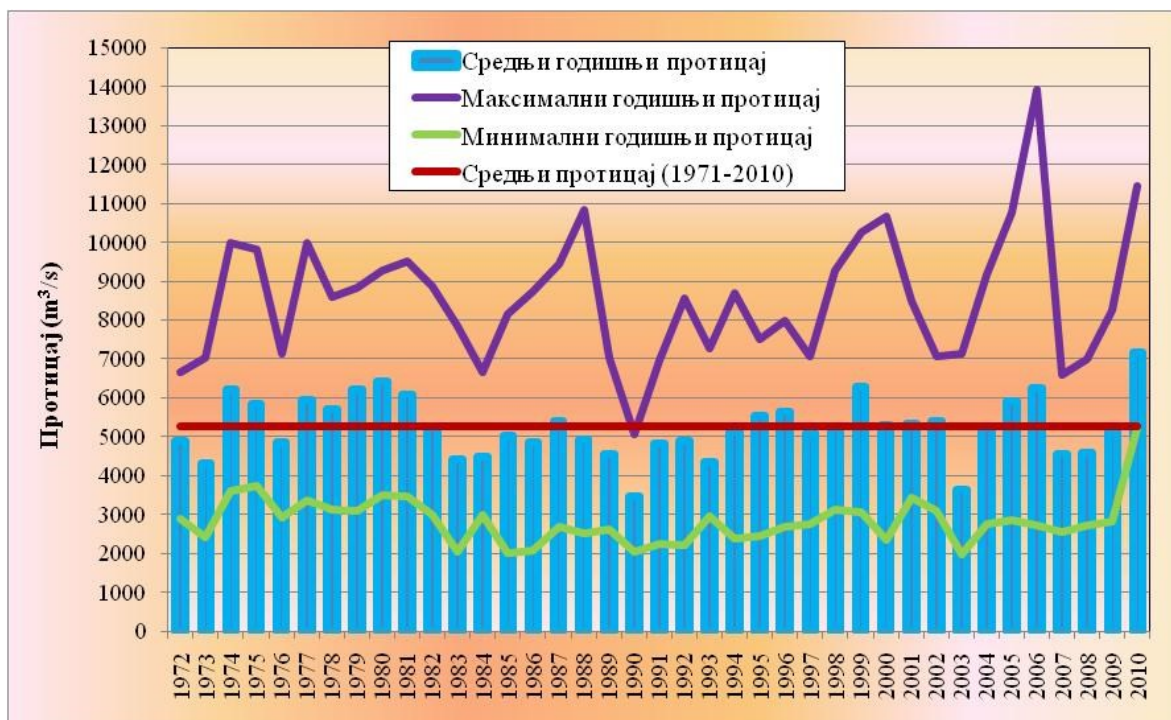
Слика 5.33.- Средњи месечни протицаји реке Дунав период од 1972-2010. г. са средњим годишњим протицајем и средњим протицајем за цео посматрани период



Слика 5.34.- Линија трајања протицаја реке Дунав код моста Смедерево-Ковин 3 (1972-2010)

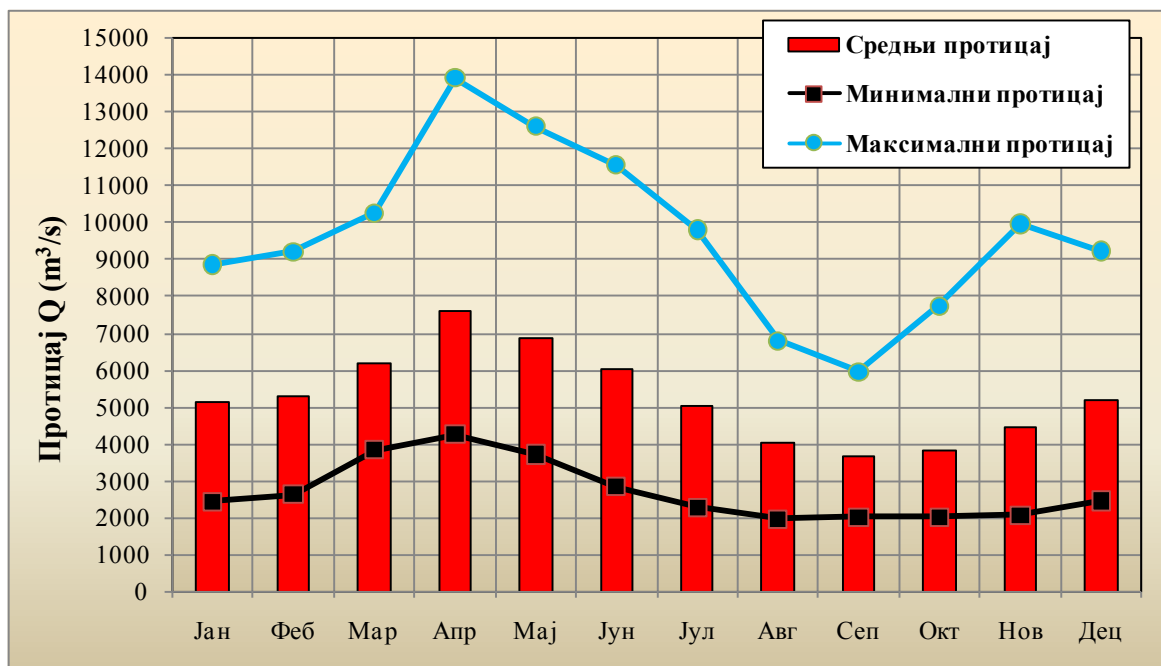


Слика 5.35.- Крива учесталости протицаја реке Дунав (1972-2010)



Слика 5.36.- Средњи годишњи, минимални и максимални протицај реке Дунав (1972-2010)

На Слици 5.37 и Прилогу 3 су приказане средње вредности месечног протицаја реке Дунав у периоду 1972-2010. г. Највиши просечни месечни протицај је забележен у периоду након отапања снегова, у месецу априлу, и износи $7588,7 m^3/s$. Након тога просечни месечни протицаји су највећи у мају, марту и јуну. Најнижи просечни месечни протицај је у септембру и износи $3662,2 m^3/s$, а затим следе октобар са $3824,3 m^3/s$ и август са $4044,1 m^3/s$. Највећи забележени максимум протицаја је био у априлу 2006. г. и износио је $13913,0 m^3/s$, док је протицај већи од $10000 m^3/s$ био забележен у марту, мају и јуну. Апсолутни минимум је забележен у месецу августу 2003. г. и износио је $1967,0 m^3/s$, док је и у месецима септембар, октобар и новембар у појединим годинама вредност минимума била око $2000 m^3/s$.



Слика 5.37.- Средњи месечни протицаји реке Дунав са апсолутним минималним и максималним протицајем по месецима за период 1972-2010. г. и средњом вредношћу протицаја за цео период

5.2. АНАЛИЗА РАДА СИСТЕМА ЗА ОДВОДЊАВАЊЕ

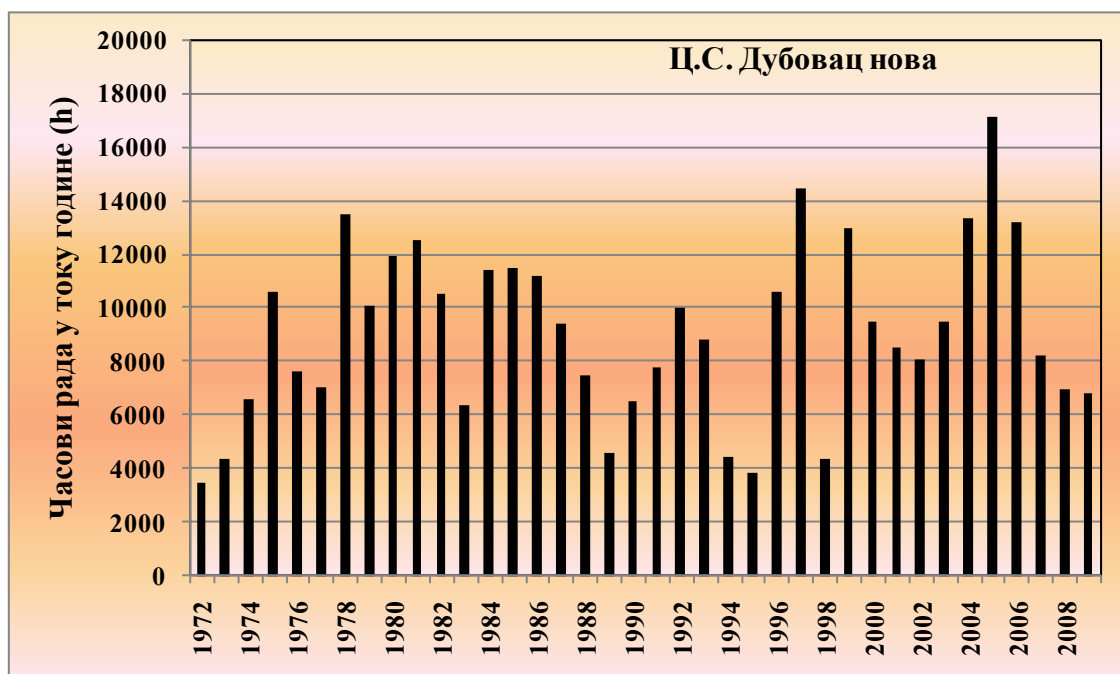
Као што је речено, на подручју постоје три дренажне линије: (1) линија паралелна Дунаву, (2) линија изграђена кроз средишњи део подручја и (3) линија испод високе терасе.

Високим нивоима подземних вода су угрожене ниже површине између насипа и прве дренажне линије. Ова угроженост, местимично и појава подземних вода на површини терена, у првом реду се односи на део између црпних станица Дубовац и Врба, затим узводно од црпне станице Мало Баваниште до краја канала V-I-I. Узрок лошег стања у овој зони је неодржавање секундарне каналске мреже, која је у толикој мери запуштена да више не обавља своју функцију.

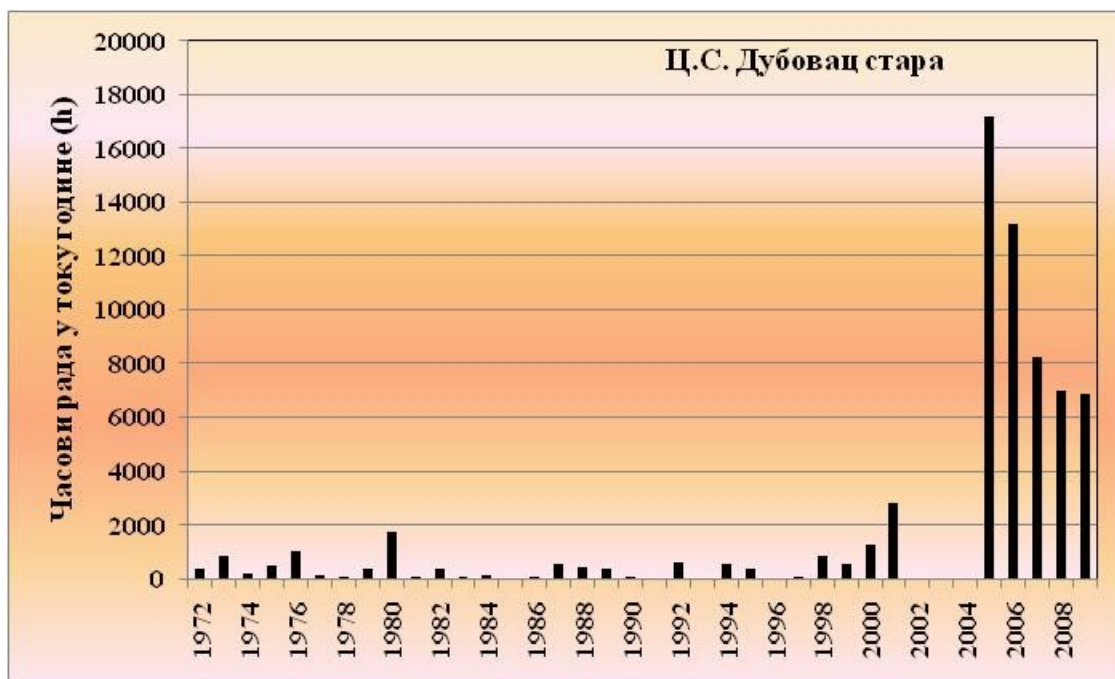
5.2.1. Анализа рада система за одводњавање на годишњем нивоу

Часови рада црпне станице Дубовац (стара и нова) су приказани за период од 1972. године до 2009. године на Сликама 5.38 и 5.39. Годишњи и месечни број сати рада црпне станице је израчунат тако што су сумирани сати свих агрегата понаособ. Највећи број радних сати станице забележен је у 2005. години, 17202 часа, а затим у 1997. години 14527 часова. Најмањи број радних сати је забележен у 1995. години, само 739 часова, док је још у четири године забележено мање од 1000 часова рада годишње. Месечни максимум од 2570 часова је забележен у августу 1978. године, док је 23 пута забележено да црпна станица није радила у неком од месеци. Просечни годишњи број часова рада за период од 1972-2009. године на овој црпној станици је 9116 часова.

Највећи број радних сати црпна станица Дубовац – стара је забележила у 2005. години, 17202 часа. Месечни максимум од 2017 часова је забележен у јануару 2005. године. Просечни годишњи број часова рада за период од 1972-2009. година на овој црпној станици је 2148 часова.



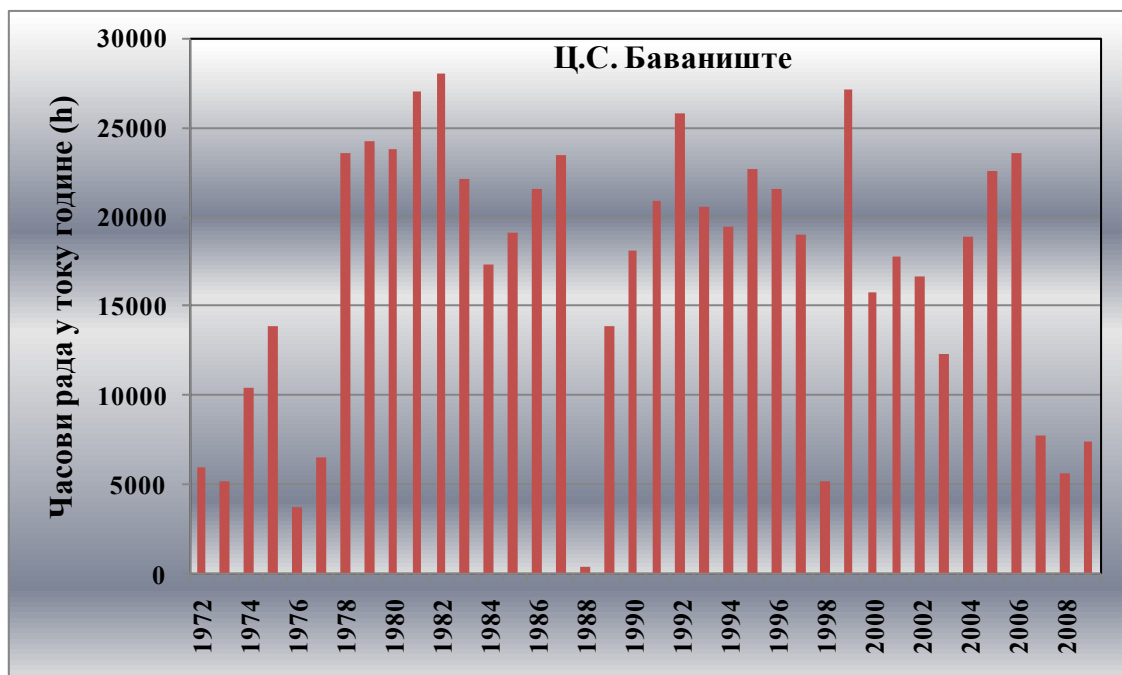
Слика 5.38.- Суме годишњих часова рада црпне станице Дубовац - нова



Слика 5.39.- Суме годишњих часова рада црпне станице Дубовац стара

Часови рада црпне станице Баваниште су приказани за период од 1972. године до 2009. године на Слици 5.40.

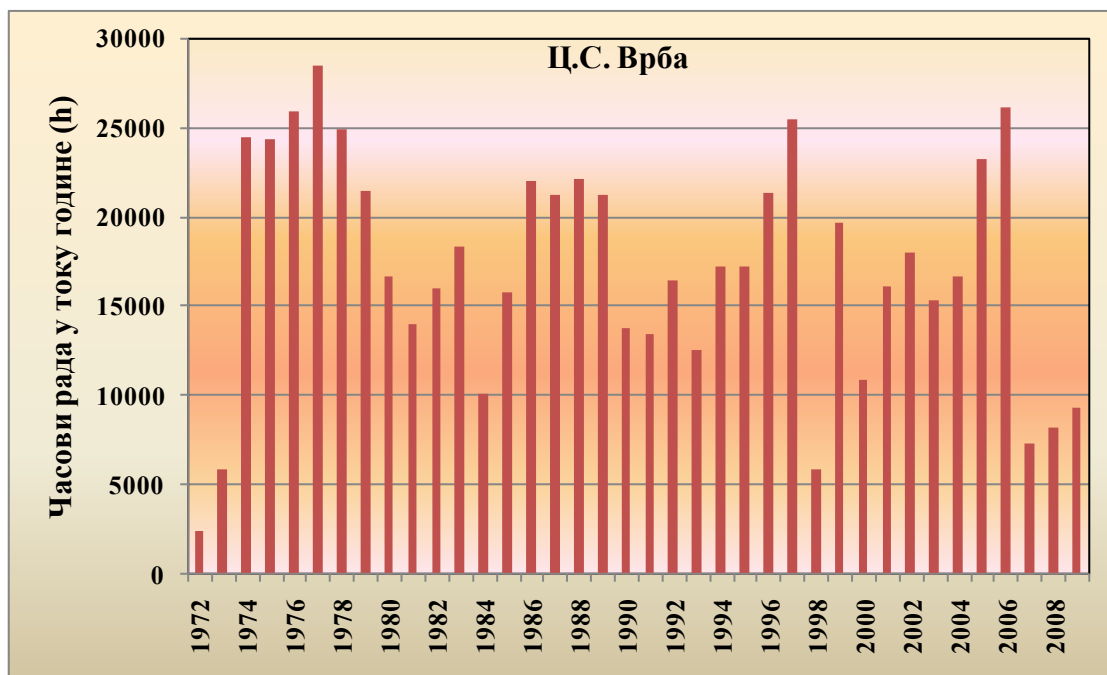
Највећи број радних сати црпна станица Баваниште је забележила у 1999. години, 27177 часова, а у још 15 година у испитиваном периоду станица је прекорачивала 20000 часова. Најмањи број радних сати је забележен у 1988. години, само 493 часа. Месечни максимум од 3659 часова је забележен у марту 1981. године, док је у још 14 месеци забележено да црпна станица има број радних часова већи од 3000 месечно. Просечни годишњи број часова рада за период од 1972-2009. године на овој црпној станици је 16874 часова.



Слика 5.40.- Суме годишњих часова рада црпне станице Баваниште

Часови рада црпне станице Врба су приказани за период од 1972. године до 2009. године на Слици 5.41.

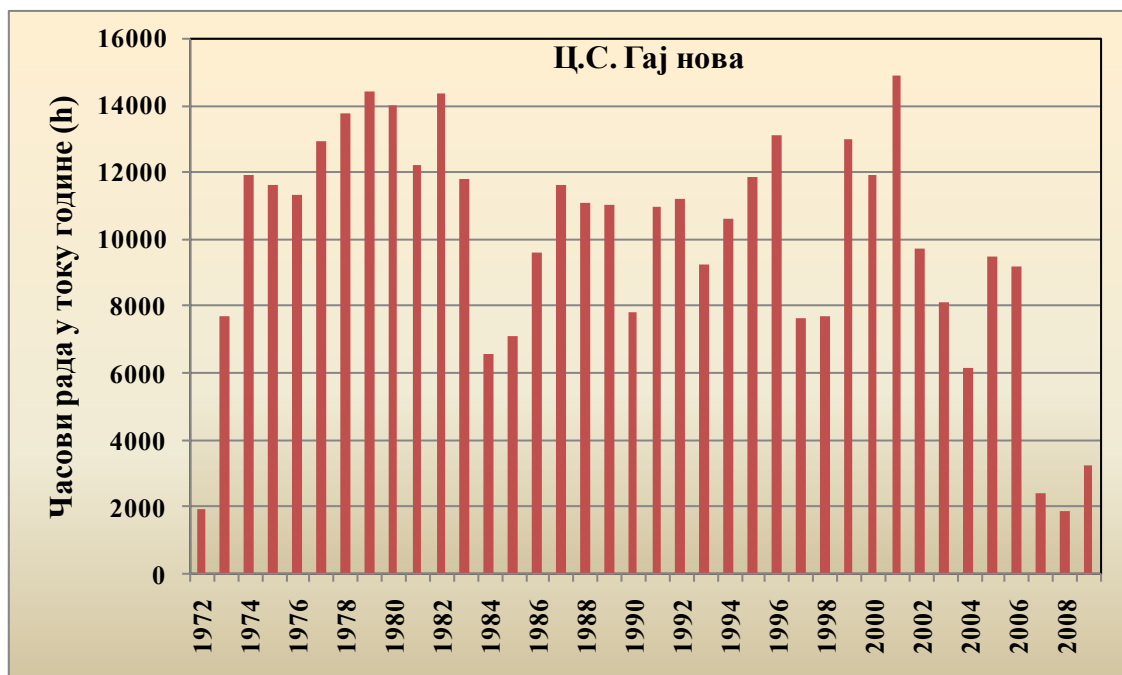
На црпној станици Врба просечан број радних часова за посматрани период од 1972-2009. године је 17159 часова. Највећи број радних сати црпна станица Врба је забележила у 1977. години, 28570 часова, а у још две године у испитиваном периоду станица је прекорачивала 25000 часова годишње. Најмањи број радних сати је забележен у 1973. и 1978. години, само 5880 часова. Месечни максимум од 3067 часова је забележен у јануару 1986. године, док је у још 5 случајева забележено да црпна станица има број радних часова већи од 3000 месечно.



Слика 5.41.- Суме годишњих часова рада црпне станице Врба

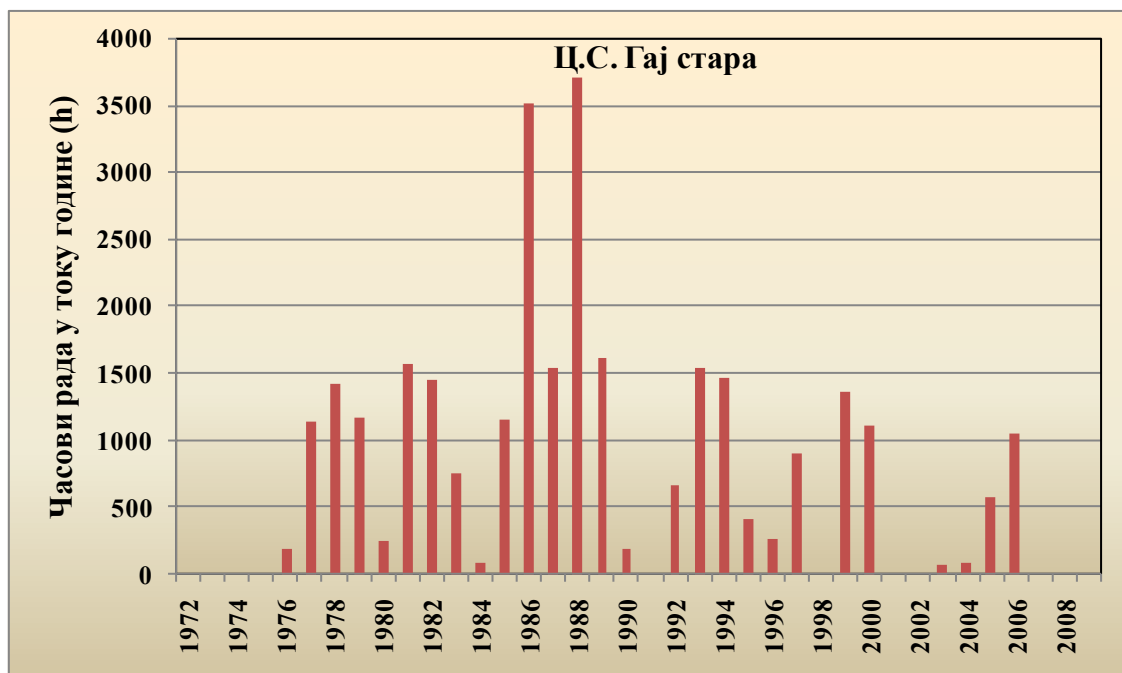
Часови рада црпне станице Гај нова и Гај стара су приказани за период од 1972. године до 2009. године на сликама 5.42 и 5.43.

На црпној станици Гај - нова просечан број радних часова за посматрани период од 1972-2009. године је 9911 часова годишње (Слика 5.42). Највећи број радних сати црпна станица Гај - нова је забележила у 2001. години, 14937 часова, а у још три године у испитиваном периоду станица је прекорачивала 14000 часова годишње. Најмањи број радних сати је забележен у 2008. години, само 1901 час. Месечни максимум од 2030 часова је забележен у јануару 2005. године.



Слика 5.42.- Суме годишњих часова рада црпне станице Гај нова

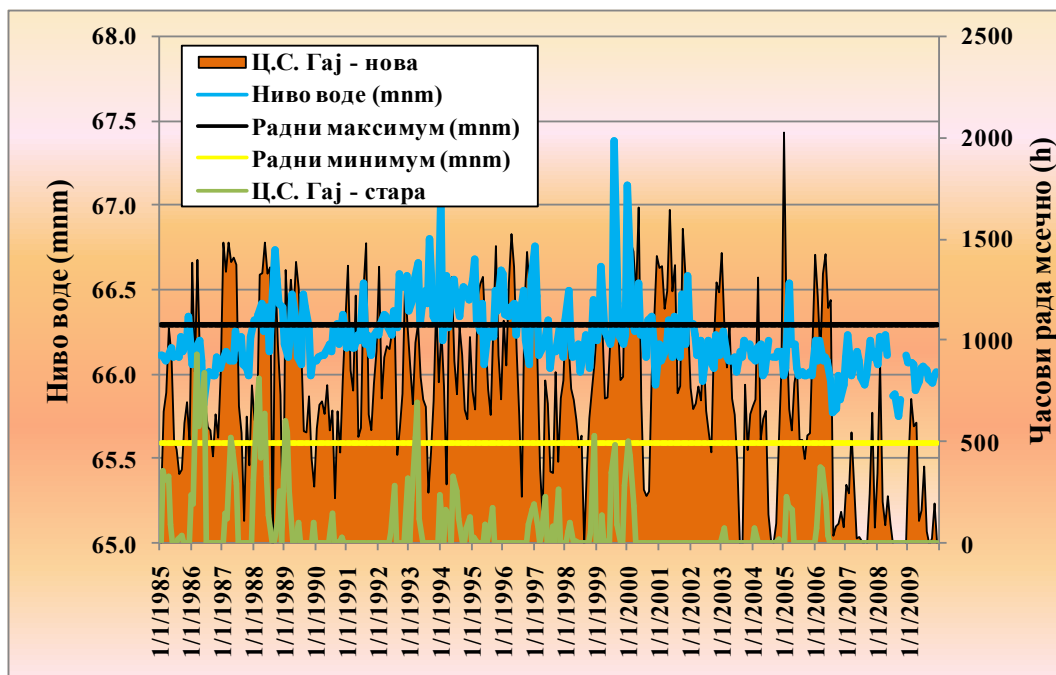
На црпној станици Гај - стара просечан број радних часова за посматрани период од 1972-2009. године је 1090 часова (Слика 5.43). Највећи број радних сати црпна станица Гај - стара је забележила у 1988. години, 3718 часова, а још једном у испитиваном периоду станица је прекорачивала 3000 часова годишње. Месечни максимум од 935 часова је забележен у марту 1986. године, док је још само у два месеца станица радила више од 800 часова.



Слика 5.43.- Суме годишњих часова рада црпне станице Гај стара

Нивои воде измерени од 1985. године до 2010. године у каналима код црпних станица су приказани заједно са утрошеним часовима рада и предвиђеним радним максимумима и минимумима, да би се проверила ефикасност рада црпних станица, на сликама 5.44-5.47.

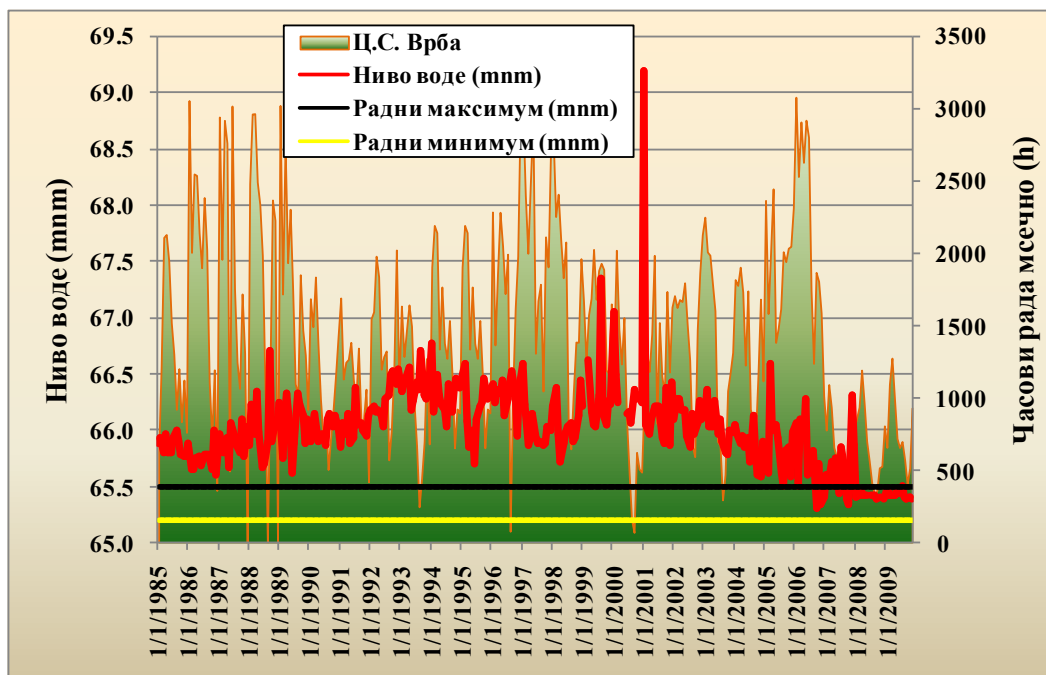
На црпној станици Гај (Слика 5.44) ниво воде се налази у посматраном периоду (дневни подаци) у 71,7% мерења у оквиру предвиђених радних максимума и радних минимума. Предвиђени радни максимум се превазилази у 28,3% мерења, док ниво воде никад не силази испод радног минимума.



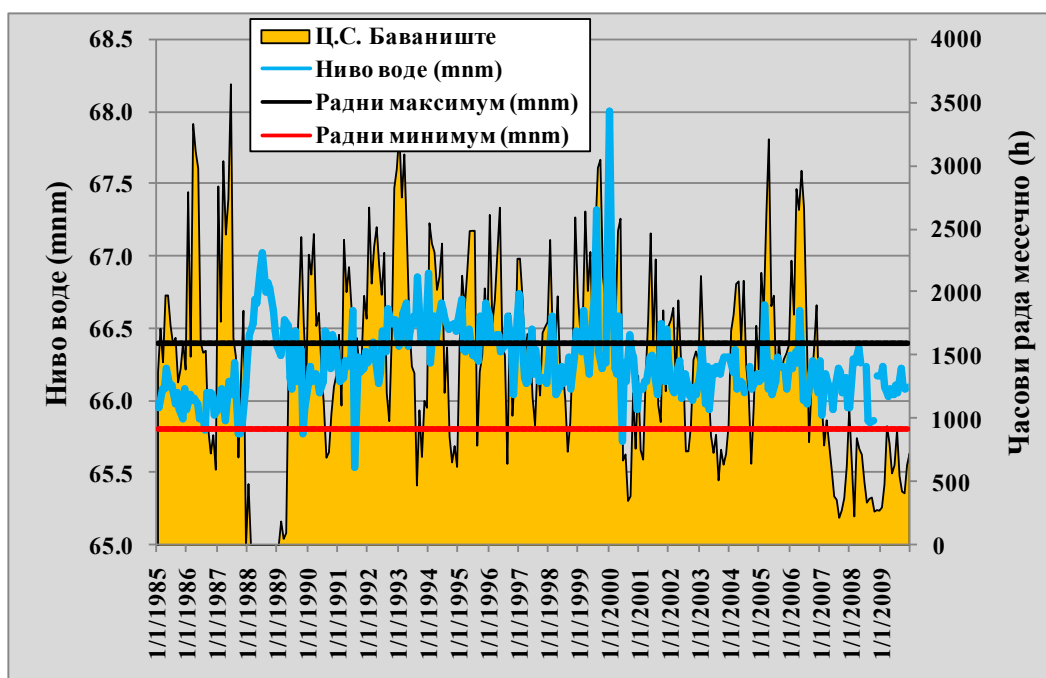
Слика 5.44.- Нивои воде и месечне суме часова рада за црпну станицу Гај – стара и Гај – нова

На црпној станици Врба ниво воде се налази у посматраном периоду у само 9,5% мерења у оквиру предвиђених радних максимума и радних минимума, док се предвиђени радни максимум превазилази у преосталих 90,4% мерења. Ниво воде је само 15 пута силазио испод предвиђеног радног минимума (Слика 5.45). Побољшан режим рада црпне станице се јавља после 2006. године од када се нивои воде одржавају у границама предвиђених максимума и минимума. Побољшање рада је настало као последица замене пумпи.

На црпној станици Баваниште ниво воде се налази у посматраном периоду у 73,3% мерења у оквиру предвиђених радних максимума и радних минимума (Слика 5.46). Предвиђени радни максимум је превазиђен у преосталих 26,0% мерења, док је ниво воде нижи од радног минимума забележен 61 пут за цео посматрани период, што чини 0,7%.



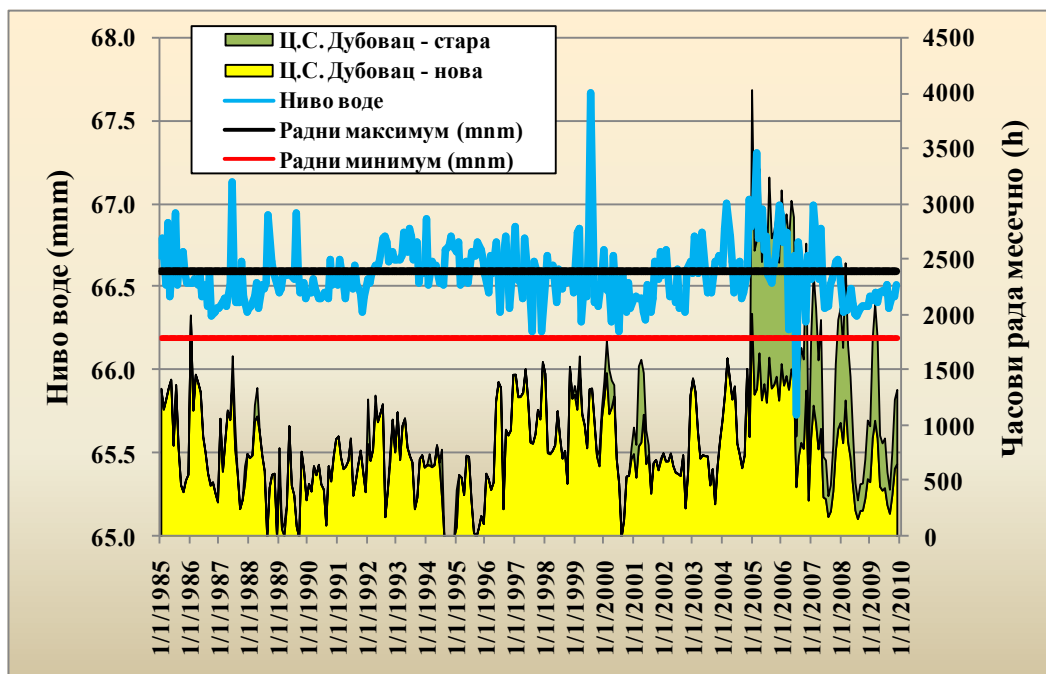
Слика 5.45.- Нивои воде и месечне суме часова рада за црпну станицу Врба



Слика 5.46.- Нивои воде и месечне суме часова рада за црпну станицу Баваниште

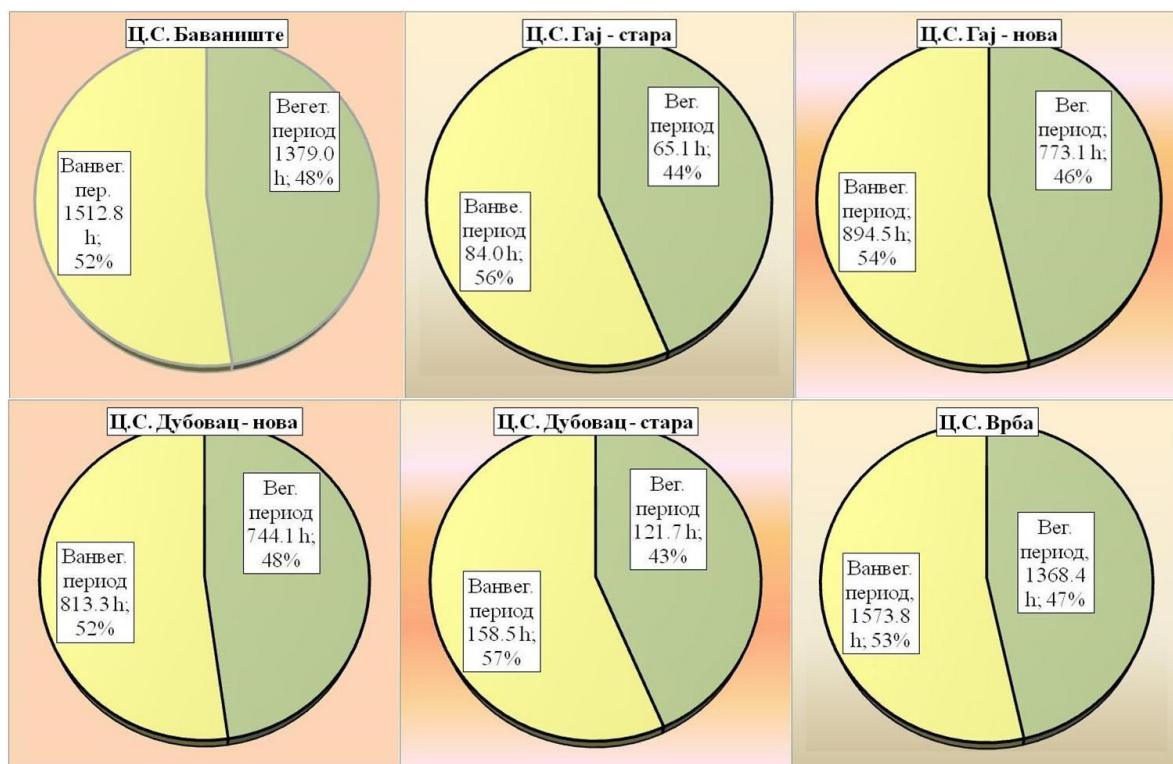
На црпној станици Дубовац (Слика 5.47) ниво воде се налази у посматраном периоду у 57,5% мерења у оквиру предвиђених радних максимума и радних минимума, док се предвиђени радни максимум превазилази у 41,9% мерења, а само

57 пута у посматраном периоду је ниво воде силазио испод предвиђеног радног минимума, што чини 0,6% трајања. Ове чињенице указују на недовољну ефикасност ове пумпе или незадовољавајући учинак.



Слика 5.47.- Нивои воде и месечне суме часова рада за црпне станице Дубовац стара и Дубовац нова период 1985-2009. г.

Код свих црпних станица удео радних часова је у ванвегетационом периоду од 52% до 57%, док је удео рада у вегетационом периоду 43-48% (Слика 5.48).



Слика 5.48.- Просечан број радних часова црпних станица у вегетационом и ванвегетационом периоду са њиховим процентуалним учешћем у току године

5.2.2. Анализа рада система за одводњавање на месечном нивоу

Часови рада црпне станице на месечном нивоу за вишегодишњи период од 1972-2009. године су приказани у Табели 5.3. за све црпне станице истраживаног подручја.

Месеци август и септембар су код већине станица они код којих је најмање радних сати утрошено. То је у складу са сушним периодом и најнижим водостајима реке Дунав који су управо крајем лета и почетком јесени. Такође, и месец октобар и јул се не огледају са великом количином воде која треба да се евакуише из истраживаног подручја.

Табела 5.3.- Часови рада црпних станица за вишегодишњи период од 1972-2010. године представљени по месецима са означеним просечним максимумима и минимумима рада

Месец	Баваниште	Дубовац- нова	Дубовац - стара	Гај - нова	Гај - стара	Врба
Јан	1716	939	197	1053	89	1867
Феб	1498	858	196	931	136	1738
Мар	1819	916	230	982	173	1914
Апр	1714	903	207	960	120	1737
Мај	1701	973	163	969	88	1615
Јун	1403	839	130	858	92	1422
Јул	1328	699	85	757	54	1325
Авг	1096	530	73	528	26	1009
Сеп	1032	521	73	567	11	1102
Окт	1264	656	80	755	17	1308
Нов	1362	745	116	797	21	1327
Дец	1417	766	131	849	68	1289
Просек	1446	779	140	834	75	1471
Сума	17351	9344	1681	10005	865	17653

На црпној станици Баваниште највише рада је уложено на евакуацију воде у месецу марту, а затим јануару, априлу и мају, и то 1819, 1716, 1714 и 1701 час, респективно. У летњим месецима је забележен утросак рада који је и за 40% мањи од оног у ванвегетационом периоду.

На станици Дубовац нова, максимум је у месецу мају и износи 973 часа месечно. Следе месеци јануар, март и април, који сви имају у просеку више од 900 часова рада. Радни минимум је у просеку у месецу септембру најмањи и износи 521 час.

На црпној станици Дубовац стара просечни максимум је у месецу марту, са 230 часа, а затим следе месеци април, јануар и фебруар, са око 200 часова рада, док је у августу и септембру забележено просечно 73 часа рада.

На црпној станици Врба просечни максимум је у марту, са 1914 часова, а затим следе месеци јануар, фебруар и април са 1867, 1738 и 1736 часова у просеку месечно, док је у августу и септембру забележено просечно 1009 и 1102 часа рада.

На црпној станици Гај нова просечни максимум је у месецу јануару, са 1053 часа, а затим следе месеци март, мај, април и фебруар са 982, 969, 960 и 931 час месечно, док је у августу и септембру забележено просечно 528 и 567 часова рада.

На црпној станици Гај стара просечни максимум је у месецу марту, са 173 часа, док је у септембру забележено просечно 11 часова рада.

Заједничко за све црпне станице је да су најмањи протицаји у августу и септембру, а највећи у марту, што коинцидира са водостајима Дунава.

5.2.3. Анализа рада система у условима екстремних вишкова воде

Рад система за одводњавање у условима екстремних вишкова воде анализиран је на примеру одводњавања у 2006. години. Неповољна хидролошка ситуација у пролеће 2006. године последица је обилних падавина у периоду фебруар - март 2006. године и наглог отапања снежног покривача које је пратио пораст температуре крајем марта месеца. До средине априла регистрован је нагли пораст водостаја Дунава, Тисе, Саве и њихових притока у сливу акумулације ХЕПС „Ђердап 1“.

На знатној дужини насипа у приобаљу ХЕПС „Ђердап 1“, због претходно неповољне хидролошке ситуације (велика влажност земљишта, висок ниво подземних вода и испуњеност корита услед претходних пораста водостаја), стекли су се услови за проглашење и спровођење мера редовне и ванредне одбране од поплава. Средином априла проглашена је ванредна одбрана од поплава на Дунаву, Великој Морави, Сави, Тиси и Тамишу.

Са порастом протицаја Дунава на брани, у складу са утврђеним режимом сталне експлоатације ХЕПС „Ђердап 1“, нивои воде на брани су снижени и одржавани на коти 63,00 mnm, чиме је у значајној мери ублажен поплазни талас у зони акумулације низводно од ушћа Нере. Средином априла на ушћу Нере регистрован је максимални водостај Дунава, на коти 72,39 mnm. Са котом круне

73,50 mm, дунавски насип је био за 1,1 m виши од поменутих максималних водостаја.

Приликом техничког увида на сектору Ковин – Дубовац, закључено је да систем дренажних бунара за заштиту насеља Дубовац функционише, обезбеђујући повољан режим подземних вода у зони брањених објеката. Само део насеља Старо село у инундацији код црпне станице Дубовац био је поплављен.

Проблем обраслости облоге спољне косине насипа вегетацијом регистрован је местимично између црпне станице Дубовац и црпне станице Гај, на деоницама насипа где у форланду нема заштитног шумског појаса.

На појединим краћим деоницама између црпних станица Дубовац и Врба, као и од црпне станице Мало Баваниште до високог терена Жарковац, у латералном каналу су се задржавале процедурне воде из баласта (прекинута или слаба веза латералног са дренажним каналом или повећани отпори дуж латералног канала), а местимично је дошло и до разливања воде из латералног канала.

Мерењем тзв. насипских пијезометара на профилу између црпних станица Гај и Мало Баваниште утврђено је да се нивои подземних вода у зони између насипа и латералног канала крећу између кота 69,50 mm и 68,30 mm, тј. да се налазе на дубинама од 1,5 - 2 m од површине терена. У пијезометрима у зони дренажног канала регистровани су пијезометарски нивои око коте 67,50 mm.

У периоду поплавног таласа црпне станице Врба, Гај и Мало Баваниште су биле у фази реконструкције, замене електромашинске и хидромеханичке опреме. Нова црпне станице Дубовац је интензивно радила (укључујући два велика агрегата старе црпне станице Дубовац на дизел погон).

Период појаве сувишних унутрашњих вода обично се поклапа са периодом појаве великих вода у водотоцима, па је у таквим условима одводњавање гравитацијом ограничено или онемогућено а црпљење значајно отежано (већи трошкови експлоатације система због утрошка погонске енергије за пумпање). Изразити проблеми се јављају када је ниво прве издани у пролеће висок, а појави водолежа доприноси и брзо отапање снега или када падавине падају на већ замрзнути терен или на водом већ засићено земљиште.

На сектору Ковин - Дубовац дужи низ година пре 2006. године регистровани су практично неизмењени просечни нивои подземних вода, укључујући и подручје у непосредној зони одбрамбеног насипа.

Међутим, током 2006. године, ниво подземних вода био је повишен на целом подручју. Ниже површине у зони између насипа и прве дренажне линије, посебно у појасу уз насип, карактерише плитко залегање подземних вода. Угроженост високим нивоима подземних вода, местимично са појавом подземних вода на површини терена (зона пијезометра СВ-33/S-1), највише је била изражена између црпних станица Дубовац и Врба, затим узводно од црпне станице Мало Баваниште до краја канала V-I-I. Један од узрока лошег стања у овој зони је немогућност запуштене секундарне каналске мреже да несметано функционише. На преосталом делу брањеног подручја оствариван је задовољавајући режим нивоа подземних вода.

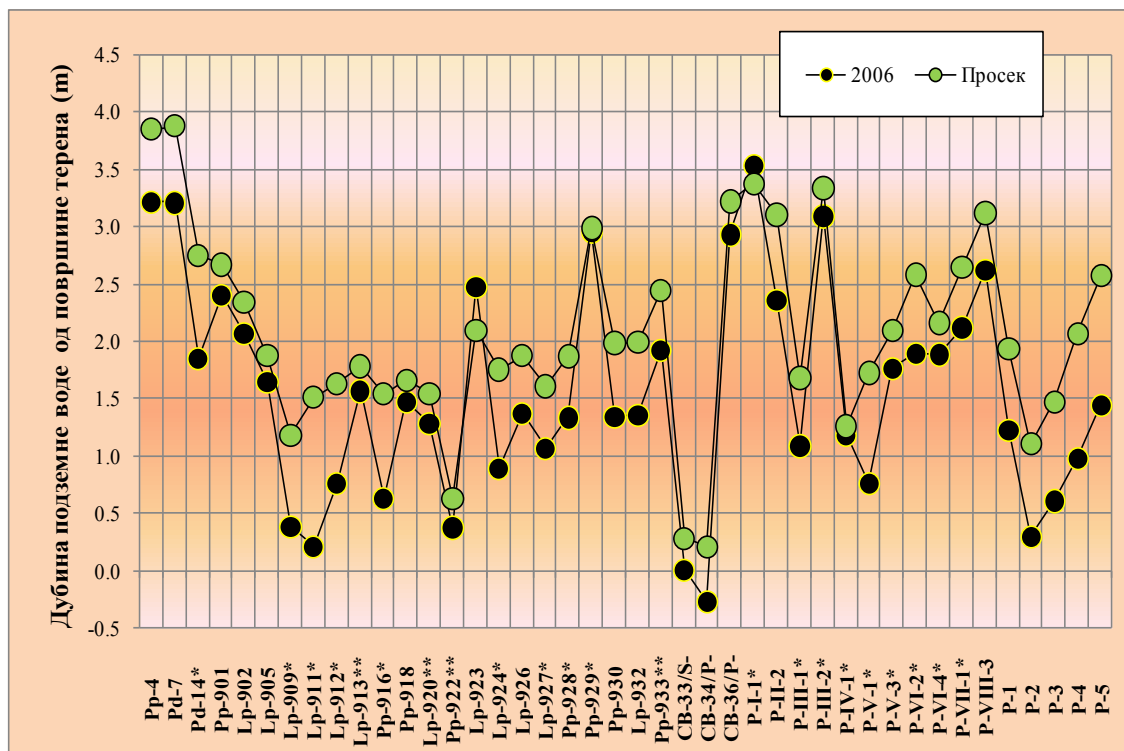
У доводним каналима црпних станица регистровани су водостаји који су били близу максималних вредности, или виши од пројектом предвиђених. Коте нивоа воде измерене у каналима код црпних станица, приказане су у Табели 5.4.

Табела 5.4.- Коте нивоа воде у каналима код црпних станица

Црпна станица	Предвиђени радни ниво (mm)		Измерени ниво 16.04.2006. (mm)
	Минимални	Максимални	
Дубовац	66,20	66,60	66,75
Врба	65,20	65,50	66,10
Гај	65,60	66,30	66,20
Мало Баваниште	65,80	66,40	66,35

У Табели 5.5 су приказани средњи, максимални и минимални нивои подземне воде у пијезометрима. Осцилације нивоа подземне воде у пијезометрима у 2006. години су мање, а трајање високог нивоа подземних вода (< 1 m од површине терена) знатно дуже од просека за цео посматрани период. Подземна вода се у пет посматраних пијезометара налази на самој површини терена (Lp-909*, Lp-911*, Pp-922**, СВ-33/S- и СВ-34/P-). Трајање нивоа подземних вода на дубини

до 1 m од површине терена је забележено у 25 посматраних пијезометара (Табела 5.5) а од тога је на 12 пијезометара регистровано дуго задржавање високе подземне воде (више од 50% времена).



Слика 5.49.- Средњи нивои подземне воде (m) у пијезометрима у 2006. години и за цео посматрани период

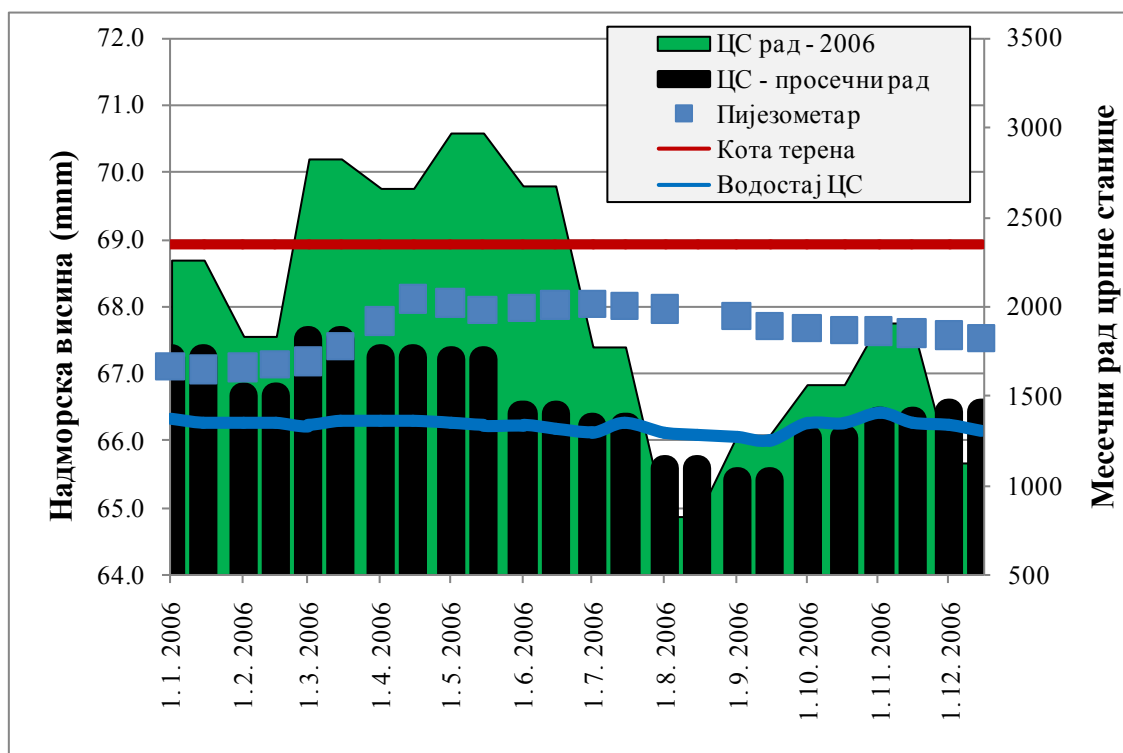
Табела 5.5.- Осцилације, средњи, максимални и минимални нивои подземне воде и пијезометрима и проценти трајања високих нивоа подземних вода у 2006. години

Ознака Пијезометра	Кота терена (mm)	Највиши ниво подземне воде (mm)	Најнижи ниво подземне воде (mm)	Осцилација нивоа подземних вода (m)	Средњи ниво подземне воде (mm)	Средња дубина до подземне воде (m)	Најмања дубина до подземне воде (m)	Највећа дубина до подземне воде (m)	Трајање високих нивоа подземних вода (%)
Pp-4	72,12	69,74	67,81	1,93	68,90	3,22	2,38	4,31	0,00
Pd-7	72,09	69,73	67,77	1,96	68,88	3,21	2,36	4,32	0,00
Pd-14*	69,93	68,59	67,69	0,90	68,08	1,85	1,34	2,24	0,00
Pd-15	73,30	71,66	70,83	0,83	71,28	2,02	1,64	2,47	0,00
Pp-901	69,57	67,93	66,70	1,23	67,16	2,41	1,64	2,87	0,00
Lp-902	69,39	67,49	67,08	0,41	67,32	2,07	1,90	2,31	0,00
Lp-905	68,42	67,16	66,29	0,87	66,77	1,65	1,26	2,13	0,00
Lp-909*	68,90	68,97	67,99	0,98	68,52	0,38	-0,07	0,91	100,00
Lp-911*	68,08	68,26	67,49	0,77	67,87	0,21	-0,18	0,59	100,00
Lp-912*	68,28	67,93	67,02	0,91	67,52	0,76	0,35	1,26	78,26
Lp-913**	68,95	68,28	66,57	1,71	67,38	1,57	0,67	2,38	18,18
Pp-916*	67,71	67,60	66,48	1,12	67,08	0,63	0,11	1,23	70,59
Pp-918	70,30	69,83	67,90	1,93	68,83	1,47	0,47	2,40	20,00
Lp-920**	68,93	68,10	67,05	1,05	67,64	1,29	0,83	1,88	30,43

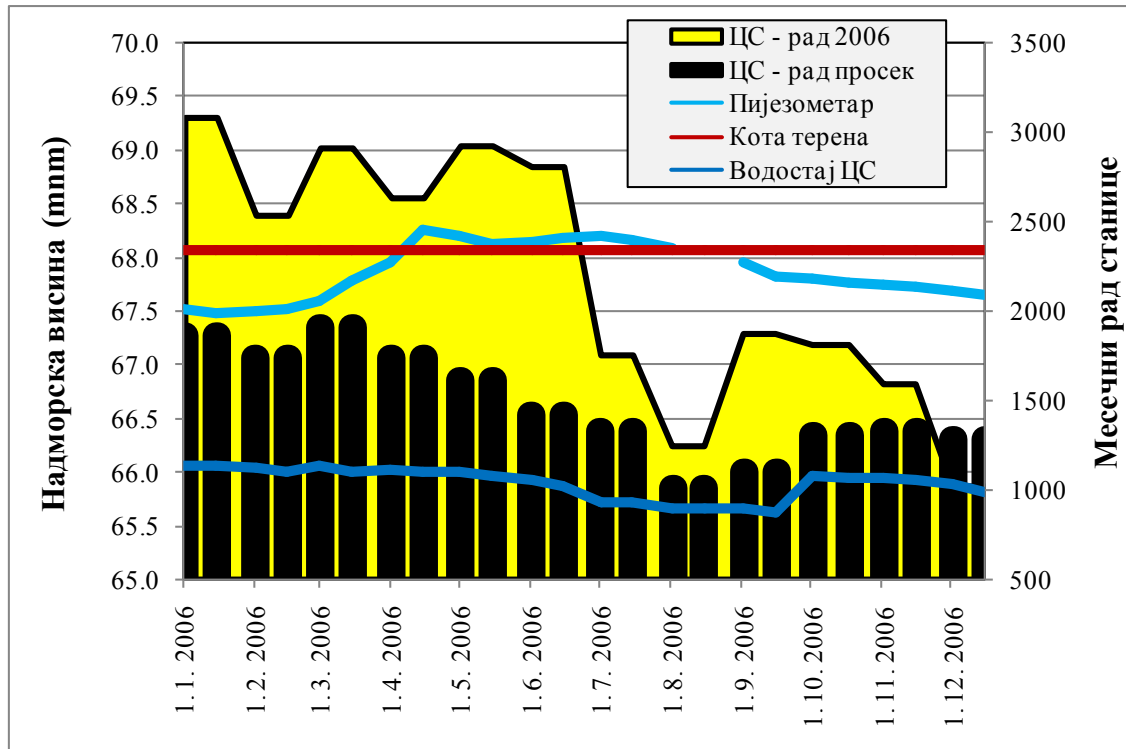
Ознака Пијезометра	Кота терена (mm)	Највиши ниво подземне воде (mm)	Најнижи ниво подземне воде (mm)	Осцилација нивоа подземних вода (m)	Средњи ниво подземне воде (mm)	Средња дубина до подземне воде (m)	Најмања дубина до подземне воде (m)	Највећа дубина до подземне воде (m)	Трајање високих нивоа подземних вода (%)
Pp-922**	69,28	69,32	68,50	0,82	68,91	0,37	-0,04	0,78	100,00
Lp-923	70,91	68,89	68,09	0,80	68,43	2,48	2,02	2,82	0,00
Lp-924*	71,64	71,61	69,06	2,55	70,75	0,89	0,03	2,58	64,71
Lp-926	68,85	68,25	66,79	1,46	67,48	1,37	0,60	2,06	29,17
Lp-927*	68,30	68,30	66,55	1,75	67,23	1,07	0,00	1,75	45,83
Pp-928*	71,69	71,27	69,63	1,64	70,35	1,34	0,42	2,06	12,50
Pp-929*	70,57	68,88	66,14	2,74	67,61	2,96	1,69	4,43	0,00
Pp-930	71,07	70,68	69,14	1,54	69,72	1,35	0,39	1,93	16,67
Lp-932	71,07	70,79	68,73	2,06	69,72	1,35	0,28	2,34	25,00
Pp-933**	69,99	68,52	67,86	0,66	68,07	1,92	1,47	2,13	0,00
CB-33/S-	67,93	68,08	67,66	0,42	67,92	0,01	-0,15	0,27	100,00
CB-34/P-	67,85	68,32	67,93	0,39	68,12	-0,27	-0,47	-0,08	100,00
CB-36/P-	70,11	68,61	65,83	2,78	67,18	2,93	1,50	4,28	0,00
P-I-1*	70,54	67,24	66,79	0,45	67,00	3,54	3,30	3,75	0,00
P-II-2	72,80	70,91	69,28	1,63	70,44	2,36	1,89	3,52	0,00
P-III-1*	69,23	68,81	67,52	1,29	68,14	1,09	0,42	1,71	66,67

Ознака Пијезометра	Кота терена (mm)	Највиши ниво подземне воде (mm)	Најнижи ниво подземне воде (mm)	Осцилација нивоа подземних вода (m)	Средњи ниво подземне воде (mm)	Средња дубина до подземне воде (m)	Најмања дубина до подземне воде (m)	Највећа дубина до подземне воде (m)	Трајање високих нивоа подземних вода (%)
P-III-2*	70,35	68,12	66,38	1,74	67,26	3,09	2,23	3,97	0,00
P-IV-1*	68,28	67,47	66,67	0,80	67,10	1,18	0,81	1,61	31,58
P-V-1*	68,59	68,41	67,04	1,37	67,83	0,76	0,18	1,55	89,47
P-V-3*	73,79	72,95	71,15	1,80	72,02	1,77	0,84	2,64	4,35
P-VI-2*	68,93	67,45	66,49	0,96	67,04	1,89	1,48	2,44	0,00
P-VI-4*	74,16	72,95	71,65	1,30	72,27	1,89	1,21	2,51	0,00
P-VII-1*	68,84	67,51	65,73	1,78	66,72	2,12	1,33	3,11	0,00
P-VIII-3	71,29	69,83	67,66	2,17	68,67	2,62	1,46	3,63	0,00
P-1	69,61	68,65	68,05	0,60	68,39	1,22	0,96	1,56	7,69
P-2	69,80	69,74	69,24	0,50	69,50	0,30	0,06	0,56	100,00
P-3	70,81	70,79	69,62	1,17	70,20	0,61	0,02	1,19	70,59
P-4	72,28	71,86	70,86	1,00	71,30	0,98	0,42	1,42	47,83
P-5	72,98	72,01	71,02	0,99	71,53	1,45	0,97	1,96	4,35

На сликама 5.50 и 5.51. је приказан рад црпних станица Баваниште и Врба са нивоима воде у њима у 2006. години, и нивоима подземне воде у пијезометрима Lp-920** и Lp-911*. Ови пијезометри су изабрани за анализу јер се налазе на малом растојању од црпних станица и припадају сливним подручјима тих станица. На пијезометру Lp-920** се ниво подземне воде налази на дубини од 1 m од површине терена од 15. априла до 1. септембра, док је пијезометар Lp-911* у том периоду поплављен, а у целој 2006. години ниво подземне воде се налази на дубини мањој од 1 m. Са обе слике се уочава ванредно повећан рад црпних станица у односу на просек за вишегодишњи период са месечним радом који јасно прати ниво подземне воде. У овом случају нивои подземних вода у пијезометрима су само представници пијезометара истраживаних сливних подручја.

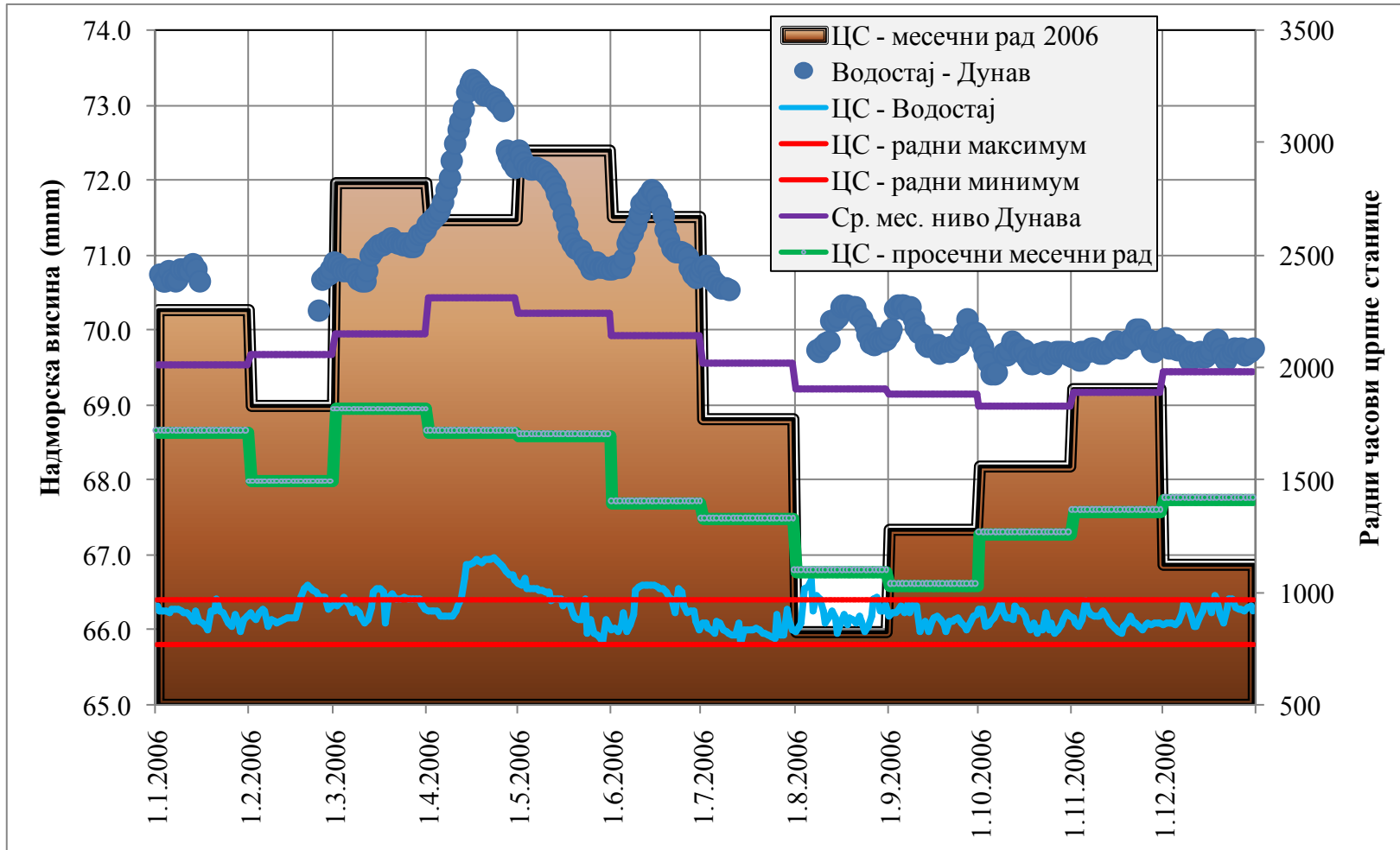


Слика 5.50.- Ниво подземне воде на пијезометру Lp-920** и параметри рада црпне станице Баваниште у 2006. години

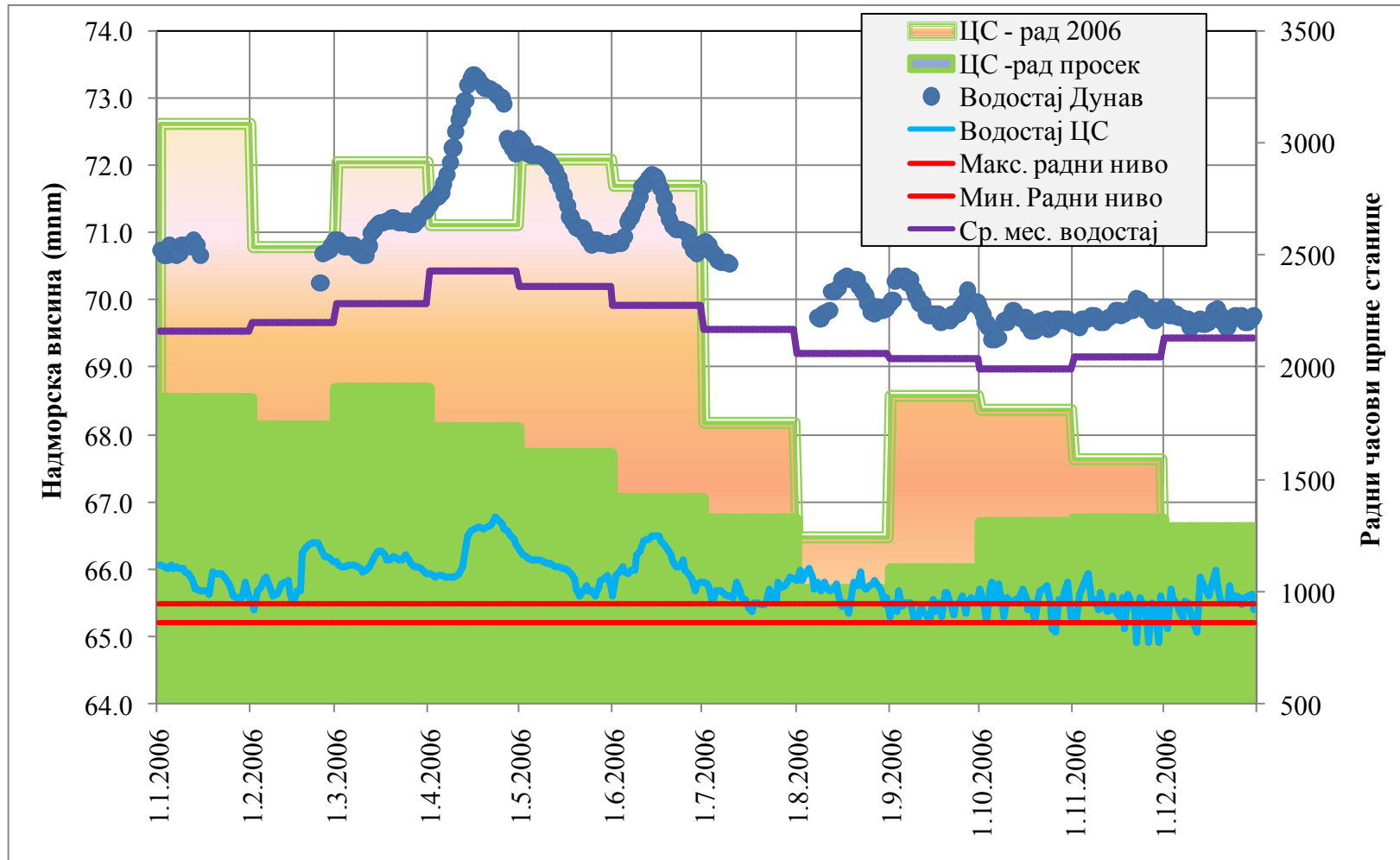


Слика 5.51.- Ниво подземне воде на пијезометру Lp-911* и параметри рада црпне станице Врба у 2006. години

На сликама 5.52 су на примеру рада ЦС Баваниште приказани и средњи месечни водостаји Дунава за цео период који јасно указују на велике воде у реци Дунав у 2006. години. На сликама 5.53, 5.54 и 5.55 приказани су подаци о раду црпних станица Врба, Гај и Дубовац. Уочава се и да је водостај Дунава праћен нивоом воде у црпној станици (пикови се поклапају визуелно), као и да се часови рада црпних станице знатно умањују са периодима смањења водостаја. Водостај у црпној станици Баваниште се углавном одржава између зацртаних радних минимума и максимума, осим у току великих вода у априлу и великог повећања водостаја у месецу јуну, док је на црпној станици Врба водостај у већем делу године изнад радног максимума и долази у радни оптимум тек од септембра месеца 2006. године. Ово показује да је црпна станица Баваниште правилно димензионисана.

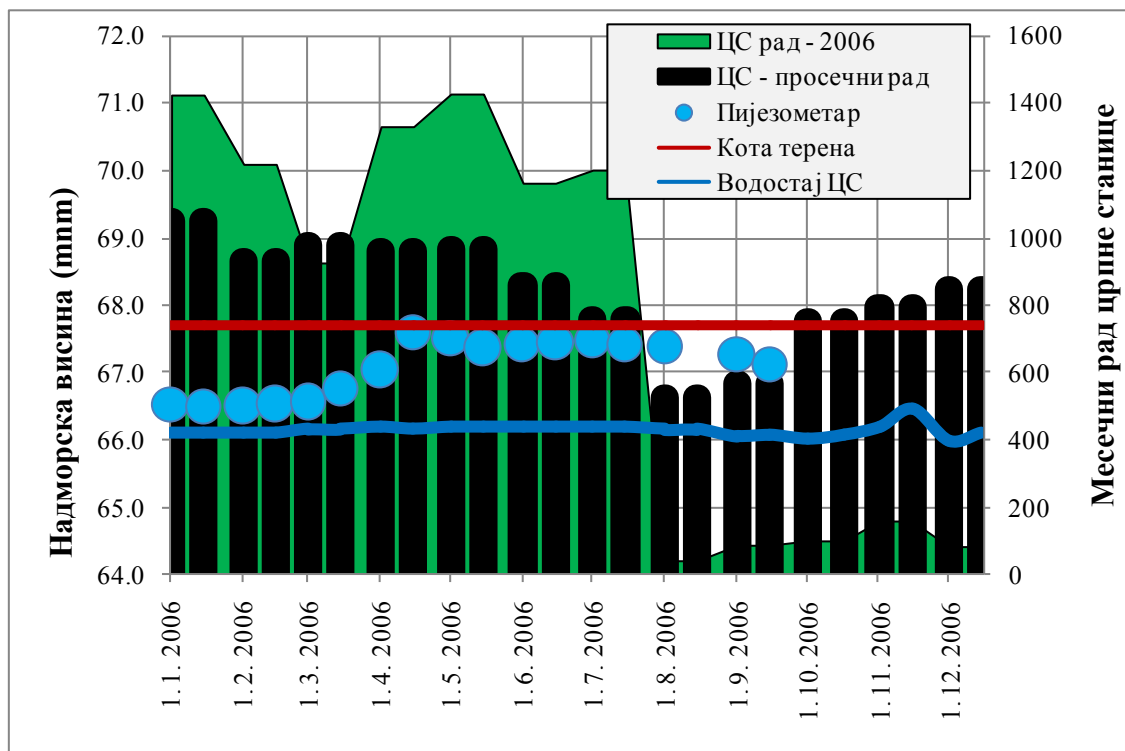


Слика 5.52.- Параметри рада црпне станице Баваниште



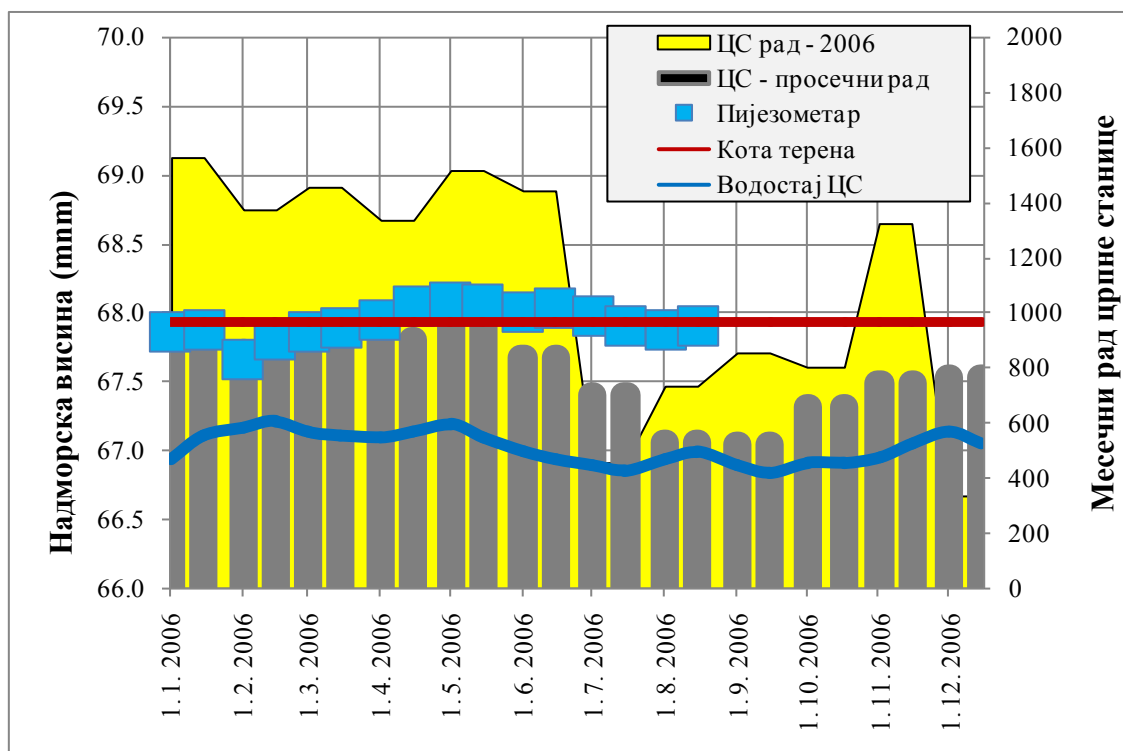
Слика 5.53.- Параметри рада црпне станице Врба

На Слици 5.54 је приказан рад црпне станице Гај са водостајем код црпне станице у 2006. години, и нивоима подземне воде у пијезометру Рр-916*. На пијезометру Рр-916* се ниво подземне воде налази на дубини од 1 m од површине терена од 1. априла до 15. септембра. На слици се уочава ванредно повећан рад црпне станице у периоду високог нивоа подземних вода и смањење рада у месецу августу.



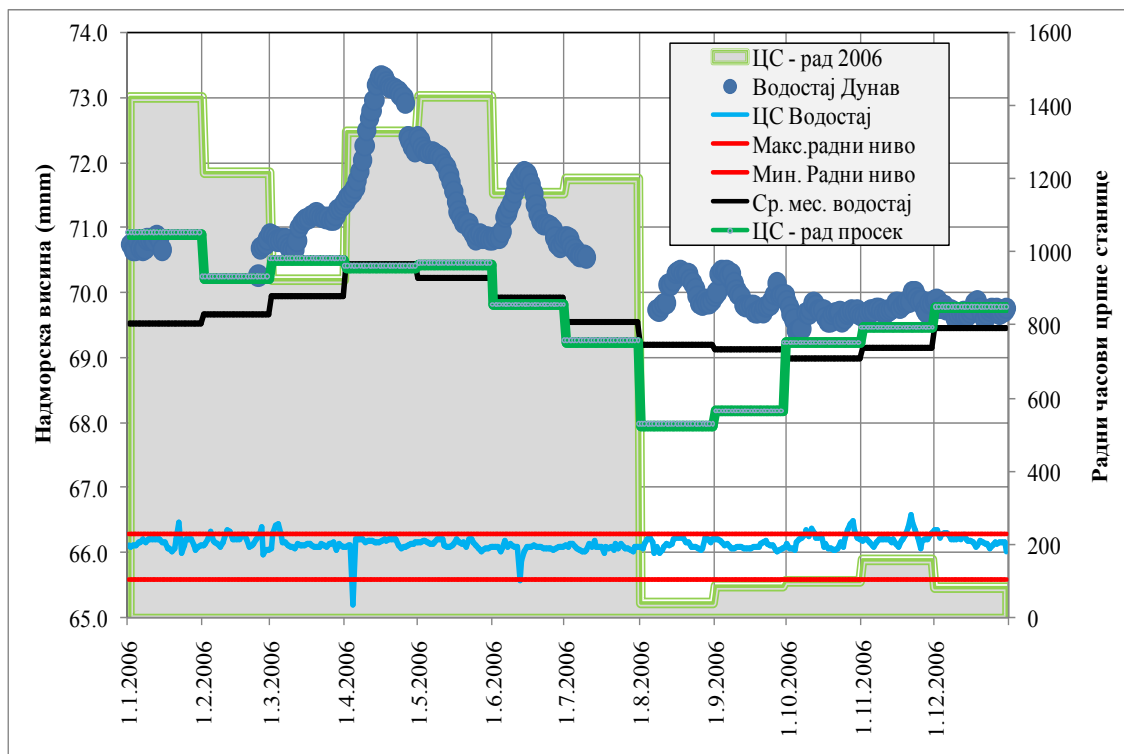
Слика 5.54.- Ниво подземне воде на пијезометру Рр-916* и параметри рада црпне станице Гај у 2006. години

На Слици 5.55 је приказан рад црпне станице Дубовац са водостајем код црпне станице у 2006. години и нивоима подземне воде у пијезометру ЦБ-33/С. На пијезометру СВ-33/С- се ниво подземне воде налази на просечној дубини од 1 cm од површине терена у целој 2006. години. На слици се уочава ванредно повећан рад црпне станице у периоду високог нивоа подземних вода и смањење рада у месецу јулу. Смањење рада прати смањење водостаја код црпне станице али није у корелацији са нивоом воде у пијезометру СВ-33/С- код кога вода остаје на површини терена.

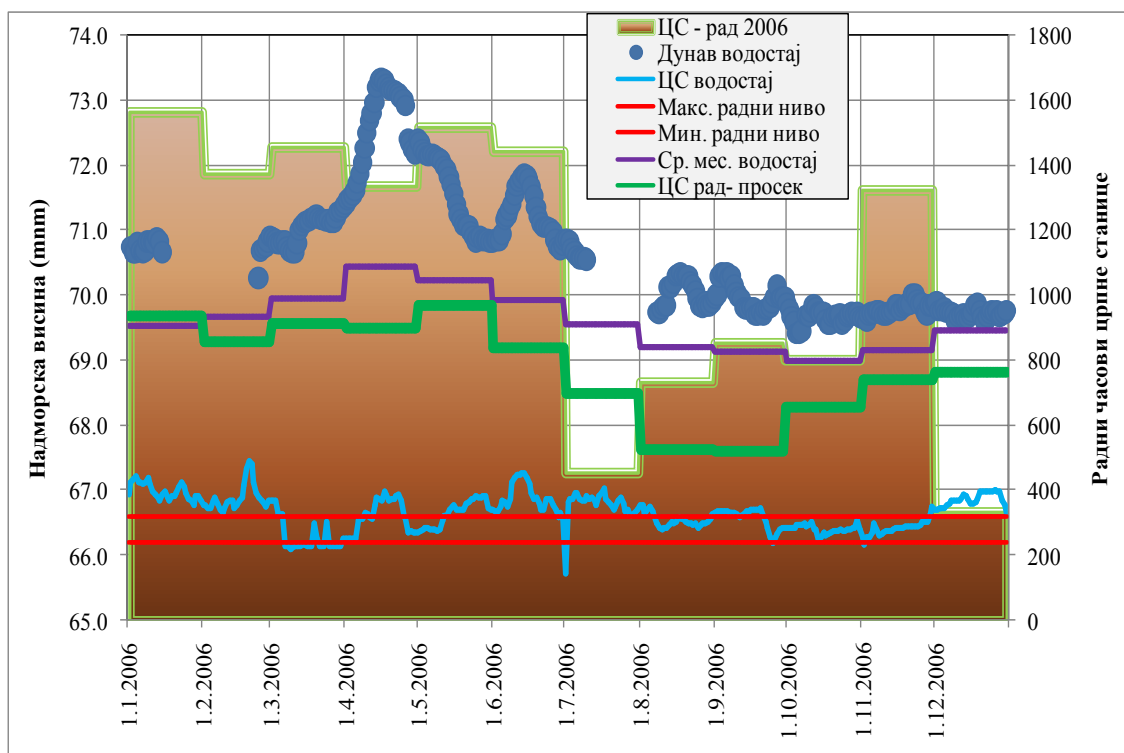


Слика 5.55.- Ниво подземне воде на пијезометру СВ-33/S- и параметри рада црпне станице Дубовац у 2006. години

На сликама 5.56 и 5.57 су приказани нивои воде у црпним станицама Гај – нова и Дубовац - нова и мерења водостаја реке Дунав у Ковину. На сликама су приказани и средњи месечни водостаји Дунава за цео период који нам јасно указују на велике воде у реци Дунав у 2006. години, као и часови рада црпних станица који су такође знатно већи од просека за цео посматрани период. Радни оптимум у црпној станици Гај се одржава углавном током целе 2006. године, док је у црпној станици Дубовац - нова предвиђени радни максимум превазиђен у периоду великих вода реке Дунав, што је утицало и на већи број радних сати у тим месецима.



Слика 5.56.- Параметри рада црпне станице Гај – нова у 2006.

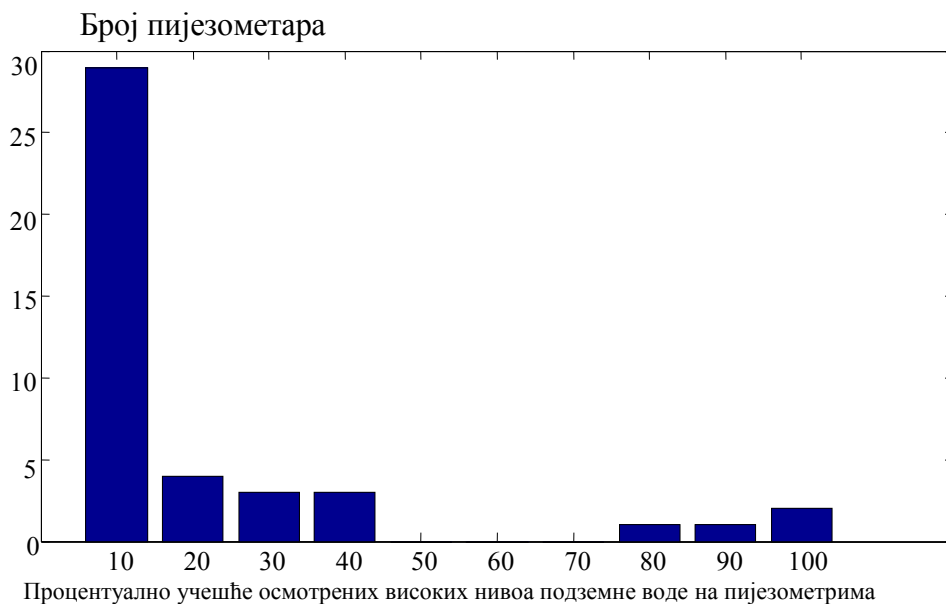


Слика 5.57.- Параметри рада црпне станице Дубовац - нова у 2006. години

На основу података о раду дренажног система током 2006. године када су се јавили велики вишкови воде може се закључити да током периода великих вода на делу подручја дренажни систем није обезбеђивао успешну заштиту подручја и да су максимални нивои у доводним каналима црпних станица били изнад максималних радних нивоа. Треба нагласити да се ово повећање нивоа подземних вода јавља на пијезометрима најближим црпним станицама, који су у првој дренажној линији и најближи до водотока, док се на великом броју пијезометара на подручју (Табела 5.5) повишени нивои подземне воде јављају много краће, или их уопште и нема. С обзиром да је 2006. године био екстремно висок водостај на Дунаву, највећи у посматраном периоду, није економски оправдано да систем буде димензионисан на екстремне случајеве и са тог аспекта он је задовољио своју функцију.

5.2.4. Ефикасност рада система за одводњавање

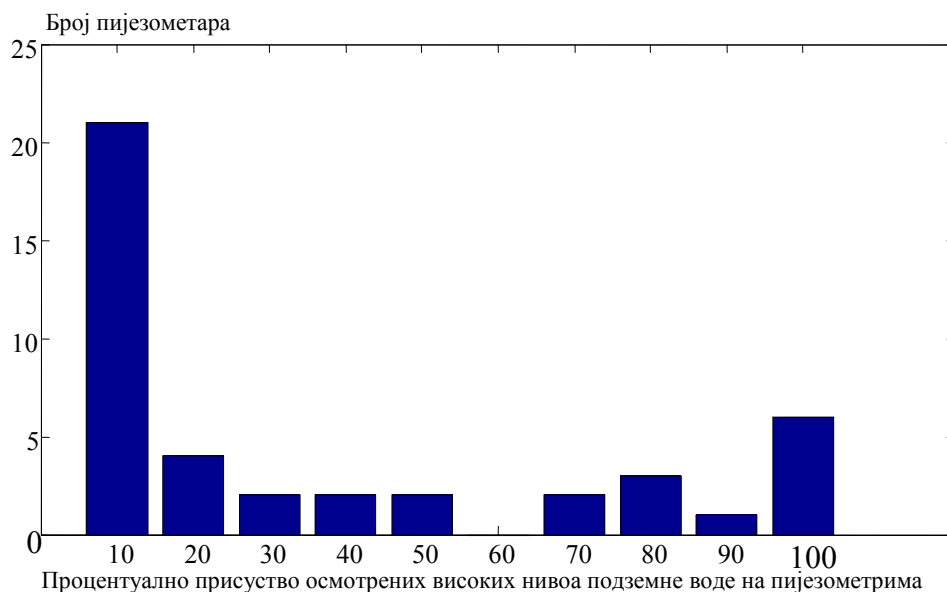
На основу података мерења на пијезометрима на подручју може се закључити да дренажни систем генерално са успехом остварује своју функцију. Од 43 пијезометара за које су приказани подаци о мерењима нивоа подземних вода у периоду 1985-2010. г. (Табела 5.1) на само 4 је трајање високог нивоа подземних вода дуже од 75% времена, а ово се односи на пијезометре између насипа и прве дренажне линије. Под високим нивоом подземних вода сматра се ниво код кога је дубина воде од површине терена мања од 1 m. На 8 пијезометара је забележено да се висок ниво подземних вода јавља у 20-40% времена, док се код половине пијезометара висок ниво подземне воде појављује у мање од 1% мерења, или никада (Слика 5.58). Овај податак говори о томе да се подручје Ковин - Дубовац дренажним системима са успехом брани од сувишних вода, и да током дужег низа година пољопривредно земљиште на подручју није било угрожено високим подземним водама на највећем делу површине. Висок ниво подземних вода регистрован је на делу подручја близу водотока, док су на површинама у другој и трећој дренажној линији пројектовани дренажни критеријуми задовољени, и поред недовољног одржавања дренажних система.



Слика 5.58.- Хистограм процентуалног учешћа плитких подземних вода (1985-2010)

У периоду неповољне хидролошке ситуације и појаве екстремних водостаја на Дунаву који су се јавили током 2006. године, која је узета као пример године са појавом екстремно великих вишкова воде, пољопривредно земљиште је сувишним водама изложено на једном делу површине (Табела 5.5). Са хистограма (Слика 5.59) се може видети да је од 43 пијезометра на 6 пијезометара висок ниво подземне воде регистрован непрекидно, на 6 пијезометара од 50% до 90% времена, док је на 21 пијезометру процентуално учешће мерења са високим нивоом подземних вода мање од 10%. На чак 18 пијезометара уопште нису забележене подземне воде плиће од 1 m од површине терена.

Током периода 2006-2010. укључујући и пролеће 2006. године, региструје се унутар брањеног подручја повољан режим подземних вода (дубине од површине терена су углавном веће од 0,8-1 m). Високим нивоима подземних вода су угрожене ниже површине између насипа и прве дренажне линије, најчешће у појасу непосредно иза насипа. Ова угроженост, местимично и појава подземних вода на нижим површинама терена у првом реду се односи на ниже делове терена између црпних станица Дубовац и Врба, затим узводно од црпне станице Мало Баваниште до краја канала V-I-I.



Слика 5.59.- Хистограм процентуалног учешћа плитких подземних вода током 2006.г

Упркос континуираном функционисању дренажних система, и даље се повремено јавља превлаживање земљишта сувишним водама. Не треба заборавити да су при успостављању режима експлоатације ХЕПС „Ђердап“ и система заштите приобаља дефинисани критеријуми одржавања нивоа подземних вода, у свим хидролошким условима, на дубини од 0,8-1,2 m од површине терена за заштиту пољопривредних површина.

Превлаживање се на подручју јавља као унутрашње превлаживање до кога долази услед издизања нивоа подземних вода. Највећи вишкови воде се јављају упоредо са највећим водостајима реке Дунав, који и утичу на издизање нивоа подземних вода на истраживаном подручју.

Поред природних фактора (близине водотока) узрок лошег стања у овој зони је запуштеност секундарне каналске мреже због неодговарајућег одржавања.

Стање система за одводњавање у XXI веку боље је од стања у којем се целокупан систем налазио у периоду 1990-2000. године. Међутим, проблем са финансирањем неопходних радова на редовном одржавању система и даље је у великој мери присутан. Постоји значајан заостатак у земљаним радовима, потребној замени и реконструкцији црпних станица и објеката на систему. Реално стање је да у овом тренутку системи за одводњавање при екстремним хидролошким

појавама поплава од унутрашњих вода не могу да пруже потребан ниво заштите на целом мелиорационом подручју.

Поред редовног одржавања каналске мреже по прописаним нормативима, један од приоритетних задатака је подизање свести пољопривредника о њиховој улози у евентуалној одбрани од поплава. Примаран задатак је уређење парцела путем правилне основне обраде пољопривредног земљишта, како би се вода са парцела спровела до канала за одводњавање.

5.3. МОДЕЛИРАЊЕ НИВОА ПОДЗЕМНИХ ВОДА У УСЛОВИМА ОДВОДЊАВАЊА

У управљању подземним водама на пољопривредним подручјима са изграђеним дренажним системима у долинама речних токова велики значај има предвиђање нивоа подземних вода.

У условима успора Дунав подвирним и процедурним водама утиче на повишење нивоа прве издани. С обзиром на положај подручја (алувијалне равни) у односу на Дунав као и карактеристичне хидрогеолошке и хидродинамичке услове (двослојевита порозна средина) промена водостаја Дунава се пропагира кроз доњи водоносни слој, изазивајући одговарајуће промене пијезометарских нивоа што утиче и на режим нивоа подземних вода у горњем слабије пропусном хоризонту. На овај начин се промене водостаја, изазване успором ХЕПС „Ђердап 1“ пропагирају ка унутрашњости приобалних подручја. Дренажним системима постављеним поред реке одржава се одређени режим пијезометарских нивоа у водоносном слоју и утицај Дунава се ставља под контролу. На тај начин, елиминише се штетан утицај успора, као и негативни утицај природних високих водостаја реке на хидролошке услове на пољопривредним земљиштима у приобаљу. Међутим, поред хидроенергетског система „Ђердап 1“ (1972), изграђена је и брана „Ђердап 2“, (1977-1985) а у плану је изградња и хидроцентрале „Ђердап 3“. На овај начин настају сложени хидролошки услови и међусобни утицаји ових хидроенергетских система, па од све већег значаја постаје могућност предвиђања нивоа подземних вода на пољопривредном земљишту у приобаљу. Поуздана прогноза нивоа подземних вода би омогућила и благовремене припреме за рад

црпних станица и објеката на систему за одводњавање који би омогућио одржавање задатих нивоа подземних вода и несметану пољопривредну производњу.

Физичка зависност између климатских и хидролошких величина које се јављају у оваквим и сличним условима је веома комплексна и нелинеарног карактера.

Због тога су за моделирање нивоа подземне воде изабрани стохастички модели који не захтевају прецизну физичку карактеризацију услова на подручју.

Као што је речено, дренажни канали на подручју распоређени су у три линије: прва линија канала постављена је уз насип за заштиту из правца Дунава, друга линија канала има улогу регулације нивоа подземних вода унутар подручја, трећа линија канала је у функцији заштите подручја од дотицаја из залеђа.

На сваком од делова подручја изабран је по један пијезометар (бушотина) на којој је извршено моделирање нивоа подземне воде. Овај избор пијезометара је омогућио да сваки од три дела терена (три дренажне линије) буде описан репрезентативним пијезометром. Поред тога, утврђено је у којој мери удаљеност од водотока утиче на могућност предвиђања нивоа подземних вода и да ли поменути модели с успехом могу да се примењују на комплетном дренажном подручју.

Најближи водотоку је пијезометар Pp 928* који се налази на растојању од 350 m од водотока, други се налази у средишњем делу подручја (Lp 927*) на растојању од 4080 m од водотока, док је у трећој зони одбране пијезометар Pp 930, на растојању од 4850 m од Дунава. На првом пијезометру, најближем уз насип на Дунаву утицај водостаја Дунава на дубину подземних вода највећи, други је унутар подручја а на трећем се осећају утицаји дотицаја из залеђа.

Као што је у поглављу 3 *Материјали и методе* речено, за моделирање нивоа подземних вода изабране су две *soft computing* технике: *ANN (artificial neural networks)* модел и *ANFIS (adaptive neuro-fuzzi inference system)* за предвиђање нивоа подземних вода за 1 месец унапред, на појединачним бушотинама које се налазе на различитом растојању од воденог тока.

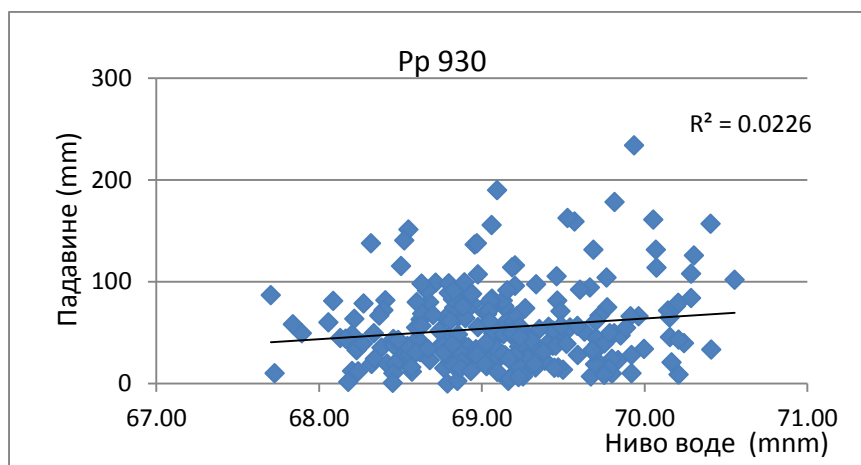
Одређивању архитектуре мреже претходило је одређивање улазних варијабли. Избор улазних варијабли има велики значај за развој модела, пошто сувише велики број улазних варијабли успорава модел и није увек могуће добити

статистички значајне податке о међусобним утицајима појединих варијабли. Јасно је да све потенцијалне физичке величине које се узимају у разматрање немају исти утицај на излазну варијаблу. Приликом одређивања улазних варијабли кренуло се од експертских знања - априорних знања о физикалности процеса који се моделирају.

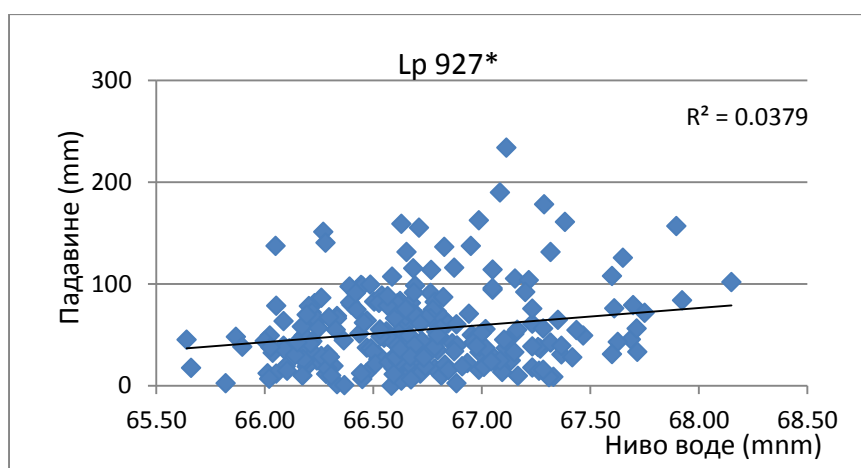
Међутим, експертска знања често су подложна субјективним проценама. Зависности међу величинама често су веома сложене а релације између величина које се моделирају нису јасно разумљиве или се не могу експлицитно дефинисати. Због тога је најбоље користити комбинацију експертских знања и аналитичких метода.

Корелациона анализа коју многи аутори предлажу, примењена је и у овом раду. У разматрање међусобних веза узете су физичке величине за које се искуствено претпоставило да могу имати утицаја на ниво подземне воде: ниво подземне воде у претходном периоду, ниво воде на околним пијезометрима, водостаји Дунава, вредности падавина, евапотранспирације, температуре ваздуха. Број суседних пијезометара који су коришћени у анализи је био два, и то су била два најближа пијезометра на којима је постојала континуална временска серија која је и заједничка са изабраним пијезометрима. С обзиром да су геолошки услови заједнички за цело подручје, овакав избор је оправдан. Све величине су на месечном нивоу, за период 1990-2010. године.

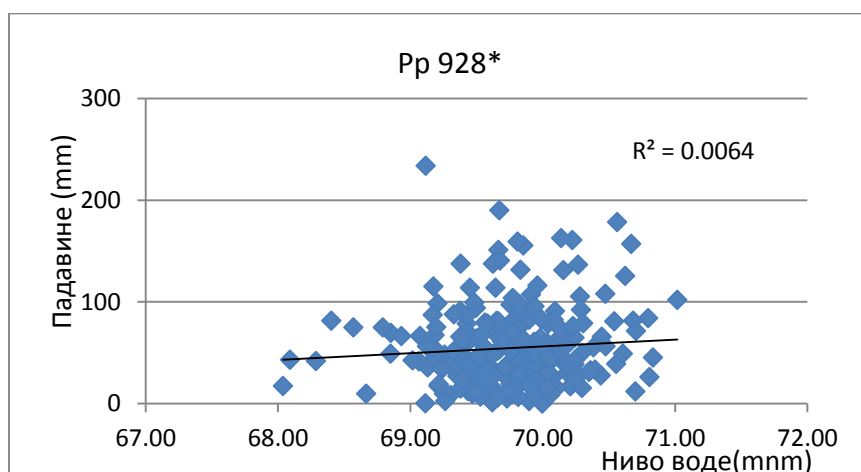
Корелационом анализом су изабрани парови мерења између којих је утврђена значајна узрочно последична веза, док је за друге утврђено да она не постоји. Применом корелационе анализе утврђено је да не постоји значајна зависност између падавина, климатских параметара (температуре ваздуха) и нивоа воде у посматраним пијезометрима. Примера ради, као илустрација утицаја падавина на ниво подземних вода на слици су приказани парови месечних вредности сума падавина и средње месечне вредности нивоа подземне воде са које се види да је девијација у односу на линеарни регресивни модел изузетно висока (Слике 5.60-5.62) што се илуструје кроз ниске вредности коефицијента R^2 које варирају у интервалу од 0,0064 до 0,0379.



Слика 5.60.- Корелација падавина и нивоа подземне воде на пијезометру Pp 930

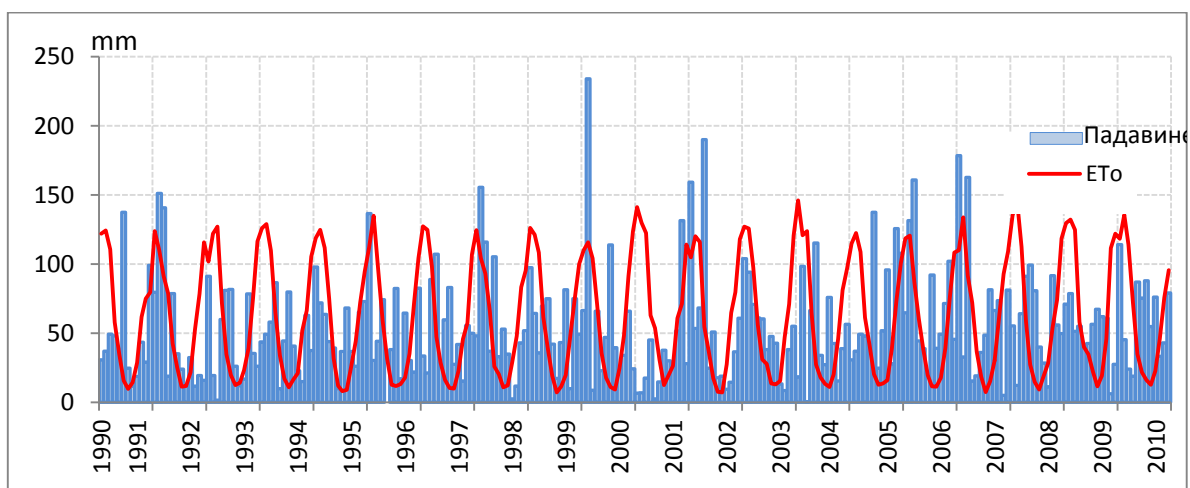


Слика 5.61.- Корелација падавина и нивоа подземне воде на пијезометру Lp 927*



Слика 5.62.- Корелација падавина и нивоа подземне воде на пијезометру Pp 928*

На подручју проучавања, иако је дубина подземне воде на неколико метара од површине терена, климатски елементи на месечном нивоу немају значајан утицај на подземне воде. Уколико се упореде вредности измерених падавина и референтне евапотранспирације израчунате методом *Penman-Monteith* види се да се највеће падавине јављају у летњим месецима, у време када је и референтна евапотранспирација највећа, а годишње вредности евапотранспирације превазилазе годишње вредности падавина, у просеку за 150 mm (Слика 5.63). Уколико се пак размотри утицај максималних дневних температура, такође није утврђена сигнификантна зависност (кофицијенти корелације између дубине подземних вода на пијезометрима и падавина, температура у евапотранспирације варирају од -0,006 до 0,022) (Табела 5.6).



Слика 5.63.- Месечне вредности падавина и референтне евапотранспирације (ЕТо) (1990-2010)

Табела 5.6.- Кофицијент корелације R^2 између нивоа подземне воде у изабраним пијезометрима и максималне (T_{max}) и минималне температуре ваздуха (T_{min}), евапотранспирације (ETo) и падавина (P).

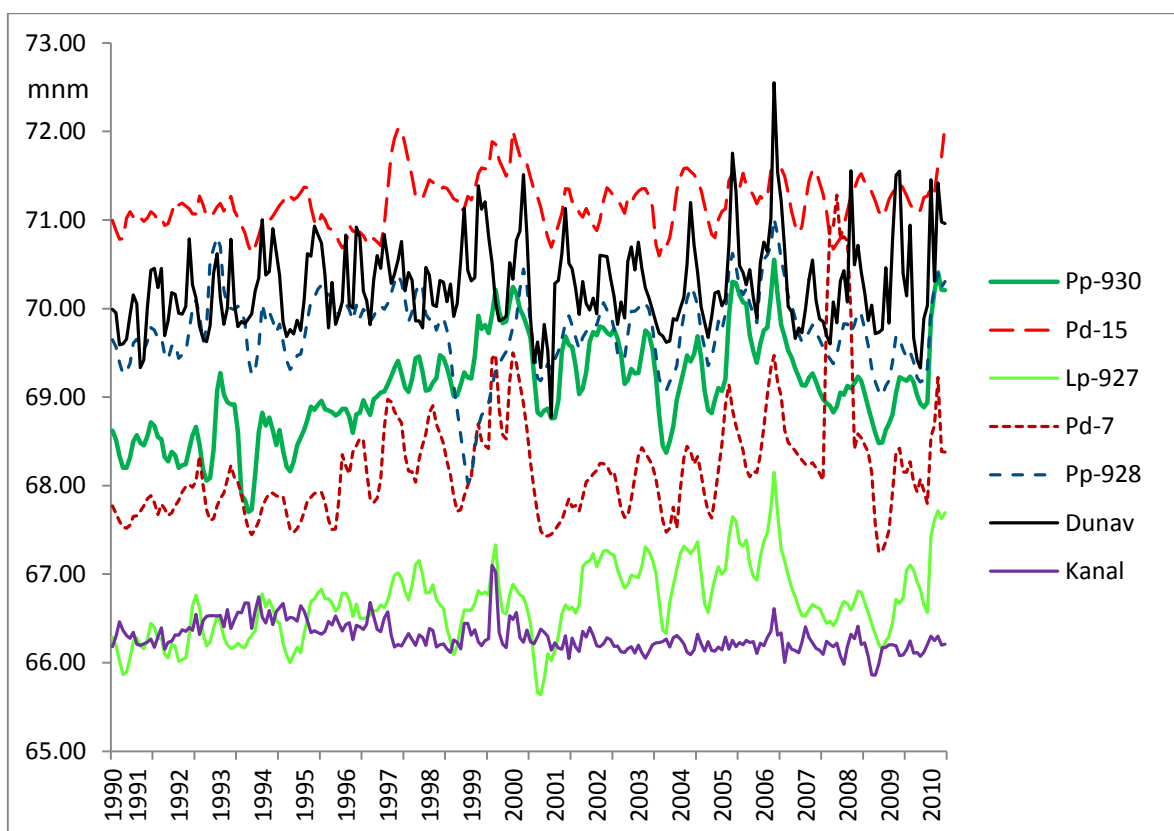
Ниво воде у пијезометру	T_{max}	T_{min}	ETo	P
Рр 930	0.001	-0.006	0.06	0.023
Лр 927*	0.002	0.001	0.002	0.038
Рр 928*	0.016	0	0.001	0.006

С друге стране, на исти начин изабрано је неколико величина за које је показано да имају значајан утицај на ниво подземне воде. Корелациона анализа је показала да постоји јака узрочно последична веза између дубина воде на посматраној бушотини, дубина воде на околним бушотинама, водостаја Дунава и водостаја у главном каналу црпне станице Гај из кога се вода са подручја излива у Дунав гравитационо, или пумпањем. Између величине водостаја Дунава, нивоа воде у каналу и дубине воде на оближњим бушотинама и посматраног сигнала постоји веза (коефицијент корелације 0,287-0,623). Међутим, с обзиром да корелациона анализа не показује зависност величина у времену, применом регресионе анализе утврђено је које ће улазне варијабле бити укључене, заједно са редом модела и степеном кашњења. При анализи улазног сета података утврђен је ред модела и кашњење, како би улазни сет варијабли био што боље дефинисан. Анализом је утврђено да кашњење није имало утицаја на процес, а као ред модела утврђен је трећи ред у случају зависности нивоа воде на посматраној бушотини и околним бушотинама. С друге стране, ред модела код водостаја Дунава и канала је 0, тако да је улазни сет података дефинисан са $x(t-1)$, $x(t-1)$, $x(t-1)$, $z(t-1)$, $z(t-1)$, $z(t-1)$, $z(t-1)$, $z(t-1)$, Дунав, $(t-1)$ Канал $(t-1)$ (Табела 5.7, Слика 5.64).

Табела 5.7.- Улазни сет података за моделе

Pp 930			
Pp 930	Pp 930 (t-1)	Pp 930 (t-2)	Pp 930 (t-3)
Lp 927*	Lp 927* (t-1)	Lp 927* (t-2)	Lp 927* (t-3)
Pd 15	Pd 15 (t-1)	Pd 15 (t-2)	Pd 15 (t-3)
Дунав	D (t-1)		
Канал	C (t-1)		
Lp 927*			
Lp 927*	Lp 927* (t-1)	Lp 927* (t-2)	Lp 927* (t-3)
Pp 930	Pp 930 (t-1)	Pp 930 (t-2)	Pp 930 (t-3)
Pd 7	Pd 7 (t-1)	Pd 7 (t-2)	Pd 7 (t-3)
Дунав	D (t-1)		
Канал	C (t-1)		
Pp 928*			

Pp 928*	Pp 928* (t-1)	Pp 928* (t-2)	Pp 928* (t-3)
Lp 927*	Lp 927* (t-1)	Lp 927* (t-2)	Lp 927* (t-3)
Pp 930	Pp 930 (t-1)	Pp 930 (t-2)	Pp 930 (t-3)
Дунав	D (t-1)		
Канал	C (t-1)		



Слика 5.64.- Нивограми воде подземне воде у пијезометрима и водостаји Дунава и одводног канала (1990-2010)

У структури *ANN* мреже примењен је један скривени слој (*Поглавље 3, Материјали и методе*). Излазни слој има само једну варијаблу – дубину подземне воде на посматраном пијезометру као месечну вредност. Активационе функције у скривеном и излазном слоју су *tansig* и *purelin* функције, а одабране су емпиријски. Број чворова у скривеном слоју је мењан у интервалу 3-6 и за сваку од варијанти је рачуната вредност корена средње квадратне грешке, (*RMSE*), коефицијента детерминације (*R*) и коефицијента ефикасности (*COE*). На основу њих је закључено

да се са повећавањем броја чворова у скривеном слоју ови критеријуми квалитета незнатно поправљају (смањују) али се зато структура мреже као и број параметара које треба подесити значајно повећавају. Сходно томе, донет је закључак да три чвора чини добар компромис између квалитета моделирања и комплексности обуке мреже.

За обуку *ANN* коришћен је *Levenberg-Marquardt (LM)* метод пропагације грешке уназад, при чему је један од следећа три услова условљавао завршетак обуке: максималан број итерација (1000), праг грешке предвиђања (0,01), и промена *MSE* критеријума за валидациони тест, (уколико је у 6 узастопних епоха овај критеријум растао, заустављала се даља обука). После усвајања улазних података и броја неурона у улазном, скривеном и излазном слоју сет података за симулацију је подељен у три групе: 60% података временске серије која је на располагању је употребљена за обуку (1990-2002), 20% је употребљено за валидацију (2003-2006) а 20% је употребљено за тестирање (2007-2010).

У жељи да се изврши непристрасно поређење између неуралних мрежа и *ANFIS* система, било је потребно формирати *ANFIS* који ће имати што сличнији број подесивих параметара као и испројектоване неуралне мреже. На сложеност *ANFIS* система се једноставно може утицати избором параметра *radii* који се задаје у оквиру иницијалне кластеризације методом *subtractive clustering*. Овај параметар може узети вредност из интервала [0,1] и, грубо говорећи, представља радијус кластера у нормализованом простору улазних вектора. Избором веће вредности параметра *radii* формира се *ANFIS* модел у коме ће свакој од улазних варијабли бити придружено мање функција припадности, као и мањи број фази правила. У симулацијама које су приказане у даљем тексту, параметар *radii* је изабран тако да свака од варијабли буде представљена са две функције припадности, да постоје два фази правила, као и да је излазна функција *ANFIS* линеарног типа. На тај начин је формиран *ANFIS* систем у коме постоји 68 параметара које треба подесити. Овај број је најближи укупном броју од 40 непознатих параметара које је требало подесити у неуралним мрежама са три чвора у скривеном слоју. Даље је потребно поменути да су у оквиру *ANFIS* система коришћене функције припадности Гаусовског типа као и то да је коришћена хибридна метода обуке система.

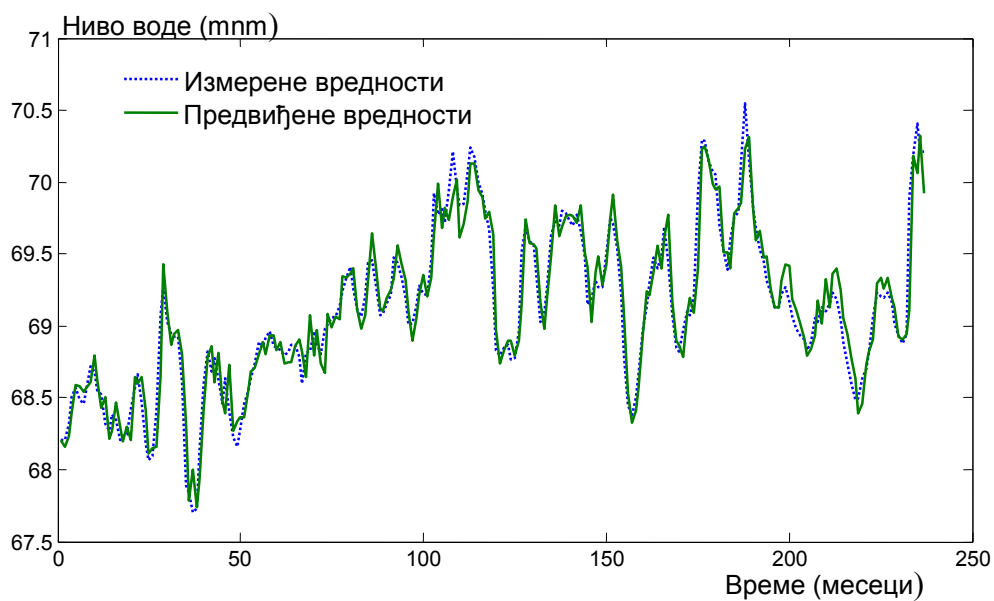
Хибридна метода подразумева комбинацију између методе пропагације грешке уназад и методе најмањих квадрата.

Добијени резултати приказани су у Табели 5.8.

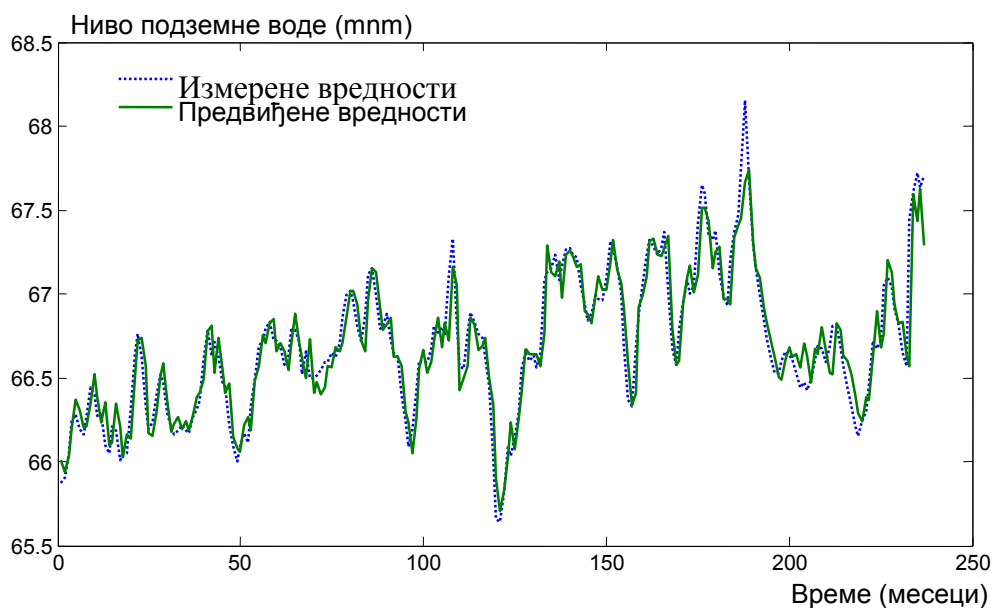
Табела 5.8.- Параметри *ANFIS* модела

	Рр 930	Лр 927*	Рр 928*
Број чворова	62	62	62
Број линеарних параметара	24	24	24
Број нелинеарних параметара	44	44	44
Укупан број параметара	68	68	68
Број парова података за обуку	164	152	147
Број парова података за проверу	73	85	90
Број фази правила	2	2	2

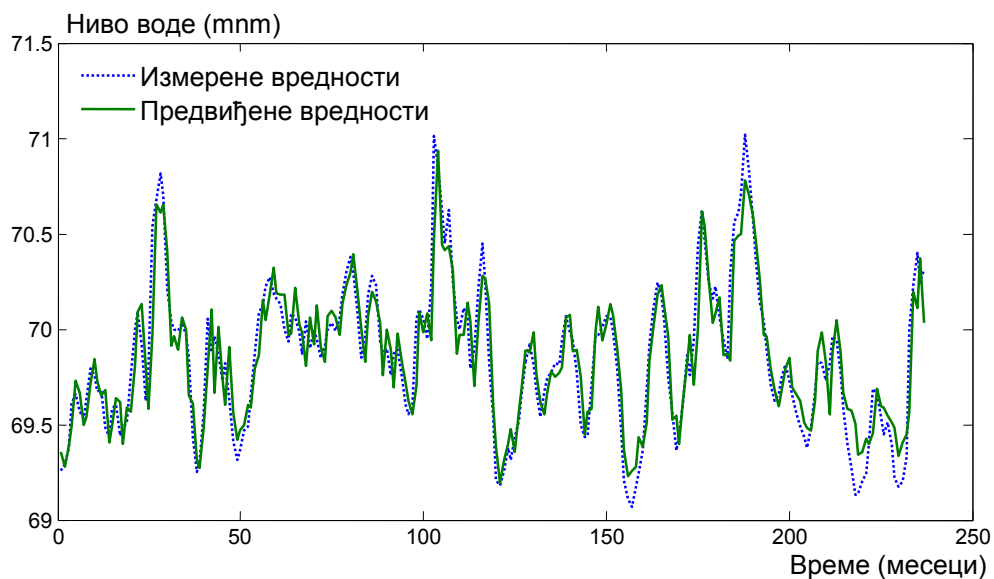
На сликама 5.65-5.67 приказане су мерене и месечне предвиђене вредности нивоа подземне воде моделом *ANN*, а на сликама 5.68-5.70 њихов однос. У наставку, на сликама 5.71-5.73 приказане су мерене и симулирање вредности нивоа подземне воде применом *ANFIS* модела, а на сликама 5.74-5.76 њихов однос.



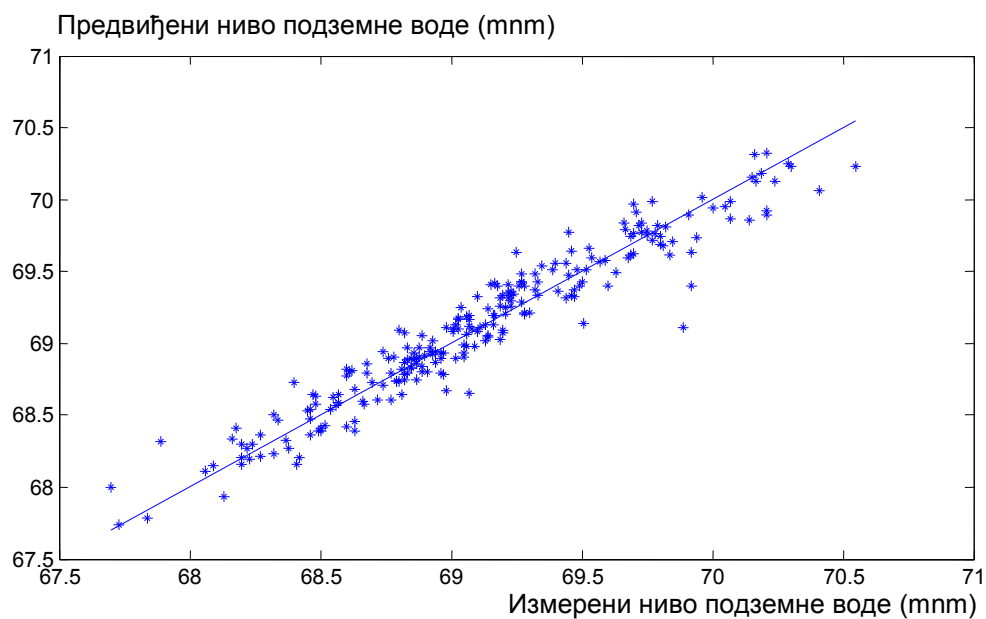
Слика 5.65.- Осмотрене вредности нивоа подземне воде и вредности добијене симулацијом *ANN* моделом са *Levenberg-Marquardt* алгоритмом (Pr 930)



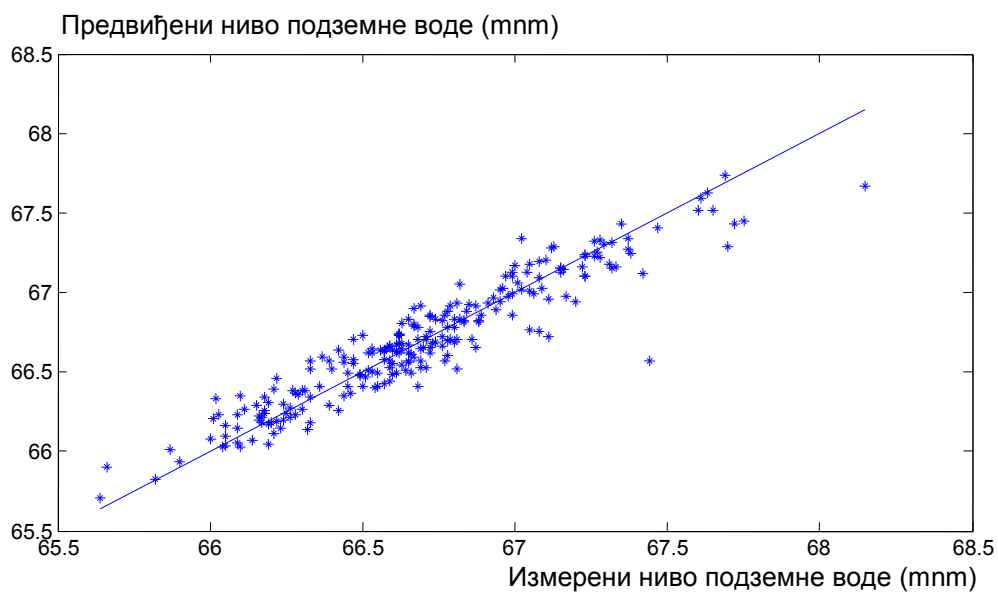
Слика 5.66.- Осмотрене вредности нивоа подземне воде и вредности добијене симулацијом *ANN* моделом са *Levenberg-Marquardt* алгоритмом (Lp 927*)



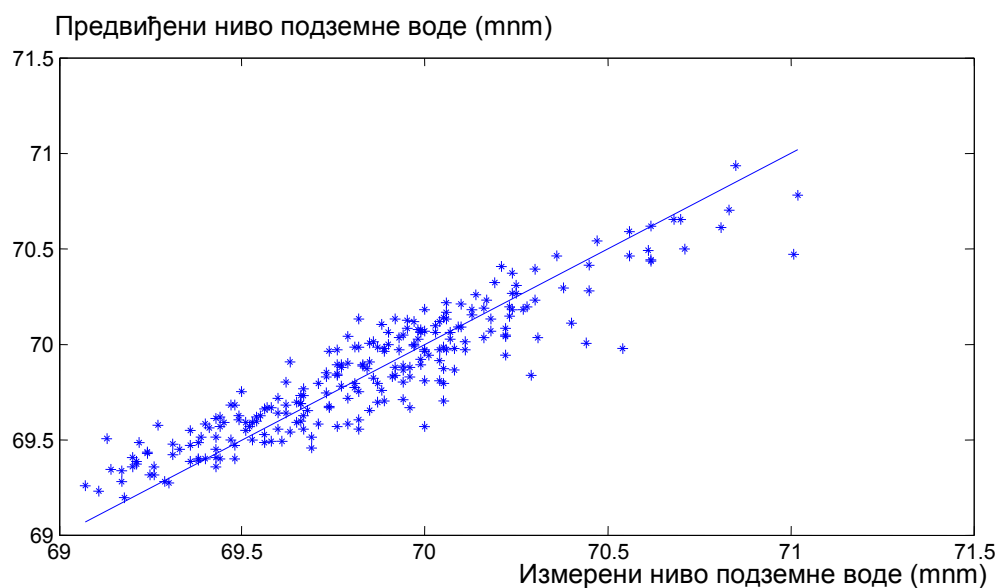
Слика 5.67.- Осмотрене вредности нивоа подземне воде и вредности добијене симулацијом *ANN* моделом са *Levenberg-Marquardt* алгоритмом (Pr 928*)



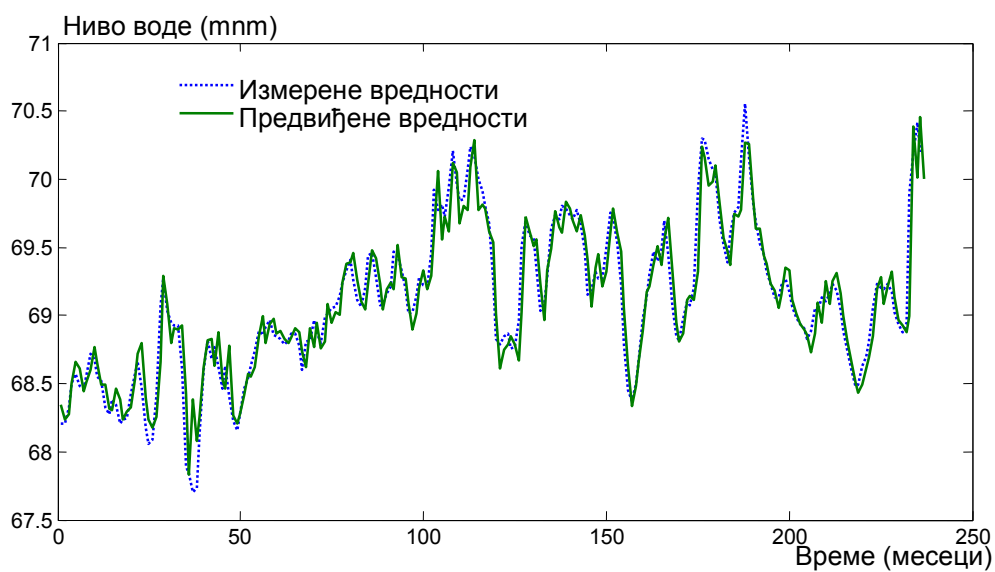
Слика 5.68.- Расипање измерених вредности нивоа подземне воде у односу на вредности предвиђене *ANN* моделом са *Levenberg-Marquardt* алгоритмом (Pr 930)



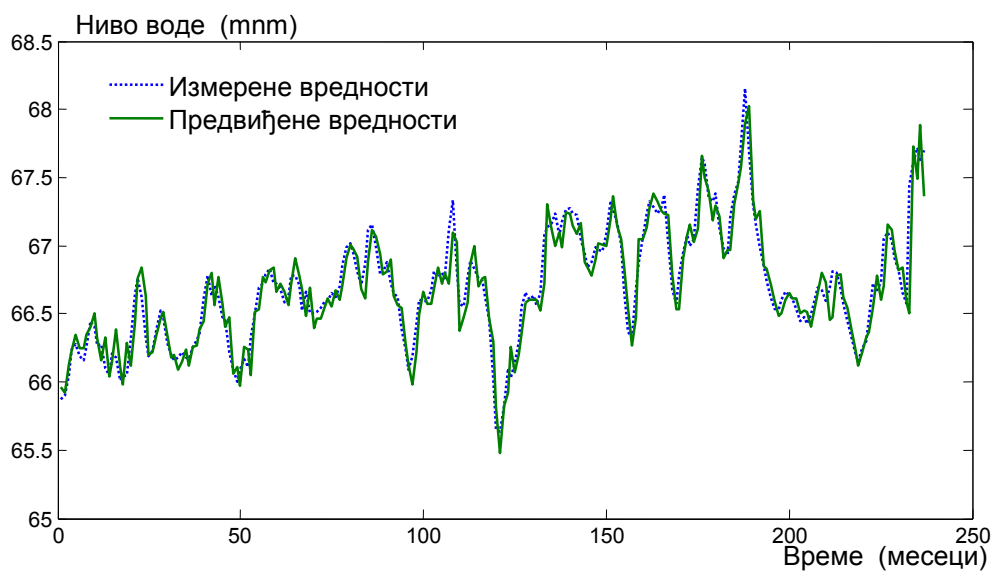
Слика 5.69.- Расипање измерених вредности нивоа подземне воде у односу на вредности предвиђене *ANN* моделом са *Levenberg-Marquardt* алгоритмом (Lp 927*)



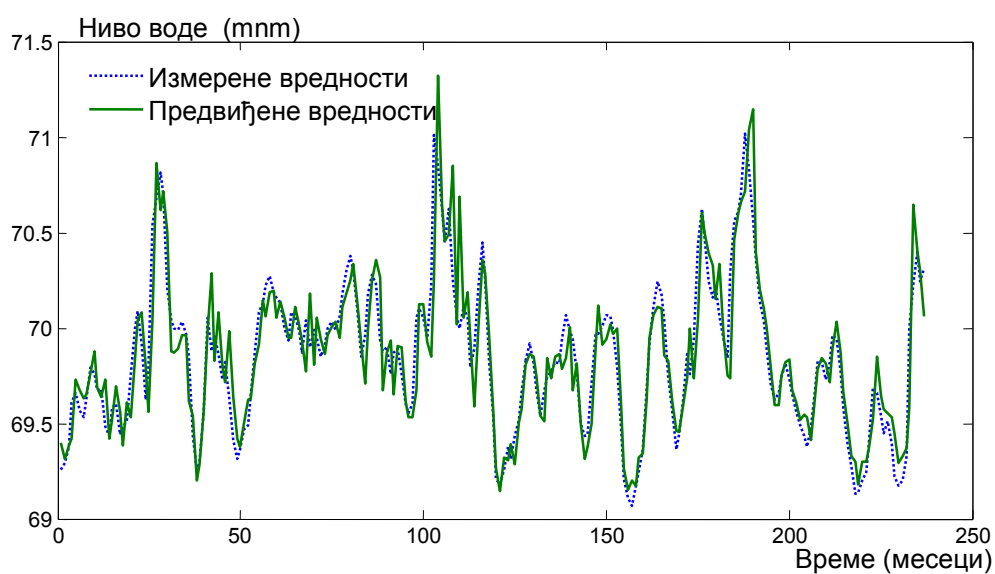
Слика 5.70.- Расипање измерених вредности нивоа подземне воде у односу на вредности предвиђене *ANN* моделом са *Levenberg-Marquardt* алгоритмом (Pp 928*)



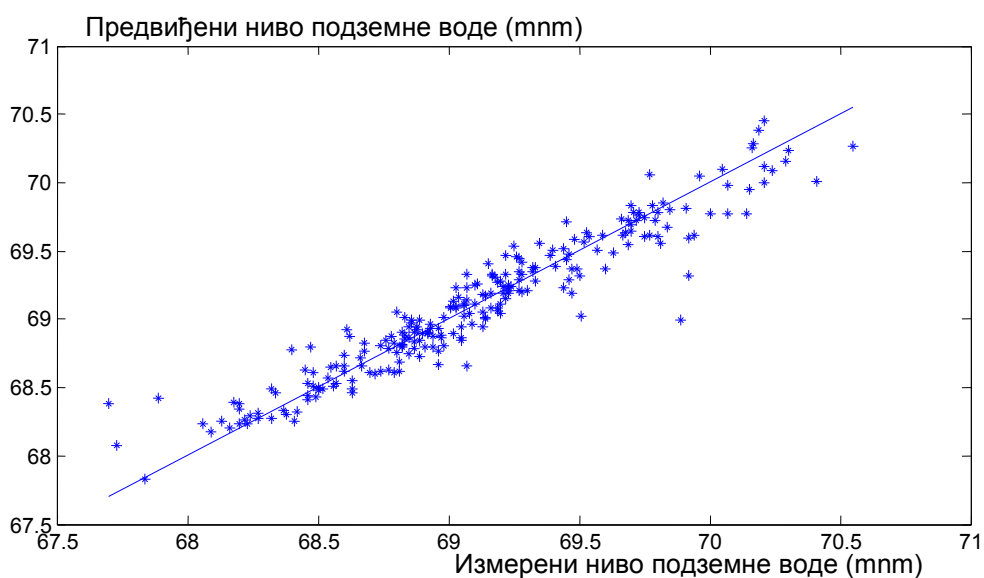
Слика 5.71.- Осмотрене вредности нивоа подземне воде и вредности добијене симулацијом *ANFIS* моделом (Pr 930)



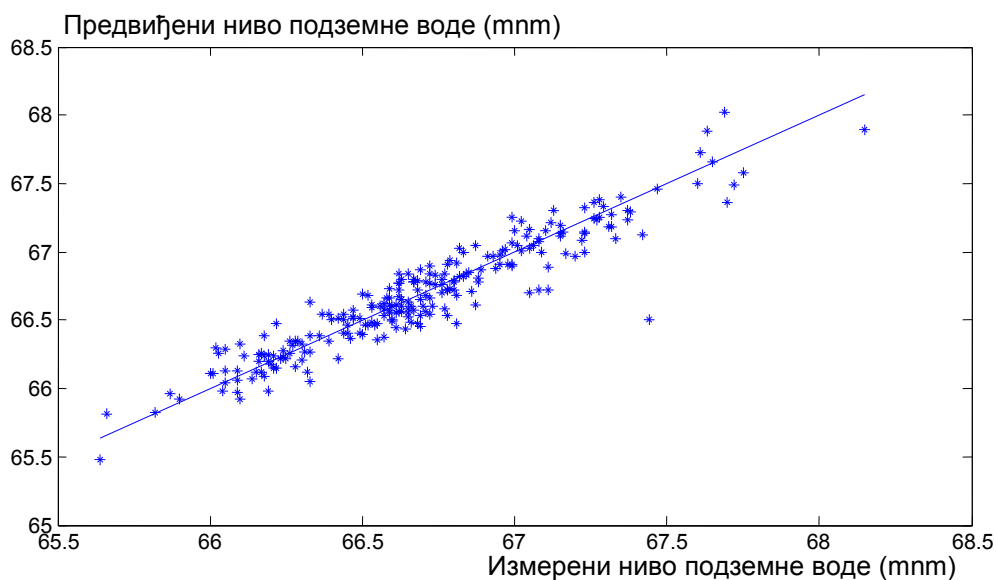
Слика 5.72.- Осмотрене вредности нивоа подземне воде и вредности добијене симулацијом *ANFIS* моделом (Lp 927*)



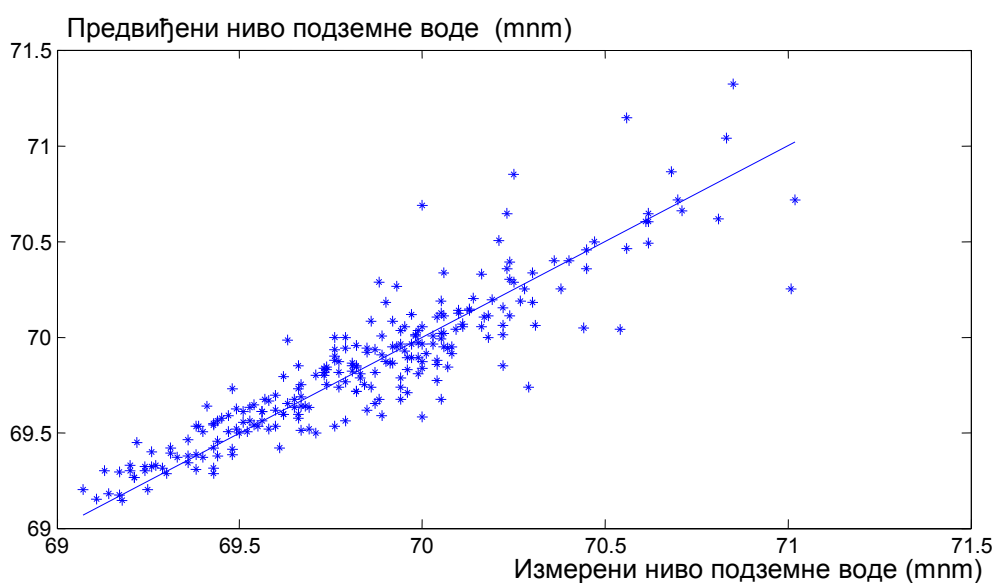
Слика 5.73.- Осмотрене вредности нивоа подземне воде и вредности добијене симулацијом *ANFIS* моделом (Pr 928*)



Слика 5.74.- Расипање измерених вредности нивоа подземне воде у односу на вредности предвиђене *ANFIS* моделом (Pr 930)



Слика 5.75.- Расипање измерених вредности нивоа подземне воде у односу на вредности предвиђене *ANFIS* моделом (Lp 927*)



Слика 5.76.- Расипање измерених вредности нивоа подземне воде у односу на вредности предвиђене *ANFIS* моделом (Pr 928*)

Табела 5.9.- Статистички показатељи рада *ANN* модела, корен средње квадратне грешке (*RMSE*), коефицијент детерминације (*R*) и коефицијент ефикасности модела (*COE*).

Пијезометар	<i>RMSE</i> [m]	<i>R</i>	<i>COE</i>	Број епоха	Најбоља епоха
Рр 930	0.15248	0.9615	0.9244	55	49
Лр 927*	0.14154	0.94316	0.8886	9	3
Рр 928*	0.15029	0.92363	0.8510	13	7

Табела 5.10.- Статистички показатељи рада *ANFIS* модела, корен средње квадратне грешке, (*RMSE*), коефицијент детерминације (*R*) и коефицијент ефикасности модела (*COE*).

Пијезометар	<i>RMSE</i> [m]	<i>R</i>	<i>COE</i>	Број кластера	radii
Рр 930	0.15097	0.9623	0.92586	2	0.9
Лр 927*	0.14756	0.93764	0.87893	3	0.9
Рр 928*	0.15239	0.91973	0.84588	2	0.9

У Табелама 5.9 и 5.10 су приказане вредности критеријума који се уобичајено користе за евалуацију модела физичких процеса. У ту сврху, коришћени су *RMSE*, *R* и *COE*, при чему су у Табели 5.9 приказани ови параметри за неуралне мреже одговарајућих архитектура, док су у Табели 5.10 приказани исти параметри за *ANFIS* системе. Код *ANN* се примењује метод пропагације грешке уназад, док је код *ANFIS* модела примењен хибридни метод који је комбинација методе најмањих квадрата и пропагације грешке уназад. Оно што је из обе табеле уочљиво је да се оба модела са високом прецизнишћу могу коористити за моделирање нивоа подземних вода без значајног утицаја растојања бушотине од корита реке јер је прецизност модела изражена кроз вредности *RMSE* приближно иста у сва три случаја (0,15248, 0,14154 и 0,15029 респективно) код *ANN*, односно 0,15097, 0,14756 и 0,15239 респективно код *ANFIS* модела. Ове вредности знатно су мање него код предвиђање 2,3,4, 5 и 6 месеци унапред које су спровели Nayak et al. (2006), а сличне

са резултатима једномесечних предвиђања методом неуралних мрежа са *LM* пропагацијом (Krishna et al., 2008; Maheswaran и Rakesh Khosa, 2013). Сличан закључак може да се донесе ако се пореде параметри *R* и *COE*. Коефицијент *R* код *ANN* варира од 0,92363 до 0,9615, а код *ANFIS* модела 0,91973 до 0,9623. Mohanty et al. (2010), су добили сличне вредности *R* добили мада с већим вредностима *RMSE* при прогнози нивоа подземних вода једну недељу унапред на подручју речних острва у Индији.

Nash-Sutcliffe коефицијент ефикасности модела варира од 0,8510 до 0,9244 за *ANN*, односно од 0,84588 до 0,92586 код *ANFIS* модела. Ко што је речено, да би ови параметри били поредиви, и да би поређење било коректно, посвећена је пажња томе да нумеричка сложеност ова два различита приступа у моделирању буде приближна. С обзиром на то да архитектура *ANN* и *ANFIS* нису исте као главни квантификатор сложености узиман је број непознатих параметара које је приликом обучавања модела било потребно подесити. Нумеричке вредности у приказаним табелама говоре о томе да су и *ANN* и *ANFIS* готово једнако успешне у моделирању физичког процеса дубина подземних вода. Разлике у евалуционим критеријумима су занемарљиво мале, на нивоу промила. Ови резултати су у сагласности са истраживањима Affandi и Watanabe, (2007) и Moosavi et al. (2013), који су у поређењу *ANFIS* модела и два алгорита за обуку *ANN* мрежа - *Levenberg-Marquardt (LM)* и *radial basis (RBF)* дошли до закључка да нема значајне разлике између њих.

Овакви резултати несумњиво намећу врло значајан закључак, а то је да и *ANN* и *ANFIS* модели представљају врло захвалне алате за моделирање хидролошких процеса у пољопривреди, сличних рачунарских и меморијских могућности. Међутим, и даље од пресудног значаја остаје експертско знање корисника тих алата који претходно мора да дефинише скуп улазних параметара и обучавајући скуп. Са добро изабраним физичким променљивима које заиста одражавају узрочно-последичне везе у физичким процесима (зависност подземних вода од водостаја реке) потпуно равноправно и *ANN* и *ANFIS* представљају изузетно добар нумерички оквир за генерисање квалитетних модела.

6. ЗАКЉУЧАК

Алувијална равна Дунава је одувек била изложена превлаживању под утицајем Дунава у периодима високих водостаја. Бране ХЕПС „Ђердап 1“ и „Ђердап 2“ изграђене су на km 943 и km 862,8 реке Дунав и у значајној мери су утицале на промену природних услова у приобаљу.

Режими експлоатације ХЕПС „Ђердап 1“ дефинисани су колама нивоа за карактеристичне протоке на контролним профилима код ушћа Нере на Дунаву и на брани. Период експлоатације ХЕПС „Ђердап“ детерминишу четири карактеристична периода утицаја успора ХЕПС „Ђердап 1“ на приобаље Дунава: од 1972. до 1976. г. - режим успора „68/63“, од 1977 до 1984. г. - режим успора „69,5/63“, од 1985 до 2005. г. - режим успора „69,50 и више“ и од 2005. г. - режим успора „до 70,30“.

Укупна површина терена на којој је присутан утицај успора ХЕПС „Ђердап 1“ и „Ђердап 2“ износи 181000 ha, од чега је 148000 ha на територији Војводине.

Утицај мера одводњавања на пољопривредна земљишта анализиран је на подручју Ковин - Дубовац, на левој обали Дунава, на територији јужног Баната. Узимајући у обзир све релевантне особине изабраног подручја, сви изведени закључци се могу сматрати применљивим и важећим и за шире приобално подручје Дунава у јужном Банату.

Подручје је површине 9241 ha и граничи се са Дунавом у дужини од 25 km. Северну и североисточну границу чине лесна тераса и Делиблатска пешчара. У морфолошком смислу, подручје припада акумулативно-структурном типу рељефа. Хидрогеолошке карактеристике подручја одликују добри водоносници: полициклични - еоплеистоценски песак и шљунак и алувијални песак и шљунак. Прва издан се напаја инфилтрацијом вода Дунава, падавинама и дотоком из залеђа алувијалне равни. У постојећим хидрогеолошким условима главно кретање воде одвија се кроз доњи водоносни слој, преносећи поједине утицаје на режим подземних вода дуж подручја. Алувијална равна у условима успора насталим изградњом ХЕПС „Ђердап 1“, када Дунав подвирним и процедурним водама утиче на повишење нивоа прве издани, стално је угрожена вишком воде.

На подручју су заступљена хидроморфна земљишта на 96,7% територије (ритска црница, алувијална земљишта, еуглеј, ливадска црница и тресет), и у мањој мери аутоморфна земљишта (чернозем, на око 3,4% територије).

Клима подручја је умерено-континентална. Максималне падавине које могу да представљају реалну опасност од појаве вишкова воде на подручју јављају се у јулу. Падавине повратног периода јављања 5 година (вероватноћа појаве 20%) варирају у релативно малом распону од 38 mm до 62 mm за једнодневне, дводневне, тродневне и петодневне падавине. С обзиром на густу каналску мрежу (25,89 m/ha), ове вредности реално не представљају сталну опасност за појаву вишкова воде на подручју, под условом да не коинцидирају са другим екстремним климатским и хидролошким појавама.

Од изградње бране на Ђердапу хидролошко-хидраулички услови приобаља су се знатно променили. Дошло је до трајног повећања средњих водостаја (на овом Сектору за 1,69 m) и значајно мањих осцилација у водостајима реке Дунав.

Просечни водостај до 1972. године је износио 68,32 m, док је просечни водостај од изградње хидроелектране 70,01 m, са периодима раста у условима различитих режима рада ХЕПС „Ђердап 1“. У периоду 1972-1977. године средњи водостај је износио 68,84 m, у периоду од 1977-1985. године износио је 69,83 m, а од 1985. износи 70,22 m.

Постоји велика разлика у осцилацијама у нивоима воде за периоде пре и после изградње бране, као и продужење трајања великих водостаја: трајање водостаја већих од 70 mm у периоду након изградње је 45% времена, док се у периоду пре изградње ове веће вредности водостаја биле учаване само у 15% времена. Водостаји од 69 mm и виши, пре изградње ХЕПС „Ђердап 1“, трајали су 32% од интервала времена осматрања а после изградње 92%. После изградње бране, вредност модуса водостаја померена је са 67,5 mm на 70,3 mm, учесталост појављивања модуса повећана са 23% на 44%. Трајно високи нивои Дунава, преко повећања хидростатичког притиска неизбежно утичу на подизање нивоа подземних вода у приобаљу а самим тим испољавају утицај и на услове пољопривредне производње на том подручју.

Системи за одводњавање пољопривредних земљишта у приобаљу су пројектовани да задовоље критеријум одржавања нивоа подземних вода у свим

хидролошким условима, на дубинама 0,8-1,2 m. Систем за одводњавање Сектора Ковин - Дубовац, чини отворена примарна (главна) каналска мрежа првог, другог и трећег реда укупне дужине 51,29 km и секундарна каналска мрежа укупне дужине 187,93 km, четири црпне станице укупног капацитета 10,76 m³/s, хоризонтална цевна дренажа на површини од 433 ha, 294 самоизливних дренажних бунара и пијезометри за праћење кретања нивоа подземне воде. Поред дренажног система, заштиту од спољашњих вода представља насип дужине 22,91 km.

Утицај одводњавања на пољопривредна земљишта анализиран је кроз утицај дренажа на ниво подземних вода.

На основу података мерења на пијезометрима може се закључити да дренажни систем генерално са успехом остварује своју функцију. Од 43 пијезометара који равномерно покривају подручје у периоду 1985-2010. г. на само 4 је трајање високог нивоа подземних вода (дубина мања од 1 m) дуже од 75% времена, а ово се односи на пијезометре између насипа и прве дренажне линије. На 8 пијезометара је забележено да се висок ниво подземних вода јавља у 20-40% времена, док се код половине пијезометара висок ниво подземне воде појављује у мање од 1% мерења, или никада. Овај податак говори о томе да се подручје Ковин - Дубовац дренажним системима са успехом брани од сувишних вода, и да током дужег низа година пољопривредно земљиште на подручју није било угрожено високим подземним водама на највећем делу површине. Висок ниво подземних вода регистрован је на делу подручја близу водотока, док су на површинама у другој и трећој дренажној линији пројектовани дренажни критеријуми задовољени, и поред недовољног одржавања дренажних система.

У периоду неповољне хидролошке ситуације и појаве екстремних водостаја на Дунаву који су се јавили током 2006. године, која је узета као пример године са појавом екстремно великих вишкова воде, пољопривредно земљиште је сувишним водама изложено на једном делу површине. Од 43 пијезометара на 6 пијезометара висок ниво подземне воде је регистрован непрекидно, на 6 пијезометара од 50% до 90% времена, док је на 21 пијезометру процентуално учешће мерења са високим нивоом подземних вода мање од 10%. На чак 18 пијезометара уопште нису забележене подземне воде плиће од 1 m од површине терена.

Током периода 2006-2010. укључујући и пролеће 2006. године, региструје се унутар брањеног подручја повољан режим подземних вода (дубине од површине терена су углавном веће од 0,8-1 m). Високим нивоима подземних вода су угрожене само ниже површине између насипа и прве дренажне линије, најчешће у појасу непосредно иза насипа.

Анализа рада црпних станица показује да су оне ангазоване током целе године, а да су радни максимуми често превазиђени (26,1%- 41,9% укупног периода мерења, а код ЦС Врба пре ремонта чак 90,4% времена). Код свих црпних станица удео радних часова у вегетационом и ванвегетационом периоду је приближно уједначен (52% до 57% у ванвегетационом, 43-48% рада у вегетационом периоду). Без њиховог рада, подручје би трајно било изложено превлаживању а пољопривредна производња немогућа или отежана.

Упркос континуираном функционисању дренажних система, и даље се повремено на мањем делу подручја јавља превлаживање земљишта сувишним водама. Највећи вишкови воде се јављају упоредо са највећим водостајима реке Дунав, који и утичу на издизање нивоа подземних вода на истраживаном подручју.

Поред природних фактора (близине водотока) узрок лошег стања у овој зони је запуштеност секундарне каналске мреже због неодговарајућег одржавања. Реално стање је да у овом тренутку системи за одводњавање при екстремним хидролошким појавама поплава од унутрашњих вода не могу да пруже потребан ниво заштите на целом мелиорационом подручју.

Просечни приноси најважнијих пољопривредних култура су већи него просечни приноси у Србији, а нешто мањи него просечни приноси у Јужнобанатском региону (до 10%), с изузетком кукуруза код кога је просечни принос на подручју већи за 1-7%.

У управљању подземним водама на пољопривредним подручјима са изграђеним дренажним системима у долинама речних токова, велики значај има предвиђање нивоа подземних вода. Поред већ постојећих хидроенергетских система „Ђердап 1“ и „Ђердап 2“ у плану је изградња и хидроцентрале „Ђердап 3“. На овај начин на подручјима која су под утицајем успора Дунава настају сложени хидролошки услови и међусобни утицаји ових хидроенергетских система, па од све

већег значаја постаје могућност предвиђања нивоа подземних вода на пољопривредном земљишту у приобаљу.

Физичка зависност између климатских и хидролошких величина које се јављају у оваквим условима је веома комплексна и нелинеарног карактера. Стога стохастички модели имају значајну предност у односу на физичке, јер не захтевају прецизну физичку карактеризацију услова на анализираном подручју. У том циљу, моделирање нивоа подземних вода изведено је са две *soft computing* технике. Прва од њих јесу вештачке неуралне мреже (*енг. ANN, скраћено од Artificial Neural Networks*) које су обучене *Levenberg-Marquardt* методом пропагације грешке уназад, док је друга техника заснована на симбиози коју чини структура фази експертског система и техника обучавања која се примењује код вештачких неуралних мрежа, у литератури означавањем као *ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System)*. У циљу формирања и обуке *ANFIS* система коришћене су функције припадности Гаусовског типа као и хибридна метода обуке система која подразумева комбинацију између методе пропагације грешке уназад и методе најмањих квадрата. Ниво подземне воде је предвиђен за 1 месец унапред.

Свака дренажна линија описана је одговарајућим пијезометром на различитој удаљености од водотока (350 m, 4080 m и 4850 m). Корелациона анализа показала је да не постоји значајна зависност између падавина, климатских параметара (температуре ваздуха) и нивоа воде у посматраним пијезометрима (R^2 варира у интервалу 0,0064-0,0379). Као улазне варијабле у модел изабрани су водостај Дунава, ниво воде у главном каналу и дубина воде на оближњим бушотинама (коэффициент корелације између посматраног сигнала и поменутих величина се налазио у интервалу од 0,287 до 0,623). Применом регресионе анализе утврђено је да кашњење није имало утицаја на процес, а као ред модела утврђен је трећи ред за случај моделирања зависности нивоа воде на посматраној бушотини и околним бушотинама.

Статистички показатељи који су коришћени за евалуацију модела (корен средње квадратне грешке, *RMSE*, коэффициент детерминације *R*, и *Nash-Sutcliffe* коэффициент ефикасности модела *COE*) показали су да се оба модела са високом прецизношћу могу користити за моделирање нивоа подземних вода на целокупном дренажном подручју - без значајног утицаја растојања бушотине од корита реке.

Прецизност модела изражена кроз вредности *RMSE* приближно је иста у сва три случаја удаљености од водотока (0,15248, 0,14154 и 0,15029 респективно) код *ANN*, односно 0,15097, 0,14756 и 0,15239 респективно код *ANFIS* модела. Сличан закључак може да се донесе ако се пореде параметри *R* и *COE*. Коефицијент *R* код *ANN* варира од 0,92363 до 0,9615, а код *ANFIS* модела 0,91973 до 0,9623. Nash-Sutcliffe коефицијент ефикасности модела варира 0,8510 - 0,9244 за *ANN*, односно 0,84588 - 0,92586 код *ANFIS* модела.

Нумеричка сложеност два различита приступа у моделирању је приближна, из чега произлази да су статистички параметри поредиви. Нумеричке вредности статистичких показатеља говоре о томе да су и *ANN* и *ANFIS* готово једнако успешне у моделирању физичког процеса дубина подземних вода. Разлике у еволуционим критеријумима су занемарљиво мале (на нивоу промила).

ANN и *ANFIS* модели представљају врло захвалне алате за моделирање хидролошких процеса у пољопривреди, сличних рачунарских и меморијских могућности. Међутим, и даље од пресудног значаја остаје експертско знање корисника тих алата који у току пројектовања дефинише скуп улазних параметара и обучавајући скуп. Са добро изабраним физичким променљивима које заиста одражавају узрочно-последичне везе у физичким процесима (зависност подземних вода од водостаја реке) потпуно равноправно и *ANN* и *ANFIS* представљају изузетно добар нумерички оквир за генерисање квалитетних модела.

7. ЛИТЕРАТУРА

- Adamowski, J. (2008): Development of a short-term river flood forecasting method for snowmelt driven floods based on wavelet and cross-wavelet analysis. *Journal of Hydrology* 353:247–266.
- Adamowski, J., Chan, H.F. (2011): A wavelet neural network conjunction model for groundwater level forecasting. *Journal of Hydrology* 407:28–40.
- Affandi, A.K., Watanabe, K. (2007): Daily groundwater level fluctuation forecasting using soft computing technique. *Nature and Science* 5(2):1-10.
- Afan, H.A., El-Shafie, A., Yassen, M., Hameed, M.M., Wan Mohtar, H.M., Hussain, A. (2015): ANN Bazed sediment prediction Model Utilizing Different Input Scenarios. *Water Resources Management* 29(4):1231-1245.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998): Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper* 56.
- Александровић, Д. (1974): Прилог упоредном проучавању леса из Војводине и Поморавља, *Земљиште и биљка* 22(1) 29-37.
- Alvisi, S., Mascellani, G., Franchini, M., Bardossy, A. (2006): Water level forecasting through fuzzy logic and artificial neural network approaches. *Hydrology and Earth System Sciences* 10(1):1-17.
- Amutha, R., Porchelvan, P. (2011): Seasonal prediction of groundwater levels using ANFIS and RADIAL BASIS neural network. *International Journal of Geology, Earth and Environmental Sciences* 1:98-108.
- ASCE Task Committee on Application of Artificial Neural Networks in Hydrology (2000a): Artificial neural networks in hydrology—I: preliminary concepts. *Journal of Hydrologic Engineering* 5(2):115–123.
- ASCE Task Committee on Application of Artificial Neural Networks in Hydrology (2000b): Artificial neural networks in hydrology—II: hydrologic applications. *Journal of Hydrologic Engineering* 5(2):124–137.
- Бабић-Младеновић, М. (2005): Утицај акумулација на режим наноса алувијалних водотока – пример ђердапске акумулације. Докторска дисертација. Универзитет у Београду, Грађевински факултет, Београд

- Banerjee, P., Prasad, R.K., Singh, V.S. (2009): Forecasting of groundwater level in hard rock region using artificial neural network. *Environmental Geology* 58(6):1239–1246.
- Basheer, I.A., Hajmeer, M. (2000): Artificial neural networks: fundamentals, computing, design, Application. *Journal of Microbiological Methods* 43(1):3–31.
- Behzad, M., Asghari, K., Coppola, Jr.E.A. (2010): Comparative Study of SVMs and ANNs in Aquifer Water Level Prediction. *Journal of Computing in Civil Engineering* 24(5):408–413.
- Белић, С., Шкорић, М. (1983): Оцена потребе примене дренаже. *Водопривреда* 11:289-296.
- Белић, С., Здравих, М., Бенка, П. (2002): Услови формирања водолежа и проблем њиховог уређења, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Департман за уређење вода. Саветовање: *Мелиорације и пољопривреда*. Нови Сад. Тематски зборник радова 14-25.
- Benka P., Salvai A. (2006): GIS Soil Maps of Vojvodina for Integrated Water Resources Management. In: *Proceedings on CD-ROM of 2. BALWOIS - Conference on Water Observation and Information System for Decision Support*. Ohrid, Republika Makedonija.
- Бенка, П. (2009): Предлог садржаја ГИС базе података за потребе уређења земљишне територије на мелиорисаном подручју. Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Департман за уређење вода. Саветовање *Мелиорације 09*. Тематски зборник радова 125-133.
- Бездан, А. (2015): Начини уређења водолежи. *Часопис: Пољопривредник*, издање 2573, Нови Сад.
- Bowden, G.J., Dandy, G.C., Maier, H.R. (2005): Input determination for neural network models in water resources applications. Part 1 – background and methodology. *Journal of Hydrology* 301(1-4):75–92.
- Bozan, C.S., Körösparti, J., Pasztor, L., Kuti, L., Kozak, P., Palfai, I. (2009): GIS-based mapping of excess water inundation hazard in Csongrad county (Hungary). In *Proceedings of the International Symposia on Risk Factors for Environment and Food Safety & Natural Resources and Sustainable Development*. Faculty of Environmental Protection, Oradea, Romania, 678–684.

- Божих, М., Николић, Г., Милошев, Д. (2010): Water management as a basis of sustainable development of Pancevacki Rit. In Dimkic, M. (Ed.) Proceedings of the Regional IWAYWP Conference: Balkans Regional Young Water Professionals Conference. Belgrade, Serbia, 18–24.
- Божих, М., Николић, Г., Милошев, Д., Рудић, З., Томовић, С. (2014): Assessment of Groundwater Management Using Modflow and Benefit-Cost Analysis. *Irrigation and Drainage* 63(4):550-557.
- Божиновић, М., Савић, Р. (2000): О заштити од унутрашњих вода (са освртом на поплаве у Војводини крајем 1999). Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Департман за уређење вода. Нови Сад. Саветовање: *Поплаве од унутрашњих вода*. Тематски зборник радова 81-90.
- Букуров, Б. (1972): Геоморфолошке карактеристике подручја Социјалистичке аутономне покрајине Војводине. Регионални просторни план САП Војводине. Нови Сад.
- Букуров, Б. (1978): Бачка, Банат и Срем. Матица Српска, Одељење за природне науке. Нови Сад
- Букуров, Б. (1984): Геоморфолошки проблеми Баната. Војвођанска академија наука и уметности, Нови Сад.
- Бунчић, Н. (2000): Спровођење одбране од поплавних унутрашњих вода на водном подручју јавног водопривредног предузећа "Србијаводе" у 1999. и 2000. години (површинске и подземне воде). Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Департман за уређење вода. Нови Сад. Саветовање: *Поплаве од унутрашњих вода*. Тематски зборник радова 11-24.
- Бунчић, М. (2014): Процена ризика од поплавних унутрашњих вода и карте угрожености на територији АП Војводине. Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Департман за уређење вода, Нови Сад.
- Chang, F.J., Chang, Y.T. (2006): Adaptive neuro-fuzzy inference system for prediction of water level in reservoir. *Advances in Water Resources* 29(1):1-10.
- Chang, F.J., Chiang, Y.M., Chang, L.C. (2007): Multi-step-ahead neural networks for flood forecasting. *Hydrological Sciences Journal* 52(1):114-130.
- Coppola, E.F., Szidarovszky, F., Poulton, M., Charles, E. (2003): Artificial Neural Network Approach for Predicting Transient Water Levels in a Multilayered

- Groundwater System under Variable State, Pumping, and Climate Conditions. *Journal of Hydrologic Engineering* 8(6):348–360.
- Coppola, E.A., Rana, A.J., Poulton, M.M., Szidarovszky, F., Uhl, V.W. (2005): A neural network model for predicting aquifer water level elevations. *Ground Water* 43(2):231–241.
- Coulibaly, P., Anctil, F., Bobee, B. (2000): Daily reservoir inflow forecasting using artificial neural networks with stopped training approach. *Journal of Hydrology* 230(3-4):244–257.
- Coulibaly, P., Anctil, F., Aravena, R., Bobee, B. (2001): Artificial neural network modeling of water table depth fluctuations. *Water Resources Research* 37(4):885–896.
- Ђирић, М. (1996): Педологија. Свјетлост, Завод за уџбенике и наставна средства, Сарајево.
- Daliakopoulos, I.N., Coulibaly, P., Tsanis I.K. (2005): Groundwater level forecasting using artificial neural networks. *Journal of Hydrology* 309(1-4):229–240.
- Далмација, Б., Агбаба, Ј. (2008): Загађујуће материје у воденим екосистемима и ремедициони процеси, ПМФ, Департман за хемију, Нови Сад
- Dash, N.B., Panda, S.N., Remesan, R., Sahoo, N. (2010): Hybrid neural modeling for groundwater level prediction. *Neural Computing & Applications*, 19(8):1251–1263.
- Davidović, R., Miljković, L.J. (1997): Primary Relief Totalities Of Yugoslav Part Of Banat. In: *Geographie Monographs – Banat, Part „Geographie Monographs of European regions“* Universitu of Novi Sad – West, Universitu Temisoara – Jozsef Atila Universitu, Novi Sad – Timisioara – Syeged, 4-11.
- Димитријевић, М., Ивовић, М., Нинков, Т. (1990): Приказ геодетских радова у фазама пројектовања, изградње и експлоатације ХЕПС Ђердап са приобаљем. *Водопривреда* 22:45-49.
- Димкић, М., Brauch, H.J., Kavanaugh, M. (2012a): Управљање подземним водама у великим речним сливовима. Изд. Институт за водопривреду Јарослав Черни, Београд.
- Димкић, М., Радовановић, М., Сретеновић, М., Радосављевић, П. (2012б): Управљање подземним водама на локалном нивоу. У: Управљање

- подземним водама у великим речним сливовима. Изд. Институт за водопривреду Јарослав Черни, Београд, 108-126.
- Драговић, С., Максимовић, Л., Радојевић, В., Цицмил, М., Пантелић, С. (2005): Историјски развој уређења водног режима земљишта применом одводњавања и наводњавања у Војводини. *Водопривреда* 37:287-298.
- Drasovean, F. (1996): *Cultura Jinca (fa:a C) in Banat*, Timisoara Ed. Mirton, ВНАВ, I, 10-18.
- Ђуровић, Н., Стричевић, Р. (2005): Моделирање зависности дубине подземних вода од падавина на дренираним подручјима. *Водопривреда* 3(4-6):251-256.
- Ђуровић, Н., Домазет, М., Пивић, Р., Стричевић, Р., Ћосић, М., Почућа, В. (2013): Modeling of Groundwater Levels in the Danube area. *Društvo za proučavanje zemljišta Srbije. Prvi međunarodni kongres o zemljištu*. Beograd. 81.
- El-Shafie, A., Alsulami, H.M., Jahanbani, H., Najah, A. (2013): Multi-lead ahead prediction model of reference evapotranspiration utilizing ANN with ensemble procedure. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 27 (6):1423-1440.
- Енергопројект. (1954): Студија основног техничког решења коришћења вода Дунава од румунске до бугарске границе, укључујући ХЕ „Ђердап 1”. Београд.
- Енергопројект (1967): Главни пројекат хидроенергетског и пловидбеног система „Ђердап”, Прва фаза, Заштита приобалних пољопривредних површина, дренажни систем, хидрогеолошке карактеристике терена. Београд.
- Ердеи, Е. (1997): Одводњавање. 115 година Панчевачко – ковинске водне задруге 1882-1997. ВП Тамиш - Дунав Панчево, ВП Подунавље – Ковин. 84-90.
- Farahmand, A.R., Manshouri, M., Liaghat, A., Sedghi, H. (2010): Comparison of kriging, ANN and ANFIS models for spatial and temporal distribution modeling of groundwater contaminants. *Food, Agriculture and Environment* 8(3&4):1146-1155.

- Fernandez, G.P., Chescheir, G.M., Skaggs, R.W., Amatya, D.M. (2006): DRAINMOD-GIS: a lumped parameter watershed scale drainage and water quality model. *Agricultural Water Management* 81:77–97.
- Food and Agricultural Organization of the United Nations,
<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>
- Габрић, О. (2005): Могућност примене математичког модела отицања на мелиорационе сливове. Магистарски рад. Грађевински факултет, Суботица.
- Гаћеша, С., Клашња, М. (1994): Технологија воде и отпадних вода. Југословенско удружење пивара, Београд
- Ghose, D.K., Panda, S.S., Swain, P.C. (2010): Prediction of water table depth in western region, Orissa using BPNN and RBFN neural networks. *Journal of Hydrology* 394(3-4): 296–304.
- Gilliam, J.W., Skaggs, R.W. (1986): Controlled agricultural drainage to maintain water quality. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 112:254-263.
- Gobindraju, R.S., Rao, A.R. (2000): Artificial neural network in hydrology. *Water Science and Technology Library*. Springer Book 36.
- Грегорић, Е. (2008): Утицај каналске мреже на биланс вода југоисточног Срема, Докторска дисертација, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Београд.
- Хацић, В., Секулић, П., Васин, Ј., Нешић, Љ. (2005): Геолошка основа земљишног покривача Војводине. *Економика пољопривреде* 52(4):429-438.
- Harbaugh, A.W., Banta, E.R., Hill, M.C., McDonald, M.G. (2000): MODFLOW-2000, the US Geological Survey Modular Ground-Water Model— User Guide to Modularization Concepts and the Ground-Water Flow Process. US Geological Survey, open-file report 00-92, 121 p. US Geol. Surv.: Denver, Colorado, USA.
- Хидрозавод (1971): Пројекат за изградњу дренажних бунара, Нови Сад.
- Нејгебауер, В.К., Живковић, Б.М., Танасијевић, Ђ., Миљковић, Н. (1971): Педолошка карта Војводине. Институт за пољопривредна истраживања, Нови Сад.
- Институт за водопривреду „Јарослав Черни” (1972): Главни пројекат одводњавања цевном дренажом Пољопривредно – индустријског комбината (ПИК) ООУР „Слога“. Београд.

- Институт за водопривреду „Јарослав Черни” (2006): Претходна студија изводљивости изградње РВС Дубовац – Зрењанин – Кикинда. Књига 2. Београд.
- Институт за водопривреду „Јарослав Черни” (2006-2011): Анализа утицаја успора ХЕ „Ђердап” на приобаље у периоду 2006-2010. година, Програми од I до IX, Београд.
- Институт за водопривреду „Јарослав Черни” (2005): Дефинисање границе утицаја успорених нивоа Дунава и притока у режиму „69,5 и више“ на ушћу Нере, Мелиоративно подручје Ковин – Дубовац, Београд
- International Commission for Protection of the Danube River,
<https://www.icpdr.org/main/>
- Jang, J.S.R. (1993): ANFIS: Adaptive Network-based Fuzzy Inference System. IEEE Transactions on systems. Man and Cybernetics 23(2):665-685.
- Јосиповић, Ј. (1985): Основне хидрогеолошке одлике Војводине. Водопривреда 13:369-396.
- Јосиповић, Ј., Соро, А. (2012): Подземне воде Војводине, монографија, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“ Београд
- Kalteh, A.M., Hjorth, P., Berndtsson, R. (2008): Review of self-organizing map (SOM) in water resources: analysis, modeling, and application. Environmental Modelling & Software 23:835–845.
- Kandil, H. M., Skaggs, R.W., Abdel, Dayem, S., Aiad, Y. (1995): DRAINMOD-S : Water management model for irrigated arid lands, crop yield and applications. Irrigation and Drainage Systems 9(3):239-258.
- Каталина, П. (1984): Утицај успора ХЕПС „Ђердап I“ на водно-сони режим земљишта у приобаљу сектора Ковин – Дубовац. Докторска дисертација. Биотехничка универза, Љубљана, Република Словенија.
- Катић, Б., Сретеновић, М. (1990): Хидроенергетски и пловидбени систем „Ђердап I”. Водопривреда 22:11-20.
- Khashei-Siuki, A., Sarbazi, M. (2015): Evaluation of ANFIS, ANN, and geostatistical models to spatial distribution of groundwater quality (case study: Mashhad plain in Iran). Arabian Journal of Geosciences 8(2):903-912.

- Килибарда, П., Бугарски, Р. (2002): Пријем и одвођење вода и њихов квалитет. У: Хидросистем ДТД - 25 година после. Нови Сад: ЈВП Воде Војводине, Нови Сад. 156-177.
- Kim, T., Valdes, J.B. (2003): Nonlinear model for drought forecasting based on a conjunction of wavelet transforms and neural networks. *Journal of Hydrologic Engineering* 6:319–328.
- Kisi, O. (2005): Suspended sediment estimation using neuro-fuzzy and neural network approaches. *Hydrological Sciences Journal* 50(4):683-696.
- Kling, Z., Bálint, G. (2009): Mapping excess water inundation induced hazard and its importance in Hungary. *Riscuri si catastrofe VIII(7):159-166.*
- Кнежевић, А. (1990): Еколошка и биљногеографска анализа флоре слатина Баната. Докторска дисертација, Универзитет у Новом Саду, Природно математички факултет, Институт за биологију, Нови Сад.
- Коцић, В., Палмар, Б., Николић И. (2000): Промене нивоа подземних вода на подручју Војводине током 1999. године. Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Департман за уређење вода. Нови Сад. Саветовање: *Поплаве од унутрашњих вода.* Тематски зборник радова 125-135.
- Костић, М. (1959): О дунавско – савској трговини, лађама, лађарима и лађарским цеховима у XVIII и XIX века до појаве железница. *Историјски часопис књижевности IX до X, Београд.*
- Knotters, M., Bierkens, M.F.P. (2000): Physical basis of time series models for water table depths. *Water Resources Research* 36(1):181–188.
- Krishna, B., Satyaji Rao, Y.R., Vijaya, T. (2008): Modelling groundwater levels in an urban coastal aquifer using artificial neural networks. *Hydrological Processes* 22(8):1180–1188.
- Kurian, C.P., George, V.I., Bhat, J., Aithal, R.S. (2006): ANFIS model for the time series prediction of interior daylight illuminance. *Artificial Intelligence and Machine Learning Journal* 6(3):35–40.
- Lallahem, S., Mania, J., Hani, A., Najjar, Y. (2005): On the use of neural networks to evaluate groundwater levels in fractured media. *Journal of Hydrology* 307(1-4):92–111.

- Ликић, Б. (2002): Општи приказ Хидросистема Дунав–Тиса–Дунав. У: Хидросистем ДТД - 25 година после. Нови Сад: ЈВП Воде Војводине, Нови Сад. 41-58.
- Lin, C.T., Lee, C.S. (1996): *Neural Fuzzy Systems: A Neuro-Fuzzy Synergism to Intelligent Systems*. Prentice Hall; Har/Dsk edition
- Lin, G.F., Chen, L.H. (2005): Time series forecasting by combining the radial basis function network and the self-organizing map. *Hydrological Processes* 19(10):1925–1937.
- Lin, G.F., Chen, G.R. (2006): An improved neural network approach to the determination of aquifer parameters. *Journal of Hydrology* 316(1–4):281–289.
- Maheswaran, R., Khosa, R. (2013): Long term forecasting of groundwater levels with evidence of non-stationary and nonlinear characteristics. *Computers & Geosciences* 52:422–436.
- Mallat, S.G. (1998): *A Wavelet Tour of Signal Processing*. Academic Press, San Diego.
- Mardookhpour, R. (2012): Utilizing artificial neural network for forecasting groundwater table depths fluctuations. *World Journal of Engineering* 9(6):509-512.
- Milleker, F. (1925): Историја града Панчева, Панчево.
- Милорадов, М., Димитријевић, В. (1990): Методе прорачуна и режим Дунава и притока под утицајем система „Ђердап 1“. *Водопривреда* 22:53-71.
- Милорадовић, М. (2002а): Водопривредни проблеми Бачке и Баната, пре изградње Хидросистема Дунав – Тиса – Дунав. У: Хидросистем Дунав – Тиса – Дунав - 25 година после. ЈВП Воде Војводине, Нови Сад, 23-39.
- Милорадовић, М. (2002б): Улога Хидросистема Дунав – Тиса – Дунав у одбрани од поплава. У: Хидросистем ДТД - 25 година после. Нови Сад: ЈВП Воде Војводине, Нови Сад. 130-155.
- Милошев, Ж. (ед) (2002): Хидротехнички радови у Банату и Бачкој пре изградње Хидросистема Дунав-Тиса-Дунав, Хидросистем ДТД - 25 година после. Нови Сад: ЈВП Воде Војводине, Нови Сад. 1-21.

- Милошев, Т., Дедић, М. (2000): Зашто Војводина плива? Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Департман за уређење вода. Нови Сад. Саветовање: *Поплаве од унутрашњих вода*. Тематски зборник радова 66-80.
- Милованов, Д. (1987): Водoprивреда Војводине 1918-1945. Воде Војводине, Нови Сад.
- Mohanty, S., Jha, M.K., Kumar, A., Sudheer, K.P. (2010): Artificial Neural Network Modeling for Groundwater Level Forecasting in a River Island of Eastern India. *Water Resources Management* 24(9):1845–1865.
- Moosavi, V., Vafakhah, M., Shirmohammadi, B., Behnia, N. (2013): A Wavelet-ANFIS Hybrid Model for Groundwater Level Forecasting for Different Prediction Periods. *Water Resources Management* 27(5):1301-1321.
- Nayak, P.C., Satyaji Rao, Y.R., Sudheer, K.P. (2006): Groundwater Level Forecasting in a Shallow Aquifer Using Artificial Neural Network Approach. *Water Resources Management* 20(1):77–90.
- Nistor, A.P., Lowenberg-DeBoer, J. (2007): Drainage water management impact on farm profitability. *Journal of Soil and Water Conservation* 62(6):443-446.
- Nourani, V., Asghari Mogaddam, A., Nadiri, A., (2008): An ANN-based model for spatiotemporal groundwater level forecasting. *Hydrological Processes* 22:5054–5066.
- Nourani, V., Ejlali, R.G., Alami, M.T. (2011): Spatiotemporal groundwater level forecasting in coastal aquifers by hybrid artificial neural network-geostatistics model: a case study. *Environmental Engineering Science* 28(3):217–228.
- Nourani, V., Hosseini Baghanam, A., Adamowski, J., Kisi, O. (2014a): Applications of hybrid wavelet–artificial intelligence models in hydrology: a review. *Journal of Hydrology* 514:358–377.
- Nourani, V., Rezapour Khanghah, T., Hosseini Baghanam, A. (2014b): Implication of feature extraction methods to improve performance of hybrid Wavelet-ANN rainfall–runoff model. In: Issac, B., Israr, N. (Eds.), *Case Studies in Intelligent Computing*. Taylor and Francis Group, New York, pp. 457–498.
- Nourani, V., Alami, M.T., Vousoughi, F.D. (2015): Wavelet-entropy data pre-processing approach for ANN-based groundwater level modeling. *Journal of Hydrology* 524:255–269.

- Општина Ковин (2011): Зелена агенда Ковин/Нови Кнежевац/Чока.
[http:// www.kovin.org.rs](http://www.kovin.org.rs)
- Орлић, Б., Савић Р. (1989): Анализа рада црпних станица на подручју Ковин - Дубовац. Воде Војводине, Годишњак Покрајинског фонда вода (Водопривреде Војводине) Нови Сад.
- Partal, T., Cigizoglu, H.K. (2008): Estimation and forecasting of daily suspended sediment data using wavelet-neural networks. *Journal of Hydrology* 358(3–4):317–331.
- Pásztor, L., Körösparti, J., Bozán, C., Laborczi, A., Takács, K. (2015): Spatial risk assessment of hydrological extremities: Inland excess water hazard, Szabolcs-Szatmár-Bereg County, Hungary. *Journal of Maps* 11(4): 636-644.
- Перишић, М., Тутунчић, В. (1990): Истраживање квалитета воде и карактеристика екосистема у акумулацији ХЕ Ђердап 1. *Водопривреда* 22:81-93.
- Петровић, Н. (1979): Изградња канала Дунав – Тиса крајем XVIII века. *Воде Војводине Нови Сад*, 7:393-428.
- Пламенац, Н. (1988): Effects of subsurface drainage on heavy hydromorphic soil in the Nelindvor area, Yugoslavia. *Agricultural Water Management* 14:19–27.
- Полић, С. (1980): Прилог проучавању ефеката система за одводњавање подунавских ритова. Докторска дисертација, Пољопривредни факултет, Универзитет у Београду
- Ponnambalam, K., Karray, F., Mousavi, S. J. (2003): Minimizing variance of reservoir systems operations benefits using soft computing tools. *Fuzzy Sets and Systems* 139(2):451-461.
- Прохаска, С. (1990): Биланс вода Дунава у периоду рада система ХЕ Ђердап. *Водопривреда* 22:73-80.
- Purgina, J. (1958): Samuel Mikovini. 1700-1750. *Zivot a Dielo*. Ed. Sprava Geodezie a Kartografie na Slovensku, Bratislava. 263.
- Pušić M., Češnovar R. (1993): Hidrogeološki uslovi eksploatacije aluvijalne izdani Dunava na potezu Kovin – Dubovac. *Geološki anali Balkanskog poluostrva* 57:47-67.

- Pušić M., Dimkić M. (2008): Mathematical modeling, a tool for groundwater regime management. In: Groundwater Management In Large River Basins, chapter 5. IWA Publishing, London.
- Rakhshandehroo, G.R., Vaghefi, M., Aghbolaghi, M.A. (2012): Forecasting Groundwater Level in Shiraz Plain Using Artificial Neural Networks. Arabian Journal for Science and Engineering 37(7):1871-1883.
- Радановић, Н., Нешовић, Д. (1977): Густина каналске мреже и стање дренажности земљишта у системима за одводњавање у Војводини. Симпозијум: Одводњавање земљишта са посебним освртом на проблеме у САП Војводини, Југословенско друштво за проучавање земљишта, Секција САП Војводина, Нови Сад. 119-135.
- Ракић, М. (1985): Квартарни седименти јужног Баната. Регионални преглед, Весник: геологија, хидрологија и инжењерска геологија, XLIII (А 43): 5-17.
- Републички хидрометеоролошки завод. Метеоролошки годишњаци; Хидролошки годишњаци, [http:// www.hidmet.gov.rs](http://www.hidmet.gov.rs)
- Ротар, З. (1997): Хидрографске и хидротехничке прилике од средњег века до оснивања водне задруге. У Монографији: 115 година Панчевачко – ковинске водне задруге 1882-1997. ВП Тамиш - Дунав Панчево, ВП Подунавље – Ковин. 53-59.
- Рударско–геолошки факултет, Београд (2004): Стабилност терена у утицајним подручјима брана, прибранских објеката и акумулација хидроелектрана ЈП ЕПС, студија.
- Рудић, Д. (1979): Сувишне унутрашње воде подручја источног Срема. Докторска дисертација. Пољопривредни факултет, Универзитет у Београду, Република Србија.
- Рудић, Д., Ђуровић, Н., Пивић, Р. (2004): Проблеми одржавања система за одводњавање на мелиоративном подручју ВДП „Јужни Банат“. Journal of Agricultural Sciences 49(1):25–32.
- Salas, J.D., Delleur, J.W., Yevjevich, V., Lane, W.L. (1990): Applied Modeling of Hydrological Time Series. Water Resources Publications, Littleton, Colorado.
- Salvai A., Benka P. (2006): Application of GIS and Hydro Software to Integrated Water Resources Management. In: Proceedings on CD-ROM of 2. BALWOIS -

- Conference on Water Observation and Information System for Decision Support.
Ohrid, Republika Makedonija
- Салваи, А., Савић, Р., Бенка, П., Јосимов-Дунђерски, Ј., Здравих, М. (2003):
Хидрометријска мерења главног канала система за одводњавање Плавна.
Летопис научних радова Пољопривредног факултета, Нови Сад. 177-184.
- Савезни геолошки завод, Београд. (1985): Основне геолошке карте СФРЈ,
1:100000.
- Савић, Р., Орлић, Б. (1990): Анализа рада црпних станица на подручју Ковин –
Дубовац. Водопривреда (127-128): 649-652
- Shirmohammadi, B., Vafakhah, M., Moosavi, V., Moghaddamnia, A. (2013):
Application of several data-driven techniques for predicting groundwater level.
Water Resources Management 27(2):419-432.
- Singh, P., Deo, M.C. (2007): Suitability of different neural networks in daily flow
forecasting. Applied Soft Computing Journal 7(3):968–978.
- Skaggs, R.W., Breve, M.A., Gilliam, J.W. (1994): Hidrology and water quality
impacts of agricultural drainage. Environmental Science and Technology 24:1-32.
- Srekanth, P. D., Geethanjali, N., Sreedevi, P.D., Ahmed, S., Kumar, N.R., Jayanthi,
P.D.K. (2009): Forecasting groundwater level using artificial neural networks.
Current Science 96(7):933-939.
- Сретенковић, М., Рафаиловић, Б., Радосављевић П. (2000): Утицај акумулационих
језера ХЕПС Ђердап I и ХЕПС Ђердап II, Научно стручно саветовање,
Електра – I, Аранђеловац, стр.71-76.
- Srinivasa, R.K., Nagesh, K.D. (2006): Ranking Irrigation Planning Alternatives Using
Data Envelopment Analysis. Water Resources Management 20(4):553-566.
- Стојиљковић, Д. (1977): Режим подземних вода југоисточног Баната. Докторска
дисертација. Пољопривредни факултет, Универзитет у Новом Саду,
Република Србија.
- Стојиљковић, Д. (1993): Хидрогеологија терена од Вршца до Беле Цркве и
режим издани (слив Нере и Караша). Магистарски рад. Универзитет у
Београду, Рударско – геолошки факултет. Београд

- Стојиљковић, Д. (1997): Геолошки склоп, хидрогеолошка својства и геоморфолошке јединице. 115 година Панчевачко – ковинске водне задруге 1882-1997. ВП Тамиш - Дунав Панчево, ВП Подунавље – Ковин. 15-28
- Стојиљковић, Д. (2000): Природне одлике подручја и појава поплава од унутрашњих вода. Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Депарتمان за уређење вода. Нови Сад. Саветовање: *Поплаве од унутрашњих вода*. Тематски зборник радова 145-155.
- Стојшић, М. (1968): Појава сувишних унутрашњих вода на равничарском делу Војводине. Водопривредни гласник Свеска 51-54, 67-79.
- Стојшић, М. (1990): Суше и поплаве од унутрашњих вода у Војводини. Воде Војводине, Покрајински фонд вода, Нови Сад, број 19.
- Стојшић, М., Шкорић, М., Берић, М. (1993): Режим падавина и нивои издани климатског типа Бачке и Баната. Водопривреда (141-146): 34-44.
- Sudheer, K.P., Gosain, A.K., Ramasastri, K.S. (2002): A data-driven algorithm for constructing artificial neuralnetwork rainfall-runoff models. *Hydrological Processes* 16(6):1325–1330.
- Sugeno, M., Kang, G. (1988): Structure identification of fuzzy model. *Fuzzy Sets and Systems* 28(1):15–33.
- Шкорић, М. (1994): Утицај режима подземних вода на неке типове земљишта Војводине и предлог мелиоративних мера за њихову заштиту. Докторска дисертација, Универзитет у Новом саду, Пољопривредни факултет, Нови Сад.
- Takagi, H., Hayashi, I. (1991): NN-driven fuzzy reasoning. *International Journal of Approximate Reasoning* 5(3):191–212.
- Talebizadeh, M., Moridnejad, A. (2011): Uncertainty analysis for the forecast of lake level fluctuations using ensembles of ANN and ANFIS models. *Expert Systems with Applications* 38(4):4126-4135.
- Taormina, R., Chau, K., Sethi, R. (2012): Artificial neural network simulation of hourly groundwater levels in a coastal aquifer system of the Venice lagoon. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 25(8):1670–1676.

- Trichakis, I.C., Nikolos, I.K., Karatzas, G.P. (2009): Optimal selection of artificial neural network parameters for the prediction of karstic aquifer's response. *Hydrological Processes* 23(20):2956–2969.
- Tsanis, I.K., Coulibaly, P., Daliakopoulos, I.N. (2008): Improving groundwater level forecasting with a feedforward neural network and linearly regressed projected precipitation. *Journal of Hydroinformatics* 10(4):317–330.
- Tutmez, B., Hatipoglu, Z., Kaymak, U. (2006): Modelling electrical conductivity of groundwater using an adaptive neuro-fuzzy inference system. *Computers & Geosciences* 32(4):421–433.
- Uddameri, V. (2007): Using statistical and artificial neural network models to forecast potentiometric levels at a deep well in South Texas. *Environmental Geology* 51(6):885–895.
- Владисављевић, Ж. (1957): Хидротехничке мелиорације. Универзитет у Београду, Грађевински факултет.
- Водопривредна основа Републике Србије (2001):
www.srbijavode.rs/Data/.../vodoprivredna_osnova_republike_srbije.pdf
- Xie, H.M., Zhao, W.J., Pei, Y.S., Yu, F.L., Wang, L. (2002): Water Resources Optimal Management of NingXia and Strategies for Sustainable Development, Vol. 11. The Yellow River Water Resources Publishing House of China, Jin Shui, Rd., Zheng Zhou, 450003.
- Yang, Z.P., Lu, W.X., Long, Y.Q., Li, P. (2009): Application and comparison of two prediction models for groundwater levels: A case study in Western Jilin Province, China. *Journal of Arid Environments* 73(4-5):487–492.
- Yenigun, K., Aydogdu, M.H. (2010): Evaluation of irrigation and drainage systems of (Southeastern Anatolia Project) GAP, the Turkey's largest integrated water resource development project. *Scientific Research and Essays* 5(21):3237–3253.
- Yohns, G.E., Watkins, D.A. (1989): Regulation of Agricultural Drainage to the San Joaquin River. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 115(1):29–41.
- Yoon, H., Jun, S.C., Hyun, Y., Bae, G.O., Lee, K.K. (2011): A comparative study of artificial neural networks and support vector machines for predicting groundwater levels in a coastal aquifer. *Journal of Hydrology* 396:128–138.
- Закон о предузећима: (1990)

Закон о водама: (1970), (1990), (2010)

Зеленхасић, Е., Руски, М. (1991): Инжењерска хидрологија. Научна књига, Београд.

Зеленхасић, Е. (1983): Инжењерска анализа јаких киша. Посебна издања, Свеска 2, Пољопривредни факултет, Универзитет у Новом Саду.

Zhang, B., Govindaraju, R.S. (2003): Geomorphology-base artificial neural networks (GANNs) for estimation of direct runoff over watersheds. *Journal of Hydrology* 273(1-4):18-34.

Zhonghua, J., Wan, L., Shuxing, F., Nanjiang, W., Liang, W. (2006): Evaluating current drainage practices and feasibility of controlled drainage in the YinNan Irrigation District, China. *Agricultural Water Management* 84(1-2):20-26.

Живковић, Б., Нејгебауер, В., Танасијевић, Ђ., Миљковић, Н., Стојковић, Л., Дрезгић, П. (1972): Земљишта Војводине. Институт за пољопривредна истраживања, Нови Сад.

ПРИЛОЗИ

Прилог 1. Основне карактеристике пијезометара сектора Ковин-Дубовац (Извор: Хидрогеолошке и хидрохемијске карактеристике терена у приобаљу ХЕПС Ђердап- књига III, РХМЗ, година 1997)

Редни број	Број станице	Назив станице	КООРДИНАТЕ		Дубина бушења (m)	Дужина укопана цеви (m)	Кота „О“ над Јадранским морем (mm)	Година постављања станице
			X	Y				
1	27a	CB-33/S-7			23	22	68,30	1966
2	28	Pp-901	4 960 051 00	7 515 630 00	10	10,5	69,94	1966
3	29	Lp-902	4 960 932 00	7 515 250 00	35	29	69,88	1966
4	30	Lp-903	4 961 895 00	7 515 049 00	51	50,2	91,06	1966
5	31	Lp-905	4 959 792 00	7 514 084 00	25,5	23	68,87	1966
6	32	Pn-25	4 958 445 12	7 514 050 60	7	7,28	73,52	1963
7	33	Lp-904	4 958 628 00	7 513 894 00	31	30,5	67,91	1966
8	34	Pn-22	4 956 891 45	7 512 817 25	7	7,53	74,35	1963
9	35	Pp-906	4 597 077 00	7 512 526 00	10	10,5	68,35	1966
10	36	Lp-907	4 957 349 00	7 512 537 00	30	21,5	68,42	1966
11	37	Pd-1	4 958 354 91	7 512 468 72	30	30,43	67,93	1962
12	38	Pp-1	4 958 361 23	7 512 473 44	12	12,63	67,74	1961
13	41	Lp-908	4 961 783 00	7 512 511 00	51	46,8	89,34	1966
14	42	Pd-3	4 962 888 11	7 512 821 55	30	30,18	96,9	1961
15	43	Pn-26	4 955 241 12	7 511 367 85	6,9	7,44	73,87	1963
16	44	Lp-909	4 955 402 00	7 511 202 00	22,5	22,2	69,02	1966
17	45	CB-34/P-2			28,9	14,8	68,32	1964
18	46	Lp-910	4 956 575 00	7 509 896 00	21	21	67,94	1966
19	47	Lp-911	4 957 414 00	7 510 128 00	30	27,5	68,64	1966

Редни број	Број станице	Назив станице	КООРДИНАТЕ		Дубина бушења (m)	Дужина укопана цеви (m)	Кота „О“ над Јадранским морем (mm)	Година постављања станице
			X	Y				
20	48	Lp-912	4 958 448 00	7 510 008 00	31	27,6	67,99	1966
21	49	Lp-913	4 961 304 00	7 509 915 00	31	31	69,88	1966
22	50	Lp-914	4 962 002 00	7 509 759 00	51	47	92,65	1966
23	51	Lp-915	4 956 280 00	7 509 242 00	23	21	67,82	1966
24	52	Pn-27	4 955 704 25	7 509 238 82	7	7,58	74,6	1963
25	53	Pn-28	4 954 787 85	7 507 685 65	7	7,51	74,58	1963
26	54	Pd-4	4 955 008 60	7 507 530 78	30	20,87	69,71	1962
27	55	Pd-5	4 955 397 35	7 507 666 36	30,00	18,88	68,86	1962
28	56	Pp-3	4 955 406 30	7 507 665 25	6,00	6,32	68,65	1962
29	57	Pp-916	4 956 203 00	7 507 676 00	10,00	10,5	68,13	1966
30	58	Pd-6	4 956 964 74	7 507 631 06	20,00	14,4	68,77	1962
31	59	Pp-917	4 957 500 00	7 507 613 00	10,00	10,5	68,1	1966
32	60	Pp-4	4 959 165 35	7 507 315 16	12	12,38	72,5	1961
33	61	Pd-7	4 959 169 35	7 507 310 54	25	24,88	72,32	1962
34	62	Pd-8	4 961 692 43	7 507 348 35	34	34,2	78,59	1962
35	63	Pd-9	4 964 359 03	7 507 563 58	30	30,31	82,42	1961
36	64	Pp-918	4 961 014 00	7 506 787 00	10	10,5	70,59	1966
37	65	Lp-919	4 962 201 00	7 506 580 00	50	38	80,2	1966
38	66	Lp-920	4 954 437 00	7 506 371 00	25	19	70,08	1966
39	67	Lp-921	4 955 312 00	7 506 425 00	18	18	69,38	1966
40	68	Pp-922	4 953 192 00	7 505 185 00	10	10,5	68,94	1966
41	69	Pp-5	4 953 962 85	7 505 197 68	6,2	6,63	68,33	1961
42	70	Pd-10	4 953 977 63	7 505 189 22	30	30,41	68,21	1961
43	71	Pd-101	4 955 666 22	7 505 128 59	30	16,92	68,39	1961
44	72	Pp-923	4 957 478 00	7 505 066 00	23	20,5	71,44	1966

Редни број	Број станице	Назив станице	КООРДИНАТЕ		Дубина бушења (m)	Дужина укопана цеви (m)	Кота „О“ над Јадранским морем (mm)	Година постављања станице
			X	Y				
45	73	Pp-924	4 960 120 00	7 505 015 00	40	25,3	72,61	1966
46	74	CB-35/P-2			33,5	12,8	68,58	1964
47	75	Pn-29	4 953 376 12	7 503 424 15	7	7,32	74,47	1963
48	76	Lp-925	4 953 582 00	7 503 289 00	25,5	26	71,76	1966
49	77	Lp-926	4 954 966 00	7 503 066 00	19,7	19,5	69,25	1966
50	78	Lp-927	4 957 354 00	7 503 262 00	36,5	26,7	68,56	1966
51	79	Pp-928	4 953 994 00	7 502 128 00	10	10,5	71,44	1966
52	80	Pd-12	4 953 860 77	7 501 472 03	31	30,41	71,19	1962
53	81	Pp-6	4 953 855 68	7 501 470 19	12,4	12,14	71,43	1962
54	82	Pp-7	4 954 071 39	7 501 535 48	12,4	12,34	71,49	1961
55	83	Pd-12	4 954 068 84	7 501 528 40	30	30,28	71,3	1961
56	84	Pp-929	4 954 862 00	7 501 762 00	10	10,5	71,46	1966
57	85	Pd-14	4 956 038 92	7 501 680 30	30	30,36	70,05	1961
58	86	Pp-930	4 958 464 00	7 501 688 00	10	10,5	71,42	1966
59	87	Pd-15	4 958 787 21	7 501 575 47	30	30,42	73,85	1961
60	88	Lp-931	4 961 073 00	7 501 317 00	50,5	44,9	84,38	1966
61	89	Pn-30	4 953 741 72	7 501 149 12	7	7,42	74,67	1963
62	90	Lp-932	4 953 965 00	7 500 444 00	25	22,5	71,33	1966
63	91	Lp-933	4 954 909 00	7 499 554 00	30,6	22,5	70,54	1966
64	92	Pn-31	4 955 550 00	7 499 420 00	7	7,33	74,48	1963
65	93	CB-36/P-2			30,5	14,4	70,43	1964

Прилог 2 . Средњи месечни протицаји реке Дунав (m³/s) за период 1972-2010.

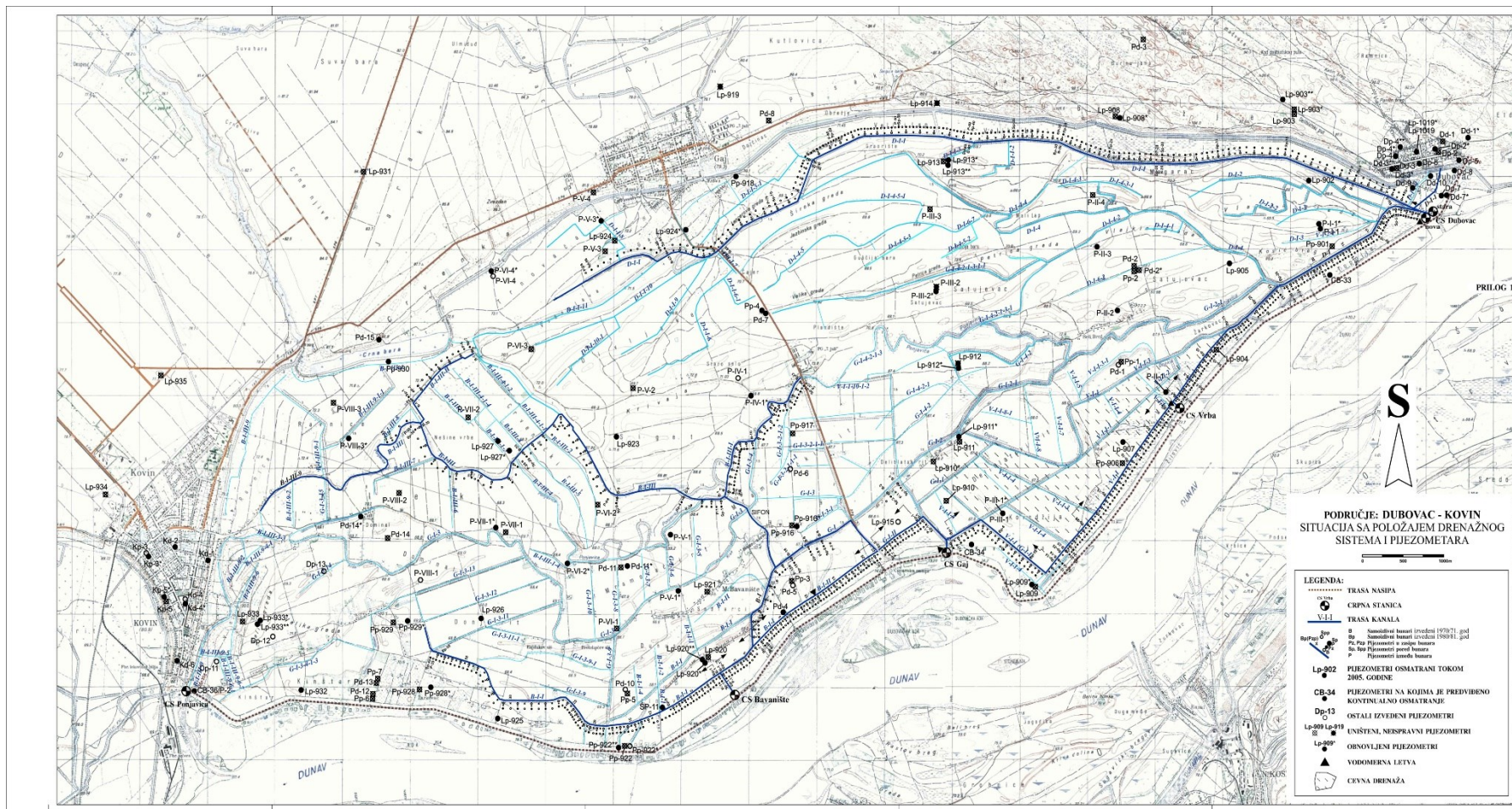
Год	Јан	Феб	Мар	Апр	Мај	Јун	Јул	Авг	Сеп	Окт	Нов	Дец	Прос.	Мах	Min
1972	2883	3393	4141	4475	6668	5815	5572	6007	4816	4289	5018	5841	4910	6668	2883
1973	2765	4230	4304	6500	7031	5274	4775	3365	2430	3600	3471	4132	4323	7031	2430
1974	5265	5338	4808	4577	5655	7199	7270	4994	3599	7733	9976	8312	6227	9976	3599
1975	7015	4803	4674	7396	7021	7561	9803	5439	5132	3735	3762	3934	5856	9803	3735
1976	4037	4048	4506	6546	6061	6546	2940	3989	4200	3673	4496	7141	4849	7141	2940
1977	5314	9221	9981	9040	7561	4696	4211	5089	4397	3383	3745	4530	5931	9981	3383
1978	4362	5568	8243	7213	8590	8033	6659	4260	3952	4709	3121	3611	5693	8590	3121
1979	6486	8841	7626	8034	7434	6108	6426	4613	3083	3480	5708	6768	6217	8841	3083
1980	5191	7131	4784	7074	9274	7564	6958	6338	3521	4993	6953	7117	6408	9274	3521
1981	6106	5782	9499	9143	6215	5695	4458	4532	3470	4765	5647	7768	6090	9499	3470
1982	8866	5093	5804	7356	6137	5950	4951	4208	2985	4011	3410	4616	5282	8866	2985
1983	6130	6817	5338	7851	5811	4562	3954	2849	2575	2542	2057	2592	4423	7851	2057
1984	3401	3981	4840	6613	6652	5919	4335	3006	3148	5503	3039	3314	4479	6652	3006
1985	2574	5472	6120	7698	8143	6700	5179	4675	4280	2023	3272	4404	5045	8143	2023
1986	5823	5693	6668	8713	6817	6895	4727	2870	2704	2082	2870	2453	4860	8713	2082
1987	3552	5129	5772	9443	9021	8085	5532	4516	2805	2691	3064	5286	5408	9443	2691
1988	4029	5201	6691	10827	6721	5687	3548	2871	3911	2596	2505	4628	4935	10827	2505
1989	3465	2629	5257	4988	7032	5505	5573	4539	4714	4549	3226	3352	4569	7032	2629
1990	2422	3444	4159	4258	3884	4037	3920	2050	2120	2126	4055	5057	3461	5057	2050
1991	4689	2664	3841	4369	6949	6826	5572	6808	2235	3216	5502	5155	4819	6949	2235
1992	3949	3900	4669	7996	6021	5173	3459	2228	2231	3330	7143	8551	4888	8551	2228
1993	3966	3366	4040	7287	4505	2963	3414	3364	3520	4118	5351	6162	4338	7287	2963
1994	8631	5977	6326	8688	7190	6276	3546	2369	3106	2754	3692	3109	5139	8688	2369
1995	4838	6599	6798	7403	7054	7524	5991	2461	5971	3322	3740	4892	5549	7524	2461
1996	7439	4238	4179	7971	7083	4563	4391	2687	5362	6416	6015	7253	5633	7971	2687
1997	6111	5048	5439	5703	7074	5256	6343	5333	2764	3114	3510	5688	5115	7074	2764
1998	5480	3874	4221	5091	5254	4363	5150	3134	4240	6525	9261	6044	5220	9261	3134

Год	Јан	Феб	Мар	Апр	Мај	Јун	Јул	Авг	Сеп	Окт	Нов	Дец	Прос.	Мах	Min
1999	5439	5679	10272	8884	9560	7612	6476	4586	3604	3050	3722	6591	6290	10272	3050
2000	6074	7254	7892	10672	7574	3836	3288	3432	2360	3584	4070	3745	5315	10672	2360
2001	5229	5422	6844	8476	6139	6075	4860	3449	5464	3864	3815	4429	5339	8476	3449
2002	3825	6457	6378	6187	5362	4502	3096	5533	3870	6210	7077	6159	5388	7077	3096
2003	7129	5322	4967	4295	3825	2841	2273	1967	2000	2985	3506	2720	3653	7129	1967
2004	4265	5109	6329	9181	6919	5812	4686	3456	2753	4087	5100	5267	5247	9181	2753
2005	4587	4463	7014	10750	9233	5735	5656	5539	5455	4601	2868	5222	5927	10750	2868
2006	5924	4143	8765	13913	10816	9815	4945	4225	3674	2721	3226	2802	6247	13913	2721
2007	4188	5663	6595	4596	3718	3655	3261	2541	4725	3824	5698	6100	4547	6595	2541
2008	4268	3927	6105	6998	5809	5212	4159	4347	2727	2711	2954	6046	4605	6998	2711
2009	4275	6157	7279	8270	5480	4768	6511	3765	3186	2816	4268	4642	5118	8270	2816
2010	8374	5411	8224	6978	7164	11427	6997	5740	5640	5247	5612	9243	7171	11427	5247
Прос.	5086	5192	6138	7473	6781	5950	4997	4030	3660	3871	4501	5248	5244		
Мах	8866	9221	10272	13913	12598	11568	9803	6808	5971	7733	9976	9243	7738		
Min	2422	2629	3841	4258	3718	2841	2273	1967	2000	2023	2057	2453	3461		

Прилог 3. Стање система за одводњавање

Назив (слива) система	Реци- пијент	Начин одвод- њавања	Површи- на која се одвод- њава (ha)	КАНАЛИ		ЦРПНА СТАНИЦА						
				Дужина (km)	Густина каналске мреже 1 m /ha	Назив	Год. изгр.	Мотор		Црпка		
								Врста погона	Коњска снага (KS)*	Врста	Капа- цитет (m ³ /s)	Висина дизања (m)
Ковин - Дубовац	Дунав	црпљење	9241	239,22	25,89	Мало Бава- ниште	1972	електро	60(x5)	пропе- лер	0,50(x5)	8,0
						Гај I	1957	електро	200(x2)	пропе- лер	2,00(x2)	6,0
						Гај II	1972	електро	35(x2)	пропе- лер	0,33(x2)	6,5
						Врба	1972	електро	35(x4)	пропе- лер	0,24(x4)	7,3
						Дубовац I	1910	дизел	110(x2)	хори- зонт- ално цент- рирање	1,80(x2)	2,5
						Дубовац II	1972	електро	35(x2)	пропе- лер	0,33(x2)	6,5

*Коњска снага (KS) =735,499W



Прилог 4. Прегледна карта дренажног система сектора Ковин – Дубовац (извор: Извештај ПД ХЕ „Ђердап“, 2010. г.)

БИОГРАФИЈА АУТОРА

Милка Домазет, од оца Ђорђа и мајке Невенке, рођена је 30.03.1960 године у општини Сански Мост, Босна и Херцеговина. Основну школу и Гимназију је завршила у Санском Мосту. Пољопривредни факултет, одсек Водопривредних мелиорација, Универзитета у Београду је уписала школске 1979/1980 године. Дипломирала је на предмету Физика земљишта 12.06.1984 године са оценом 10.

Специјалистичке студије на Пољопривредном факултету, одсек за Мелиорације земљишта, Универзитета у Београду је завршила 16.07.2008. године на тему: „Могућност коришћења воде из акумулације Завој за наводњавање и заштиту од поплава“, са просечном оценом 8,67 и дипломским радом 10.

Докторске студије на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду, Студијски програм „Пољопривредне науке“, модул „Мелиорације земљишта“, је уписала школске 2008/2009 године и положила у року све испите предвиђене студијским програмом са просечном оценом 9,25.

Одмах по завршетку Пољопривредног факултета (1984) се запослила у општини Сански Мост, на пословима водопривредног инспектора. Од 1998. године је засновала радни однос у Јавном предузећу Електропривреда Србије, на пословима водећег инжењера за заштиту вода, затим, главног инжењера за заштиту вода, шефа Службе за заштиту животне средине, директора Сектора за заштиту животне средине и тренутно на пословима руководиоца Пројекта заштите животне средине.

У својству аутора / коаутора објавила више научних и стручних радова у области заштите и коришћења вода и земљишта.

Удата и мајка једног сина.

ИЗЈАВЕ

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани/а: Милка Домазет

Број индекса: 08/60

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом:

„Утицај одводњавања на пољопривредна земљишта у приобаљу Дунава“

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини, ни у деловима, није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршила ауторска права и користила интелектуалну својину других лица.

У Београду, 01.03.2016.

Потпис докторанда



Прилог 2.

**Изјава о истоветности штампане и електронске верзије
докторског рада**

Име и презиме аутора: Милка Домазет
Број индекса: 08/60
Студијски програм: Пољопривредне науке - Модул: Мелиорације земљишта
Наслов рада: „Утицај одводњавања на пољопривредна земљишта у
приобаљу Дунава“
Ментор: Проф. др Невенка Ђуровић

Потписана: Милка Домазет

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама Дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

У Београду, 01.03.2016.

Потпис докторанда



Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду, унесе моју докторску дисертацију под насловом:

„Утицај одводњавања на пољопривредна земљишта у приобаљу Дунава“

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предала сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучила.

1. Ауторство
2. Ауторство – некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делим под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делим под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа.)

У Београду, 01.03.2016.

Потпис докторанда



1. **Ауторство** – Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. **Ауторство – некомерцијално – без прераде.** Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
5. **Ауторство – без прераде.** Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.