



ИДЕЈНО РЕШЕНИЕ Е.К. “МАРИОВО”

Е.К. “МАРИОВО”, ПАХЕ “МАРИОВО” И ФЕЦ “МАРИОВО”



Врз основа на член 179 од Законот за авторско право и сродни права на Р. Македонија (Сл. Весник на РМ бр.115/10) Македонска Авторска Агенција доо- Скопје врши:

РЕГИСТРАЦИЈА НА АВТОРСКО ДЕЛО

Денес 25.10.2023 година во 14: 20 часот, лицето **СТОЈАНОВСКИ ЉУБЕН** од Битола, како автор заради обезбедување на докази , депонираше во Македонска Авторска Агенција ДОО - Скопје, примерок од делото:

Наслов : **ИДЕЈНО РЕШЕНИЕ Е.К. "МАРИОВО"**.

Автор: **СТОЈАНОВСКИ ЉУБЕН од БИТОЛА**

Творбата е регистрирана под број **1353**. Рок на чување- трајно.

Наплатената такса за депонирањето е 5.000,00 денари, согласно Тарифата на Агенцијата.

Потпис на пријавител

Регистрацијата ја запиша

Управител
Слаѓана Ананиевска



Е.К. "МАРИОВО"

ПАХЕ "МАРИОВО" И ФЕЦ "МАРИОВО"

1. ВОВЕД

ХЕЦ ја црпи енергијата за производство на електрична енергија главно од достапен проток на реката Црна Река. Хидроцентралите вклучуваат краткорочно складирање (часовно, дневно, седмично), овозможувајќи одредени прилагодувања на потребите на побарувачката, но производствениот профил нема да биде во различен степен диктирани од локалните услови на речниот тек. Како резултат на тоа, производството нема да зависи од врнежите и дотеците и не може да има значителни дневни, месечни или сезонски варијации.

ПАХЕ проектот МАРИОВО ќе формира каскади долж долината на реката, со хидроцентрали од типот на резервоар во горниот и долниот тек на сливното подрачје што ќе овозможи да имаме корист од кумулативен капацитет на различните електрани. Инсталирањето на ПАХЕ е релативно евтино и таквите капацитети имаат, генерално, пониски влијанија врз животната средина отколку складишните хидроцентрали со слична големина.

Хидроенергетските проекти со резервоар се нарекуваат и складишна хидроенергија бидејќи тие складираат вода за подоцнежна потрошувачка. Резервоарот ја намалува зависноста од варијабилноста на приливот. Дизајнот на ХЕ и типот на резервоар што може да се изгради е многу зависен од можностите што ги нуди топографијата.

Складирање со пумпа

Постројките за складирање со пумпа не се извори на енергија, туку се складишни уреди, овие капацитети често се споредуваат со батерии. Во таков систем, водата се пумпа од долниот резервоар во горен резервоар, обично за време на часови вон шпиц, додека тече и обратно за да генерира електрична енергија за време на дневниот период на врвно оптоварување или на други периоди по потреба. Иако загубите од процесот на пумпање прават таква постројка нето потрошувач на енергија во целина, ПАХЕ е во состојба да ги обезбеди придобивките од системот за складирање на енергија од големи размери. Всушност, складирањето со пумпа е најдобрата форма за складирање на вишокот енергија со најголем можен капацитет. Операторот на ЕЕС има можност за фреквентна регулација, регулација на напонот со што ќе ги заштити генераторите од работа со негативна реактивната снага, со што значително се зголемува доверливоста и флексибилноста целиот ЕЕС. Современите хидроцентрали се многу ефикасни, обично со над 95% механичка ефикасност во турбините и повеќе 99% во генераторот.

Е.К. ПАХЕ "МАРИОВО" И ФЕЦ "МАРИОВО" ќе ја подобрат стабилност на електроенергетската мрежа.

Е.К. ПАХЕ "МАРИОВО" И ФЕЦ "МАРИОВО" ќе бидат компатибилни системи кои вршат интеграција на обновливите извори на енергија како што се ветерот и сонцето.

Е.К. ПАХЕ "МАРИОВО" И ФЕЦ "МАРИОВО" ќе бидат способни да реагираат на пиковите на побарувачка на ел.енергија.

Е.К. ПАХЕ "МАРИОВО" И ФЕЦ "МАРИОВО" има неколку придобивки за електроенергетскиот систем и животната средина. Прво, може да обезбеди брз и

флексибилен одговор на флукуациите во побарувачката и понудата, зголемувајќи ја стабилноста и доверливоста на мрежата. Второ, може да интегрира повеќе променливи обновливи извори на енергија, намалувајќи ги емисиите на стакленички гасови и зависноста од фосилни горива. Трето, може да понуди помошни услуги, како што се регулација на фреквенцијата, контрола на напонот и можност за црно стартување, подобрување на квалитетот и еластичноста на мрежата. Четврто, може да ја подобри економичноста на производството на електрична енергија, со арбитража на разликите во цените помеѓу периодите на пик и вон шпиц и со избегнување на намалување на вишокот на обновлива енергија.

Според (НХА, 2013), складирањето на ЕЕ е од клучно значење за националната економија и целокупната енергетска сигурност на една земја, бидејќи тоа е:

- 1) Најефтин извор и начин за складирање на ЕЕ,
- 2) Не користи фосилни горива за производство,
- 3) Обновлив извор на ЕЕ без емисија на штетни стакленички гасови,
- 4) Можност за префрлување на производството на ЕЕ од еден (помалку критичен) во друг (повеќе критичен) период на денот или подолго.
- 5) Можност за регенерација на ЕЕС после негово целосно ("blackstart") или делумно ("brown-start") распаѓање со најмали трошоци и за најкраток временски период.

Е.К. ПАХЕ "МАРИОВО" И ФЕЦ "МАРИОВО" ќе обезбедат сигурно снабдување со електрична енергија, дури и за време на екстремни временски услови и други вонредни ситуации.

Кои се факторите кои влијаат на изборот на локацијата на хидроцентралите?

Треба да ги испитаме карактеристиките на земјиштето, како што се наклонот, надморската височина, типот на почвата, стабилноста и пристапноста. Исто така, треба да ги истражime геолошките услови, како што се типот на карпата, структурата, раседот и сеизмичноста.

2. КАРАКТЕРИСТИКИ НА Е.К. ПАХЕ "МАРИОВО" И ФЕЦ "МАРИОВО"

2.1 ПОТЕНЦИЈАЛ НА РЕСУРСИ

Со оглед на тоа што Македонија нема моќни реки, море, гас, а има незначителни резерви на јаглен ова идејно решение нуди најефикасен метод за складирање и производство на електричната енергија.

Потенцијалот за хидроенергетски ресурси зависи од топографијата и обемот, варијабилноста и сезонската дистрибуција на дотекот. Топографијата на идејното решение за Е.К. ПАХЕ "МАРИОВО" е единствената која ни овозможува да ги зголемиме природниот потенцијал на ресурси за производство на електричната енергија.

2.2. ХИДРОЛОШКИ РЕЖИМИ

Овој ПАХЕ проект не може дополнително да го измени режимот на проток на Црна Река и Вардар бидејќи и претходно е изграден резервоарот за ХЕ "Тиквеш" и ќе бидат преземени мерки да не дојде до промена на режимот на проток,. Овој проект за протекување на водата низ реката ќе го подобри моделот на проток на реката, со што се создаваат помалку влијанија низводно од проектот. За таа цел е предвидено под регионалниот пат R1107 Кавадарци-Прилеп во непосредна близина на с. Возарци а по течението на р. Црна Река да се изгради резервоар (всушност постоечкото корито на р. Црна Река да се прошири и да се издлаби. со ширина од 110м должина од 5,5 км и висина на брана од 6 м кај местото Трстеничка стена. загубите ќе се покриваат од дотекот на р. Црна Река во резервоарот на ПАХЕ "Чебрен" како и од дотеците во резервоарот на ПАХЕ "Галиште".

Фактички по течението на р. Црна Река од браната Тиквеш па се до устието на р.Вардар не се менува ништо ако браната кај Трстеничка стена биде изградена така да може да пропушти и илјада годишни води, па така во случај на непредвидливи големи количини на вода или ненадејно испуштени води ,истите по истото корито непречено ќе се вливаат во р. Вардар. За да се спречат несреќи на животни или луѓе овој резервоар ќе биде заграден со жичана ограда слична на оградата за автопати. Поради флукуациите на нивото на водата во резервоарот ќе биде забрането капење во овој резервоар.

Овој проект е со многу поповолен хидролошки режим од колку проектот "Голем Чебрен" бидејќи тој проект во пумпен режим не може да обезбеди работа на ХЕЦ "Тиквеш" во режими кој што работел претходно , а со тоа ќе го влоши и хидролошки режим.

За да се спречи ерозијата на резервоарот потребно е подобрување на крајбрежната вегетација, инсталација на заштитни структури (на пр., обложување со камен, насипи од чакали др., како и биоинженеринг за заштита и подобрување на брегот.

Не се очекува овој резервоар да има влијание врз рибите .

Не се очекува промена на квалитетот на водата од долго задржување во овој резервоар бидејќи во истиот ќе се врши промена за едно деноноќие, и загарантиран истек на вода.

Овој резервоар ќе биде заштитен од наноси од седимент бидејќи ќе се пополнува со чиста вода од резервоарот на ХЕ "Тиквеш" која вода преку цевковод се спроведува до ПАХЕ "Возарци".

2.3 СКЛАДИРАЊЕ НА ХИДРОЕНЕРГИЈА

Е.К. "МАРИОВО" ќе биде хидроенергетски проект со резервоари кои уште се нарекуваат и, складишна хидроенергија, бидејќи тие складираат вода со кинетички потенцијал за подоцнежнo производство на електрична енергија.

Дизајнот на Е.К. "МАРИОВО" и типот на резервоарите што ќе се изградат ни даваат одлична можност што ни ја нуди топографијата и новите техничко технолошки решенија.

2.4 ПРИСИЛНО РАСЕЛУВАЊЕ НА НАСЕЛЕНИЕ

Целиот слив на р. Црна Река во предел на овој проект не е населен и нема да има присилно раселување.

2.5 КУЛТУРНО НАСЛЕДСТВО

Културното наследство е сегашна манифестација на човечкото минато и се однесува на локалитети, структури и остатоци од археолошки, историски, верска, културна и естетска вредност (Светска банка, 1994).

Не се очекува во стрмната долина која е вклучена во овој проект да се пронајдат траги од културното наследство кој би го одложиле, пролонгирање или попречиле овој проект.

2.6 РАЗВОЈНИ ПРИДОБИВКИ ОД ПРОЕКТОТ ЕК "МАРИОВО"

Бидејќи со овој проект нивото на водата во ХЕ "Тиквеш" постојано ќе биде на максималното ниво ќе дојди до подобрување со наводнувањето на Тиквешко поле, а ПАХЕ "МАРИОВО" ќе има и максимален коефициент на корисно дејство.

Населението и бизнисот ќе имаат голема корист од подобар и посигурен пристап до енергија како и прифатливо ниска цена за електричната енергија.

Проектот овозможува отворање на нови работни места, и обука, подобрување на животната средина поради намалена емисија на стакленички гасови, чистата енергија, подобрувања на руинираните патишта низ Мариово и друга инфраструктура, рекреативни и комерцијални објекти (на пр. туризам, рибарство)

ЕК "МАРИОВО" овозможува поврат на енергија и употреба на речиси истата вода во целиот животниот циклус од 100 години, за разлика од проектот ПАХЕ "Чебрин" кој ја губи енергијата после ХЕ "ТИКВЕШ"

ЕК "МАРИОВО" има висок сооднос на поврат на енергија што укажува на добри перформанси на комбинатот.

2.7 ЖИВОТЕН ВЕК

Во принцип работниот животен век на хидроелектраните е 50 години за машинска и електро опрема и 100 години за браните, но тоа не значи дека по изминати 50 год електраната е неупотреблива. После 50 год од гарантираниот животен век дел од електро и машинската опрема ќе се замени со нова посовремена, поефикасна со што животниот век се продолжува за нови 50 год. Животниот век на ФЕЦ е ц.ц.а 25 год по

што се јавува потреба од нивна замена но исто така тоа ќе претставува еколошки проблем доколку не се изнајдат решенија за рециклирање на опремата.

3.0 ФИЗИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ПАХЕ "МАРИОВО"

Е.К. ПАХЕ ќе има каскада од 3 брани по тек на реката Црна Река, и 3 ПАХЕ. (ПАХЕ "Чебрен", ПАХЕ "Галиште" и ПАХЕ "Возарци"), За ХЕ "Тиквеш" не се предвидени никакви измени или модернизации.

3.1 Физичките карактеристики на системот се исти како пункт 2.2.1. Физички карактеристики на моделот Физичките параметри на системот се дадени во Табела 1, со таа разлика што се предвидува уште една ПАХЕ "Возарци" со незина локација под ХЕ Тиквеш со кота на нормално ниво 158 [mNV].

3.2. Инсталираност на ПАХЕ "Возарци"

3.2.1 Варијанта 1

- Брана на ХЕ "Тиквеш" ги имам следниве податоци:
- Кота на прелив 268,5 [mNV].
- Максимален нето пад 101,28 [mNV].
- Кота после сифон кај ХЕ "Тиквеш" е ; 268,5 mNV-101,28 mNV.= 167,22 [mNV].
- Кота на р. Црна Река кај брана Трстеничка стена 152 [mNV].
- Кота на брана кај Трстеничка стена ќе биде : 152 [mNV] + 6 [m]= 158 [mNV].
- Кота под мост на р. Црна Река кај Возарци е:155 [mNV].
- Кота под мост на р. Црна Река кај Возарци кога ќе се подигне брана кај Трстеничка стена ќе биде е:158 [mNV].

h-нето пад од брана на ХЕ "Тиквеш" до ПАХЕ "Возарци" ќе биде : 167,22 [mNV]-158 [mNV]= 9,22 [m]

Инсталираната снага на ПАХЕ "Возарци" ќе биде:

$$P = \eta \cdot \rho \cdot Q \cdot g \cdot h$$

$$P = 0,95 \cdot 1000 \cdot 144 \cdot 9,81 \cdot 9,22 = 12,373 \text{ KV} = 12,4 \text{ [MW]}$$

P - моќност во вати [W]

Q - протек во [m³ /s]

h - нето пад во [m]

g - забрзување поради гравитацијата

η - коефициент на корисно дејство за новите турбини е 0,95 %

ρ - густина на водата во килограми на метар кубен

3.3. Резервоар "Возарци"

Зошто ни е потребен резервоарот "Возарци"

Имајте предвид дека инсталираната моќност [MW] на ПАХЕ "МАРИОВО" нема директна врска со капацитетот за складирање енергија, тоа зависи од резервоарот "Возарци", можноста да повлекуваме вода од р. Вардар, како и нивото на достапна потенцијална енергија, кое ниво го имаме во овој случај. Така на пр. доколку имаме можност од резервоарот "Возарци" за 12 часа да испумпаме вода во резервоарот Чебрен потребна за производство на моќ 1000 [MW/h] во следните 12 часа ќе произведуваме струја од 1000 [MW/h] или 12.000 [MWh].

Резервоарот Возарци се предвидува да се изгради на тој начин што кај браната кај Трстеничка стена, (која во минатото била изградена а незини остатоци постојат и денес) да се подигне нова брана со висина од ц.ц.а 6 метри (за точно да се одреди колку може да биде висока потребни се геодетски снимања на терен) која е оддалечена од мостот кај Возарци за ц.ц.а 5,5 км и коритото на р. Црна Река има просечна ширина од 100м.Обавезно е потребно да се издлаби коритото за да се зголеми корисниот волумен и заради работа на моќните пумпи кој ќе треба да пумпаат вода од овој резервоар во резервоарот на ХЕ "Тиквеш". Потребно е да се направат испитување дали можи во овој потег над мостот да се изгради уште една брана,но и да се прошири коритото на р,Црна Река за да се зголеми корисниот волумен со што ќе може да се постават помоќни турбини на ХЕ "Чебрен" и ХЕ "Галиште".

Запремина на корисен простор резервоарот "Возарци" би била:

$$V_v = l \cdot a \cdot h = 5500 \cdot 100 \cdot 6 = 3,300.000 [\text{m}^3]$$

Идеално би било ако ПАХЕ "МАРИОВО" работи 12 часа во турбински режим и 12 часа во пумпен режим.

Запремина на максимално искористена вода од ХЕ "Тиквеш" за 12 часа е:

$$Q_{tikv12h} = 144 [\text{m}^3/\text{s}] \cdot 3600 [\text{s}] \cdot 12 [\text{h}] = 6.220.800 [\text{m}^3]$$

Во резервоарот "Чебрен" има дотек на нова вода од р.Црна Река со $Q_{aver} = 30 [\text{m}^3/\text{s}]$, а за 24 часа би имале нова бесплатна количина на вода од :

$$Q_{aver24h} = 30 [\text{m}^3/\text{s}] \cdot 3600 [\text{s}] \cdot 24 [\text{h}] = 2.592.000 [\text{m}^3]$$

За да биде идеална работата на ПАХЕ "МАРИОВО" т.е. да работи 12 часа во турбински режим и 12 часа во пумпен режим од резервоарот "Возарци" во резервоарот "Чебрен" ќе треба да испумпаме вода со запремина од:

$$Q_{tikv12} - Q_{aver24} = 6.220.800 [\text{m}^3] - 2.592.000 [\text{m}^3] = 3.628.800 [\text{m}^3]$$

Ако резервоарот "Возарци" има запремина од:

$$V_v = 3,300.000 [m^3] - 3.628.800. [m^3] = -328.800 [m^3]$$

Тоа значи дека ПАХЕ "Чебрен", ПАХЕ "Галиште" и ХЕ "Тиквеш" и ПАХЕ "Возарци" ќе можат да работат со максимален $Q=144 [m^3/s]$ цели 11 часа и 20 мин.

Поради ова по р, Црна Река континуирано ќе испуштаме проток од:

$328.800 [m^3] / 3600 / 24h = 3,8 [m^3/s] + 3,0 [m^3/s]$ од приватната МХЕЦ Тиквеш 2 на Монтинг Енергетика или $6,8 [m^3/s] / 30 [m^3/s] = 0,2266$ односно 22,66% од просечниот дотек на р. Црна Река.

Ова е во согласност со законот за меѓународни води.

За да го вратиме цел волумен од резервоарот "Возарци" $V_v = 3,300.000 [m^3]$ во резервоарот на ХЕ "Тиквеш" нам ќе ни биде потребна пумпа со инсталирана моќ од с.с.а :

$$3,300.000 [m^3] / 3600s / 11h = 916.7 [m^3/s] * 11h = 83,4 [m^3/s] *$$

$$h = 268,5 \text{ (кота на прелив на брана Тиквеш)} = 152 [mNV] \text{ (мин. кота резервоар Возарци)} = 116,5 [m]$$

$P_{\text{pump vozarci}} = \rho * Q * g * h / \eta_{\text{pump}} = 1000 * 83,4 * 9,81 * 116,5 / 0,88 = 108.312 \text{ KV} = 110 [MW]$
Пумпите да бидат димензионирани на полн проток од ХЕ "Тиквеш" од $144 [m^3/s]$ или на:

$P_{\text{pump vozarci}} = \rho * Q * g * h / \eta_{\text{pump}} = 1000 * 144 * 9,81 * 116,5 / 0,88 = 187 [MW]$.Ова е потребно за да се искористи енергијата од ФЕЦ "Возарци" но и да можат да се испумпуваат евентуални дополнителни води.

3.2.2 Варијанта 2

Во варијанта два предлагам од ХЕ Тиквеш да се демантираат две турбини и нивниот проток на вода да се доведе до ПАХЕ "Возарци" и истите да се монтираат во ПАХЕ "Возарци" со тоа што тие би работеле со снага од нивната максимална проектна снага $P=31,8 [MW]$.

За таа снага потребен им е проток од:

$$Q = P / \rho * g * h * \eta = 31,8 * 10^6 / 1000 * 9,81 * 116,5 * 0,95 = 29,3 [m^3/s]$$

Двете турбини ќе трошат вода за $P=31,8 [MW]$ од $Q = 29,3 [m^3/s] * 2 = 58,6 [m^3/s]$

Тие две турбини во пумпен режим ќе можат во резервоарот на ХЕ "Тиквеш" да испумпуваат вода од:

$$Q = 58,6 [m^3/s] * \eta_{\text{pump}} = 56 * 0,88 = 49,2 [m^3/s]$$

Другите две не демонтирани турбини во ХЕ "Тиквеш" во резервоарот возарци ќе испуштаат вода со :

$$Q = 144/2 = 72 \text{ [m}^3/\text{s]}$$

Во резервоарот "Возарци" ќе имаме прилив на вода од:

$$Q = 72 \text{ [m}^3/\text{s]} + 58,6 \text{ [m}^3/\text{s]} = \mathbf{130,6 \text{ [m}^3/\text{s]}}$$

Што добиваме со варијанта 2:

ХЕ "Тиквеш" имаше инсталирана снага од $P = 113 \text{ [MW]}$

Сега ХЕ "Тиквеш" со истата опрема ќе има инсталирана снага од $P = 113 \text{ [MW]} / 2 = 56,5 \text{ [MW]} + 2 \text{ турб} * P = 31,8 \text{ [MW]} = \mathbf{120 \text{ [MW]}}$

Од опремата на ХЕ "Тиквеш" добиваме плус $120 \text{ [MW]} - 113 \text{ [MW]} = \mathbf{7 \text{ [MW]}}$

Но за плус 7 [MW] трошиме помалку вода од $Q = 144 \text{ [m}^3/\text{s]} - 130,6 \text{ [m}^3/\text{s]} = \mathbf{13,4 \text{ [m}^3/\text{s]}}$

Ќе биде потребно во резервоарот "Тиквеш" да испумпаме од резервоарот "Возарци" плус вода со проток од $\mathbf{130,6 \text{ [m}^3/\text{s]} - 49,2 \text{ [m}^3/\text{s]} = 81,4 \text{ [m}^3/\text{s]}}$

За таа цел ќе ни е потребно да набавиме пумпи со проток од $\mathbf{81,4 \text{ [m}^3/\text{s]}}$ и моќност од:

$$P_{\text{pump}} = \rho * Q * g * h / \eta_{\text{pump}} = 1000 * 81,4 * 9,81 * 116,5 / 0,88 = \mathbf{106 \text{ [MW]}}$$

Резиме:

Вкупното производство на електрична енергија на ХЕ "Тиквеш" плус ПАХЕ "Возарци" ќе биде:

$$\text{ХЕ "Тиквеш"} P = (113 \text{ [MW]} / 2) = 56,5 \text{ [MW]}$$

$$\text{ПАХЕ "Возарци"} P = (12,4 \text{ [MW]} / 2) + (31,8 \text{ [MW]} / 2) = 6,2 + 15,9 = \mathbf{22,1 \text{ [MW]}}$$

$$P = (113 \text{ [MW]} / 2) + (12,4 \text{ [MW]} / 2) + (31,8 \text{ [MW]} / 2) = 56,5 + 6,2 + 15,9 = \mathbf{78,6 \text{ [MW]}}$$

Во пумпен режим ќе ни е потребна моќ од;

$$P_{\text{pump}} = 2 * 31,8 \text{ [MW]} + 106 \text{ [MW]} = \mathbf{169,6 \text{ [MW]}}$$

Со варијанта 2 овозможуваме континуирана работа на ЕК "МАРИОВО" од 12 часови во турбински режим и 12 часови во пумпен режим.

Ќе имаме реална потрошувачка на вода од $130,6 \text{ [m}^3/\text{s]}$ која цела количина ќе ја враќаме во резервоарот "Чебрени".

Но во резервоарот "Чебрени" ќе имаме прилив на нови $60 \text{ [m}^3/\text{s]} / 12 \text{ часа}$. Па одтука следи дека турбините од ПАХЕ "Чебрени" и ПАХЕ "Галиште" ќе можеме да ги проектираме на проток од $\mathbf{Q_{\text{min}} = 180 \text{ [m}^3/\text{s]}}$ за да имаат континуирана работа од 12 часа.

Ново набавена и инсталирана опрема за ПАХЕ "Возарци" е:

2 турбини со секоја со моќ од $P = 3,1$ [MW]

2 реверзибилни турбини секоја со моќ од $P = 53$ [MW]

Шест потисни цевоводи и друга пропратна опрема.

Потисните цевоводи од ХЕ "Тиквеш" до ПАХЕ "Возарци" треба да биде изведен така што по истите цевоводи да се пумпа вода во резервоарот "Тиквеш".

. За ПАХЕ "Возарци" не е предвидена брана, туку директно поврзување со цевовод или со четири потисни цевоводи, со испустот од сифонот од ХЕ "Тиквеш".

За резервоарот "Возарци" предвидена е изградба на браната Трстеничка стена на местото на старата брана.

3.3. Инсталираност на ПАХЕ "Галиште"

$$P = \eta \cdot \rho \cdot Q \cdot g \cdot h$$

Каде:

P моќност во вати

Q - протек во $[m^3 / s]$

h - нето пад во $[m]$

g - забрзување поради гравитацијата

η - коефициент на корисно дејство за новите турбини е 0,95 %

ρ - густина на водата во килограми на метар кубен

$$Q = 180 [m^3 / s]$$

Резервоар Галиште е на $KNV 392$ [mNV]

Резервоар Тиквеш е на $KNV 265$ [mNV]

$$h = 392 - 265 = 127 [m]$$

$P = 0,95 \cdot 1000 \cdot 180 \cdot 9,81 \cdot 127 = 213$ [MW] се инсталираат 4 турбини по 55 [MW] = 220 [MW] плус една резервна турбина[^] од $P = 55$ [MW]

[^]Резервната турбина се предлага за побрзо пумпање во горниот резервоар со цел искористување на ФЕЦ, можност да го користи долниот резервоар за префрлање поголема од потребната количина вода, поголема флексибилност, прифат на поголем дотек на нова вода.

Турбините во пумпен режим од долниот во горниот резервоар треба да испумпаат проток со $Q = 130$ $[m^3 / s]$ за тоа потребна е моќност во пумпен режим од:

$$P = \rho * Q * g * h / \eta = 1000 * 130 * 9,81 * 127 / 0,88 = 184 \text{ [MW]}$$

3.4. Инсталираност на ПАХЕ "Чебрен"

$$P = \eta * \rho * Q * g * h$$

Каде:

P - моќност во вати

Q - протек во m³ /s,

h- нето пад во m,

g - забрзување поради гравитацијата

η - коефициент на корисно дејство за новите турбини е 0,95 %

ρ - густина на водата во килограми на метар кубен

$$Q = 180 \text{ [m}^3 \text{ /s]}$$

Резервоар "Чебрен" е на KNV 565 [mNV]

Резервоар "Галиште" е на KNV 392 [mNV]

$$h = 565 - 392 = 173 \text{ [m]}$$

$P = 0,95 * 1000 * 180 * 9,81 * 173 = 290 \text{ [MW]}$ се инсталираат 4 турбини по 75 [MW] = 300 [MW] плус една резервна турбина[^] од $P = 75 \text{ [MW]}$

[^]Резервната турбина се предлага за побрзо пумпање во горниот резервоар со цел искористување на ФЕЦ, можност да го користи долниот резервоар за префрлање поголема од потребната количина вода, поголема флексибилност, прифат на поголем дотек на нова вода.

Турбините во пумпен режим од долниот во горниот резервоар треба да испумпаат проток со $Q = 130 \text{ [m}^3 \text{ /s]}$ за тоа потребна е моќност во пумпен режим од:

$$P = \rho * Q * g * h / \eta = 1000 * 130 * 9,81 * 173 / 0,88 = 250 \text{ [MW]}$$

3.5. Во идејното решение иако е можно не е предвидена и разработена алтернативата 2 со капацитет ПАХЕ "Скочивир" следниве причини:

- Алтернативата "Висок Чебрен" овозможува поголем волумен на складирана хидроенергија, што го прави системот по издржлив поисплатлив и пофлексибилен за експлоатација.

- Инвестиционо е поевтино да се изгради една висока брана отколку да се изградат две помали брани бидејќи трошоците за изградба на фундаментот на браната можат да се зголемат и до 70 % за метар кубен бетон,, а трошоците за висока брана се зголемуваат за 20 % за метар кубен бетон.

- Високата брана дава подобар коефициент на корисно дејство на турбините, а најдобри ефекти се постигнуваат кај брани со висина од 200 до 300 м.

3.6 Максимална инсталираност на ПАХЕ "МАРИОВО"

Иако за континуирана работа на каскадните брани со циклус од 12 часа во турбински режим и 12 часа во пумпен режим зависи од капацитетот на резервоарот "Возарци" Максималната инсталирана моќност може да биде многу поголема ако резервоарот "Тиквеш" го чуваме на минималната кота која е потребна за наводнување на Тиквешко поле, но тогаш го губиме и коефициентот на корисно дејство на ХЕ "Тиквеш". Доколку го бараме тоа тогаш е потребно целиот корисен волумен од резервоарот "Тиквеш" да го испумпаме во погорните резервоари "Галиште" и "Чебрен".

Во тој случај би добиле:

Запремина на корисен простор на резервоарот "Тиквеш" е $V_t = 310 \cdot 10^6 \text{ [m}^3 \text{]}$

Тоа значи дека ако овој волумен го испумпаме во резервоарот "Чебрен" тогаш ПАХЕ "Чебрен" ќе има на располагање за 12 часа проток од :

$$Q = 310.000.000 / 12 \text{ [h]} / 3600 \text{ [s]} = 7.176 \text{ [m}^3 \text{/s]}$$

a. ПАХЕ "Чебрен"

Со тој проток ПАХЕ "Чебрен" ќе има инсталирана моќ P од:

$$P = \eta \cdot \rho \cdot Q \cdot g \cdot h = 0,95 \cdot 1000 \cdot 7176 \cdot 9,81 \cdot 173 = 11.570 \text{ [MW]}$$

b. ПАХЕ "Галиште"

$$P = \eta \cdot \rho \cdot Q \cdot g \cdot h = 0,95 \cdot 1000 \cdot 7176 \cdot 9,81 \cdot 127 = 8.493 \text{ [MW]}$$

Вкупно ПАХЕ "Чебрен" плус ПАХЕ "Галиште" = 20 [GVh]

Со ова сакам да докажам дека од вака поставени каскадни брани ако последниот резервоар е доволно голем како на пр. вештачки изграден, езеро или море, можеш да инсталираш ПАХЕ со голема моќ за складирање на енергија. Но за тоа треба прво да има потреба од таква инсталирана моќност, да имаш базна електрана со доволна инсталирана моќ за пумпање на водата од најдолниот во погорните резервоари.

Поради погоре изнесените факти потребно е да се изврши оптимално димензионирање на моќноста на ПАХЕ "Галиште" и ПАХЕ "Чебрен" а за економичноста на целиот ЕК потребно е да се искористи коритото на р, Црна Река, да се спроведат истражни мерења и да се изгради резервоарот "Возарци" со потребната зафатнина на корисен простор за да обезбеди доволно складирање на вода за работа во пумпен режим за период од 12 часа.

За да не зависиме од цената на берзата посебно во летниот период потребно е да се изгради и ФЕЦ со оптимална инсталирана моќност.

Додека за да не зависиме од цената на берзата посебно во зимскиот период потребно е да се инвестира во ТЕЦ "Неготино" во две гасни турбини по 200[MW], модернизација на постоечката турбина која ќе се снабдува со пареа преку два котли утилизатори кој ќе работат на издувните гасови од гасните турбини и парната турбина која е од типот K200-130-3 ќе има моќ од 200 [MW].

Или вкупната инсталирана моќност ќе биде 604 [MW], а инвестицијата ќе тежи 200 милиони евра, за што поседувам и буџетска понуда од една позната светска фирма.

4.0 ФИЗИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ФЕЦ "МАРИОВО"

Задача на ФЕЦ ќе биде во летните месеци 100% да ја покријат потребната електрична енергија.

4.0.1. ФЕЦ "Возарци"

Потребна инсталираност за ФЕЦ во пумпен режим е $P=170 \cdot 1,16^{\wedge}=197,2$ [MW]

$\wedge$ Фактор 16% поради стареење и намалување на ефикасноста за 1%/год. за период од 15 год.

Инсталираност на ФЕЦ "Возарци" **P= 200 [MW]**

4.0.2. ФЕЦ "Галиште"

Потребна инсталираност за ФЕЦ во пумпен режим е $P=213 \cdot 1,16^{\wedge}=247,8$ [MW]

Инсталираност на ФЕЦ "Галиште" **P= 250 [MW]**

4.0.3. ФЕЦ "Чебрѐн"

Потребна инсталираност за ФЕЦ во пумпен режим е $P=250 \cdot 1,16^{\wedge}=287,5$ [MW]

Инсталираност на ФЕЦ "Галиште" **P= 300 [MW]**

5. АНАЛИЗА НА КАПАЦИТЕТОТ ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА НА Е.К. "МАРИОВО"

5.1. Е.К. ПАХЕ "МАРИОВО" И ФЕЦ "МАРИОВО" се предвидува да имаат номинална инсталирана снага од $P=629$ [MW] од ХЕ и $P= 750$ [MW] од ФЕЦ или вкупно $P=1379$ [MW] . Оваа инсталирана снага може да биде и поголема откако ќе се изработи изведбениот проект кој ќе ги земе во предвид и: "Lancang Cascade Dams" ; "HEC-ResSim"; "Tandem Operation Rule"

5.2. Работењето на Е.К. ПАХЕ "МАРИОВО" е предвидено на следниве начини:. Резервоарите "Чебрѐн", "Галиште" и "Тиквеш" се пополнети на максимално ниво додека резервоарот "Возарци" е на минимално ниво.

5.2.1. Вклучување во работа за производство на електрична енергија ќе оди по следниов редослед:

5.2.1.1 Варијанти

Резервоарите "Чебрен", "Галиште" и "Тиквеш" се пополнети на максимално ниво додека резервоарот "Возарци" е на минимално ниво.

- прва се вклучува ХЕ "Тиквеш"
- ПАХЕ "Возарци" и ПАХЕ "Галиште" се вклучуваат веднаш после ХЕ "Тиквеш"
- ПАХЕ "Чебрен", се вклучува веднаш по вклучувањето на ПАХЕ "Галиште"

Во оваа варијанта вкупната активна снага на "ПАХЕ" Мариово ја одредува побарувачката на електрична енергија но и протокот на вода низ турбините на ХЕ Тиквеш.

Пример 1.

Ако ХЕ Тиквеш стартува со една турбина со $Q=30 \text{ m}^3/\text{s}$ тогаш ќе може ПАХЕ "Возарци" и ПАХЕ "Галиште" да стартуваат со една турбина со $Q=30 \text{ m}^3/\text{s}$, а потоа може ако има потреба да стартува и ПАХЕ "Чебрен" со $Q=30 \text{ m}^3/\text{s}$. Тоа е потребно за да не дојде до прелив на подолните резервоари. Во ваков случај неам да трошиме ел. енергија за пумпање на вода од резервоарот "Возарци" во погорните резервоари бидејќи во резервоарот "Чебрен" ќе се дополни од новиот прилив на р. Црна Река.

Пример 2.

Ако ХЕ "Тиквеш" стартува со двете турбини со $Q= \text{m}^3/\text{s}$ тогаш ќе мора да стартува и ПАХЕ "Возарци" со двете турбини со ист проток m^3/s , а ако има потреба ќе може ПАХЕ "Галиште" да стартуваат со турбини со проток од максимум $Q=180 \text{ m}^3/\text{s}$, но тогаш мора да стартуваат и двете турбини од ХЕ "Тиквеш" инсталирани во ПАХЕ "Возарци", а потоа ако има потреба може да стартува и ПАХЕ "Чебрен" со максимум $Q=180 [\text{m}^3/\text{s}]$.

Пример 3.

Ако процесот на производство се одвива според Пример 2. во тој случај максималното производство ќе биде:

- a. ПАХЕ "Возарци" 69,8 [MW]
 - b. ХЕ "Тиквеш" 56,5 [MW]
 - c. ПАХЕ "Галиште" 213 [MW]
 - d. ПАХЕ "Чебрен" 290 [MW]
- Вкупно: 629 [MW]

За да се постигне моќност над проектираниот максимален капацитет за ПАХЕ "Галиште" 213 [MW] и ПАХЕ "Чебрен" 290 [MW] треба да има такво слободно ниво во

резервоарот "Тиквеш" за да го прифати дополнителниот дотек од ПАХЕ "Галиште", а резервоарот "Галиште" ќе може истата количина дополнителен дотек на вода да прифати од работата на ПАХЕ "Чебрени"

Секако со главниот проект, проектантската кука која ќе треба да има искуство со проектирање на каскадни брани ќе мора да ги земе во предвид и дотеците на нова количина вода, количината на вода во метри кубни која е потребно да се испумпа од резервоарот "Возарци" во резервоарот "Тиквеш", а од резервоарот "Тиквеш" во резервоарот "Галиште", и од резервоарот "Галиште", во резервоарот "Чебрени" но и дотек на нова количина на вода од р. Црна Река во резервоарот "Чебрени" како и губитоците, одливот за наводнување на Тиквешко поле како и други количините кои ги користат други потрошувачи од резервоарот "Тиквеш", користејќи ги:

"HEC-ResSim"; "Tandem Operation Rule"; "Lancang Cascade Dams";

HEC ResSim Model of Lancang Cascade Dams (Симулациониот софтвер што се користи за моделирање на каскадата е HEC-ResSim)

Со што ќе се избере оптималната моќ на секој еден турбо-агрегат, потребниот број на турбо-агрегати во секоја ПАХЕ, и оптималниот инсталиран капацитет на секоја ПАХЕ.

5.3. ФЕЦ "МАРИОВО"

5.3.1 ФЕЦ "МАРИОВО" според ова идејно решение е предвиден да биде со инсталиран капацитет од $P = 750$ [MW], но оптималниот инсталиран капацитет ќе биде пресметан со изведбениот проект од специјализирана кука за проектирање на вакви проекти.

5.3.2. Функцијата на ФЕЦ "МАРИОВО" ќе биде:

- а. Произведената електрична енергија, а преку трафостаницата 500/110 [KV] да ја предава во македонската преносна мрежа на МЕПСО.
- б. Вишокот од произведената електрична енергија да се користи за пумпање на водата од резервоарот "Возарци" па се до резервоарот "Чебрени" во зависност од потребите и нивоата во резервоарите.

6. КАКО ЌЕ ФУНКЦИОНИРА Е.К. "МАРИОВО"?

6.1. Е.К. "МАРИОВО" ќе може да работи со целиот свој капацитет од $P = 1389$ [MW] преку ден и во лето во случаи кога има сончеви денови и според потребата од електрична енергија во пик или шпиц потреби.

6.2. Е.К. "МАРИОВО" преку ден и во лето во случаи кога нема сончеви денови ќе може да работи со целокупниот капацитет на ХЕЦ од 629 [MW] за што ќе биде потребно целиот систем да биде програмиран со користење на податоци од временска прогноза, дотек на нови количини вода од р. Црна Река и другите приливи во резервоарите.

6.3. Е.К. "МАРИОВО" преку ден и во зима во случаеви кога нема сончеви денови или зраците од Сонцето не се доволни за производство на електрична енергија од ФЕЦ, ќе може да работи со целокупниот капацитет на ХЕЦ од 629 MW за што ќе биде потребно целиот систем да биде програмиран со користење на податоци од временска прогноза, дотек на нови количини вода од р. Црна Река и другите приливи во резервоарите.

6.4. Е.К. "МАРИОВО" во принцип ќе може да произведува електрична енергија во било кое време од дено ноќието во текот на 365 денови во годината и со добро програмиран систем ќе може да се користи најоптимално со најмала количина на потрошена вишок електрична енергија од ФЕЦ или од македонскиот електроенергетски преносен систем за работа на ПАХЕ во пумпен режим.

Забелешка: Бидејќи македонската влада има потпишано и предвидено затворање на сите ТЕЦ, предлагам .а со цел да се избегне колапс на електроенергетскиот систем и целокупното стопанство, покрај овој неопходен проект да се инвестира и во ТЕЦ "Неготино" каде ќе се вградат две гасни турбини по 200 [MW] и со модернизација на постоечката турбина која ќе работи на пареа која ќе се произведе од излезните гасови од гасните турбини во два котли утилизатори, инвестицијата е вредна 200 милиони евра, а ќе се добие инсталирана снага од 600 [MW].

Електричната енергија од ТЕ "Неготино" ќе биде потребна во зимскиот период кога во ноќните часови ќе треба ПАХЕ "МАРИОВО" да работат во пумпен режим за да складира потенцијална енергија од вода во резервоарите која ќе се користи преку ден за работа на ПАХЕ и ХЕ во периоди кога потрошувачката е најголема.

7. КАКО ЌЕ СЕ ИЗВЕДУВА ИЗГРАДБАТА НА Е.К. ПАХЕ "МАРИОВО" И ФЕЦ "МАРИОВО"?

Секако дека треба да се направи проект за изведба за кој проект ќе биде потребно да се распише тендер за проектирање и избор на проектантска куќа со искуство на градба на вакви енергетски капацитети. Трошоците за проектирање во градежништвото се движат до 2% од вредноста на објектот или во овој случај ц.ц.а 20. милиони евра.

7.1. Како ќе се изведе изградбата на ПАХЕ "Возарци"

Како што е прикажано на скица бр.1 и скица бр.2 предвидено е под регионалниот пат R1107 Кавадарци-Прилеп во непосредна близина на с.Возарци веднаш после мостот на р. Црна Река а по течението на р.Црна Река да се искористи и по потреба прошири коритото до ширина од 110 [м] должина од 5,5 [км] и брана со висина од 6 [м] на место од старата брана Трстеничка стена. Тоа значи дека предвидувам да се продлабочи коритото од реката од под мостот за да се изедначи косината со пад од 3 [mNV], се до браната Трстеничка стена. Кај пумпно турбинската машинска хала "Возарци" ќе треба дополнително да се продлабочи коритото на р. Црна Река за ц.ц.а 10 м за да можат да функционираат турбините. Овој резервоар е потребен да ја прифати целата

количина која ќе биде испуштена од работата на ХЕЦ "Тиквеш" за работа во период од 12 часа.

Резервоарот ќе биде така изведен и без да се прават други зафати ќе овозможува испуштање на непредвидливо големи количини на водите од р. Црна Река.

Доколку е потребно дополнително ќе се инсталираат пумпи за користење на водата од р. Вардар за полнење на резервоарот "Возарци" па се до резервоарот "Чебрен" при работа во пумпен режим на ПАХЕ "Возарци", Овие пумпи ќе го скратат и времето за првичното пополнување на резервоарите "Галиште" и "Чебрен", бидејќи пополнување само од р. Црна Река може да трае и цела една година.

Машинската хала, (просторот каде што се поставени турбините) ќе биде повлечена надвор од резервоарот и одвоена од него со бетонска преграда со што ќе биде можно да се вршат ремонти и интервенции на турбината. Така поставената машинска хала нема да биде пречка за дотекот и на големи количини вода по коритото на реката.

Како што е прикажано на скица бр 2 доводот на вода од испустот од двете турбини од ХЕ "Тиквеш" до ПАХЕ "Возарци" ќе биде преку два потисни цевоводи кој што ќе бидат директно поврзани со испустот од турбините и така дизајнирани да не ја попречуваат работата на турбините и истите ќе бидат и заштита од кавитација на лопатките од турбините. Овие цевоводи ќе бидат положени покрај коритото на р. Црна Река. Преку други два потисни цевоводи водата од демонтираните турбини од ХЕ "Тиквеш" ќе се носи до нивната нова локација во ПАХЕ "Возарци" и истите ќе се користат и при работа на тие турбини во пумпен режим.

За работа во пумпен режим на ПАХЕ "Возарци" а за полнење на резервоарот "Тиквеш" ќе се вградат и две нови пумпи кој нема да произведуваат електрична енергија туку ќе служат за пумпање во погорниот резервоар "Тиквеш" како на скица бр 2.

7.2. ХЕ "Тиквеш"

На ХЕ "Тиквеш" се планира да се изврши демонтажа на турбините бр.3 и бр.4 и истите да се вградат во ПАХЕ "Возарци". Ваквиот зафат покрај тоа што овозможува нивно искористување со максимална снага, ја намалува испуштената количина на вода за што ни е потребен и помал резервоар.

7.3 ПАХЕ "Галиште"

Брана

Дефинитивната висина на браната ќе биде определена со главниот проект, за оваа идеја користена е висината на браната според фусната 1

Машинска хала

Според оваа идеја ќе биде проектирана и изградена подземна машинска хала чија кота "0" ќе биде на K 233[mNV]. Тоа подразбира дека ќе биде потребно да се отстрани

земја и карпи со длабина од ц.ц.а 32 [м] или ц.ц.а 20.000 [м³]. Тоа во денешно време не е никаков проблем за современите машини и би чинело помеѓу 1,2 и 2,0 милиони евра. Точната локација на подземната машинска хала и оддалеченоста од браната ќе биде одредена со главниот проект, со кој ќе биде одредена должината и дијаметарот на потисните цевоводи (Penstock)[^] од браната на резервоарот "Галиште" до турбините во машинската хала од ПАХЕ "Галиште" а што поблиску до резервоарот "Тиквеш". До колку должината на потисниот цевовод (Penstock) е поголема од 1000 [м] се предлага без оглед на тоа колку далеку е резервоарот "Тиквеш" поврзувањето на сифонот од турбината со резервоарот да биде преку доволно долг, широк и длабок канал кој ќе овозможи непречена работа на турбините и во генераторски и во пумпен режим. Бидејќи резервоарот "Тиквеш" според оваа идеја секогаш ќе биде на максимално ниво па може и турбинскиот сифон да биде повисоко. (Види скица бр. 4) За денешните современи технологии не претставува проблем да се издлаби таков коридор. На Пр. изградба на тунел со со $D=7,2$ [м] и должина од 1,4 [км] чини од 3 до 4 милиони евра во зависност од тоа дали се работи за цврсти или седиментни карпи.

[^]Што е потисен цевовод (Penstock)?

Во зависност од големината на објектот, тие се разликуваат по должина, обем и број. На пример, браната Хувер (Hoover Dam) има две големини на потисни цевоводи. Еден сет е со дијаметар од 30 стапки (9 метри), а браната исто така користи шеснаесет потисни цевоводи со дијаметар од 4 метри, кои се вкупно 5.800 стапки (1.770 метри) во должина. Со оглед на тоа што, станицата за складирање со пумпа Bath Creek содржи три потисни цевоводи со дијаметар од 28,5 стапки (8,7 метри) по должината на секоја 3.780 стапки (1.152 метри) долги цевки. Извор:

<https://blog.geckorobotics.com/what-is-a-penstock-and-its-role-in-hydropower>

Потисниот цевовод може да биде со дијаметар од 1 m и должина од 5 km но тоа резултира со губење на притисокот како што се зголемува должината на цевката. Зголемувањето или намалувањето на должината на цевката нема ефект врз брзината на течноста.

На хидроелектраните со потисен цевовод (Penstock) со должина поголема од 1000 м има поголема можност од хидраулични удари.

За пример:

Red John Pumped Storage Hydro Scheme

Scheme Characteristics

Scheme Capacity = 450MW

Penstock Length = 2,650m

Max. Dam Height = 39m

Penstock Diameter = 6-8m

Head pond Working Volume = 5M m³

Power Cavern Size = 100m (l) x 40m (w) x 40m (h)

7.4 ПАХЕ "Чебрѐн"

Брана

Дефинитивната висина на браната ќе биде определена со главниот проект, за оваа идеја користена е висината на браната според фуснота 1

Машинска хала

Според оваа идеја ќе биде проектирана подземна машинска хала чија кота "0" ќе биде на K332 mNV. Тоа подразбира дека ќе биде потребно да се отстрани земја и карпи со длабина од ц.ц.а 50 м или ц.ц.а 30.000 м³. Тоа во денешно време не е никаков проблем за современите машини и би чинело помеѓу 1,8 и 3 милиони евра. Точната локација на подземната машинска хала и оддалеченоста од браната ќе биде одредена со главниот проект, со кој ќе биде одредена должината која може да биде и поголема од 1,1 км и дијаметарот на потисните цевоводи (Penstock) од браната на резервоарот "Чебрѐн" до турбините во машинската хала од ПАХЕ "Чебрѐн".

Може да се размисли машинската хала да не биде на длабочина од 50 [м]. туку да биде на помала длабочина, но со тоа се намалува корисниот волумен на резервоарот "Галиште".

.До колку должината на потисниот цевовод (Penstock) е поголема од 1000 [м] се предлага без оглед на тоа колку далеку е резервоарот "Галиште" поврзувањето на сифонот од турбината со резервоарот да биде преку доволно долг, широк и длабок канал кој ќе овозможи непречена работа на турбините и во генераторски и во пумпен режим. Бидејќи резервоарот "Галиште" според оваа идеја секогаш ќе биде на максимално ниво па може и турбинскиот сифон да биде повисоко. (Види скица бр. 4) За денешните современи технологии не претставува проблем да се издлаби таков коридор. На Пр. изградба на тунел со Д=7,2 [м] и должина од 1,4 [км] чини од 3 до 4 милиони евра во зависност од тоа дали се работи за цврсти или седиментни карпи.

8.0. КАЛКУЛАЦИЈА ЗА ИНВЕСТИЦИОНИТЕ ТРОШОЦИ ЗА Е.К. "МАРИОВО"

Трошоците за изградба на хидроелектрани можат да бидат групирани во категории:

- » Проектирање и техно економска анализа;
- » Експропријација на земјиште;(во овој случај ,нема експропријација)

» Дали треба или не да се дислоцираат објекти и население (куќи, згради и сл.) (во овој случај ,нема таква потреба)

» Изградба на брана и акумулација;

» Изградба на опточни тунели и канали;

» Набавка и монтажа на електроцентралата (турбина, генератор, возбуда, трансформатори и друга пропратна машинска и електро опрема;

» Инфраструктура за пристап до локацијата(изградба на патишта и друга инфраструктура на локацијата).(постои изграден пат кој ќе треба да се ревитализира)

» Поврзување на мрежата, трафостаници, далноводи; (во близина поминува 400[KV] далновод но сметам дека треба нов 500 [KV] далновод поради големата инсталирана снага но и поради помали загуби при пренос на ел.енергија. Сепак за тоа треба да се консултираат стручни лица од МЕПСО)

» Трошоците за локална работна сила и материјали (кај нас се далеку пониски отколку во ЕУ или САД)

» Инженерство, набавка и градежништво (ЕРС); и

» Трошоци за програмери, вклучувајќи издавање дозволи за води, животна средина итн.).

» Поголемите капацитети имаат тенденција да имаат пониски трошоци на база EUR/MW бидејќи најголемите трошоци се во градежните работи за изградба на брана.

» Висината на браната ги зголемуваат инвестиционите трошоци до 20% за м3 бетон, додека должината на браната може да ги зголеми инвестиционите трошоци до 70 % за м3 во зависност од тоа дали втемелувањето ќе биде во цврсти или седиментни карпи за кои е потребно дополнителни трошоци за инектирање.

9.1. ИНВЕСТИЦИОНИ ТРОШОЦИ

1. ПАХЕ "ЧЕБРЕН" 290 [MW] *2,022= 586.380,000 EUR

2. ПАХЕ "ГАЛИШТЕ" 213[MW] *1,730=368.490.000 EUR

3. ПАХЕ "ВОЗАРЦИ" = 70*1.000.000.= 70.000.000 EUR

4. ФЕЦ 750 MW*750.000EUR/MW= 562.500.000 EUR

5.Трафостаница "Мариово" 500/110KV =17.500,000 EUR

6. Далновод 100 km= 30.000.000 EUR

7. Патна инфраструктура 3-та класа ,100 km =70.000.000 EUR.

ВКУПНО=1.704.870.000 EUR

Проектирање на вакви капитални објекти кошта од 1,5 до 2% од инвестицијата и истото е влезено во трошоците за градба.

Трошоците за изградба на ЕК се проценети според :

Table 2 . Average investment and by percentile about hydropower capacity

Во 2022 година, просечната цена за изградба на хидроцентрали во светот беше околу 1,9 милиони евра по мегават инсталирана моќност. Нема знаци за опаѓање на цените во овој сегмент бидејќи хидроенергетскиот сектор во голема мера се потпира на расположливите трошоци за земјиште и градежни работи.

Забелешка: бидејќи на локациите за изградба на ПАХЕ "МАРИОВО" земјиштето е во државна сопственост а имаме пониски трошоци за градежни работи споредено со ЕУ или САД се очекува дека овие трошоци ќе бидат пониски од наведените и истите се ориентациони, попрецизно ќе може да се пресметаат по изготвувањето на главниот проект.

Трошоците за градба секогаш се споредуваат со цените на пазарот на енергија пред инвеститорите да одлучат дали централата ќе биде изградена или не, исто така каматните стапки се важен фактор на долгорочниот пазар на кредити.

Table 2 . Average investment and by percentile about hydropower capacity [29]

No.	Capacity [MW]	5th percentile [2020 USD / kW]	Weighted average [2020 USD / kW]
1	0-50	807	1,518
2	51-100	836	1,728
3	101-150	890	1,685
4	151-200	805	1,656
5	201-250	886	1,730
6	251-300	789	2,022
7	301-350	896	1,927
8	351-400	652	1,632
9	401-450	1,155	1,925
10	451-500	918	1,472
11	501-550	1,074	1,467
12	551-600	1,296	1,817
13	601-650	1,034	1,401

14	651-700	743	1,928
15	701-750	933	1,392
16	751-800	1,034	1,519
17	801-850	1,137	1,769
18	851-900	8,261	1,368
19	901 onwards	635	1,063

10. ПОВРАТ НА ВЛОЖЕНИТЕ СРЕДСТВА

10.1 Пресметка за ЕК "МАРИОВО" од ПАХЕ

Во пресметаката се калкулира:

- Годишен фиксен трошок за хидроцентрали е: 50 ЕУР/инсталиран kW.
- Просечна пазарна цена, : 53 EUR/MWh
- F=Фактор на постројки[^]: 62% (во хидроелектрични централи најчесто е 62-65 %)

[^]F:(Фактор на постројки е просечна ефикасност поврзана со видот на изворот на енергија, за хидроелектрични централи изнесува 62-65%) за ПАХЕ се движи од 20 до 60% во зависност од доток на нова количина на вода и од потребите за електрична енергија.

Така,

Добивка (Proof)

$\text{Proof} = X[\text{MW}] * 365 \text{ den/god} * 24 \text{ h} * \text{EUR/MWh} * F - (50 \text{ EUR /kW}) * (Y \text{ kW}) = \text{EUR/god}.$

$\text{Proof} = (629 [\text{MW}]) * (365 \text{ дена/година}) * (24 \text{ часа/ден}) * (53 \text{ EUR/MWh}) * (0.5) - (50 \text{ EUR /kW}) * (629.000 \text{ kW}) = 146.016.060 - 31.450.000 = 114.566.060 \text{ EUR-a/год}.$

Загарантиран поврат на вложените средства ако има потреба да работат по 12 h/den само од ХЕЦ е:

1.704.870.000 EUR /114.566.060 EUR= 15 години

ХЕЦ ќе произведат електрична енергија од 2.755[GWh]

Ако само 10% од оваа електрична енергија продадеме по берзанска цена дополнително годишно ќе заработиме најмалку од?

2.755.000 *0,1=275.500 * 300EUR/MWh=82.650.000 EUR

10.2 Пресметка за ЕК "МАРИОВО" од ФЕЦ

Во пресметаката се калкулира:

- Годишен фиксен трошок за фотоволтаици е : 3 EUR/KW

- Просечна пазарна цена: 110 EUR/MWh (просечна цена на берза ако ја откупуваме или ако ја продаваме)
- F=Фактор на постројки[^]: 14% (F=Фактор на постројки[^]: за ФЕЦ во Македонија е 14%)
- PR - коефициент на ефикасност од загуби (опсег помеѓу 0,9 и 0,5, стандардна вредност = 0,75)

[^]F:(Фактор на постројки е просечна ефикасност поврзана со видот на изворот на енергија, за хидроелектрични центри изнесува 62-65%) за ПАХЕ се движи од 20 до 60% во зависност од доток на нова количина на вода и од потребите за електрична енергија, за фотоволтаици за Македонија е 13 до 15 %)

Така,

Добивка(Proof)

$\text{Proof} = (X[\text{MW}] * 365 \text{ den} / \text{god} * 24 \text{ h} * \text{EUR} / \text{MWh} * F * \text{PR}) - (53 \text{ EUR} / \text{kW}) * (Y \text{ kW}) = \text{EUR} / \text{god}.$

$\text{Proof} = (750 * 365 * 24 * 110 * 0,14 * 0,75) - (3 * 750.000) = 75.883.500 - 2.250.000 = 73.633.500 \text{ EYP}$

Proof=73.633.500 EYP

ФЕЦ за период од една година ќе произведат електрична енергија од MW?

$E = (X [\text{MW}]) * (365 \text{ den}) * (24 \text{ h}) * F * \text{PR} = 750 * 365 * 24 * 0,14 * 0,75 = 690 [\text{GWh}]$

[^] Ако не ги произведеме сами ќе треба таа количина да ја купиме по берзанска цена од минимум 110 EUR/MWh

Инвестицијата од ФЕЦ има поврат на вложените средства за период од?

$562.500.000 \text{ EUR} / 73.633.500 \text{ EUR} = 7,6 \text{ години}.$

10.3. ПАХЕ за пумпен режим во работа од 12 [h/ден] ќе потрошат електрична енергија од MW?

$(250 [\text{MW}] + 184 [\text{MW}] + 170 [\text{MW}]) * 365 \text{ den} * 24 \text{ h} * 0,4 = 2.116. [\text{GWh}]$

10.4. За производство во турбински режим годишно ќе ни недостасуваат MW?

$2.164 [\text{GWh}] - 690 [\text{GWh}] = 2.000 [\text{GWh}]$ кој треба да се обезбедат од ноќните вишоци од производството од ТЕЦ.

* Во пресметката не е земено во предвид дека ПАХЕ "МАРИОВО" може 3 месеци во годината во лето да работи со полн капацитет од 1169 [MW] или тоа би биле плус од ФЕЦ (600 MW) * (90 ден) * (6 часа) * (53 EUR) * (0,76) = 13.051.320 EUR

** Годишен фиксен трошок за хидроцентрали е 50 EUR/инсталиран kW по европски норми, во Македонија ќе биде двојно помал.

10.5. За споредба:

ПОВРАТ НА ВЛОЖЕНИТЕ СРЕДСТВА ЗА ПАХЕ "ЧЕБРЕН" АКО МАКЕДОНИЈА ГО ИЗГРАДИ САМА:

- Годишен фиксен трошок за хидроцентрали ** : 50 ЕУР/инсталиран kW или=
= 50 [EUR/KV] x 333.000 [KV] = 16.650.000 EUR-a
- Цена на ЕСМ, : 53[EUR/MWh]

Така,

ДОБИВКА : (333 MW Чебрен)*(365 дена/година)*(24 часа/ден)*(53 [EUR/MWh])*(0.4)-
(50 [EUR /kWh])*(333.000 [kW]) = 61.842.096 -16.650.000=45.192.096 [EUR /год].

Фактор на постројки за ПАХЕ е од 0,2-0,6 во зависност од приливот на нова вода

Фактор на постројки за ХЕЦ е 60% (за хидроелектрични централи најчесто е 60%)

Загарантиран поврат на вложените средства само од ХЕЦ е:

615.000,000 EUR/45.192.096 [EUR-a/год]. = 13,6. години

По берзанска цена на струјата инвестицијата би имала поврат за период помал од 7 години.

- ** Годишен фиксен трошок за хидроцентрали е 50 ЕУР/инсталиран kW по европски норми, во Македонија ќе биде двојно помал.

10.6. LCOE

Формулата за пресметување на LCOE е (Сегашна вредност на вкупните трошоци во текот на животот)/(Сегашна вредност на целата електрична енергија произведена во текот на животот

- $LCOE = \frac{\sum [(I_t + M_t + F_t) / (1 + r)^t]}{\sum [E_t / (1 + r)^t]}$
- <https://www.symbolab.com/solver/simplify-calculator>
- <https://www.nrel.gov/analysis/tech-lcoe.html>
- How to Calculate the LCOE
- The LCOE can be calculated by first taking the net present value of the total cost of building and operating the power generating asset. This number is then divided by the total electricity generation over its lifetime. The total costs associated with the project generally will include:
 - The initial cost of investment expenditures (I)
 - Maintenance and operations expenditures (M)
 - Fuel expenditures (if applicable) (F)
- The total output of the power-generating asset will include:
 - The sum of all electricity generated (E)
- The last two important factors to be considered in the equation are:
 - The discount rate of the project (r)

- The life of the system (n)
- 60% (во хидроелектрични центри најчесто е 60%)

Пресметката ќе биде извршена со главниот проект.

11. ИНТЕГРАЦИЈА ВО ЕНЕРГЕТСКИОТ СИСТЕМ

11.1. Трансформатори

Трансформаторите се составен дел од хидроцентралата и влегуваат во понудите

11.2. Трафостаницата

11.3 Далновод

За карактеристиките на трафостаницата и далноводот потребно е да ги проектираат експертите откако ќе биде утврдена вкупната инсталирана моќност на ЕК "МАРИОВО"

12. Меѓународното право за води

Правично и разумно искористување (ERU), камен-темелник на меѓународното право за води, ги признава правата на државите да ги користат заедничките водни ресурси.

Имајќи предвид дека врвот на побарувачката за земјоделска вода во подрегионот Тиквешко поле и Солунско поле се случува во сушната сезона, а уделот на сушата во сувата сезона е доста поголем од оној во влажната сезона", ќе треба системот та биде така димензиониран за да го запази меѓународното право за води..

13. ФИНАНСИРАЊЕ НА ПРОЕКТОТ:

Хидроенергетските проекти честопати можат релативно да испорачуваат електрична енергија со ниски трошоци во однос на постојните пазарни цени на енергијата .

Сепак, проектот е финансиски предизвикувачки бидејќи однапред високите трошоци можат, а не би требало да се пречка за инвестирање.

14. ЗАКЛУЧОК

Придобивки од ЕК "МАРИОВО" доколку Македонија го изгради сама.

Пумпното хидроелектрично складирање (ПХС) има неколку придобивки за електроенергетскиот систем и животната средина.

1. Може да обезбеди брз и флексибилен одговор на флукуациите во побарувачката и понудата, зголемувајќи ја стабилноста и доверливоста на мрежата.
2. Може да интегрира повеќе променливи обновливи извори на енергија, намалувајќи ги емисиите на стакленички гасови и зависноста од фосилни горива.

3. Може да понуди помошни услуги, како што се регулација на фреквенцијата, контрола на напонот и можност за брзо стартување, подобрување на квалитетот и еластичноста на мрежата.

4. Може да ја подобри економичноста на производството на електрична енергија, со арбитража на разликите во цените помеѓу периодите на пик и вон шпиц сезона и со избегнување и намалување на вишокот на обновлива енергија

5. ПАХЕ останува клучна технологија за складирање енергија и има ефикасност до 85%

И покрај неговите придобивки, "ПХС" има некои ограничувања, вклучувајќи ја и потребата за соодветна топографија, а оваа локација можеби е единствената која ја имаме.

6. Доколку не го изградиме ЕК "МАРИОВО" поради грешката со неконтролирано давање на лиценци за фотоволтаици, ќе треба да извршиме сеопфатни физибилити студии за инсталирање на систем за складирање со батерии, многу по неекономично поради загубите од самопразнење кој се поголеми од 15%, а инвестицијата ќе чини милиони евра, поскапо складирање, но и со еколошки последици.

7. ЕК "МАРИОВО" ќе биде наменет да управува со резервите за контрола на фреквенцијата и со реактивната снага. Доколку се оди на складирање на енергија со батерии, за реактивната снага ќе биде потребно да се инсталира 110 Mvar реактор (Реакторите го компензираат капацитивното оптоварување на енергијата)

8. За стабилноста на електро енергетскиот систем мора да се грижи државата, затоа што таа е сопственик на базните електрани, штетата ќе биде во базните електрани, таа е одговорна за стабилноста на електро енергетскиот систем, таа ќе плаќа казни. (бидејќи не можеме да произведеме колку што трошиме, ќе повлекуваме од европската мрежа, значи нашиот дебаланс во мрежата, го пренесуваме во европската мрежа, што не би смееле да го правиме).

9. За да не "...добиваме предупредување од Свисгрид, центарот во Арау, Швајцарија, којшто ја контролира средноевропската мрежа на електрична енергија, односно нивниот софтвер нонстоп мониторира дали има некакви отстапувања, коишто пак предизвикуваат отстапувања во фреквенцијата на струјата во средноевропската мрежа, која мора да е 50 херци." - Изјава на Куштрим Рамадани, генерален директор на АД МЕПСО објавено на 30 октомври, 2021 год

10. Нашиот електро енергетски систем не може да издржи шок од 500 MW"

Во литературата е познато дека еден електро енергетски систем може без последици да издржи испад на електро централа со снага до 20% од вкупната инсталирана снага и поради тоа не се дозволува изградба на една нова електро централа со снага поголема од 20% од вкупната инсталирана снага во државата.

Еве доказ”

“Варијанта 4. Во оваа варијанта е симулиран испад на два блока во РЕК Битола (Блок 2 и Блок 3). Испадот на овие блокови предизвикува дефицит на моќност од околу 400 MW и 100 Мвар во системот. Заради овој голем недостаток на моќност доаѓа до пад на фреквенцијата и до успорување на сите ротори на генераторите, како кај електраните кај нас така и кај соседните системи. Дебалансот е доста голем така да и реакцијата на сите генератори е забележителна, но сепак системот е динамички стабилен. Однесувањето на генераторите во електраните е прикажано на слика 1.4”.извор: ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ 2001

Прашање:

Што ќе се случеше ако соседните електро енергетски системи немаат резерва да ги покријат тие 400 MW ?

Одговор: Ќе дојде до распад на електро енергетскиот систем и непроценливи штети пред се во термоелектраните.

Во согласност со ГОСТ 32144-2013 (Н.з.нашите термо центри се од руско производство), фреквенцијата мора да биде во рамките на $50,0 \pm 0,2$ Hz најмалку 95% од времето на денот, без да се оди подалеку од максимално дозволените $50,0 \pm 0,4$ Hz.

Особено, мора да се обезбеди тековната фреквенција да се одржува во рамките на $50 \pm 0,05$ Hz (нормално ниво) и во рамките на $50 \pm 0,2$ Hz (дозволено ниво) со враќање на нормалното ниво на фреквенција и наведените вкупни надворешни текови на моќност на контролните области во време од не повеќе од 15 минути да се усогласат отстапувањата на фреквенцијата со планираните резерви на капацитет на транзитните мрежи на енергетскиот систем во нормални услови.

Исто така работа на генераторите на ЕСМ со негативна рееактивна снага не е дозволена повеќе од 15 минути. Затоа што ќе дојде до оштетување на роторите од генераторите, ќе има оштетување на дуралуминиумот,можна појава на високи вибрации и можна голема хаварија на генераторот.

Со значителни отстапувања поврзани со намалување на активната моќност, се јавува таканаречена „фреквентна лавина“ и електроенергетскиот систем се исклучува по заштита.

Ситуации кои се опасни за електричната опрема се јавуваат во случаи на зголемена фреквенција, што обично се случува кога потрошувачите нагло го намалуваат оптоварувањето на електричната енергија. Вишокот на енергија е првенствено опасен за опремата на базните електро центри.

11. Вкупната инсталираност на ПАХЕ зависи од правилно димензиониран резервоар “Возарци”, а неговата идеална искористеност, економичност и

профитабилност зависи од моделирањето со "HEC-ResSim"; "Tandem Operation Rule"; "Lancang Cascade Dams

Со оглед на погоре објаснетото во ова идејно решение, планираното исклучување на термо електраните и со оглед на тоа што ЕК "МАРИОВО" според пресметките е инвестиција која има поврат на вложените средства за период од 20 год и тоа по регулирана цена од 53 EUR/MWh. од највисок државен интерес ЕК "МАРИОВО" Македонија да го изгради сама.

Сепак, доколку ова е преголем инвестиционен проблем за Македонија истиот може да го реализира по фази:

- Прва фаза: меѓународен тендер за проектирање (трошоци за проектирање и инженерство за целокупниот стратешки објект ЕК "МАРИОВО", финансирање од буџет)
- Втора фаза: финансиска конструкција (кредити од банки што кредитираат проекти за големи хидроелектрани со грејс период и отплата до 20 год.)
- Трета фаза: распишување меѓународен тендер за изградба на:

Прво оди изградбата на ПАХЕ "ВОЗАРЦИ" И ПАХЕ "ГАЛИШТЕ"

Втора оди изградбата на ПАХЕ "ЧЕБРЕН"

Трета по ред може да биде изградбата на ФЕЦ

¹ АНАЛИЗА НА КАПАЦИТЕТОТ ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА КАЈ ПОВЕЌЕ АКУМУЛАЦИСКИ ВОДОСТОПАНСКИ СИСТЕМ Фросина Пановска, Стевчо Митовски, Љупчо Петковски,

Значење на скратениците:

Е.К-Енергетски комбинат

ПАХЕ-пумпно акумулациона хидроелектрана

ФЕЦ-фотонапонска електроцентра

ХЕ-хидроелектрана

ЕЕ -електрична енергија

ЕЕС-лектроенергетски системи

машинска хала-објект во кој се сместени и управувани турбоагрегатите.

ЛИТЕРАТУРА

1. АНАЛИЗА НА КАПАЦИТЕТОТ ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА КАЈ ПОВЕЌЕАКУМУЛАЦИСКИ ВОДОСТОПАНСКИ СИСТЕМ Фросина Пановска¹ Стевчо Митовски² Љупчо Петковски³
2. Hydropower Coordinating Lead Authors: Arun Kumar (India) and Tormod Schei (Norway) Lead Authors: Alfred Ahenkorah (Ghana), Rodolfo Caceres Rodriguez (El Salvador), Jean-Michel Devernay (France), Marcos Freitas (Brazil), Douglas Hall (USA), Ånund Killingtveit (Norway), Zhiyu Liu (China)
3. Estimating Reversible Pump-Turbine Characteristics UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR BUREAU OF RECLAMATION

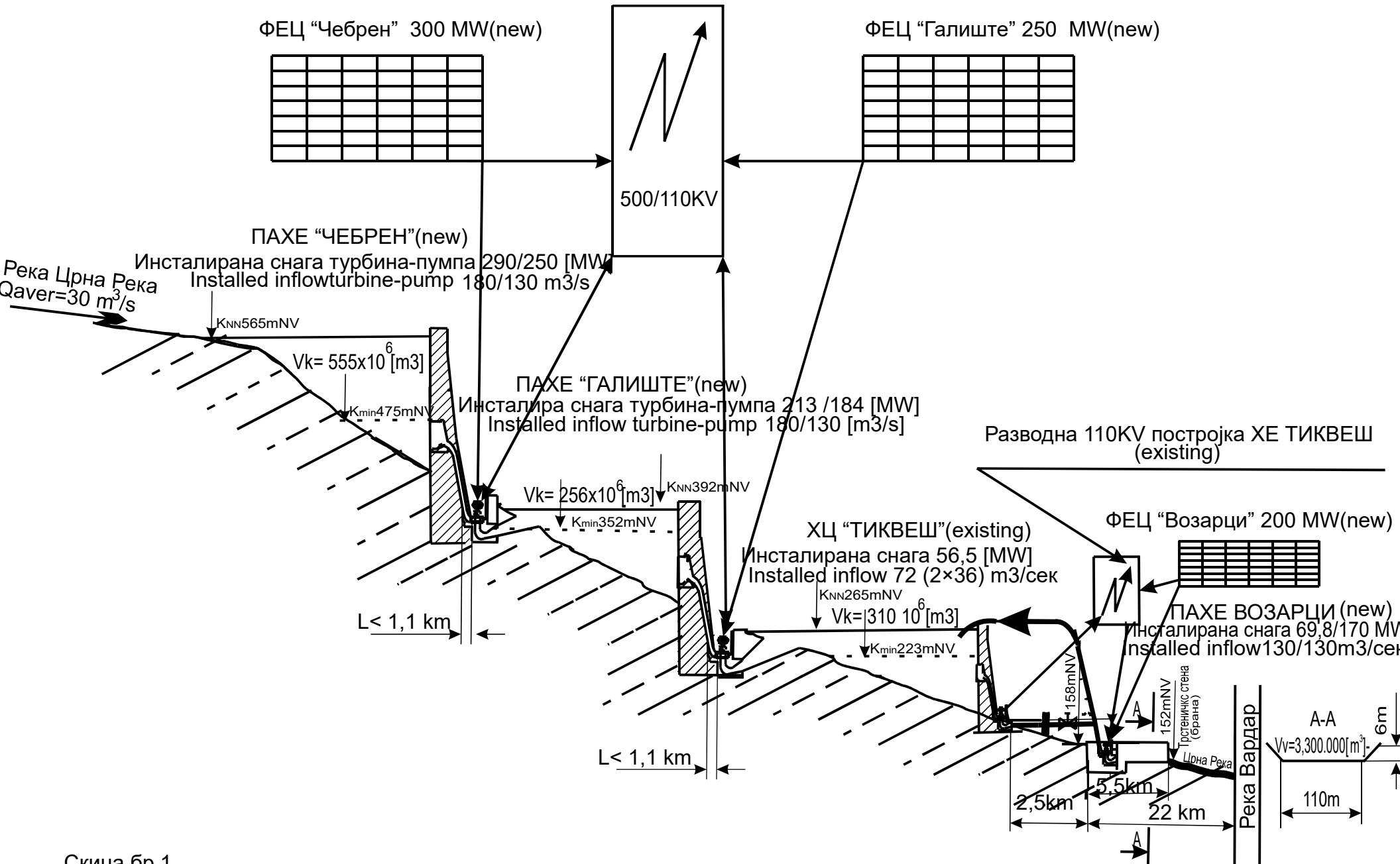
<https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/Chapter-5-Hydropower-1.pdf>

<https://www.hydropower.ru/upload/iblock/e0f/01vsif4h2p9rvfgrbc0t6b92cx8vaedf.pdf>

Е.К. "МАРИОВО"

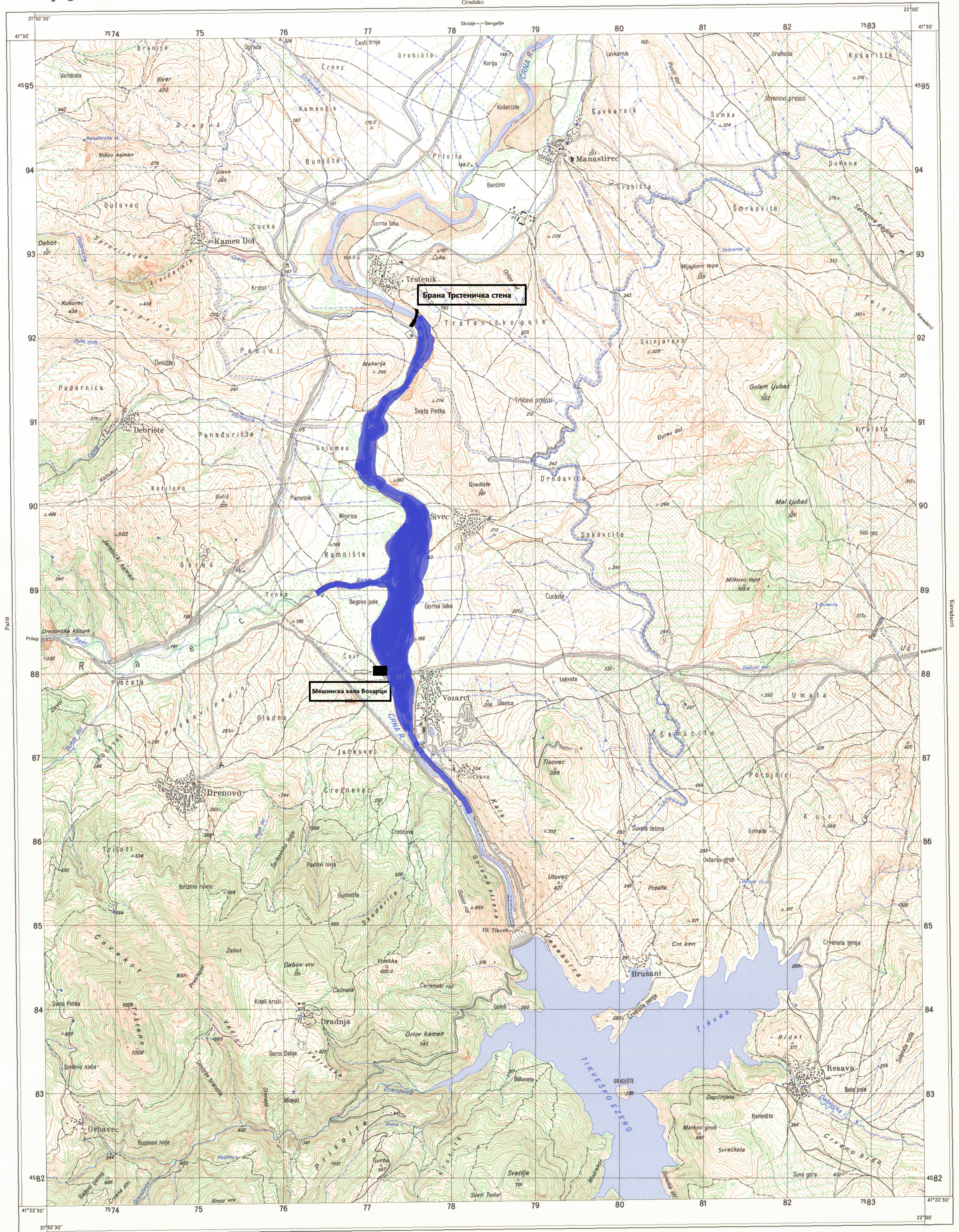
ПАХЕ "МАРИОВО" И ФЕЦ "МАРИОВО" ИНСТАЛИРАНА СНАГА 1380 MW (НОВИ мин.1266 MW)

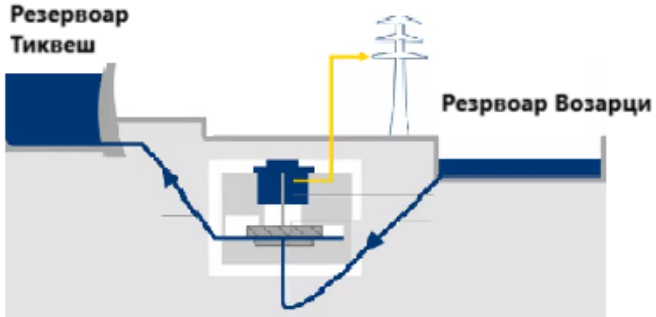
Трафостаница "Мариово"(new)



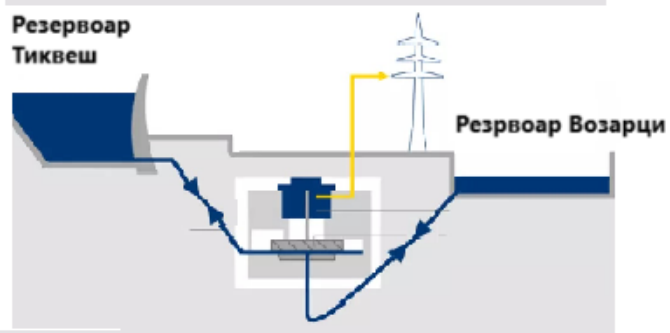
Скица бр.1

Идеја на: Стојаноски Љубен, проект менаџер и инженер за турбини

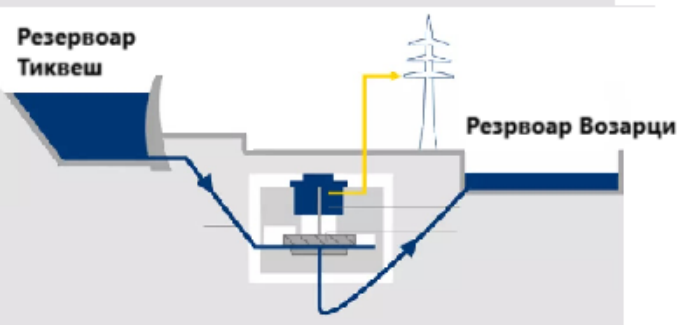




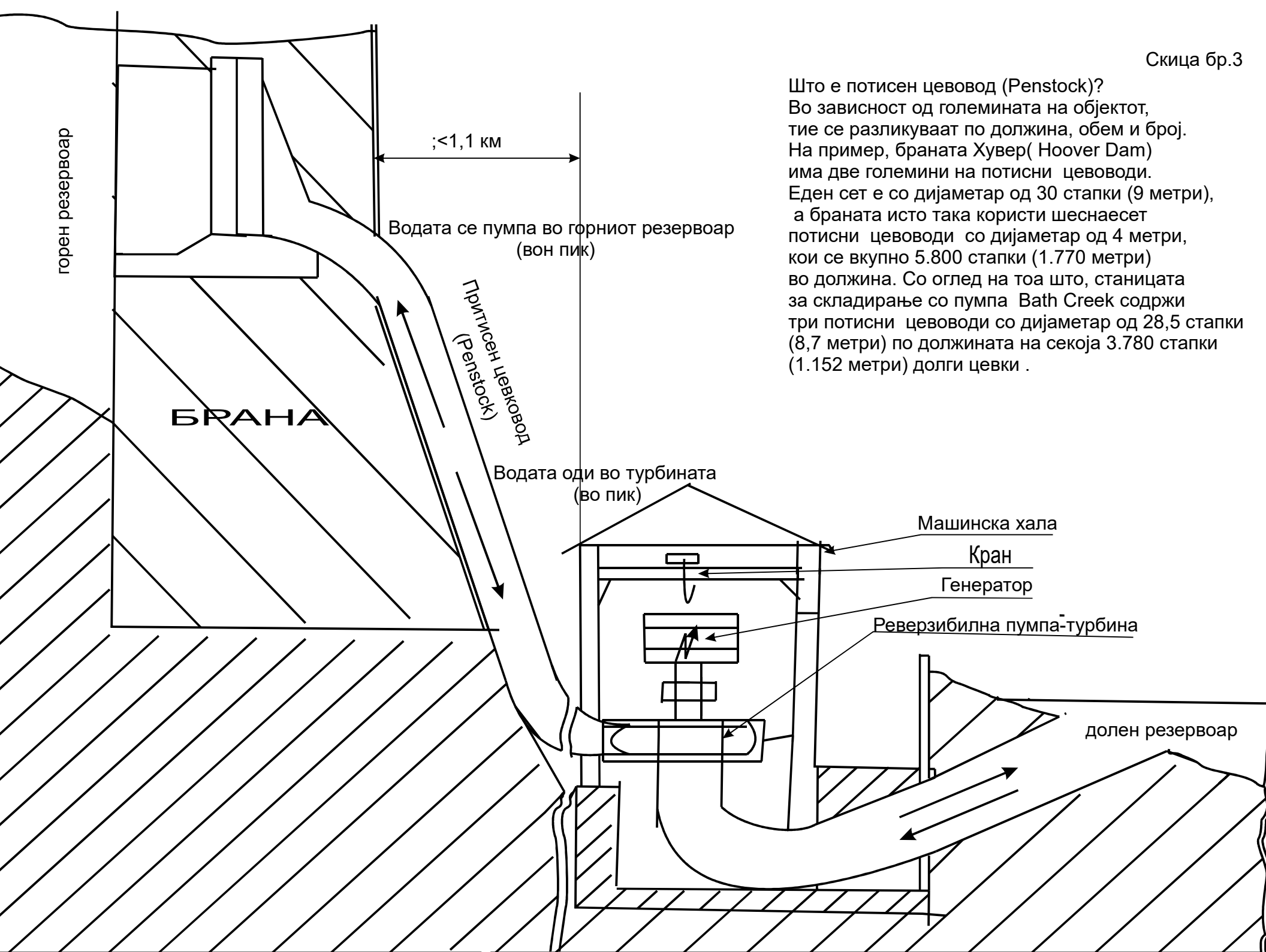
Два нови пумпни агрегати T5 и T6
моќност 53 MW



Нови реверзибилни агрегати со
T3 и T4 со моќност 31,8MW



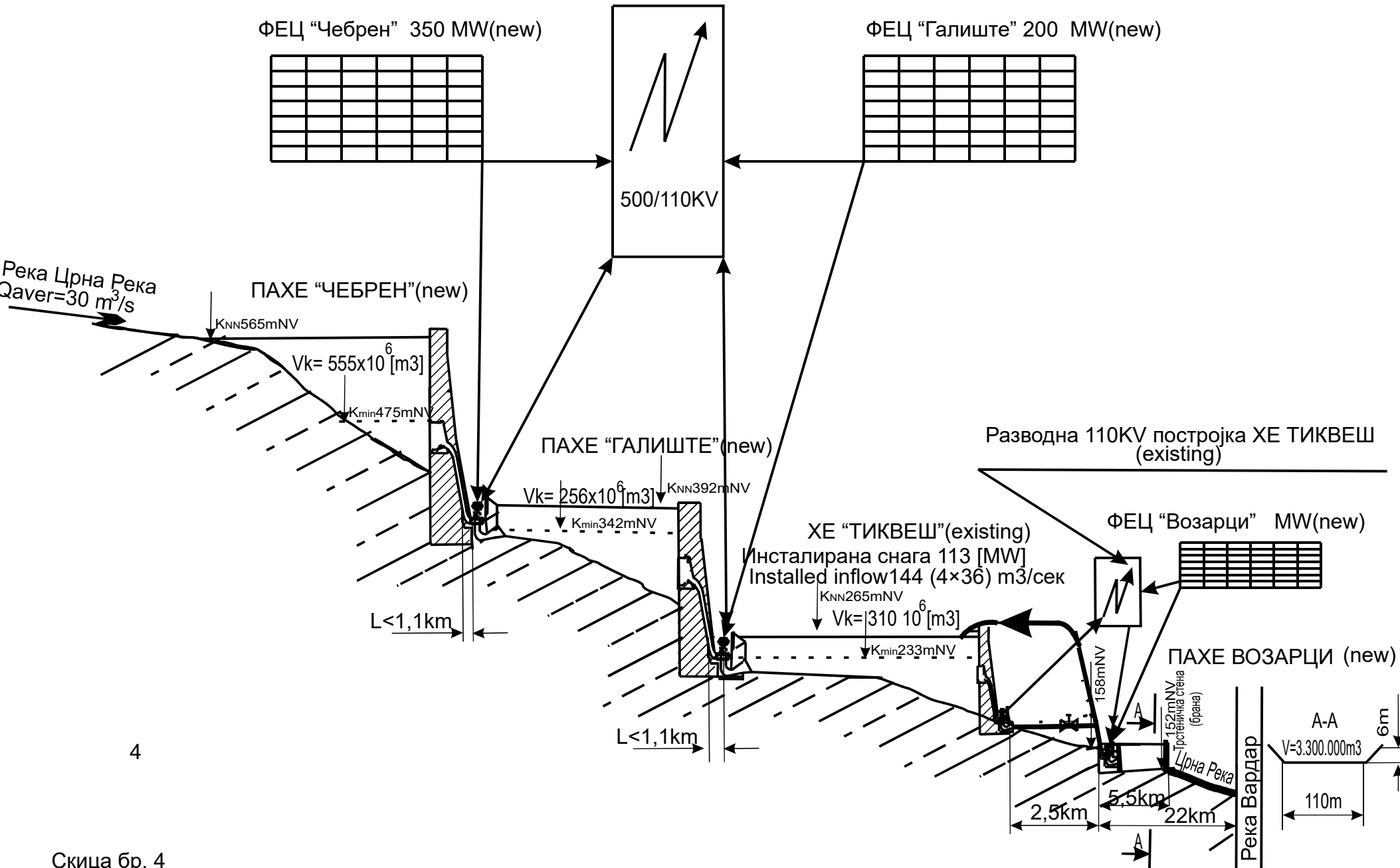
Нови турбински агрегати T1 и T2
со моќност од 3,1MW



Што е потисен цевковод (Penstock)?

Во зависност од големината на објектот, тие се разликуваат по должина, обем и број. На пример, браната Хувер (Hoover Dam) има две големини на потисни цевководи. Еден сет е со дијаметар од 30 стапки (9 метри), а браната исто така користи шеснаесет потисни цевководи со дијаметар од 4 метри, кои се вкупно 5.800 стапки (1.770 метри) во должина. Со оглед на тоа што, станицата за складирање со пумпа Bath Creek содржи три потисни цевководи со дијаметар од 28,5 стапки (8,7 метри) по должината на секоја 3.780 стапки (1.152 метри) долги цевки.

Е.К. "МАРИОВО"
 ПАХЕ "МАРИОВО" И ФЕЦ "МАРИОВО"
 Трафостаница "Мариово"(new)



4

Скица бр. 4

Идеја на: Стојаноски Љубен, проект менаџер и инженер за турбини