

Ангел Захариев<sup>1</sup>, Николай Лисев<sup>2</sup>, Мартина Печинова<sup>3</sup>  
 Университет по архитектура, строителство и геодезия, София

## ОЦЕНКА НА ХИДРОЕНЕРГИЙНИЯТ ПОТЕНЦИАЛ НА СЪЩЕСТВУВАЩИ СЪОРЪЖЕНИЯ В СРЕДНОТО И ДОЛНО ТЕЧЕНИЕ НА Р. МАРИЦА

### HYDROPOWER POTENTIAL ASSESSMENT OF THE EXISTING FACILITIES IN THE MIDDLE AND LOWER REACHES OF THE RIVER MARITSA

Angel Zahariev, Nikolai Lisev, Martina Pechinova  
 University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Sofia

**Summary:** Currently, a significant part of the hydropower potential in the middle and lower reaches of the Maritsa River and its tributaries is not used because of the assumptions about the preservation of ecosystems in highly anthropogenic impacted river sections. Topographical conditions in the lower reaches of the river does not suitable for the construction of facilities for regulating of the water volumes, but there are options for reconstruction of low-pressure hydraulic structures using their energy potential. The research have been associated with a new estimate of flow of the Maritsa River and the possibilities for its utilization in targeted locations. Carried out economic and financial evaluation of the possible uses for the sites of existing facilities have been made also.

#### ЦЕЛ НА РАЗРАБОТКАТА

Топографските условия в долното течение на р. Марица не са подходящи за изграждане на съоръжения с възможности за регулиране на протичащите води, но съществуват възможности за преустройство на голям брой нисконапорни съоръжения за оплотворяване на вече създаденият хидроенергиен потенциал (ХЕП).

От друга страна с приемането на ПУРБ на р. Марица през 2010 г.[1] и обособяването на защитените зони по Натура 2000 до голяма степен допълнително ограничава възможностите за изграждане на ВЕЦ и МВЕЦ в подходящите участъци по чисто екологични причини. Макар и необосновани научно, тези забрани са нормативно обвързани и залегнали като дългосрочна стратегия за подобряване на качество-

то на водите и речните екосистеми.

Основната цел на настоящата разработка е изследването на хидроенергийния потенциал и екологичното му използване при съществуващи съоръжения в средното и долното течение на река Марица и притоците ѝ. Това включва изясняването и определянето на основните орохидрографски, климатични и хидроложки параметри, чрез които да се определят средния отток, разпределението му по месеци и минималния отток за оводняване.

Събрани са данни за съществуващите съоръжения в средното и долно течение на р. Марица (табл. 1), при които е възможна реконструкция и изграждане на енергопроизводствени мощности, като за целите на изследването е извършено и техническо заснемане на съществуващите.

<sup>1</sup> гл.ас. д-р инж. Ангел Захариев, УАСГ, Хидротехнически факултет, кат. „Хидротехника”, София, бул. „Христо Смирненски” ?1, e-mail: hydrostruct@abv.bg

<sup>2</sup> доц. д-р инж. Николай Лисев, УАСГ, Хидротехнически факултет, кат. „Хидравлика и Хидрология”, София, бул. „Христо Смирненски” ?1, e-mail: lisev\_fhe@uacg.bg

<sup>3</sup> доц. д-р инж. Мартина Печинова, УАСГ, Хидротехнически факултет, кат. „Хидравлика и Хидрология”, София, бул. „Христо Смирненски” ?1, e-mail: martinapechinova@abv.bg

Таблица 1 – Пунктове по р. Марица и притоците и за оползотворяване на ХЕП на съществуващи съоръжения

№ на пункт	Река	Пункт	Тип съоръжение	Водосборна площ	Координати	
					km <sup>2</sup>	СШ
1	р.Марица	гр. Садово	кам.-нас. праг	11302	N 42° 09' 37.2"	E 024° 56' 46.2"
2	р.Марица	гр. Поповица	кам.-нас. праг	11344	N 42° 08' 36.4"	E 025° 02' 06.9"
3	р.Марица	гр. Първомай	бетонен праг	12728	N 42° 07' 54.6"	E 025° 14' 38.6"
4	р.Марица	с. Скобелево	кам.-нас. праг	13557	N 42° 06' 48.4"	E 025° 21' 09.9"
5	р.Марица	с. Крум	кам.-нас. праг	13860	N 42° 04' 26.4"	E 025° 29' 44.6"
6	р.Марица	гр. Дим-град – 2	бетонен праг	14472	N 42° 03' 51.6"	E 025° 34' 06.2"
7	р.Марица	гр. Дим-град – 1	кам.-нас. праг	14513	N 42° 03' 29.1"	E 025° 36' 57.3"
8	р.Марица	с. Брод – 1	бетонен праг	14550	N 42° 02' 15.3"	E 025° 41' 08.8"
9	р.Марица	гр. Харманли	бетонен праг	19693	N 41° 55' 20.4"	E 025° 56' 07.8"
10	р.Марица	м/у гр. Харманли гр. Любимец	кам.-нас. праг	19718	N 41° 53' 49.8"	E 025° 58' 59.8"
11	р.Марица	гр. Свиленград	бетонен праг	20857	N 41° 45' 31.1"	E 026° 11' 37.6"
12	р. Харманл.	гр. Харманли	бетонен праг	948	N 41° 55' 27.2"	E 025° 53' 15.9"

#### ХИДРОЛОЖКА ИЗУЧЕНОСТ НА ПОРЕЧИЕТО

В басейна на река Марица е изградена достатъчно гъста мрежа от хидрометрични станции за измерване на хидроложките величини. Към настоящия момент, Националният институт по метеорология и хидрология – филиал Пловдив поддържа 45 хидрометрични станции - 10 - на главната река и 35 - на притоците, като 21 от тях са автоматични (7 - по главното течение на Марица - при Радуил, Белово, Пазарджик, Пловдив, Първомай, Харманли и Свиленград). В настоящото изследване са използвани данни от наблюдението на оттока в 8 ХМС – 4 разположени по главното течение на р. Марица и 4 – по притоците ѝ. В Табл. 2 са показани основните орохидрографски параметри на реката към използваните ХМС.

Данните за среднодневните и средномесечни водни количества в разглежданите ХМС са взети от [2], [3], данни от предишни разработки на колектива и актуални данни за водните количества от НИМХ-БАН (1984-2012).

Преди да бъдат определени характеристиките на годишния отток в разглежданите станции е направен анализ на наличните нарушители на оттока и тяхното влияние върху отточния режим на реката в средното и долното ѝ течение.

Окончателно, като представителен е приет периода 1976-2012 година, който отразява най-добре режима на оттока в средното и долното течение на река Марица и притоците ѝ (Табл. 3).

Като изходни данни за анализиране на годишния отток в избраните 8 ХМС (Табл. 2) са използвани редиците от средногодишни водни количества за период на наблюдение 1976-2012 г.

Данните са приведени към еднороден период на наблюдение (1976-2012 г.). За всички ХМС са налице данни за еднородния период 1976-2012, с изключение на ХМС 73370/344А - р. Банска при с. Добрич, за която има наблюдения от 1991 до 2012. За да бъдат приведени данните за ХМС 73370/344А - р. Банска при с.Добрич към период на наблюдение 1976-2012 г., липсващите данни за 1976-1990 г. са възстановени с помощта на регресионен анализ, като за аналог е използвана ХМС 73750/307 – р.Харманлийска, гр.Харманли.

Изясняването на режима и характеристиките на минималния отток към съществуващите прагове е направено аналогично на годишния отток.

Като изходни данни са използвани редиците от минимални средномесечни водни количества за период на наблюдение 1976-2012 г. за станциите-анализи 72700, 72850, 73750, 73850 и 73550.

Таблица 2 – ХМС използвани за хидроложки изчисления

№ ХМС	Дълж. на реката от извора Lp km	Среден наклон на реката Ip ‰	Площ на водосб. Област A km <sup>2</sup>	Средна надм. височина на водосб. област Hcp m	Среден наклон на водосб. област I -	Гъстота на речната система km/ km <sup>2</sup>	Период на набл
72700/301	132.3	16.7	7926	915	0.178	0.86	1936-2012
72850/304	183.6	12.3	12728	808	0.166	0.82	1946-2012
73750/307	269.4	8.7	19693	603	0.131	0.75	1948-2012
73850/309	303.4	7.7	20857	582	0.125	0.74	1948-2012
72460/324	55.33	20.6	824.9	1241	0.349	1.36	1950-2012
73550/308	88.1	4.9	952	276	0.096	0.56	1947-2012
73480/342	126.4		3040	253			1955-2012
73370/344A			318	324			1991-2012

Таблица 3 – Характеристики на оттока в пунктове на съществуващи съоръжения

№ на пункт	A km <sup>2</sup>	qav m <sup>3</sup> /skm <sup>2</sup>	Qav m <sup>3</sup> /s	Q50% m <sup>3</sup> /s	Wav m <sup>3</sup> x10 <sup>6</sup>	W50% m <sup>3</sup> x10 <sup>6</sup>	10% Qav m <sup>3</sup> /s	Qmin95% m <sup>3</sup> /s
1	11302	0.0044	50.12	47.44	1580.7	1496.2	5.01	8.39
2	11344	0.0044	50.22	54.55	1583.7	1720.4	5.02	6.51
3	12728	0.0048	61.09	57.78	1926.6	1822.3	6.11	6.90
4	13557	0.0047	63.05	59.64	1988.3	1880.7	6.30	7.12
5	13860	0.0046	63.75	60.30	2010.4	1901.6	6.38	7.20
6	14472	0.0045	65.14	61.62	2054.3	1943.1	6.51	7.36
7	14513	0.0045	65.23	61.70	2057.2	1945.9	6.52	7.37
8	14550	0.0045	65.32	61.78	2059.9	1948.4	6.53	7.38
9	19693	0.0046	90.81	84.51	2863.7	2665.0	9.08	12.62
10	19718	0.0046	90.86	84.56	2865.5	2666.7	9.09	12.63
11	20857	0.0048	100.30	95.33	3163.1	3006.2	10.03	15.62
12	948	0.0041	3.87	3.60	122.1	113.6	0.39	0.68

Съгласно [4] относно определяне размера на минимално допустимия отток в реките за съхранение на речните екосистеми, се изисква екологичното водно количество да бъде 10 % от нормата на оттока и не по-малко от минималното средномесечно водно количество с обезпеченост 95 %.

За целите на водостопанските изследвания са изчислени трайностните криви за средна по водност година по избраните години-модел за станциите аналози и на тяхна база са разработени трайностните криви за средна по водност година към съществуващите съоръжения.

#### ТЕХНИКО-ИКОНОМИЧЕСКА ОЦЕНКА НА ВЪЗМОЖНОСТТА ЗА ИЗПОЛЗВАНЕ НА ХИДРОЕНЕРГИЙНИЯТ ПОТЕНЦИАЛ НА СЪЩЕСТВУВАЩИТЕ СЪОРЪЖЕНИЯ.

За определяне на икономически изгодния ХЕП е използвана методоло-

гията на ДКЕВР [5] за определяне цените на електрическата енергия, произведена от възобновяеми източници. Основните фактори, използвани за определяне на нивото на цените на електрическата енергия, произведена от ВЕИ са размерът на инвестиционните разходи, включително разходите за присъединяване към съответната преносна или разпределителни мрежи, нивото на експлоатационните разходи, капиталовите разходи (Табл. 4), в т.ч. разходите за амортизация, определени на основата на среден полезен технико-икономически живот на активите и възвръщаемостта, изчислена на базата на определената целева норма на възвръщаемост и осреднените инвестиционни разходи, необходими за производство на електрическа енергия и средна годишна производителност на централите. Преференциалните цени отразяват вида на възобновяемия източник, видовете технологии, инсталираната мощ-

ност на обекта, мястото и начинът на монтиране на съоръженията. Като допълнителен помощен инструмент е

използван програмен продукт RET Screen Clean Energy Project Analysis Software разработен за МВЕЦ [6].

Таблица 4 – Икономически характеристики на МВЕЦ в характерните пунктове

№ на пункт	Мощност, N, kW	Инвестиция BGN.	Произв. енергия kWh/ year	Експл. разх, BGN/year
1	3840	22,831,104	18,307,000	361,634
2	3780	22,474,368	17,132,000	338,424
3	3450	20,512,320	15,598,000	308,121
4	2450	14,566,720	12,454,000	246,015
5	3050	18,134,080	15,058,000	297,454
6	3050	18,134,080	15,864,000	313,376
7	2130	12,664,128	10,884,000	215,001
8	1900	11,296,640	9,611,000	189,855
9	2330	13,853,248	11,982,000	236,691
10	2540	15,101,824	11,192,000	221,085
11	2210	13,139,776	10,329,000	204,038
12	108	642,125	320,000	6,452

За извършване на финансово-икономически анализ и оценка на икономически изгодният ХЕП в разработката са използвани следните динамични и статични методи:

#### Нетна сегашна стойност NPV (Net Present Value).

В съвременния инвестиционен анализ се приема, че методът на нетната настояща стойност е с най-голямо практическо приложение. Той е водещ показател за оценка на ефективността на инвестиционни проекти (1), тъй като той в най-голяма степен показва в каква степен се е повишило благосъстоянието на инвеститорите.

$$NPV = -C_0 + \frac{C_1}{(1+r)^1} + \frac{C_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{C_n}{(1+r)^n} \quad (1)$$

Където:

$C_0$  - Първоначална инвестиция [BGN];

$C_{1-n}$  - Парични потоци [BGN];

$r$  - дисконтов фактор [%].

#### Вътрешна норма на възвращаемост IRR (Internal Rate of Return)

Вторият основен показател (2) е за оценка на финансовата ефективност на инвестиционните проекти. Методът представлява онази норма на дисконтиране, която изравнява сумата на дисконтираните положителни парични

потоци със сумата на отрицателните (разходни) парични потоци, породени от проекта.

$$IRR = r_1 + (r_2 - r_1) * \frac{NPV_{r_1}}{NPV_{r_1} - NPV_{r_2}} \quad (2)$$

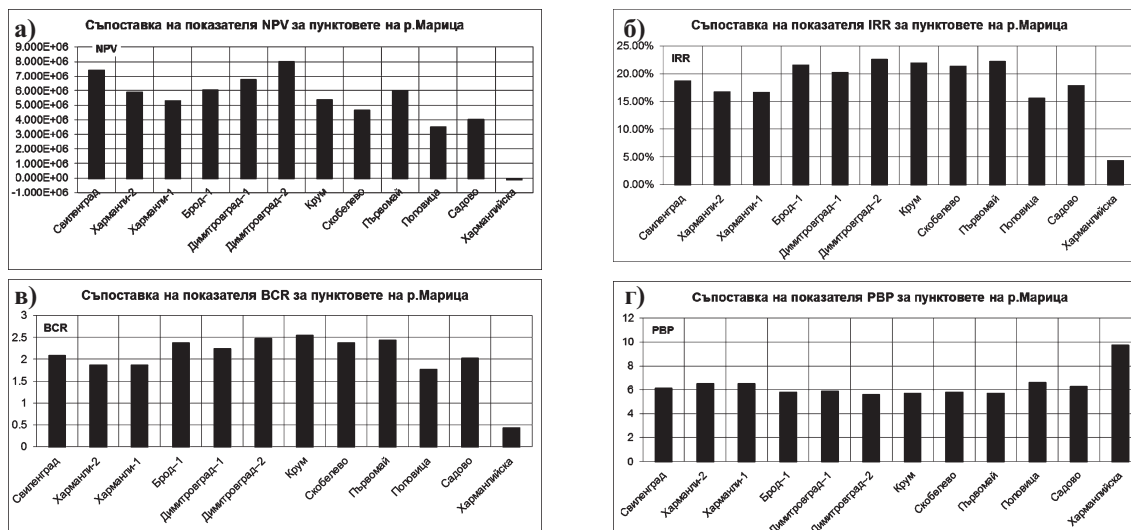
#### Коефициент „Приход-Разход“ BCR (Benefit-Cost Ratio).

Целта на анализа “приходи-разходи” е да се изчисли т.нар коефициент “приходи-разходи” или индексът на рентабилността BCR (3). Той показва каква стойност (доход) се получава от всеки лев първоначални инвестиции като се съблюдава времевата стойност на парите. Формулата, по която се намира индексът на рентабилността е следната:

$$BCR = \frac{\frac{C_1}{(1+r)} + \frac{C_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{C_n}{(1+r)^n}}{C_0} \quad (3)$$

#### Срок на откупуване – PBP (pay back period)

Този метод е един от най-популярните и широко използвани методи за оценка и избор на инвестиционни варианти. Чрез метода срок на откупуване се определя продължителността от време (4), необходимо, за да се възстановят първоначалните инвестиции за сметка на финансовите резултати от инвестицията.



Фиг. 1. Графично съпоставяне на финансовите показатели на инвестициите в разглежданите пунктове - а)NPV, б)IRR, в)BCR, г)PBP.

$$PBP = \frac{C_0}{NI} \quad (4)$$

Където:  
NI -средногодишен нетен паричен доход

Таблица 5 – Финансово-икономически показатели за инвестиции за оползотворяване на ХЕП на съществуващи съоръжения

Пункт	Себестойност BGN/kWh	GHG-емисии, tco2	Финансово-икономически показатели			
			NPV, BGN	IRR, %	BCR	PBP, year
1	0.0526	8152	7 407 809	18.70	2.08	6.1
2	0.0594	7692	5 871 013	16.70	1.87	6.5
3	0.0597	6946	5 314 625	16.60	1.86	6.5
4	0.0436	5546	6 041 431	21.60	2.38	5.8
5	0.0477	6705	6 753 530	20.20	2.24	5.9
6	0.0415	7064	8 001 452	22.60	2.47	5.6
7	0.0427	4847	5 372 154	21.90	2.54	5.7
8	0.0436	4280	4 662 861	21.40	2.38	5.8
9	0.0421	5336	5 979 162	22.20	2.44	5.7
10	0.0627	4984	3 502 326	15.60	1.77	6.6
11	0.0542	4600	4 027 121	17.90	2.02	6.3
12	0.1364	142	-109 307	4.30	0.43	9.7

### Себестойност на kWh (Energy Production Cost)

Допълнително е изведен и показателят Себестойност на kWh (Energy Production Cost), който е статичен показател и при сравнение с базовата цена за електроенергия, определена от ДКЕВР за съответния вид ВЕЦ, дава отговор на въпроса ефективна ли е

инвестицията или не.

Направена е оценка и сравнение на ефекта от изграждането на ВЕЦ върху емисиите на парникови газове. Въздействието е изследвано чрез показателя GHG (Greenhouse Gas emission reduction). Емисиите на парникови газове намаляват при всеки един от проектите.

## ИЗВОДИ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнителният анализ (Фиг. 1) на резултатите от финансово-икономическия анализ за пунктовете на р. Марица показва, че изграждането на ВЕЦ във всеки един от пунктовете е изгодна инвестиция с изключение на Пункт 12 (Харманлийска) (табл. 5).

Влошените финансови показатели на инвестицията в Пункт 12 се дължат най-вече на ниската производителност, респективно приходи, които не могат да покриват експлоатационните разходи и да осигурят положителен паричен поток и възвръщане на инвестицията.

На първо място по ефективност е Пункт 6 (Димитровград-2) с най-висока Нетна настояща стойност (NPV), най-висока Вътрешна норма на възвръщаемост (IRR) и най-кратък срок на откупуване (PBP).

За разглежданите пуктове получената приблизителна сумарна мощност възлиза на 31,0 MW, а произведената от тях енергия съответно на 158,73 xE+6 kWh/year за средна година.

Настоящото изследване показва еднозначно, че при сегашните икономически условия оползотворяването на ХЕП на съществуващите съоръжения в средното и долно течение на р. Марица е атрактивно от гледна точка на финансово-икономическите критерии.

Може да се твърди, че при подходящи технически решения за реализация на инвестиционните намерения биха се решили комплексни проблеми по реката свързани с:

1. Повишаване на сигурността на съществуващите съоръжения посредством, тяхното укрепване и привеждане на основните им конструкции към настоящото законодателство и нормативна база.

2. Изграждане на нови подходящи и съобразени с конкретните условия на реката, рибни проходи, които значително ще подобрят връзките между ГВН и ДВН и ще осигурят непрекъснатост на речният континиум.

3. Възстановяване на съществуващите съоръжения и тяхната функция за отбиване на води към напоителните ПС. Предвид очакваното възстановяване на напояването свързано с Европейски програми за новият програмен период 2015-2020 г., проблемът с безрисковото и обезпечено водоподаване е ключов за повишаване на добивите на земеделска продукция.

4. Наличният пад в следствие на тези реконструкции ще се използва за производство на зелена и екологично чиста електроенергия за изпълнение на поетите ангажименти за дял на консумирана възобновяема електроенергия.

5. Трайно възстановяване на влажните зони прилежащи към съответните водопреградни съоръжения.

6. Възможност за собствениците на съоръженията за реализация на допълнителни приходи.

Резултатите от изследването са представени на БД- ИБР гр. Пловдив с цел допълване на базата данни за р. Марица.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ПУРБ 2010-2015, р. Марица, [http://www.bd-ibr.org/details.php?p\\_id=308&id=328](http://www.bd-ibr.org/details.php?p_id=308&id=328)
2. „Хидрологичен справочник на реките в НР България“ (1936-1975), НИМХ-БАН
3. Поредица „Хидрологичен годишник“ (1976-1983) НИМХ-БАН
4. Заповед № РД-1383/18.11.2003 г. на МОСВ
5. ДКЕВР - Решение № Ц-19 от 28.06.2013 г.
6. <http://www.retscreen.net/>