

Плански извештај слива реке Мораве- развиј хидроелектрана фаза 1 у Србији



1 Позадина

Дана 26. јануара 2013. године у Пекингу, потписан је Меморандум о пројекту Канала у сливу реке Мораве од стране министра природних ресурса, рударства и просторног планирања. У складу са тим Меморандумом, CGGC је упутила технички тим у Србију ради обиласка локације пројекта Канала у сливу реке Мораве у јуну 2013. године, када су прикупљени основни подаци и информације о пројекту, укључујући хидрометеоролошке податке, топографске карте и јединствен договор око организације и уређења са министром рударства, након чега је у октобру послат Плански извештај за свеобухватно планирање Моравске долине. Министар природних ресурса, рударства и просторног планирања, проф. др Милан Бачевић, био је позван у посету CGGC у Пекингу када је дискутовано о следственим плановима рада и уређења у новембру, и када је CGGC предложила идеју о фазном развоју пројекта канала на бази његових карактеристика и обима са чиме се господин Бачевић сагласио. proposed the idea on phased development of this canal project on the basis of its characteristics and scale and Doctor Milan was in agreement with such idea. По консензусу договореном у поменутој дискусији, CGGC је послала Министарству природних ресурса, рударства и просторног планирања свеобухватне развојне идеје за фазу 1 развоја пројекта слива реке у децембру.

Дана 26. фебруара 2014. године, Фонд за Централну и Источну Европу, кинеске ЕксИм банке, у пратњи CGGC, је посетио министра природних ресурса, рударства и просторног планирања како би истражили могућност развоја хидроелектрана у сливу реке Мораве. Према актуелној ситуацији и планском извештају слива реке Мораве, пројекат канала на овој реци је компликован и захтева значајне капиталне инвестиције од стране Владе; шта више, према истраживањима и анализама, свеукупна реализација у овом тренутку сусреће се са огромним тешкоћама због малог потенцијала реке Мораве за у смислу обима терета и стварног обима транспорта теретног обима, незнатних користи од пловидбе, као и слабог финансијског капацитета овог пројекта. Због тога, све стране су размотриле да би фазни развој одговарао овом пројекту, и да у тренутној ситуацији, прелиминарни радови за мале хидроелектране са мање ограничења, мање грађевинских тешкоћа и значајних економских користи, може бити одабран за почетни развој.

Постојећи подаци и истраживања показују да неки пројекти малих хидроелектрана на реци Морави одражавају велики значај за будући развој и задовољавају потребу за стратешком сарадњом Србије и Кине на бази обостраних користи. Поред тога, развој слива реке Мораве представља свеобухватни пројекат Beside, који захтева посвећивање пажње пловидби, одбрани од поплава, водоснабдевању и другим друштвеним користима. У том смислу, пројекти малих хидроелектрана би имале приоритет и на тој основи ће свеобухватно планирање пловидбе, водоснабдевања, одбране од поплава и друге развојне функције осим хидроенергетике, бити добро урађено корак по корак према распореду под руководством Владе, када се стекну услови за њихов развој.

2 Обим и основе за развој хидроелектрана у фази 1

2.1 Обим планирања

У складу са горе поменутом позадином, Плански извештај слива реке Мораве-развој хидроелектрана фаза 1 у Србији углавном има за циљ да истражи и утврди да ли слив реке Мораве (укључујући реке Велику, Јужну и Западну Мораву) има пројекте малих хидроелектрана повољне хидроенергетско

коришћење, добре економске користи и одрживи развој, тако да се започне студија изводљивост што је пре могуће и да се крене напред са развојем и изградњом хидроенергетских ресурса на реци Морави.

Тренутна истраживања и постојеће доступне информације показују малу тражњу за наводњавањем и водоснабдевањем у сливу реке Мораве у садашњости, тако да ће ово планирање бити фокусирано само на развој и искоришћавање хидроенергетског потенцијала.

2.2 Планирање и студијска основа

Релевантни технички подаци прикупљени од стране CGGC и обезбеђине од стране Србије у јуну 2013;

Свеобухватни плански извештај Моравске долине припремљен од стране CGGC у 2013.

2.3 Плански обим и референтне године

Свеобухватни планирање слива реке Мораве покрива три главна тока: Велику Мораву, Јужну Мораву и Западну Мораву. У планирању, 2002. је узета као референтна година тренутног стања, 2020. као краткорочна референтна година, и 2030. као дугорочна референтна година.

С обзиром да раван терен слива реке Мораве захтева каскадни развој за **low head river canal run-of-the-river power stations**, каскаде фокус ће бити на каскадама на реци Великој Морави које ће бити изабране као циљ током развоја фазе 1.

3. Садржај главног пројекта планирања

3.1 Преглед водних ресурса и развојног задатка

Инсталирани хидроенергетски капацитет у Србији чини 30% од укупног инсталисаног капацитета. Тренутно је укупно 25 хидроелектрана смештено на реци Морави, са инсталисаним капацитетом од око 1,500 MW, углавном распоређених на притокама Јужне и Западне Мораве. Не постоје изграђене велике хидроелектране на главном току реке Мораве. Према прелиминарним анализама и прорачунима, теоретске резерве хидроенергетских ресурса на главном току реке Мораве износе 350 MW са неразвијеним и неискоришћеним постојећим хидроелектранама.

Према каскадном планирању, релативно раван терен Велике Мораве одређује да хидроелектране могу бити развијене у ограниченом облику- равничарске и речне хидроелектране, са преводницама за каскадну пловидбу на обали.

3.2 Геолошки услови пројекта

Регионална геологија речног слива садржи вишеструке стратиграфске јединице, укључујући кристаласте шкриљце од древног протерозоика до палеозоика, седиментне слојеве од миоцена до плиоцена терцијара и илувијални хоризонт од плеистоцена до холоцена квартара.

Постоје два слоја стена геолошког тела у одабраним тачкама дуж реке Мораве. Један је дебели слој илувијалног хоризонта квартара: седиментни песак и шљунак у речном кориту и поплавном земљишту, као и муљевито-пешчани или илувасто-глиновити делувијум. Испод кварталних седимената, налази се илувијални хоризонт неогена са вишеструким литолошким карактеристикама, укључујући песковите глине, глине и илувасто-глиновити песак.

Пошто су постојеће геолошке карактеристике дуж слива реке Мораве сличне, геолошки услови за структуре као што су бране, хидроелектране и акумулације на одабраним тачкама дуж речног слива су у основи исти (изузев неколико локалних области).

3.3. Хидроенергетски прорачуни

У складу са Генералним пројектом: Хидроелектране на реци Великој Морави у склопу интегралног уређења расположивих вода реке Велике Мораве, објављеног од стране S.E.E.C у новембру 2010. године, планирани инсталисани капацитет на Великој Морави износи 181.7 MW са просечном годишњом произведеном енергијом од 714.2 GWh. Након овог разматрања низа хидролошких података, разматрано је да су инсталисани капацитет и производња разумни. За планирани хидроенергетски индекс за сваку каскаду на Великој Морави, погледати Табелу 3-1.

Табела 3-1 Резултати прорачуна хидрауличне енергије каскада на реци Великој Морави

Каскаде	Средњи вишегодишњи протицај (m ³ /s)	Нормалан ниво басена m	Водена глава m	Инсталисани капацитет MW	Генерисани капацитет GWh
ST1	234.42	82.4	9.50	38.7	153.3
ST2	226.82	94.5	8.90	36.1	144.4
ST3	216.80	106.6	8.80	35.4	142.0
ST4	212.58	118.7	9.40	37.2	142.4
ST5	205.41	130.70	8.70	34.3	132.1
Укупно				181.7	714.2

3.4 Препоручене каскаде и типична диспозициона шема у фази 1

3.4.1 Предложене каскаде

У новембру 2010. године, Генерални пројекат: Хидроелектране на реци Великој Морави у склопу интегралног коришћења вода реке Велике Мораве објављен је од стране S.E.E.C са свеобухватним техно-економским поређењем развојних шема четири каскаде реке Велике Мораве:

- 1) 7- каскада развојна шема, прелиминарне развојне идеје поменуте у извештају Енергопројекта из 1987.;
- 2) Оптимизирана 7- каскада развојна шема предложена од стране S.E.E.C;
- 3) 6- каскада развојна шема предложена од стране S.E.E.C; и
- 4) 5- каскада развојна шема предложена од стране S.E.E.C.

Ове четири шеме представљају само техно-економско поређење са становишта генерисања хидрауличне енергије без разматрања пловидбе и препоручују S.E.E.C-ову развојну шему са 5- каскада за хидроенергетски развој реке Велике Мораве. Овај извештај је одабрао решење S.E.E.C-а 5-каскада развојну шему за главни фокус за развој на реци Великој Морави. Видети Табелу 3-2 за каскадну развојну шему базирану S.E.E.C- овој 5-каскада развојној шеми.

Табела 3-2 Планирање каскадне шеме за реку Велику Мораву

Бр.	Каскада	Нормални ниво	Структура за	Развојни тип хидроцентрале	Врста агрегата
-----	---------	---------------	--------------	----------------------------	----------------

		басена	пражњење		
1	ST1	82.4	Капија за пражњење	раван каналски речни тип	и цевести агрегат типа bulb
2	ST2	94.5	Капија за пражњење	раван каналски речни тип	и цевести агрегат типа bulb
3	ST3	106.6	Капија за пражњење	раван каналски речни тип	и цевести агрегат типа bulb
4	ST4	118.7	Капија за пражњење	раван каналски речни тип	и цевести агрегат типа bulb
5	ST5	130.7	Капија за пражњење	раван каналски речни тип	и цевести агрегат типа bulb

За главне инжењерске карактеристике развојне шеме са 5 каскада, видети следећу Табелу 3-3.

Табела 3-3 Главне инжењерске карактеристике развојне шеме са 5 каскада

Бр.	Ставка	S1	S2	S3	S4	S5
1	Средњи вишегодишњи протицај, m ³ /s	232.4 2	226.82	216.8 0	212.58	205.41
2	100 годишња велика вода, 95% интервал поверења, m ³ /s Q _{1%}	2,950. 0	3,200.0	3,550. 0	3,660.0 0	3,543. 0
3	1000 годишње велике воде, 95% интервал поверења, m ³ /s Q _{0.1%}	3,887. 0	4,300.0	4,800. 0	4,924.0 0	4,800. 0
4	Кота нормалног успора = Кота максималног успора	82.40	94.50	106.6 0	118.70	130.7
5	Ниво воде за Q _{1%}	81.43	93.92	106.5 0	117.34	130.9
6	Ниво воде за Q _{0.1%}	82.20	94.76	107.3 2	118.24	131.93
7	Кота круне бране	84.40	96.50	108.6 0	120.70	132.7
8	Укупна запремина акумулације, x10 ⁶ m ³	45.00	40.00	20.00	24.00	13.00
9	Дужина акумулације, km	43.00	45.80	28.20	32.20	10.50
10	Површина акумулације, ha	1,388. 0	3,200.0	548.6 0	538.00	349.0
11	Дужина бране у круни	176.0 0	195.10	195.1 0	195.10	195.10
12	Број преливних поља (n-1 критеријум)	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00
13	Тип даме	Бетонска брана				
14	Тип уставе	Радијална				
15	Инсталирани проток постројења, m ³ /s	375.0 0	375.00	375.0 0	375.00	375.00
16	Тип турбине	цевести агрегат типа bulb				
17	Број турбина	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00

18	Бруто пад (Qi), m	10.10	9.60	9.50	10.00	9.20
19	Инсталисани капацитет, MW	30.60	29.30	28.80	30.10	28.90
20	Просечна годишња производња, GWh/y	137.10	128.10	128.00	129.40	122.9

3.4.2 Типична развојна шема каскаде

На основу каскадног планирања, равничарски терен дуж реке Велике Мораве резултира јединственим развојним типом хидроцентрале, који је равничарски и речно каналски тип, са преводницама за пловидбу на каскадама за које је резервисан простор на обали.

Овај извештај само описује диспозицију шеме типичне каскаде ST3. За приказ сваке каскаде и типичне каскаде на реци Великој Морави, погледати Прилог.

(1) Сложена диспозиција

За сложену диспозицију хидроцентрале ST3, видети фигуру у Прилогу.

Хидроцентрала и прелив су позиционирани на левој обали речног корита, са обе стране повезане насипима са обе обале земљаном браном. Оса бране је укупно 1,312 метара дуга, од чега 195 метара чини бетонска деоница бране (деоница за преливање и електрана) а остатак је земљана (насута) брана.

После изградње бране, нормални ниво воде у акумулацији износи 103.40 m; кота круне бране 108.60 m; а максимална висина бране је 14.5 m. Према истраживањима природних грађевинских материјала, повезујућа деоница бране је зид са глиновитим језгром; на прегради је усвојена бетонска дијафрагма до коте 79.0 мнв- контакт алувијалних наслага са глиновитом подлогом.

(2) Прелив и слапиште

Прелив је димензиониран на 10000-годишњу велику воду која износи $Q_{0.01\%} = 4,070 \text{ m}^3/\text{s}$, са котом нормалног успора од 103.40 m контролисаног радијалном уставом. Кота доње воде за поменути проток је висока, па је због тога прелив рачунат као потопљен чиме је знатно смањен коефицијент преливања.

Слапиште би требало да буде димензионисано за 1000-годишњу велику воду са котом дна од 88.0 мнв и дужином од 53.5 m; ширина слапишта је уједначена и једнака је укупној дужини прелива увећаној за ширину стубова између преливних поља.

Прелив је опремљен са 6 радијалних устава димензија 15.3 m (ширина) x 9.0 m (дубина), од којих су две најближе електрани опремљене са клапнама којима ће се вршити фина регулација преливних протицаја а такође и евакуација површинских пливајућих предмета (грања, лишћа), димензија 14.0 m (ширине) x 1.5 m (дубине). Ради ревизије сегментних устава, а да се не обара ниво акумулације, предвиђен је помоћни гредаста затварач за чисти отвор 20.0 m (ширина) x 8.4 m (дубина).

(3) Машинска зграда

Хидроцентрала речно каналског типа је обезбеђена са четири цеста агрегата типа bulb агрегата са протицајем кроз агрегате од $500 \text{ m}^3/\text{s}$. Према генералној диспозицији, електране се налазе на левој страни слапишта димензија 52.0 m (управним у односу на смер протицаја) x 49.0 m (паралелно са смером протицаја). Монтажни простор је уређен са леве стране главне зграде са димензијама 17.0 m (управно у односу на смер протицаја) x 16.0 m (паралелно са смером протицаја) и котом 103.0 мнв. Разводно постројење 110 kV је класичног

типа и смештено је на отвореном простору у продужетку машинске зграде, на коти 103.0 мнв. Управно-командни и сервисни центар су недалеко од машинске зграде.

(4) Насута (земљана) брана

Први део насуте бране до коте 97.0 m се састоји од песковитог шљунка а остали делови од коте 97.0 m до 105.5 m од глиновитог материјала. Између ова два слоја, од основне бране до низводне ножице поставља се тепих од песковитог материјала као прелазна филтерска зона између шљунка и глине, дебљине 0.5 m. Узводно лице бране је заштићено бетонском плочом дебљине 0.12 m и са 0.2 m дебелом пешчаном подлогом; у ножици узводне косине а на коти од 99.0 m (или више) поставља се ножична греда димензија 0.5×0.5 m. Нижи део насуте бране требало би да буде 0.6 m широка бетонска дијафрагма.

Нагиб узводне косине износи 1:3 а низводне косине 1:2.5. Ширина бране у круни је 6.0 m, надморске висине 105.5 m и висине од 14.5 m.

(5) Насипи на речним обалама

Разматрана су два решења у раној фази инвестирања у студији изводљивости: Шема 1: „Ужа траса“, преуредити постојеће насипе дуж речне обале у складу са новом трасом како би се смањила површина за експропријацију.

Шема 2: „Шира траса“, конструисати нове насипе са комбинацијом постојећих.

Детерминисање трасе насипа дуж речне обале требало би да узме у разматрање експропријацију земљишта и трошкове изградње нових насипа. Нови насипи би требало да буду удаљени од речног корита најмање 100 m а постојећи насипи би требало да буду ојачани.

Анализама и компарацијом, шема 1 обухвата површину од 4,969 ha; шема 2 обухвата површину од 6,690 ha. Због тога се препоручују шема 1, која је, реизградња насипа дуж речне обале.

За главни тип насипа на реци Морави, ширина круне износи 4.0 m, нагиб узводне косине 1:3, нагиб низводне косине 1:2, нагиб косине баласта 1:7 и просечна висина насипа 3m. Кота круне насипа одређује се према стварном рељефу, заштићеним зонама и нивоом воде у акумулацији.

(6) Заштита приобаља акумулација

Након пуњења акумулације, подићи ће се ниво подземних вода у приобаљу. Критеријум за успостављање заштитних мера одређује се у односу на растојање између нивоа подземне воде и површине земљишта:

1) за пољопривредно земљиште, 0.6~1.0 m.

2) за градска и сеоска насеља, 2.0 m.

3) за индустријске области, 3.0 m.

Пошто дубина подземне воде зависи од хидро-геолошких услова и нивоа акумулација, заштитне мере за подземне воде би требало да укључе следећа два главна аспекта: један је интензивирање посматрања нивоа подземних вода; други је извођење пумпне дренаже или попуњавањем путем проточних бунара, водозахвата и дренажних канала и пумпних станица.

3.5 Препоручене процене инвестиција за каскаде у Фази 1

Процена инвестиција препоручених за развојну шему приказана је у следећој Табели 3-4.

Табела 3-4: Процена за развој каскадне шеме на Великој Морави

Оцењивање цена: Јули 2010						
Јединица: 10 ³ EUR						
S/N	Ставка	S1	S2	S3	S4	S5
1	Грађевински радови					
1.1	Припремни радови (10%)	1,834.00	1,851.00	1,888.00	1,804.00	1,881.00
1.2	Главни грађевински радови	23,796.00	26,170.00	23,209.00	23,891.00	24,763.00
1.3	Главни грађевински радови са припремним радовима	25,630.00	28,020.00	25,097.00	25,694.00	26,644.00
1.4	Непредвиђени радови (12% од 1.3)	3,076.00	3,362.00	3,012.00	3,083.00	3,197.00
1.5	Главни грађевински радови са припремним радовима и непредвиђеним радовима	28,706.00	31,383.00	28,109.00	28,778.00	29,842.00
1.6	Непрецизирани радови	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00
	Укупни грађевински радови	30,706.00	33,383.00	30,109.00	30,778.00	31,842.00
2	Хидро-механичка и електрична опрема и металне конструкције					
2.1	Хидро-механичка опрема	6,779.00	7,431.00	7,431.00	7,431.00	7,431.00
2.2	Механичка опрема	14,224.00	14,224.00	14,224.00	14,224.00	14,224.00
2.3	Електрична опрема	8,887.00	9,047.00	9,397.00	8,347.00	8,727.00
	Укупне инвестиције у опрему	29,890.00	30,703.00	31,052.00	30,003.00	30,383.00
	УКУПНО (1 + 2)	60,596.00	64,085.00	61,161.00	60,780.00	62,224.00
3	Иницијални инвестициони трошкови					
3.1	Трошкови експропријације	6,440.00	5,470.00	2,563.00	2,225.00	1,370.00
3.2	Други трошкови	4,972.00	5,246.00	4,821.00	4,817.00	4,910.00
	Трошкови студија и истраживања (3% од 1)	921.00	1,001.00	903.00	923.00	955.00
	Трошкови пројекта ((3% од 1) + (1.5% од 2))	1,370.00	1,462.00	1,369.00	1,373.00	1,411.00
	Трошкови надзора и трошкови запослених	2,681.00	2,782.00	2,549.00	2,520.00	2,544.00

	(4% од (1+2 + 3.1))						
	УКУПНЕ ИНИЦИЈАЛНЕ ИНВЕСТИЦИЈЕ	11,412.0 0	10,716.0 0	7,384.0 0	7,042.0 0	6,280.0 0	
	УКУПНО (1 + 2 + 3)	72,008.0 0	74,801.0 0	68,545. 00	67,822. 00	68,504. 00	

3.6 Економска анализа на препорученим каскадама у фази 1

Према новом feed-in тарифном механизму стимулисаном од стране Владе Србије у фебруару 2013, инсталирани капацитет 5 планираних каскада на Великој Морави би износио више од 30 MW са feed-in тарифом од 7.38 Eurocent/kWh, ефикасна количина електричне енергије од 95% годишњег генерисаног капацитета, стопа потрошње енергије од 0.5% и губитака током преноса електричне енергије и трансформације од 1%. Годишњи оперативни трошкови би требало да буду процењени као 2% од укупних инжењерских инвестиција а прорачунати временски интервал би износио 34 године, укључујући период изградње од 4 године и операционе трошкове за период од 30 година. На основу прорачуна, економски индикатори за сваку планирану каскаду су приказани у 3-5.

Табела 3-5 Резултати економске анализе развојних шема каскада на реци Великој Морави

Каскада	Инсталиран и капацитет MW	Производни капацитет GWh	Укупне инвестиције (10 ³ EUR)	Инвестиције по kW (EUR/kW)	Инвестиције по kWh (EUR/kWh)	Операциони трошкови (10 ³ EUR)	Корист и од производње енергије (10 ³ EUR)	IRR
ST1	38.7	153.3	72,008	1,860.7	0.47	1,440.2	10,587.2	10.3 %
ST2	36.1	144.4	74,801	2,072.0	0.52	1,496.0	9,972.5	9.2%
ST3	35.4	142.0	68,545	1,936.3	0.48	1,370.9	9,806.8	10.0 %
ST4	37.2	142.4	67,822	1,823.2	0.48	1,356.4	9,834.4	10.2 %
ST5	34.3	132.1	68,504	1,997.2	0.52	1,370.1	9,123.1	9.2%
Укупно	181.7	714.2	351,680	1,935.5	0.49	7,033.6	49,324.0	9.7%

4. Накнадни планирани радови и уређење

1) Након завршетка планираних каскада хидроелектрана развијених у фази 1, хидроелектране ће имати инсталирани капацитет увећан до 181.7MW, и производни капацитет уздигнут до 714.2 GWh, даља оптимизација српске енергетске структуре, смањење емисије загађивача и достизање економичнијег и разумнијег основног оперативног оптерећења са термоелектранама у систему. Дата тарифа за коришћење обновљивих извора енергије износи 7.38 евра/(kW·h), годишња добит од производње енергије би била 49.324 милиона

евра, указујући на одређени развој вредности.

2) Техничка размена би била предвођена релевантним секторима Владе Србије у циљу детерминисања могућности техничког развоја планираног пројекта каскада за хидроелектране у Фази 1.

3) Пуна комуникација за релевантним секторима Владе Србије ће се водити ради дискусије о режиму развоја планираних каскада за хидроелектране у току развојне Фазе 1 и потписати развојни споразум што је пре могуће.

4) Студија изводљивости и одговарајући радови на планираном пројекту каскада за хидроелектране у Фази 1 ће бити организовани тако да се изведу што је пре могуће.