САДРЖАЈ

1 УВОД 1

1.1 Опште о ХЕПС „Ђердап“ 1
1.1.1 ХЕ „Ђердап 1“ 1
1.1.2 ХЕ „Ђердап 2“ 3

1.2 Управљање радом ХЕПС „Ђердап“ 5
1.2.1 Улога ХЕПС „Ђердап“ у енергетском систему 5
1.2.2 Ограничења у експлоатацији ХЕПС „Ђердап“ 6
1.2.3 Систем осматрања за потребе управљања ХЕПС „Ђердап“ 8

1.3 Предмет, сврха и циљеви примене ХИС „Ђердап“ 9

1.4 Функционална структура ХИС „Ђердап“ 10
1.4.1 Системи за мерење и прикупљање података ХЕ „Ђердап 1“ и ХЕ „Ђердап 2“ 14
1.4.2 Аквизициони сервери 14
1.4.3 Централни сервер базе података 14
1.4.4 Централни прорачунски сервер 16
1.4.5 Кориснички подсистем за анализу података 18
1.4.6 Кориснички подсистем за подршку управљању експлоатацијом хидропотенцијала 19
1.4.7 Администраторски алати 20

1.5 Софтверске компоненте и документација ХИС „Ђердап“ 2017 22
1.5.1 Софтверске компоненте ХИС „Ђердап“ 2017 23
1.5.2 Садржај документације ХИС „Ђердап“ 2017 25

2 ЗАЈЕДНИЧКИ РАД 27

2.1 Структура система ХИС Ђердап 2016 27

2.2 Анализа примедби и захтева током коришћења ХИС Ђердап 2016 29
2.2.1 Резиме спроведене имплементације 29
2.2.2 Спроведене активности на изради нове верзије 30

2.3 Заједнички рад са диспечерским службама на алатима ХИС Ђердап 2016 30
2.3.1 Резиме спроведене имплементације 30
2.3.2 Спроведене активности на изради нове верзије 34

2.4 Заједнички рад са ИТ службама на алатима ХИС Ђердап 2016 34
2.4.1 Резиме спроведене имплементације 34
2.4.2 Спроведене активности на изради нове верзије 35

3 РАЗВОЈ КОРИСНИЧКИХ АЛАТА ЗА ПОДРШКУ УПРАВЉАЊУ ЕКСПЛОАТАЦИЈОМ ХИДРОПОТЕНЦИЈАЛА 36

3.1 Оперативна подршка производњи и трговини електричном енергијом 36
3.1.1 Обрачун претходног енергетског периода 36
3.1.2 Одређивање оптималног плана производње 38
3.1.3 Задавање планова ангажовања хидроелектрана у систему 41

3.2 Оперативна подршка управљању системом у периоду великих вода 41
3.2.1 Обрачун претходног енергетског периода 41
3.2.2 Одређивање оптималног плана рада објеката у систему 43
3.2.3 Задавање планова ангажовања објеката у систему 45

3.3 Дугорочне хидрауличко-хидроенергетске анализе 45
3.3.1 Анализе спроведеног управљања и варијантних решења над историјским подацима 46
3.3.2 Анализе алтернативних стратегија управљања над историјским подацима 48
3.3.3 Анализе управљања над хипотетичким подацима 49

3.4 Реконструкције стања система 51
3.4.1 Утврђивање нерегуларности у систему осматрања 51

3.4.2 Попуњавање недостајућих података ... 52
3.4.3 Естимација вредности ... 53

3.5 Реконструкција дотока у акумулацију ... 55
3.5.1 Естимација дотока на притокама ... 56
3.5.2 Корекција кривих протока ... 56
3.5.3 Утврђивање параметара корекције кривих протока ... 58

4 ХАРДВЕРСКА И СОФТВЕРСКА ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА ХИС ЂЕРДАП 2017 ... 60

5 СМЕРНИЦЕ ЗА КОРИШЋЕЊЕ, ОДРЖАВАЊЕ И ДАЉИ РАЗВОЈ ... 64

5.1 Смернице за коришћење ХИС Ђердап ... 65
5.1.1 Анализа и управљање подацима ... 65
5.1.2 Оперативно пружање подршке управљању експлоатацијом хидропотенцијала ... 65
5.1.3 Системско пружање подршке управљању експлоатацијом хидропотенцијала ... 66
5.1.4 Заједнички рад са корисницима ... 67

5.2 Смернице за одржавање ХИС Ђердап ... 68
5.2.1 Одржавање софтверских компоненти ... 68
5.2.2 Заједнички рад са администраторима ХИС Ђердап ... 69

5.3 Смернице за даљи развој ХИС Ђердап ... 70
5.3.1 Смернице за даљи развој централног сервера базе података ... 70
5.3.2 Смернице за даљи развој централног прорачунског сервера ... 70
5.3.3 Смернице за даљи развој корисничког подсистема за подршку управљању експлоатацијом хидропотенцијала ... 71
5.3.4 Смернице за наменска мерења и осматрања за потребе ХИС Ђердап ... 74
5.3.5 Смернице за размену података и информација са релевантним субјектима ... 75

ПРИЛОГ: Пројектни задатак

1 УВОД

1.1 ОПШТЕ О ХЕПС „ЂЕРДАП“

На заједничком српско-румунском сектору Дунава изграђена су два хидроенергетска и пловидбена система: ХЕ „Ђердап 1” (km 943+000) и ХЕ „Ђердап 2” (km 862+800). Ови системи су најзначајнији системи за производњу хидроенергије у Србији (покривају преко 50% хидроенергетске производње, односно око 18% укупне производње електричне енергије). Системи ХЕ „Ђердап 1” и ХЕ „Ђердап 2” имају велики утицај на нивое реке Дунав у дужини од преко 300 km.

У циљу рационалног коришћења расположивог хидроенергетског потенцијала Дунава, рад електрана система ХЕ „Ђердап 1” и ХЕ „Ђердап 2” и начин евакуације воде Дунава преко преливних брана је планиран и координиран између српске и румунске стране. Рационално управљање сложеним системима ХЕ „Ђердап 1” и ХЕ „Ђердап 2” подразумева задовољење захтева енергетских система Србије и Румуније, који се разликују у погледу снаге и времена, уз задовољење низа ограничења на контролним профилима на Дунаву која су дефинисана међудржавним документима.

Експлоатација система ХЕ „Ђердап 1” и ХЕ „Ђердап 2”, глобално је регулисана Конвенцијом о експлоатацији из 1998. године, а детаљније Правилником о организацији и раду Заједничке диспечерске службе за енергетику (Правилник ЗДСЕ) и Правилником о организацији и раду Заједничке диспечерске службе за пловидбу (Правилник ЗДСП) из 1998. године.

У експлоатацији система се, према Правилнику о експлоатацији ЗДСЕ, свакодневно израђује дневни план експлоатације за текући и наредне дане. Дневни план експлоатације се затим усаглашава између румунске и српске стране и након тога примењује. Експлоатација система се врши према коригованом и усаглашеном дневном плану за текући дан.

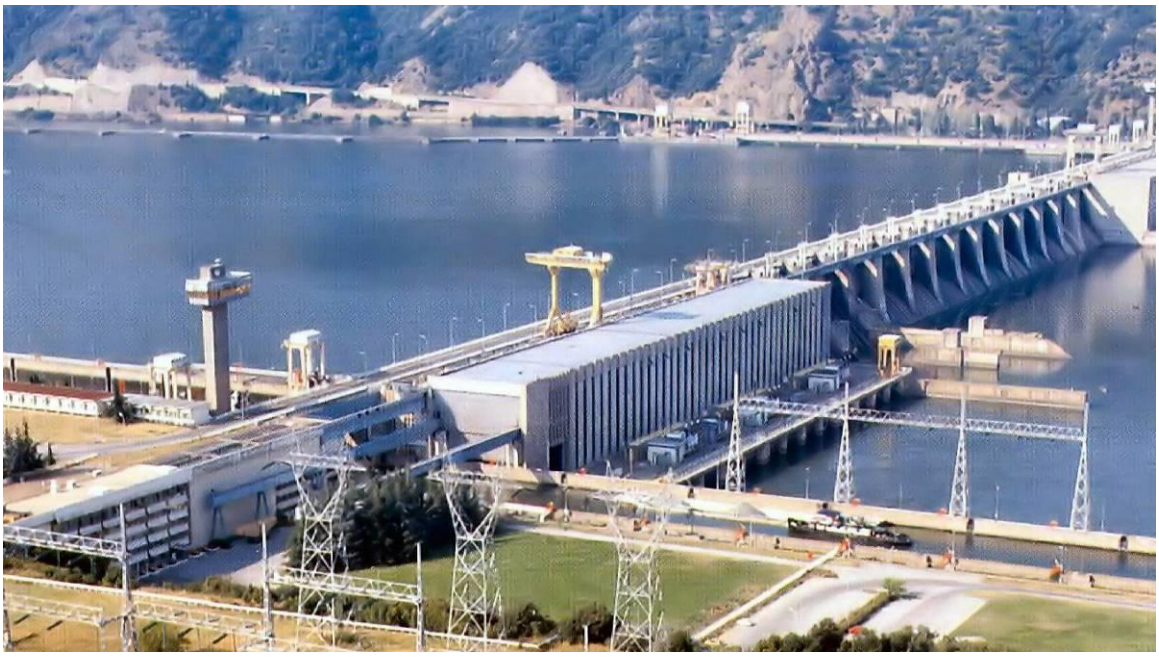
Имајући у виду да систем ХЕ „Ђердап 1“ и систем ХЕ „Ђердап 2“ представљају значајне и сложене хидроенергетске и пловидбене објекте са великим утицајем на нивое и ток реке Дунав у дужини од преко 300 km, ради максималног искоришћења хидроенергетског потенцијала уређеног овим системима и уклапање у задата ограничења нивоа на свим контролним профилима на Дунаву, неопходно је располагати са оперативним Хидроинформационим системом – ХИС Ђердап, са којим ће се стицати увид у текућа осматрања у систему и вршити сви прорачуни који су потребни за експлоатацију ових система.

1.1.1 ХЕ „Ђердап 1“

ХЕ „Ђердап 1“ чине: главни објекат (на стационажи km 943+000 Дунава), акумулација и приобаље.

Главни објекат – брана „Ђердап 1“ је изграђен на заједничком српско-румунском сектору Дунава. Објекат, дужине 1280 m, је симетрично подељен на српски и румунски део, од којих се сваки састоји од: бродске преводнице, земљане непреливне бране, хидроелектране са 6 агрегата и дела бетонске преливне бране са 7 преливних поља.

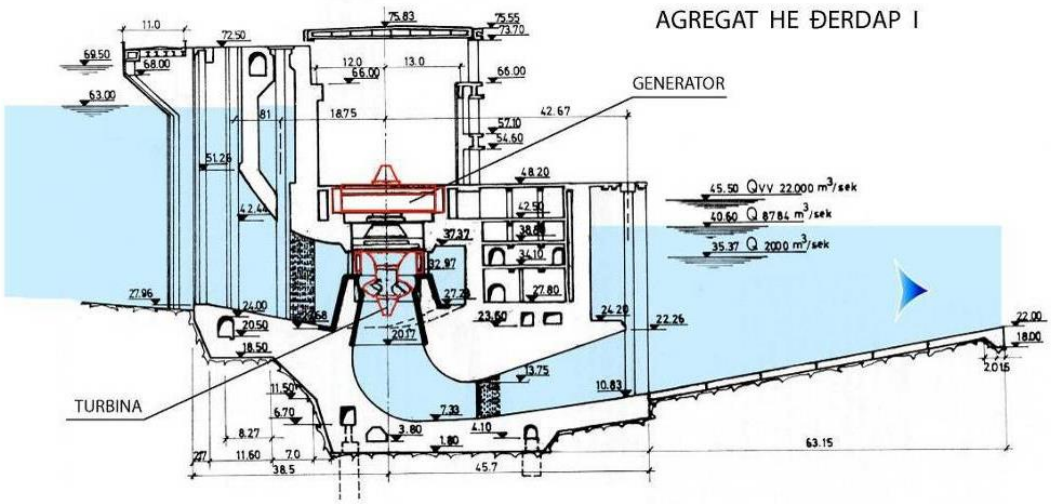
Бетонска гравитациона преливна брана заузима централни део профила и састоји се од 14 преливних поља, који (уз турбине и друге евакуационе органе) омогућавају евакуацију протицаја повратног периода од 1000 година. Евакуација вода из језера преко преливних поља се врши уколико је доток у акумулацију већи од расположивог протицаја хидроагрегата или ако се према прогнози дотока очекују велике воде, па је потребно, у циљу спречавања штета у приобаљу, благовремено евакуисати воду из акумулационог језера.



Слика 1-1 Брана „Ђердап 1“

Хидроелектрана „Ђердап 1“ је опремљена Каплановим агрегатима инсталисане снаге 2x190 + 4x211 MW, што чини укупно 1224 MW за свих 6 агрегата. Укупан инсталисани протицај је 5040 m^3/s. Бруто пад варира од 17,5 m до 31,5 m, зависно од протицаја Дунава.

Након изградње, сви агрегати (обе хидроелектране) су били идентични. У румунској хидроелектрани су после 2000. године сви агрегати ревитализовани, док су на српској страни ревитализована четири агрегата, а два агрегата су још увек у изворном стању.



Слика 1-2 Попречни пресек кроз агрегат ХЕ „Ђердап 1“

Акумулација ХЕ „Ђердап 1“ је формирана на сложеном речном систему, који чине Дунав и његове притоке: Тиса, Сава, Велика Морава, Тамиш, Нера, Млава, Пек и Поречка река. Значајна карактеристика акумулације „Ђердап 1“ је променљива дужина простирања успора и запремине, у функцији протицаја и режима рада хидроелектране. При великим водама, успор исклињава до ушћа Нере (km 1075), док се при малим водама успор простире до Новог Сада на Дунаву (у дужини од 310 km), до Шапца на Сави (у

дужини 100 km од ушћа Саве у Дунав) и на Тиси до бране код Новог Бечеја (у дужини од око 60 km од ушћа Тисе у Дунав).

Приобаље акумулације „Ђердап 1“ има различите карактеристике, које одређују и величину утицаја и начин заштите. Низводни део акумулације на Дунаву је у Ђердапској клисури, тако да успор нема утицаја на приобаље, осим на појединим локалитетима (изграђени магистрални пут, високе обале). Узводно од Голупца акумулација се простире кроз равничарско подручје, тако да режим рада хидроелектране има утицаја на спољне, унутрашње и подземне воде. Због тога су уведена ограничења нивоа воде на карактеристичним профилима.

Меродавни профили на којима се дефинише режим рада у акумулацији су: профил код ушћа Нере и профил бране. Актуелан је режим експлоатације „до 70,30 mнЈм код ушћа Нере“, који у домену протицаја од 3000-11500 m^3/s подразумева одржавање таквих нивоа горње воде на брани, да се на ушћу Нере остваре пројектовани нивои.

Слика 1-3 Акумулација „Ђердап 1“

1.1.2 ХЕ „Ђердап 2“

ХЕ „Ђердап 2“ представља низводну степеницу система и са ХЕ „Ђердап 1“ ради спрегнуто. Изграђена је са циљем да обезбеди максимални варијабилни рад систему ХЕ „Ђердап 1“. ХЕ „Ђердап 2“ се састоји од: преградних објеката, акумулације и приобаља. Преградни објекти чине две бране, од којих се главни преградни објекат налази на главном току Дунава, а други преградни објекат се налази на рукавцу Гогош, са хидроелектранама и преводницама.

На брани која је лоцирана на km 863 главног тока Дунава уз леву обалу се налазе две хидроелектране (српска и румунска) са по 8 агрегата. У средини профила је преливна брана са 7 преливних поља, док су ближе десној обали српска преводница ширине 34 m и додатна српска хидроелектрана са два агрегата. Румунска преводница се налази на каналу кроз острво Маре.

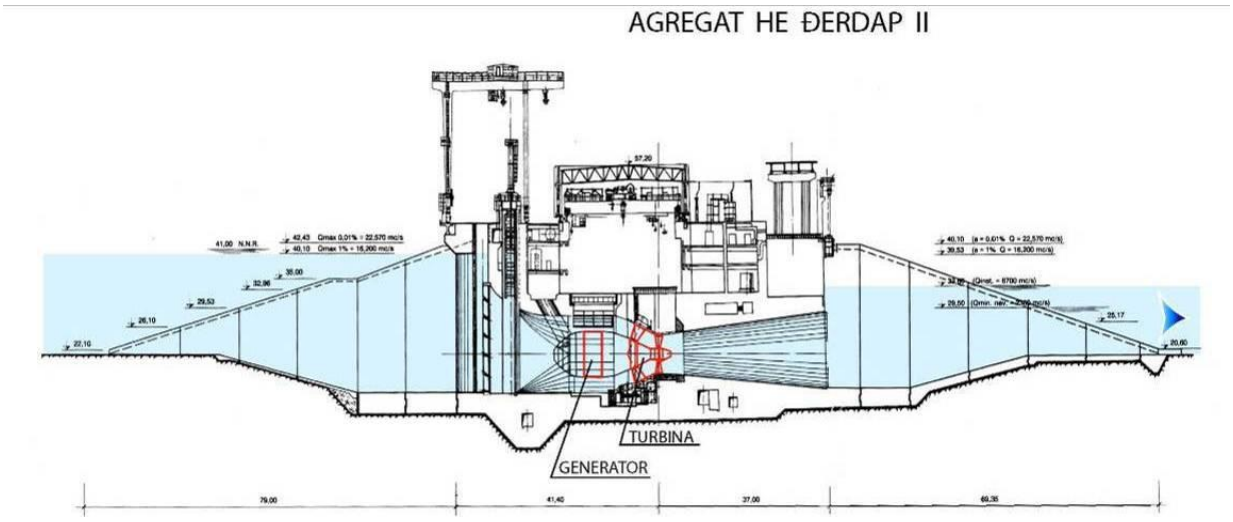
На брани на рукавцу Гогош (на km 875) у средини профила је прелив са 7 преливних поља, док је уз десну обалу рукавца изграђена румунска додатна хидроелектрана са 2 агрегата.

Слика 1-4 Брана „Ђердап 2“

Хидроелектране „Ђердап 2“ су опремљене хоризонталним капсулним агрегатима инсталисане снаге 27 MW, што чини укупно 540 MW. Укупан инсталисани протицај је 8500 m^3/s. Бруто пад варира од 2,5 m до 12,75 m, зависно од протицаја Дунава. Сви агрегати (укупно 20) су након изградње били идентични, док су данас делом ревитализовани, па им се разликују техничке карактеристике.

Са ХЕ „Ђердап 2“ се управља тако да се, у спрези са ХЕ „Ђердап 1“, на оптималан начин искористи хидроенергетски потенцијал Дунава, обезбеде услови пловидбе и не угрози стабилност обала.

Евакуација вода из акумулације ХЕ „Ђердап 2“, у случају наиласка вода већих од капацитета расположивих агрегата хидроелектрана, се врши преливањем преко 14 преливних поља, која се налазе на брани на Гогошу (7 поља) и брани на главном објекту (7 поља). Приобаље акумулације „Ђердап 2“ је равничарско, тако да се режими спољних, унутрашњих и подземних вода формирају под утицајем режима рада хидроелектране, због чега су уведена ограничења у експлоатацији.



Слика 1-5 Попречни пресек кроз агрегат ХЕ „Ђердап 2“

Акумулацију „Ђердап 2“ чини корито Дунава дужине око 80 km. При максималним нивоима запремина акумулације је 820 милиона m^3. На потезу акумулације нема значајнијих притока.

Приобаље акумулације „Ђердап 2“ је равничарско, тако да се режими спољних, унутрашњих и подземних вода формирају под утицајем режима рада хидроелектране. Због тога су уведена ограничења у експлоатацији.

Тренутно је актуелан режим рада "41,00/39,50 mнЈм" који подразумева одржавање максималних краткотрајних нивоа горње воде на профилу бране “Ђердап 2” на коти 41,00 mнЈм за истицање на ХЕ „Ђердап 1“ мање од 7400 m^3/s, и минималних нивоа на коти 39,50 mнЈм у целом дијапазону истицања.

Поред профила бране на главном току Дунава (km 863+000), меродаван за дефинисање режима нивоа у акумулацији „Ђердап 2“ је профил Кладово (km 933). Садашњи режим експлоатације система (режим "41,00/39,50") дефинисан је у члану 9 Конвенције из 1998. године. У току досадашњег рада ХЕПС „Ђердап 2“, режим рада "41,00/39,50" није мењан, али се разматра могућност повишења на режим "41,40/39,50".

На деоници Дунава низводно од „Ђердап 2“ до српско-бугарске границе (km 845), нема већих притока. На овој деоници су, због обезбеђења услова пловидбе, уведена ограничења дневних осцилација нивоа воде у односу на средњи дневни ниво. Такође, дефинисана је минимална вредност истицања на објектима ХЕ „Ђердап 2“, због обезбеђења услова пловидбе.

1.2 УПРАВЉАЊЕ РАДОМ ХЕПС „ЂЕРДАП“

1.2.1 Улога ХЕПС „Ђердап“ у енергетском систему

ХЕПС „Ђердап“ као основну делатност има производњу електричне енергије и представља значајан привредни субјект у привредним системима Србије и Румуније. ХЕПС „Ђердап“ је највећи произвођач хидроенергије у Југоисточној Европи. У случају Србије задовољава 22% националних потреба за електричном енергијом, док је у случају Румуније тај проценат нешто нижи имајући у виду да је Румунија популационо и територијално знатно већа од Србије и самим тим са више потреба и производних капацитета укључујући и нуклеарне.

Поред задовољавања потреба два суседа ХЕПС „Ђердап“ је и у енергетском ланцу који својом функцијом обезбеђује енергетску стабилност у тим државама и региону и део је Енергетске заједнице ЕУ чији је и Србија члан од 2006. године. Та функција подиже ниво места и улоге ХЕПС „Ђердап“ у Европској безбедносној стратегији ЕУ 2020 у области енергетике који је носећи пројекат политичко-економског карактера у енергетској политици ЕУ за наредни период.

Управљање радом ХЕПС „Ђердап“ у домену производње електричне енергије неодвојиво је од управљања радом електроенергетског система. Специфичност електроенергетских система у односу на неке друге системе за снабдевање потрошача потребним ресурсима је да у њима практично све време морају да буду изједначене производња и потрошња електричне енергије. Разлог за то лежи у чињеници да се електрична енергија практично не може складиштити (осим помоћу реверзибилних хидроелектрана). При томе је отежавајућа околност да је оптерећење електроенергетских система изразито променљиво у времену (услед задовољења потреба великог броја разнородних потрошача, чије се потребе у времену мењају на различите начине – на дневном недељном, месечном или сезонском нивоу), док је, са друге стране, неопходно да сви елементи система раде са високим степеном корисног дејства (тј. у свом оптималном режиму, или близу њега), како би трошкови производње могли да се сведу на минимум.

Током рада електроенергетског система јављају се разни облици неизвесности. Један од разлога за ово је могућност да поједини делови система могу у одређеном временском тренутку да не буду на располагању, а ни оптерећење система и потрошња енергије на дневном нивоу се не могу у потпуности предвидети. Због тога је у систему потребно предвидети резерве (хладну, ротирајућу, ...), као и регулацију снаге.

Проблем управљања електроенергетским системом се у пракси решава погодном координацијом производних агрегата различитих карактеристика. Термоелектране су погодне за рад са константном снагом, без значајних промена оптерећења и по могућству без прекида. Снага термоелектрана није у тој мери подложна ограничењима, као на пример код хидроагрегата, код којих расположиви проток водотока ограничава њихову инсталисану снагу, али са друге стране не поседује флексибилност која је неопходна да се електроенергетски систем одржи у равнотежи. Управо из тог разлога, улога система ХЕ „Ђердап 1“ и ХЕ „Ђердап 2“ је да својим ангажовањем олакшају брзу промену режима оптерећења и да имају битну улогу у регулацији државног енергетског система.

ХЕ „Ђердап 1“ има релативно малу запремину динамичког карактера, али уз ХЕ „Ђердап 2“ који има улогу компензационог базена, успева да већи део производње пласира у варијабилни део дијаграма оптерећења. Могућа је брза промена оптерећења обзиром да је електрана прибранског типа, са кратким доводним органима и блоковском везом (довод-турбина-генератор-одвод).

ХЕ „Ђердап 2“ је практично компензациони базен и највећи део производње пласира у константни део дијаграма оптерећења. Због тога нема услова за учешће у регулацији снаге система, а посебно имајући у виду ограничења за омогућавање пловидбе и дозвољеним осцилацијама нивоа воде на ушћу Тимока (детаљније у даљем тексту).

1.2.2 Ограничења у експлоатацији ХЕПС „Ђердап“

Управљање сложеним системима ХЕ „Ђердап 1“ и ХЕ „Ђердап 2“ подразумева задовољење захтева енергетских система Србије и Румуније, задовољење низа ограничења на контролним профилима на Дунаву, обезбеђење услова пловидбе и стабилности обала. При томе је рад система „Ђердап 2“ у спрези са радом система „Ђердап 1“.

Група података о ограничењима система обухвата експлоатациона ограничења дефинисана Правилником ЗДСЕ из 1998. године и конструктивна ограничења дефинисана главним пројектима и пројектима изведеног стања брана ХЕ „Ђердап 1” и ХЕ „Ђердап 2”.

Ограничења нивоа су дефинисана на профилима: ушће Нере, брана ХЕ „Ђердап 1“ (горња воде), Кладово, брана ХЕ „Ђердап 2“ (горња воде) и ушће Тимока, као средње или екстремне вредности средње дневних или краткотрајних нивоа.

Експлоатациона ограничења се разликују у зависности од режима експлоатације и подсистема. За сваки режим експлоатације ограничења нивоа дата су у виду кривих протицаја. Конструктивна ограничења су иста за све режиме експлоатације и дата су у виду максималног нивоа.

1.1.1.1 Ограничења нивоа и протицаја

Систем „Ђердап 1“

За утврђивање режима експлоатације „Ђердап 1“ и праћење његове реализације меродавни су профили бране (km 943+000) и ушћа Нере (km 1075+000). Стога се за ХЕ „Ђердап 1“ ограничења дефинишу кривама протицаја на ушћу Нере и на брани, које важе у одређеним дијапазонима протицаја.

Режим рада у акумулацији „Ђердап 1“ у садашњем тренутку може бити стални - режим "до 70,30 mнЈм код ушћа Нере" или експериментални режим.

У сталном режиму важе следећа експлоатациона ограничења нивоа: минимални средњи дневни нивои воде на профилу ушћа Нере, максимални средње дневни нивои воде на профилу ушћа Нере, максимални краткотрајни нивои воде на профилу ушћа Нере, максимални краткотрајни ниво горње воде на профилу бране и средње дневни ниво горње воде на профилу бране ХЕ „Ђердап 1“ за веће дотоке.

За експериментални режим рада експлоатациона ограничења су: средње дневни нивои воде на профилу ушћа Нере, максимални краткотрајни ниво горње воде на брани и средње дневни ниво горње воде.

Систем „Ђердап 2“

Како су за утврђивање режима експлоатације „Ђердап 2“ и праћење његове реализације меродавни профили Кладово-Дробета Турну Северин (km 933+000) и брана ХЕ „Ђердап 2“ (km 863+000), у подсистему “Ђердап 2” су ограничења дефинисана на следећи начин: максимални тренутни ниво воде на Кладову, максимални тренутни ниво горње воде на брани ХЕ „Ђердап 2“, минимални тренутни ниво

горње воде на профилу бране на главном току “Ђердап 2”, средњи дневни ниво горње воде на профилу бране на главном току ХЕ „Ђердап 2“ и минимални тренутни ниво горње воде на профилу бране на главном току „Ђердап 2“ у екстремним случајевима уз услов да се обезбеди дубина од 3,5 m у пловном путу.

Експлоатациона ограничења, која се односе на максималне тренутне и средње дневне нивое воде, важе у одређеним дијапазонима истицања из система “Ђердап 1”, док се ограничења минималних тренутних нивоа односе на цео дијапазон истицања.

Дефинисана су и ограничења истицања која се дају у односу на дотоке на профилу ушћа Нере, при чему истицање на систему “Ђердап 2” мора бити такво да максималне варијације нивоа на профилу ушћа Тимока не пређу +/- 30 cm у односу на средње дневни ниво.

1.1.1.2 Ограничења производње

Дневним планом производње се утврђује укупна дневна производња електричне енергије система ХЕ „Ђердап 1“ и ХЕ „Ђердап 2“ и појединачно за сваки агрегат. Уколико дневним планом није одређена производња, Правилником су дефинисани распони производње по временским интервалима.

Правилником је дефинисан приоритетни рад додатне румунске хидроелектране на рукавцу „Гогош“ у односу на румунску хидроелектрану на главном току Дунава. Наиме Правилником је предвиђено да при планираним средњим дневним истицањима из система ХЕ „Ђердап 2“ мањим од максималног протицаја који се може пропустити кроз 20 агрегата свака страна евакуише део протицаја која јој припада из дневне поделе потенцијала кроз своје агрегате, а у случају нерасположивости истих, кроз своју преливну брану. Режим рада електрана планира се и реализује тако да се приоритетно користе агрегати у румунској додатној електрани (ХЕ “Гогош“) у границама њихове расположивости.

1.1.1.3 Услови евакуације воде

Систем „Ђердап 1“

Евакуација вода из језера преко преливних поља се врши уколико је доток у акумулацију већи од укупног инсталисаног протицаја агрегата или ако се према прогнози дотока очекују велике воде, па је потребно, у циљу спречавања штета у приобаљу, благовремено евакуисати воду из акумулационог језера.

Евакуацију врше српска и румунска страна у једнаким деловима, преко агрегата и преливних поља брана, уколико се другачије не предвиди.

Маневре опремом преливних брана при евакуацији великих вода и леда свака страна изводи самостално на основу међусобног договора или на основу заједничких упутстава.

Свака страна је дужна да до истицања које одговара инсталисаном капацитету свих агрегата система “Ђердап 1” евакуише кроз своје агрегате и/или преко евакуационих уређаја своје преливне бране припадајући део потенцијала. При протицајима већим од протицаја који одговара капацитету истицања кроз све хидроагрегате на електранама система “Ђердап 1, обе стране врше евакуацију вода на равне делове, при чему електране оба система раде проточно.

Систем „Ђердап 2“

Евакуација воде из акумулационог језера „Ђердап 2“ зависи од дотока и истицања на систему ХЕ „Ђердап 1“. Евакуација воде из акумулационог језера „Ђердап 2“ врши се на следећи начин:

- При планираним средњим дневним истицањима из ХЕ „Ђердап 2“ мањим од максималног протицаја који се може пропустити кроз 20 агрегата, свака страна евакуише део протицаја који јој припада из дневне поделе потенцијала кроз своје хидроагрегате, а у случају нерасположивости истих, кроз своју преливну брану.

- При планираним средњим дневним истицањима из ХЕ „Ђердап 2“ већим од максималног протицаја који се може пропустити кроз 20 агрегата, евакуација вода се врши:
  - кроз хидроагрегате електрана на главном току и на рукавцу Гогош и преко преливне бране на рукавцу Гогош до протицаја 3 500 m^3/s у рукавцу Гогош;
  - преко преливне бране на главном току Дунава, до постизања преливног протицаја једнаког протицају који се прелива преко преливне бране на Гогошу;
  - после изједначавања преливних протицаја преко преливне бране на главном току Дунава и преко преливне бране на Гогошу, свака страна је дужна да кроз своје хидроагрегате и преливна поља евакуише половину планираног средњег дневног истицања.

1.2.3 Систем осматрања за потребе управљања ХЕПС „Ђердап“

Осматрања хидролошке ситуације на Дунаву и притокама се врши на: водомерним станицама постављеним на српској страни које су у власништву ХЕ „Ђердап“ (10 профила), водомерним станицама постављеним на румунској страни (12 профила), као и водомерним станицама у власништву Републичког хидрометеоролошког завода Србије (6 профила). На водомерним станицама РХМЗ-а поред нивоа, постоје и подаци о протицајима на речним токовима, док на осталим станицама постоје само подаци о нивоима.

Осим напред наведеног, мерења нивоа се врше и у зонама објеката ХЕ „Ђердап 1“ и ХЕ „Ђердап 2“. Водомерне станице су постављене у профилима узводно и низводно од бране и то: узводно и низводно од бране ХЕ „Ђердап 1“ на српској страни, узводно и низводно од бране ХЕ „Ђердап 1“ на румунској страни, узводно и низводно од бране ХЕ „Ђердап 2“ на српској страни – посебно основна електрана посебно додатна електрана, узводно и низводно од бране ХЕ „Ђердап 2“ на румунској страни и узводно и низводно од бране „Гогош“ на румунској страни.

Подаци о нивоима са водомерних станица које припадају систему осматрања на ХЕПС „Ђердап“ се прикупљају и архивирају у SCADA базу података. Подаци са станица РХМЗ-а се добијају у оквиру хидролошког извештаја са прогнозама за наредних 5 дана. Поред нивоа, ови извештаји садрже и податке о протоцима на овим станицама.

У групу мерења у зонама доводно – одводног тракта агрегата ХЕ „Ђердап 1” и ХЕ „Ђердап 2“ спадају: нивои у зони агрегата ХЕ „Ђердап 1” – српска страна, нивои у зони агрегата ХЕ „Ђердап 1” – румунска страна, нивои у зони агрегата ХЕ „Ђердап 2“ – српска страна – основна електрана и нивои у зони агрегата ХЕ „Ђердап 2“ – српска страна – додатна електрана (током реализације предметног пројекта није се дошло до сазнања о мерењима нивоа у зони агрегата ХЕ „Ђердап 2“ – румунска страна и мерења нивоа у зони агрегата „Гогош“ – румунска страна).

На ХЕ „Ђердап 1“ успостављена су мерења активне и реактивне снаге на сваком појединачном агрегату електране. Опрема за мерење активне и реактивне снаге се разликује од ревитализованих и неревитализованих агрегата. Подаци се са мерне опреме преносе до телекомуникационих (ТК) просторија Централне команде. Подаци се архивирају у SCADA систему ХЕ „Ђердап 1”. Поред мерења активне и реактивне снаге успостављени су и системи за мерење протока на агрегатима, али се ови подаци као такви не користе у званичним процедурама управљања.

На ХЕ „Ђердап 2“ успостављена су мерења активне и реактивне снаге на сваком појединачном агрегату основне електране. Агрегати располажу са аутоматским мерачима активне и реактивне енергије. Подаци се архивирају у SCADA систему ХЕ „Ђердап 2“. Поред мерења активне и реактивне снаге успостављени су и системи за мерење протока на агрегатима, али се ови подаци као такви не користе у званичним процедурама управљања.

На преливној брани ХЕ „Ђердап 1“ и на сваком пољу је успостављено аутоматско мерење положаја устава на преливном пољу. Подаци о преливањима забележени у SCADA систему се не узимају у разматрање као релевантни приликом усклађивања са румунском страном. Наиме, на основу усвојених

процедура израчунавају се протоци који се касније усаглашавају са румунском страном и бележе у диспечерским извештајима (заједно са преливима на румунској страни).

Мерна опрема на уставама преливних поља ХЕ „Ђердап 2“ даје податке о положају уставе, као и о истицању воде кроз преливно поље, а подаци се архивирају у SCADA систему ХЕ „Ђердап 2“. На преливној брани „Гогош“ се не архивирају мерења отвора уставе и истицања на преливним пољима.

Осматрање метеоролошких величина на сливу Дунава врши се на три локације: ХЕ „Ђердап 1“ на преводници, ХЕ „Ђердап 2“ на преливној брани и на ушћу Нере. Аутоматске метеоролошке станице врше осматрања температуре и влажности ваздуха, ваздушног притиска, количине кише, брзине и правца ветра.

Евиденција рада преводница на српској страни ХЕ „Ђердап 1“ се врши тако што се бележи број превођења у току дана и време трајања превођења, док се на румунској страни бележи само укупан број превођена у току дана, али се подаци о времену превођења не размењују са српском страном.

Евиденција рада преводница на српској страни ХЕ „Ђердап 2“ се врши тако што се бележи број превођења у току дана и време трајања превођења, док се на румунској страни бележи само укупан број превођена у току дана, али се подаци о времену превођења не размењују са српском страном.

1.3 ПРЕДМЕТ, СВРХА И ЦИЉЕВИ ПРИМЕНЕ ХИС „ЂЕРДАП“

Шире посматрано, Хидроинформациони систем „Ђердап“ је технички систем за подршку управљању експлоатацијом хидропотенцијала и састоји се од већег броја међусобно повезаних компоненти хардвера, софтвера, мерних објеката и инструмената и корисника система.

Уже посматрано, у смислу предметног задатка, Хидроинформациони систем „Ђердап“ се дефинише као организовани скуп података и софтверских компоненти, који се ослања на одговарајућу опрему и хардвер, и који се налази у служби наменски обучених техничких лица, а за потребе оптималног управљања системом и праћења историје коришћења система.

Развој и имплементација Хидроинформационог система „Ђердап“ подразумева развој комплексне софтверске платформе, са оријентацијом ка:

- кориснику (корисничке апликације),
- системском извршавању у реалном времену (сервиси), као и
- специјализованом управљању системом (администраторски алати).

Овакав систем треба развити према принципима савремене сервисно оријентисане архитектуре која би садржала међусобно повезане софтверске компоненте различите намене изграђене над дистрибуираним релационим базама података. Овакав систем у потпуности треба да обезбеди прецизне механизме преузимања података из различитих извора, њихову валидацију, обраду и архивирање, као и софтверске компоненте за брз и безбедан приступ подацима од стране корисника кроз специјализоване апликације намењене пружању подршке у управљању системом. Овакав скуп компоненти за управљање подацима у ХИС-у би омогућио развој софтвера за формирање ажурног рачунског стања система у „реалном времену“ чиме би се ХИС Ђердап као информатичка платформа за подршку управљању у потпуности приближио свакодневном оперативном коришћењу са минимумом ангажовања људских ресурса.

Развој и коришћење Хидроинформационог система „Ђердап“ треба да омогући значајна сазнања о понашању хидроенергетског система у досадашњем периоду експлоатације, варијантним сценаријима управљања у будућности, као и раду у реалном времену и на тај начин пружи платформу за адекватно доношење одлука и обезбеди вршење анализе оствареног управљања у односу на очекивано оптимално.

Општи циљеви развоја и примене Хидроинформационог система „Ђердап“ су следећи:

- Објединјавање свих релевантних хидроенергетских, хидролошких и других релевантних података, као и стварање услова за њихову доступност ширем кругу корисника;
- Доношење најповољнијих оперативних управљачких одлука на хидроелектранама у различитим ситуацијама (свакодневни - редовни рад, периоди наиласка и трајања великих вода, маловодни периоди, хаваријске ситуације итд.);
- Доношење најповољнијих одлука за избор оптималних решења дугорочног коришћења вода (хидроенергетског и осталих видова коришћења), заштите од вода и заштите вода, односно интегралног уређења система, узимајући у обзир циљеве свих корисника простора;
- Подршка процесу усаглашавања интереса у оквиру управљања сливом, успостављањем и промовисањем система за координацију и сарадњу који се заснива на прогнози дотока која следи из употребе ХИС Ђердап;
- Едукација стручног кадра путем примене система за подршку одлучивању и дистрибуције резултата развоја. Остваривање обавештености, разумевања и учешћа јавног сектора у процесу управљања и заштити водног окружења, при чему се РХМЗ Србије препознаје као стратешки важан чинилац у смислу размене прогноза дотока и усавршавања методологије одређивања улазних дотока.

Најважнији конкретни циљеви развоја и примене Хидроинформационог система „Ђердап“ су следећи:

- Подршка оптималном усаглашавању са ЕЕС Србије у оперативној изради, провери и корекцији часовних планова рада електрана ХЕ „Ђердап 1“ и ХЕ „Ђердап 2“, у складу са прогнозама дотока и кретањима цене на тржишту електричне енергије;
- Подршка решавању проблема поделе хидропотенцијала српске и румунске стране у оперативној изради, провери и корекцији часовних планова рада електрана ХЕ „Ђердап 1“ и ХЕ „Ђердап 2“;
- Помоћ у поштовању свих ограничења дефинисаних Правилником ЗДСЕ у оперативној изради, провери и корекцији часовних планова рада електрана ХЕ „Ђердап 1“ и ХЕ „Ђердап 2“;
- Оптимално искоришћење хидропотенцијала у оперативној изради, провери и корекцији часовних планова рада електрана ХЕ „Ђердап 1“ и ХЕ „Ђердап 2“, у смислу максимизације производње варијабилне енергије (према потреби);
- Утврђивање губитака у производњи услед одступања од могућег оптималног рада, уз поштовање захтева ЕЕС Србије;
- Избор оптималног броја хидроагрегата који треба да буду у погону за реализацију часовних планова рада сваке електране и расподела оптерећења (снаге) између њих тако да у електрани сваке стране сви хидроагрегати (заједно посматрано) задовоље задати критеријум;
- Утврђивање стратегије експлоатације за текући и наредне дане у ванредним условима рада (наилазак и трајање таласа великих вода, маловодни периоди, непредвиђени испади агрегата и сл.);
- Анализа могућих сценарија промене услова рада система ХЕ „Ђердап 1“ и ХЕ „Ђердап 2“ (како природних тако и управљачких).

Може се рећи да се имплементацијом и коришћењем ХИС Ђердап ствара могућност сагледавања концептуалних оквира за формирање нових сазнања о бољој експлоатацији хидропотенцијала, свеобухватног сагледавања информација које описују природно окружење, хидролошка мерења, симулационе моделе процеса и појава.

1.4 ФУНКЦИОНАЛНА СТРУКТУРА ХИС „ЂЕРДАП“

Хидроинформациони систем „Ђердап“ треба да се састоји од следећих подсистема: централног сервера базе података, аквизиционих сервера, централног прорачунског сервера и серверско-клијентских функционалних целина које се називају кориснички подсистеми.

Основне функционалне карактеристике таквог ХИС-а треба да буду:

- ХИС треба да буде сачињен од информационо-комуникационих компоненти повезаних са хидролошким истраживањима, са фокусом на прикупљање, обраду и архивирање релевантних информација које описују фундаменталне хидролошке процесе и које морају бити систематизоване и доступне корисницима кроз различите форме претраживања, приказивања и моделског коришћења.
- ХИС треба да омогући моделирање свих релевантних процеса који су повезани са кретањем воде (природни, неумитни процеси као што је течење воде у водотоковима и сл., и управљиви процеси као што је производња електричне енергије) на начин да примењени модели буду физички засновани.
- ХИС, у интеракцији са хидро-метеоролошким информационим системима који садрже прогнозе, треба да омогући што квалитетнију прогнозу дотока у акумулацију и на тој основи израду оперативних планова управљања, а у складу са различитим захтевима диспечера.
- Све компоненте ХИС-а треба да буду у складу са информатичким стандардима. У том смислу, ХИС се мора развити према принципима отворене сервисно-оријентисане архитектуре. Архитектура ХИС-а треба да буде проширива и да не буде ограничена физичким обимом података у систему и бројем корисника самог система. ХИС мора бити способан да приступи и преузме све податке, да их преведе у стандардан формат и пружи кориснику кроз Web сервисе и стандардизоване функције.
- ХИС мора да садржи методе и платформу за што једноставније претраживање и обраду релевантних података, имајући увек у виду и њихово георeференцирање, како би се на једном месту сустицали подаци о протоцима и нивоима воде, производњи енергије, падавинама, температурама и сл., који се иначе физички налазе у различитим информационим системима, односно да омогући да се подаци о истој величини, а који се разликују по резолуцији или начину мерења, и налазе у посебним ИС-овима, комбинују, обједињују и допуњују.
- Функционисање ХИС-а мора бити базирано на решењима која су у суштини скалабилна, сигурна, једноставно се надгледају, интероперабилна су и независна од оперативног система. Овакав приступ ослобађа корисника од потребе за сагледавањем сложености превазилажења проблема у прикупљању, обради и дистрибуцији података, док у исто време мора да одвоји одређену логику манипулације подацима од клијентских апликација.

Управљање водним ресурсима у оквиру система ХЕПС „Ђердап 1“ и „Ђердап 2“ реализује се кроз успостављање, одржавање и коришћење ХИС „Ђердап“, кога чини скуп софтверско/хардверских компоненти груписан у:

- Систем за мерење и прикупљање података ХЕ „Ђердап 1“;
- Систем за мерење и прикупљање података ХЕ „Ђердап 2“;
- Аквизициони сервер ХЕ „Ђердап 1“;
- Аквизициони сервер ХЕ „Ђердап 2“;
- Централни сервер базе података;
- Централни прорачунски сервер;
- Корисничке алате у оквиру софтвера за привремено складиштење;
- Кориснички подсистем за преглед и анализу података;
- Кориснички подсистем за подршку управљању експлоатацијом хидропотенцијала;
- Администраторске алате.

У циљу коришћења и одржавања, ХИС-у може приступити шири круг обученог и стручног особља. Систем предвиђа управљање правима приступа на нивоу улога, као и на нивоу појединачних корисника. Основне улоге у ХИС-у су:

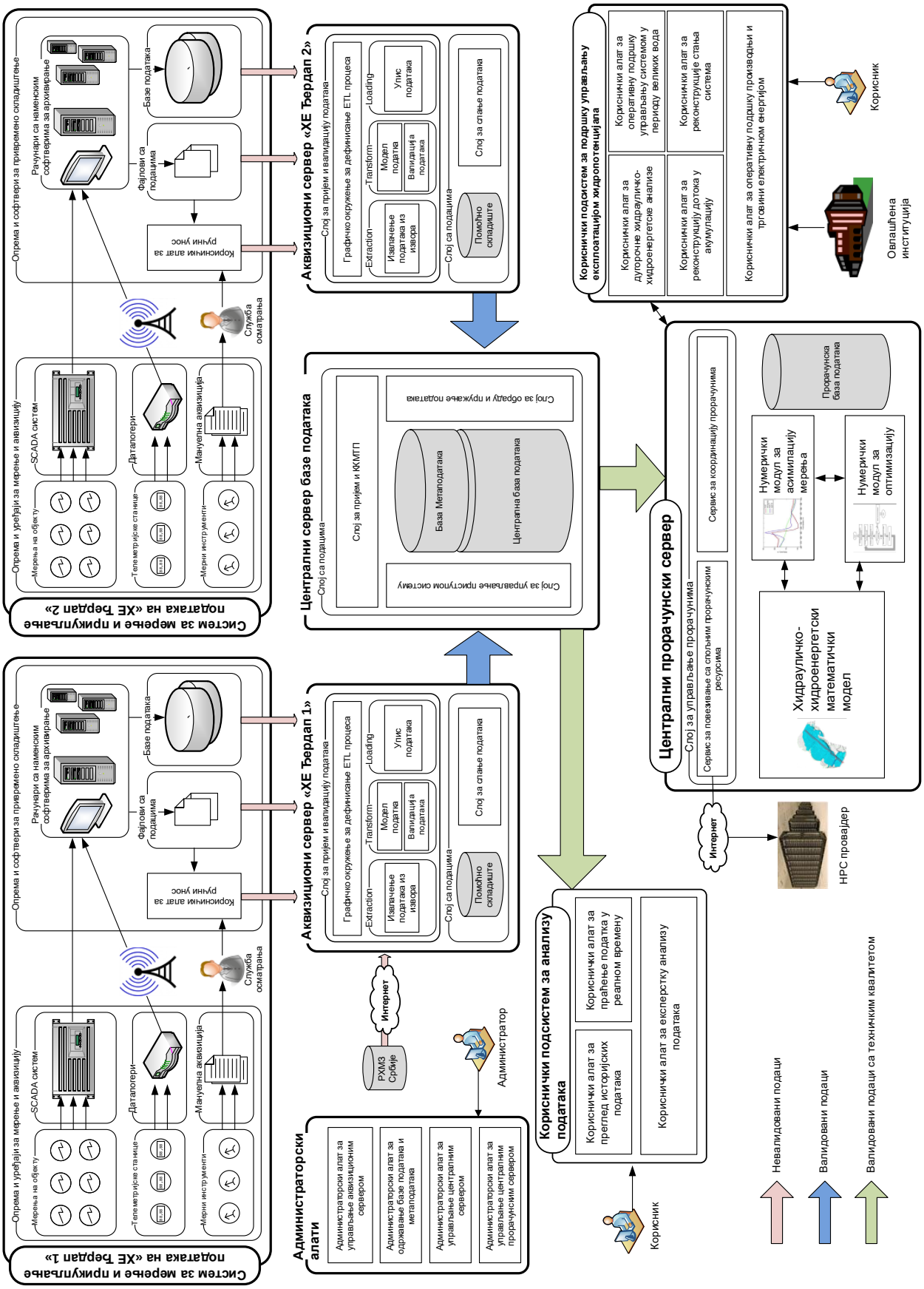
- Корисник;
- Служба осматрања;
- Овлашћена институција и
- Администратор.

Корисник представља у најширем смислу сваки субјект који помоћу корисничких алата приступа подацима мерења и резултатима коришћења математичких модела. Улогу корисника има особље диспечерске службе, особље са бране које припада другим службама које могу имати интереса за праћење стања водних ресурса, као и особље које ради у овлашћеним стручним институцијама које су релевантне за праћење и анализу коришћења хидро-потенцијала и рада објеката ХЕ. По потреби, ова улога се може доделити и особљу из других надлежних институција (министарство, међудржавна комисија, агенције и сл.).

Диспечерска служба врши унос података који се не прикупљају аутоматски (преко система за аутоматску аквизицију, уз помоћ наменских софтвера произвођача мерне опреме) него мануелно, механичким (визуелним) путем или путем дојаве (телефоном и сл.).

Овлашћена стручна институција представља институцију која је релевантна за праћење и анализу коришћења водних ресурса и ангажовања објеката ХЕ и која располаже одговарајућим стручним ресурсима за вршење анализа коришћењем ХИС-а, као и за управљање одређеним деловима ХИС-а. Стручни кадар из овакве институције има приступ математичким моделима ради њиховог ажурирања, а по потреби и у циљу корекције или унапређења модела. Приступ ХИС-у се регулише уговором између ЈП ЕПС - Огранак ХЕ „Ђердап“ и овлашћене стручне институције.

Администратор представља улогу која подразумева ажурирање садржаја база података (измену и/или брисање претходно унетих података) и управљање аутоматским процесима прикупљања, архивирања и коришћења података. Администратор управља и правима приступа свих корисника система.



Слика 1-6 Структура ХИС „Ђердап“

1.4.1 Системи за мерење и прикупљање података ХЕ „Ђердап 1“ и ХЕ „Ђердап 2“

Системи за мерење и прикупљање података на ХЕ „Ђердап 1“ и ХЕ „Ђердап 2“ омогућавају физичку реализацију осматрања података релевантних за ХИС, што подразумева мерење и прикупљање низа релевантних величина: нивоа и протока воде, као и мерења експлоатационих величина на објекту. Циљ инсталације система за мерење и прикупљање података је да се обезбеде меродавне информације на основу којих се могу вршити прорачуни и ажурирање математичког модела.

Веома битан аспект коришћења опреме и уређаја за мерење и аквизицију је и њихово редовно одржавање. Подршка одржавању се реализује кроз систематско праћење стања опреме коришћењем ХИС-а, уз благовремено предузимање одговарајућих мера за очување опреме и уређаја у добром стању.

У оквиру система за мерење и прикупљање података, како на брани ХЕ „Ђердап 1“, тако и на брани ХЕ „Ђердап 2“, у оквиру ХИС Ђердап обезбеђују се кориснички алати који омогућавају ручни унос података релевантних за ХИС, а који нису обухваћени аутоматским системима аквизиције на постојећим системима за мерење и прикупљање података. Кориснички алат за ручни унос омогућава фреквентни унос података кроз веб базирани интерфејс са програмабилним предефинисаним електронским обрасцима, који су еквивалентни папирним обрасцима за бележење мерења. Посебан модул корисничког алата за ручни унос односи се на аутоматизовани унос масовних података (који се битно разликује од фреквентног ручног уноса).

1.4.2 Аквизициони сервери

Аквизициони сервер је скуп хардверско/софтверских компоненти повезаних у једну целину са циљем да податке који се привремено складиште на систему за мерење и прикупљање података преузме, валидује и припреми за слање на централни сервер базе података ХИС-а. У случају да је систем за мерење и прикупљање података непотпун, тј. да опрема и софтвери за привремено складиштење нису имплементирани у пуном обиму, аквизициони сервер преузима на себе и њихову улогу (директна комуникација са опремом и уређајима за мерење и аквизицију).

Постоје два аквизициона сервера (један на ХЕ „Ђердап 1“ и један на ХЕ „Ђердап 2“) која комуницирају са једним централним сервером. Аквизициони сервер на ХЕ „Ђердап 1“ врши и преузимање података од РХМЗ Србије, што подразумева постојање протокола о размени података између РХМЗ и ХЕ „Ђердап“.

1.4.3 Централни сервер базе података

Централни сервер чини скуп хардверско/софтверских компоненти повезаних у једну целину са циљем координације, дистрибуирања, синхронизације и складиштења података, као и управљања приступом подацима и сервисима. Централни сервер се налази у средишту информационо-комуникационе инфраструктуре система и сви други елементи система у одређеном обиму комуницирају са њим.

Податке из централног сервера базе података користе централни прорачунски сервер и кориснички подсистеми.

Основне компоненте централног сервера су: централна база података, база метаподатака, слој за пријем и контролу квалитета мерених техничких података (ККМТП), слој за обраду и пружање података и слој за управљање приступом систему.

Централна база података

Централна база података представља складиште свих података у ХИС-у јер се у њој сустичу све временске серије прикупљене осматрањем у систему, подаци о систему осматрања, документима и подацима о функционалности ХИС Ђердап. Ради се о релационој бази података која се одржава

администраторским алатом ХИС-а (администраторски алат за одржавање базе података и метаподатака), па је у даљем коришћењу администраторима система омогућено одржавање постојећих, као и увођење нових садржаја.

Намењена је првенствено за складиштење временских серија осмотрених података добијених преко система за осматрање и прикупљање података. У централној бази су смештени архивски подаци о осматрањима, али и подаци прикупљени у „реалном времену“. Подаци временских серија који се налазе у бази података аутоматизованим поступком добијају и податак о квалитету, па је њихова употреба у слојевима и алатима у ХИС-у праћена и информацијом о степену поузданости података.

Осим података о временским серијама, у централној бази података се чувају и подаци о систему за осматрање и прикупљање података који могу бити од важности за тумачење података временских серија. Тако је омогућено складиштење и одржавање података о мерним инструментима, мерним местима и местима осматрања, што омогућава потпуније сагледавање просторних односа и поступака мерења у систему. У бази су и документи који описују систем, али и инструкције за извршавање других делова система, као што су графичке подлоге и дијаграми за корисничке алате. Коначно, у централној бази података се такође налазе и подаци о корисничким налозима, ресурсима система и правима приступа.

У централној бази података је подржан концепт временског референцирања свих података, па је могуће пратити развој целог система у времену, што је од непроцењивог значаја за тумачење архивских података, али и за правилну употребу података из базе у математичким моделима. Имплементирано је и праћење измена у бази података, а подаци добијени из система за осматрање и прикупљање података остају трајно доступни у изворним вредностима, уз могућност цензурисања од стране експерта.

База метаподатака

Уско везана за централну базу података је и база метаподатака која садржи „податке о подацима“, тј. пружа потпунији увид у типове података и атрибуте ентитета централне базе података. Намењена је за аутоматизован рад компоненти ХИС-а, али истовремено представља и основу за комуникацију према другим системима, јер се у њој налазе инструкције за тумачење података из централне базе података.

И у бази метаподатака је имплементиран механизам одржавања и временског референцирања садржаја, чиме се обезбеђује исправан будући рад система и правилно тумачење података и након промена у систему.

Слој за пријем података и контролу квалитета мерених техничких података

Овај слој је задужен за пријем података из аквизиционих сервера ХИС-а и архивирање у централну базу података у одговарајућем формату, при чему обезбеђује механизме оцењивања квалитета мерених техничких података.

Контрола квалитета мерених техничких података представља оцену употребљивости податка у смислу његовог коришћења у експертским анализама и математичким моделима. Поступци одређивања квалитета података су знатно сложенији од поступака валидације на аквизиционом серверу и садрже механизме детекције отклона („скокова“ вредности), трендова, као и корелације више величина и др.

Слој за обраду и пружање података

Слој за обраду и пружање података служи за дистрибуцију податка из централне базе података према корисничким подсистемима. Овај слој омогућава преузимање података из централне базе података, заједно са пратећим подацима о техничком квалитету, уз поштовање права приступа систему. Осим преузимања података из централне базе података, овај слој омогућава и обраду вредности у складу са дефинисаним аналитичким функцијама, правилима агрегирања по временском кораку, као и правилима формирања сложених (композитних) серија. Обрада се врши по захтеву са корисничких подсистема, па се такви подаци не морају чувати у бази података. Уколико експерт има потребу да сачува обрађене податке, то му је омогућено употребом одговарајућих алата, јер је формат обрађених серија компатибилан са подацима временских серија у централној бази података.

Слој за управљање приступом систему

Слој за управљање приступом систему управља правима приступа ресурсима система и спроводи заштиту од неовлашћеног коришћења. На овом слоју се врши аутентификација корисника путем корисничких налога, као и утврђивање права приступа појединачним ресурсима система.

1.4.4 Централни прорачунски сервер

Централни прорачунски сервер је скуп хардверско/софтверских компоненти повезаних у једну целину са циљем да се обезбеди инфраструктура неопходна за коришћење математичких модела у процесу управљања водним ресурсима. Због специфичности и сложености прорачуна који се врше са хидрауличким моделима и примене оптимизационих алгоритама, хардверска платформа централног прорачунског сервера и системски софтвер омогућавају паралелизацију прорачуна и имају могућност периодичне надоградње.

На овом серверу налазе се:

- хидрауличко-хидроенергетски математички модел,
- слој за управљање прорачунима,
- прорачунска база података,
- нумерички модул за асимилацију мерења и
- нумерички модул за оптимизацију.

Формиран је један централни прорачунски сервер. Поменуте модуле корисници и овлашћена стручна институција користе преко корисничког подсистема за подршку управљању експлоатацијом хидропотенцијала.

Хидрауличко-хидроенергетски математички модел

Хидрауличко-хидроенергетски математички модел је основни део комплекса специјализованих ХИС програма и представља језгро ХИС-а у корисничком смислу. Генерално, задатак математичке симулације система и процеса у њему је да кориснику пружи релевантне информације које су потребне за доношење експертске одлуке: да појединачно вреднује широку лепезу могућих одлука везаних за пројектовање даљег развоја система и/или одлука везаних за управљање системом у разним климатским, хидролошким, техничким, економским, законским и политичким условима и ограничењима, како би се пре доношења управљачке одлуке сагледале евентуалне последице уколико се те одлуке примене на реалном систему.

Математички модел ХИС Ђердап представља модел кретања воде на великом и сложеном простору, обухватајући: улаз воде у систем, течење у отвореним токовима, преливање преко преливних објеката на бранама и течење и производњу енергије на хидроелектранама.

Моделирање ових процеса захтева добро познавање сложених појава, али и адекватну процену начина и степена апроксимације. Респектујући наведену просторну и наменску сложеност система, извршена је моделска декомпозиција простора, уводећи различите елементе, којима се могу симулирати различити токови воде.

Вршење симулације са предметним хидрауличко-хидроенергетским моделом врши се на ефикасном нумеричком солверу који може спроводити спрегнуте хидрауличко-хидроенергетске прорачуне. Солвер се назива ефикасним зато што прорачуне читавог модела на периоду од неколико дана може извршити врло брзо чиме се омогућава да се модел користи и у решавању оптимизационих проблема ажурирања модела и одређивања оптималних планова управљања.

Модел се може надограђивати у зависности од додатних захтева које намећу услови његове експлоатације.

Да би се обезбедила одрживост модела, модел је у потпуности компатибилан са јавно доступним и стручно признатим програмским окружењем (PD окружење). Тиме се обезбеђује стална валидација рачунског модела и лакше одржавање модела.

Слој за управљање прорачунима

Слој за управљање прорачунима треба да обезбеди све потребне интерфејсе за комуникацију са хидрауличко-хидроенергетским моделом, нумеричким модулом за асимилацију мерења, са нумеричким модулом за оптимизацију, као и са сервисом за повезивање са спољним прорачунским ресурсима.

Сервис за координацију прорачунима

Сервис за координацију прорачунима има задатак да све захтеве добијене од корисничких алата или нумеричких модула за асимилацију мерења и оптимизацију преведе у форму која се може проследити хидрауличко-хидроенергетском моделу. Такође, резултате добијене од стране модела, овај сервис преводи у потребан формат који захтевају или кориснички алати или други модули и сервиси. У случајевима да захтевани прорачуни превазилазе хардверске ресурсе прорачунског сервера, овај сервис прослеђује захтев сервису за повезивање са спољним прорачунским ресурсима, чиме се на флексибилан начин повећава капацитет прорачунског сервера.

Сервис за повезивање са спољним прорачунским ресурсима

Сервис за повезивање са спољним прорачунским ресурсима треба да обезбеди инфраструктуру којом би се прорачуни које треба да спроводи прорачунски сервер могли реализовати и на спољним рачунарским ресурсима, тј. код такозваних HPC (*High Performance Computing*) провајдера. Сервис врши превођење извршних фајлова хидрауличко-хидроенергетског модела пратећих улазно/излазних фајлова у формат који се може послати HPC провајдеру, најчешће преко cloud технологије, и на основу протокола и комуникације са провајдером одређује обим ангажовања спољних ресурса. Сервис прати прорачуне у маниру флексибилног ангажовања и добијене резултате преводи у формат који је потребан сервису за координацију прорачунима.

Нумерички модул за асимилацију мерења

Пошто је један од циљева ХИС Ђердап стварање услова за краткорочно, оперативно управљање системом, неопходно је постојање апликације за аутоматско ажурирање стања система, зато што генерално сви процеси у систему краткорочно зависе од почетног, затеченог стања система.

Улазни подаци за прорачун ажурног рачунског стања система су подаци „у реалном времену“ са мерних станица у систему. Координишући рад оптимизационог модула и математичког модела, преко слоја за управљање прорачунима, овај модул аутоматски естимира кључна хидрауличка стања система и на тај начин ажурира моделско стање (нивое и протоке у систему). Тако добијено рачунско стање похрањује се у централну базу података и даље се дистрибуира и користи као полазна тачка за оперативне прорачуне.

На овај начин могуће је ХИС Ђердап користити „у реалном времену“, без потребе да се врши прорачун на неком дужем периоду, што је посебно важно обзиром да се прорачун користи као подршка управљању хидроенергетским објектима, па је брзина извршавања симулације од великог значаја.

Нумерички модул за оптимизацију

Нумерички модул за оптимизацију има улогу решавања различитих оптимизационих проблема који се јављају у коришћењу ХИС Ђердап. Тако, са једне стране, модул за оптимизацију се користи у процесу асимилације мерења, док са друге стране обезбеђује решавање оптимизационих проблема који се јављају у коришћењу подсистема за подршку управљању експлоатацијом хидропотенцијала. Нумерички модул за оптимизацију подржава већи број критеријума, као што су максимизација профита, утицај реализације плана производње на преостали хидропотенцијал у акумулацији, ризик од нарушавања ограничења у раду објеката и сл.

Овај модул је реализован тако да се искористе могућности вишепроцесорских система, а алгоритам оптимизације подржава једноставно уклапање са другим нумеричким модулима и будуће критеријуме. Препоручљиво је да се из ових разлога користе еволуциони алгоритми (нпр. NSGA-II).

Прорачунска база података

Прорачунска база података представља специјализовану nonSQL базу података која је намењена за похрањивање великог броја нумеричких података везаних за спроведене прорачуне. Сваки успешно спроведени поступак асимилације чува се у овој специјализованој бази података чиме се постиже да се резултати могу употребити у накнадним анализама.

1.4.5 Кориснички подсистем за анализу података

Кориснички подсистем представља скуп корисничких алата који се користе за претраживање, приступ, преузимање и анализирање историјских, тј. архивских података мерења, као и за праћење података мерења у реалном времену.

Сви кориснички алати су савремене графички оријентисане апликације које омогућавају интуитиван рад и размену података са другим постојећим комерцијалним корисничким апликацијама.

Кориснички подсистем за анализу података чине: кориснички алат за преглед историјских података, кориснички алат за праћење података у реалном времену и кориснички алат за експертску анализу података.

Кориснички алат за преглед историјских података

Програм за преглед података омогућава кориснику да на једноставан начин претражује расположиве податке унутар ХИС-а, као и да дефинише све неопходне атрибуте потребне за њихово преузимање. Поред приступа подацима ова апликација поседује висок ниво интерактивности и визуелизације. Интерактивност је реализована преко вршења упита над базом ХИС-а која кориснику на једноставан омогућава да пронађе податак који му је потребан и да га анализира или сачува у неком од стандардних формата ради даљег коришћења. Функција визуелизације омогућава кориснику да брзо генерише табеле и елементарне показатеље везане за разматрани тип податка.

Посебно је важна функционалност претраге временских референци у виду временске линије. Веза свих елемената у бази података са временским тренуцима се интерпретира на елементима корисничког интерфејса и графичких приказа, па корисник лако може да сагледа стање система у одређеном тренутку.

Кориснички алат за праћење података у реалном времену

Кориснички алат за приказ у реалном времену омогућава преглед тренутних вредности мерења, као и мерења у скоријој прошлости (7, 15 или 30 дана). Уз помоћ овог алата диспечерска служба може да прати податке – резултате актуелних мерења. Овај алат се користи и за потребе свакодневног праћења стања у акумулацијама од стране другог особља бране. Алат обезбеђује приказ величина у виду графикона за предефинисане и произвољне временске периоде и карактеристичних вредности (средња, минимална и максимална вредност).

Кориснички алат за експертску анализу података

Кориснички алат за експертску обраду омогућава корисницима система, са улогом експерта, да коригују или допуњују архивска мерења, као и да уводе потребне промене у начин обраде одређене измерене величине. Алат омогућава рад са великим бројем података, вршење напредних анализа, поређења, филтрирања, повезивања серија мерења, допуну недостајућих података, као и анализу рада система. Овај алат обезбеђује потребне механизме да при вршењу свих наведених активности корисник у обзир може узети у разматрање све метаподатке о систему осматрања, као и о поступку мерења и аквизиције.

Кориснички алат за експертску анализу података представља основни алат за дефинисање, калибрацију и тестирање оцењивача ККМТП.

1.4.6 Кориснички подсистем за подршку управљању експлоатацијом хидропотенцијала

Кориснички подсистем за подршку управљању експлоатацијом хидропотенцијала је намењен за рад корисника и овлашћене стручне институције са ресурсима прорачунског сервера.

Кориснички подсистем за управљање експлоатацијом хидропотенцијала чине: кориснички алат за оперативну подршку производњи и трговини електричном енергијом, кориснички алат за оперативну подршку управљању системом у периоду великих вода, кориснички алат за дугорочне хидрауличко-хидроенергетске анализе, кориснички алат за реконструкције стања система и кориснички алат за реконструкцију дотока у акумулацију.

Кориснички алат за оперативну подршку производњи и трговини електричном енергијом

Овај кориснички алат је намењен за решавање одређеног скупа карактеристичних проблема везаних за планирање производње и трговину електричном енергијом: израду оптималног плана усаглашеног са оперативним подацима о цени електричне енергије, свакодневну расподелу хидро-енергетског потенцијала, поштовање ограничења у реализацији дневних планова и сл.

Алат омогућава флексибилан начин моделирања рада румунске стране, поштујући чињеницу да „Portile de Fier“ у румунском енергетском систему има специфичну улогу, битно другачију од оне коју „Ђердап“ има у свом енергетском систему. На овај начин је могуће оптималност рада система вредновати на начин што ближи реалном.

Кориснички алат за оперативну подршку производњи и трговини електричном енергијом омогућава и анализе које узимају у обзир поузданост хидролошке анализе и неизвесности у прогнозирању цена електричне енергије. Резултати ових анализа дају позитиван утицај при одређивању вишедневног оптималног плана, тј. повећавају поверење у остваривост и оптималност плана производње у сложеним и динамичним условима тржишта електричне енергије.

Кориснички алат располаже механизмима аутоматског креирања наменских извештаја о претходном раду система, као и прогнозираним условима (хидролошким и тржишним) и естимираним оптималним плановима ангажовања агрегата.

Кориснички алат је веб апликација која омогућава истовремени рад више корисника.

Кориснички алат за оперативну подршку управљању системом у периоду великих вода

Овај кориснички алат аутоматизује решавање проблема дефинисања оптималног управљања системом при планирању и вршењу маневра обарања коте у циљу прихватања великих вода, као и враћању система у регуларни режим рада. Употребом алата могу се дефинисати оптимална истицања на профилима брана (у енергетске сврхе као и преко преливне бране) којима би се на ефикасан начин могао смањити ризик од поплава, али и умањити губитак у производњи.

Корисничким алатом за оперативну подршку управљању системом у периоду великих вода могу се вршити анализе којима се узимају у обзир поузданост хидролошке анализе и естимираног стања хидрауличко-хидроенергетског модела при одређивању нивоа ризика у разматраним сценаријима. Резултати ових анализа дају позитиван утицај при одређивању оптималног управљања истицањем на профилима брана, тј. повећавају поверење у остваривост и оптималност плана у сложеним (па и екстремним) хидролошко-хидрауличким условима.

Кориснички алат располаже механизмима за аутоматско креирање наменских извештаја о претходном стању система, као и прогнозираним хидролошким условима и разматраним маневрима обарања коте.

Кориснички алат је веб апликација која омогућава истовремени рад више корисника.

Кориснички алат за дугорочне хидрауличко-хидроенергетске анализе

Корисничким алатом за дугорочне хидрауличко-хидроенергетске анализе експерт може да врши низ хидроенергетских прорачуна на основу којих би се анализирала различита варијантна решења, како у

погледу промена карактеристика хидро-машинске опреме, тако и у погледу промене правила управљања и одговарајућих ограничења у раду система. На овај начин се може доћи до показатеља оптималности одређених одлука у вези дугорочног управљања експлоатацијом хидропотенцијала. Корисничким алатом могу се вршити и анализе раније донетих одлука (утврђивање оптималности већ спроведених измена и постојећих стратегија управљања).

Кориснички алат за дугорочне хидрауличко-хидроенергетске анализе поседује механизме аутоматског генерисања великог броја сценарија на основу скупова улазних података, сетова параметара модела и правила управљања радом система као и напредних алата за статистичку обраду масовних података који се добијају употребом хидрауличко-хидроенергетског модела. Кориснички алат поседује и механизме генерисања теоретских хидролошких низова.

Кориснички алат располаже механизмима за аутоматско креирање извештаја о резултатима анализа (криве трајања, статистички показатељи и сл.).

Кориснички алат је веб апликација која омогућава истовремени рад више корисника.

Кориснички алат за реконструкције стања система

Овај кориснички алат аутоматизује обраду масовних података мерења на објектима брана и припадајућој хидро и електро-машинској опреми. Алатом се из базе података за одређени временски период преузимају сви расположиви подаци о снагама, котама, положају устава и протицајима. Над преузетим подацима алатом се може спровести низ унакрсних прорачуна на основу чијих резултата је могуће: утврдити нерегуларности у систему осматрања, попунити недостајуће податке, естимирати вредности за релевантне величине које се не мере већ се аутоматски обрачунавају (карактеристични нивои и протицаји) и сл.

Кориснички алат поседује флексибилан систем вршења упита над масовним подацима, обраде података и визуелизације. Поред тога, кориснички алат располаже механизмима за аутоматско креирање наменских извештаја о извршеним прорачунима и анализама.

Кориснички алат је веб апликација која омогућава истовремени рад више корисника.

Кориснички алат за реконструкцију дотока у акумулацију

Нумерички модул за асимилацију мерења у свакодневној употреби ХИС Ђердап кроз аутоматизовани процес асимилације мерења врши естимацију хидрауличког стања у акумулацији. Као део резултата овог поступка јављају се и естимирани дотоци на свим разматраним притокама. Кориснички алат за реконструкцију дотока у акумулацију користи се за анализу извршених естимација и утврђивања вредности битних, практично системских параметара (криве протока на почетним профилима и сл.), као и за усвајање меродавних протицаја за анализирани период.

Поред наведеног, кориснички алат за реконструкцију дотока у акумулацију, користи се и за наменско покретање нумеричког модула за асимилацију мерења у циљу анализе његовог рада, или накнадног, експертског утврђивања вредности системских параметара, као и усвајање меродавних протицаја за анализирани период на основу детаљних експертских анализа.

Кориснички алат обезбеђује механизме обраде резултата прорачуна на начин да могу дати и информације потребне за шире хидролошке анализе (нпр. у раду хидролошке службе РХМЗ-а).

Алат располаже механизмима за аутоматско креирање наменских извештаја о спроведеним анализама.

Кориснички алат је веб апликација која омогућава истовремени рад више корисника.

1.4.7 Администраторски алати

За потребе одржавања базе података и управљања радом система обезбеђује се група администраторских алата. Коришћење ових алата је предвиђено само за особе са администраторским, тј. пуним правима приступа свим ресурсима система. Групу администраторских алата чине:

администраторски алат за одржавање базе података и метаподатака, администраторски алат за управљање централним сервером, администраторски алат за одржавање аквизиционог сервера и администраторски алат за управљање централним прорачунским сервером.

Администраторски алат за одржавање централне базе података и метаподатака

Овај алат омогућава дефинисање историјских стања и тренутног стања мерне опреме, систематизацију свих мерних места, прикупљање података о мерењима и архивирању, као и преглед података које додатно описују систем (метаподаци).

За податке о мерним инструментима омогућено је вођење евиденције о свим мерним инструментима који се користе или су коришћени током читавог периода експлоатације.

За податке о мерним местима омогућено је просторно референцирање постојећих и историјских мерних места, одржавање величина које се на њима мере, као и референцирање мерне опреме уграђене на појединим мерним местима.

За одржавање података о серијама омогућено је дефинисање серија које се мере на појединим мерним местима и инструментима, као и преглед историјских измерених података. Обезбеђен је и механизам праћења измена које су извршене на бази, при чему су за сваку измену познати време, аутор и врста промене.

Алат пружа могућност архивирања и прегледа различитих врста метаподатака, као што су документи, технички цртежи, фотографије, итд. Метаподаци могу бити и сложени типови података структуирани као табеле који описују одређени појам.

Администраторски алат за управљање централним сервером

Овај алат омогућава администратору централног сервера обављање редовног одржавања слојева централног сервера и управљање корисничким налозима у систему.

Администратор овим алатом одржава сервис за обраду и пружање података, тј. дефинише инжењерске величине које се добијају обрадом прикупљених података мерења или других изведених величина, а на основу математичких израза који се формирају помоћу предефинисаних скупова функција. Алатом се дефинисане изведене величине објављују на слоју за обраду и пружање података, што значајно олакшава одржавање поменутог слоја у експлоатацији ХИС-а.

Овај алат омогућава и одржавање сервиса за пријем и ККМТП преко графичког алата за дефинисање шема за оцењивање техничког квалитета. Овим алатом се резултујући алгоритми одређивања техничког квалитета податка објављују на слоју за пријем и технички квалитет података.

У циљу управљања корисничким налозима система омогућено је дефинисање корисника са различитим привилегијама у раду са системом. Ниво привилегија се дефинише кроз различите улоге које корисници могу да имају, при чему сваки од корисника може да има једну или више улога у раду са системом. Алат омогућава и перманентно праћење активности сваког од корисника приликом рада са системом.

Администраторски алат за одржавање аквизиционог сервера

Овај алат омогућава администратору аквизиционог сервера управљање процесима аквизиције, као и одржавање и мењање образаца ручног уноса и праћење догађаја у систему аквизиције. Алат управља временским распоредима извршавања аквизиције, припремом послова аквизиције и омогућава графичку визуелизацију токова података на аквизиционом серверу.

Алат за одржавање аквизиционог сервера омогућава администратору формирање образаца за ручни унос, као и њихово одржавање.

Администраторски алат за управљање аквизиционим серверима намењен је за администрирање оба аквизициона сервера и на ХЕ „Ђердап 1“ и на ХЕ „Ђердап 2“.

Администраторски алат за управљање централним прорачунским сервером

За потребе контроле рада слоја за управљање прорачунима и нумеричких модула, користи се администраторски алат за управљање централним прорачунским сервером. Администраторски алат за управљање централним прорачунским сервером омогућава праћење рада нумеричких модула и модула за асимилацију мерења. Овај алат омогућава администратору да, према потреби, изврши замену математичког модела, параметара модела, као и параметара предефинисаних прорачуна и процеса постпроцесирања.

Овај алат обезбеђује све неопходне механизме за упоредни преглед, анализу и обраду свих релевантних података и информација о карактеристикама система, перформансама објеката и временским серијама (статистичка обрада, визуелизација, анализа осетљивости модела на одређене параметре и сл.). Овај алат аутоматизује параметризацију хидрауличког модела на основу усвојених карактеристика (перформанси) система.

1.5 СОФТВЕРСКЕ КОМПОНЕНТЕ И ДОКУМЕНТАЦИЈА ХИС „ЂЕРДАП“ 2017

Верзија ХИС Ђердап 2017 представља пуну имплементацију концепције над којом ће у будућности бити могућа надоградња у складу са развојем информационо-телекомуникационе инфраструктуре и могућностима актуелних нумеричких и информатичких технологија, са циљем да се употребна вредност ХИС-а прилагођава динамичном тржишту електричне енергије, а такође и променама водних режима услед промена климе.

У оквиру развоја ХИС Ђердап 2017 остварени су следећи циљеви:

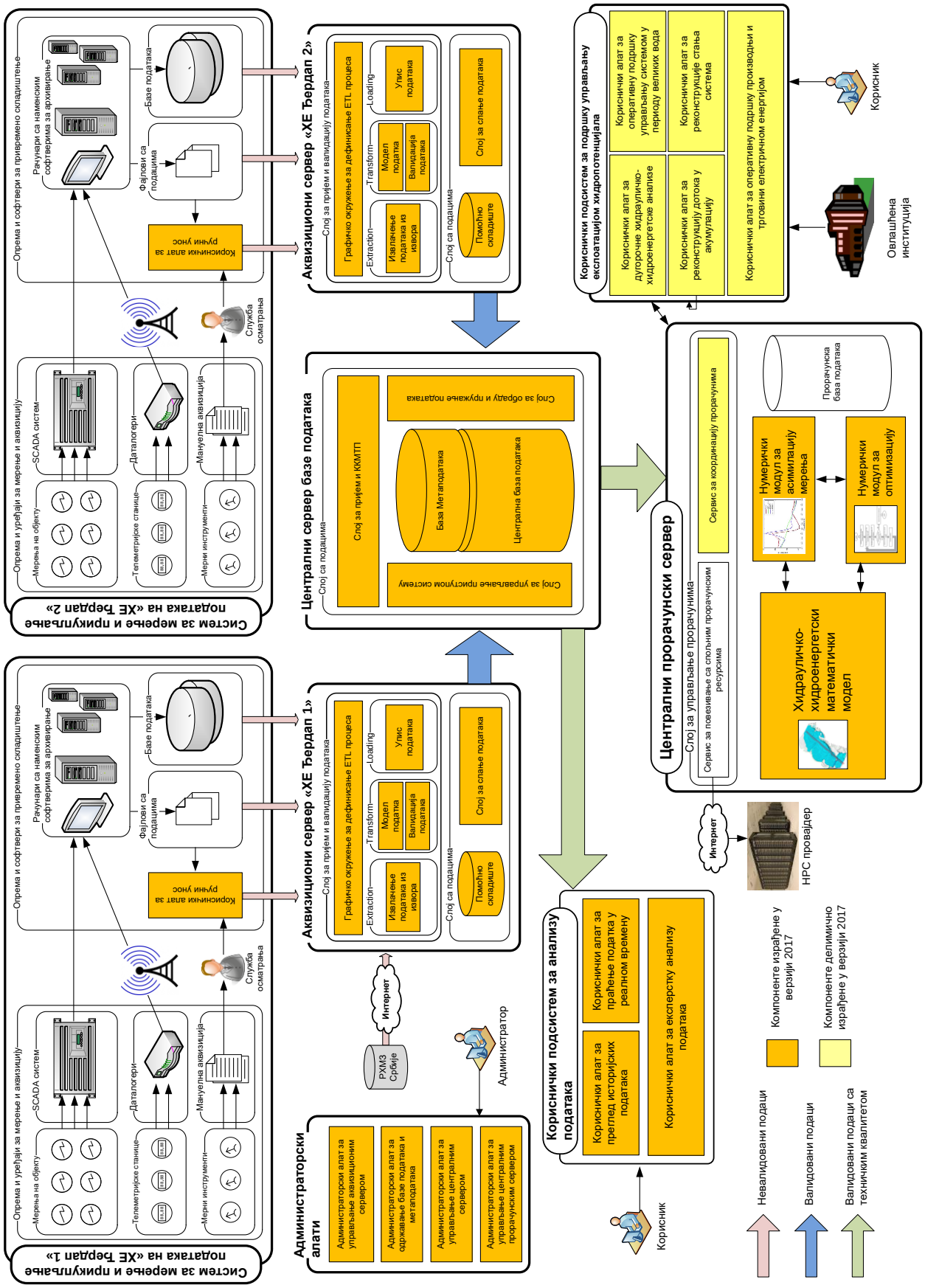
- Омогућено је ефикасно коришћење ХИС Ђердап у диспечерским службама ЈП ЕПС које се баве планирањем производње и трговином електричном енергијом кроз развој корисничког алата за оперативну подршку производњи и трговини електричном енергијом;
- Омогућено је ефикасно коришћење ХИС Ђердап у диспечерским службама Огранка ХЕ „Ђердап“ за потребе поделе потенцијала са румунском страном и управљањем хидрауличким режимом акумулације у регуларним условима производње електричне енергије, кроз развој корисничког алата за оперативну подршку производњи и трговини електричном енергијом;
- Омогућено је ефикасно коришћење ХИС Ђердап у диспечерским службама Огранка ХЕ „Ђердап“ у области управљања системом у периоду наиласка и трајања великих вода, кроз израду наменског корисничког алата за оперативну подршку управљању системом у периоду великих вода;
- Омогућено је ефикасно коришћење ХИС Ђердап за потребе анализе варијантних начина експлоатације хидропотенцијала као и анализе ефеката улагања у ревитализацију и одржавање електро-машинске опреме, а кроз развој наменског корисничког алата за дугорочне хидраулично-хидроенергетске анализе;
- Омогућено је ефикасно коришћење ХИС Ђердап за потребе детаљног анализирања и естимације стања система у одређеним временским периодима кроз израду корисничког алата за реконструкције стања система;
- Омогућено је ефикасно праћење хидролошког стања у систему и створени су услови за будући заједнички развој са РХМЗ-ом, а кроз израду корисничког алата за реконструкцију дотока у акумулацију.
- Извршена је интеграција хардверских и софтверских компоненти ХИС Ђердап са постојећим техничким и информационим системима у радном окружењу.
- ХИС Ђердап је уведен у свакодневну оперативну употребу у Огранку ХЕ „Ђердап“ и у службама ЈП ЕПС кроз спровођење заједничког рада са стручним кадром који ће на даље користити систем.
- Оспособљен је стручни ИТ кадар за администрацију и одржавање хардверских и софтверских компоненти ХИС Ђердап.

1.5.1 Софтверске компоненте ХИС „Ђердап“ 2017

ХИС Ђердап 2017 се састоји од следећих софтверских компоненти:

- Аквизиционог сервера на брани ХЕ „Ђердап 1“ (виртуелна машина на ИТ инфраструктури ХЕ „Ђердап“);
- Аквизиционог сервера на брани ХЕ „Ђердап 2“ (виртуелна машина на ИТ инфраструктури ХЕ „Ђердап“);
- Централног севера (виртуелна машина на ИТ инфраструктури ХЕ „Ђердап“):
  - Централна база података,
  - База метаподатака,
  - Слој за пријем података и контролу квалитета мерених техничких података,
  - Слој за обраду и пружање података,
  - Слој за управљање приступом систему.
- Централног прорачунског сервера:
  - Хидрауличко-хидроенергетски математички модел,
  - Нумерички модул за асимилацију мерења,
  - Нумерички модул за оптимизацију,
  - Слој за управљање прорачунима и
  - Прорачунска база података.
- Корисничких алата у оквиру софтвера за привремено складиштење:
  - Кориснички алат за ручни унос на брани ХЕ „Ђердап 1“,
  - Кориснички алат за ручни унос на брани ХЕ „Ђердап 2“.
- Корисничког подсистема за преглед и анализу података:
  - Кориснички алат за преглед историјских података,
  - Кориснички алат за праћење података у реалном времену и
  - Кориснички алат за експертску анализу података.
- Корисничког подсистема за подршку управљању експлоатацијом хидропотенцијала:
  - Кориснички алат за оперативну подршку производњи и трговини електричном енергијом,
  - Кориснички алат за оперативну подршку управљању системом у периоду великих вода,
  - Кориснички алат за дугорочне хидрауличко-хидроенергетске анализе,
  - Кориснички алат за реконструкције стања система и
  - Кориснички алат за реконструкцију дотока у акумулацију.
- Администраторских алата:
  - Администраторски алат за одржавање централне базе,
  - Администраторски алат за управљање централним сервером,
  - Администраторски алат за управљање аквизиционим серверима,
  - Администраторски алат за управљање прорачунским сервером.

На наредној слици приказан је обим реализације ХИС Ђердап 2017.



Слика 1-7 Структура ХИС Ђердап 2017

1.5.2 Садржај документације ХИС „Ђердап“ 2017

Документација ХИС Ђердап 2017 израђена је у 9 књига. Садржај свих књига тесно је повезан са развојем наведених софтверских компоненти, будући да активности које подразумевају оперативно управљање имају подршку у одговарајућим корисничким апликацијама. Упутства за рад са софтверским компонентама, тј. корисничким алатима и администраторским алатима налазе се у одговарајућим књигама.

КЊИГА 1 - СИНТЕЗНИ ИЗВЕШТАЈ представља преглед и рекапитулацију извршених послова и кумулативни приказ стања ХИС Ђердап. У оквиру извештаја се налази сажет приказ целокупне документације.

КЊИГА 2 - ИЗВЕШТАЈ О КОРИСНИЧКОМ АЛАТУ ЗА ОПЕРАТИВНУ ПОДРШКУ ПРОИЗВОДЊИ И ТРГОВИНИ ЕЛЕКТРИЧНОМ ЕНЕРГИЈОМ садржи намену и упутство за коришћење корисничког алата који је развијен за потребе решавања карактеристичних проблема везаних за планирање производње и трговину електричном енергијом: израда оптималног плана усаглашеног са оперативним подацима о цени електричне енергије, свакодневна расподела хидроенергетског потенцијала, поштовање ограничења у реализацији дневних планова и сл. Алат омогућава флексибилан начин моделирања рада тј. производње румунске стране система („Portile de Fier 1“ и „Portile de Fier 2“) и самим тим повећава поузданост реализације оптималног плана у пракси. Овај алат, такође, узима у обзир и поузданост хидролошке анализе упоредо са неизвесношћу у прогнозирању цена електричне енергије. У предметном извештају су дати и примери развијених механизама аутоматског креирања наменских извештаја о претходном раду система, као и прогнозираним условима (хидролошким и тржишним) и естимираним оптималним плановима ангажовања агрегата. Алат је развијен као веб апликација и омогућава рад у вишекорисничком окружењу.

КЊИГА 3 - ИЗВЕШТАЈ О КОРИСНИЧКОМ АЛАТУ ЗА ОПЕРАТИВНУ ПОДРШКУ УПРАВЉАЊУ СИСТЕМОМ У ПЕРИОДУ ВЕЛИКИХ ВОДА садржи намену и упутство за коришћење корисничког алата који је развијен за потребе решавања проблема одређивања оптималног режима рада при планирању и вршењу маневра обарања коте у циљу прихватања великих вода, као и враћању система у регуларни режим рада. Алат омогућава одређивање оптималних истицања на профилима брана (у енергетске сврхе као и преко преливне бране) како би се на ефикасан начин могао смањити ризик од поплава, али и умањити губитак у производњи. У извештају се говори и о механизмима којима се врше анализе поузданости хидролошке анализе и естимираног стања хидрауличко-хидроенергетског модела при одређивању нивоа ризика у разматраним сценаријима. У предметном извештају су дати и примери развијених механизама аутоматског креирања наменских извештаја о претходном стању система, као и прогнозираним хидролошким условима и разматраним маневрима обарања коте. Алат је развијен као веб апликација и омогућава рад у вишекорисничком окружењу.

КЊИГА 4 - ИЗВЕШТАЈ О КОРИСНИЧКОМ АЛАТУ ЗА ДУГОРОЧНЕ ХИДРАУЛИЧКО-ХИДРОЕНЕРГЕТСКЕ АНАЛИЗЕ садржи намену и упутство за коришћење корисничког алата за вршење дугорочних хидрауличко-хидроенергетских анализа. У алату су развијени механизми генерисања великог броја сценарија на основу: различитих скупова улазних података – дотока у акумулацију, различитих скупова параметара модела – карактеристика електро-машинске опреме и различитих ограничења у управљању системом – експлоатациона ограничења и сл. Развијени су и механизми за аутоматско креирање извештаја о резултатима анализа (криве трајања, статистички показатељи и сл.). Алат је развијен као веб апликација и омогућава рад у вишекорисничком окружењу.

КЊИГА 5 - ИЗВЕШТАЈ О КОРИСНИЧКОМ АЛАТУ ЗА РЕКОНСТРУКЦИЈЕ СТАЊА СИСТЕМА садржи намену и упутство за коришћење корисничког алата који аутоматизује обраду масовних података мерења на објектима брана и припадајућој хидро и електромашинској опреми. У извештају се говори о развијеним механизмима којима се из базе података за одређени временски период преузимају сви расположиви подаци о снагама, котама, положају устава и протицајима, који се бележе SCADA системима. Над преузетим подацима, алатом се могу спроводити различити унакрсни прорачуни на основу чијих резултата је могуће: утврдити нерегуларности у систему осматрања, попунити недостајуће податке,

естимирати вредности за релевантне величине које се не мере већ се аутоматски обрачунавају (карактеристични нивои и протицаји) и сл. Развијен је флексибилан систем вршења упита над масовним подацима, обраде података и визуелизације, као и механизме за аутоматско креирање наменских извештаја о извршеним прорачунима и анализама.

КЊИГА 6 - ИЗВЕШТАЈ О КОРИСНИЧКОМ АЛАТУ ЗА РЕКОНСТРУКЦИЈУ ДОТОКА У АКУМУЛАЦИЈУ садржи намену и упутство за коришћење корисничког алата којим се врши наменско спровођење анализа над хидрауличко-хидроенергетским моделом у циљу естимације и експертског усвајања меродавних протицаја за анализирани период. Ово подразумева велики број наменских вршења поступка асимилације мерења и анализу масовних резултата нумеричких прорачуна. Развијени су механизми обраде резултата наведених прорачуна на начин да могу дати и информације потребне за шире хидролошке анализе (нпр. у раду хидролошке службе РХМЗ-а). Поред тога, развијен је флексибилан систем вршења упита над масовним подацима, обраде података и визуелизације, као и механизми за аутоматско креирање наменских извештаја о извршеним анализама.

КЊИГА 7 - ИЗВЕШТАЈ О ИЗМЕНАМА И ДОПУНАМА ТЕХНИЧКЕ ДОКУМЕНТАЦИЈЕ ХИС ЂЕРДАП 2016 садржи обједињене све неопходне измене и допуне које су настале из потребе за корекцијама и ажурирањем извештаја израђених у оквиру документације ХИС Ђердап 2016, а у складу са резултатима развоја ХИС Ђердап 2017. У уводу извештаја дата је јасна веза његовог садржаја са документацијом ХИС Ђердап 2016. Назначено је који део извештаја чини корекцију, односно замену, а који допуну одређене књиге (или њеног дела) из оквира документације ХИС Ђердап 2016.

КЊИГА 8 - ИЗВЕШТАЈ О ИЗВЕДЕНОМ СТАЊУ ХАРДВЕРА, СИСТЕМСКОГ СОФТВЕРА И СОФТВЕРСКИХ КОМПОНЕНТИ ХИС ЂЕРДАП 2017 предметни извештај даје детаљан приказ хардверских компоненти, спецификација и захтева. Садржи опис системског софтвера, податке о мрежним подешавањима и са тиме повезане спецификације и захтеве. Приказан је наменски софтвер и са њим повезене спецификације и захтеви. У предметном извештају дато је и упутство за одржавање.

КЊИГА 9 - ИЗВЕШТАЈ О ЗАЈЕДНИЧКОМ РАДУ И СМЕРНИЦАМА ЗА ДАЉИ РАЗВОЈ И КОРИШЋЕЊЕ ХИС ЂЕРДАП Предметни извештај даје преглед резултата заједничког рада. Поред тога, дати су и одговарајући закључци који су дефинисани након спроведеног заједничког рада. Дате су смернице за коришћење корисничких подсистема и смернице за одржавање сервера. Дате су и смернице за даљи развој ХИС Ђердап.

2 ЗАЈЕДНИЧКИ РАД

Током развоја ХИС „Ђердап“ у 2017. години, који има за циљ увођење ХИС „Ђердап“ у свакодневну оперативну употребу у Огранку ХЕ „Ђердап“ и у службама ЈП ЕПС, спроведен је заједнички рад са диспечерским службама ХЕ „Ђердап 1“, ХЕ „Ђердап 2“ и ЈП ЕПС, над корисничким алатима који су развијени у верзији ХИС „Ђердап“ 2016. Поред тога, над администраторским алатима је спроведен заједнички рад и обука особља за самостално коришћење и одржавање система.

Као предуслов за извршење ових активности, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“ је извршио инсталацију:

- Корисничких алата ХИС Ђердап 2016 за анализу и преглед података,
- Корисничких алата ХИС Ђердап 2016 за подршку управљању експлоатацијом хидропотенцијала,
- Администраторских алата ХИС Ђердап 2016 за одржавање и управљање системом.

Кориснички и администраторски алати су постављени на серверима у Кладову. Приступ корисничким алатима је омогућен кроз десктоп апликацију која је инсталирана на радним станицама у Кладову и Неготину. Корисницима система су креирани налози помоћу којих су се пријављивали на систем и редовно пратили рад система, анализирали и извештавали о примећеним нерегуларностима система.

На поменутим корисничким алатима је спроведена обука, а потом и заједнички рад током којег су прикупљене све примедбе и захтеви које је било потребно испоштовати у изради верзије ХИС „Ђердап“ 2017. На основу усвојених примедби и захтева, израђене су нове верзије: аквизиционих сервера, централног сервера базе података, централног прорачунског сервера, корисничког подсистема за анализу података и администраторских алата.

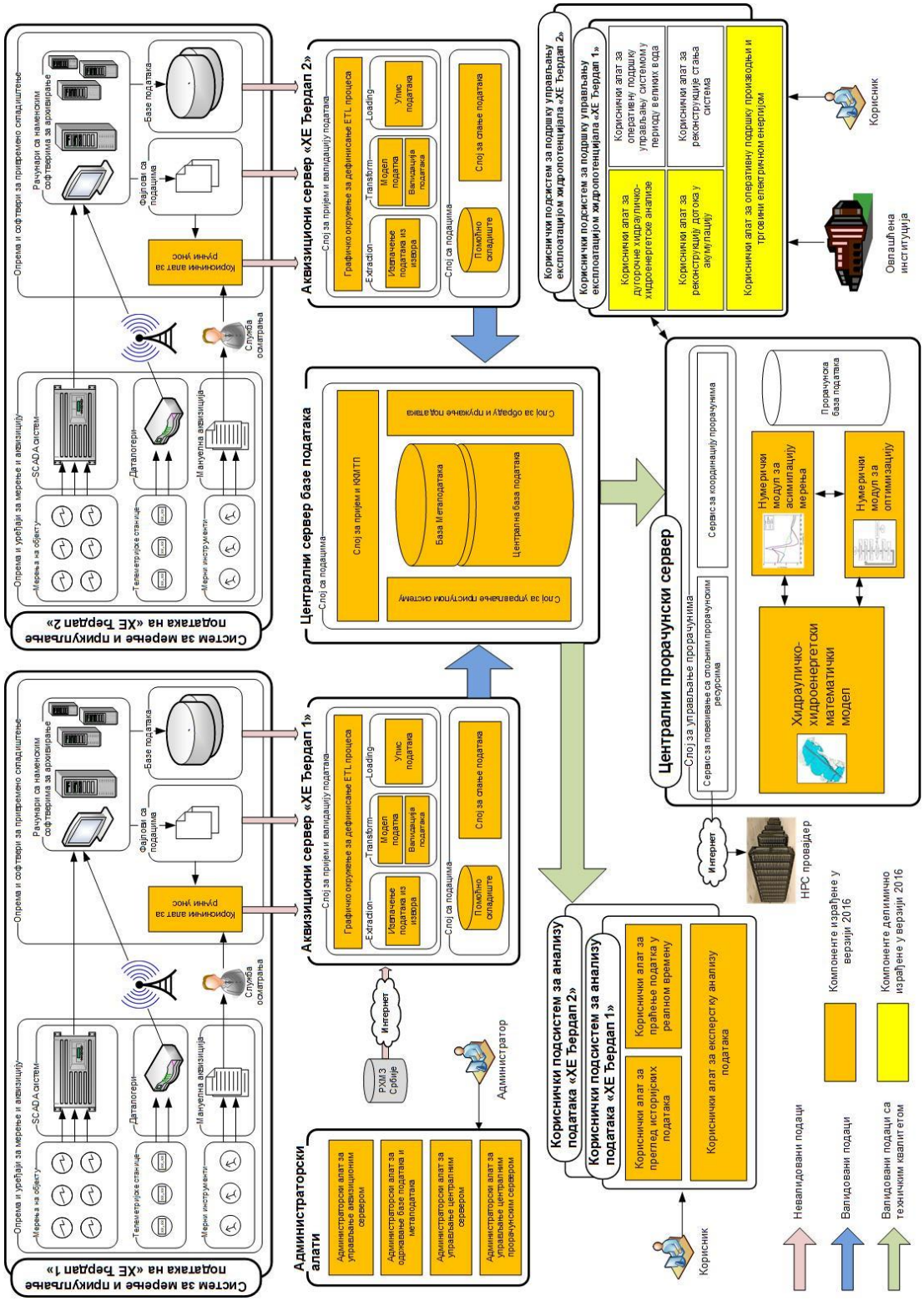
2.1 СТРУКТУРА СИСТЕМА ХИС ЂЕРДАП 2016

Развој Хидроинформационог система „Ђердап“ у 2016. години имао је за циљ формирање параметризованог калибрисаног математичког модела и апликација којима се могу вршити хидроенергетски прорачуни и управљати прорачунима над ажурним стањем модела. У оквиру развоја ХИС „Ђердап“ у току 2016. године остварени су следећи циљеви:

- Проверена је и комплетирана аквизиција релевантних података и приступ истим уз утврђивање техничког квалитета податка за све серије,
- Корисницима је омогућено да на једноставан начин могу приступати подацима и помоћу корисничких алата за историјски преглед и праћење података у реалном времену ефикасно анализирати и обрађивати исте,
- Калибрисан је и верификован хидрауличко-хидроенергетски математички модела над којим се могу вршити спрегнути прорачуни и вршити асимилација мерених података и стања система као и примена оптимизационих процедура,
- Над хидрауличко-хидроенергетским моделом је успостављена аутоматска процедура асимилације мерења, на основу података из централне базе података са техничким квалитетом, тако да је модел у потпуности стављен у оперативну примену,
- Комплетиран је прорачунски сервер са нумеричким модулима и оптимизационом платформом која може да пружи подршку у провери плана производње, изради оптималног плана производње и изради плана евакуације воде,
- Омогућено је пружање подршке одлучивању у оперативном управљању и стратешком одлучивању, за шта су израђени наменски кориснички алати. Одређивање дотока у симулационом периоду је подржано наменском апликацијом,
- Администрација система је омогућена израдом и унапређењем одговарајућих администраторских алата.

Над овако формираном структуром (Слика 2-1), спроведен је:

- Заједнички рад са диспечерским службама,
- Заједнички рад са ИТ службама и
- Извршена је анализа примедби и захтева током коришћења ХИС Ђердап 2016.



Слика 2-1 Структура ХИС „Ђердап“ 2016

2.2 АНАЛИЗА ПРИМЕДБИ И ЗАХТЕВА ТОКОМ КОРИШЋЕЊА ХИС ЂЕРДАП 2016

Током фазе развоја ХИС „Ђердап“ 2017, свакодневно је праћен рад система у домену прикупљања, архивирања и обраде хидролошких, хидрауличких и хидроенергетских величина, који има за циљ анализу евентуалних примедби и захтева дефинисаних кроз коришћење ХИС „Ђердап“ 2016 у свакодневној употреби на ХЕ „Ђердап“. Као предуслов за извршење ових активности, на радним станицама у Кладову и Неготину, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“ је извршио инсталацију:

- Корисничког алата за преглед историјских података,
- Корисничког алата за праћење података у реалном времену,
- Корисничког алата за експертску анализу података.

2.2.1 Резиме спроведене имплементације

Током имплементације ХИС „Ђердап“ 2016, и рада са корисничким алатима за преглед и анализу података, примећене су следеће нерегуларности везане за аквизицију података:

- Проблем са експортом података из SCADA система је постојао још током октобра и новембра 2017. када је и започета фаза имплементације. Наиме, проблем је постојао због промене начина архивирања података на серверу SCADA система, због чега је било неопходно извршити измену процедура за извоз.
- Други већи проблем са извозом података из SCADA система се јавио током децембра 2017. када је утврђен проблем са извозом података са румунске хидроелектране Ђердап 1. Наиме, током вечерњих часова (оквирно од 20:00 до 00:00) подаци о раду румунске хидроелектране нису извожени. Додатно, исти проблем је примећен и за податке са српске хидроелектране Ђердап 1, који се јавио током јануара 2018.
- Трећи озбиљнији проблем у аквизицији јесте нерегуларан извоз података са станице ушће Нере. Неколико пута, евидентиран је извоз нерегуларних података са ове станице због проблема са преносом сигнала.

Аквизиција података са осталих система (Oracle, ABB, RHMZ, ручни унос) је углавном функционисала без већих нерегуларности. Забележени су краћи периоди са прекидом експорта података, као и периоди у којима су извожени нерегуларни подаци:

- Подаци са Oracle система су углавном пристизали и архивирали се у базу података према унапред дефинисаним распоредима,
- Подаци са ABB система су такође на време пристизали и архивирали се у базу података. Краћи периоди прекида су се јавили услед промена верзија база и мрежних подешавања,
- Подаци са RHMZ система су релативно уредно пристизали и архивирали се у базу података. Постојали су краћи периоди у кашњењу приказивања података на веб страници, па су због тога и подаци у базу ХИС-а стизали са закашњењем. У појединим периодима су се појављивали и нерегуларни подаци.
- Ручни унос података је функционисао исправно, али због успостављене аутоматске аквизиције, потреба за ручним уносом није постојала током фазе имплементације.

Пренос података прикупљених аквизицијом и архивирање у централну базу ХИС-а је протекао без већих неправилности. Једино је крајем децембра 2017. и крајем марта 2018. године, примећено „загушење“ у раду централног сервера, због чега је дошло до кашњења у преносу података.

Примедби на садржај корисничких алата, у домену графичких подлога и панела, углавном није било. Једино су корисници система ХЕ „Ђердап 2“ истакли важност праћења забележених нивоа Дунава низводно од Ђердапа 1, због чега су затражили од Института допуну садржаја панела корисничког алата за преглед података у реалном времену.

2.2.2 Спроведене активности на изради нове верзије

На основу поменутих уочених нерегуларности, дефинисаних примедби корисника система, као и неопходних захтева због даљег развоја система и формирања верзије 2017, спроведене су следеће активности:

- У сарадњи са представницима ИТ сектора ХЕ „Ђердап 1“ и ХЕ „Ђердап 2“, као и представницима Института „Михајло Пупин“ спроведене су активности на успостављању регуларног извоза података из SCADA система: промењене су шеме аквизиције, извршено је тестирање и контрола спроведених измена;
- Промењен је изворни сигнал са којег се прикупљају подаци са станице ушће Нере, како би се обезбедила поузданост у раду и регуларност података који се архивирају у бази ХИС-а;
- Успостављена је аквизиција података са ABB система за румунске агрегате Ђердап 1 и Ђердап 2, а самим тим формиране нове шеме аквизиције за прикупљање података у базу ХИС-а;
- Допуњени су архивски подаци о раду прелива због могућности дугогодишњих анализа и спровођења хидрауличких прорачуна на дужем временском периоду;
- Сви недостајући подаци који нису пристигли у базу ХИС-а због нерегуларности у аквизицији су накнадно надомештени и смештени у експертски слој наменских серија;
- Нерегуларни подаци у серијама, чије нерегуларности су утицале на рад модела, су кориговани у бази података и смештени у експертски слој наменских серија;
- Кориговане су шеме аквизиције за податке који се прикупљају са сајта РХМЗ-а, због успостављања ефективнијег преноса података у базу ХИС-а;
- Кориснички алат за преглед података у реалном времену је допуњен панелима према захтеву корисника ХЕ „Ђердап 2“;
- Додата је функционалност креирања сопствених дијаграма за сваког корисника у оквиру алата за преглед историјских података, који су невидљиви за остале кориснике система.

На основу поменутих спроведених измена, израђене су нове верзије:

- Аквизиционих сервера,
- Централног сервера базе података,
- Корисничког подсистема за анализу података.

2.3 ЗАЈЕДНИЧКИ РАД СА ДИСПЕЧЕРСКИМ СЛУЖБАМА НА АЛАТИМА ХИС ЂЕРДАП 2016

Током развоја ХИС „Ђердап“ у 2017. години, спроведен је заједнички рад са диспечерским службама ХЕ „Ђердап 1“, ХЕ „Ђердап 2“ и ЈП ЕПС. Као предуслов за извршење ових активности, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“ је извршио инсталацију корисничког алата за оперативну подршку производњи и трговини електричном енергијом на серверу у Кладову, за следеће кориснике: диспечерски центар ХЕ Ђердап 1, Кладово; диспечерски центар ХЕ Ђердап 2, Неготин, диспечерски центар ЈП ЕПС, Београд и институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Београд.

Свака од наведених локација има своју инстанцу апликативног веб сервера коју користи приликом рада са алатом. Сваки од центара могу независно један од другога да покрећу реконструкцију и оптимизацију и на основу тога израђују оперативне планове рада хидроелектрана у систему.

2.3.1 Резиме спроведене имплементације

На активностима заједничког рада са диспечерским службама, спроведене су активности током имплементације ХИС „Ђердап“ 2016 и стављања у оперативну употребу, које си описане у нставку.

Током октобра 2017. године Институт је одржао радне састанке са представницима диспечера ХЕЂ1, ХЕЂ2 и ЕПС на којима је презентована верзија алата предата кроз ХИС „Ђердап“ 2016. На састанцима је спроведена презентација рада алата, методологија вршења прорачуна и извршена је обука корисника за рад са алатом. Поред наведеног, на састанцима је усвојен списак примедби и захтева за изменама и допунама корисничког алата, због чега је Институт током новембра месеца радио на изради нове верзије софтвера. Током новембра био је онемогућен рад са алатом и због текућих проблема у аквизицији, па је почетак заједничког рада одложен за прву половину децембра месеца 2017.

На састанку који је одржан 07.12.2017. године у службеним просторијама ЈП ЕПС са представницима диспечера ХЕЂ1, ХЕЂ2 и ЕПС, усвојен је план заједничког рада. Организација заједничког рада дефинисана је активностима и обавезама на дневном нивоу између ХЕЂ1, ХЕЂ2, ЕПС и ИЈЧ. Заједнички рад је, према усвојеном плану, отпочео 11.12.2017. године. У наставку је дат преглед активности током процедуре заједничког рада.

Табела 2-1 Детаљан дневни план заједничког рада током периода децембар - јун

ДЕТАЉАН ДНЕВНИ ПЛАН ЗАЈЕДНИЧКОГ РАДА ТОКОМ ПЕРИОДА ДЕЦЕМБАР - ЈУН	
08:00 – 09:00	**Реконструкција** ИЈЧ извршава реконструкцију претходног периода од 7 дана (односно припрему модела за израду оптималних планова производње на хидроелектранама)
	Унос плана ангажовања агрегата Ђ1 и ПФ1 ХЕЂ1 треба да достави преглед расположивог стања агрегата на хидроелектранама Ђердап 1 и Portile de Fier 1
	Унос плана ангажовања агрегата Ђ2 и ПФ2 ХЕЂ2 треба да достави преглед расположивог стања агрегата на хидроелектранама Ђердап 2 и Portile de Fier 2 (са Гогошем)
	Унос цена електричне енергије ЕПС треба да достави преглед цена електричне енергије на тржишту за период од 06 h текућег дана, до 06 h наредног дана
09:00 – 10:30	**Унос прогнозе дотицаја у акумулацију Ђердап 1** ХЕЂ1 треба да достави прогнозу дотицаја у акумулацију ХЕ Ђердап 1
10:30 – 12:00	**Оптимизација** ИЈЧ на основу унетих прогноза цена електричне енергије, прогнозе дотицаја и расположивости агрегата, покреће оптимизацију и издаје сумарни преглед извршеног прорачуна; представницима ХЕЂ1, ХЕЂ2 и ЕПС-а доставља се обавештење о извршеним прорачунима, након којег може да се врши преглед планова извршене оптимизације
12:00 – 13:30	**Усвајање плана** ХЕЂ1 и ХЕЂ2 достављају ЕПС и ИЈЧ своје предлоге планова и пратеће коментаре на резултате оптимизације и начелно рада система.

На састанку који је одржан 20.06.2018. године у службеним просторијама ХЕ „Ђердап 1“ са представницима диспечера ХЕЂ1, усвојен је измењени план заједничког рада, који за разлику од претходног, подразумева да диспечери ХЕЂ1 врше прорачуне реконструције са моделом, уносе прогнозиране податке и свакодневно шаљу извештај о спроведеним активностима. У наставку је дат преглед активности измењеног плана заједничког рада.

Табела 2-2 Детаљан дневни план заједничког рада у току друге половине јуна месеца

ДЕТАЉАН ДНЕВНИ ПЛАН ЗАЈЕДНИЧКОГ РАДА У ТОКУ ДРУГЕ ПОЛОВИНЕ ЈУНА МЕСЕЦА	
08:00 – 09:00	Реконструкција • ХЕЂ1 извршава реконструкцију претходног периода од 7 дана (односно припрему модела за израду оптималних планова производње на хидроелектранама) • ХЕЂ1 шаље извештај о извршеном прорачуну и уоченим проблемима током рада (недостајући подаци, нерегуларни подаци, уочени проблеми у раду са алатом и сл.)
09:00 – 09:15	Копирање послова Након доспелог извештаја од стране ХЕЂ1 о извршеном прорачуну и уоченим проблемима, ИЈЧ треба да изврши копирање посла на преостале 3 инстанце, како би били доступни за преглед осталим учесницима: ХЕЂ2, ЕПС и ИЈЧ
09:15 – 10:30	Унос плана ангажовања агрегата Ђ1 и ПФ1 ХЕЂ1 треба да унесе преглед расположивог стања агрегата на хидроелектранама Ђердап 1 и Portile de Fier 1 у апликацију
	Унос плана ангажовања агрегата Ђ2 и ПФ2 ХЕЂ1 треба да унесе преглед расположивог стања агрегата на хидроелектранама Ђердап 2 и Portile de Fier 2 (са Гогошем) у апликацију на основу расположивих података које шаље ХЕЂ2
	Унос цена електричне енергије ХЕЂ1 треба да унесе преглед цена електричне енергије на тржишту за период од 06 h текућег дана, до 06 h наредног дана у апликацију на основу расположивих података које шаље ЕПС
	Унос прогнозе дотицаја у акумулацију Ђердап 1 ХЕЂ1 треба да унесе прогнозу дотицаја у акумулацију ХЕ Ђердап 1 у апликацију
10:30 – 10:45	Обавештење о унетим параметрима ХЕЂ1 треба да пошаље обавештење о унетим прогнозираним параметрима
10:45 – 11:00	Преглед унетих параметара ИЈЧ треба да изврши проверу унетих прогноза цена електричне енергије, прогнозе дотицаја и расположивости агрегата. Уколико подаци нису унесени у одговарајућем формату, шаље се обавештење ХЕЂ1 за исправку, у супротном прелази се на прорачун оптимизацијом.
11:00 – 12:00	Оптимизација • ИЈЧ покреће оптимизациони модул • ИЈЧ треба да изврши копирање посла на преостале 3 инстанце, како би били доступни за преглед осталим учесницима: ХЕЂ1, ХЕЂ2 и ЕПС • ИЈЧ издаје сумарни преглед извршеног прорачуна на основу резултата добијених оптимизацијом

На састанцима који су одржани 17. и 18.07.2018. у службеним просторијама ХЕ „Ђердап 2“ и ХЕ „Ђердап 1“ (респективно), усвојен је план заједничког рада до краја реализације пројекта. Овакав план дефинише процедуру према којој се целокупна активност везана за прорачуне реконструкције и израде оперативних планова, врши од стране диспечера ХЕЂ1. Диспечери на ХЕЂ2 при томе пратили целокупан рад система, и у зависности од тога радили проверу сопствених планова рада. У наставку је дат преглед усвојеног плана рада.

Табела 2-3 Детаљан дневни план заједничког рада током периода јул - август

ДЕТАЉАН ДНЕВНИ ПЛАН ЗАЈЕДНИЧКОГ РАДА ТОКОМ ПЕРИОДА ЈУЛ - АВГУСТ	
08:00 – 09:00	Реконструкција • ХЕЂ1 извршава реконструкцију претходног периода од 7 дана (односно припрему модела за израду оптималних планова производње на хидроелектранама) • ХЕЂ1 шаље извештај о извршеном прорачуну и уоченим проблемима током рада (недостајући подаци, нерегуларни подаци, уочени проблеми у раду са алатом и сл.)
09:00 – 09:15	Копирање послова Након доспелог извештаја од стране ХЕЂ1 о извршеном прорачуну и уоченим проблемима, ИЈЧ треба да изврши копирање посла на преостале 3 инстанце, како би били доступни за преглед осталим учесницима: ХЕЂ2, ЕПС и ИЈЧ
09:15 – 10:30	Унос плана ангажовања агрегата Ђ1 и ПФ1 ХЕЂ1 треба да унесе преглед расположивог стања агрегата на хидроелектранама Ђердап 1 и Portile de Fier 1 у апликацију
	Унос плана ангажовања агрегата Ђ2 и ПФ2 ХЕЂ1 треба да унесе преглед расположивог стања агрегата на хидроелектранама Ђердап 2 и Portile de Fier 2 (са Гогошем) у апликацију на основу расположивих података које шаље ХЕЂ2
	Унос цена електричне енергије ХЕЂ1 треба да унесе преглед цена електричне енергије на тржишту за период од 06 h текућег дана, до 06 h наредног дана у апликацију на основу расположивих података које шаље ЕПС
	Унос прогнозе дотицаја у акумулацију Ђердап 1 ХЕЂ1 треба да унесе прогнозу дотицаја у акумулацију ХЕ Ђердап 1 у апликацију
10:30 – 10:45	Обавештење о унетим параметрима ХЕЂ1 треба да пошаље обавештење о унетим прогнозираним параметрима
10:45 – 11:00	Преглед унетих параметара ИЈЧ треба да изврши проверу унетих прогноза цена електричне енергије, прогнозе дотицаја и расположивости агрегата. Уколико подаци нису унесени у одговарајућем формату, шаље се обавештење ХЕЂ1 за исправку, у супротном шаље се обавештење да је дозвољено покретање оптимизације.
11:00 – 12:00	Оптимизација • ХЕЂ1 покреће оптимизациони модул и извршава прорачуне израде оптималних планова рада • ХЕЂ1 шаље извештај о извршеном прорачуну и уоченим проблемима током рада са алатом (време извршавања прорачуна, непредвиђени проблеми и сл.)
12:00 – 12:15	Копирање послова Након доспелог извештаја од стране ХЕЂ1 о извршеном прорачуну и уоченим проблемима, ИЈЧ треба да изврши копирање посла на преостале 3 инстанце, како би били доступни за преглед осталим учесницима: ХЕЂ2, ЕПС и ИЈЧ
12:15 – 13:00	Усвајање плана ХЕЂ1 и ХЕЂ2 достављају своје предлоге планова и пратеће коментаре на резултате оптимизације и начелно рада система.

Све наведене активности, усвојене детаљним плановима рада који су се периодично мењали, су протекле без већих проблема. Најдуже обуставе рада у вршењу прорачуна су се десиле због текућих проблема у аквизицији (поменуто у претходном поглављу). Сви остали, ненаведени проблеми у аквизицији, су доводили до краћег отказа у заједничком раду. Неколико пута, процедура рада према

усвојеном плану је одложена због проблема са прорачунским сервером. Овакви проблеми су увек захтевали дужи временски период обуставе рада са алатом, јер подразумевају детаљни преглед модела, сервиса за асимилацију и оптимизацију, као и евентуалне корекције над њима.

2.3.2 Спроведене активности на изради нове верзије

На основу поменутих уочених нерегуларности, дефинисаних примедби корисника система, као и неопходних захтева због даљег развоја система и формирања верзије 2017, спроведене су следеће активности:

- Алат за оперативну подршку производњи и трговини електричном енергијом је у потпуности уведен у оперативну употребу, стручни кадар је обучен да самостално врши прорачуне и доноси закључке о раду система;
- Развој алата је текао упоредо са заједничким радом, тако да је за време заједничког рада постављено преко 12 редовних и исто толико ванредних верзија алата у којима су исправљени одређени недостаци (који нису могли бити сагледани до оперативног коришћења алата), али и додате одређене функционалности према смерницама корисника система;
- Промењена је визуелизација резултата прорачуна кроз другачији дизајн софтвера;
- Додате су функционалности везане за експлицитно задавање плана рада хидроелектрана и преливања према захтевима корисника;
- Додате су функционалности везане за лакши начин управљања расположивим агрегатима у систему;
- Додате су функционалностима којима се на ефективнији начин врши преглед стварног дотока у систем током периода реконструкције, а потом и прогнозног периода у наставку;
- Постојећи модел је коригован како би био робуснији за оперативну употребу.

На основу поменутих спроведених измена, израђене су нове верзије:

- Централног прорачунског сервера,
- Нумеричког модула за асимилацију података,
- Нумеричког модула за оптимизацију,
- Хидрауличко-хидроенергетског модела.

2.4 ЗАЈЕДНИЧКИ РАД СА ИТ СЛУЖБАМА НА АЛАТИМА ХИС ЂЕРДАП 2016

Током развоја ХИС „Ђердап“ у 2017. години, која има за циљ оспособљавање ИТ кадра за администрацију и одржавање хардверских и софтверских компоненти ХИС „Ђердап“, спроведен је заједнички рад са ИТ службама ХЕ „Ђердап 1“ и ХЕ „Ђердап 2“. Као предуслов за извршење ових активности, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“ је извршио инсталацију администраторских алата:

- Администраторски алат за одржавање базе података и метаподатака,
- Администраторски алат за управљање аквизиционим сервером,
- Администраторски алат за управљање централним прорачунским сервером,
- Администраторски алат за управљање централним сервером.

Инсталација је обављена на серверу у Кладову, а на његову адресу могу приступати сви рачунари у мрежи.

2.4.1 Резиме спроведене имплементације

На активностима заједничког рада са ИТ службама, спроведене су следеће активности током имплементације ХИС „Ђердап“ 2016 и стављања у оперативну употребу:

- Дана 31.05.2018. године одржан је састанак представника Института и представника администратора система на Ђердапу 1 и Ђердапу 2, на коме је извршена обука корисника за инсталацију централног прорачунског сервера према следећим активностима:
  - упознавање са хардверским и софтверским компонентама прорачунског сервера,
  - инсталација управљачког чвора и радних чворова,
  - инсталација оперативног система,
  - инсталација софтверских пакета,
  - инсталација пакетног система и распоређивача послова,
  - инсталација слоја за координацију прорачунима,
  - инсталација и конфигурација нумеричког модула за оптимизацију.
- Дана 21.08.2018. године одржана је обука за инсталацију централног сервера базе података, према следећим активностима:
  - упознавање са софтверским компонентама централног сервера,
  - инсталација оперативног система,
  - инсталација софтверских пакета,
  - инсталација база података,
  - инсталација слоја за пријем и ККМТП,
  - инсталација слоја за управљање приступом систему,
  - инсталација и конфигурација слоја за обраду и пружање података,
  - инсталација веб апликација.
- Дана 22.08.2018. године одржана је обука за инсталацију аквизиционог сервера, према следећим активностима:
  - упознавање са софтверским компонентама аквизиционог сервера,
  - инсталација оперативног система,
  - инсталација софтверских пакета,
  - инсталација слоја за пријем и валидацију података,
  - инсталација и конфигурација слоја са подацима,
  - коришћење PDI окружења,
  - формирање и конфигурисање ETL процеса.
- Поред наведеног, током 21. и 22. августа, одржана је обука корисника за примену бекап стратегија:
  - бекап база података,
  - бекап радних фајлова,
  - бекап виртуелних машина,
  - враћање резервних копија,

као и обука за одржавање софтверских компоненти:

  - редовно одржавање сервера – праћење ресурса,
  - управљање корисницима,
  - решавање проблема (troubleshooting),
  - ванредно одржавање сервера – управљање верзијама компоненти,
  - snapshot и инсталација нових верзија компоненти,
  - враћање виртуелних машина у функцију из snapshot копија.

2.4.2 Спроведене активности на изради нове верзије

На основу договора, као и предлога и сугестија ИТ служби током одржавања поменутих састанака, Институт је извршио допуну и измену документације предате у верзији 2016, сходно искуству стеченом током одржавања заједничког рада. На основу спроведених измена у систему, израђене су нове верзије администраторских алата.

3 РАЗВОЈ КОРИСНИЧКИХ АЛАТА ЗА ПОДРШКУ УПРАВЉАЊУ ЕКСПЛОАТАЦИЈОМ ХИДРОПОТЕНЦИЈАЛА

Кориснички подсистем за подршку управљању експлоатацијом хидропотенцијала је намењен за рад корисника и овлашћене стручне институције са ресурсима прорачунског сервера. Током 2016. је започет, а током 2017. године настављен развој:

- Корисничког алата за оперативну подршку производњи и трговини електричном енергијом,
- Корисничког алата за дугорочне хидрауличко-хидроенергетске анализе,
- Корисничког алата за реконструкцију дотока у акумулацију.

Такође, пројектним задатком је предвиђен развој још два алата током 2017. године:

- Корисничког алата за оперативну подршку управљању системом у периоду великих вода,
- Корисничког алата за реконструкције стања система.

3.1 ОПЕРАТИВНА ПОДРШКА ПРОИЗВОДЊИ И ТРГОВИНИ ЕЛЕКТРИЧНОМ ЕНЕРГИЈОМ

Развијен је алат за оперативну подршку производњи и трговини електричном енергијом, који омогућава кориснику више функционалности, а које се могу разврстати у три веће логичке целине:

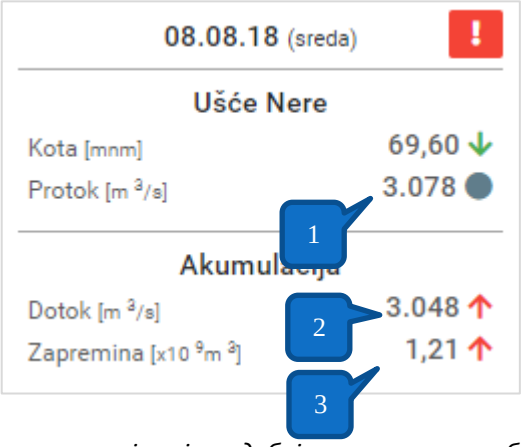
- Обрачун претходног енергетског периода,
- Одређивање оптималног плана производње и
- Задавање планова ангажовања хидроелектрана у систему.

3.1.1 Обрачун претходног енергетског периода

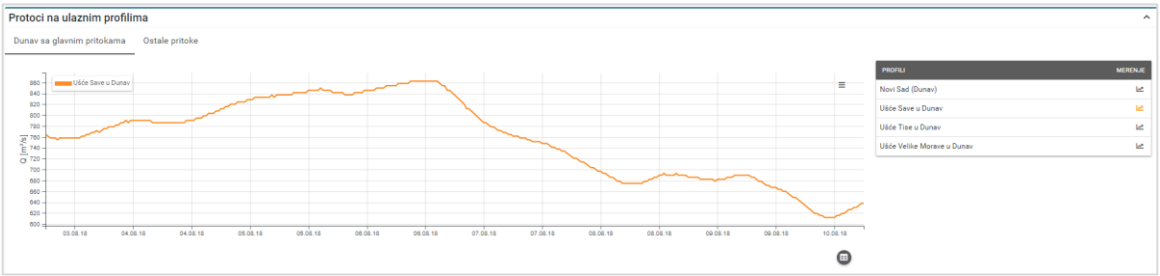
Обрачун претходног енергетског периода обухвата функционалности помоћу којих корисник може добити информације о вредностима мерења хидролошких и експлоатационих величина, као и реконструкцији величина које се не могу добити директним мерењима, већ су резултат прорачуна хидрауличко-хидроенергетског модела.

Један од посебно важних аспеката хидрауличко-хидроенергетског модела је то што корисници имају у прегледу на располагању низ величина које се иначе не мере, већ се аутоматски обрачунавају. Овакве величине могу послужити као битни показатељи хидрауличког и хидроенергетског стања Дунава у изабраном периоду:

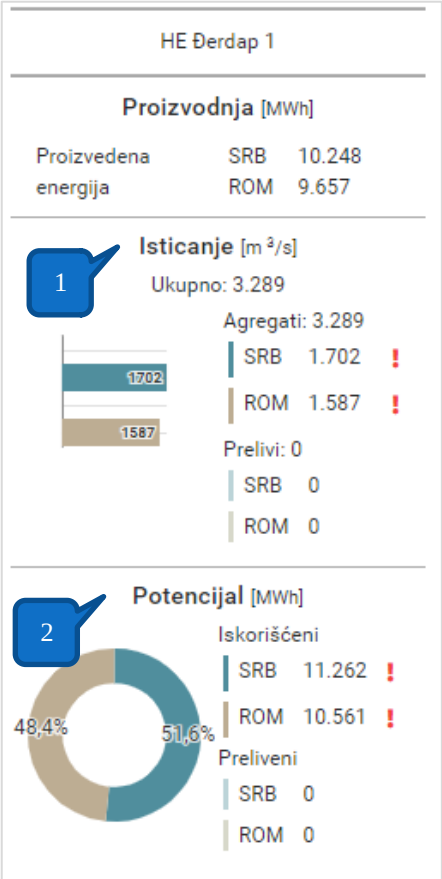
- Протоци воде на профилу ушћа Нере (Слика 3-1, ставка 1), као и укупан доток у акумулацију Ђердап 1 (Слика 3-1, ставка 2),
- Доток воде на локацији ушћа притока у Дунав (Слика 3-2),
- Стање запремине у акумулацији Ђердап 1 (Слика 3-1, ставка 3),
- Протоци воде кроз агрегате и преко преливних поља (Слика 3-3, ставка 1),
- Подела потенцијала на заједничким објектима Ђердап 1 и Ђердап 2 (Слика 3-3, ставка 2).



Слика 3-1 Део хидролошког извештаја који се добија као резултат обрачуна претходног енергетског периода



Слика 3-2 Дотоци воде на локацији ушћа притока у Дунав – хидрограми дотока



Слика 3-3 Део хидроенергетског извештаја који се добија као резултат обрачуна претходног енергетског периода

Све приказане сумарне вредности на Слика 3-1 и Слика 3-3, доступне су и у облику временских дијаграма.

3.1.2 Одређивање оптималног плана производње

Одређивање оптималног плана производње подразумева генерисање скупа потенцијалних планова производње у будућем периоду од интереса, при чему се као улази у процес оптимизације користе прогнозирани дотицаји у систем. Добијени скуп планова садржи оне планове који максимизују, односно минимизују задате критеријуме оптимизације, као што су приход од продаје струје, чување расположивог хидропотенцијала, нарушавање ограничења, равномерност рада електрана, итд. Имајући у виду да су поменути критеријуми међусобно опречни, добијање оптималног решења у виду скупа планова омогућава експерту да одабере онај план који према његовом мишљењу више или мање фаворизује одређени критеријум.

Оптимално ангажовање агрегата на хидроелектранама Ђердап 1 и Ђердап 2, подразумева одређивање снага које је потребно реализовати на свакој од електрана, тако да резултујући протоци на електранама потроше минимално хидро-енергетског потенцијала, а да електране при томе остваре максималан приход. Поред тога, оптималан план ангажовања агрегата треба да обезбеди поштовање ограничења дефинисаних правилником и минималан број покретања агрегата. Самим тим, проблем формирања плана вишедневног управљања ХЕ Ђердап представља проблем вишекритеријумске оптимизације.

Да би се формулисао оптимизациони проблем неопходно је обезбедити следеће улазне величине:

- Прогнозиране дотоке у систем током читавог прогнозног периода (са могућношћу задавања неизвесности дотока у акумулацију)
- Очекиване цене електричне енергије на тржишту у сваком сату прогнозног периода.
- Ограничења која потребно поштовати приликом реализације плана.
- Расположивост и редослед ангажовања агрегата и преливних поља.

Циљеви оптимизације су прецизније дефинисани кроз неколико оптимизациона критеријума:

- Прва два критеријума представљају добијање максималног укупног прихода на српској, односно румунској страни, према прогнозираним сатним ценама електричне енергије за временски период на који се оптимални план односи.
- Трећи критеријум оптимизације режима рада ХЕ Ђердап подразумева минимизацију утрошка расположивог хидро потенцијала, тј. максимизацију преосталог хидропотенцијала. Оптимизација по овом критеријуму се врши посредно максимизацијом средње дневне коте на ушћу Нере у Дунав у последњем сату оптимизационог периода.
- Приликом формирања оптималног плана рада, неопходно је минимизовати ризике, што се постиже поштовањем експлоатационих ограничења нивоа воде у систему.
- Пети критеријум се уводи како би се избегло добијање плана који захтева учестало покретање и искључивање агрегата.

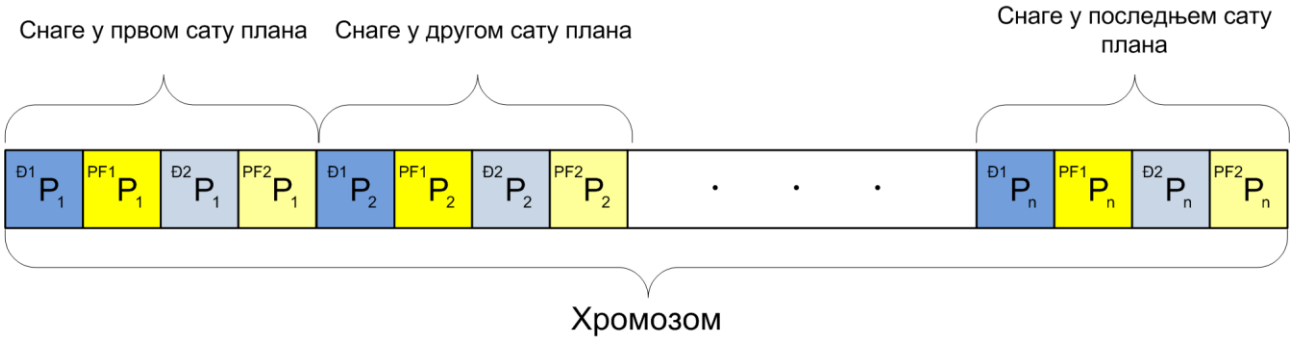
Приликом планирања оптималног ангажовања агрегата потребно је одредити следеће непознате величине (часовне производње за читав период на који се план односи):

- Часовни план производње ХЕ „Ђердап 1“ .
- Часовни план производње ХЕ „Ђердап 2“ .
- Часовни план производње ХЕ „Porte de Fier 1”.
- Часовни план производње ХЕ „Porte de Fier 2”.

Оптимално ангажовање агрегата се добија унутрашњом оптимизацијом производње на појединачне агрегате електрана. Коначан резултат коришћења алата је часовно ангажовање сваког појединачног агрегата који је у разматраном периоду био у функцији.

У циљу решавања оптимизационог проблема употребом генетског алгоритма за вишекритеријумску оптимизацију, било је потребно извршити кодирање непознатих величина у виду реално кодираних

хромозома. Сваки хромозом је био састављен од низа гена (Слика 3-4). Првих n*4 гена у низу представљало је n сатних снага кроз сваку од 4 електране, по један за сваки сат периода за који се план израђује. У случају израде тродневног оптималног плана управљања, један хромозом је имао 288 гена.

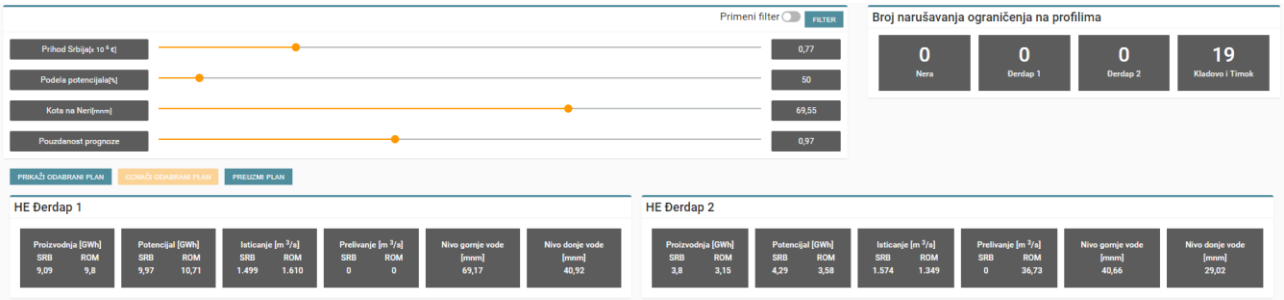


Слика 3-4 Графички приказ гена у хромозому

У складу са наведеним критеријумима оптимизације, утврђене су следеће циљне функције:

- Циљна функција максимизације профита на српској страни. Профит се израчунава множењем производње у сваком сату на ХЕ Ђердап 1 и ХЕ Ђердап 2 за српску страну са прогнозираном ценом у истом сату.
- Циљна функција максимизације профита на румунској страни. Профит се израчунава множењем производње у сваком сату на ХЕ Ђердап 1, ХЕ Ђердап 2 и ХЕ Гогош за румунску страну са прогнозираном ценом у истом сату.
- Циљна функција минимизације утрошка расположивог хидро-потенцијала. Стање у којем акумулација остаје на крају разматраног периода оцењује се кроз вредност средње коте у последњих 6 сати прорачунског периода на профилу код ушћа Нере. Ова вредност се у процесу оптимизације максимизује, чиме се обезбеђује минимизација утрошка хидро потенцијала.
- Циљна функција минимизације ризика. Ризик се оцењује као удаљености од нарушавања ограничења. Што је већа удаљеност од нарушавања то је ризик мањи. Сваки план којим се остварује удаљеност од нарушавања која је већа од одређене вредности (ниво толеранције), оцена је нула. Оцена ризика се повећава како се смањује удаљеност од нивоа толеранције до нарушавања. За планове који нарушавају ограничења, оцена ризика нагло расте са повећањем нарушавања.
- Минимизација броја покретања агрегата. Како би се избегло добијање плана управљања који подразумева често покретање и заустављање агрегата у складу са прогнозираним променама цена, уводи се критеријум минимизације броја покретања агрегата током периода за који се израђује оптимални план.

Као резултат прорачуна оптимизације, корисник добија скуп оптимизованих планова при чему је сваки од њих у односу на неки други бољи по неком од критеријума оптимизације, али је по неком другом критеријуму лошији – „парето“ фронт оптималних планова ангажовања хидроелектрана у систему. Одлука о томе који план ће бити одабран је препуштена експерту који у датим околностима треба да процени које од критеријума ће фаворизовати као одлучујуће и тако одабрати компромисно решење.



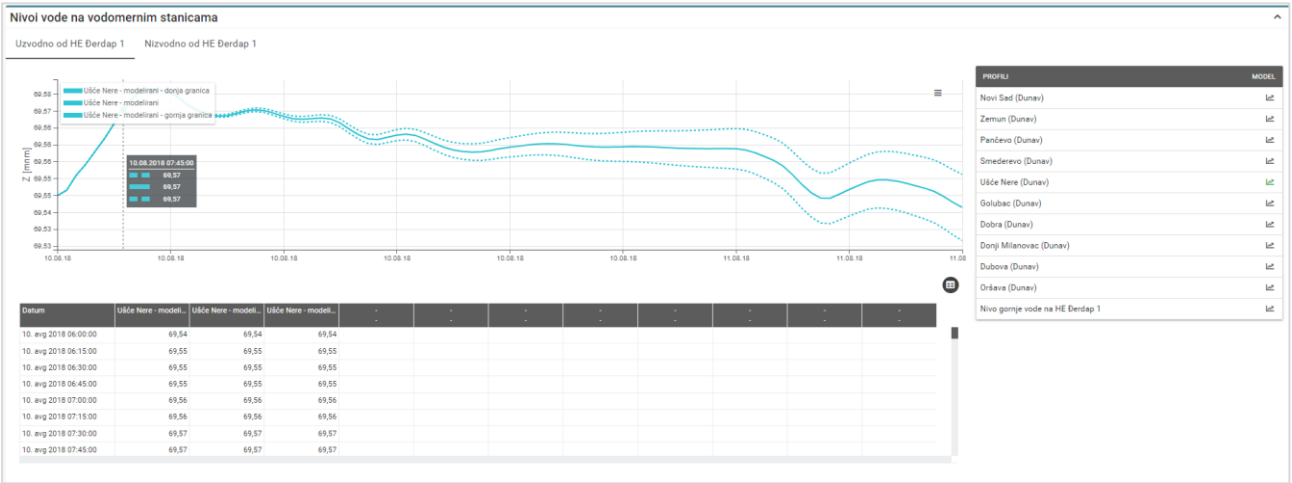
Слика 3-5 Одабир оптималног плана ангажовања хидроелектрана у систему се врши покретањем слајдера

На Слика 3-5 је приказан сумарни преглед основних величина приликом одабира плана:

- Производња српске и румунске стране хидроелектрана Ђердап 1 и Ђердап 2,
- Искоришћени потенцијал српске и румунске стране хидроелектрана Ђердап 1 и Ђердап 2,
- Укупно истицање кроз хидроелектране српске и румунске стране хидроелектрана Ђердап 1 и Ђердап 2,
- Укупно преливање преко преливних брана српске и румунске стране хидроелектрана Ђердап 1 и Ђердап 2,
- Просечни нивои горње и доње воде на профилима објеката Ђердап 1 и Ђердап 2,
- Број нарушавања ограничења за изабрани план рада на:
  - Профилу Ушћа Нере,
  - Профилу објекта Ђердапа 1,
  - Профилу објекта Ђердапа 2,
  - Профилима хидролошких станица Кладово и ушће Тимока.

Све набројане ставке, доступне су за преглед и у виду временских дијаграма.

Додатну функционалност алата, у односу на верзију 2016, представља узимање у обзир неизвесности прогнозе дотока у акумулацију. Кориснику је омогућено да задаје прогнозу дотока у акумулацију Ђердап 1 са уносом горње и доње границе неизвесности, тако да у оперативним плановима се добијају резултати прогнозираних нивоа воде на водомерним станицама, са утврђеном горњом и доњом границом реализације нивоа у зависности од непоузданости прогнозе.



Слика 3-6 Прогноза нивоа воде на водомерним станицама узводно од ХЕ Ђердап 1, са утврђеном горњом и доњом границом реализације нивоа у зависности од непоузданости прогнозе

3.1.3 Задавање планова ангажовања хидроелектрана у систему

Поред могућности одређивања оптималног плана ангажовања коришћењем оптимизационог модула, корисник има могућност провере реализације сопственог плана ангажовања. На основу уноса жељеног плана производње, корисник може да види како ће изгледати реализација таквог плана кроз приказ хидролошких величина на Дунаву и експлоатационих величина у зони рада објеката. У зависности од уочене реализације, корисник може по потреби да коригује план, како не би дошао у ситуацију да наруши ограничење дефинисано Правилником или да остави неповољно стање у акумулацији за сутрашњи енергетски дан.

Корисник има могућност задавања захтева за производњом на један од следећих начина:

- Експлицитно задавање захтева за производњом - исте снаге на српској и румунској страни Ђердапа 1,
- Експлицитно задавање захтева за производњом - различите снаге на српској и румунској страни Ђердапа 1,
- Експлицитно задавање захтева за производњом - исте снаге на српској и румунској страни Ђердапа 2 (и Гогошу),
- Експлицитно задавање захтева за производњом - различите снаге на српској и румунској страни Ђердапа 2 (и Гогошу),
- Прорачун са одржавањем коте на Ђердапу 2.

Поред могућности задавања захтева за производњом, корисник има могућност и задавања плана преливања на преливним бранама у систему. Потребно је да се унесу протоци који се евакуишу из акумулације, а програм ће на основу алгоритма, који је имплементиран у прорачуну, да изврши расподелу протока на преливна поља.

Као резултат оваквог прорачуна, добија се прогноза свих хидролошких и експлоатационих величина на начин како је то описано у поглављу 3.1.1 Обрачун претходног енергетског периода.

3.2 ОПЕРАТИВНА ПОДРШКА УПРАВЉАЊУ СИСТЕМОМ У ПЕРИОДУ ВЕЛИКИХ ВОДА

Развијен је алат за оперативну подршку управљању системом у периоду великих вода, који омогућава кориснику више функционалности, а које се могу разврстати у три веће логичке целине:

- Обрачун претходног енергетског периода,
- Одређивање оптималног плана рада објеката у систему и
- Задавање планова ангажовања објеката у систему.

3.2.1 Обрачун претходног енергетског периода

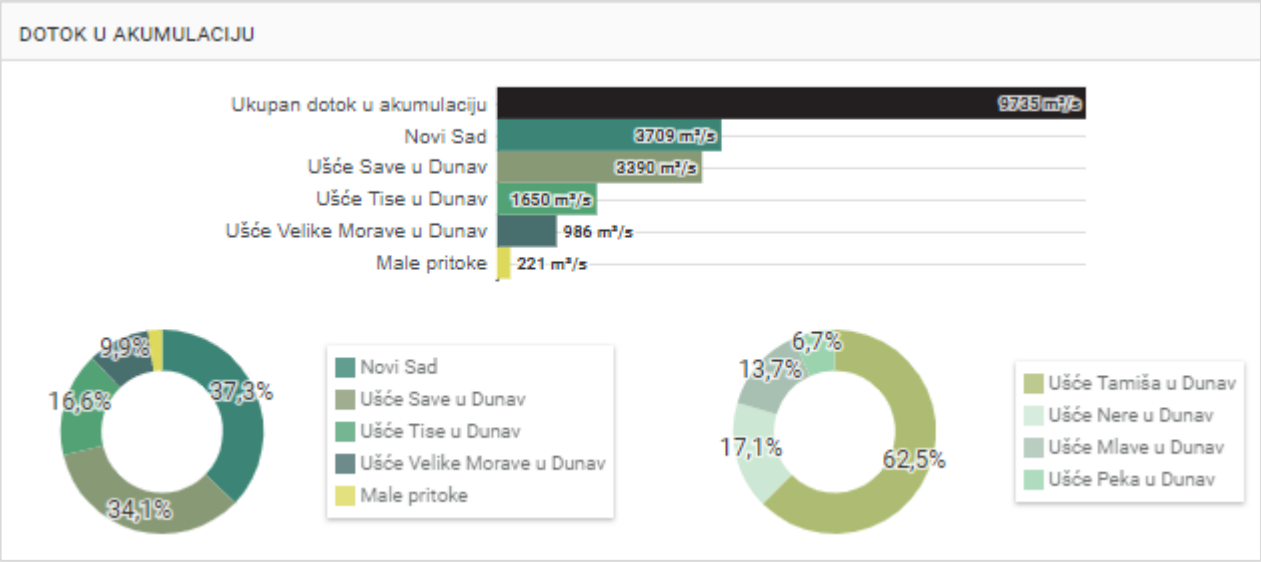
Обрачун претходног енергетског периода обухвата функционалности помоћу којих корисник може добити информације о вредностима мерења хидролошких и експлоатационих величина, као и реконструкцији величина које се не могу добити директним мерењима, већ су резултат прорачуна хидрауличко-хидроенергетског модела.

Један од посебно важних аспеката хидрауличко-хидроенергетског модела је то што корисници имају у прегледу на располагању низ величина које се иначе не мере, већ се аутоматски обрачунавају. Овакве величине могу послужити као битни показатељи хидрауличког и хидроенергетског стања Дунава у изабраном периоду:

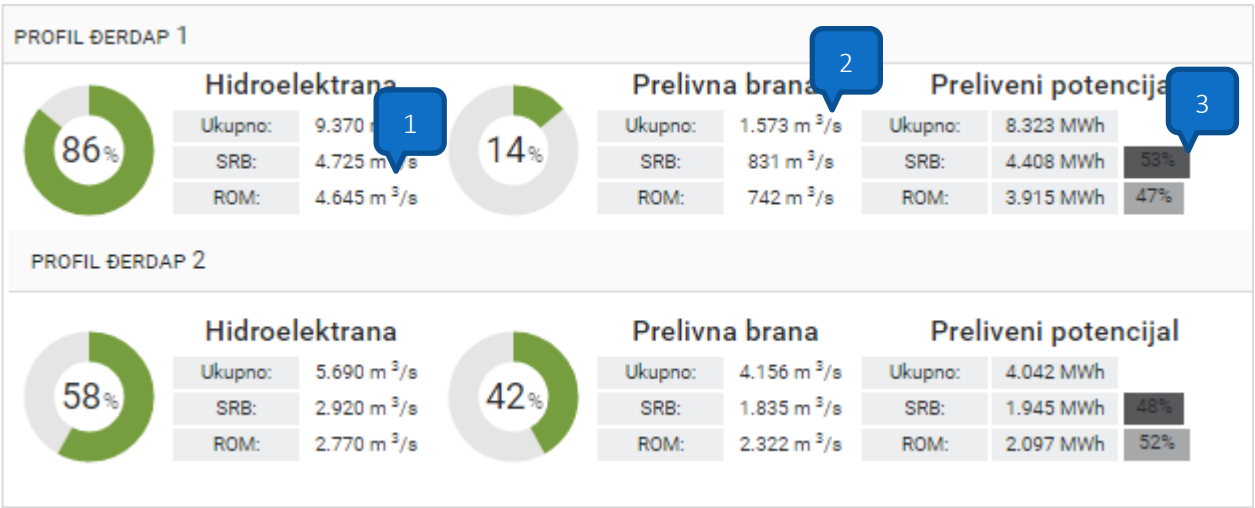
- Дотоци воде на локацијама ушћа притока у Дунав (Слика 3-7). Приказују се вредности дотока за Дунав, као и појединачни дотоци „главних“ притока: Сава, Тиса, Велика Морава, као и дотоци

„мањих“ притока. Поред вредности дотока, приказују се и њихова процентуална учешћа у укупном дотоку,

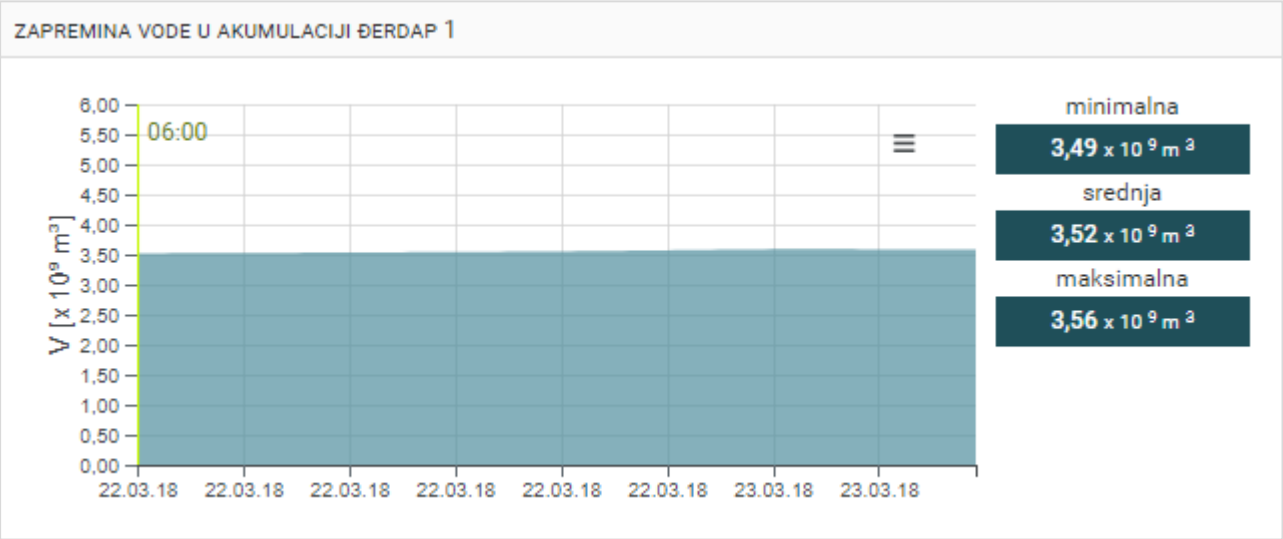
- Протоци воде кроз агрегате и преко преливних поља (Слика 3-8, ставке 1 и 2) са процентуалним учешћем у укупном истицању на објекту,
- Подела преливеног потенцијала на заједничким објектима Ђердап 1 и Ђердап 2 (Слика 3-8, ставка 3).
- Стање запремине у акумулацији Ђердап 1 (Слика 3-9) са параметрима промене запремине током разматраног периода.



Слика 3-7 Преглед дотока у акумулацију за изабрани енергетски дан



Слика 3-8 Преглед рада објеката ХЕ Ђердап 1 и ХЕ Ђердап 2 за изабрани енергетски дан



Слика 3-9 Промена запремине воде у акумулацији Ђердап 1 за изабрани енергетски дан

Све приказане сумарне вредности на претходним сликама, доступне су и у облику временских дијаграма.

3.2.2 Одређивање оптималног плана рада објеката у систему

Одређивање оптималног плана рада хидроелектрана и преливних брана у систему подразумева генерисање скупа потенцијалних планова ангажовања хидроелектрана и преливних поља, при чему се као улази у процес оптимизације користе прогнозирани дотицаји у систем. Добијени скуп планова садржи оне планове који максимизују, односно минимизују задате критеријуме оптимизације, као што су задовољење захтева за циљном котом на Ђердапу 1, чување расположивог хидропотенцијала, нарушавање ограничења, равномерност рада електрана, итд. Имајући у виду да су поменути критеријуми међусобно опречни, добијање оптималног решења у виду скупа планова омогућава експерту да одабере онај план који према његовом мишљењу више или мање фаворизује одређени критеријум.

Оптимално ангажовање објеката Ђердап 1 и Ђердап 2, подразумева одређивање снага које је потребно реализовати на свакој од електрана, као и протока које је потребно реализовати на преливним пољима, тако да резултујући протоци остваре циљну коту, која је дефинисана Правилником поступања у периоду великих вода, а да при томе се умањити губитак у производњи. Самим тим, проблем формирања плана вишедневног управљања ХЕ Ђердап представља проблем вишекритеријумске оптимизације.

Да би се формулисао оптимизациони проблем неопходно је обезбедити следеће улазне величине:

- Прогнозиране дотоке у систем током читавог прогнозног периода (са могућношћу задавања неизвесности дотока у акумулацију),
- Ограничења која потребно поштовати приликом реализације плана,
- Расположивост и редослед ангажовања агрегата и преливних поља,
- Циљну коту до које се врши обарање нивоа или пак враћање система у регуларни режим рада.

Циљеви оптимизације су прецизније дефинисани кроз неколико оптимизационих критеријума:

- Први критеријум оптимизације режима рада ХЕ Ђердап подразумева минимизацију утрошка расположивог хидро потенцијала, тј. максимизацију преосталог хидропотенцијала. При томе се оптимизациони проблем своди на довођење система на задату циљну коту, а начин како ће се маневрисати истицањем на објектима је у циљу минимизације утрошка расположивог хидро потенцијала.

- Приликом формирања оптималног плана рада, неопходно је минимизовати ризике, што се постиже поштовањем експлоатационих ограничења нивоа воде у систему.
- Трећи критеријум се уводи како би се избегло добијање плана који захтева учестало покретање и искључивање агрегата.

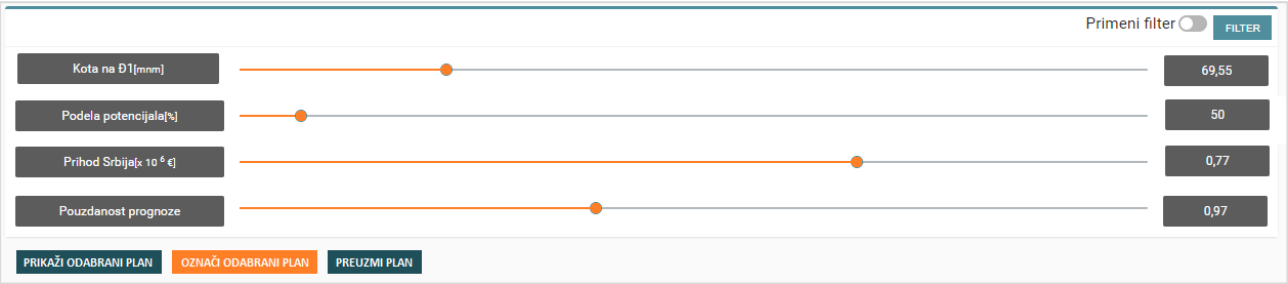
Приликом планирања оптималног ангажовања агрегата и преливних поља потребно је одредити следеће непознате величине (часовне вредности за читав период на који се план односи):

- Часовни план преливања ХЕ „Ђердап 1“
- Часовни план преливања ХЕ „Ђердап 2“
- Часовни план преливања ХЕ „Porte de Fier 1“
- Часовни план преливања ХЕ „Гогош”
- Часовни план производње ХЕ „Ђердап 1“
- Часовни план производње ХЕ „Ђердап 2“
- Часовни план производње ХЕ „Porte de Fier 1
- Часовни план производње ХЕ „Porte de Fier 2” и ХЕ „Гогош.

Оптимално ангажовање агрегата и преливних поља се добија унутрашњом оптимизацијом производње појединачних агрегата и протока преко преливних поља. Коначан резултат коришћења алата је часовно ангажовање сваког појединачног агрегата и преливног поља који је у разматраном периоду био у функцији.

У циљу решавања оптимизационог проблема употребом генетског алгоритма за вишекритеријумску оптимизацију, било је потребно извршити кодирање непознатих величина у виду реално кодираних хромозома. Сваки хромозом је био састављен од низа гена.

Као резултат прорачуна оптимизације, корисник добија скуп оптимизованих планова при чему је сваки од њих у односу на неки други бољи по неком од критеријума оптимизације, али је по неком другом критеријуму лошији – „парето“ фронт оптималних планова ангажовања хидроелектрана и преливних брана у систему. Одлука о томе који план ће бити одабран је препуштена експерту који у датим околностима треба да процени које од критеријума ће фаворизовати као одлучујуће и тако одабрати компромисно решење.



Слика 3-10 Одабир оптималног плана ангажовања хидроелектрана у систему се врши покретањем слајдера

За изабрани план рада даје се приказ основних величина приликом одабира плана:

- Укупно преливање преко преливних брана српске и румунске стране хидроелектрана Ђердап 1 и Ђердап 2,
- Укупно истицање кроз хидроелектране српске и румунске стране хидроелектрана Ђердап 1 и Ђердап 2,
- Просечни нивои горње и доње воде на профилима објеката Ђердап 1 и Ђердап 2,
- Производња српске и румунске стране хидроелектрана Ђердап 1 и Ђердап 2,
- Број нарушавања ограничења за изабрани план рада на:
  - Профилу Ушћа Нере,
  - Профилу објекта Ђердапа 1,
  - Профилу објекта Ђердапа 2,

- Профилима хидролошких станица Кладово и ушће Тимока.

Све набројане ставке, доступне су за преглед и у виду временских дијаграма.

Додатно, у алату је омогућена функционалност задавања неизвесности прогнозе дотока у акумулацију. Кориснику је омогућено да задаје прогнозу дотока у акумулацију Ђердап 1 са уносом горње и доње границе неизвесности, тако да у оперативним плановима се добијају резултати прогнозираних нивоа воде на водомерним станицама, са утврђеном горњом и доњом границом реализације нивоа у зависности од непоузданости прогнозе (као на Слика 3-6).

3.2.3 Задавање планова ангажовања објеката у систему

Поред могућности одређивања оптималног плана ангажовања коришћењем оптимизационог модула, корисник има могућност провере реализације сопственог плана ангажовања. На основу уноса жељеног плана производње и преливања, корисник може да види како ће изгледати реализација таквог плана кроз приказ хидролошких величина на Дунаву и експлоатационих величина у зони рада објеката. У зависности од уочене реализације, корисник може по потреби да коригује план, како не би дошао у ситуацију да наруши ограничење дефинисано Правилником или да остави неповољно стање у акумулацији за сутрашњи енергетски дан.

Корисник има могућност задавања захтева за производњом на један од следећих начина:

- Експлицитно задавање захтева за производњом - исте снаге на српској и румунској страни Ђердапа 1,
- Експлицитно задавање преливања на преливним пољима – исти протоци на српској и румунској страни Ђердапа 1,
- Експлицитно задавање захтева за производњом - различите снаге на српској и румунској страни Ђердапа 1,
- Експлицитно задавање преливања на преливним пољима – различити протоци на српској и румунској страни Ђердапа 1,
- Експлицитно задавање захтева за производњом - исте снаге на српској и румунској страни Ђердапа 2 (и Гогошу),
- Експлицитно задавање преливања на преливним пољима – исти протоци на српској и румунској страни Ђердапа 2 и Гогошу,
- Експлицитно задавање захтева за производњом - различите снаге на српској и румунској страни Ђердапа 2 (и Гогошу),
- Експлицитно задавање преливања на преливним пољима – различити протоци на српској и румунској страни Ђердапа 2 и Гогошу,
- Прорачун са одржавањем коте на Ђердапу 2.

Код задавања преливања на преливним пољима, потребно је да се унесу протоци који се евакуишу из акумулације, а програм ће на основу алгоритма, који је имплементиран у прорачуну, да изврши расподелу протока на преливна поља.

Као резултат оваквог прорачуна, добија се прогноза свих хидролошких и експлоатационих величина на начин како је то описано у поглављу 3.1.1 Обрачун претходног енергетског периода.

3.3 ДУГОРОЧНЕ ХИДРАУЛИЧКО-ХИДРОЕНЕРГЕТСКЕ АНАЛИЗЕ

У експлоатацији хидроенергетско - пловидбеног система „Ђердап“, управљање производњом у редовним и екстремним условима (мале и велике воде) је регулисано *Правилником о организацији и раду Заједничке диспечерске службе за енергетику ХЕ Ђердап и ХЕ Portile de Fier* из 1998. године, а који је потврђен законом из 1998. године, на основу Конвенције између Савезне владе Савезне Републике Југославије и Владе Румуније о експлоатацији и одржавању хидроенергетских и пловидбених система

Ђердап I и Ђердап II. Правилник садржи правила управљања, али и ограничења у раду објеката како би се омогућило равноправно коришћење расположивог енергетског потенцијала у акумулацијама. У свакодневном раду диспечерских служби тежи се поштовању правилника у највећој мери, а периодично се састаје Мешовита комисија која прати рад објеката и утврђује неправилности у раду и одступања од ограничења дефинисаних Правилником.

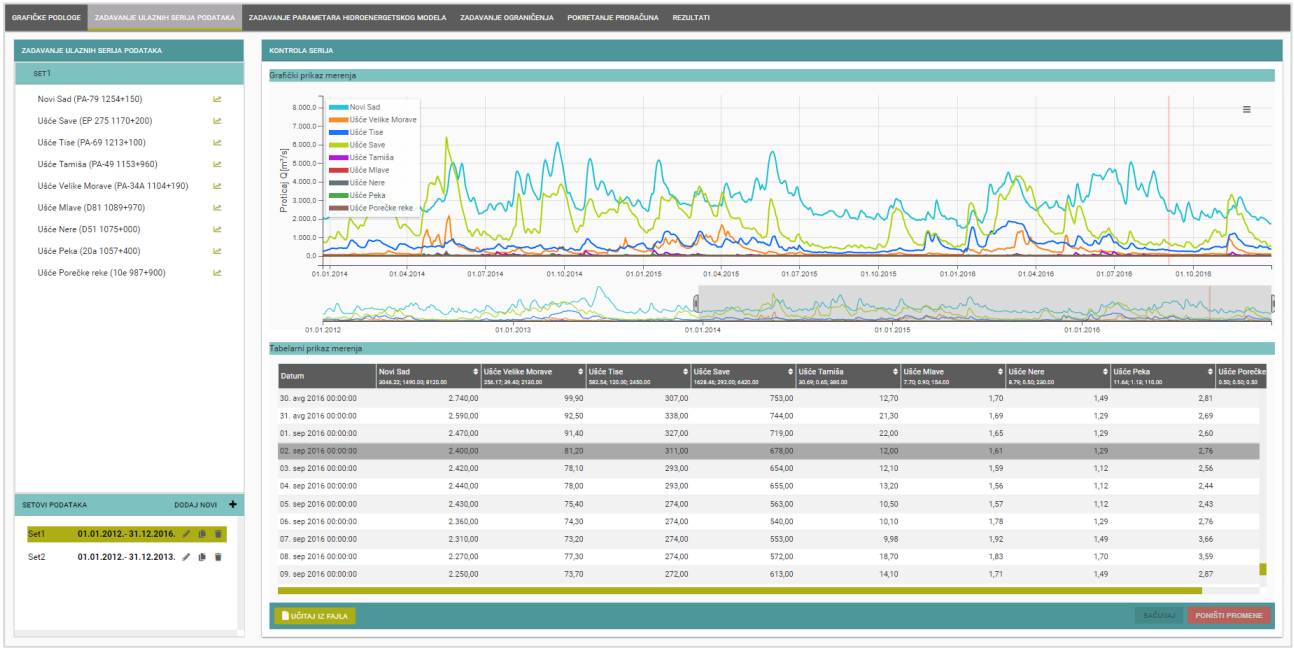
У складу са потребом за периодичним праћењем рада објеката, у ХИС-у је формирана наменска корисничка апликација за дугорочне хидрауличко-хидроенергетске анализе. Намене ове апликације су:

- анализе спроведеног управљања над историјски забележеним подацима,
- анализе варијантних решења у условима постојећих стратегија управљања над историјски забележеним подацима,
- анализе алтернативних стратегија управљања над историјски забележеним подацима и
- анализе управљања над хипотетичким подацима.

Ова корисничка апликација је намењена првенствено експертима планерима у оквиру ХИС-а, али се по потреби може користити и у овлашћеним институцијама за сложене анализе у решавању могућих проблема у расподели хидропотенцијала. Апликација је израђена у виду савремене веб апликације.

3.3.1 Анализе спроведеног управљања и варијантних решења над историјским подацима

Једна од намена ове апликације је понављање забележеног рада објеката у смислу провере билансних величина (промена запремине у акумулацијама, производња, преливања и истицања кроз агрегате). На овај начин могу се вршити и анализе раније донетих одлука (утврђивање оптималности већ спроведених ревитализација опреме и постојећих стратегија управљања).

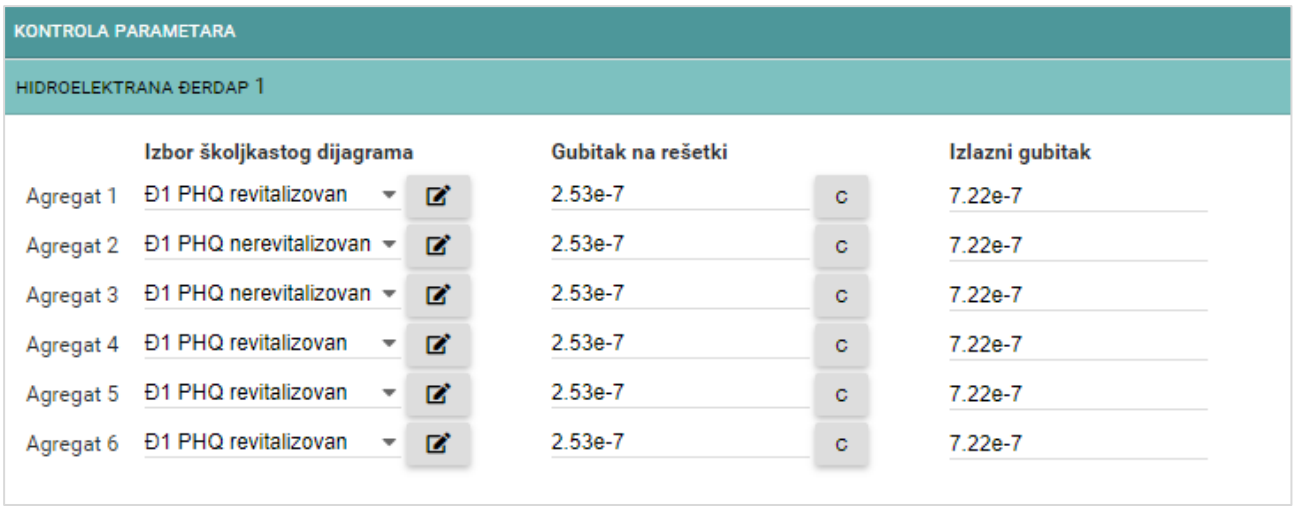


Слика 3-11 Задавање улазних серија дотока на профилима водомерних станица

Веома значајна намена ове апликације је и анализа варијантних решења у смислу могућих инвестиција у ревитализацију опреме или санирања постојећих капацитета, а уз поштовање постојећих стратегија управљања (тј. уз поштовање важећег Правилника). Тако је, на пример, могуће анализирати ефекте ревитализације агрегата који још нису ревитализовани, или анализирати ефекте промене карактеристика постојећих агрегата (нпр. границе радне области) у циљу продужења века трајања и сл.

Резултати који су дати на целом периоду омогућавају сагледавање дугорочних ефеката измена у систему, а додатно се формира и извештај о нарушавању ограничења.

Кориснику је омогућено да задаје сетове параметара који дефинишу перформансе агрегата и преливних поља, мењајући индикацију ревитализације агрегата, али и мењајући параметре губитака на решеткама и излазне губитке. Покретањем прорачуна више различитих сетова оваквих подешавања, могу се анализирати ефекти промене карактеристика агрегата на дугорочном периоду, поређењем постојећих карактеристика и будућих промена.



Слика 3-12 Контрола параметара агрегата

Изабрани шкољкасти дијаграм је могуће додатно кориговати уносом вредности параметара корекције, чиме се постиже закривљење дијаграма и врши корекција протока у зависности од степена корисности.

Задавање губитака на улазним решеткама агрегата постиже се на два начина: константна вредност током године или функција месеца у години (табеларно). Излазни губитак за сваки агрегат се задаје као константа.

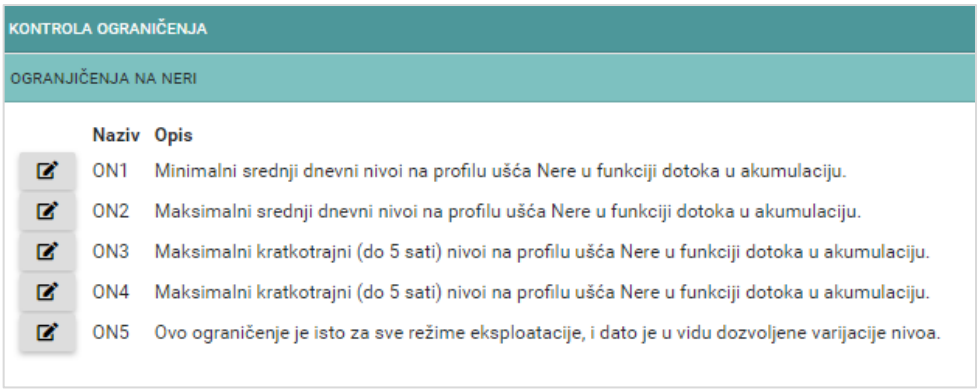
Слика 3-13 Контрола параметара преливних поља

Корисницима је доступан преглед кривих преливања за свако преливно поље у систему хидроелектрана Ђердап 1 и Ђердап 2, као и могућност корекције кривих прелива уношењем коефицијента „епсилон“. Коефицијент „епсилон“ коригује криве преливања због постојања несиметричног рада устава или пак рада више устава.

3.3.2 Анализе алтернативних стратегија управљања над историјским подацима

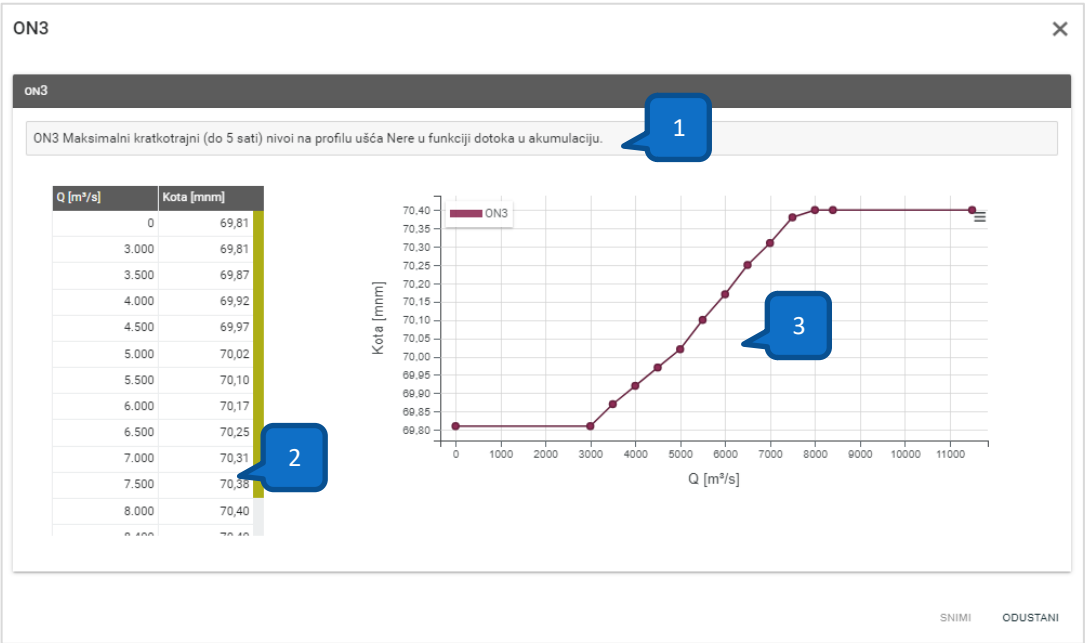
Још једна намена ове апликације је анализа алтернативних стратегија управљања, тј. правила управљања која одступају од постојећег Правилника, при чему се може радити са постојећим карактеристикама објеката или варијантним решењима. Циљ је утврђивање оптималних правила управљања у складу са стањем на објектима, које се значајно разликује од стања над којим је дефинисан Правилник (сви румунски агрегати ревитализовани, што утиче на потрошњу хидропотенцијала и сл.). Пошто су инвестиције у одржавање и унапређење објеката сталан процес, ову апликацију треба у будућности користити у циљу постизања сагласности око управљања у оквиру заједничке диспечерске службе. Како би се омогућило поређење са постојећим правилима управљања, за ову намену би требало користити историјске податке осматрања.

У алату је омогућено да корисници могу да прегледају постојећа ограничења у раду система дефинисана правилником, али са друге стране, омогућено је и мењање параметара ограничења.



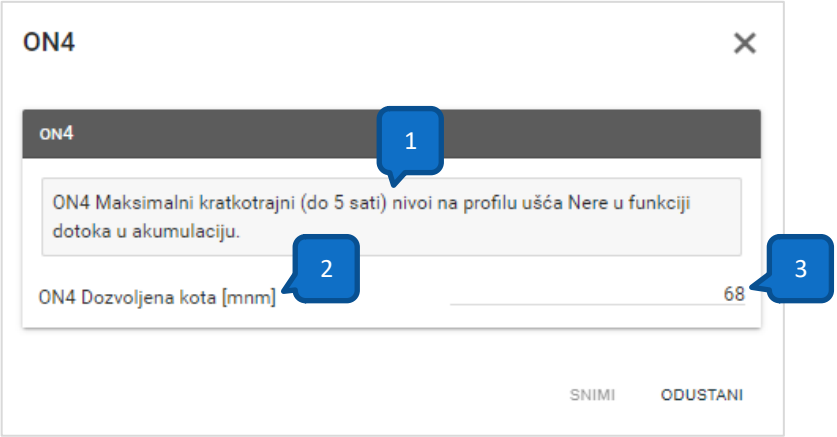
Слика 3-14 Контрола ограничења

Уколико је ограничење задато као функција промењиве, форма за мењање параметара ће бити као на Слика 3-15. У форми се у горњем делу (1) налази опис ограничења, са леве стране је табела преко које корисник уноси вредности функције у жељеним тачкама (2), а са десне стране се налази графички приказ ограничења (3).



Слика 3-15 Ограничење у облику функције

Ограничење може бити задато и као константа. У том случају, форма за подешавање параметара ограничења има облик као на Слика 3-16. У горњем делу форме налази се опис ограничења (1) док се у доњем делу налази име параметра (2) и поље у ком се уноси вредност параметра (3).



Слика 3-16 Ограничење у облику константе

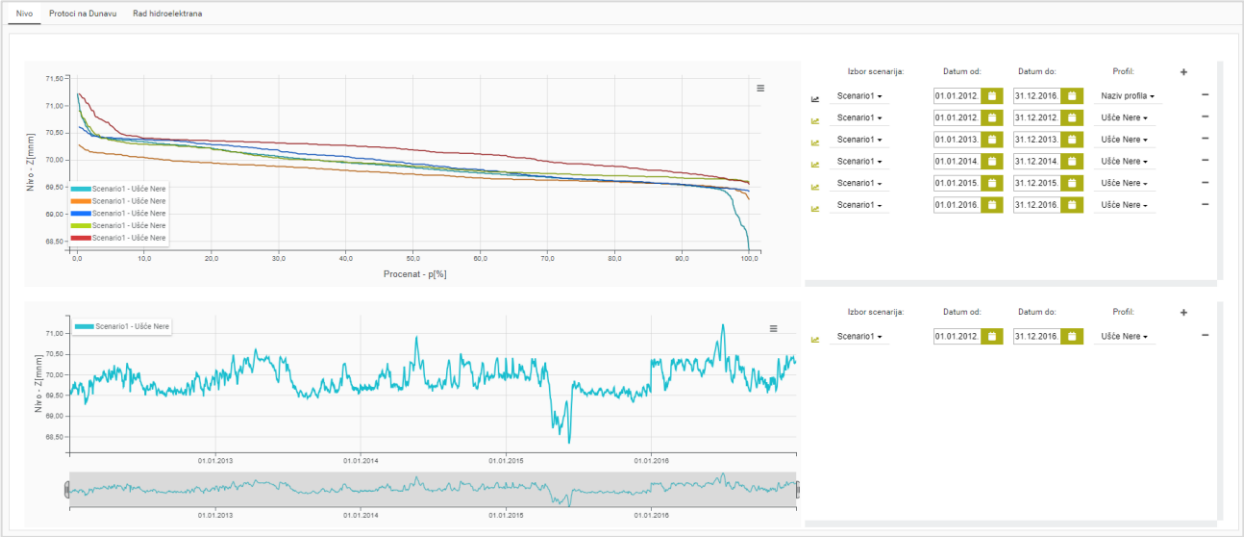
3.3.3 Анализе управљања над хипотетичким подацима

Коначно, значајна је и намена апликације за проверу рада система у хипотетичким ситуацијама. Могуће је вршити анализе рада објеката у условима екстремно великих или малих вода, у хаваријским ситуацијама или у условима неповољних хидролошких епизода које се могу десити у току ревитализације и радова на евакуационим органима (санација преливних поља и сл.).

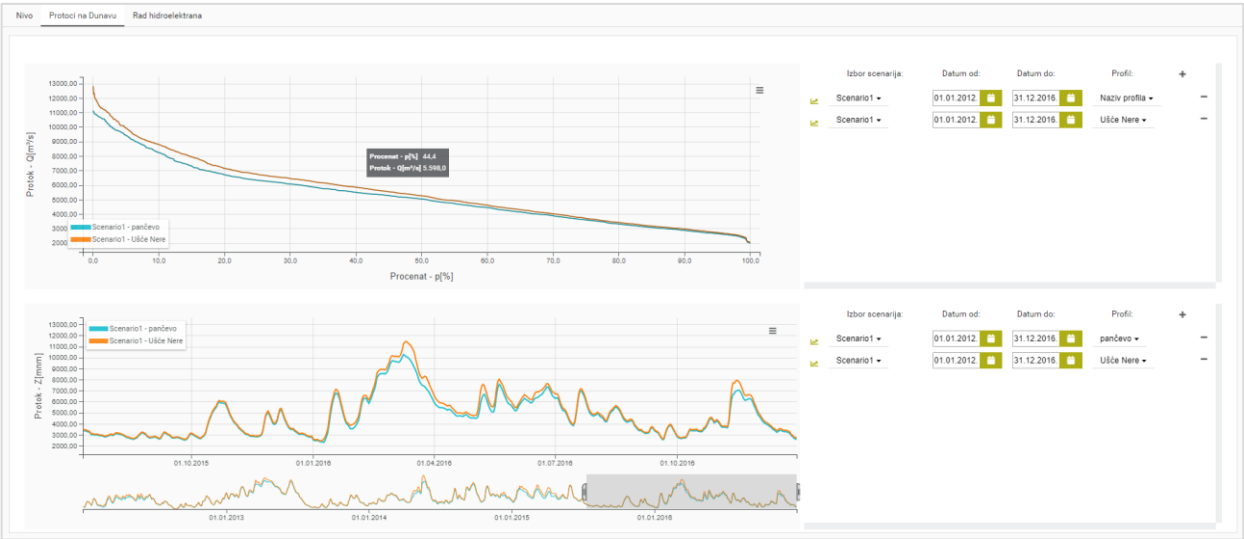
У самој апликацији је управљање радом објеката поједностављено и прорачун се обавља уз помоћ контролера који систем одржавају у складу са ограничењима. Ово значајно олакшава рад кориснику за задавање управљања на дужим периодима за које је апликација и намењена. Такође, могуће је утицати на појединачна ограничења, како према функцији (узима се у обзир или не), тако и према вредностима (по свакој бројној вредности за одређено ограничење датој у апликацији).

Прорачуни се извршавају на централном прорачунском серверу, тако што се из апликације пошаље захтев са свим улазним подацима и параметрима прорачуна, а слој за управљање прорачунима изврши прорачун и врати резултате апликацији. Овим приступом је постигнута централизација прорачуна и растерећење клијентских рачунара, тј. смањени су хардверски захтеви на клијентским радним станицама. Уз то, крупне измене на параметрима модела (нпр. рекалибрација) се врше на једном месту и сви корисници аутоматски добијају најновији модел.

Апликација поседује и део за извештавање о резултатима прорачуна и графичке приказе просторних односа објеката и вредности резултата током периода прорачуна.



Слика 3-17 Приказ резултата нивоа на профилима водомерних станица на Дунаву



Слика 3-18 Приказ резултата протока на профилима водомерних станица на Дунаву

Слика 3-19 Приказ резултата рада хидроелектрана у систему

3.4 РЕКОНСТРУКЦИЈЕ СТАЊА СИСТЕМА

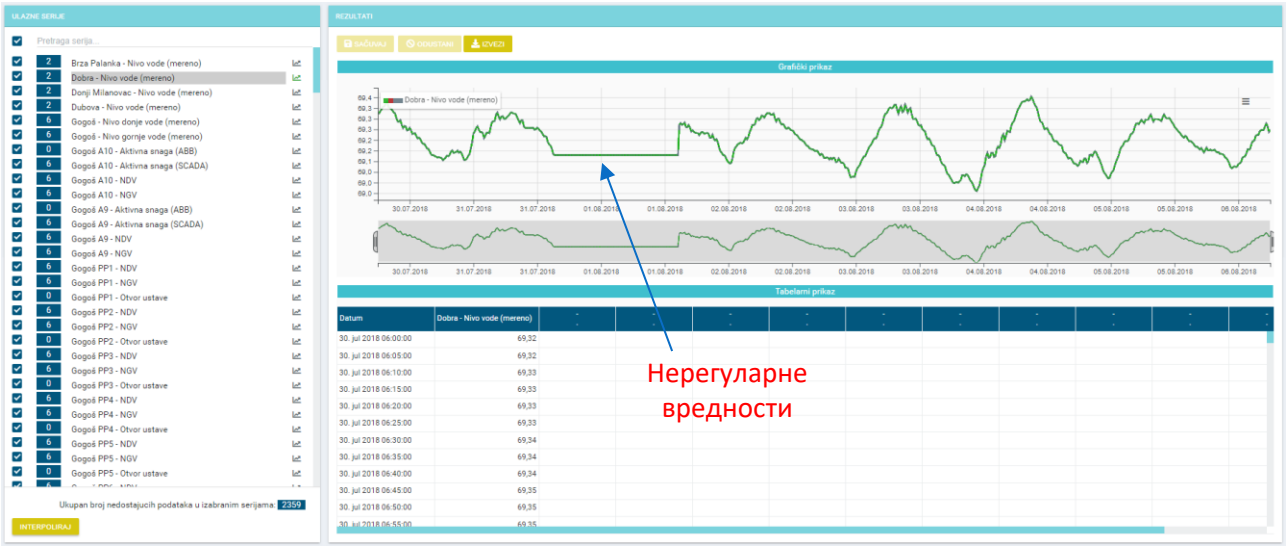
Кориснички алат за реконструкције стања система аутоматизује обраду масовних података мерења на објектима брана и припадајућој хидро и електро-машинској опреми. Алатом се из базе података за одређени временски период преузимају сви расположиви подаци о снагама, котама, положају устава и протицајима. Над преузетим подацима алатом се може спровести низ унакрсних прорачуна на основу чијих резултата је могуће: утврдити нерегуларности у систему осматрања, попунити недостајуће податке, естимирати вредности за релевантне величине које се не мере већ се аутоматски обрачунавају (карактеристични нивои и протицаји) и сл.

Кориснички алат поседује флексибилан систем вршења упита над масовним подацима, обраде података и визуелизације. Поред тога, кориснички алат располаже механизмима за аутоматско креирање наменских извештаја о извршеним прорачунима и анализама.

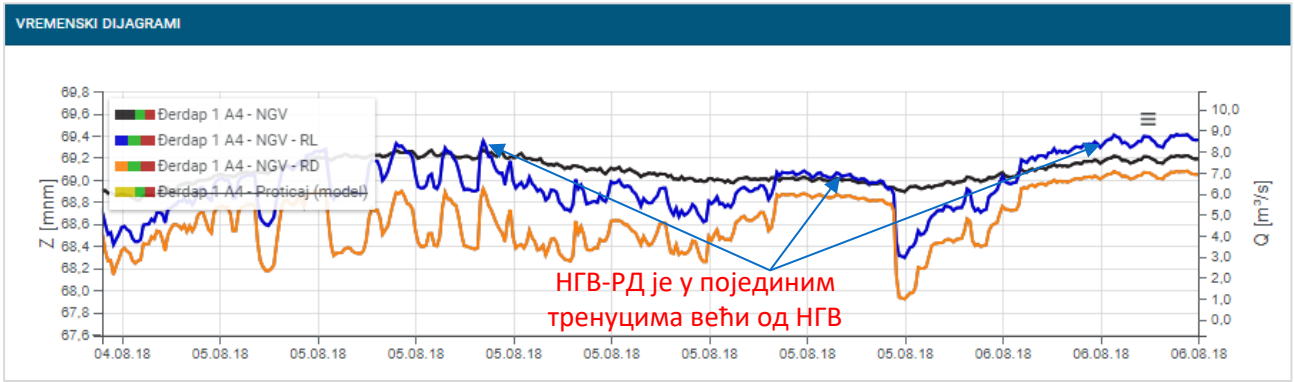
3.4.1 Утврђивање нерегуларности у систему осматрања

За изабрани временски период (до 15 дана, при чему се узима у обзир енергетски дан – од 06 h текућег дана до 06 h наредног дана), алат учитава из базе све доступне податке мерења, на свим меродавним локацијама за прорачун: нивои воде на речним токовима, нивои воде на профилима објеката, нивои воде у зони агрегата, активне снаге на агрегатима, као и отвори устава на преливним пољима. Поред наведених серија података, алат учитава и податке који нису измерени, већ су резултат обрачуна одговарајућих рачунских метода: протоци кроз агрегате обрачунати SIMPA, FCA или W-K методом. Трећа група података која је доступна за приказ у алату су резултати прорачуна модела. За све учитане серије података омогућен је преглед графички и табеларно, тако да визуелно могу да се утврде нерегуларности у систему осматрања.

Након извршавања прорачуна, корисник има могућност симултаног прегледа података који су резултат мерења и података који су резултат хидрауличко-хидроенергетског прорачуна, на јасно организованим панелима. На основу тога, могуће је утврдити да ли је дошло до прекида у мерењима, периодичног погрешног очитавања мерача или системских грешака мерења.

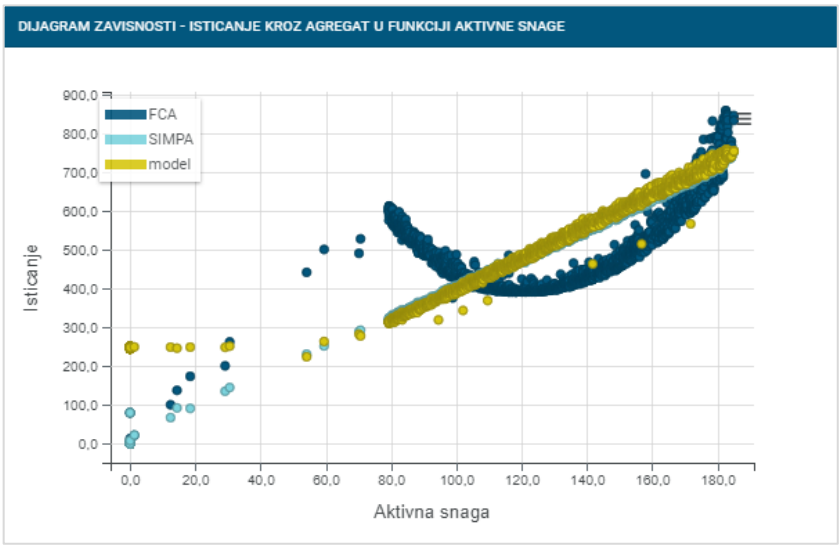


Слика 3-20 Пример нерегуларних података нивоа воде које могу бити последица прекида преноса сигнала или квара на мерачу



Слика 3-21 Утврђена нерегуларност нивоа воде на решетки десно агрегата 4 на ХЕ Ђердап 1

Поред наведеног, могуће је утврдити различите зависности мерних величина, њихову међусобну корелацију и разне показатеље одступања од репрезентативних вредности.

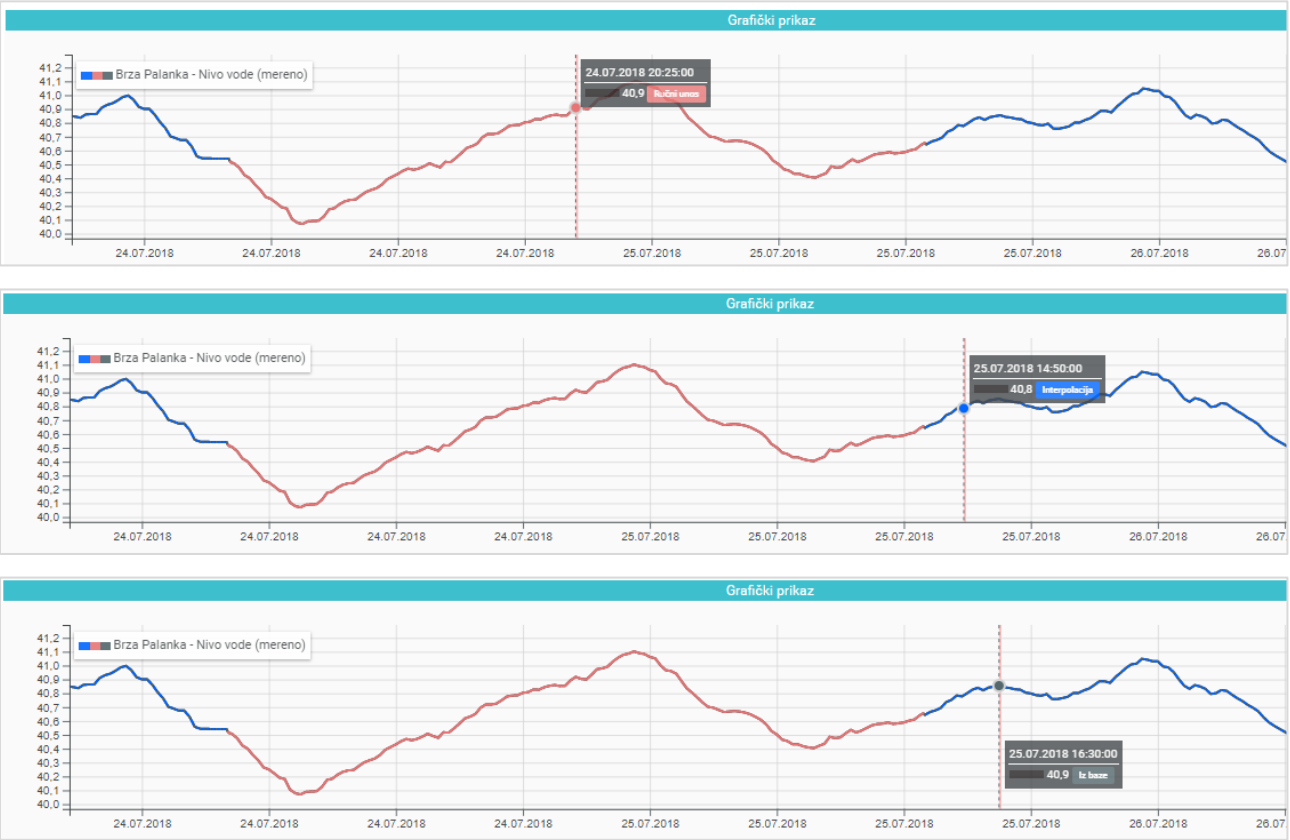


Слика 3-22 Дијаграм зависности истицања кроз агрегат 4 на ХЕ Ђердапу 1 (прорачунски проток и протоци рачунати помоћу SIMPA и FCA методе) у функцији од активне снаге

3.4.2 Попуњавање недостајућих података

Хидрауличко-хидроенергетски прорачун захтева да све серије података које учествују у прорачуну моделом, буду регуларне у смислу дискретизације и да нема недостајућих података. Кроз овај алат могуће је извршити попуњавање недостајућих података на један од следећих начина: ручни унос и аутоматска интерполација.

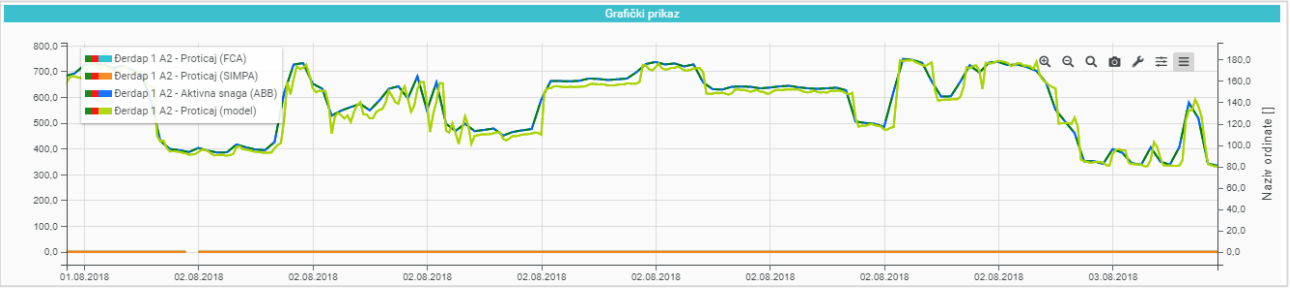
Такође, након утврђивања нерегуларности у систему мерења, корисници имају могућност корекције вредности податка применом операција: додавање, одузимање, множење, дељење вредности скаларом или задавање жељене вредности скалара. Поред тога, могуће је учитавање података и из екстерних докумената. Свака измена података у алату остаје јасно запамћена, тако да уз измењен податак остаје информација о његовом пореклу било где да се приказује кроз алат.



Слика 3-23 Порекло вредности податка, идући од горе према доле: ручни унос, интерполација, из базе (измерена вредност)

Након извршавања прорачуна, као резултат модела, добијају се вредности којима могу да се попуне „изгубљене“ вредности услед квара на мерачима или пак услед прекида у преносу сигнала. На тај начин, попуњавање недостајућих података могуће је извршити са подацима који су резултат модела.

На наредној слици се може уочити пример када подаци о активним снагама показују да је агрегат радио, али мерења протока FCA и SIMPA методом показују вредности 0. У овом случају се резултати модела могу искористити за попуњавање недостајућих или невалидних података у бази мерења.



Слика 3-24 Подаци о активним снагама показују да је агрегат радио, али мерења протока FCA и SIMPA методом показују вредности 0

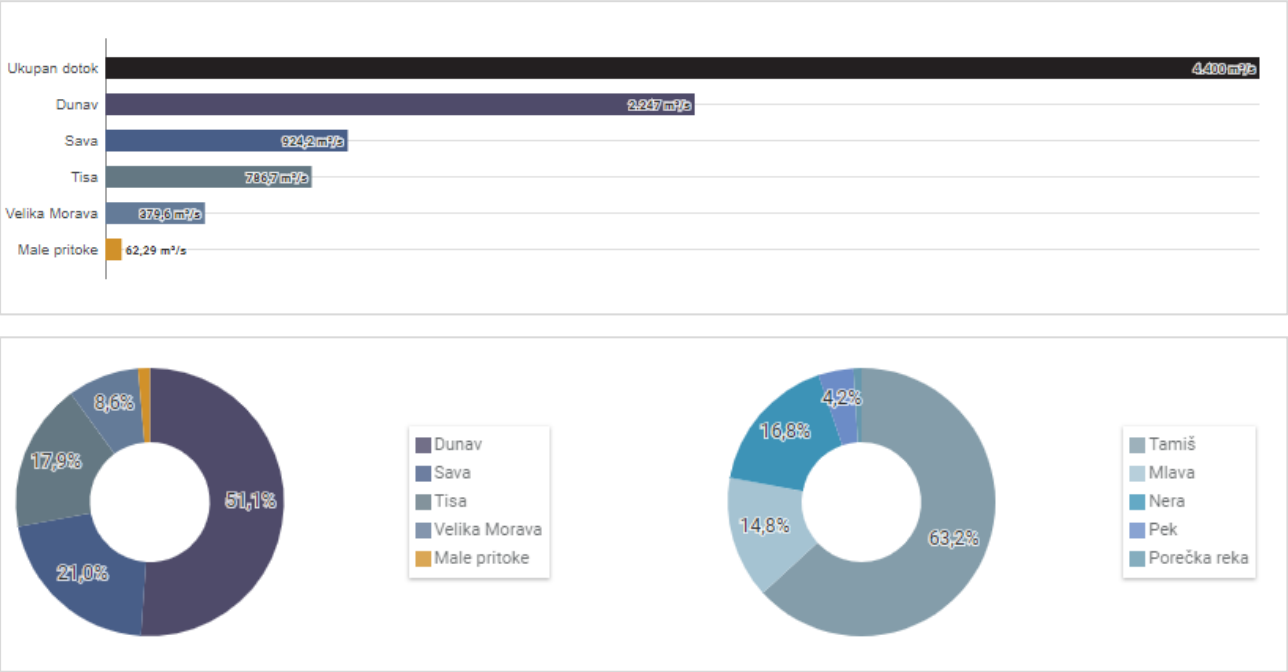
3.4.3 Естимација вредности

Као резултат хидрауличко-хидроенергетског модела, добијају се величине које се иначе не мере већ се аутоматски обрачунавају. Такве величине могу послужити као битни показатељи хидрауличког и хидроенергетског стања Дунава у изабраном периоду.

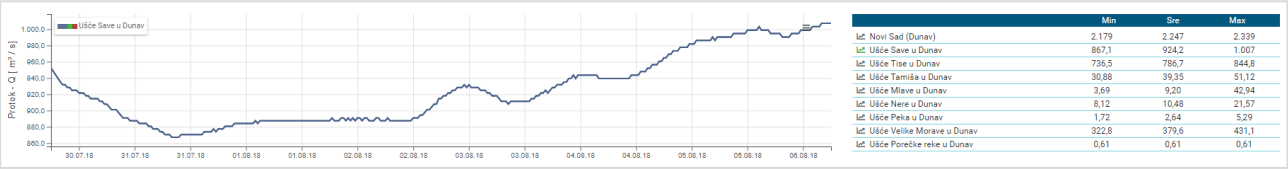
Неке од таквих величина су:

- Протоци воде Дунавом,
- Доток воде на локацијама ушћа притока у Дунав,
- Стање запремине у акумулацији Ђердап 1,
- Протоци воде: кроз агрегате и преко преливних поља,
- Подела потенцијала на заједничким објектима Ђердап 1 и Ђердап 2.

У оквиру хидрауличког извештаја, корисницима се доступне информације о водостању на Дунаву. Модел на основу измерених нивоа на хидролошким станицама и на основу расположивих кривих које су имплементиране у модел, обрачунава протоке дуж Дунава. Доступне су и информације о трансформисаним хидрограмима на локацијама ушћа притока у Дунав. На тај начин могуће је утврдити и допринос сваке притоке у укупном дотоку у акумулацију Ђердап 1.



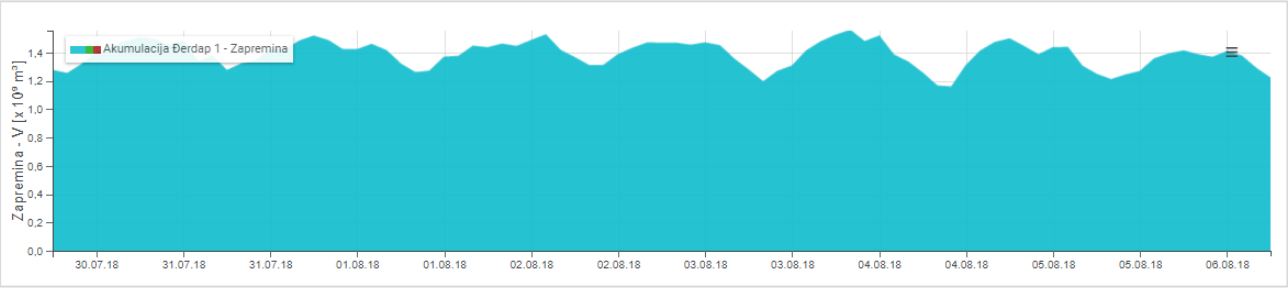
Слика 3-25 Дотоци воде Дунавом и притокама и допринос сваке притоке у укупном дотоку у акумулацију Ђердап 1 за изабрани рачунски период



	Min	Sre	Max
Novi Sad (Dunav)	2.179	2.247	2.339
Ušće Save u Dunav	867,1	924,2	1.007
Ušće Tise u Dunav	736,5	786,7	844,8
Ušće Tamiša u Dunav	30,88	39,35	51,12
Ušće Mlave u Dunav	3,69	9,20	42,94
Ušće Nere u Dunav	8,12	10,48	21,57
Ušće Peka u Dunav	1,72	2,64	5,29
Ušće Velike Morave u Dunav	322,8	379,6	431,1
Ušće Porečke reke u Dunav	0,61	0,61	0,61

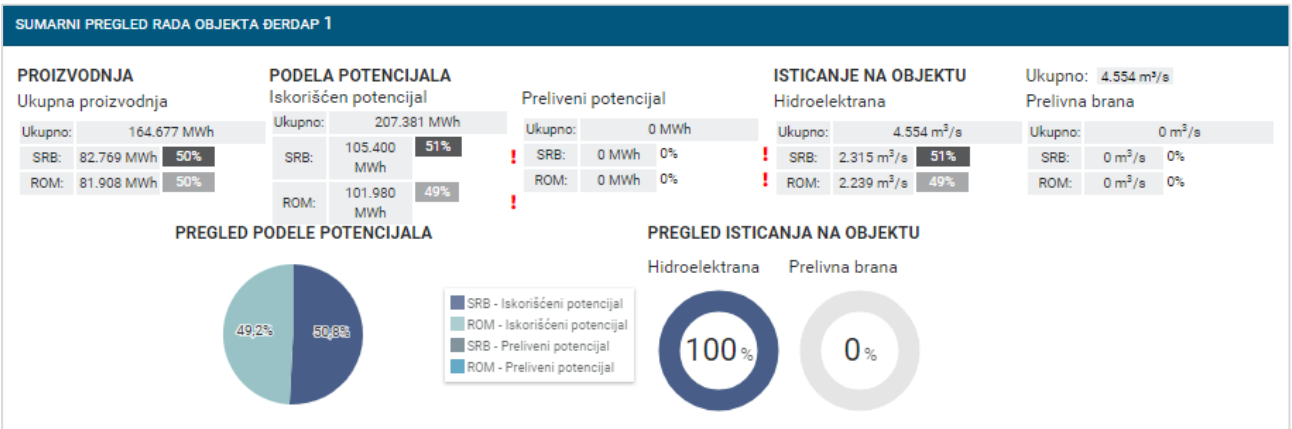
Слика 3-26 Хидрограми на свим локацијама ушћа притока у Дунав за изабрани рачунски период

На основу измерених нивоа на хидролошким станицама дуж Дунава, као и на основу познате геометрије речног тока, модел реконструише промену запремине у акумулацији током изабраног прорачунског периода.



Слика 3-27 Промена запремине у акумулацији током изабраног прорачунског периода

Као резултат хидроенергетског прорачуна на објектима Ђердап 1 и Ђердап 2, добијају се сумарне информације о раду српске и румунске стране заједничких објеката. Корисници имају могућност прегледа резултата сумарно, за сваку хидроелектрану, али и за сваки појединачни агрегат или преливно поље. Информације које се не мере, као што су протоци и искоришћени и преливени потенцијал српске и румунске стране заједничких објеката, могу имати позитиван ефекат на стицање утиска о раду хидроелектрана у систему.



Слика 3-28 Преглед рада српске и румунске стране ХЕ Ђердап 1

3.5 РЕКОНСТРУКЦИЈА ДОТОКА У АКУМУЛАЦИЈУ

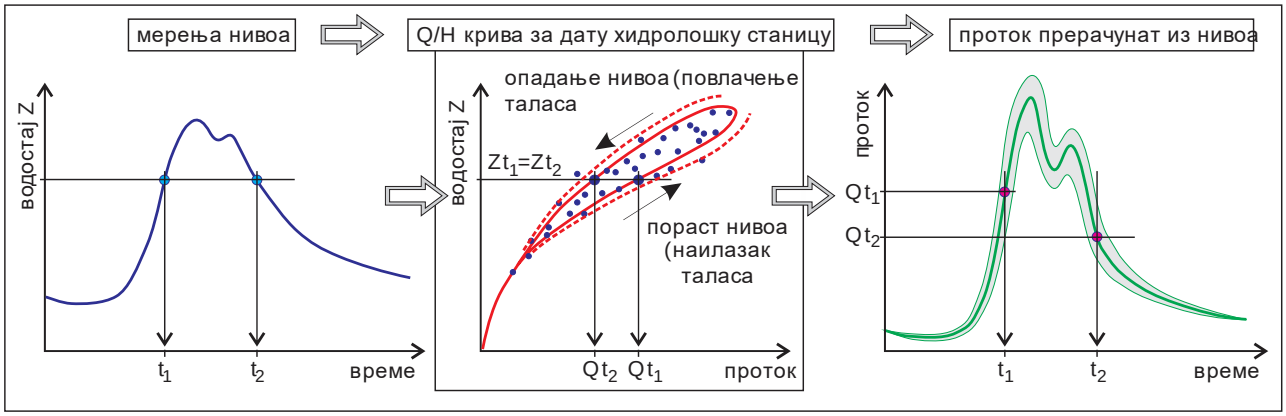
Нумерички модул за асимилацију мерења у свакодневној употреби ХИС Ђердап кроз аутоматизовани процес асимилације мерења врши естимацију хидрауличког стања у акумулацији. Као део резултата овог поступка јављају се и естимирани дотоци на свим разматраним притокама. Кориснички алат за реконструкцију дотока у акумулацију користи се за анализу извршених естимација и утврђивања вредности битних, практично системских параметара (криве протока на почетним профилима и сл.), као и за усвајање меродавних протицаја за анализирани период.

Поред наведеног, кориснички алат за реконструкцију дотока у акумулацију, користи се и за наменско покретање нумеричког модула за асимилацију мерења у циљу анализе његовог рада, или накнадног, експертског утврђивања вредности системских параметара, као и усвајање меродавних протицаја за анализирани период на основу детаљних експертских анализа.

Кориснички алат обезбеђује механизме обраде резултата прорачуна на начин да могу дати и информације потребне за шире хидролошке анализе (нпр. у раду хидролошке службе РХМЗ-а).

3.5.1 Естимација дотока на притокама

Поступком ажурирања модела (кроз процес асимилације) контролери поправљају стање модела минимизирањем разлика између мерених и рачунских нивоа. Уколико је циљ ажурирања модела да се постигне веродостојно стање модела у одређеном тренутку, довољно је препустити контролерима посао асимилације, а евентуалне грешке у протоцима ће кориговати контролери помоћу фиктивних дотока. Међутим, пошто је циљ да се модел искористи за предикцију будућег стања система за различите стратегије трошења воде (односно, производње енергије) неопходно је „искуство“ у кориговању мерених дотока пренети на прогнозиране вредности уз претпоставку да ће се и у прогнози наставити са истом грешком. Ово је нарочито важно јер се у прогнози не дају прогнозирани протоци већ се дају прогнозирани нивои на водомерним станицама.



Слика 3-29 Типична Q/H крива за прерачунавање измерених нивоа (водостаја) у проток

Да би се боље сагледали могући извори грешака у улазним протоцима, на слици (Слика 3-29) је приказан стандардни хидролошки поступак генерисања податка о протоку. Помоћу уређаја за мерење нивоа (водостаја) воде, релативно поуздано се на одређеној хидролошкој станици скупљају подаци о коти воде (обично са пар центиметара тачности, леви део Слика 3-29). На изабраној локацији хидролошке станице, РХМЗ повремено врши мерења тренутног протока и водостаја и одржава ажурну криву протока Q/H. На слици се види већи број тачака, које су резултат сваког појединог мерења, кроз време. Такође, види се да, у зависности од локације хидролошке станице, тај „облак“ тачака је шири или ужи и можда се и мења кроз време (услед процеса засипања/ерозије), али по правилу постоји једна крива која важи у периоду наиласка таласа и друга која важи у периоду опадања таласа. Финални резултат, проток на хидролошкој станици, у себи носи велику дозу неповерења, јер за исти ниво воде могу се одабрати различите вредности протока.

Кориснички алат за реконструкцију дотока у акумулацију има за циљ да превазиђе ове проблеме, тако што омогућава да корисник утиче на алгоритам утврђивања стварних вредности протока на хидролошким станицама.

3.5.2 Корекција кривих протока

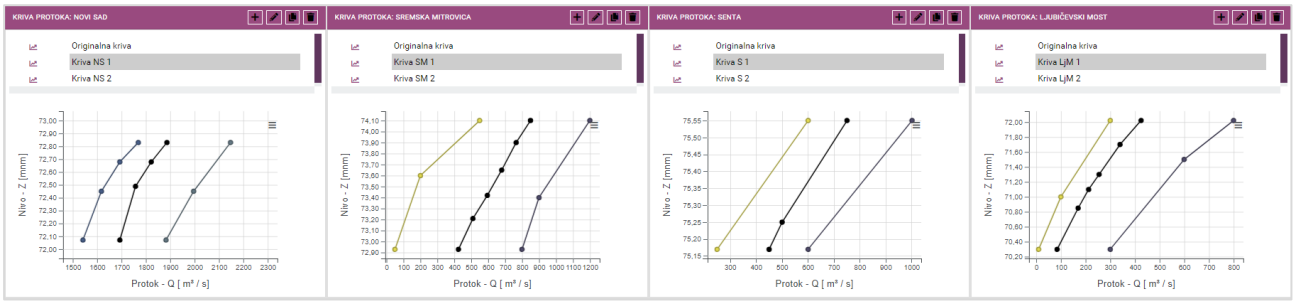
Корисници алата за реконструкцију дотока у акумулацију, имају могућност да мењају криве протока на узводним границама хидрауличко-хидроенергетског модела, формирају различите комбинације улазних кривих и на крају пореде резултате прорачуна генерисаних сценарија.

Изменама оригиналних кривих протока, које се користе у хидрауличко – хидроенергетском моделу, корисник може да креира различите комбинације параметарских кривих које користи у прорачуну, тако да добије прорачунско стање модела које верно одсликава реално стање забележених нивоа на Дунаву и притокама. Комбинација параметарских кривих се обезбеђује креирањем различитих сценарија

прорачуна, тако да је омогућено једноставно поређење резултата модела за различите усвојене криве, а у циљу тачнијег одређивања дотока. Параметар који је при томе потребно минимизирати је просечна корекција дотока у акумулацију Ђердап 1 током разматраног периода реконструкције.

Профили водомерних станица на којима је могуће вршити корекције кривих протока су следећи:

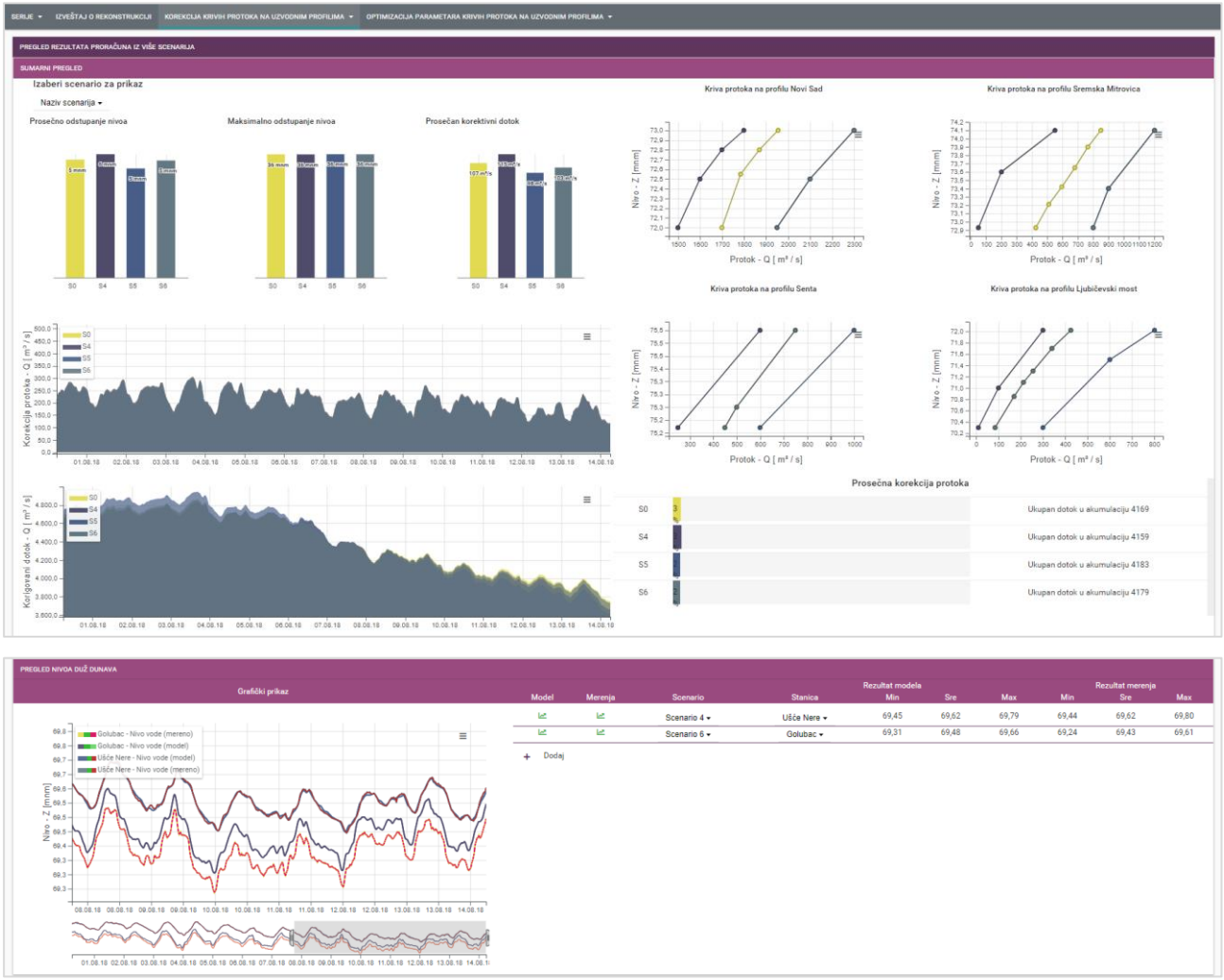
- Профил водомерне станице Нови Сад на Дунаву,
- Профил водомерне станице Сремска Митровица на Сави,
- Профил водомерне станице Сента на Тиси,
- Профил водомерне станице Љубичевски мост на Великој Морави.



Слика 3-30 Генерисање сетова кривих протока на разматраним профилима водомерних станица

Приказане криве протока су само у опсегу нивоа који суштински утичу на прорачун (преузимају се подаци осмотрених нивоа на водомерним станицама у изабраном временском периоду прорачуна). Овакав приказ је омогућен како би се утврдиле вредности параметарских кривих само у сегменту који ће утицати на резултате прорачуна.

Када је корисник креирао све жељене сценарије, може покренути прорачун реконструкције дотока у акумулацију. Улазне серије за прорачун су серије које је корисник припремио у секцији серије приликом креирања посла, а криве протока су задате у оквиру креираног сценарија. Могуће је покренути више сценарија одједном, а могућа је и накнадно додавање сценарија и поређење са пређашњим резултатима прорачуна. Након успешног извршавања прорачуна, кориснику је доступно да упоредно прегледа резултате покренутих сценарија.

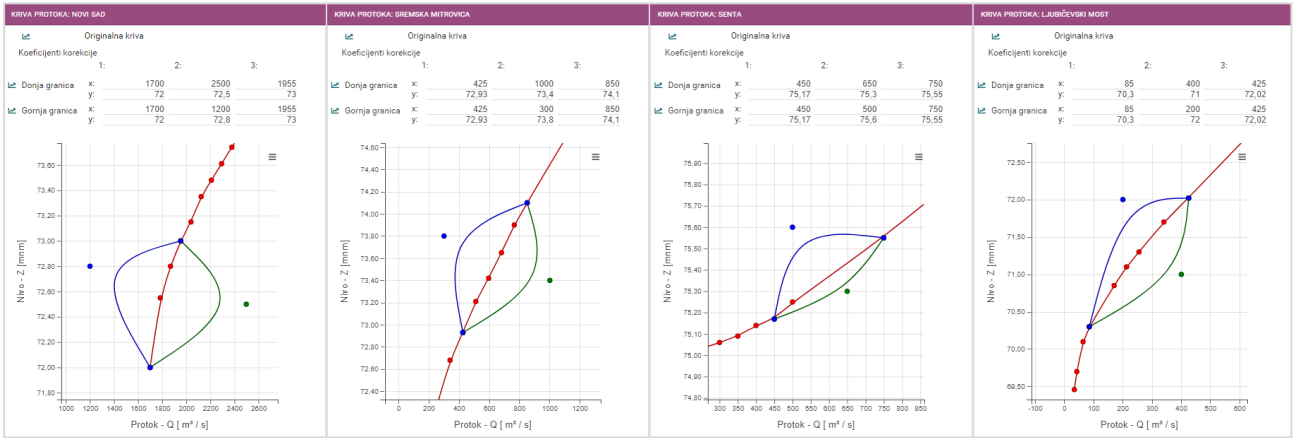


Слика 3-31 Преглед резултата прорачуна за више изабраних сценарија

3.5.3 Утврђивање параметара корекције кривих протока

Алат за реконструкцију дотока у акумулацију има и опцију утврђивања параметара корекције кривих протока, коришћењем оптимизационог модула. На корисницима је да дефинишу област претраге, а у прорачуну се утврђују параметарске криве протока, такве да се минимизира просечна корекција дотока у акумулацију Ђердап 1 током разматраног периода реконструкције.

За област претраживања у прорачуну, потребно је дефинисати границе само у опсегу нивоа који суштински утичу на прорачун (преузимају се подаци осмотрених нивоа на водомерним станицама у изабраном временском периоду прорачуна). Овакав приказ је омогућен како би се утврдиле вредности параметарских кривих само у сегменту који ће утицати на резултате прорачуна.



Слика 3-32 Дефинисање области претраге коригованих кривих протока на разматраним профилима водомерних станица

Област претраживања оптималних кривих протока ограничена је двема кривама: горњом и доњом границом. Свака од ових кривих задаје се помоћу три пара тачака (Q, Z) које корисник уноси. Почетна и крајња тачка границе су већ понуђене кориснику и представљају тачке на оригиналним кривим протока које ограничавају ширу област измерених нивоа на узводним профилима у периоду за који се реконструкција дотока врши. Средња тачка одређује „ширину“ области претраживања и њу корисник уноси ручно. Границе се креирају спајањем поменуте три тачке линијом *Spline*.

Након дефинисања области претраге, потребно је покренути прорачун. Прорачун отпочиње спрегнутим покретањем оптимизационог модула и хидрауличко – хидроенергетског модела. Резултат су криве протока на профилима водомерних станица, у дефинисаним границама. Преглед резултата је сличан као на претходној Слика 3-31.

4 ХАРДВЕРСКА И СОФТВЕРСКА ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА ХИС ЂЕРДАП 2017

ХИС Ђердап 2017 је имплементиран на ИТ инфраструктури ХЕ „Ђердап“ у виду хардверских и софтверских компоненти. Наменски хардвер је набављен и инсталиран у претходној фази развоја, док су софтверске компоненте инсталиране на виртуелне машине које се хостују у РЦ Кладово. ХИС Ђердап 2017 чине следећи сервери:

- аквизициони сервер Ђердап 1,
- аквизициони сервер Ђердап 2,
- централни сервер базе података,
- централни прорачунски сервер,
- апликациони сервер и
- прорачунски кластер.

Поред наведених сервера, у оквиру реализације претходне фазе ХИС Ђердап, извршена је набавка и испорука радних станица на објектима ХЕ „Ђердап 1“ и ХЕ „Ђердап 2“.

Аквизициони сервер је скуп софтверских компоненти повезаних у једну целину са циљем да податке који се привремено складиште на систему за мерење и прикупљање података преузме, валидује и припреми за слање на централни сервер базе података ХИС-а. У случају да је систем за мерење и прикупљање података непотпун, тј. да опрема и софтвери за привремено складиштење нису имплементирани у пуном обиму, аквизициони сервер преузима на себе и њихову улогу (директна комуникација са опремом и уређајима за мерење и аквизицију).

Постоје два аквизициона сервера (један на ХЕ „Ђердап 1“ и један на ХЕ „Ђердап 2“) која комуницирају са једним централним сервером. Аквизициони сервер на ХЕ „Ђердап 1“ врши и преузимање података од РХМЗ Србије, што подразумева постојање протокола о размени података између РХМЗ и ХЕ „Ђердап“. Имплементирани су у облику две виртуелне машине на ИТ инфраструктури ХЕ „Ђердап“.

Централни сервер чини скуп софтверских компоненти повезаних у једну целину са циљем координације, дистрибуирања, синхронизације и складиштења података, као и управљања приступом подацима и сервисима. Централни сервер се налази у средишту информационо-комуникационе инфраструктуре система и сви други елементи система у одређеном обиму комуницирају са њим. Имплементиран је у облику виртуелне машине на ИТ инфраструктури ХЕ „Ђердап“.

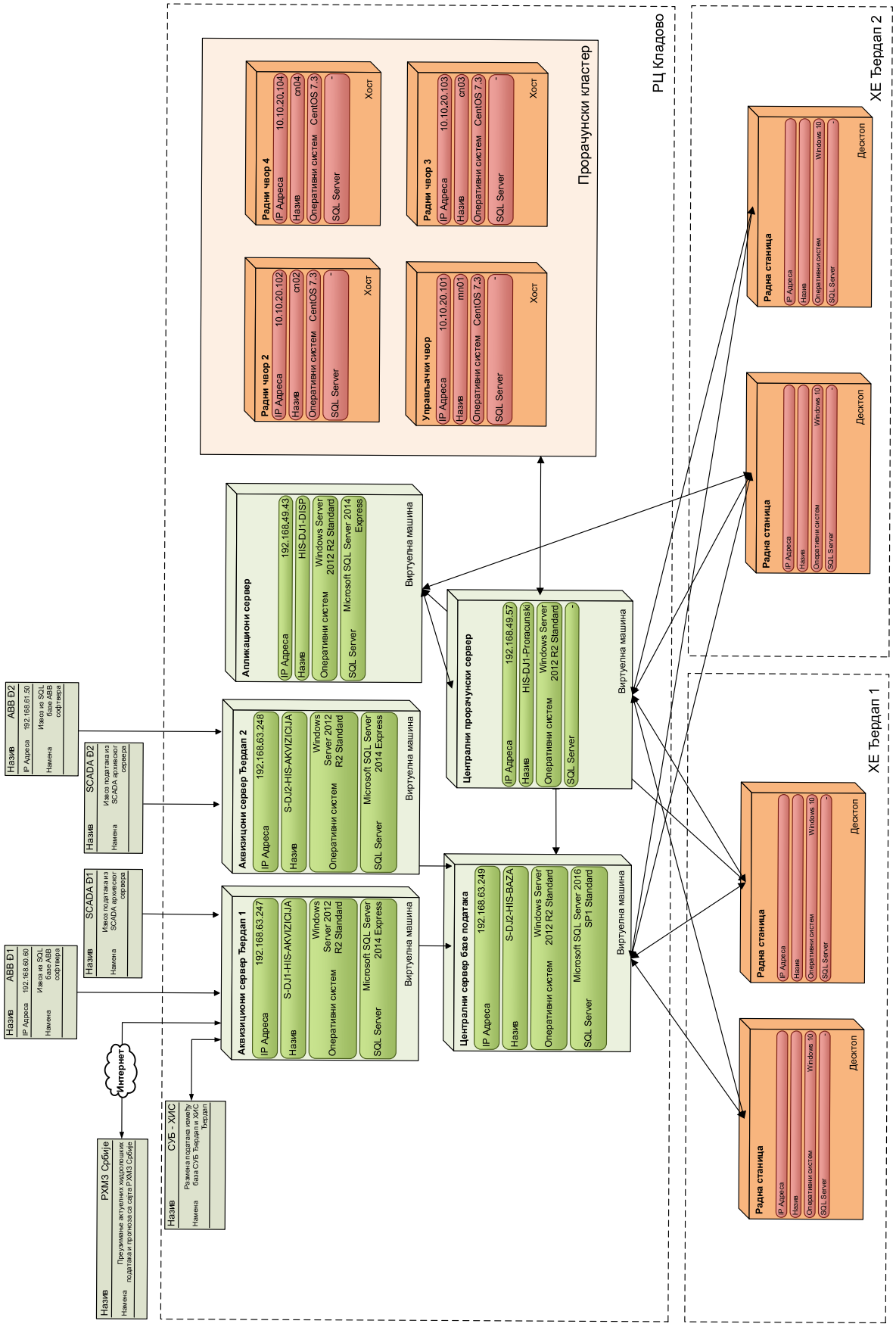
Податке из централног сервера базе података користе централни прорачунски сервер и кориснички подсистеми.

Централни прорачунски сервер је скуп софтверских компоненти повезаних у једну целину са циљем да се обезбеди инфраструктура неопходна за коришћење математичких модела у процесу управљања водним ресурсима. Због специфичности и сложености прорачуна који се врше са хидрауличким моделима и примене оптимизационих алгоритама, платформа централног прорачунског сервера и системски софтвер омогућавају паралелизацију прорачуна и имају могућност периодичне надоградње.

Апликациони сервер садржи серверске компоненте на којима се заснивају кориснички алати за подршку управљању експлоатацијом хидропотенцијала. Формиран је у ХИС Ђердап 2017 како би се омогућила што боља ефикасност вршења оперативних прорачуна и опслуживања рада диспечерских служби ЈП ЕПС, како у Кладову, тако и у Неготину и Београду.

Прорачунски кластер чине четири сервера груписаних у прорачунски кластер који функционише на ИТ инфраструктури ХЕ „Ђердап 1“. Овај кластер је формиран у складу са потребама оптимизационих процеса и прорачуна који се користе у ХИС „Ђердап“ 2017, али има и могућности проширивања за могуће захтевне прорачуне у будућности. Ресурси кластера се користе искључиво преко слоја за управљање прорачунима.

На Слика 4-1 је приказана шема повезаности хардверских и софтверских компоненти ХИС Ђердап 2017.



Слика 4-1 Хардверска и софтверска имплементација ХИС Ђердап 2017

У наредној табели приказа је конфигурација сервера реализованих на ИТ инфраструктури ХЕ „Ђердап“ у облику виртуелних машина на VMware платформи.

Табела 4-1 Конфигурација сервера

Назив сервера	Намена сервера	CPU	RAM (GB)	HDD (GB)
S-DJ1-HIS-AKVIZICIJA	Аквизициони серве Ђердап 1	4	8	80
S-DJ2-HIS-AKVIZICIJA	Аквизициони серве Ђердап 2	4	8	80
S-DJ2-HIS-BAZA	Централни сервер базе података	6	16	300
HIS-DJ1-DISP	Апликациони сервер	6	8	150
HIS-DJ1-Proracunski	Централни прорачунски сервер	6	8	450

Аквизициони серве Ђердап 1 прикупља податке из следећих извора:

- SCADA Ђердап 1,
- ABB Ђердап 1,
- РХМЗ Србије,
- Размена података СУБ-ХИС.

Размена података са SCADA системом Ђердап 1 функционише тако што SCADA систем своје извештаје у облику CSV фајлова, периодично шаље на аквизициони сервер путем дељеног директоријума. Из тог разлога је важно да, у контексту рачунарске мреже, аквизициони сервер Ђердап 1 буде „видљив“ за SCADA сервер.

За приступ АББ серверу, ЕТЛ шема за преузимање података која се налази на аквизиционом серверу повезује се на SQL базу података на којој се налази АББ бројило. Да би ово било могуће, SQL сервер на АББ бројилу треба да има подешен мрежни приступ са одговарајућим корисничким именом и лозинком.

За преузимање података са сајта РХМЗ Србије, на аквизиционом серверу Ђердап 1 налази се ЕТЛ шема која скупља актуелне податке са веб сајта. За приступ веб сајту, аквизициони сервер захтева интернет конекцију.

Сви подаци који се прикупе на аквизиционом серверу Ђердап 1 шаљу се у централну базу података која се налази на централном серверу базе података. Уколико ова веза не функционише, из било ког разлога, подаци остају у помоћном складишту на аквизиционом серверу до поновног успостављања везе.

Аквизициони сервер Ђердап 2 прикупља податке из следећих извора:

- SCADA Ђердап 2,
- ABB Ђердап 2.

Размена података са SCADA системом Ђердап 2 функционише тако што SCADA систем своје извештаје у облику CSV фајлова, периодично шаље на аквизициони сервер путем дељеног директоријума. Из тог разлога је важно да, у контексту рачунарске мреже, аквизициони сервер Ђердап 2 буде „видљив“ за SCADA сервер.

За приступ АББ серверу, ЕТЛ шема за преузимање података која се налази на аквизиционом серверу повезује се на SQL базу података на којој се налази АББ бројило. Да би ово било могуће, SQL сервер на АББ бројилу треба да има подешен мрежни приступ са одговарајућим корисничким именом и лозинком.

Сви подаци који се прикупе на аквизиционом серверу Ђердап 2 шаљу се у централну базу података која се налази на централном серверу базе података. Уколико ова веза не функционише, из било ког разлога, подаци остају у помоћном складишту на аквизиционом серверу до поновног успостављања везе.

Централни сервер базе података је средиште информационо – комуникационе структуре. До њега долазе подаци са аквизиционих сервера, а истовремено је задужен за пружање података како

корисницима који податке захтевају са радних станица, тако и централном прорачунском серверу за потребе различитих прорачунских анализа.

Централни прорачунски сервер повезује апликациони сервер на коме се налазе серверске компоненте корисничких алата за подршку управљању експлоатацијом хидропотенцијала, прорачунски кластер и централни сервер базе података. Централни прорачунски сервер добија захтев за покретање прорачуна од апликационог сервера. За захтевани прорачун потребни су подаци који се добијају упитом ка централном серверу базе података. Тако припремљен посао, прослеђује се прорачунском кластеру који решава задати проблем. Након тога централни прорачунски сервер врши надзор над покренутим прорачуном и извештава корисника о статусу покренутог прорачуна.

Апликациони сервер повезан је са радним станицама од којих, са клијентске стране, добија захтеве и улазне параметре за покретање прорачуна у оквиру групе корисничких алата за подршку управљању експлоатацијом хидропотенцијала. Такве захтеве је потребно обрадити и допунити потребним информацијама пре слања на централни прорачунски сервер. Такође, информације добијене са централног прорачунског сервера треба проследити клијентима на радним станицама како би имали увид у стање анализе која се тренутно извршава.

5 СМЕРНИЦЕ ЗА КОРИШЋЕЊЕ, ОДРЖАВАЊЕ И ДАЉИ РАЗВОЈ

На основу свега изнетог у претходном поглављу, може се сматрати да је ХИС „Ђердап“ у току предметне фазе развоја у 2017. години успешно реализован:

- Корисници система у диспечерским службама су обучени за самосталан рад и коришћење ХИС „Ђердап“
- Корисници система у ИТ службама су обучени за самосталан рад и администрацију система ХИС „Ђердап“
- На основу искуства стеченог кроз коришћење ХИС „Ђердап“, развоја постојећег система, као и предлога и сугестија корисника, формиране су нове верзије: аквизиционих сервера, централног сервера базе података, централног прорачунског сервера, корисничког подсистема за анализу података и администраторских алата, и самим тим су испуњени сви хардверско/софтверски захтеви неопходни за оперативно коришћење ХИС „Ђердап“
- Развијени су кориснички алати за подршку управљању експлоатацијом хидропотенцијала: кориснички алат за оперативну подршку производњи и трговини електричном енергијом, кориснички алат за оперативну подршку управљању системом у периоду великих вода, кориснички алат за дугорочне хидрауличко-хидроенергетске анализе, кориснички алат за реконструкције стања система и кориснички алат за реконструкцију дотока у акумулацију, чиме је остварен потпуни обим развоја система у домену прорачунских алата.
- Инсталација софтверских компоненти ХИС „Ђердап“ 2017, обука корисника на инсталираним корисничким алатима, као и упутства дата кроз пратећу документацију, биће остварена до краја реализације пројекта.

Имајући у виду сложеност и значај разматраног система ХЕ „Ђердап 1“ и ХЕ „Ђердап 2“, као и раније поменути фазни развој Хидроинформационог система „Ђердап“, у наставку се дају смернице за даљи развој и имплементацију:

- Посебну пажњу посветити развоју осматрачког система у погледу квалитета мерења и поузданости у преносу и обради података, с обзиром на то да је ово један од најважнијих елемената неопходан за правилан и поуздан рад система,
- Потребно је увести у свакодневну процедуру рада креирање извештаја о анализи и обради података, као и креирање извештаја о информацијама добијеним кроз поступак реконструкције експлоатације хидропотенцијала,
- Потребно је увести у пробно коришћење процедуру израде оперативних планова ангажовања хидроелектрана у систему,
- Радити на побољшању перформанси система, како би се омогућило коришћење система на кораку краћем од енергетског дана, тј. на кораку не дужем од једног часа,
- Наставити са процедуром заједничког рада, са стручним кадром који ће користити систем, и увођењем ХИС „Ђердап“ у свакодневну употребу у огранку ХЕ „Ђердап“ и у службама ЈП ЕПС,
- Оспособити стручни ИТ кадар за администрацију и одржавање на иновираним хардверским и софтверским компонентама ХИС „Ђердап“.

У наставку се детаљније дају смернице за коришћење и одржавање ХИС Ђердап 2017, као и смернице за даљи развој.

5.1 СМЕРНИЦЕ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ХИС ЂЕРДАП

5.1.1 Анализа и управљање подацима

Хидроинформациони систем „Ђердап“ 2017 је испоручен са попуњеним централном базом података и базом метаподатака и конфигурисаним слојевима и алатима. У испорученом стању, ХИС представља сложен систем аутоматизованих компоненти и апликација који захтева одређено одржавање од стране стручног особља, како би се гарантовао стални приступ корисницима преко корисничких алата. Сами корисници морају бити обучени за коришћење алата ХИС-а, за обављање задатака који су им поверени.

Претпоставка за правилно коришћење података у ХИС „Ђердап“ 2017 је структуирање група корисника и додела права и одговорности корисницима. У том смислу се препоручују следеће групе корисника:

- Супервизор – група корисника (најмање један, пожељно два) који познају целовиту структуру ХИС-а и који прате рад појединачних компоненти, али и њихове здружене функције, како би правовремено уочили проблеме и реаговали на њих..
- Експерти за податке – група корисника која има улогу анализирања података и њихове корекције у централној бази података.
- Корисници података - најбројнија група коју чине обични корисници који имају право да користе корисничке алате (осим експертског) за преузимање и визуелизацију података. Корисници података имају право да претражују податке, користе панеле и графичке подлоге, преузимају податке преко корисничких алата. Немају право да мењају податке, панеле и графичке подлоге, већ се за те потребе морају обратити администратору централне базе података.
- Оператери ручног уноса. Оператери ручног уноса имају права да користе алат ручног уноса, да кроз њега уносе податке, мењају их и бришу (када им то систем дозвољава) и да уносе напомене о подацима. Имају одговорност да уносе податке у неизмењеном облику, као и да контролишу сопствене уносе, због могућих грешака.

Подаци који су једнократно похрањени у централној бази ХИС-а (историјски подаци) као и подаци који су предмет перманентног процеса аквизиције, имају двоструку сврху:

- омогућавају корисницима увид у осматрања у систему на начин који омогућава бољу информисаност у доношењу управљачких одлука и
- представљају улазе за вршење прорачуна над математичким моделом.

ХИС „Ђердап“ 2017 обезбеђује подршку управљању подацима о систему осматрања и прикупљања података и у случају значајних промена у том систему. Зато су обезбеђени и администраторски алати који пружају подршку у коришћењу података, увођењем нових ентитета у систем, одржавањем графичких подлога и дијаграма итд.

Метаподаци похрањени у централној бази ХИС-а имају двоструку улогу:

- ове информације представљају додатне информације које су неопходне да би се архивирани осмотрени подаци на правилан начин разумевали и користили и
- њиховом систематизацијом и анализом може се стећи увид у ефикасност осматрачког система.

Обзиром на њихов значај, посебну пажњу у одржавању ХИС „Ђердап“ треба посветити систематском приступу прикупљања и архивирања метаподатака о процесу мерења и самом мерном систему.

5.1.2 Оперативно пружање подршке управљању експлоатацијом хидропотенцијала

За пружање подршке у управљању експлоатацијом хидропотенцијала предвиђају се следеће групе корисника:

- Експерти планери на објекту – представљају групу корисника која се бави оперативним и дугорочним планирањем и управљањем експлоатацијом хидропотенцијала. Ови корисници своју улогу остварују кроз корисничке алате за подршку експлоатацији хидропотенцијала. Обзиром да је предуслов за коришћење ових алата управо исправно функционисање свих осталих компоненти система, ова група корисника има одговорност да сигнализира било коју неправилност у раду (аквизиција, обрада, рад нумеричких модула, математичког модела или алата).
- Експерти планери службама ЈП ЕПС – представљају групу корисника која се бави оперативним планирањем и уклапањем производње ХЕ „Ђердап“ у рад интегралног енергетског система. Ови корисници своју улогу остварују кроз корисничке алате за подршку експлоатацији хидропотенцијала.

Наведени експерти треба да свакодневно користе предвиђене алате ХИС „Ђердап“ у циљу стицања увида у стање хидропотенцијала, рада објеката и дневног планирања рада.

Предуслови за ове активности су да на почетку сваког енергетског дана ХИС „Ђердап“ располаже довољним бројем мерења са система за осматрање и да успешно извршава ажурирање математичког модела.

5.1.3 Системско пружање подршке управљању експлоатацијом хидропотенцијала

Помоћу наменске корисничке апликације за дугорочне хидрауличко-хидроенергетске анализе, корисници система могу повремено да врше:

- анализе спроведеног управљања над историјски забележеним подацима,
- анализе варијантних решења у условима постојећих стратегија управљања над историјски забележеним подацима,
- анализе алтернативних стратегија управљања над историјски забележеним подацима и
- анализе управљања над хипотетичким подацима.

Ова корисничка апликација је намењена првенствено експертима планерима у оквиру ХИС-а, али се по потреби може користити и у овлашћеним институцијама за сложене анализе у решавању могућих проблема у расподели хидропотенцијала.

Периодично је потребно вршити прорачуне којим би се спровеле анализе раније донетих одлука (утврђивање оптималности већ спроведених ревитализација опреме и постојећих стратегија управљања). Поред тога, потребно је вршити прорачуне анализе варијантних решења у смислу могућих инвестиција у ревитализацију опреме или санирања постојећих капацитета, а уз поштовање постојећих стратегија управљања (тј. уз поштовање важећег Правилника). На пример, могуће је анализирати ефекте ревитализације агрегата који још нису ревитализовани, или анализирати ефекте промене карактеристика постојећих агрегата (нпр. границе радне области) у циљу продужења века трајања и сл. Резултати који су дати на целом периоду омогућавају сагледавање дугорочних ефеката измена у систему, а додатно се формира и извештај о нарушавању ограничења.

Дугорочни прорачуни се спроводе и зарад анализе алтернативних стратегија управљања, тј. правила управљања која одступају од постојећег Правилника, при чему се може радити са постојећим карактеристикама објеката или варијантним решењима. Циљ је утврђивање оптималних правила управљања у складу са стањем на објектима, које се значајно разликује од стања над којим је дефинисан Правилник.

Коначно, значајна је и анализа рада система у хипотетичким ситуацијама. Могуће је вршити анализе рада објеката у условима екстремно великих или малих вода, у хаваријским ситуацијама или у условима неповољних хидролошких епизода које се могу десити у току ревитализације и радова на евакуационим органима (санација преливних поља и сл.).

Кроз кориснички алат за реконструкцију дотока у акумулацију потребно је периодично утврђивати стање нумеричког модула за асимилацију мерења кроз поређења хидрауличких величина и одређивање корекције прогнозираних и оперативних осмотрених дотицаја на улазним профилима модела, у сарадњи са експертом за податке.

Нумерички модул за асимилацију мерења у свакодневној употреби ХИС „Ђердап“ кроз аутоматизовани процес асимилације мерења врши естимацију хидрауличког стања у акумулацији. Поступком ажурирања контролери поправљају стање модела минимизирањем разлика између мерених и рачунатих дубина. Уколико је циљ ажурирања модела да се постигне веродостојно стање модела у одређеном тренутку, довољно је препустити контролерима посао асимилације а евентуалне грешке у протоцима ће кориговати контролери помоћу фиктивних дотока.

Кроз овај алат корисник може да утиче на алгоритам утврђивања стварних вредности протока на хидролошким станицама. Користи се за анализу извршених естимација и утврђивања вредности битних, практично системских параметара (криве протока на почетним профилима и сл.), као и за усвајање меродавних протицаја за анализирани период.

Коришћењем алата за реконструкцију стања система, потребно је периодично утврђивати: нерегуларности у систему осматрања, попунити недостајуће податке мерења, као и естимирати вредности за релевантне величине које се не мере већ се аутоматски обрачунавају (карактеристични нивои и протицаји) и сл.

Периодичним покретањем овог алата, експерт може да упореди податке мерења и резултате модела и на тај начин утврдити могуће нерегуларности у систему осматрања: да ли је дошло до прекида у појединим мерењима, периодичног погрешног очитавања мерача или системских грешака мерења. У случају непостојања мерења у другим системима за прикупљање података (SCADA, Oracle и сл.), овим алатом се могу реконструисати разни подаци који су на неки начин изгубљени у мерењима. Поред тога, овим алатом се реконструишу разни подаци који се не мере директно, па их је могуће користити за разне анализе, стратегије управљања, улагања у опрему и сл.

5.1.4 Заједнички рад са корисницима

Да би се ХИС „Ђердап“ успешно користио у Огранку ХЕ „Ђердап“ и у службама ЈП ЕПС, неопходно је наставити спровођење заједничког рада са стручним кадром који ће користити систем.

Током заједничког рада треба испитати могућност употребе ХИС „Ђердап“ у решавању текућих проблема у планирању и реализацији планова експлоатације хидропотенцијала, и када се то испостави као оправдано искористити ХИС „Ђердап“ у смислу пружања подршке решавању наведених проблема. Неки од најважнијих задатака су:

- Израда методологије прорачуна додатно искоришћеног потенцијала на Систему Ђердап 1 због губитка пада на решеткама хидроагрегата, као и спровођење потребних контролних прорачуна и анализа;
- Израда техничке документације и добијање потребних дозвола од надлежних државних органа како би, у првој фази, прешли са садашњег експерименталног режима на трајни режим експлоатације са максималном котом успора горње воде 41,25 m изнад ЈМ на Систему Ђердап 2, имајући у виду досадашње позитивне енергетске ефекте у експерименталном режиму. Ово подразумева употребу ХИС „Ђердап“ у спровођењу низа контролних прорачуна и анализа дугорочног рада система у различитим условима експлоатације;
- Утврђивање експлоатационих карактеристика ревитализованих агрегата у ХЕ Ђердап 1, које ће обе стране користити у оквиру ЗДСЕ, односно вршење контролних прорачуна и анализа.

5.2 СМЕРНИЦЕ ЗА ОДРЖАВАЊЕ ХИС ЂЕРДАП

ХИС „Ђердап“ 2017 представља сложен софтверско/хардверски систем који треба одржавати, како превентивно у смислу формирања резервних копија података и подешавања, тако и у оперативном смислу одржавањем садржаја који се налазе у базама и фајловима ХИС-а. С обзиром на различитост података и процеса на разним компонентама система, у даљем тексту су приказане смернице за одржавање појединачних сервера ХИС-а, који логички и физички групишу компоненте сличних намена.

Претпоставка за правилно одржавање ХИС „Ђердап“ 2017 је структуирање група корисника и додела права и одговорности корисницима. У том смислу се препоручују следеће групе корисника:

- Администратори централне базе података. Администратор централне базе података треба да буде лице у стручној области осматрања и прикупљања података, и не мора нужно бити информатичар, пошто се централна база података одржава преко администраторског алата. Администратор централне базе података има право да додаје, мења и брише садржаје из централне базе података. Има одговорност да спроводи захтеве корисника над базом (на пр. додавање нових подлога) и да обезбеди исправне и ажурне податке.
- Администратори аквизиционог сервера. Процеси аквизиције су захтевнији по питању стручности администратора, па се препоручује да администратор аквизиционог сервера буде особа са информатичарским познавањем система за осматрање и прикупљање података. Посебно је важно да овај администратор може да комуницира са особама одговорним за SCADA системе, како би био у стању да реализује правилну аквизицију у случају промена у обиму података са поменутих система. Администратор аквизиционог сервера користи администраторски алат за управљање администраторским сервером и има права додавања, измена и брисања аутоматизованих послова аквизиције и формулара ручног уноса. Има и одговорност да обезбеди правилан рад аквизиционог сервера и да прати његов рад, посебно у случају да подаци из неког извора престану да се преузимају.
- Администратори централног сервера. Администратор централног сервера користи администраторски алат за управљање централним сервером за послове одржавања слоја за пријем и контролу квалитета мерених техничких података (у даљем тексту ККМТП) и слоја за обраду и пружање података, као и слоја за управљање приступом систему. Стога би корисници из ове групе требало да буду информатичарске струке, пошто се највећи део њихових задужења односи на управљање корисничким налозима и правима приступа. У делу управљања слојем за пријем и ККМТП и слојем за обраду и пружање података није потребно експертско познавање процеса контроле квалитета и обраде података, јер је тај посао делегиран експерту. Администратор централног сервера има право да додаје, мења и брише изведене величине, оцењиваче ККМТП, корисничке налоге и групе корисника, као и да управља правима приступа у систему. Одговорности су му: да обезбеди исправно функционисање слојева централног сервера, да одговара на захтеве за формирање и измену корисничких налога и да прати рад сервера и по потреби реагује на могуће проблеме.

5.2.1 Одржавање софтверских компоненти

Одржавање аквизиционих сервера базе података ХИС „Ђердап“ се може посматрати из два апсекта:

- одржавање садржаја коришћењем администраторских алата ХИС-а и
- одржавање софтверских компоненти коришћењем администраторских алата и системских процедура.

Одржавање слојева аквизиционог сервера врши администратор аквизиционог сервера. Администратор аквизиционог сервера треба да буде особа која поред тога што поседује знања из информационих технологија у делу одржавања рачунарских сервера потребно је да познаје и мерни систем. Познавање мерног система је први предуслов за евентуално отклањање проблема који могу настати у току

свакодневног рада аквизиционог сервера. Поред овог, администратор аквизиционог сервера треба да познаје и начин рада алата за ручни унос података обзиром да је администратор особа која може да мења изглед постојећег или да додаје нови формулар за унос података.

Одржавање централног сервера базе података ХИС „Ђердап“ се може посматрати из два апсекта:

- одржавање садржаја база података коришћењем администраторских алата и backup базе података и
- одржавање софтверских компоненти коришћењем администраторских алата и системских процедура.

Из угла коришћења администраторских алата ХИС-а од стране администратора, важно је пратити основне смернице за коришћење појединачних алата. При томе је од изузетног значаја што боље документовати поступке са одговарајућим метаподацима, а посебно у случају увођења нових врста и модела у систему осматрања и прикупљања података.

Одржавање серверских компоненти централног сервера се врши администраторским алатом за управљање централним сервером, који је намењен администратору централног сервера. Администратор централног сервера треба да буде особа која, поред тога што поседује знања из информационих технологија у делу одржавања рачунарских сервера, познаје и начин функционисања целокупног система. Свака измена на централном серверу одразиће се на рад целокупног система. Администратор централног сервера је особа која, по потреби, треба да уводи нове изведене серије, нове шеме за оцену техничког квалитета података, нове кориснике и да прати рад самог система.

Одржавање централног прорачунског сервера ХИС „Ђердап“ се може посматрати из два апсекта:

- одржавање садржаја коришћењем администраторских алата и
- одржавање софтверских компоненти коришћењем администраторских алата и системских процедура.

Прорачунски кластер је сложени хардверско/софтверски систем који се мора одржавати у функцији, због исправног функционисања остатка ХИС-а. Са друге стране, поседовање три прорачунска чвора омогућава рад и у условима када је један или два прорачунска чвора ван функције. Ако дође до отказа једног или више чворова спровести поступак инсталације дат у књизи 21 (верзија ХИС Ђердап 2016).

Софтверске компоненте ХИС Ђердап 2017 су инсталиране на виртуелној инфраструктури, па је могућа процедура формирања и враћања резервне копије целих виртуелних машина, што је најефикаснији модел backup/restore процедуре по питању доступности система.

5.2.2 Заједнички рад са администраторима ХИС Ђердап

У циљу интеграције ХИС „Ђердап“ са другим системима (Oracle, SCADA и сл.), као и даљег одржавања и исправног рада, неопходно је оспособити стручни ИТ кадар за администрацију и одржавање хардверских и софтверских компоненти ХИС „Ђердап“. Потребно је реализовати следеће активности:

- Израда детаљног плана спровођења регуларног заједничког рада са особљем ИТ службе ХЕ „Ђердап“, у вези коришћења администраторских алата ХИС Ђердап 2017, који мора бити усаглашен са особљем ИТ службе ХЕ „Ђердап“;
- Регуларни заједнички рад на коришћењу администраторских алата ХИС Ђердап 2017 са особљем ИТ службе ХЕ „Ђердап“, са израдом парцијалног извештаја који мора бити усвојен од стране учесника;
- Заједнички рад на коришћењу администраторских алата ХИС Ђердап 2017 са особљем ИТ службе ХЕ „Ђердап“ у случају непредвиђених проблема у раду, са израдом парцијалног извештаја који мора бити усвојен од стране учесника;
- Израда детаљног плана спровођења регуларног заједничког рада са особљем ИТ службе ХЕ „Ђердап“ у вези администрације хардверских компоненти и системског софтвера ХИС Ђердап 2017, који се усаглашава са истима;

- Регуларни заједнички рад на администрацији хардверских компоненти и системског софтвера ХИС Ђердап 2017 са особљем ИТ службе ХЕ „Ђердап“, са израдом парцијалног извештаја који мора бити усвојен од стране учесника;
- Заједнички рад на администрацији хардверских компоненти и системског софтвера ХИС Ђердап 2017 са особљем ИТ службе ХЕ „Ђердап“ у случају непредвиђених проблема у раду, са израдом парцијалног извештаја који мора бити усвојен од стране учесника.

Усвојене парцијалне извештаје је потребно архивирати у ХИС „Ђердап“ у PDF формату у циљу формирања евиденције и заједничком раду и каснијем тумачењу и коришћењу у иновацији система и пратећих корисничких упутстава.

5.3 СМЕРНИЦЕ ЗА ДАЉИ РАЗВОЈ ХИС ЂЕРДАП

5.3.1 Смернице за даљи развој централног сервера базе података

Квалитет мерених техничких података представља важан сегмент Хидроинформационог система. У ХИС „Ђердап“ 2017 у потпуности је развијен сервис за пријем података и ККМТП који представља саставни део централног сервера. На сервису за пријем података и ККМТП реализоване су све, теоријским поставкама предвиђене, методе ККМТП.

За све временске серије које су предмет аквизиције формиране су шеме и методе на основу којих се врши оцена квалитета одређене класе мерене величине. Након формирања шема и избора адекватних метода за ККМТП одређене серије, извршена је и њихова калибрација.

У процесу калибрације појавио се одређен број објективних проблема који су у одређеној мери условили да се за одређене методе сама калибрација изврши у ограниченом обиму. Конкретно, временске серије оперативног мерења нивоа (часовне и получасовне вредности) на станицама којим управља Републички хидрометеоролошки завод доступне су за врло кратак временски период. Доступни подаци нису довољни за квалитетну калибрацију метода ККМТП. Стога се приступило „прелиминарној“ калибрацији ових метода на основу средњих дневних вредности на дужем временском периоду (више година) чиме су утврђени оквирни параметри, који су и усвојени. Неопходно је у наредном периоду, када се повећа фонд оперативних података о мерењима нивоа на РХМЗ хидролошким станицама, извршити поновну рекалибрацију параметара метода ККМТП за наведене серије.

Поред већ дефинисаних метода, потребно је испитати могућности за развој и имплементацију додатних метода ККМТП које укључују, како специфичне математичке моделе које везују мерене величине, тако и нпр. системске моделе који укључују не само регресионе већ и моделе класификације и моделе груписања.

5.3.2 Смернице за даљи развој централног прорачунског сервера

Свакодневном применом ХИС „Ђердап“ у реалним условима временом се долази до нових сазнања везаних за поузданост одређених мерења, за понашање математичког модела и разних других информација које представљају стечено експертско знање које може имати утицаја на тумачење квалитета текућег усвојеног сета параметара. Неки од најбитнијих разлога су:

- значајно увећање фонда података о осматрањима,
- нова снимања попречних профила у акумулационим језерима Система Ђердап 1 и Система Ђердап 2 и кориту Дунава низводно од Система Ђердап 2 до Тимока (планирана за 2019. годину),
- увођење нових мерних мерна места,
- утврђивање значајнијих промена у перформансама објеката и опреме и сл.

Све наведено указује на чињеницу да текући усвојени сет параметара никада не представља глобално оптимално решење, већ да се временом модел треба, када се за то стекну услови (а сигурно након сваке нове серије снимања корита), и рекалибрисати.

Имајући у виду претходно наведене чињенице, у ХИС „Ђердап“ је према математичком моделу и његовом оптималном сету параметара усвоје флексибилан приступ, и предвиђени су следећи кораци:

- Када се стекну услови врши се периодична рекалибрација. Пошто је ово захтеван процес који није аутоматизован, њега спроводи овлашћена институција. Након више циклуса калибрације, када се формира база знања и утврде доминантни утицаји на поступак калибрације, стећи ће се услови да се овај поступак аутоматизује.
- О рекалибрацији модела формира се одговарајући Извештај који се у базу података похрањује у секцији Документи, као PDF фајл са одговарајућим пратећим Excel фајловима који садрже све информације и временске серије које су резултат калибрације и верификације.

Претходно важећи сет параметара се „архивира“ и у базу података се похрањује нови оптимални сет параметара математичког модела. Овим параметрима се може приступити кроз Кориснички алат за преглед историјских података и Кориснички алат за дугорочне хидрауличко-хидроенергетске прорачуне.

Редовним радом нумеричког модула за асимилацију мерења, тј. ажурирањем стања модела постиже се, са једне стране да су рачунске дубине блиске измереним дубинама, а са друге стране, добијају се потребни фиктивни дотоци (позитивни или негативни) који су били неопходни рачунском моделу да би постигао мерене дубине.

У моделираном систему Дунава се увек остварује хидраулички миран режим течења. У мирном режиму се хидраулички утицаји преносе и узводно и низводно од поремећаја, тако да овако дата упрошћена подела зона утицаја контролера није једнозначна. У зависности од тренутних услова, фиктивни доток на сваком од контролера утиче у већој или мањој мери и на узводне и на низводне пресеке. Потребно је непрестано унапређивати алгоритме којима се на основу поступка асимилације одређују ажурирани, поправљени дотоци.

Кориснички алат за реконструкцију дотока у акумулацију има за циљ да превазиђе ове проблеме, тако што омогућава да корисник утиче на алгоритам утврђивања стварних вредности протока на хидролошким станицама. Корисници алата, имају могућност да мењају криве протока на узводним границама хидрауличко-хидроенергетског модела, формирају различите комбинације улазних кривих и на крају пореде резултате прорачуна генерисаних сценарија.

Изменама оригиналних кривих протока, које се користе у хидрауличко – хидроенергетском моделу, корисник може да креира различите комбинације параметарских кривих које користи у прорачуну, тако да добије прорачунско стање модела које верно одсликава реално стање забележених нивоа на Дунаву и притокама. Комбинација параметарских кривих се обезбеђује креирањем различитих сценарија прорачуна, тако да је омогућено једноставно поређење резултата модела за различите усвојене криве, а у циљу тачнијег одређивања дотока. Параметар који је при томе потребно минимизирати је просечна корекција дотока у акумулацију Ђердап 1 током разматраног периода реконструкције.

5.3.3 Смернице за даљи развој корисничког подсистема за подршку управљању експлоатацијом хидропотенцијала

5.3.3.1 Кориснички алат оперативну подршку производњи и трговини електричном енергијом

Потребно је функционалности постојеће верзије алата за оперативну подршку производњи и трговини електричном енергијом проширити у циљу коришћења алата у реалном времену. Постојећи кориснички алат за оперативну подршку производњи и трговини електричном енергијом функционише на бази

енергетског дана, тј. резултати прорачуна се могу видети на часовном нивоу, али се управљачке величине које се односе на одлучивање увек дефинишу од почетка до краја енергетског дана.

У новој верзији корисничког алата за оперативну подршку производњи и трговини електричном енергијом потребно је кориснику омогућити да у било ком тренутку може добити краткорочну прогнозу (до 24 сата) понашања система за важећи план рада. Поред наведеног, кориснику треба омогућити и да у било ком тренутку, ослањајући се на ажурно стање модела, изврши и евентуалне корекција плана и изради краткорочну прогнозу понашања система.

Потребно је развити механизме којима ће се узимати у обзир поузданост хидролошке анализе и естимираног стања хидрауличко-хидроенергетског модела при одређивању реализације нивоа на Дунаву.

Аутоматско дефинисање оптималног плана рада није предмет унапређења, тако да у новој верзији ова функционалност остаје иста као у ХИС Ђердап 2017.

5.3.3.2 Кориснички алат за оперативну подршку управљању системом у периоду великих вода

Потребно је функционалности постојеће верзије алата за оперативну подршку управљању системом у периоду великих вода проширити у циљу коришћења алата у реалном времену. Постојећи кориснички алат за оперативну подршку управљању системом у периоду великих вода функционише на бази енергетског дана, тј. резултати прорачуна се могу видети на часовном нивоу, али се управљачке величине које се односе на одлучивање увек дефинишу од почетка до краја енергетског дана.

У новој верзији корисничког алата за оперативну подршку управљању системом у периоду великих вода потребно је кориснику омогућити да у било ком тренутку може добити краткорочну прогнозу (до 24 сата) понашања система за важећи план евакуације. Поред наведеног, кориснику треба омогућити и да у било ком тренутку, ослањајући се на ажурно стање модела, изврши и евентуалне корекција плана и изради краткорочну прогнозу понашања система.

Потребно је развити механизме којима ће се узимати у обзир поузданост хидролошке анализе и естимираног стања хидрауличко-хидроенергетског модела при одређивању реализације нивоа на Дунаву.

Аутоматско дефинисање оптималног плана рада није предмет унапређења, тако да у новој верзији ова функционалност остаје иста као у ХИС Ђердап 2017.

5.3.3.3 Кориснички алат за дугорочне хидрауличко-хидроенергетске анализе

Потребно је функционалност постојеће верзије корисничког алата за дугорочне хидрауличко-хидроенергетске анализе проширити у деловима: управљања радом појединачних агрегата и преливних поља, као и варијантним решењима расподеле воде на српски и румунски део система и статистичке обраде масовних података који се добијају оваквом употребом хидрауличко-хидроенергетског модела. Поред постојећих резултата који се односе на режиме нивоа и протока, као и рад објеката електране и преливних брана, потребно је омогућити детаљније анализе рада појединачних агрегата и преливних поља.

Потребно је проширити постојеће механизме генерисања теоретских хидролошких низова који би се могли користити као улазни подаци.

У складу са проширењем функционалности корисничког интерфејса, потребно је развити и нове механизме за аутоматско креирање извештаја о резултатима анализа појединачних агрегата и преливних поља (криве трајања, статистички показатељи и сл.).

Због сложености прорачуна и значајних потреба у погледу прорачунских ресурса, потребно је омогућити да нова верзија корисничког алата за дугорочне хидрауличко-хидроенергетске анализе може користити прорачунску базу у циљу смештања, претраживања и преузимања резултата прорачуна.

5.3.3.4 Кориснички алат за реконструкције стања система

Потребно је функционалности постојеће верзије корисничког алата за реконструкције система проширити у циљу коришћења алата за вршење реконструкције годишњих периода и анализа рада система.

У новој верзији корисничког алата за реконструкције стања система потребно је кориснику омогућити да:

- из базе података преузме низове података за изабрани период.
- изврши прорачуне реконструкције рада система
- изврши анализу одступања од режима рада дефинисаног Правилником на контролним профилима,
- изврши прорачуне:
  - просечних кривих протока за период обраде на сваком изабраном профилу низводно од ушћа Саве,
  - параметарских кривих протока за Саву, Тису и Дунав узводно од ушћа Саве,
  - трајање нивоа на изабраним профилима за цео или део прорачунског периода,
  - разлике дуж тока између изабраних профила,
  - разлике рачунатих средњедневних нивоа на изабраном профилу и изабраној хидролошкој станици,
  - унутаргодишње расподеле просечних средњедневних и екстремних (минималних и максималних) нивоа на изабраним профилима (по данима),
- да изради аутоматске извештаје о раду система,
- да на флексибилан начин врши упите над резултатима и исте визуализује у формату погодном за штампу.

Због сложености прорачуна и значајних потреба у погледу прорачунских ресурса, потребно је омогућити да нова верзија корисничког алата за реконструкцију стања система може користити прорачунску базу у циљу смештања, претраживања и преузимања резултата прорачуна.

5.3.3.5 Кориснички алат за реконструкцију дотока у акумулацију

Потребно је функционалност постојеће верзије корисничког алата за реконструкцију дотока у акумулацију проширити у циљу коришћења алата у реалном времену. Постојећи кориснички алат за реконструкцију дотока у акумулацију функционише на бази енергетског дана, тј. резултати прорачуна се могу видети на часовном нивоу, али се расподела корекције дотока билансно посматра од почетка до краја енергетског дана. У новој верзији корисничког алата за реконструкцију дотока у акумулацију потребно је кориснику омогућити да у било ком тренутку може добити процену дотока у акумулацију.

Поред наведеног, у циљу пружања подршке експерту у одређивању дотока у акумулацију (како оперативног, тако и периодичног) потребно је функционалност постојеће верзије корисничког алата за реконструкцију дотока у акумулацију, а према потребама рада у реалном времену, као и учествовања у ширим хидролошким анализама (нпр. у раду хидролошке службе РХМЗ-а), проширити у делу вршења упита над масовним подацима, обраде података и визуелизације, као и аутоматског креирања наменских извештаја о извршеним анализама.

5.3.4 Смернице за наменска мерења и осматрања за потребе ХИС Ђердап

Попречни пресеци водотока, који су добијени од Дирекције за водне путеве "Пловпут" и који чине базу за прављење хидрауличког модела, налазе се на великом међусобном растојању. Растојања се крећу у распону од око 1 km до чак 6 km. Та растојања не могу да гарантују поуздане резултате хидрауличких прорачуна па је за потребе хидрауличког симулационог модела неопходно обезбедити пресеке на мањем растојању. То се, у недостатку мерења, постиже линеарном интерполацијом између два снимљена попречна пресека, што може да доведе до значајних грешака уколико на тој деоници постоје нагле промене геометрије (нагла сужења/проширења корита, речне кривине или промене у самом дну посебно на местима улива).

Поред тога, посебан проблем јавља се на местима рачвања тока око речних ада и поновног спајања раздвојених токова у једно корито, где је неопходно располагати попречним пресецима у непосредној близини рачви и ушћа. До најповољнијег растојања између попречних пресека на деоницама без рачвања тока и најповољнијег растојања између попречних пресека којима се дефинишу контролне запремине рачви и ушћа може се доћи прелиминарним прорачунима уз истовремену калибрацију модела.

Парцијални прорачуни на деоници узводно од ушћа реке Нере у реку Дунав указују да би рачунско растојање између попречних пресека на деоницама на којима се ток не рачва могло да износи 200 m. То значи да би попречне пресеке требало снимати на растојању не већем од 1 km на деоницама где нема изразитих промена у геометрији, како би резултат интерполације био поузданији. Када је реч о растојању између попречних пресека којима се дефинишу контролне запремине рачви и ушћа, без детаљнијих прорачуна није могуће дати прецизнију препоруку од оне да би растојања требало да буду таква да у разматраној контролној запремини не преовлађују утицаји трења, при чему је апсолутно минималан број пресека за ток у једној грани рачве три, а препоручује се пет.

За калибрацију модела веома је важно да се, заједно са подацима о геометрији, стандардно испоручују и подаци о тачном датуму и времену снимања сваког одређеног профила, да би било могуће успоставити везу између снимљених нивоа и података са најближих водомерних станица на реци Дунав. Тиме би се добили квалитетни подаци за калибрацију модела дуж појединих деоница, тј. за одређивање локалних и линијских губитака.

Обрадом снимљених попречних пресека на целом потезу реке Дунав обухваћеног моделом, утврђено је су попречни пресеци на најнизводнијој деоници (низводно од Ђердапа 2) попречни пресеци са највећом неизвесношћу. Стога би у наредним активностима било неопходно предвидети снимања и тог дела корита на територији Србије, као и успоставити трајнију сарадњу са Хидрометеоролошким заводима Румуније и Бугарске ради размене података о геометрији корита и захтева за снимањем те геометрије.

Поред детаљнијег снимања геометрије корита, било би добро да ХЕ Ђердап организује са РХМЗ-ом повремена снимања протока и расподеле протока по појединим рачвама. РХМЗ поседује ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) технику која омогућава поуздано мерење протока (у класи тачности 1%) у било ком пресеку Дунава (до дубина од 50 m) за релативно кратко време (вози се чамац по попречном пресеку реке, брзином од 0,5 до 1 m/s, док уређај ултразвучном методом снима распоред брзина по дубини и одмах обрачунава проток). Као додатак, током снимања распореда брзина, снима се и геометрија речног корита. На овај начин је могуће, у току од пар сати измерити протоке и прерасподелу протока на једној рачви. Оваква мерења би требало припремити и спровести у неком дужем периоду на свим значајнијим рачвама, посебно при малим протоцима и при средње - великим протоцима. Ово би помогло у још бољем конципирању модела (бољој шематизацији, ако треба да се другачије моделирају рачве) и бољој калибрацији.

Независно од посла снимања прерасподеле протока по рачвама, било би добро да ХЕ Ђердап организује са РХМЗ-ом и пар кампања снимања комплетног биланса вода на Дунаву. То подразумева организацију мерења помоћу више ADCP уређаја, већих на Дунаву и Сави, а мањих на Тиси и Великој

Морави. Оваква кампањска мерења би требало спровести у периодима релативно стабилних дотока, при малим водама и барем једном при већем протоку.

Наравно, најбоље би било кад би се организације снимања геометрије корита и снимања протока по појединим секторима синхронизовале. То би значило да у периоду када Пловпут снима одређену деоницу, РХМЗ обави мерења протока. Такође, требало би пре, по неки пут током и после обављеног снимања Пловпута, РХМЗ да премери дотоке на Дунаву и Сави код Београда, да се смањи неизвесност два највећа дотока.

Све досадашње анализе биланса су углавном сконцентрисане на "велике" токове: Дунав, Саву, Тису и Велику Мораву. Поред тих већих дотока, постоје и мањи дотоци (Млава, Нера, Пек, ...) чији допринос у укупном билансу вода је у рангу класе непознавања дотока Дунавом и Савом. Међутим, у хидрауличком моделу ХИС-а, иако мали дотоци, у дужем временском периоду могу да направе довољно разлике у протеклим запреминама, да се то појави као "пражњење" или "препуњавање" дела корита Дунава између Ђердапа 1 и 2. Да би се што поузданије сагледале и ове количине вода, неопходно је у повременим мерењима обухватити и те токове.

5.3.5 Смернице за размену података и информација са релевантним субјектима

Обзиром да експлоатација акумулације ХЕ „Ђердап“ утиче на више субјеката у различитим државама који у експлоатацији имају међусобни утицај указује на потребу да се поред ХЕ „Ђердап“ као главног корисника у коришћење резултата ХИС "Ђердап" уведу и други субјекти. Структура ХИС-а омогућава укључивање нових корисника и обезбеђује механизме за усаглашавање и интероперабилност хетерогених система. Проширењем функционалности ХИС „Ђердап“ у смислу укључења субјеката из Румуније би се у још већој мери искористио капацитет ХИС „Ђердап“ као платформе која може да пружи подршку одлучивању и хармонизацији прекограничних субјеката.

Потребно је постићи обједињавање свих релевантних хидро-енергетских, хидролошких и других релевантних података, обухватајући и прекограничне субјекте, чиме би се створили услови за њихову доступност ширем кругу корисника.

При укључивању нових корисника у употребу ХИС „Ђердап“ у његово коришћење потребно је одређене апликације конкретизовати у смислу поштовања њихових техничких и административних услова. Структура ХИС-а и примењена сервисно-оријентисана архитектура стварају услове за платформску независност, тако да не постоје техничке препреке за укључивање оваквих система. Наравно, свако укључивање нових корисника, односно успостављање корисничких сервера у новим окружењима, подразумева одређену конкретизацију.

Потребно је у даљем развоју, а у сарадњи са релевантним службама, развити механизме за коришћење ХИС „Ђердап“ који би допринели остваривању обавештености, разумевања и учешћа јавног сектора у процесу управљања и заштити водног окружења.

Одређени број структурних мера, као што је формирање нових мерних профила са сталним аутоматским мерењима протока, представља озбиљне инвестиције које су са гледишта појединачних субјеката често неоправдане. Обзиром да се ради о мерењима која су ипак битна за различите субјекте у обе државе, треба сагледати укључивање у пројекат и других корисника тих информација, пре свега РХМЗ и Србијаводе, али и Савске и Дунавске комисије.

ПРОЈЕКТНИ ЗАДАТАК

за развој и примену

ХИДРО-ИНФОРМАЦИОНОГ СИСТЕМА „ЂЕРДАП“
у 2017. години

ТРЕЋА ФАЗА

Београд, 2017. год.

ПРОЈЕКТНИ ЗАДАТАК

за развој и примену

ХИДРО-ИНФОРМАЦИОНОГ СИСТЕМА „ЂЕРДАП“

у 2017. години

ТРЕЋА ФАЗА

1. УВОД 9

2. ЦИЉЕВИ РАЗВОЈА И СТРУКТУРА ХИС „ЂЕРДАП“ 11

3. ДОСАДАШЊИ РАЗВОЈ ХИС „ЂЕРДАП“ 13

4. ЦИЉЕВИ И ОКВИР РАЗВОЈА ХИС „ЂЕРДАП“ У 2017. ГОДИНИ 14

5. САДРЖАЈ АКТИВНОСТИ РАЗВОЈА ХИС „ЂЕРДАП“ У 2017. ГОДИНИ 15

5.1. Опрема, уређаји и софтвер 15

5.1.1. Аквизициони сервери 155

5.1.2. Централни сервер базе података 155

5.1.3. Централни прорачунски сервер 166

5.1.4. Кориснички подсистем за анализу података 166

5.1.5. Кориснички подсистем за подршку управљању експлоатацијом хидропотенцијала 166

5.1.6. Администраторски алати 188

5.2. Документација 199

5.2.1. Синтезни извештај 199

5.2.2. Извештај о корисничком алату за оперативну подршку производњи и трговини електричном енергијом 199

5.2.3. Извештај о корисничком алату за оперативну подршку управљању ризиком од поплава 199

5.2.4. Извештај о корисничком алату за дугорочне хидрауличко-хидроенергетске анализе 20

5.2.5. Извештај о корисничком алату за краткорочне реконструкције стања система 20

5.2.6. Извештај о корисничком алату за реконструкцију дотока у акумулацију 20

5.2.7. Извештај о изменама и допунама техничке документације ХИС „Ђердап“ в2.0. 20

5.2.8. Извештај о изведеном стању хардвера, системског софтвера и софтверских компоненти ХИС „Ђердап“ в2.1 21

5.2.9. Извештај о заједничком раду и смерницама за даљи развој и коришћење ХИС „Ђердап“ 21

5.3. Заједнички рад 21

5.3.1. Заједнички рад са корисницима ХИС „Ђердап“ в2.0 21

5.3.2. Заједнички рад са администраторима ХИС „Ђердап“ в2.0 21

5.4. Инсталација ХИС „Ђердап“ в2.1 и обука 22

6. ПОДЛОГЕ ЗА РАЗВОЈ ХИС „ЂЕРДАП“ 22

ПРИЛОГ 1: КОНЦЕПЦИЈА ХИС „ЂЕРДАП“

ПРИЛОГ 2: СОФТВЕРСКЕ КОМПОНЕНТЕ И ДОКУМЕНТАЦИЈА ХИС „ЂЕРДАП“ В2.0

УВОД

На заједничком српско-румунском сектору Дунава изграђена су два хидроенергетска и пловидбена система: ХЕ „Ђердап 1” (km 943+000) и ХЕ „Ђердап 2” (km 862+800). Ови системи су најзначајнији системи за производњу хидроенергије у Србији (покривају преко 50% хидроенергетске производње, односно око 18% укупне производње електричне енергије). Системи ХЕ „Ђердап 1” и ХЕ „Ђердап 2” имају велики утицај на нивое реке Дунав у дужини од преко 300 km.

У циљу рационалног коришћења расположивог хидроенергетског потенцијала Дунава, рад електрана система ХЕ „Ђердап 1” и ХЕ „Ђердап 2” и начин евакуације воде Дунава преко преливних брана је планиран и координиран између српске и румунске стране. Рационално управљање сложеним системима ХЕ „Ђердап 1” и ХЕ „Ђердап 2” подразумева задовољење захтева енергетских система Србије и Румуније, који се разликују у погледу снаге и времена, уз задовољење низа ограничења на контролним профилима на Дунаву која су дефинисана међудржавним документима.

Експлоатација система ХЕ „Ђердап 1” и ХЕ „Ђердап 2”, глобално је регулисана Конвенцијом о експлоатацији из 1998. године, а детаљније Правилником о организацији и раду Заједничке диспечерске службе за енергетику (Правилник ЗДСЕ) и Правилником о организацији и раду Заједничке диспечерске службе за пловидбу (Правилник ЗДСП) из 1998. године.

У експлоатацији система се, према Правилнику о експлоатацији ЗДСЕ, свакодневно израђује дневни план експлоатације за текући и наредне дане. Дневни план експлоатације се затим усаглашава између румунске и српске стране и након тога примењује. Експлоатација система се врши према коригованом и усаглашеном дневном плану за текући дан.

Имајући у виду да систем ХЕ „Ђердап 1“ и систем ХЕ „Ђердап 2“ представљају значајне и сложене хидроенергетске и пловидбене објекте са великим утицајем на нивое и ток реке Дунав у дужини од преко 400 km, ради максималног искоришћења хидроенергетског потенцијала уређеног овим системима и уклапање у задата ограничења нивоа на свим контролним профилима на Дунаву, неопходно је располагати са оперативним Хидро-информационим системом – ХИС „Ђердап“, са којим ће се стицати увид у текућа осматрања у систему и вршити сви прорачуни који су потребни за експлоатацију ових система. Концепција ХИС „Ђердап“ дата је у Прилогу 1.

ХЕ „ЂЕРДАП 1“

ХЕ „Ђердап 1“ чине: главни објекат (на стационажи km 943+000 Дунава), акумулација и приобаље.

Главни објекат – брана „Ђердап 1“ је изграђен на заједничком српско-румунском сектору Дунава. Објекат, дужине 1280 m, је симетрично подељен на српски и румунски део, од којих се сваки састоји од: бродске преводнице, земљане непреливне бране, хидроелектране са 6 агрегата и дела бетонске преливне бране.

Хидроелектране „Ђердап 1“ су опремљене Каплановим агрегатима инсталисане снаге 3x190 + 3x211 MW, што чини укупно 1203 MW за свих 6 агрегата. Укупан инсталисани протицај је 5040 m^3/s. Бруто пад варира од 17,5 m до 31,5 m, зависно од протицаја Дунава.

Након изградње, сви агрегати (обе хидроелектране) су били идентични. У румунској хидроелектрани су после 2000. године сви агрегати ревитализовани, док на српској страни су ревитализована три агрегата, а процес ревитализације још једног агрегата је у току.

Бетонска гравитациона преливна брана заузима централни део профила и састоји се од 14 преливних поља, који (уз турбине и друге евакуационе органе) омогућавају евакуацију протицаја повратног периода једном у 1000 година. Евакуација вода из језера преко преливних поља се врши уколико је доток у акумулацију већи од расположивог протицаја хидроагрегата или ако се према прогнози дотока очекују велике воде, па је потребно, у циљу спречавања штета у приобаљу, благовремено евакуисати воду из акумулационог језера. Акумулација ХЕ „Ђердап 1“ је формирана на сложеном речном систему, који чине Дунав и његове притоке: Тиса, Сава, Велика Морава, Тамиш, Нера, Млава, Пек и Поречка река. Значајна карактеристика акумулације „Ђердап 1“ је променљива дужина простирања величине успора и запремине, у функцији протицаја и режима рада хидроелектране. При великим водама, успор исклињава до ушћа Нере (km 1075), док се при малим водама успор простире до Новог Сада на Дунаву (у дужини од 310 km), до Шапца на Сави (у дужини 100 km) и на Тиси до бране код Новог Бечеја (у дужини од око 60 km).

Приобаље акумулације „Ђердап 1“ има различите карактеристике, које одређују и величину утицаја и начин заштите. Низводни део акумулације на Дунаву је у Ђердапској клисури, тако да успор нема утицаја на приобаље, осим на појединим локалитетима (изграђени магистрални пут, високе обале). Узводно од Голупца акумулација се простире кроз равничарско подручје, тако да режим рада хидроелектране има утицаја на спољне, унутрашње и подземне воде. Због тога су уведена ограничења нивоа воде на карактеристичним профилима.

Меродавни профили на којима се дефинише режим рада у акумулацији су: профил код ушћа Нере и профил бране. Актуелан је режим експлоатације „до 70,30 mнЈм код ушћа Нере“, који у домену протицаја од 3000-11500 m^3/s подразумева одржавање таквих нивоа горње воде на брани, да се на ушћу Нере остваре пројектовани нивои.

ХЕ „ЂЕРДАП 2“

ХЕ „Ђердап 2“ представља низводну степеницу система и са ХЕ „Ђердап 1“ ради спрегнуто. ХЕ „Ђердап 2“ се састоји од: главног објекта, акумулације и приобаља. Главни објекат чине две бране, на главном току Дунава и на Гогошу, са хидроелектранама и преводницама.

На брани која је лоцирана на km 863 главног тока Дунава уз леву обалу се налазе две хидроелектране са по 8 агрегата. У средини профила је преливна брана са 7 преливних поља, док су ближе десној обали српска преводница ширине 34 m и додатна електрана са два агрегата. Румунска преводница се налази на каналу кроз острво Маре.

На брани у рукавцу Гогош (на km 875) у средини профила је прелив са 7 преливних поља, док је уз десну обалу рукавца изграђена румунска додатна електрана са 2 агрегата.

Хидроелектране „Ђердап 2“ су опремљене хоризонталним капсулним агрегатима инсталисане снаге 27 MW, што чини укупно 540 MW. Укупан инсталисани протицај је 8500 m^3/s. Бруто пад варира од 2,5 m до 12,75 m, зависно од протицаја Дунава. Сви агрегати (укупно 20) су након изградње били идентични, док су данас делом ревитализовани, па им се разликују техничке карактеристике.

Са ХЕ „Ђердап 2“ се управља тако да се, у спрези са ХЕ „Ђердап 1“, на оптималан начин искористи хидроенергетски потенцијал Дунава, обезбеде услови пловидбе и не угрози стабилност обала.

Евакуација вода из акумулације ХЕ „Ђердап 2“, у случају наиласка вода већих од капацитета расположивих агрегата хидроелектрана, се врши преливањем преко 14 преливних поља, која се налазе на брани на Гогошу (7 поља) и брани на главном објекту (7 поља). Приобаље акумулације „Ђердап 2“ је равничарско, тако да се режими спољних, унутрашњих и подземних вода формирају под утицајем режима рада хидроелектране, због чега су уведена ограничења у експлоатацији.

ЦИЉЕВИ РАЗВОЈА И СТРУКТУРА ХИС „ЂЕРДАП“

Шире посматрано, Хидро-информациони систем „Ђердап“ је технички систем за подршку управљању експлоатацијом хидропотенцијала и састоји се од већег броја међусобно повезаних компоненти хардвера, софтвера, мерних објеката и инструмената и корисника система.

Уже посматрано, у смислу предметног задатка, Хидро-информациони систем „Ђердап“ се дефинише као организовани скуп података и софтверских компоненти, који се ослања на одговарајућу опрему и хардвер, и који се налази у служби наменски обучених техничких лица, а за потребе оптималног управљања системом и праћења историје коришћења система.

Развој и имплементација Хидро-информационог система „Ђердап“ подразумева развој комплексне софтверске платформе (детаљан приказ је дат у Прилогу 1), са оријентацијом ка: кориснику (корисничке апликације), системском извршавању у реалном времену (сервиси), као и специјализованом управљању системом (администраторски алати). Овакав систем треба развити према принципима савремене сервисно оријентисане архитектуре која би садржала међусобно повезане софтверске компоненте различите намене изграђене над дистрибуираним релационим базама података. Овакав систем треба да у потпуности обезбеди прецизне механизме преузимања података из различитих извора, њихову валидацију, обраду и архивирање, као и софтверске компоненте за брз и безбедан приступ подацима од стране корисника кроз специјализоване апликације намењене пружању подршке у управљању системом. Овакав скуп компоненти за управљање подацима у ХИС-у би омогућио развој софтвера за формирање ажурног рачунског стања система у „реалном времену“ чиме би се ХИС „Ђердап“ као информатичка платформа за подршку управљању у потпуности приближио свакодневном оперативном коришћењу са минимумом ангажовања људских ресурса.

Развој и коришћење Хидро-информационог система „Ђердап“ треба да омогући значајна сазнања о понашању хидроенергетског система у досадашњем периоду експлоатације, варијантним сценаријима управљања у будућности, као и раду у

реалном времену и на тај начин пружи платформу за адекватно доношење одлука и обезбеди вршење анализе оствареног управљања у односу на очекивано оптимално.

Општи циљеви развоја и примене Хидро-информационог система „Ђердап“ су следећи:

- Обједињавање свих релевантних хидроенергетских, хидролошких и других релевантних података, као и стварање услова за њихову доступност ширем кругу корисника;
- Доношење најповољнијих оперативних управљачких одлука на хидроелектранама у различитим ситуацијама (свакодневни - редовни рад, периоди поводња, маловодни периоди, хаваријске ситуације итд.);
- Доношење најповољнијих одлука за избор оптималних решења дугорочног коришћења вода (хидроенергетског и осталих видова коришћења), заштите од вода и заштите вода, односно интегралног уређења система, узимајући у обзир циљеве свих корисника простора;
- Подршка процесу усаглашавања интереса у оквиру управљања сливом, успостављањем и промовисањем система за координацију и сарадњу који се заснива на прогнози дотока која следи из употребе ХИС „Ђердап“;
- Едукација стручног кадра путем примене система за подршку одлучивању и дистрибуције резултата развоја. Остваривање обавештености, разумевања и учешћа јавног сектора у процесу управљања и заштити водног окружења, при чему се РХМЗ Србије препознаје као стратешки важан чинилац у смислу размене прогноза дотока и усавршавања методологије одређивања улазних дотока.

Најважнији конкретни циљеви развоја и примене Хидро-информационог система „Ђердап“ су следећи:

- Подршка оптималном усаглашавању са ЕЕС Србије у оперативној изради, провери и корекцији часовних планова рада електрана ХЕ „Ђердап 1“ и ХЕ „Ђердап 2“, у складу са прогнозама дотока и кретањима на тржишту електричне енергије;
- Подршка решавању проблема поделе хидропотенцијала српске и румунске стране у оперативној изради, провери и корекцији часовних планова рада електрана ХЕ „Ђердап 1“ и ХЕ „Ђердап 2“;
- Помоћ у поштовању свих ограничења дефинисаних Правилником ЗДСЕ у оперативној изради, провери и корекцији часовних планова рада електрана ХЕ „Ђердап 1“ и ХЕ „Ђердап 2“;
- Оптимално искоришћење хидропотенцијала у оперативној изради, провери и корекцији часовних планова рада електрана ХЕ „Ђердап 1“ и ХЕ „Ђердап 2“, у смислу максимизације производње варијабилне енергије (према потреби);
- Утврђивање губитака у производњи услед одступања од могућег оптималног рада, уз поштовање усаглашености захтева ЕЕС Србије;
- Избор оптималног броја хидроагрегата који треба да буду у погону за реализацију часовних планова рада сваке електране и расподела оптерећења (снаге) између њих тако да у електрани сваке стране сви хидроагрегати (заједно посматрано) задовоље задати критеријум;
- Утврђивање стратегије експлоатације за текући и наредне дане у ванредним условима рада (наилазак таласа великих вода, маловодни периоди, непредвиђени испади агрегата и сл.);
- Анализа могућих сценарија промене услова рада система ХЕ „Ђердап 1“ и ХЕ „Ђердап 2“ (како природних тако и управљачких).

Може се рећи да се имплементацијом и коришћењем ХИС-а „Ђердап“ ствара могућност сагледавања концептуалних оквира за формирање нових сазнања о бољој

експлоатацији хидропотенцијала, свеобухватног сагледавања информација које описују природно окружење, хидролошка мерења, симулационе моделе процеса и појава.

ХИС "Ђердап" је конципиран као комплексан систем (приказ је дат у Прилогу 1), састављен од већег броја компоненти и модела:

- Система за мерење и прикупљање података ХЕ „Ђердап 1“;
- Система за мерење и прикупљање података ХЕ „Ђердап 2“;
- Аквизиционог сервера ХЕ „Ђердап 1“;
- Аквизиционог сервера ХЕ „Ђердап 2“;
- Централног сервера базе података:
  - Централна база података;
  - База метаподатака;
  - Слој за пријем података и контролу квалитета мерених техничких података;
  - Слој за обраду и пружање података и
  - Слој за управљање приступом систему.
- Централног прорачунског сервера:
  - Хидрауличко-хидроенергетски математички модел;
  - Нумерички модул за асимилацију мерења;
  - Нумерички модул за оптимизацију;
  - Слој за управљање прорачунима и
  - Прорачунска база података.
- Корисничког подсистема за анализу података:
  - Кориснички алат за преглед историјских података;
  - Кориснички алат за праћење података у реалном времену и
  - Кориснички алат за експертску анализу података.
- Корисничког подсистема за подршку у управљању експлоатацијом хидропотенцијала:
  - Кориснички алат за оперативну подршку производњи и трговини електричном енергијом;
  - Кориснички алат за оперативну подршку управљању ризиком од поплава;
  - Кориснички алат за дугорочне хидрауличко-хидроенергетске анализе;
  - Кориснички алат за краткорочне реконструкције стања система и
  - Кориснички алат за реконструкцију дотока у акумулацију.
- Администраторских алата:
  - Администраторски алат за одржавање централне базе;
  - Администраторски алат за управљање централним сервером;
  - Администраторски алат за управљање аквизиционим серверима и
  - Администраторски алат за управљање централним прорачунским сервером.

ДОСАДАШЊИ РАЗВОЈ ХИС „ЂЕРДАП“

ЈП ЕПС је у 2015. години покренуо развој Хидро-информационог система „Ђердап“, у вези чега је спровео јавну набавку која је резултирала закључењем уговора са Институтом „Јарослав Черни“. Током 2015. године је започет, а током 2016. године је настављен и интезивиран развој Хидро-информационог система „Ђердап“, који је за резултат имао скуп хардверско-софтверских компоненти и одговарајућу документацију (у даљем тексту ХИС „Ђердап“ в2.0).

ХИС „Ђердап“ в2.0 је састављен од већег броја компоненти и модела, а све развијене софтверске компоненте ХИС „Ђердап“ в2.0. и одговарајућа документација описане су у Прилогу 2.

У досадашњем развоју ХИС „Ђердап“ остварени су следећи циљеви:

- Проверена је и комплетирана аквизиција релевантних података и приступ истим уз утврђивање техничког квалитета податка за све серије.
- Корисницима је омогућено да на једноставан начин могу приступати подацима и помоћу корисничких алата за историјски преглед и праћење података у реалном времену ефикасно анализирати и обрађивати исте.
- Калибрисан је и верификован хидрауличко-хидроенергетски математички модел над којим се врше спрегнути прорачуни и врши асимилација мерених података и стања система као и примена оптимизационих процедура.
- Над хидрауличко-хидроенергетским моделом је успостављена аутоматска процедура асимилације мерења, на основу података из централне базе података са техничким квалитетом, тако да је модел у потпуности спреман за оперативну примену.
- Комплетиран је прорачунски сервер са нумеричким модулима и оптимизационом платформом која може да пружи подршку у провери плана производње, изради оптималног плана производње и изради плана евакуације воде.
- Омогућено ја пружање подршке одлучивању у оперативном управљању и стратешком одлучивању, за шта су израђени наменски кориснички алати.
- Администрација система је омогућена израдом и унапређењем одговарајућих администраторских алата.

Имплементацијом и коришћењем ХИС-а „Ђердап“ ствара се могућност сагледавања концептуалних оквира за формирање нових сазнања о бољој експлоатацији хидропотенцијала, свеобухватног сагледавања информација које описују природно окружење, хидролошка мерења, симулационе моделе процеса и појава.

Потпуна имплементација и употреба ХИС „Ђердап“ подразумева његову интеграцију и имплементацију, као и континуитет развоја у складу са овим пројектним задатком.

ЦИЉЕВИ И ОКВИР РАЗВОЈА ХИС „ЂЕРДАП“ У 2017. ГОДИНИ

У имплементацији и увођењу ХИС „Ђердап“ у оперативно коришћење, уз остваривање унапређења система ХИС „Ђердап“, као генералног циља, мора се имати у виду да се ради о дугорочном и континуираном процесу. У том смислу, имајући у виду досадашњи развој, потребно је у току 2017. године остварити следеће циљеве:

- Омогућити ефикасно коришћење ХИС „Ђердап“ у диспечерским службама ЈП ЕПС које се баве планирањем производње и трговином електричном енергијом кроз развој корисничког алата за оперативну подршку производњи и трговини електричном енергијом;
- Омогућити ефикасно коришћење ХИС „Ђердап“ диспечерским службама Огранка ХЕ „Ђердап“ за потребе поделе потенцијала са румунском страном и управљањем хидрауличким режимом акумулације у регуларним условима производње електричне енергије, кроз развој корисничког алата за оперативну подршку производњи и трговини електричном енергијом;

- Омогућити ефикасно коришћење ХИС „Ђердап“ у диспечерским службама Огранка ХЕ „Ђердап“ у области управљања ризиком од поплава, кроз израду наменског корисничког алата;
- Омогућити ефикасно коришћење ХИС „Ђердап“ за потребе анализе варијантних начина експлоатације хидропотенцијала као и анализе ефеката улагања у ревитализацију и одржавање електро-машинске опреме, а кроз развој наменског корисничког алата за дугорочне хидрауличко-хидроенергетске анализе;
- Омогућити ефикасно коришћење ХИС „Ђердап“ за потребе детаљног анализирања и естимације стања система у одређеним краћим временским периодима кроз израду корисничког алата за краткорочне реконструкције стања система;
- Омогућити ефикасно праћење хидролошког стања у систему и створити услове за будући заједнички развој са РХМЗ-ом, а кроз израду корисничког алата за реконструкцију дотока у акумулацију.
- Извршити интеграцију хардверских и софтверских компоненти ХИС „Ђердап“ са постојећим техничким и информационим системима у радном окружењу.
- Увести ХИС „Ђердап“ у свакодневну оперативну употребу у Огранку ХЕ „Ђердап“ и у службама ЈП ЕПС кроз спровођење заједничког рада са стручним кадром који ће користити систем.
- Оспособити стручни ИТ кадар за администрацију и одржавање хардверских и софтверских компоненти ХИС „Ђердап“.

САДРЖАЈ АКТИВНОСТИ РАЗВОЈА ХИС „ЂЕРДАП“ У 2017. ГОДИНИ

Опрема, уређаји и софтвер

Аквизициони сервери

Потребно је извршити анализу евентуалних примедби и захтева који су дефинисани током коришћења ХИС „Ђердап“ в2.0 у свакодневној употреби на ХЕ „Ђердап“. Уз консултације са ХЕ „Ђердап“ потребно је усагласити тачан списак примедби и захтева које је потребно испоштовати у изради верзије ХИС „Ђердап“ в2.1. На основу усвојених примедби и захтева, према потреби израдити нову верзију аквизиционих сервера ХЕ „Ђердап 1“ и на ХЕ „Ђердап 2“. У оквиру ове активности обухватити и кориснички алат за ручни унос података.

Централни сервер базе података

Потребно је извршити анализу евентуалних примедби и захтева који су дефинисани током коришћења ХИС „Ђердап“ в2.0 у свакодневној употреби на ХЕ „Ђердап“. Уз консултације са ХЕ „Ђердап“ потребно је усагласити тачан списак примедби и захтева које је потребно испоштовати у изради верзије ХИС „Ђердап“ в2.1. На основу усвојених примедби и захтева, према потреби израдити нове верзије:

- Централне базе података.
- Базе метаподатака.
- Слоја за пријем података и ККМТП.
- Слоја за обраду и пружање података.
- Слоја за управљање приступом систему.

Централни прорачунски сервер

Потребно је извршити анализу евентуалних примедби и захтева који су дефинисани током коришћења ХИС „Ђердап“ в2.0 у свакодневној употреби на ХЕ „Ђердап“. Уз консултације са ХЕ „Ђердап“ потребно је усагласити тачан списак примедби и захтева које је потребно испоштовати у изради верзије ХИС „Ђердап“ в2.1. На основу усвојених примедби и захтева, према потреби иновирати и израдити нове унапређене верзије:

- Хидрауличко-хидроенергетског математичког модела.
- Нумеричког модула за асимилацију мерења.
- Оптимизационог нумеричког модула.
- Слоја за управљање прорачунима.

Сервис за координацију прорачунима

Потребно је у постојећи сервис за координацију прорачунима који има задатак да све захтеве добијене од корисничких алата или нумеричких модула за асимилацију мерења и оптимизацију преведе у форму која се може проследити хидрауличко-хидроенергетском моделу, израдити у новој верзији која ће подржати рад корисничких алата у оквиру корисничког подсистема за подршку управљању експлоатацијом хидропотенцијала, а који ће бити развијени у оквиру предметне фазе развоја, а према захтевима дефинисаним у 5.1.5.

Кориснички подсистем за анализу података

Потребно је извршити анализу евентуалних примедби и захтева који су дефинисани током коришћења ХИС „Ђердап“ в2.0 у свакодневној употреби на ХЕ „Ђердап“. Уз консултације са ХЕ „Ђердап“ потребно је усагласити тачан списак примедби и захтева које је потребно испоштовати у изради верзије ХИС „Ђердап“ в2.1. На основу усвојених примедби и захтева, према потреби израдити нову верзију:

- Корисничког алата за преглед историјских података.
- Корисничког алата за праћење података у реалном времену.
- Корисничког алата за експертску анализу података.

Кориснички подсистем за подршку управљању експлоатацијом хидропотенцијала

У оквиру корисничког подсистема за подршку управљању експлоатацијом хидропотенцијала потребно је развити:

- Кориснички алат за оперативну подршку производњи и трговини електричном енергијом;
- Кориснички алат за оперативну подршку управљању ризиком од поплава;
- Кориснички алат за дугорочне хидрауличко-хидроенергетске анализе;
- Кориснички алат за краткорочне реконструкције стања система и
- Кориснички алат за реконструкцију дотока у акумулацију.

Кориснички алат за оперативну подршку производњи и трговини електричном енергијом

Потребно је развити кориснички алат за решавање карактеристичних проблема везаних за планирање производње и трговину електричном енергијом:

- израда оптималног плана усаглашеног са оперативним подацима о цени електричне енергије,

- свакодневна расподела хидро-енергетског потенцијала,
- поштовање ограничења у реализацији дневних планова и сл.

Алат треба да омогући флексибилан начин моделирања рада тј. производње румунске стране система („Portile de Fier 1“ и „Portile de Fier 2“) и самим тим повећа поузданост реализације оптималног плана у пракси.

Кориснички алат за оперативну подршку производњи и трговини електричном енергијом треба да узима у обзир и поузданост хидролошке анализе упоредо са неизвесношћу у прогнозирању цена електричне енергије. Потребно је развити механизме обраде резултата ових анализа.

Потребно је у предметном корисничком алату развити и механизме аутоматског креирања наменских извештаја о претходном раду система, као и прогнозираним условима (хидролошким и тржишним) и естимираним оптималним плановима ангажовања агрегата.

Алат треба да буде развијен као веб апликација и да омогући рад у вишекорисничком окружењу.

<u>Кориснички алат за оперативну подршку управљању ризиком од поплава</u>

Потребно је развити кориснички алат за решавање проблема одређивања оптималног режима рада при планирању и вршењу маневра обарања коте у циљу прихватања великих вода, као и враћању система у регуларни режим рада. Алат треба да омогући одређивање оптималних истицања на профилима брана (у енергетске сврхе као и преко преливне бране) којима би се на ефикасан начин могао смањити ризик од поплава, али и умањити губитак у производњи.

Потребно је развити механизме корисничког алата за оперативну подршку управљању ризиком од поплава којима ће се вршити анализе поузданости хидролошке анализе и естимираног стања хидрауличко-хидроенергетског модела при одређивању нивоа ризика у разматраним сценаријима. Потребно је обезбедити функционалност обраде резултата ових анализа.

Потребно је развити механизме за аутоматско креирање наменских извештаја о претходном стању система, као и прогнозираним хидролошким условима и разматраним маневрима обарања коте.

Алат треба да буде развијен као веб апликација и да омогући рад у вишекорисничком окружењу.

<u>Кориснички алат за дугорочне хидрауличко-хидроенергетске анализе</u>

Потребно је развити кориснички алат за вршење дугорочних хидрауличко-хидроенергетских анализа. Потребно је развити механизме аутоматског генерисања великог броја сценарија на основу:

- различитих скупова улазних података – дотока у акумулацију,
- различитих скупова параметара модела – карактеристика електро-машинске опреме и
- различитих ограничења у управљању системом – експлоатациона ограничења и сл.

Потребно је развити и напредне функције за статистичку обраду масовних података који се добијају оваквом употребом хидрауличко-хидроенергетског модела.

Потребно је развити и механизме генерисања теоретских хидролошких низова који би се могли користити као улазни подаци.

Потребно је развити механизме за аутоматско креирање извештаја о резултатима анализа (криве трајања, статистички показатељи и сл.).

Алат треба да буде развијен као веб апликација и да омогући рад у вишекорисничком окружењу.

Кориснички алат за краткорочне реконструкције стања система

Потребно је развити кориснички алат који аутоматизује обраду масовних података мерења на објектима брана и припадајућој хидро и електро-машинској опреми.

Потребно је развити механизме којима се из базе података за одређени краћи временски период преузимају сви расположиви подаци о снагама, котама, положају устава и протицајима, који се бележе SCADA системима.

Потребно је омогућити да се над преузетим подацима алатом могу спроводити различити унакрсни прорачуни на основу чијих резултата би било могуће: утврдити нерегуларности у систему осматрања, попунити недостајуће податке, естимирати вредности за релевантне величине које се не мере већ се аутоматски обрачунавају (карактеристични нивои и протицаји) и сл.

Потребно је развити флексибилан систем вршења упита над масовним подацима, обраде података и визуелизације, као и механизме за аутоматско креирање наменских извештаја о извршеним прорачунима и анализама.

Алат може бити развијен као веб или десктоп апликација. Рад у вишекорисничком окружењу није обавезан.

Кориснички алат за реконструкцију дотока у акумулацију

Потребно је развити кориснички алат за реконструкцију дотока у акумулацију којим би се вршило наменско спровођење анализа над хидрауличко-хидроенергетским моделом у циљу естимације и експертског усвајања меродавних протицаја за анализирани период. Ово подразумева велики број наменских вршења поступка асимилације мерења и анализу масовних резултата нумеричких прорачуна.

Потребно је обезбедити механизме обраде резултата наведених прорачуна на начин да могу дати и информације потребне за шире хидролошке анализе (нпр. у раду хидролошке службе РХМЗ-а).

Потребно је развити флексибилан систем вршења упита над масовним подацима, обраде података и визуелизације, као и механизме за аутоматско креирање наменских извештаја о извршеним анализама.

Алат може бити развијен као веб или десктоп апликација. Рад у вишекорисничком окружењу није обавезан.

Администраторски алати

Потребно је извршити анализу евентуалних примедби и захтева који су дефинисани током коришћења ХИС „Ђердап“ в2.0 у свакодневној употреби на ХЕ „Ђердап“. Уз консултације са ХЕ „Ђердап“ потребно је усагласити тачан списак примедби и захтева које је потребно испоштовати у изради верзије ХИС „Ђердап“ в2.1. На основу усвојених примедби и захтева, према потреби израдити нову верзију:

- Администраторског алата за одржавање централне базе података ХИС „Ђердап“ в2.1.
- Администраторског алата за управљање централним сервером ХИС „Ђердап“ в2.1.
- Администраторског алата за управљање аквизиционим серверима ХИС „Ђердап“ в2.1.
- Администраторског алата за управљање централним прорачунским сервером ХИС „Ђердап“ в2.1.

Документација

У циљу даљег ефикасног коришћења Хидро-информационог система потребно је израдити одговарајућу документацију за све софтвере и опрему који су предмет ХИС „Ђердап“.

Документација треба да се састоји од следећих обавезних делова:

- Синтезни извештај, према садржају који је дефинисан у поглављу 5.2.1.
- Извештај о корисничком алату за оперативну подршку производњи и трговини електричном енергијом, према садржају који је дефинисан у поглављу 5.2.2.
- Извештај о корисничком алату за оперативну подршку управљању ризиком од поплава, према садржају који је дефинисан у поглављу 5.2.3.
- Извештај о корисничком алату за дугорочне хидрауличко-хидроенергетске анализе, према садржају који је дефинисан у поглављу 5.2.4.
- Извештај о корисничком алату за краткорочне реконструкције стања система, према садржају који је дефинисан у поглављу 5.2.5.
- Извештај о корисничком алату за реконструкцију дотока у акумулацију, према садржају који је дефинисан у поглављу 5.2.6.
- Извештај о изменама и допунама техничке документације ХИС „Ђердап“ в2.0., према садржају који је дефинисан у поглављу 5.2.7.
- Извештај о изведеном стању хардвера, системског софтвера и софтверских компоненти ХИС „Ђердап“ в2.1, према садржају који је дефинисан у поглављу 5.2.8.
- Извештај о заједничком раду и смерницама за даљи развој и коришћење ХИС „Ђердап“ , према садржају који је дефинисан у поглављу 5.2.9.

<u>Синтезни извештај</u>

Синтезни извештај, као део предметне документације, треба да садржи преглед и рекапитулацију извршених послова и кумулативни приказ стања Хидро-информационог система „Ђердап“. У оквиру извештаја нарочито треба да буде дато следеће:

- Сумарни преглед извршених активности;
- Интегрални приказ ХИС „Ђердап“ в2.1;
- Смернице за коришћење и одржавање ХИС „Ђердап“ и
- Закључак.

<u>Извештај о корисничком алату за оперативну подршку производњи и трговини електричном енергијом</u>

Предметни извештај треба да има следећи садржај:

- Намена корисничког алата за оперативну подршку производњи и трговини електричном енергијом;
- Корисничко упутство;
- Примери примене корисничког алата за оперативну подршку производњи и трговини електричном енергијом;
- Спецификација дизајна софтвера.

<u>Извештај о корисничком алату за оперативну подршку управљању ризиком од поплава</u>

Предметни извештај треба да има следећи садржај:

- Намена корисничког алата за оперативну подршку управљању ризиком од поплава;
- Корисничко упутство;
- Примери примене корисничког алата за оперативну подршку управљању ризиком од поплава;
- Спецификација дизајна софтвера.

Извештај о корисничком алату за дугорочне хидрауличко-хидроенергетске анализе

Предметни извештај треба да има следећи садржај:

- Намена корисничког алата за дугорочне хидрауличко-хидроенергетске анализе;
- Корисничко упутство;
- Примери примене корисничког алата за дугорочне хидрауличко-хидроенергетске анализе;
- Спецификација дизајна софтвера.

Извештај о корисничком алату за краткорочне реконструкције стања система

Предметни извештај треба да има следећи садржај:

- Намена корисничког алата за краткорочне реконструкције стања система;
- Корисничко упутство;
- Примери примене корисничког алата за краткорочне реконструкције стања система;
- Спецификација дизајна софтвера.

Извештај о корисничком алату за реконструкцију дотока у акумулацију

Предметни извештај треба да има следећи садржај:

- Намена корисничког алата за реконструкцију дотока у акумулацију;
- Корисничко упутство;
- Примери примене корисничког алата за реконструкцију дотока у акумулацију;
- Спецификација дизајна софтвера.

Извештај о изменама и допунама техничке документације ХИС „Ђердап“ в2.0.

Предметни извештај треба да обједини све неопходне измене и допуне које су настале из потребе за евентуалним корекцијама и ажурирањем извештаја израђених у оквиру документације ХИС „Ђердап“ в2.0, а у складу са резултатима развоја ХИС „Ђердап“ в2.1.

У уводу извештаја треба дати јасну везу његовог садржаја са документацијом ХИС „Ђердап“ в2.0. Треба назначити који део извештаја чини корекцију, односно замену, а који допуну одређене књиге (или њеног дела) из оквира документације ХИС „Ђердап“ в2.0.

Извештај о изведеном стању хардвера, системског софтвера и софтверских компоненти ХИС „Ђердап“ в2.1

Предметни извештај треба да има следећи садржај:
- Хардверске компоненте, спецификације и захтеви;
- Системски софтвер, мрежна подешавања, спецификације и захтеви;
- Наменски софтвер, спецификације и захтеви;
- Упутство за одржавање;

Извештај о заједничком раду и смерницама за даљи развој и коришћење ХИС „Ђердап“

Предметни извештај треба да има следећи садржај:
- Резултати и закључци спроведеног заједничког рада;
- Смернице за коришћење корисничких подсистема;
- Смернице за одржавање сервера;
- Смернице за даљи развој ХИС „Ђердап“;

Заједнички рад

Како би се обезбедио ефикасан рад будућих корисника система, треба предузети следеће активности:
- На инсталираним корисничким алатима ХИС „Ђердап“ в2.0 спровести заједнички рад са корисницима;
- У ИТ служби на инсталираним администраторским алатима ХИС „Ђердап“ в2.0 спровести заједнички рад са администраторима.

Заједнички рад са корисницима ХИС „Ђердап“ в2.0

Потребно је реализовати следеће активности:
- Израда детаљног плана спровођења заједничког рада са диспечерима ХЕ „Ђердап“, који се усаглашава са истима;
- Израда детаљног плана спровођења заједничког рада са диспечерима ЈП ЕПС, који се усаглашава са истима;
- Заједнички рад са диспечерима ХЕ „Ђердап“ у регуларном хидролошком режиму, о чијим резултатима се израђује парцијални извештај и усваја са учесницима;
- Заједнички рад са диспечерима ХЕ „Ђердап“ у режиму великих вода, о чијим резултатима се израђује парцијални извештај и усваја са учесницима;
- Заједнички рад са диспечерима у служби ЈП ЕПС у регуларном хидролошком режиму, о чијим резултатима се израђује парцијални извештај и усваја са учесницима;

На основу парцијалних извештаја формира се део документације дефинисан у 5.2.9.

Заједнички рад са администраторима ХИС „Ђердап“ в2.0

Потребно је реализовати следеће активности:
- Израда детаљног плана спровођења регуларног заједничког рада са особљем ИТ службе ХЕ „Ђердап“, а у вези коришћења администраторских алата ХИС „Ђердап“ в2.0., а који се усаглашава са истима;

- Регуларни заједнички рад на коришћењу администраторских алата ХИС „Ђердап“ в2.0 са особљем ИТ службе ХЕ „Ђердап“, о чијим резултатима се израђује парцијални извештај и усваја са учесницима;
- Заједнички рад на коришћењу администраторских алата ХИС „Ђердап“ в2.0 са особљем ИТ службе ХЕ „Ђердап“, у случају непредвиђених проблема у раду, а о чијим резултатима се израђује парцијални извештај и усваја са учесницима;
- Израда детаљног плана спровођења регуларног заједничког рада са особљем ИТ службе ХЕ „Ђердап“, а у вези администрације хардверских компоненти и системског софтвера ХИС „Ђердап“ в2.0., а који се усаглашава са истима;
- Регуларни заједнички рад на администрацији хардверских компоненти и системског софтвера ХИС „Ђердап“ в2.0 са особљем ИТ службе ХЕ „Ђердап“, о чијим резултатима се израђује парцијални извештај и усваја са учесницима;
- Заједнички рад на администрацији хардверских компоненти и системског софтвера ХИС „Ђердап“ в2.0 са особљем ИТ службе ХЕ „Ђердап“, у случају непредвиђених проблема у раду, а о чијим резултатима се израђује парцијални извештај и усваја са учесницима.

На основу парцијалних извештаја формира се део документације дефинисан у 5.2.9.

Инсталација ХИС „Ђердап“ в2.1 и обука

Како би се обезбедио ефикасан рад будућих корисника система, треба предузети следеће активности:

- Извршити инсталацију софтверских компоненти ХИС „Ђердап“ в2.1.
- На инсталираним корисничким алатима развијеним у оквиру ХИС „Ђердап“ в2.1. извршити обуку стручног особља;

ПОДЛОГЕ ЗА РАЗВОЈ ХИС „ЂЕРДАП“

Да би се спровеле активности предвиђене овим Пројектним задатком, Инвеститор ће обезбедити неопходне подлоге:

- Софтверске компоненте ХИС „Ђердап“ в2.0:
  - Систем за мерење и прикупљање података ХЕ „Ђердап 1“;
  - Систем за мерење и прикупљање података ХЕ „Ђердап 2“;
  - Аквизициони сервер ХЕ „Ђердап 1“;
  - Аквизициони сервер ХЕ „Ђердап 2“;
  - Централни сервер базе података: централна база података; база метаподатака; слој за пријем података и контролу квалитета мерених техничких података; слој за обраду и пружање података и слој за управљање приступом систему.
  - Централни прорачунски сервер: хидраулично-хидроенергетски математички модел; нумерички модул за асимилацију мерења и нумерички модул за оптимизацију.
  - Кориснички подсистем за анализу података: кориснички алат за преглед историјских података; кориснички алат за праћење података у реалном времену и кориснички алат за експертску анализу података.
  - Кориснички подсистем за управљање прорачунима: кориснички алат за одређивање дотока у симулационом периоду; кориснички алат за подршку оперативном управљању и кориснички алат за подршку стратешком одлучивању.
  - Администраторски алати: администраторски алат за одржавање централне базе; администраторски алат за управљање централним

сервером, администраторски алат за управљање аквизиционим серверима и администраторски алат за управљање централним прорачунским сервером.

- Документацију ХИС „Ђердап“ в 2.0, у штампаном и у едитабилном електронском облику:
  - Књига 1: Синтезни извештај;
  - Књига 2: Извештај о аквизиционом серверу на брани ХЕ "Ђердап 1";
  - Књига 3: Извештај о аквизиционом серверу на брани ХЕ "Ђердап 2";
  - Књига 4: Извештај о централној бази података и бази метаподатака;
  - Књига 5: Извештај о серверским компонентама централног сервера;
  - Књига 6: Извештај о администраторском алату за управљање аквизиционим серверима;
  - Књига 7: Извештај о администраторском алату за одржавање базе података и базе метаподатака;
  - Књига 8: Извештај о администраторском алату за управљање централним сервером;
  - Књига 9: Извештај о администраторском алату за управљање прорачунским сервером;
  - Књига 10: Извештај о теоријским основама и алгоритмима контроле квалитета мерених техничких података;
  - Књига 11: Извештај о класификацији и примењеним методама и параметрима контроле квалитета мерених техничких података;
  - Књига 12: Извештај о корисничком алату за преглед историјских података;
  - Књига 13: Извештај о корисничком алату за праћење података у реалном времену;
  - Књига 14: Извештај о корисничком алату за експертску анализу података;
  - Књига 15: Извештај о геометрији речног корита;
  - Књига 16: Извештај о подацима мерења;
  - Књига 17: Извештај о карактеристикама објеката и опреме;
  - Књига 18: Извештај о теоријским основама, алгоритмима и нумеричком солверу спрегнутих хидрауличких и хидроенергетских процеса;
  - Књига 19: Извештај о геометријским, физичким и функционалним карактеристикама калибрисаног хидрауличко-хидроенергетског модела;
  - Књига 20: Извештај о теоријским основама, алгоритмима и нумеричким модулима за оптимизацију и асимилацију мерења;
  - Књига 21: Извештај о прорачунском серверу;
  - Књига 22: Извештај о корисничком алату за одређивање дотока у симулационом периоду;
  - Књига 23: Извештај о корисничком алату за подршку оперативном управљању;
  - Књига 24: Извештај о корисничком алату за подршку стратешком одлучивању;
  - Књига 25: Извештај о смерницама за даљи развој и употребу ХИС „Ђердап“.
- Подаци који се користе у процедурама усаглашавања и извештавања (специфичне потрошње, проток на профилу бране, производња, кота горње воде, кота доње воде итд.);
- Правилник ЗДСЕ из 1998. године о ограничењима у раду система, ограничења нивоа и протицаја, ограничења производње и дефинисање услова евакуације воде;
- Сва остала расположива техничка документација која обрађује објекте система ХЕ „Ђердап 1“ и ХЕ „Ђердап 2“, према потреби.

ПРИЛОГ 1: КОНЦЕПЦИЈА ХИС „ЂЕРДАП“

Хидро-информациони систем „Ђердап“ састоји се од следећих подсистема: централног сервера базе података, аквизиционих сервера, централног прорачунског сервера и серверско-клијентских функционалних целина које се називају кориснички подсистеми.

Основне функционалне карактеристике таквог ХИС-а су:

- ХИС је сачињен од информационо-комуникационих компоненти повезаних са хидролошким истраживањима, са фокусом на прикупљање, обраду и архивирање релевантних информација које описују фундаменталне хидролошке процесе и које су систематизоване и доступне корисницима кроз различите форме претраживања, приказивања и моделског коришћења.
- ХИС омогућава моделирање свих релевантних процеса који су повезани са кретањем воде (природни, неумитни процеси као што је течење воде у водотоковима и сл., и управљиви процеси као што је производња електричне енергије) на начин да примењени модели буду физички засновани.
- ХИС, у интеракцији са хидро-метеоролошким информационим системима који садрже прогнозе, омогућава квалитетну прогнозу дотока у акумулацију и на тој основи израду оперативних планова управљања, а у складу са различитим захтевима диспечера.
- Све компоненте ХИС-а су у складу са информатичким стандардима. У том смислу, ХИС је развијен према принципима отворене сервисно-оријентисане архитектуре. Архитектура ХИС-а је проширива и није ограничена физичким обимом података у систему и бројем корисника самог система. ХИС је способан да приступи и преузме све податке, да их преведе у стандардан формат и пружи кориснику кроз веб сервисе и стандардизоване функције.
- ХИС садржи методе и платформу за што једноставније претраживање и обраду релевантних података, имајући увек у виду и њихово георeференцирање, како би се на једном месту сустицали подаци о протоцима и нивоима воде, производњи енергије, падавинама, температурама и сл., који се иначе физички налазе у различитим информационим системима, односно омогућава да се подаци о истој величини, а који се разликују по резолуцији или начину мерења, и налазе у посебним ИС-овима, комбинују, обједињују и допуњују.
- Функционисање ХИС-а је базирано на решењима која су у суштини скалабилна, сигурна, једноставно се надгледају, интероперабилна су и независна од оперативног система. Овакав приступ ослобађа корисника од потребе за сагледавањем сложености превазилажења проблема у прикупљању, обради и дистрибуцији података, док у исто време мора да одвоји одређену логику манипулације подацима од клијентских апликација.

Управљање водним ресурсима у оквиру система ХЕПС „Ђердап 1“ и „Ђердап 2“ реализује се кроз успостављање, одржавање и коришћење ХИС „Ђердап“, кога чини скуп софтверско/хардверских компоненти груписан у:

- Систем за мерење и прикупљање података ХЕ „Ђердап 1“;
- Систем за мерење и прикупљање података ХЕ „Ђердап 2“;
- Аквизициони сервер ХЕ „Ђердап 1“;
- Аквизициони сервер ХЕ „Ђердап 2“;
- Централни сервер базе података;
- Централни прорачунски сервер;
- Кориснички подсистем за анализу података;

- Кориснички подсистем за подршку управљању експлоатацијом хидропотенцијала;
- Администраторске алате.

У циљу коришћења и одржавања, ХИС-у може приступити шири круг обученог и стручног особља. Систем предвиђа управљање правима приступа на нивоу улога, као и на нивоу појединачних корисника. Основне улоге у ХИС-у су:

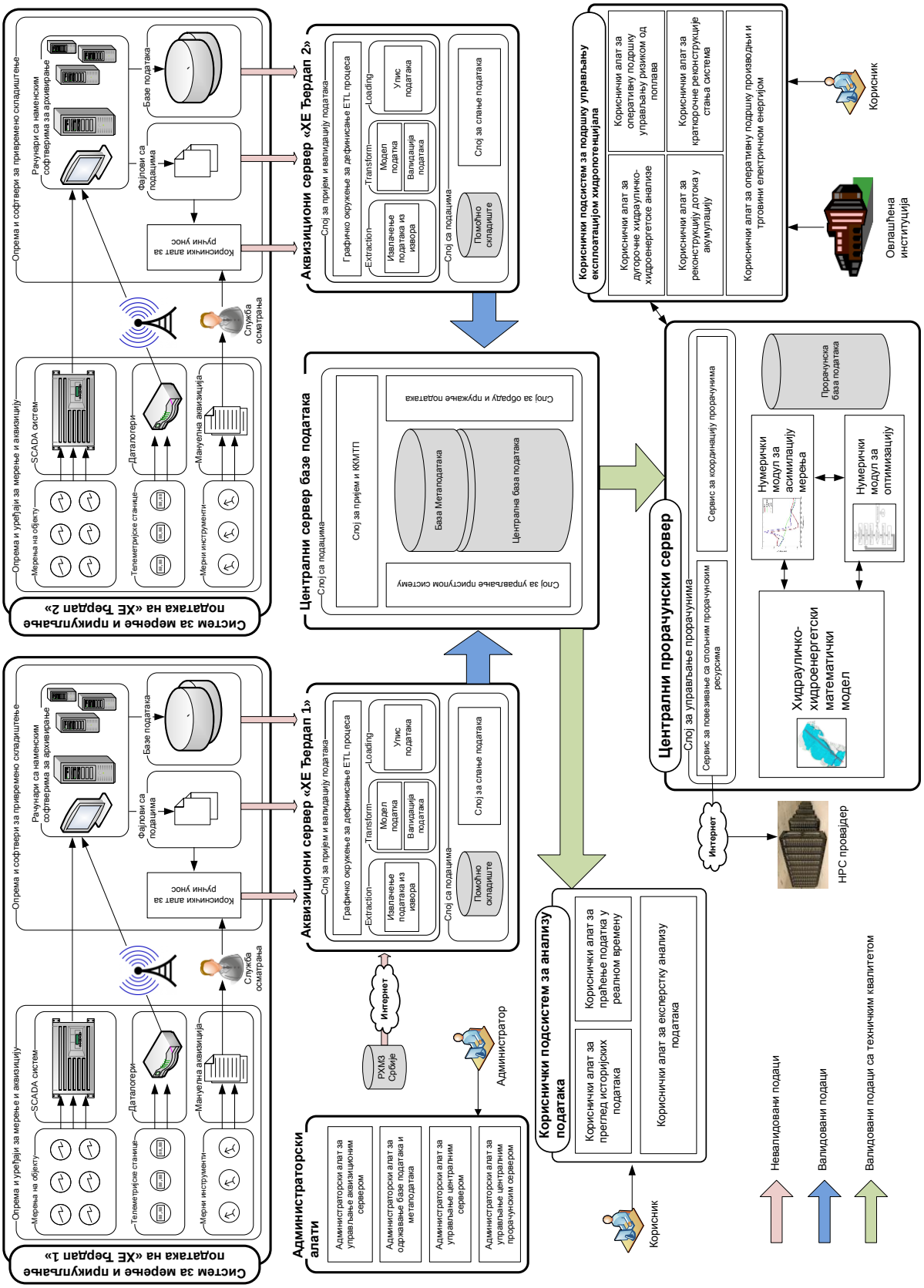
- Корисник;
- Служба осматрања;
- Овлашћена институција и
- Администратор.

Корисник представља у најширем смислу сваки субјект који помоћу корисничких алата приступа подацима мерења и резултатима коришћења математичких модела. Улогу корисника има особље диспечерске службе, особље са бране које припада другим службама које могу имати интереса за праћење стања водних ресурса, као и особље које ради у овлашћеним стручним институцијама које су релевантне за праћење и анализу коришћења хидро-потенцијала и рада објеката ХЕ. По потреби, ова улога се може доделити и особљу из других надлежних институција (министарство, међудржавна комисија, агенције и сл.).

Диспечерска служба врши унос података који се не прикупљају аутоматски (преко система за аутоматску аквизицију, уз помоћ наменских софтвера произвођача мерне опреме) него мануелно, механичким (визуелним) путем или путем дојаве (телефоном и сл.).

Овлашћена стручна институција представља институцију која је релевантна за праћење и анализу коришћења водних ресурса и ангажовања објеката ХЕ и која располаже одговарајућим стручним ресурсима за вршење анализа коришћењем ХИС-а, као и за управљање одређеним деловима ХИС-а. Стручни кадар из овакве институције има приступ математичким моделима ради њиховог ажурирања, а по потреби и у циљу корекције или унапређења модела. Приступ ХИС-у се регулише уговором између ЈП ЕПС-Огранак ХЕ „Ђердап“ и овлашћене стручне институције.

Администратор представља улогу која подразумева ажурирање садржаја база података (измену и/или брисање претходно унетих података) и управљање аутоматским процесима прикупљања, архивирања и коришћења података. Администратор управља и правима приступа свих корисника система.



Слика 1 Структура ХИС „Ђердап“

СИСТЕМИ ЗА МЕРЕЊЕ И ПРИКУПЉАЊЕ ПОДАТАКА ХЕ „ЂЕРДАП 1“ И ХЕ „ЂЕРДАП 2“

Системи за мерење и прикупљање података на ХЕ „Ђердап 1“ и ХЕ „Ђердап 2“ омогућавају физичку реализацију осматрања података релевантних за ХИС, што подразумева мерење и прикупљање низа релевантних величина: нивоа и протока воде, као и мерења експлоатационих величина на објекту. Циљ инсталације система за мерење и прикупљање података је да се обезбеде меродавне информације на основу којих се могу вршити прорачуни и ажурирање математичког модела.

Веома битан аспект коришћења опреме и уређаја за мерење и аквизицију је и њихово редовно одржавање. Подршка одржавању се реализује кроз систематско праћење стања опреме коришћењем ХИС-а, уз благовремено предузимање одговарајућих мера за очување опреме и уређаја у добром стању.

У оквиру система за мерење и прикупљање података, како на брани ХЕ „Ђердап 1“, тако и на брани ХЕ „Ђердап 2“, у оквиру ХИС „Ђердап“ обезбеђују се кориснички алати који омогућавају ручни унос података релевантних за ХИС, а који нису обухваћени аутоматским системима аквизиције на постојећим системима за мерење и прикупљање података. Кориснички алат за ручни унос омогућава фреквентни унос података кроз веб базирани интерфејс са програмабилним предефинисаним електронским обрасцима, који су еквивалентни папирним обрасцима за бележење мерења. Посебан модул корисничког алата за ручни унос односи се на аутоматизовани унос масовних података (који се битно разликује од фреквентног ручног уноса).

АКВИЗИЦИОНИ СЕРВЕРИ

Аквизициони сервер је скуп хардверско/софтверских компоненти повезаних у једну целину са циљем да податке који се привремено складиште на систему за мерење и прикупљање података преузме, валидује и припреми за слање на централни сервер базе података ХИС-а. У случају да је систем за мерење и прикупљање података непотпун, тј. да опрема и софтвери за привремено складиштење нису имплементирани у пуном обиму, аквизициони сервер преузима на себе и њихову улогу (директна комуникација са опремом и уређајима за мерење и аквизицију).

Постоје два аквизициона сервера (један на ХЕ „Ђердап 1“ и један на ХЕ „Ђердап 2“) која комуницирају са једним централним сервером. Аквизициони сервер на ХЕ „Ђердап 1“ врши и преузимање података од РХМЗ Србије, што подразумева постојање протокола о размени података између РХМЗ и ХЕ „Ђердап“.

ЦЕНТРАЛНИ СЕРВЕР БАЗЕ ПОДАТАКА

Централни сервер чини скуп хардверско/софтверских компоненти повезаних у једну целину са циљем координације, дистрибуирања, синхронизације и складиштења података, као и управљања приступом подацима и сервисима. Централни сервер се налази у средишту информационо-комуникационе инфраструктуре система и сви други елементи система у одређеном обиму комуницирају са њим.

Податке из централног сервера базе података користе централни прорачунски сервер и кориснички подсистеми.

Основне компоненте централног сервера су: централна база података, база метаподатака, слој за пријем и контролу квалитета мерених техничких података (ККМТП), слој за обраду и пружање података и слој за управљање приступом систему.

Централна база података

Централна база података представља складиште свих података у ХИС-у јер се у њој сустичу све временске серије прикупљене осматрањем у систему, подаци о систему осматрања, документима и подацима о функционалности ХИС „Ђердап“. Ради се о релационој бази података која се одржава администраторским алатом ХИС-а (администраторски алат за одржавање базе података и метаподатака), па је у даљем коришћењу администраторима система омогућено одржавање постојећих, као и увођење нових садржаја.

Намењена је првенствено за складиштење временских серија осмотрених података добијених преко система за осматрање и прикупљање података. У централној бази су смештени архивски подаци о осматрањима, али и подаци прикупљени у „реалном времену“. Подаци временских серија који се налазе у бази података аутоматизованим поступком добијају и податак о квалитету, па је њихова употреба у слојевима и алатима у ХИС-у праћена и информацијом о степену поузданости података.

Осим података о временским серијама, у централној бази података се чувају и подаци о систему за осматрање и прикупљање података који могу бити од важности за тумачење података временских серија. Тако је омогућено складиштење и одржавање података о мерним инструментима, мерним местима и местима осматрања, што омогућава потпуније сагледавање просторних односа и поступака мерења у систему. У бази су и документи који описују систем, али и инструкције за извршавање других делова система, као што су графичке подлоге и дијаграми за корисничке алате. Коначно, у централној бази података се такође налазе и подаци о корисничким налозима, ресурсима система и правима приступа.

У централној бази података је подржан концепт временског референцирања свих података, па је могуће пратити развој целог система у времену, што је од непроцењивог значаја за тумачење архивских података, али и за правилну употребу података из базе у математичким моделима. Имплементирано је и праћење измена у бази података, а подаци добијени из система за осматрање и прикупљање података остају трајно доступни у изворним вредностима, уз могућност цензурисања од стране експерта.

База метаподатака

Уско везана за централну базу података је и база метаподатака која садржи „податке о подацима“, тј. пружа потпунији увид у типове података и атрибуте ентитета централне базе података. Намењена је за аутоматизован рад компоненти ХИС-а, али истовремено представља и основу за комуникацију према другим системима, јер се у њој налазе инструкције за тумачење података из централне базе података.

И у бази метаподатака је имплементиран механизам одржавања и временског референцирања садржаја, чиме се обезбеђује исправан будући рад система и правилно тумачење података и након промена у систему.

Слој за пријем података и контролу квалитета мерених техничких података

Овај слој је задужен за пријем података из аквизиционих сервера ХИС-а и архивирање у централну базу података у одговарајућем формату, при чему обезбеђује механизме оцењивања квалитета мерених техничких података.

Контрола квалитета мерених техничких података представља оцену употребљивости податка у смислу његовог коришћења у експертским анализама и математичким моделима. Поступци одређивања квалитета података су знатно сложенији од поступака валидације на аквизиционом серверу и садрже механизме детекције отклона („скокова“ вредности), трендова, као и корелације више величина и др.

Слој за обраду и пружање података

Слој за обраду и пружање података служи за дистрибуцију податка из централне базе података према корисничким подсистемима. Овај слој омогућава преузимање података из централне базе података, заједно са пратећим подацима о техничком квалитету, уз поштовање права приступа систему. Осим преузимања података из централне базе података, овај слој омогућава и обраду вредности у складу са дефинисаним аналитичким функцијама, правилима агрегирања по временском кораку, као и правилима формирања сложених (композитних) серија. Обрада се врши по захтеву са корисничких подсистема, па се такви подаци не морају чувати у бази података. Уколико експерт има потребу да сачува обрађене податке, то му је омогућено употребом одговарајућих алата, јер је формат обрађених серија компатибилан са подацима временских серија у централној бази података.

Слој за управљање приступом систему

Слој за управљање приступом систему управља правима приступа ресурсима система и спроводи заштиту од неовлашћеног коришћења. На овом слоју се врши аутентификација корисника путем корисничких налога, као и утврђивање права приступа појединачним ресурсима система.

ЦЕНТРАЛНИ ПРОРАЧУНСКИ СЕРВЕР

Централни прорачунски сервер је скуп хардверско/софтверских компоненти повезаних у једну целину са циљем да се обезбеди инфраструктура неопходна за коришћење математичких модела у процесу управљања водним ресурсима. Због специфичности и сложености прорачуна који се врше са хидрауличким моделима и примене оптимизационих алгоритама, хардверска платформа централног прорачунског сервера и системски софтвер омогућавају паралелизацију прорачуна и имају могућност периодичне надоградње.

На овом серверу налазе се:

- хидрауличко-хидроенергетски математички модел,
- слој за управљање прорачунима,
- прорачунска база података,
- нумерички модул за асимилацију мерења и

- нумерички модул за оптимизацију.

Формиран је један централни прорачунски сервер. Поменуте модуле корисници и овлашћена стручна институција користе преко корисничког подсистема за подршку управљању експлоатацијом хидропотенцијала.

Хидрауличко-хидроенергетски математички модел

Хидрауличко-хидроенергетски математички модел је основни део комплекса специјализованих ХИС програма и представља језгро ХИС-а у корисничком смислу. Генерално, задатак математичке симулације система и процеса у њему је да кориснику пружи релевантне информације које су потребне за доношење експертске одлуке: да појединачно вреднује широку лепезу могућих одлука везаних за пројектовање даљег развоја система и/или одлука везаних за управљање системом у разним климатским, хидролошким, техничким, економским, законским и политичким условима и ограничењима, како би се пре доношења управљачке одлуке сагледале евентуалне последице уколико се те одлуке примене на реалном систему.

Математички модел ХИС „Ђердап“ представља модел кретања воде на великом и сложеном простору, обухватајући: улаз воде у систем, течење у отвореним токовима, преливање преко преливних објеката на бранама и течење и производњу енергије на хидроелектранама.

Моделирање ових процеса захтева добро познавање сложених појава, али и адекватну процену начина и степена апроксимације. Респектујући наведену просторну и наменску сложеност система, извршена је моделска декомпозиција простора, уводећи различите елементе, којима се могу симулирати различити токови воде.

Вршење симулације са предметним хидрауличко-хидроенергетским моделом врши се на ефикасном нумеричком солверу који може спроводити спрегнуте хидрауличко-хидроенергетске прорачуне. Солвер се назива ефикасним зато што прорачуне читавог модела на периоду од неколико дана може извршити врло брзо чиме се омогућава да се модел користи и у решавању оптимизационих проблема ажурирања модела и одређивања оптималних планова управљања.

Модел се може надограђивати у зависности од додатних захтева које намећу услови његове експлоатације.

Да би се обезбедила одрживост модела, модел је у потпуности компатибилан са јавно доступним и стручно признатим програмским окружењем (PD окружење). Тиме се обезбеђује стална валидација рачунског модела и лакше одржавање модела.

Слој за управљање прорачунима

Слој за управљање прорачунима треба да обезбеди све потребне интерфејсе за комуникацију са хидрауличко-хидроенергетским моделом, нумеричким модулом за асимилацију мерења, са нумеричким модулом за оптимизацију, као и са сервисом за повезивање са спољним прорачунским ресурсима.

<u>Сервис за координацију прорачунима</u>

Сервис за координацију прорачунима има задатак да све захтеве добијене од корисничких алата или нумеричких модула за асимилацију мерења и оптимизацију преведе у форму која се може проследити хидрауличко-хидроенергетском моделу. Такође, резултате добијене од стране модела, овај сервис преводи у потребан формат који захтевају или кориснички алати или други модули и сервиси. У случајевима да захтевани прорачуни превазилазе хардверске ресурсе прорачунског сервера, овај сервис прослеђује захтев сервису за повезивање са спољним прорачунским ресурсима, чиме се на флексибилан начин повећава капацитет прорачунског сервера.

Сервис за повезивање са спољним прорачунским ресурсима

Сервис за повезивање са спољним прорачунским ресурсима треба да обезбеди инфраструктуру којом би се прорачуни које треба да спроводи прорачунски сервер могли реализовати и на спољним рачунарским ресурсима, тј. код такозваних HPC (High Performance Computing) провајдера. Сервис врши превођење извршних фајлова хидрауличко-хидроенергетског модела пратећих улазно/излазних фајлова у формат који се може послати HPC провајдеру, најчешће преко cloud технологије, и на основу протокола и комуникације са провајдером одређује обим ангажовања спољних ресурса. Сервис прати прорачуне у маниру флексибилног ангажовања и добијене резултате преводи у формат који је потребан сервису за координацију прорачунима.

Нумерички модул за асимилацију мерења

Пошто је један од циљева ХИС „Ђердап“ стварање услова за краткорочно, оперативно управљање системом, неопходно је постојање апликације за аутоматско ажурирање стања система, зато што генерално сви процеси у систему краткорочно зависе од почетног, затеченог стања система.

Улазни подаци за прорачун ажурног рачунског стања система су подаци „у реалном времену“ са мерних станица у систему. Координишући рад оптимизационог модула и математичког модела, преко слоја за управљање прорачунима, овај модул аутоматски естимира кључна хидрауличка стања система и на тај начин ажурира моделско стање (нивое и протоке у систему). Тако добијено рачунско стање похрањује се у централну базу података и даље се дистрибуира и користи као полазна тачка за оперативне прорачуне.

На овај начин могуће је ХИС „Ђердап“ користити „у реалном времену“, без потребе да се врши прорачун на неком дужем периоду, што је посебно важно обзиром да се прорачун користи као подршка управљању хидроенергетским објектима, па је брзина извршавања симулације од великог значаја.

Нумерички модул за оптимизацију

Нумерички модул за оптимизацију има улогу решавања различитих оптимизационих проблема који се јављају у коришћењу ХИС „Ђердап“. Тако, са једне стране, модул за оптимизацију се користи у процесу асимилације мерења, док са друге стране обезбеђује решавање оптимизационих проблема који се јављају у коришћењу подсистема за подршку управљању експлоатацијом хидропотенцијала. Нумерички модул за оптимизацију подржава већи број критеријума, као што су максимизација профита, утицај реализације плана производње на преостали хидропотенцијал у акумулацији, ризик од нарушавања ограничења у раду објеката и сл.

Овај модул је реализован тако да се искористе могућности вишепроцесорских система, а алгоритам оптимизације подржава једноставно уклапање са другим нумеричким модулима и будуће критеријуме. Препоручљиво је да се из ових разлога користе еволуциони алгоритми (нпр. NSGA-II).

Прорачунска база података

Прорачунска база података представља специјализовану nonSQL базу података која је намењена за похрањивање великог броја нумеричких података везаних за спроведене прорачуне. Сваки успешно спроведени поступак асимилације чува се у овој специјализованој бази података чиме се постиже да се резултати могу употребити у накнадним анализама.

КОРИСНИЧКИ ПОДСИСТЕМ ЗА АНАЛИЗУ ПОДАТАКА

Кориснички подсистем представља скуп корисничких алата који се користе за претраживање, приступ, преузимање и анализирање историјских, тј. архивских података мерења, као и за праћење података мерења у реалном времену.

Сви кориснички алати су савремене графички оријентисане апликације које омогућавају интуитиван рад и размену података са другим постојећим комерцијалним корисничким апликацијама.

Кориснички подсистем за анализу података чине: кориснички алат за преглед историјских података, кориснички алат за праћење података у реалном времену и кориснички алат за експертску анализу података.

Кориснички алат за преглед историјских података

Програм за преглед података омогућава кориснику да на једноставан начин претражује расположиве податке унутар ХИС-а, као и да дефинише све неопходне атрибуте потребне за њихово преузимање. Поред приступа подацима ова апликација поседује висок ниво интерактивности и визуелизације. Интерактивност је реализована преко вршења упита над базом ХИС-а која кориснику на једноставан омогућава да пронађе податак који му је потребан и да га анализира или сачува у неком од стандардних формата ради даљег коришћења. Функција визуелизације омогућава кориснику да брзо генерише табеле и елементарне показатеље везане за разматрани тип податка.

Посебно је важна функционалност претраге временских референци у виду временске линије. Веза свих елемената у бази података са временским тренуцима се интерпретира на елементима корисничког интерфејса и графичких приказа, па корисник лако може да сагледа стање система у одређеном тренутку.

Кориснички алат за праћење података у реалном времену

Кориснички алат за приказ у реалном времену омогућава преглед тренутних вредности мерења, као и мерења у скоријој прошлости (7, 15 или 30 дана). Уз помоћ овог алата диспечерска служба може да прати податке – резултате актуелних мерења. Овај алат се користи и за потребе свакодневног праћења стања у акумулацијама од стране другог особља бране. Алат обезбеђује приказ величина у виду графикона за

предефинисане и произвољне временске периоде и карактеристичних вредности (средња, минимална и максимална вредност).

Кориснички алат за експертску анализу података

Кориснички алат за експертску обраду омогућава корисницима система, са улогом експерта, да коригују или допуњују архивска мерења, као и да уводе потребне промене у начин обраде одређене измерене величине. Алат омогућава рад са великим бројем података, вршење напредних анализа, поређења, филтрирања, повезивања серија мерења, допуну недостајућих података, као и анализу рада система. Овај алат обезбеђује потребне механизме да при вршењу свих наведених активности корисник у обзир може узети у разматрање све метаподатке о систему осматрања, као и о поступку мерења и аквизиције.

Кориснички алат за експертску анализу података представља основни алат за дефинисање, калибрацију и тестирање оцењивача ККМТП.

КОРИСНИЧКИ ПОДСИСТЕМ ЗА ПОДРШКУ УПРАВЉАЊУ ЕКСПЛОАТАЦИЈОМ ХИДРОПОТЕНЦИЈАЛА

Кориснички подсистем за подршку управљању експлоатацијом хидропотенцијала је намењен за рад корисника и овлашћене стручне институције са ресурсима прорачунског сервера.

Кориснички подсистем за управљање експлоатацијом хидропотенцијала чине: кориснички алат за оперативну подршку производњи и трговини електричном енергијом, кориснички алат за оперативну подршку управљању ризиком од поплава, кориснички алат за дугорочне хидрауличко-хидроенергетске анализе, кориснички алат за краткорочне реконструкције стања система и кориснички алат за реконструкцију дотока у акумулацију.

Кориснички алат за оперативну подршку производњи и трговини електричном енергијом

Овај кориснички алат је намењен за решавање одређеног скупа карактеристичних проблема везаних за планирање производње и трговину електричном енергијом: израду оптималног плана усаглашеног са оперативним подацима о цени електричне енергије, свакодневну расподелу хидро-енергетског потенцијала, поштовање ограничења у реализацији дневних планова и сл.

Алат омогућава флексибилан начин моделирања рада румунске стране, поштујући чињеницу да „Portile de Fier“ у румунском енергетском систему има специфичну улогу, битно другачију од оне коју „Ђердап“ има у свом енергетском систему. На овај начин је могуће оптималност рада система вредновати на начин што ближи реалном.

Кориснички алат за оперативну подршку производњи и трговини електричном енергијом омогућава и анализе које узимају у обзир поузданост хидролошке анализе и неизвесности у прогнозирању цена електричне енергије. Резултати ових анализа дају позитиван утицај при одређивању вишедневног оптималног плана, тј. повећавају поверење у остваривост и оптималност плана производње у сложеним и динамичним условима тржишта електричне енергије.

Кориснички алат располаже механизмима аутоматског креирања наменских извештаја о претходном раду система, као и прогнозираним условима (хидролошким и тржишним) и естимираним оптималним плановима ангажовања агрегата.

Кориснички алат је веб апликација која омогућава истовремени рад више корисника.

Кориснички алат за оперативну подршку управљању ризиком од поплава

Овај кориснички алат аутоматизује решавање проблема дефинисања оптималног управљања системом при планирању и вршењу маневра обарања коте у циљу прихватања великих вода, као и враћању система у регуларни режим рада. Употребом алата могу се дефинисати оптимална истицања на профилима брана (у енергетске сврхе као и преко преливне бране) којима би се на ефикасан начин могао смањити ризик од поплава, али и умањити губитак у производњи.

Корисничким алатом за оперативну подршку управљању ризиком од поплава могу се вршити анализе којима се узимају у обзир поузданост хидролошке анализе и естимираног стања хидрауличко-хидроенергетског модела при одређивању нивоа ризика у разматраним сценаријима. Резултати ових анализа дају позитиван утицај при одређивању оптималног управљања истицањем на профилима брана, тј. повећавају поверење у остваривост и оптималност плана у сложеним (па и екстремним) хидролошко-хидрауличким условима.

Кориснички алат располаже механизмима за аутоматско креирање наменских извештаја о претходном стању система, као и прогнозираним хидролошким условима и разматраним маневрима обарања коте.

Кориснички алат је веб апликација која омогућава истовремени рад више корисника.

Кориснички алат за дугорочне хидрауличко-хидроенергетске анализе

Корисничким алатом за дугорочне хидрауличко-хидроенергетске анализе експерт може да врши низ хидроенергетских прорачуна на основу којих би се анализирала различита варијантна решења, како у погледу промена карактеристика хидро-машинске опреме, тако и у погледу промене правила управљања и одговарајућих ограничења у раду система. На овај начин се може доћи до показатеља оптималности одређених одлука у вези дугорочног управљања експлоатацијом хидропотенцијала. Корисничким алатом могу се вршити и анализе раније донетих одлука (утврђивање оптималности већ спроведених измена и постојећих стратегија управљања).

Кориснички алат за дугорочне хидрауличко-хидроенергетске анализе поседује механизме аутоматског генерисања великог броја сценарија на основу скупова улазних података, сетова параметара модела и правила управљања радом система као и напредних алата за статистичку обраду масовних података који се добијају употребом хидрауличко-хидроенергетског модела. Кориснички алат поседује и механизме генерисања теоретских хидролошких низова.

Кориснички алат располаже механизмима за аутоматско креирање извештаја о резултатима анализа (криве трајања, статистички показатељи и сл.).

Кориснички алат је веб апликација која омогућава истовремени рад више корисника.

Кориснички алат за краткорочне реконструкције стања система

Овај кориснички алат аутоматизује обраду масовних података мерења на објектима брана и припадајућој хидро и електро-машинској опреми. Алатом се из базе података за одређени краћи временски период преузимају сви расположиви подаци о снагама, котама, положају устава и протицајима, који се бележе SCADA системима. Над преузетим подацима алатом се може спровести низ унакрсних прорачуна на основу чијих резултата је могуће: утврдити нерегуларности у систему осматрања, попунити недостајуће податке, естимирати вредности за релевантне величине које се не мере већ се аутоматски обрачунавају (карактеристични нивои и протицаји) и сл.

Кориснички алат поседује флексибилан систем вршења упита над масовним подацима, обраде података и визуелизације. Поред тога, кориснички алат располаже механизмима за аутоматско креирање наменских извештаја о извршеним прорачунима и анализама.

Алат је изведен као десктоп апликација и не подржава истовремени рад више корисника.

Кориснички алат за реконструкцију дотока у акумулацију

Нумерички модул за асимилацију мерења у свакодневној употреби ХИС „Ђердап“ кроз аутоматизовани процес асимилације мерења врши естимацију хидрауличког стања у акумулацији. Као део резултата овог поступка јављају се и естимирани дотоци на свим разматраним притокама. Кориснички алат за реконструкцију дотока у акумулацију користи се за анализу извршених естимација и утврђивања вредности битних, практично системских параметара (криве протока на почетним профилима и сл.), као и за усвајање меродавних протицаја за анализирани период.

Поред наведеног, кориснички алат за реконструкцију дотока у акумулацију, користи се и за наменско покретање нумеричког модула за асимилацију мерења у циљу анализе његовог рада, или накнадног, експертског утврђивања вредности системских параметара, као и усвајање меродавних протицаја за анализирани период на основу детаљних експертских анализа.

Кориснички алат обезбеђује механизме обраде резултата прорачуна на начин да могу дати и информације потребне за шире хидролошке анализе (нпр. у раду хидролошке службе РХМЗ-а).

Алат располаже механизмима за аутоматско креирање наменских извештаја о спроведеним анализама.

Кориснички алат је веб апликација која омогућава истовремени рад више корисника.

АДМИНИСТРАТОРСКИ АЛАТИ

За потребе одржавања базе података и управљања радом система обезбеђује се група администраторских алата. Коришћење ових алата је предвиђено само за особе са администраторским, тј. пуним правима приступа свим ресурсима система. Групу администраторских алата чине: администраторски алат за одржавање базе података и метаподатака, администраторски алат за управљање централним сервером,

администраторски алат за одржавање аквизиционог сервера и администраторски алат за управљање централним прорачунским сервером.

Администраторски алат за одржавање централне базе

Овај алат омогућава дефинисање историјских стања и тренутног стања мерне опреме, систематизацију свих мерних места, прикупљање података о мерењима и архивирању, као и преглед података које додатно описују систем (метаподаци).

За податке о мерним инструментима омогућено је вођење евиденције о свим мерним инструментима који се користе или су коришћени током читавог периода експлоатације.

За податке о мерним местима омогућено је просторно референцирање постојећих и историјских мерних места, одржавање величина које се на њима мере, као и референцирање мерне опреме уграђене на појединим мерним местима.

За одржавање података о серијама омогућено је дефинисање серија које се мере на појединим мерним местима и инструментима, као и преглед историјских измерених података. Обезбеђен је и механизам праћења измена које су извршене на бази, при чему су за сваку измену познати време, аутор и врста промене.

Алат пружа могућност архивирања и прегледа различитих врста метаподатака, као што су документи, технички цртежи, фотографије, итд. Метаподаци могу бити и сложени типови података структуирани као табеле који описују одређени појам.

Администраторски алат за управљање централним сервером

Овај алат омогућава администратору централног сервера обављање редовног одржавања слојева централног сервера и управљање корисничким налозима у систему.

Администратор овим алатом одржава сервис за обраду и пружање података, тј. дефинише инжењерске величине које се добијају обрадом прикупљених података мерења или других изведених величина, а на основу математичких израза који се формирају помоћу предефинисаних скупова функција. Алатом се дефинисане изведене величине објављују на слоју за обраду и пружање података, што значајно олакшава одржавање поменутог слоја у експлоатацији ХИС-а.

Овај алат омогућава и одржавање сервиса за пријем и ККМТП преко графичког алата за дефинисање шема за оцењивање техничког квалитета. Овим алатом се резултујући алгоритми одређивања техничког квалитета податка објављују на слоју за пријем и технички квалитет података.

У циљу управљања корисничким налозима система омогућено је дефинисање корисника са различитим привилегијама у раду са системом. Ниво привилегија се дефинише кроз различите улоге које корисници могу да имају, при чему сваки од корисника може да има једну или више улога у раду са системом. Алат омогућава и перманентно праћење активности сваког од корисника приликом рада са системом.

Администраторски алат за управљање аквизиционим серверима

Овај алат омогућава администратору аквизиционог сервера управљање процесима аквизиције, као и одржавање и мењање образаца ручног уноса и праћење догађаја у систему аквизиције. Алат управља временским распоредима извршавања аквизиције,

припремом послова аквизиције и омогућава графичку визуелизацију токова података на аквизиционом серверу.

Алат за одржавање аквизиционог сервера омогућава администратору формирање образаца за ручни унос, као и њихово одржавање.

Администраторски алат за управљање аквизиционим серверима намењен је за администрирање оба аквизициона сервера и на ХЕ „Ђердап 1“ и на ХЕ „Ђердап 2“.

Администраторски алат за управљање централним прорачунским сервером

За потребе контроле рада слоја за управљање прорачунима и нумеричких модула, користи се администраторски алат за управљање централним прорачунским сервером. Администраторски алат за управљање централним прорачунским сервером омогућава праћење рада нумеричких модула и модула за асимилацију мерења. Овај алат омогућава администратору да, према потреби, изврши замену математичког модела, параметара модела, као и параметара предефинисаних прорачуна и процеса постпроцесирања.

Овај алат обезбеђује све неопходне механизме за упоредни преглед, анализу и обраду свих релевантних података и информација о карактеристикама система, перформансама објеката и временским серијама (статистичка обрада, визуелизација, анализа осетљивости модела на одређене параметре и сл.). Овај алат аутоматизује параметризацију хидрауличког модела на основу усвојених карактеристика (перформанси) система.

ПРИЛОГ 2: СОФТВЕРСКЕ КОМПОНЕНТЕ И ДОКУМЕНТАЦИЈА ХИС „ЂЕРДАП“ в2.0

СОФТВЕРСКЕ КОМПОНЕНТЕ ХИС „ЂЕРДАП“ в2.0

Верзија 2.0 ХИС „Ђердап“ представља пуну имплементацију концепције над којом ће у будућности бити могућа надоградња у складу са развојем информационо-телекомуникационе инфраструктуре и могућностима актуелних нумеричких и информатичких технологија, са циљем да се употребна вредност ХИС-а прилагођава динамичном тржишту електричне енергије, а такође и променама водних режима услед промена климе.

У оквиру развоја ХИС „Ђердап“ в2.0 остварени су следећи циљеви:

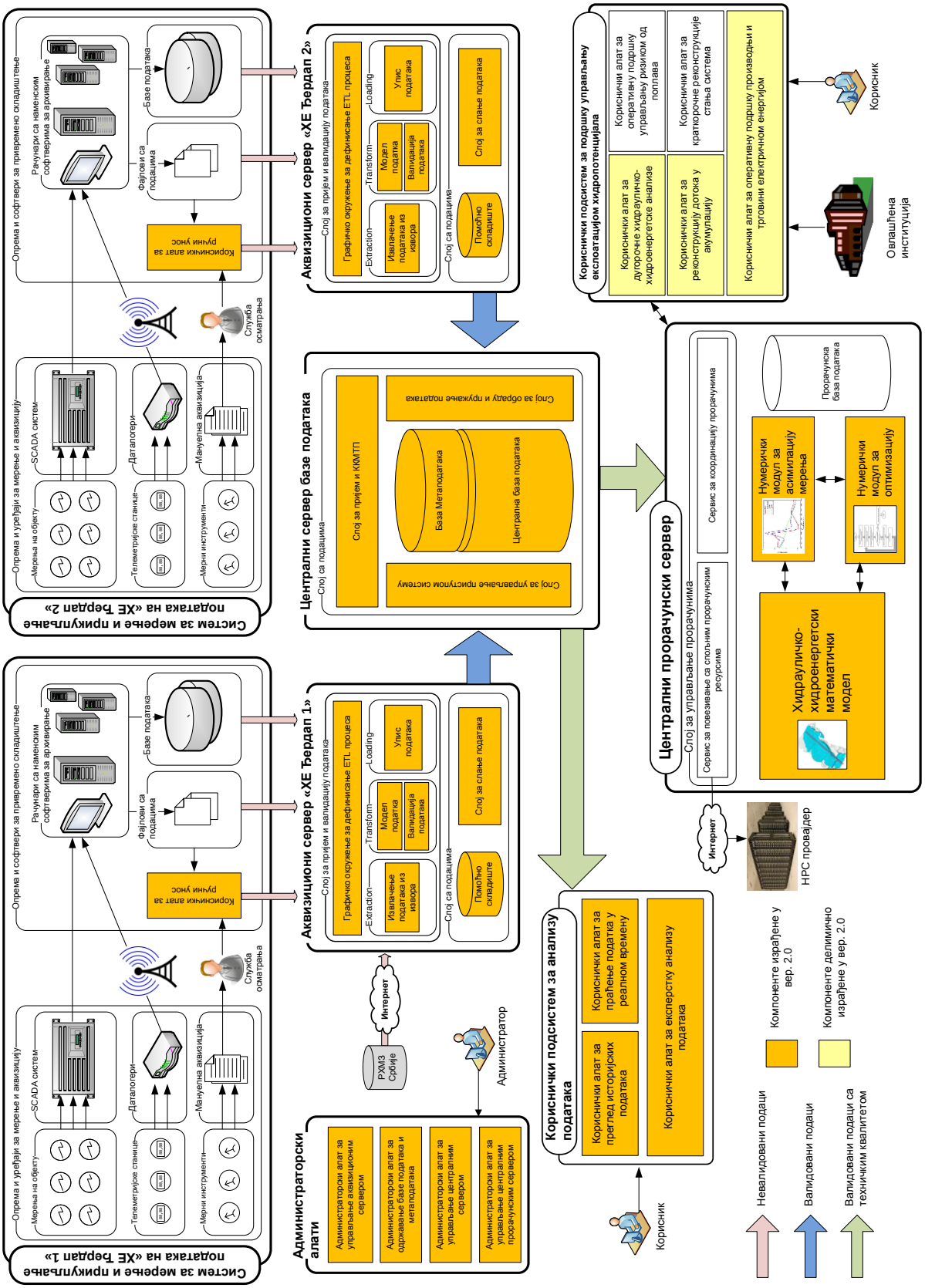
- Проверена је и комплетирана аквизиција релевантних података и приступ истим уз утврђивање техничког квалитета податка за све серије.
- Корисницима је омогућено да на једноставан начин могу приступати подацима и помоћу корисничких алата за историјски преглед и праћење података у реалном времену ефикасно анализирати и обрађивати исте.
- Калибрисан је и верификован хидрауличко-хидроенергетски математички модела над којим се врше спрегнути прорачуни и врши асимилација мерених података и стања система као и примена оптимизационих процедура.
- Над хидрауличко-хидроенергетским моделом је успостављена аутоматска процедура асимилације мерења, на основу података из централне базе података са техничким квалитетом, тако да је модел у потпуности спреман за оперативну примену.
- Комплетиран је прорачунски сервер са нумеричким модулима и оптимизационом платформом која може да пружи подршку у провери плана производње, изради оптималног плана производње и изради плана евакуације воде.
- Омогућено ја пружање подршке одлучивању у оперативном управљању и стратешком одлучивању, за шта су израђени наменски кориснички алати. Одређивање дотока у симулационом периоду је подржано наменском апликацијом.
- Администрација система је омогућена израдом и унапређењем одговарајућих администраторских алата.

ХИС „Ђердап“ в 2.0 се састоји од следећих софтверских компоненти:

- Централни север (виртуелна машина на ИТ инфраструктури ХЕ „Ђердап“):
  - централна база података,
  - база метаподатака,
  - слој за управљање приступом систему,
  - слој за пријем података и ККМТП,
  - слој за обраду и пружање података.
- Аквизициони сервер на брани ХЕ „Ђердап 1“ (виртуелна машина на ИТ инфраструктури ХЕ „Ђердап“).
- Аквизициони сервер на брани ХЕ „Ђердап 2“ (виртуелна машина на ИТ инфраструктури ХЕ „Ђердап“).
- Кориснички алати у оквиру софтвера за привремено складиштење:
  - кориснички алат за ручни унос на брани ХЕ „Ђердап 1“,
  - кориснички алат за ручни унос на брани ХЕ „Ђердап 2“.
- Кориснички подсистем за анализу података:
  - кориснички алат за преглед историјских података,
  - кориснички алат за праћење података у реалном времену и
  - кориснички алат за експертску анализу података.
- Кориснички подсистем за подршку управљању експлоатацијом хидропотенцијала:

    - кориснички алат за оперативну подршку производњи и трговини електричном енергијом;
    - кориснички алат за дугорочне хидрауличко-хидроенергетске анализе и
    - кориснички алат за реконструкцију дотока у акумулацију.
- Администраторски алати:
    - администраторски алат за одржавање централне базе,
    - администраторски алат за управљање централним сервером,
    - администраторски алат за управљање аквизиционим серверима,
    - администраторски алат за управљање прорачунским сервером.
- Централни прорачунски сервер:
    - хидрауличко-хидроенергетски математички модел,
    - нумерички модул за асимилацију мерења,
    - нумерички модул за оптимизацију.

На наредној слици приказан је обим реализације ХИС „Ђердап“ в2.0.



Слика 2 Структура ХИС „Ђердап“ в2.0

САДРЖАЈ ДОКУМЕНТАЦИЈЕ ХИС „ЂЕРДАП“ в2.0

Документација ХИС „Ђердап“ в2.0 израђена је у 25 књига. Садржај свих књига тесно је повезан са развојем наведених софтверских компоненти, будући да активности које подразумевају оперативно управљање имају подршку у одговарајућим корисничким апликацијама. Упутства за рад са софтверским компонентама, тј. корисничким алатима и администраторским алатима налазе се у одговарајућим књигама.

КЊИГА 1 - СИНТЕЗНИ ИЗВЕШТАЈ представља преглед и рекапитулацију извршених послова и кумулативни приказ стања ХИС „Ђердап“. У оквиру извештаја се налази сажет приказ целокупне документације.

КЊИГА 2 - ИЗВЕШТАЈ О АКВИЗИЦИОНОМ СЕРВЕРУ НА БРАНИ ХЕ „ЂЕРДАП 1“ има за циљ да најпре упозна будуће кориснике и администраторе са улогом аквизиционог сервера на брани ХЕ „Ђердап 1“ у процесу аутоматске аквизиције података, аквизиције података из ручног уноса и преноса података на централни сервер. Прецизно је дефинисан обухват података (диспечерски подаци, подаци о протоцима и производњама на агрегатима и подаци из SCADA система). За потребе администрирања аквизиционим сервером на брани ХЕ „Ђердап 1“ дате су процедуре одржавања аквизиционог сервера (праћење рада компоненти сервера, креирање резервне копије базе података и опоравак и препоруке за оптимизацију и одржавање аквизиционог сервера). Ова књига даје и смернице за даљи развој аквизиционог сервера на брани ХЕ „Ђердап 1“.

КЊИГА 3 - ИЗВЕШТАЈ О АКВИЗИЦИОНОМ СЕРВЕРУ НА БРАНИ ХЕ „ЂЕРДАП 2“ има за циљ да најпре упозна будуће кориснике и администраторе са улогом аквизиционог сервера на брани ХЕ „Ђердап 2“ у процесу аутоматске аквизиције података, аквизиције података из ручног уноса и преноса података на централни сервер. Прецизно је дефинисан обухват података (диспечерски подаци, подаци о протоцима и производњама на агрегатима и подаци из SCADA система). За потребе администрирања аквизиционим сервером на брани ХЕ „Ђердап 2“ дате су процедуре одржавања аквизиционог сервера (праћење рада компоненти сервера, креирање резервне копије базе података и опоравак и препоруке за оптимизацију и одржавање аквизиционог сервера). Ова књига даје и смернице за даљи развој аквизиционог сервера на брани ХЕ „Ђердап 2“.

КЊИГА 4 - ИЗВЕШТАЈ О ЦЕНТРАЛНОЈ БАЗИ ПОДАТАКА И БАЗИ МЕТАПОДАТАКА има за циљ да кориснике и администраторе система упозна са врстама података који се похрањују у централну базу података: подаци о временским серијама са мерењима, подаци о геометрији речног корита, мерним инструментима, мерним местима и местима осматрања, графичким подлогама, временским дијаграмима, подаци о документима и корисницима итд. У уводном делу је објашњена намена централне базе података и описи садржаја који се у њој чувају, као и начини коришћења и претраге података у алатима ХИС-а. Изложен је и концепт поузданости података мерења на основу контроле квалитета мерених техничких података. Дат је и модел података централне базе података са детаљним приказом шема табела и веза са серверским компонентама централног сервера. Посебно је приказан модел података базе метаподатака са дијаграмима класа изведених мерних инструмената, мерних места и места осматрања. Дефинисане су смернице за оптимизацију и одржавање централне базе података и базе метаподатака. Дати су прикази попуњености базе

података са конкретним мерним инструментима, мерним местима и местима осматрања.

КЊИГА 5 - ИЗВЕШТАЈ О СЕРВЕРСКИМ КОМПОНЕНТАМА ЦЕНТРАЛНОГ СЕРВЕРА дефинише улогу централног сервера и његово место у систему. Обзиром да централни сервер, који је истовремено сервер централне базе података, представља најсложенији део ХИС „Ђердап“ у погледу управљања подацима, прецизно се приказују принципи пријема и складиштења података, принцип коришћења података, као и процеси на централном серверу (пријем података, одређивање техничког квалитета података, пружање података). Дате су и процедуре за одржавање централног сервера (креирање резервне копије и опоравак базе података), као и препоруке за оптимизацију и одржавање централног сервера. Дају се и смернице за даљи развој централног сервера.

КЊИГА 6 - ИЗВЕШТАЈ О АДМИНИСТРАТОРСКОМ АЛАТУ ЗА УПРАВЉАЊЕ АКВИЗИЦИОНИМ СЕРВЕРИМА има за циљ да послужи као основа за обуку и даљи рад администратора аквизиционих сервера чија је функционалност објашњена у књигама 2. и 3. Објашњава се намена администраторског алата за управљање аквизиционим серверима и у складу са предвиђеном наменом даје се и корисничко упутство за администраторски алат који је испоручен као саставни део ХИС „Ђердап“. Администраторски алат за управљање аквизиционим серверима на исти начин управља и аквизиционим сервером на брани ХЕ „Ђердап 1“ и аквизиционим сервером на брани ХЕ „Ђердап 2“. Приказане су процедуре креирања аквизиционих шема, начини дефинисања аквизиционих задатака и праћења њиховог рада на серверима. На основу искуства стеченог у развоју администраторског алата за управљање аквизиционим серверима, дате су и смернице за његово даље коришћење и развој.

КЊИГА 7 - ИЗВЕШТАЈ О АДМИНИСТРАТОРСКОМ АЛАТУ ЗА ОДРЖАВАЊЕ БАЗЕ ПОДАТАКА И БАЗЕ МЕТАПОДАТАКА има за циљ да послужи као основа за обуку и даљи рад администратора централне базе података и базе метаподатака која је детаљно размотрена у књизи 4. Објашњава се намена администраторског алата за одржавање базе података и базе метаподатака: управљање подацима о временским серијама са мерењима, подацима о геометрији речног корита, мерним инструментима, мерним местима и местима осматрања, подацима о документима и корисницима. У складу са предвиђеном наменом даје се и корисничко упутство за администраторски алат који је испоручен као саставни део ХИС „Ђердап“. На основу искуства стеченог у развоју администраторског алата за одржавање базе података и базе метаподатака, дате су и смернице за његово даље коришћење и развој.

КЊИГА 8 - ИЗВЕШТАЈ О АДМИНИСТРАТОРСКОМ АЛАТУ ЗА УПРАВЉАЊЕ ЦЕНТРАЛНИМ СЕРВЕРОМ има за циљ да послужи као упутство за обуку и даљи рад администратора централног сервера чије су компоненте детаљно разматране у књизи 5. Објашњава се намена администраторског алата за управљање централним сервером: управљање слојем за пријем и одређивање квалитета мерених техничких података, управљање слојем за пружање података, као и управљање приступом систему. У складу са предвиђеном наменом даје се и корисничко упутство за администраторски алат који је испоручен као саставни део ХИС „Ђердап“. На основу искуства стеченог у развоју администраторског алата за управљање централним сервером, дате су и смернице за његово даље коришћење и развој.

КЊИГА 9 - ИЗВЕШТАЈ О АДМИНИСТРАТОРСКОМ АЛАТУ ЗА УПРАВЉАЊЕ ПРОРАЧУНСКИМ СЕРВЕРОМ садржи упутство за обуку и даљи рад администратора прорачунског сервера чије. Објашњава се намена администраторског алата за управљање прорачунским сервером: контрола актуелне конфигурације сервера у смислу верзија фајлова и нумеричких модула, праћење и контрола рада нумеричких модула, замена математичког модела или његових параметара као и параметара предефинисаних прорачуна и процеса постпроцесирања.

КЊИГА 10 - ИЗВЕШТАЈ О ТЕОРИЈСКИМ ОСНОВАМА И АЛГОРИТМИМА КОНТРОЛЕ КВАЛИТЕТА МЕРЕНИХ ТЕХНИЧКИХ ПОДАТАКА даје основне теоријске поставке контроле квалитета мерених техничких података и дефинише процедуре успостављања, коришћење и одржавање система за контролу квалитета мерених техничких података. Обзиром да је ХИС „Ђердап“ тако конципиран да податке најинтензивније користе математички модел и модул за асимилацију мерења, од огромног је значаја да се при добијању податка располаже и информацијом о његовом квалитету, чиме се избегава покретање прорачуна са непоузданим мереним подацима. У развоју ХИС „Ђердап“ систем за контролу квалитета мерених техничких података реализује се кроз слој за пријем и одређивање квалитета мерених техничких података који се налази на централном серверу (детаљније описан у књизи 5.).

КЊИГА 11 - ИЗВЕШТАЈ О КЛАСИФИКАЦИЈИ И ПРИМЕЊЕНИМ МЕТОДАМА И ПАРАМЕТРИМА КОНТРОЛЕ КВАЛИТЕТА МЕРЕНИХ ТЕХНИЧКИХ ПОДАТАКА даје приказ класа величина за које се могу применити иста правила одређивања квалитета и за резултати калибрације параметара оцењивача серија у бази података. Демонстриран је и рад оцењивача на историјским подацима.

КЊИГА 12 - ИЗВЕШТАЈ О КОРИСНИЧКОМ АЛАТУ ЗА ПРЕГЛЕД ИСТОРИЈСКИХ ПОДАТАКА бави се корисничким алатом за преглед историјских података чија је намена претраживање, приступ, визуелизација и преузимање података и пратећих метаподатака о процесу мерења. Објашњене су намене наведеног алата и његово место у интегралном систему ХИС „Ђердап“. Дато је детаљно корисничко упутство и примери примене.

КЊИГА 13 - ИЗВЕШТАЈ О КОРИСНИЧКОМ АЛАТУ ЗА ПРАЋЕЊЕ ПОДАТАКА У РЕАЛНОМ ВРЕМЕНУ садржи, поред објашњене намене алата и детаљног корисничког упутство за његово коришћење, и разрађене примере приказа података у реалном времену на уређеним графичким подлогама. У оквиру овог корисничког алата се прате оне мерне величине које се осматрају аутоматским путем у реалном времену: мерења нивоа, истицања. Ове величине су приказане као бројне вредности последњих осматрања и као дијаграми за претходни период. Помоћу овог алата корисници система могу благовремено да уоче промене у осмотреним величинама, као и све неправилности у раду система. Примери изгледа и коришћења алата су дати у извештају за појединачне панеле.

КЊИГА 14 - ИЗВЕШТАЈ О КОРИСНИЧКОМ АЛАТУ ЗА ЕКСПЕРТСКУ АНАЛИЗУ ПОДАТАКА бави се корисничким алатом који је намењен експертима у домену мерења, обраде и управљања подацима у ХИС „Ђердап“. Објашњени су карактеристични сценарији обраде података, измене података у бази и попуњавања недостајућих података. Такође, објашњен је и рад са величинама које настају обрадом

прикупљаних података (композитне серије, превођење у инжењерске величине, агрегација и сл.). Као један од битних модула алата за експертску анализу података објашњен је и модул за рад са квалитетом мерених техничких података. Дато је детаљно корисничко упутство за коришћење алата.

КЊИГА 15 - ИЗВЕШТАЈ О ГЕОМЕТРИЈИ РЕЧНОГ КОРИТА даје детаљан преглед расположивих подлога, односно снимања профила на Дунаву, али са посебним освртом на снимања из 2014. године која су послужила за формирање геометрије математичког модела (књига 19). Обзиром да се снимања врше периодично, и да ће у будућности бити неопходно да се након нових снимања изврши ажурирање геометрије речног корита у математичком моделу, детаљно је описана примењена методологија обраде података хидрографских мерења и дате су смернице за накнадна снимања попречних профила. На овај начин, поред систематизације постојећих подлога и процедуре обраде која је била неопходна да се сирови подаци искористе у математичком моделу, ова књига представља и основу за дефинисање захтева које математички модел има према будућим снимањима профила, а у циљу добијања, са тачке гледишта унапређења математичког модела, вредних информација.

КЊИГА 16 - ИЗВЕШТАЈ О ПОДАЦИМА МЕРЕЊА даје детаљан преглед расположивих података о системима за мерење и прикупљање података ХЕ „Ђердап 1“ и ХЕ „Ђердап 2“ у деловима који су релевантни за функционисање ХИС „Ђердап“ са освртом на конкретна мерења и допунске информације прикупљене током експлоатације система. Ова књига обрађује: водомерне станице, мерење снаге на агрегатима, мерење протока на агрегатима, мерење отворености уставе и протока преко прелива, мерење метеоролошких величина на станицама у власништву ХЕ „Ђердап“ и евиденцију рада преводница. Свака од наведених група осматрања сагледана је кроз приказ локације и метода мерења, аквизиција и архивирање података. Дат је графички приказ репрезентативних узорака измерених података. Дат је и коментар у вези свих наведених информација. На овај начин, предметна књига представља основу за формирање базе знања потребне за правилно дефинисање параметара ККМТП за конкретна мерења, као и заузимање става на који начин се одређена мерења могу или не искористити у различитим фазама употребе математичког хидрауличко-хидроенергетског модела.

КЊИГА 17 - ИЗВЕШТАЈ О КАРАКТЕРИСТИКАМА ОБЈЕКАТА И ОПРЕМЕ даје детаљан приказ расположивих информација о карактеристикама објеката и припадајуће хидро-машинске опреме. Циљ приказа и анализе ових информација је утврђивање њихове поузданости и давање смерница за дефинисање параметара одговарајућих елемената математичког модела (књига 19). Анализом су обухваћени: агрегати, преливи и бродске преводнице на ХЕ „Ђердап 1“ и ХЕ „Ђердап 2“. За сваку расположиву карактеристику дати су извор карактеристике и њен приказ. На основу приказа и информација којима се располагало у вези начина на који су карактеристике добијене и евентуално на који начин се користе у свакодневном управљању, дат је коментар у вези поузданости, као и смернице за коришћење сваке од карактеристика у циљу дефинисања параметара математичког модела. На овај начин, предметна књига представља основу за заузимање става на који начин се одређене карактеристике могу или не искористити у различитим фазама употребе математичког хидрауличко-хидроенергетског модела.

КЊИГА 18 - ИЗВЕШТАЈ О ТЕОРИЈСКИМ ОСНОВАМА, АЛГОРИТМИМА И НУМЕРИЧКОМ СОЛВЕРУ СПРЕГНУТИХ ХИДРАУЛИЧКО-ХИДРОЕНЕРГЕТСКИХ ПРОЦЕСА бави се процесом дефинисања, развоја и верификације нумеричког солвера за спрегнуте хидрауличко-хидроенергетске прорачуне. Најпре су дате теоријске основе неустаљеног течења у отвореним токовима и спрегнутих хидроенергетских прорачуна. Приказани су нумерички алгоритми за превођење проблема у матричну форму и решавање проблема методом коначних разлика. Наведени алгоритми су реализовани као извршни нумерички солвер за хидрауличко-хидроенергетске прорачуне који је верификован кроз низ верификационих примера. Приказани су синтетички верификациони примери (идеализована геометрија, проблеми који се могу аналитички решити и сл.), као и примери са реалном геометријом (изоловани делови модела – ушћа, аде и сл.). Резултати верификационих примера су показали да су приказане теоријске поставке и алгоритми коректно имплементирани у солверу, као и да развијени нумерички солвер за хидрауличко-хидроенергетске прорачуне може успешно испунити предвиђену улогу коју има у ХИС „Ђердап“.

КЊИГА 19 - ИЗВЕШТАЈ О ГЕОМЕТРИЈСКИМ, ФИЗИЧКИМ И ФУНКЦИОНАЛНИМ КАРАКТЕРИСТИКАМА КАЛИБРИСАНОГ ХИДРАУЛИЧКО-ХИДРОЕНЕРГЕТСКОГ МОДЕЛА има за циљ да прикаже усвојене геометријске, физичке и функционалне карактеристике математичког модела развијеног на основу теоријских поставки датих у књизи 18 и података и информација (добијених анализом и обрадом подлога) приказаних у књигама 15, 16 и 17. Приказана је декомпозиција простора на: речне деонице, бране и контролне профиле. Приказане су геометријске карактеристике које су добијене на основу обраде снимљених профила речног корита (детаљно приказане у књизи 15). Приказане су и усвојене физичке карактеристике које се односе на: карактеристике речног корита и физичке карактеристике агрегата и преливних поља. Приказане су хомогене зоне према вредности Манинговог коефицијента отпора, коефицијента корекције Манинговог коефицијента са протоком, као и појединачни коефицијенти локалних губитака. Приказане су и усвојене физичке карактеристике агрегата и прелива. Систематизовани су и контролни профили на којима су познати нивограми, хидрограми или криве протицаја, а на којима је могуће задати граничне услове. Поред граничних услова, у функционалном смислу приказани су и могући начини задавања управљачких величина на објектима брана.

КЊИГА 20 - ИЗВЕШТАЈ О ТЕОРИЈСКИМ ОСНОВАМА, АЛГОРИТМИМА И НУМЕРИЧКИМ МОДУЛИМА ЗА ОПТИМИЗАЦИЈУ И АСИМИЛАЦИЈУ МЕРЕЊА садржи методологије прорачуна и оптимизације у ХИС „Ђердап“ в2.0. Дати су детаљи о нумеричким поступцима и алгоритмима вишекритеријумске оптимизације и асимилације мерења. Детаљно је изложена и нумеричка имплементација модула и описани су интерфејси према другим компонентама. Дате су и препоруке за усвајање параметара модула променљивих у времену.

КЊИГА 21 - ИЗВЕШТАЈ О ПРОРАЧУНСКОМ СЕРВЕРУ садржи улогу прорачунског сервера и његово место у систему. Компоненте прорачунског сервера су описане појединачно и дати су детаљи о међусобним везама компонената. Приказани су улазни и излазни фајлови нумеричких модула и параметри подешавања модула, Дате су и процедуре за одржавање централног прорачунског сервера, као и препоруке за оптимизацију и одржавање сервера. Дају се и смернице за даљи развој централног прорачунског сервера.

КЊИГА 22 - ИЗВЕШТАЈ О КОРИСНИЧКОМ АЛАТУ ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ ДОТОКА У СИМУЛАЦИОНОМ ПЕРИОДУ приказује намену овог корисничког алата и даје детаљно корисничко упутство. Садржи и примере примене одређивања протока на улазима у систем на основу планираних ангажовања хидроенергетских објеката у систему ЕПС-а и доступних извора хидролошких прогноза на значајнијим притокама,.

КЊИГА 23 - ИЗВЕШТАЈ О КОРИСНИЧКОМ АЛАТУ ЗА ПОДРШКУ ОПЕРАТИВНОМ УПРАВЉАЊУ садржи намену корисничког алата који помаже диспечерима у подели хидроенергетског потенцијала и поштовању ограничења у реализацији дневних планова. Дато је детаљно корисничко упутство и примери примене:: провера плана производње, израда оптималног плана производње, израда плана евакуације вода, провера управљања системом експлицитним задавањем управљачких величина.

КЊИГА 24 - ИЗВЕШТАЈ О КОРИСНИЧКОМ АЛАТУ ЗА ПОДРШКУ СТРАТЕШКОМ ОДЛУЧИВАЊУ бави се корисничким алатом који омогућава вршење хидроенергетских прорачуна на основу којих би се анализирала различита варијантна решења како у погледу промена карактеристика хидро-машинске опреме тако и у погледу промене правила управљања и одговарајућих ограничења у раду система. Показани су примери у процесу стратешког одлучивања одређивања оптималности одређених одлука које се односе на промене у експлоатацији система. Такође, демонстрирани су и примери анализа оптималности већ спроведених измена и постојећих стратегија управљања.

КЊИГА 25 - ИЗВЕШТАЈ О СМЕРНИЦАМА ЗА ДАЉИ РАЗВОЈ И УПОТРЕБУ ХИС „ЂЕРДАП“ дефинише правце даљег развоја и даје пројекцију будућег коришћења ХИС „Ђердап“. Најпре се дају смернице за коришћење и одржавање ХИС „Ђердап“ в2.0. Кроз смернице за даљи развој разматрају се могућности унапређења управљања подацима, где су дате смернице за наменска мерења и осматрања за потребе ХИС „Ђердап“, као и смернице за унапређење размене података и информација са релевантним румунским службама. У области моделирања и управљања математичким моделом, дате су смернице за даље дораде модела у условима иновирања података о морфологији, уградње евентуалних правила и ограничења у оптимизационе проблеме и др.