

Владислав Влаховић

**ХИДРОГЕОЛОШКЕ МОГУЋНОСТИ ВОДОСНАБДИЈЕВАЊА
ЦРНОГОРСКОГ ПРИМОРЈА И ЦЕТИЊА ПОДИЗАЊЕМ
ЕЛЕКТРАНА НА ПРИМОРЈУ**

HYDROGEOLOGICAL POSSIBILITIES OF SUPPLYING THE
MONTENEGRIN SEASIDE AND CETINJE WITH WATER WITH
BUILDING POWER STATIONS ON THE SEASIDE

Извод

Рад говори о могућности коришћења подземних вода планине Ловћена за производњу електричне енергије и за снабдијевање Црногорског приморја и Цетиња водом до иза 2000. године.

Synopsis

The work discusses the possibility of using underground waters of Lovćen mountain for production of electric energy and for supplying the Montenegrin seaside and Cetinje with water until after 2000.

УВОД

Црногорско приморје располаже великом количином подземне воде која се дренира преко крашких или подморских врела. С обзиром на оскудицу воде за пиће и богатство подземне воде у овом крају појавила се и мисао како она да се избаци на површини, укроти и учини доступном ради производње електричне енергије, снабдијевања водом за пиће и, евентуално, у друге сврхе.

Да бисмо ову идеју могли што правилније схватити, потребно се претходно упознати са геоморфологијом, геологијом, красом и хидрогеологијом одабраног терена.

Из ове материје сагледаћемо који су природни услови најповољнији да се ова замисао реализује и буде веома корисна нашој социјалистичкој привреди, а, уз то, да буде и техноекономски повољна. Са тим ћемо се на крају упознати.

Терен сливног подручја которских врела одабрали смо за овај рад зато што је веома атрактиван и чини га привлачним за ентузијасте различитих специјалности. Сама његова импозантност и разноликост проблема чине га занимљивим за изучавање и налажење повољног рјешења којима је намијењен овај рад.

ГЕОМОРФОЛОГИЈА

Геоморфологија терена сливног подручја которских врела веома је изражена. Она се испољава у веома стрним падинским странама које се скоро окомито дижу изнад ових врела и града Котора настављајући се у планинске гребене и брда, да би најзад прешла у зараван Његушког поља. Највећи дио слива которских врела чини планински простор.

Доминантни дио овог терена изграђен је од карбонатних стијена са оскудном вегетацијом и каменим литицама. Јако стрме а камените стране са дубоким вртачама и јамама честа су појава, па је овај терен суров и тешко проходан.

Једина је већа зараван у овом терену Његушко поље. Види сл. 1. Оно је толико малено да му површина износи негде око 1,5 km². С обзиром на околност што овај терен нема великих заравни и рјечних долина, него је геоморфолошки рељеф, изражен у тим каменитим странама, го и безводан, то га чини још неприступачнијим за детаљније упознавање од оних који га желе проучавати.

Његов рељеф почиње од 0,0 m, тј. од морске обале, да би на Његушком пољу достигао 840 m, са околним брдима која га окружују, а крећу се између 950 и 1 749 m над морем, са удаљењошћу око 6,5 km, идући од морске обале према истоку.

Његушко поље, иако према површини релативно мало, представља најимпозантнију депресију у рељефу овог терена, према коме је усмјерено и сливање воде. Његова сливна геоморфолошка површина износи око 14 km².

Она је смјештена у планинској површи па чини значајно удубљење у рељефу које изазива помисао да се оно може користити и у неке техничке сврхе ради човјекове користи.



Сл. 1. Ситуација планине Ловћена
 Fig. 1. Layout of the Lovćen mountain

ГЕОЛОГИЈА

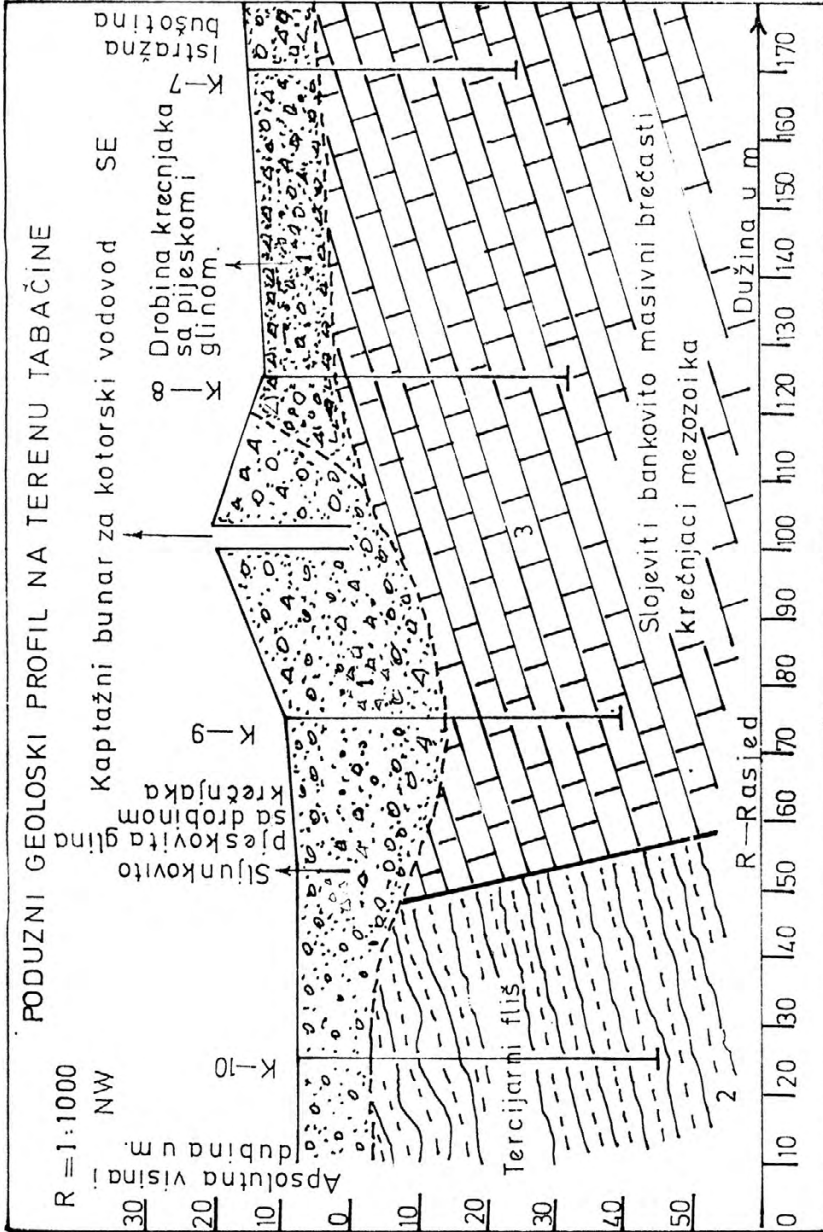
Терен сливног подручја которских врела по З. Беш и Ћу (1975, стр. 197) изграђен је од творевина мезозоица, терцијара и квартара.

Мезозојске творевине заступљене су кречњацима, доломитима, лапоровитим кречњацима и лапорцима. То су чврсте и камените стијене. Добро су услојене. Претежно су то стијене слојевито-банковите до масивне. У њима преовлађују кречњаци. Стога они не изазивају разноликост стијенских маса. То су стијене које припадају тријаској, јурској и кредној старости. Углавном изграђују терен слива которских врела.

Терцијарни седименти су испољени дуж морске обале идући од Шкаљара према Доброти и Љутој. Покривени су квартарним наносом. Мјестимично провирују на површини. Они су заступљени шкриљцима, лапорцима, пјешчарима, конгломератима, кречњачким бречама и кречњацима. Добро су услојени. Пад им је оријентисан према сјевероистоку и подилази под кречњаке мезозоица. То су стијене терцијарног флиша у којима доминирају шкриљци. Ове стијене захватају један мали простор, узану а дугачку зону поред саме обале. Испољене су на површини у Шкаљарима и Доброти. Утврђене су и геостражном бушотином К-10. Она се налази сјеверозападно од каптажног бунара за которски водовод. Од њега је удаљена једно 100 m. Бушотина је показала да се до 11 m налазе пјесковите глине са дробиним кречњака, а од 11 до 45 m глиновити лапорци. До те је дубине и избушено.

Квартарне творевине простиру се дуж морске обале града Котора, покривају Његушко поље и чине његову раван. На простору Шкурде и Котора седименти су заступљени брдском осулином и рјечним наносом повезаним са глиненим честицама. У ту шљунковито-пјесковито-глиновиту масу уваљани су и већи комади кречњака. Квартарни нанос је према Е л е к т р о п р о ј е к т у Загреб (1970) испитиван геостражним бушотинама. У сврху тих истраживања до маја 1979. направљено је 10 бушотина. На простору врела Шкурде у локалности Табачине начињене су четири бушотине и то у непосредној близини каптажног бунара у правцу сјеверозапад-југоисток. Види сл. 2. Дуж источне стране старог града Котора има шест бушотина и то у непосредној близини границе кречњака и наноса.

Овим испитивањима утврдило се да дубина квартарног наноса није велика (од 5 до 10 m). Највећа дубина показала се у Табачини, утврђена бушотином К-9. Види сл. 2. Она на том мјесту достиже 24 m. Овај нанос лежи близу обале на терцијарном флишу, а даље од обале и на кречњаку (сл. 2).



Сл. 2. Подужни геолошки профил на терену Табаћине
 1 — шљунковитоглијесковита глина са дробиним кречњака; 2 — терцијарни флиш; 3 — слојевито банковито масивни бречастни кречњаци мезозоика

Fig. 2. Longitudinal geological section through Tabačina region
 1 — gravelly and sandy clay with limestone scree; 2 — tertiary flysh; 3 — layered and massive breccia-like mesozoic limestones

Квартарни седименти су доста распрострањени у Његушком пољу и околини. Они су заступљени доломитно-кречњачким пијеском и шљунком, већим и мањим блоковима кречњака и доломита уваљани у тој шљунковито-пјесковитој маси. Стари крашки рељеф Његушког поља који је био оформљен прије квартарног наноса заравњен је њим и он данас није изражен. Овај нанос су нанијели глечер и његови потоци у ледено доба (плеистоцен), који су се спуштали ловћенском увалом између Штировника и Језерског врха идући према Вучјем долу, Крсцу и Његушком пољу. То је, у ствари, флувио-гласијални нанос којим је формирана раван Његушког поља.

ТЕКТЕНИКА

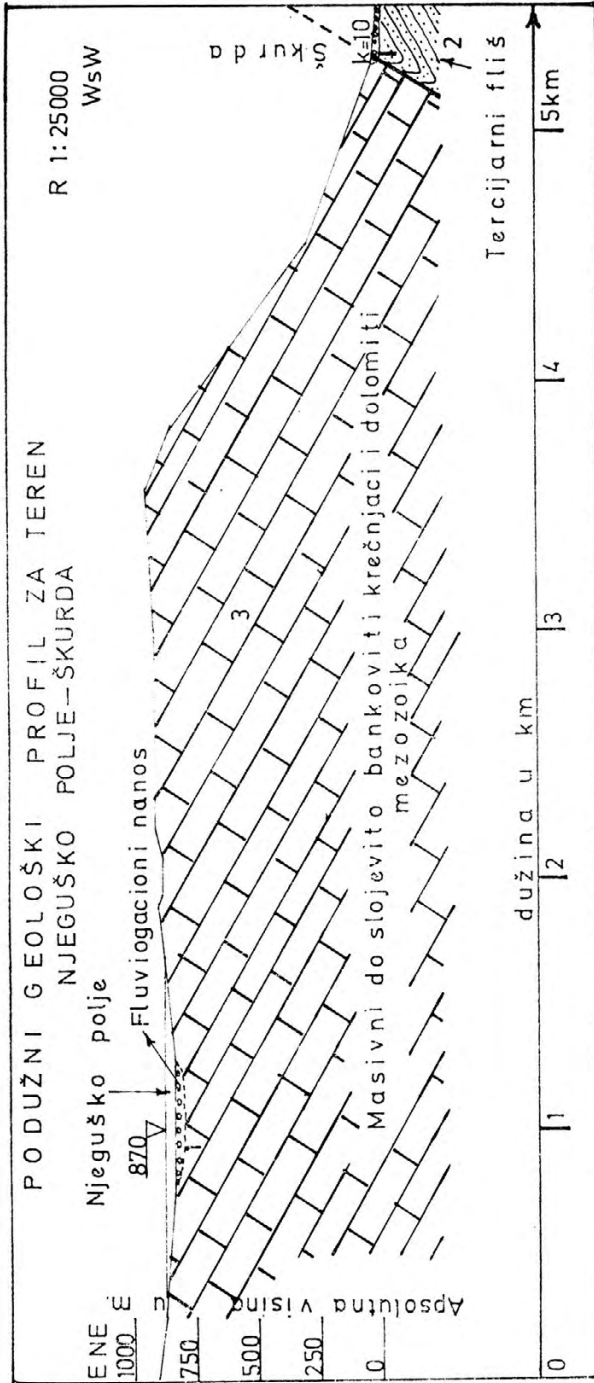
У геотектонском погледу овај терен чини дио антиклинале Старе Црне Горе. У њему слојеви претежно имају динарски правац пружања, тј. сјеверозапад-југоисток. Има и локалних одступања од овог смјера, али рјеђе. У приморском дијелу слојеви мезозојских стијена падају према мору, односно према сјеверозападу. Слојеви терцијарног флиша, иако млађи, падају супротно од ових и подвлаче се под карбонантне стијене мезозоика. Заправо, они падају доста стрмо и то претежно у правцу сјевероистока (сл. 3). Мезозојске стијене су краљушасто навучене преко терцијарног флиша (сл. 3.)

Та дислокациона линија навлачења исјечена је бројним расједима, тако да је тим расједима она знатно деформисана, али је у овој локалности највећим дијелом релативно високо издигнута на падинским странама изнад морске обале.

Овај терен обилује расједима. Дуж неких је дошло до спуштања терена. Овдје су нарочито занимљиви шкурдански и гурдићки расјед. Први иде дуж корита Шкурде, приближно правцем запад—исток. Други расјед иде правцем врело Гурдић — вртача Шпиљари. Дуж ових расједа извршено је спуштање терена, па су на овом узаном простору Шкурда — Гурдић, дошли под морем слојеви терцијарног флиша и дијелови чела краљушти. Уз то, они су затрпани квартарним наносом. Ови расједи праћени су мањим секундарним расједима.

КРАС

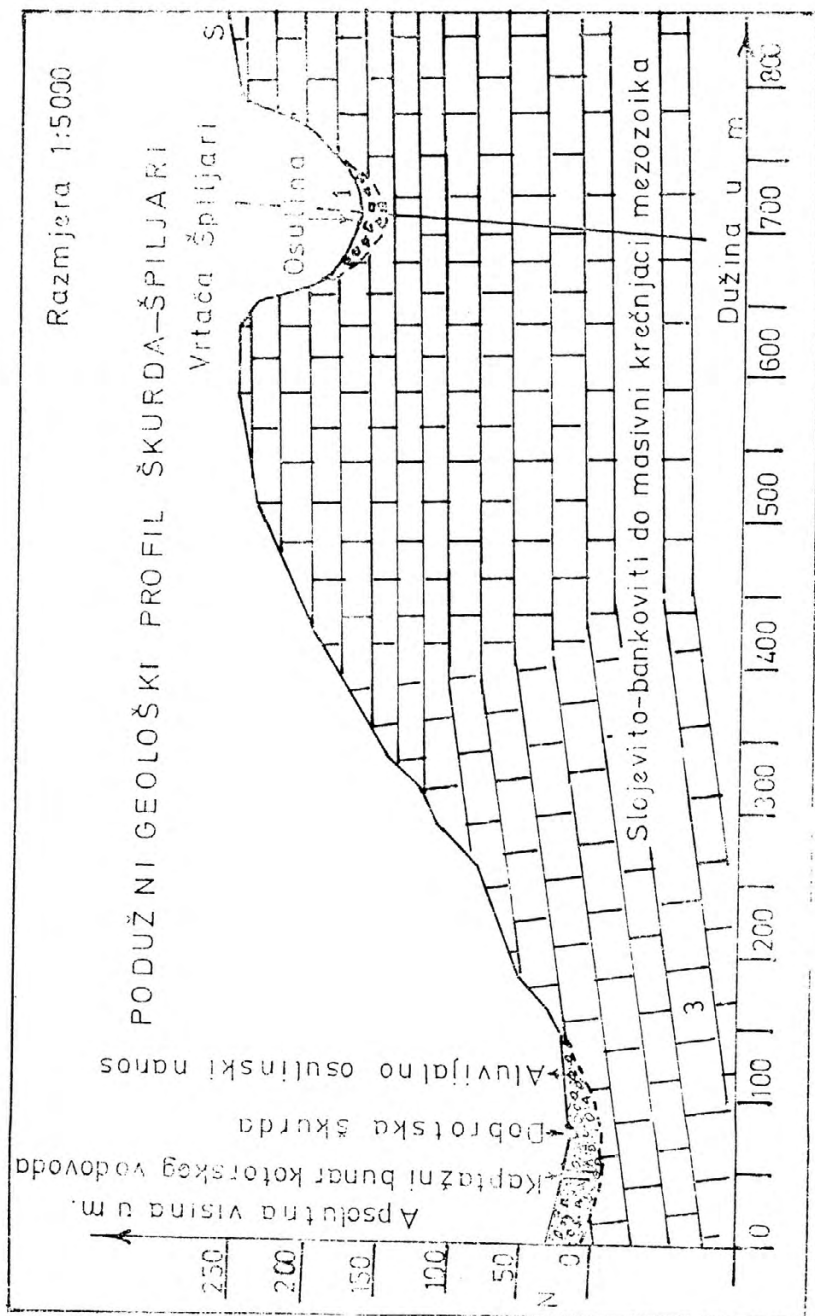
Околност што је терен сливног подручја которских врела исјечен бројним расједима, прслинама и пукотинама, представља је добру предиспозицију да крашка ерозија оформи своје облике.



Сл. 3. Подужни геолошки профил за терен Његушко поље — Шкурда

1 — флувиоглацијални нанос; 2 — терцијарни флиш; 3 — масивни до слојевито банковити кречњаци и доломити мезозоика

Fig. 3. Longitudinal geological profile through Njeguško plain — Škurda area
 1 — fluvio-glacial sediments; 2 — tertiary flysh; 3 — massive to layered limestones of mesozoic age



Сл. 4. Подужни геолошки профил Шкурда — Шпилјари

1 — осулина; 2 — алувијално осулински нанос; 3 — слојевито банковито до масивни кречњаџи мезозоика

Fig. 4. Longitudinal geological profile Škurda — Špiljari

1 — slode scree; 2 — alluvial and slopewash sediments; 3 — layered to massive limestones of mesozoic age

На овом терену срећемо разноврсне крашке облике. Они су веома добро испољени на терену у виду шкрапа, богаза, вртача, јама, пећина до крашких увала и крашких поља.

Неки крашки облици у својој еволуционој фази толико су далеко одмакли да представљају крашке феномене. Тако крашка вртача Шпиљари чини јако пространу вртачу чија запремина до коте 225 износи око $729\,375\text{ m}^3$, или за коту 250 m око $1\,416\,075\text{ m}^3$. Њено дно се налази на коти 163 m и достиже висину до коте 225 m, 62 m са пречником од 86 m за ову коту. Зато што јој се висина приближава њеном пречнику има котласт изглед (сл. 4). Она би према подјели, Цвијић (1895, стр. 20), припала типу љевкастих вртача. Формирана је у кречњацима мезозоика и то на мјесту гдје се укрштају локални расједи (види сл. 4). Они су и предиспонирали да се на овом терену формира. Њено дно је затрпано падинском осулином (сл. 4). Налази се иза источне стране зидина старог града Котора.

Положај ове вртаче, њена релативно велика запремина и њен геотектонски положај у чврстим и каменитим стијенама веома су привлачни да послуже као једна од компонената за рјешење проблема који се обрађује у овом раду.

У крашком рељефу овог терена на релативно великој висини, између 840 и 880 m над морем, формирано је Његушко поље. Његова најнижа и најмања раван налази се на коти 840, а захвата површину од $0,3\text{ km}^2$ да би, са рукавцима и околином, захватало $1,5\text{ km}^2$. Оно чини већу крашку увалу, заравњену флувиоглацијалним наносом, претворену у раван поља на којој је заснован живот (сл. 5). Иначе, да није овог наноса, то би била једна гола каменита крашка увала испод врхова планине Ловћена (сл. 5).

Ово поље се повремено плави водом, и то његов доњи дио. То се обично догађа у вријеме великих оборина. Иначе, вода брзо отекне кроз поноре и поље убрзо постаје суво.

На овом терену има дубоких јама, као што је она у Његушкој ували (Петрова љут) звана Дубоки до, у којој се по Цвијићу (1926, стр. 405 и 435) спустио Лахнер до 340 m и наишао на подземну воду. У овој ували има затим и понора као што су Браковића понори, Његушки понори и Коритник.

Терен слива которских врела скоро се вертикално диже изнад морске обале и достиже релативно велику висину, гдје поједини врхови иду до 1 749 m над морем, као што је случај са Штировником на Ловћену. С обзиром на тако велику висину, терен лежи изнад нивоа крајње могућности отицања воде. Он је изграђен од карбонатних стијена релативно велике моћности, међу којима преовлађују кречњаци, па би, на основу тога припао, дубоком красу. Затим, терен није ограђен вододрживим стијенама, па припада отвореном красу. Богат је шкрапама, богазама и вртачама, па има одлике љутог краса. По Цвијићу

(1926, стр. 433) то је неразмрсиви крас. Види се из изложеног да су у овом терену потпуно изражени крашки облици, и он има, углавном, све особине типа потпуног краса.



Сл. 5. Врхови планине Ловћена са дијелом Његушког поља (Фото В. Влаховић)

Fig. 5. Lovćen mountain peaks with a part of Njeguško plain (Photo V. Vlahović)

ХИДРОГЕОЛОГИЈА

Хидрогеологија слива которских врела је разноврсна. Та разноврсност се огледа у: избијању воде на површину у облику снажних крашких врела, у њиховом кратком отицању по површини до мора, као и у избијању подморских врела и њиховој повезаности са површинским врелима.

С друге стране, на сливној површини ових врела нема сталних површинских токова, осим повремених (сл. 6), него сва вода која се јавља у облику падавина одлази у поноре, јаме, издухе и пукотине.

На овом терену до сада су забиљежене релативно велике падавине. Упознаћемо их из података које пружају кишомјерне станице, распоређене на површини слива. Према подацима Енергопројекта Београд (1976) средње годишње падавине у периоду од 1951—1971. за поједине станице крећу се: Црквице 4 902 mm, Рисан 3 460 mm, Његуши 3 031 mm, Шкаљари 2 088 mm и Цетиње 3 422 mm. Ови подаци су послужили да се дође до изохијетске карте и да сазнамо просјечну количину падавина, која износи 3 286 mm. Слив ових врела захвата око 89,2 km².



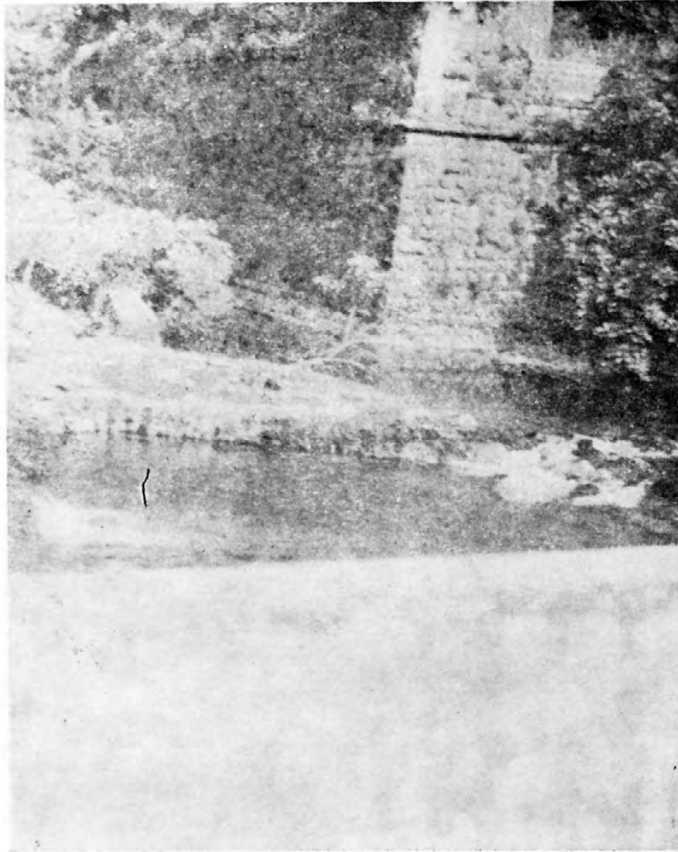
Сл. 6. Повремени водоток Шкурде (сурдуп). Поглед са Крстаца према Которском заливу (Фото В. Влаховић)

Fig. 6. Intermittent Škurda flow. Seen from Krstac towards the bay of Boka Kotorska (Photo V. Vlahović)

Мада је сливно подручје ових врела богато падавинама, вода не тече стално површином, него понире и храни крашкку издан. Ниво ове издани релативно је дубок, јер је дубока и крашка ерозија. На ову појаву указала је јама Дубоки до.

Судећи према величини слива и количини падавина овај терен располаже великим водним богатством. Због израженог

понирања у крашким теренима коефицијент отицања релативно је велики. Према Влаховићу (1975, стр. 149 и тб. 21) за крашко сливно подручје Никшићког поља он износи 0,72. С обзиром на то што је терен слива крашких врела сличан овоме у Никшићком пољу, то би се и за овај терен могао примијенити коефицијент отицања од око 0,72, па би од 3 286 mm падавина



Сл. 7. Врело Шкурда дана 18. VII 1979 (Фото В. Влаховић)

Fig. 7. The Škurda carstic spring on 18. 7. 1979 (Photo V. Vlahović)

припало отицању 2 365 mm а евапотранспирацији 921. Према овом коефицијенту и величини слива, просјечно годишње храњење крашке издани овог слива водом износило би 210,95 hm³. Ова се крашка издан дренира преко которских врела чија се издашност цијени у односу на наведену количину воде просјечно око 6,689 m³/sec годишње.

Которска врела се налазе поред самог града. Маркантна су два јака врела, и то Шкурда и Гурдић. Шкурда се налази са сјеверне стране градских зидина (сл. 7), а Гурдић на крајњем југоисточном краку Которског залива или са јужне стране которских зидина. Између ова два врела јавља се читав низ врела мање издашности чија се вода улива у море. Ова врела чине разбијено извориште.

Бојењем је утврђено да врело Шкурда и Гурдић имају везу са понором Ераковића, а врела Шкурде још имају везу са јамом званом Дубоки до. Такође је утврђено да врело Гурдић има везу са понором на Ивановим Коритима (Бешић, 1969, стр. 282). Гурдић је бојен кад ради као морски понор. Тим путем је утврђена његова веза са врелом которске Шкурде. Веза ових врела са понорима који се налазе доста далеко у њиховој источној позадини говори да они имају велику сабирну површину у простору планине Ловћена.

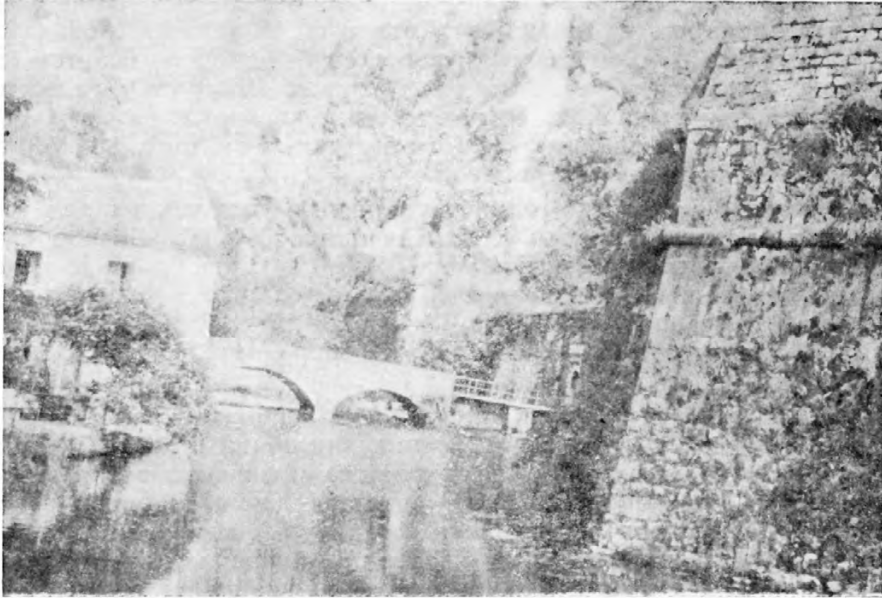
Познато је да неке године Гурдић и његови секундарни извори после првих осредњих летњих киша прораде као понори. То понирање траје релативно кратко. Међутим, Гурдић је јако крашко врело, чија је вода засољена, и сланост у сушном периоду износи преко 2 000 mg/l, па је неупотребљива за пиће. Припада типу вруља — подморских извора. Извире из дубоког подземног, подморског канала.

Ронилачка спелеолошка истраживања показала су, Палетак (1969), да овај канал има елиптични облик и да је дугачак око 14 m. На његовом дну налазе се два активна изворска отвора и пукотине. Испитивања су показала да су зидови канала глатки и изграђени од неколико састављених каменитих блокова. Изворски отвори који се налазе на дну канала налазе се у каменитим блоковима. Ова испитивања указују да врело Гурдић избија из брдске осулине у виду секундарног изворишта, а примарно је извориште у близини контакта кречњака и терцијарног флиша.

Врела Шкурде чине јако разбијено крашко извориште. Извиру из брдске осулине. Од ових врела формирају се два водотока. Један је Добротска Шкурда а други је Которска Шкурда (сл. 8). Први се формира од извора који се јављају у рејону каптаже за градски водовод, а други од извора у близини зидина старог града Котора са његове сјеверне стране (сл. 8).

На каптираном дијелу врела Шкурде, а према Енергопројекту Београд (1976) извршена су систематска испитивања салинитета у 1974. и 1975. години. Испитивања су показала да воде овог врела нијесу засољене. Према садржају хлора вода задовољава норме за пиће. Хлор се креће између 9 и 52 mg/l. Само је анализа узета 8. VIII 1975. имала већи садржај хлора, 87 mg/l. Он је био знатно испод дозвољеног. Ове анализе указују

на утицај мора на подземну воду, јер вода која није под утицајем мора да садржи хлора до 20-ак mg/l. Анализа узета 17. VIII 1976. показала је већи салинитет од дозвољеног, 580 mg/l. Ова појава се догодила када је дувао југо и када је на врелу текло воде од 0,5 до 3 m³/sec. С обзиром на чињеницу што се сада Котор снабдијева водом за пиће са врела Шкурде, и што на овом врелу салинитет веома ријетко прелази норме за пиће, ово извориште могло би се, можда, користити за добијање квалитетне воде за пиће.



Сл. 8. Которска Шкурда дана 18. VII 1979 (Фото В. Влаховић)

Fig. 8. The Skurda spring near Kotor on 18. 7. 1979 (Photo V. Vlahović)

Повремено је мјерена и издашност врелá Шкурде и Гурдића и то 1969. и 1970. год. Када су извршена симултана мјерења на сва четири хидрометријска профила 11. априла 1970. према Енергопројекту Београд (1976) измјерено је да врела Шкурде (добротска, Велика и Мала Шкурда) дају 23,015 m³/sec, а врела Гурдић 6,74. Укупно су ова два изворишта давала 29,755 m³/sec. Ако се ова издашност изрази у %, врелима Шкурде припало би 77,35%, а врелима Гурдић 22,65. Зато би овим врелима, од просјечног годишњег протицаја припало: врелима Шкурде 5,17 m³/sec, а врелима Гурдић 1,519. Коефицијент минималне издашности по Влаховићу (1975, стр. 156, таб. 21) за крас Никшићког поља износи 0,003 m³/sec на km² и то за хидролошку год. 1948/49, која спада међу најсушније у низу од

40 година, а одређен је преко врела Главе Зете, Обоштице и Дреновштице. Како су падавине на сливу которских врела веће 161,47% од падавина у Никшићком пољу, и овај се коефицијент за тај износ повећава, па би он износио за слив которских врела око 0,004841 m³/sec по km². При овом коефицијенту минимална издаташност у тако изузетно сушној години износила би 0,432.

Извориште которских врела условљено је хидрогеолошком баријером терцијарног флиша. Ова баријера од Добротске Шкурде идући према сјеверу у правцу Ауће стоји изнад морскога нивоа. Јужно од врела Гурдића, према Тројицама, такође. Само на малом простору од Дробротске Шкурде до врела Гурдића налази се испод тог нивоа. Ова баријера стрмо се подвлачи под кречњаке мезозоица. Изграђена од практично водонепропустљивих стијена, штити крашку изнад од утицаја морске воде, осим на малом простору од Добротске Шкурде до врела Гурдића. Она је условила да се дио крашке издани планине Ловћена дренира на локалности гдје се она најниже спустила на овом терену, и у непосредној њеној близини формирало се крашко извориште которских врела преко које се дренира дио крашке издани планине Ловћена. Примарно извориште ових врела налази се у близини контакта терцијарног флиша са кречњацима. Ова изворишта су затрпана брдском осулином, па се данас посматрају само секундарна изворишта.

Мезозојски кречњаци у локалности Шкурда—Гурдић веома су водопропустљиви. То се потврдило геоистражним бушењем. (Види сл. 2. и 3). Они су покривени квартарним наносом који је такође јако водопропустљив, а запљускује га море. Из овога се види да није једини пут да се извори Шкурде заслањују преко врела званог Гурдић, него да на овој локалности постоје широке могућности. Усљед водопропустљивости наноса и кречњака морска вода продире у нанос, кречњачке пукотине и прслине. Од копна према мору долази слатка вода чији притисак када је ниво крашке издани најнижи, није довољан да истисне из пукотине морску воду чија је специфична тежина већа, него се подземна вода креће тим каналима по нивоу морске воде. При додиру, слатка вода се мијеша са сланом морском водом и тако добијамо на овим врелима воду која, када се стекну ти услови, има салинитет изнад норми дозвољених за пиће.

МОГУЋНОСТ СНАБДИЈЕВАЊА ВОДОМ ЗА ПИЋЕ ЦРНОГОРСКОГ ПРИМОРЈА И ЦЕТИЊА ПОМОЋУ ПОДИЗАЊА ЕЛЕКТРАНА НА ПРИМОРЈУ

Сад ћемо се упознати са могућностима снабдијевања Црногорског приморја и Цетиња водом за пиће помоћу подизања електрана, чије би турбине покретала подземна и површинска

вода планине Ловћена, укроћена у површинским акумулацијама. Прво ћемо се упознати са акумулационим просторима, начином њиховог пуњења и коришћења у електранама, као и са снабдијевањем водом Црногорског приморја и Цетиња.

АКУМУЛАЦИОНИ ПРОСТОРИ

На овом терену постоје повољни природни услови за изградњу водних акумулација, и то на Његушима и на водотоку Шкурде.

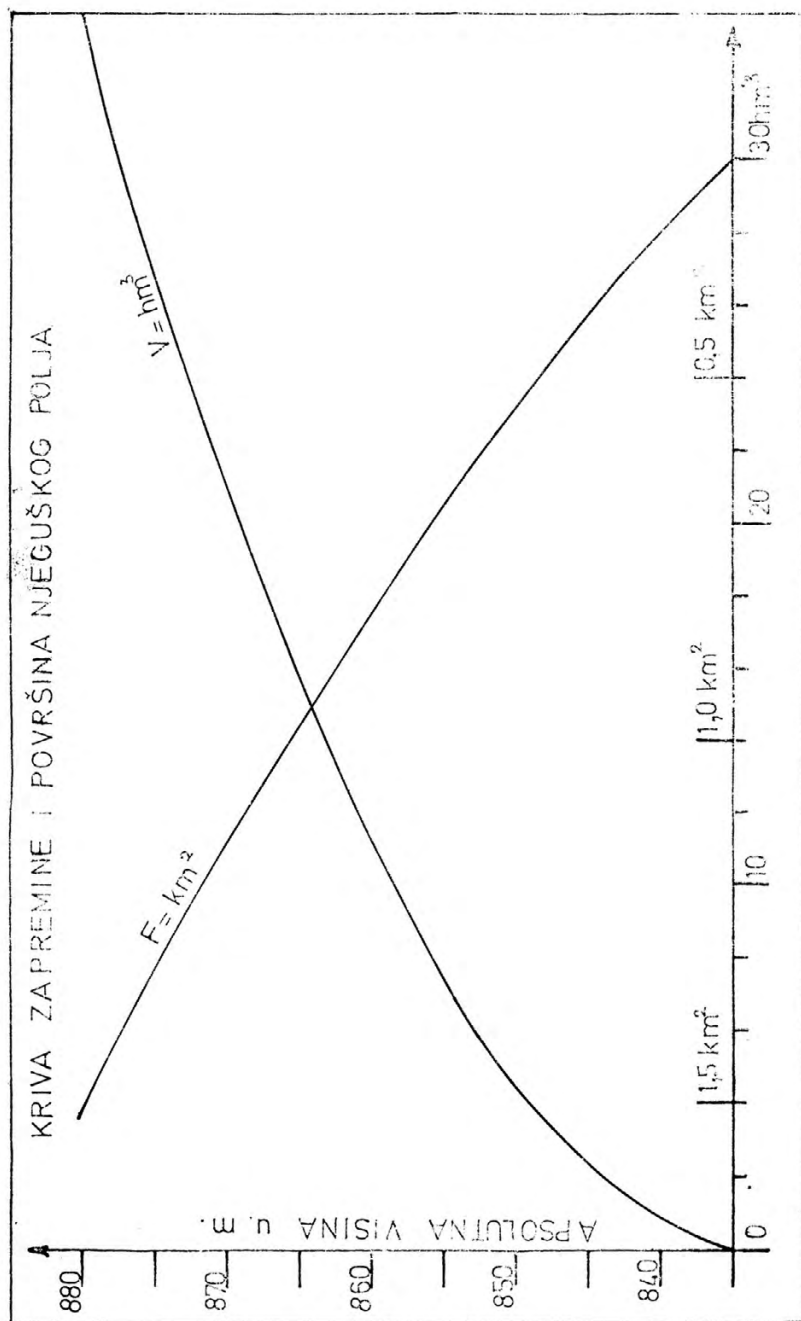
Акумулација на Његушима изградила би се у Његушком пољу (сл. 1, 3). Захватала би најнижи дио поља, почев нешто испод коте 840 па све до оне за коју се покаже оправдани интерес. Или пак, у његовом западном рукавцу, од коте нешто испод 880 до коте 900 или у близини тог рукавца, односно на Крсцу.

Подизање акумулације у Његушком пољу на коти успора 880 добило би се $34,2 \text{ hm}^3$ воде. Она би била у могућности да изравна доток од $4,0 \text{ m}^3/\text{sec}$ воде са коефицијентом изравњања од 0,27. Постоји могућност да се формира већи или мањи акумулациони простор од овог, што зависи од потреба (види табелу бр. 1 и сл. 9).

Терен ове акумулације изграђен је од веома пропустљивих стијена. Због тога би се акумулациони простор морао учинити сигурним за формирање акумулације. Како се он налази на релативно великој висини, а крашка издан у терену јако дубока, то постоје геолошки услови за примјену неке од повољнијих техничких мјера које би елиминисале губитак воде из ове акумулације. Површина тог акумулационог простора, који се мора техничким мјерама осигурати чак и за велику акумулацију, није велика у односу на вриједност коју она пружа. На примјер, за коту 880 та површина износи око $1\,646\,194 \text{ m}^2$. Она је нешто већа од површине водног огледала. Види табелу 1.

Таб. 1. — Акумулациони простор у Његушком пољу по kotaма

Кота терена	Површина терена $F = \text{m}^2$	Висина $H = \text{m}$	Запремина $V = \text{m}^3$	Укупна запремина у m^3
840	300 000			
850	550 000	10	4 250 000	4 250 000
860	840 000	10	6 950 000	11 200 000
870	1 120 000	10	9 800 000	21 000 000
880	1 520 000	10	13 200 000	34 200 000



Сл. 9. Крива запремине и површине Његушког поља
 Fig. 9. Volume and area curve of the Njeguš plain

Примјена прсканог бетона на веома пропустљивим стијенама у комбинацији са елиминисањем понора или неке друге повољније материје за које постоје природни услови, учинила би овај базен довољно сигурним за његово пуњење и коришћење, јер за такву методу постоје повољни хидрогеолошки услови који омогућују јефтино подизање акумулације.

Акумулација „Шкурда“ подигла би се на водотоку формираном од врела Шкурде. Ова акумулација формирала би се путем подизања насуте бране „Шкурда“.

Геолошки, геотехнички и хидрогеолошки услови такви су да омогућују подизање овог типа бране све до улива овог водотока у море, и то на више преградних мјеста, што зависи од потреба и величине акумулације. Положај бране зависи од тога која је величина акумулације неопходна за рјешење које се жељо реализовати.

На примјер, на овом простору могла би се подићи акумулација величине од $1,9 \text{ hm}^3$. За такву акумулацију постоје двије могућности, и то подизање бране на профилу низводно за 50 m од сјеверне избочине которских зидина која залази у лијеву обалу Шкурде, и коришћење вртаче зване Шпиљари као акумулације до коте 225. Друга је могућност постављање бране на профилу гдје зидине Котора напуштају лијеву обалу Шкурде идући према сјеверу у дужини од око 225 m да би скренула према сјевероистоку у дужини од око 250 m. И у једном и у другом случају акумулација „Шкурда“ достигла би ниво, односно нормални успор на коти 30. Или за двоструко већи акумулациони простор достигла би успор на коти 40.

Површина преградног профила на првом преградном мјесту износи око $7\,625 \text{ m}^2$ за дужину у круни од 335 m. Запремина бране не би требало да прелази $332\,000 \text{ m}^3$. На другом низводнијем мјесту површина преградног профила износи око $8\,750 \text{ m}^2$ са браном у круни дужине 475 m. Такође ни на овом профилу запремина бране не би требала да буде већа од $380\,000 \text{ m}^3$. Све посматрано при нормалном успору на коти 30.

Терен акумулација „Шкурда“ и „Шпиљари“ практично је пропустљив. Да би акумулације биле сигурне за чување воде, потребно их је техничким мјерама обезбиједити.

Темељи бране „Шкурда“ и у једном и другом случају лежали би на јако пропустљивом флувиоглацијалном наносу. С обзиром на то што овај нанос лежи на практично непропустљивом терцијарном флишу, постоји геолошка могућност да се брана повеже преко непропусне дијафрагме за овај флиш, с тим што би се поставила инјекциона завјеса поред сјеверних зидина Котора. Овим радовима акумулација на Шкурди учинила би се довољно сигурном да држи акумулирану воду за намјенске потребе.

Акумулација „Шпиљари“ могла би се учинити практично непропустљивом бетонском облогом у комбинацији са прсканим бетоном, или неком другом, повољнијом, методом.

Треба рачунати на повећање акумулационог простора за величину кубатуре насуте бране, јер насути материјал за брану треба користити из акумулационог простора. Тиме се акумулациони простор знатно повећава.

ПУЊЕЊЕ АКУМУЛАЦИЈА

Акумулације на Његушима пуниле би се дијелом путем природног дотицаја од падавина и повремених површинских токова у вријеме великих оборина и, другим дијелом, подземним водама Ловћена која би се хватала у базену „Шкурда“ и пребацивала у акумулацију „Његушко поље“, односно „Крстац“.

Сливна површина Његушког поља износи око 14 km^2 . На ову површину просјечно годишње пада воденог талога између $3\,031$ и $3\,500 \text{ mm}$. Просјечно, то је око $3\,286 \text{ mm}$. Од тога на отицање отпада $2\,365 \text{ mm}$ или $33,11 \text{ hm}^3$. С обзиром на ову околност и на околност што се ово поље сваке године у вријеме великих поводња плави водом до извјесне коте, постоји могућност да један дио ове воде гравитационим путем пуни ову акумулацију.

Интересантно је проучити која је то количина воде која би гравитационим путем пунила ову акумулацију. Сигурни смо да је та количина знатно већа од оне која је потребна Цетињу до 2000 . године.

А можда не би било тешко доказати да би у ову акумулацију гравитационим путем могло дотицати просјечно годишње колико је потребно Црногорском приморју до 2000 . године када се узме у обзир минимална издашност врела Шкурде.

Други начин пуњења ових акумулација обављао би се препумпавањем воде из акумулације „Шкурда“ у акумулације на Његушима. Овим начином могла би се пумпним системом пребацивати у ове акумулације углавном сва вода која се буде захватала акумулацијом „Шкурда“. Појединости ћемо касније видјети.

Акумулација „Шкурда“ пунила би се са подземним водама Ловћена. Брана „Шкурда“ са дијафрагмом и инјекционом завјесом присилила би подземне воде Ловћена које гравитирају према Шкурди да изађу из утробе земље на површину и пуне акумулацију „Шкурда“. Истина, један дио воде на овом простору отиче површински а други подземно. Примјеном овог рјешења сва би вода била усмјерена на ову акумулацију, и са њом би била доступна за коришћење. Оцијењено је да та количина воде износи просјечно око $5,17 \text{ m}^3/\text{sec}$ годишње и у минимуму око $0,334 \text{ m}^3/\text{sec}$ у најсушнијој години.

КОРИШЋЕЊЕ ПОДЗЕМНИХ ВОДА ЛОВЂЕНА НА ЕЛЕКТРАНАМА

Постоје природне могућности да се подземне воде планине Ловђена користе на електранама. Да би се ова замисао остварила, потребно је изградити хидроенергетски систем од двије врсте хидроелектрана, и то: прибранске ХЕ „Котор“ и деривационо-пумпноакумулационе ПХЕ „Котор“.

Котор са околином ушао је у свјетску баштину природних ријеткости. Хидроенергетски систем о коме је ријеч не би пореметио природни амбијент Котора, јер би се изградио под земљом. Овај систем могао би се радити фазно.

Прва фаза рада представљала би одвајање мора од питких подземних вода планине Ловђена на локацији Шкурде. Природа терена омогућила је да се овај проблем може успјешно ријешити помоћу постављања у дубини терена дијафрагме и инјекционе завјесе. Оне би се поставиле дуж осе бране „Шкурда“, али која би се налазила са низводне стране изворишта Добротске и Которске Шкурде и то тако да се дијафрагмом и завјесом задржи природни ниво подземне воде узводно од завјесе и да ни у чему не омета нормално снабдијевање Котора водом. Дијафрагма би пресјекла квартални нанос и преко завјесе везала се у дубину за флишну непропусну баријеру и за непропусне кречњаке. Пошто се ова фаза рада заврши, пришло би се мјерењу квалитета и капацитета издашности овог изворишта.

Друга фаза представља каптирање подземних вода Ловђена на сектору Шкурде помоћу басена, из кога би вода одлазила према регионалном водоводу и према хидроелектрани. Овај проблем се може ријешити помоћу пумпног и гравитационог система, уз изградњу хидроелектрана.

Пумпним системом напајао би се регионални водовод из каптажне грађевине која би била узводно од осе бране. Такође, вода би из овог басена одлазила према прибранској ХЕ „Котор“ која би, при инсталисаном протицају од $10,34 \text{ m}^3/\text{sec}$ и бруто-паду од 35 m, производила годишње просјечно око 10,05 милиона KWh енергије.

Гравитационим системом напајао би се регионални водовод из горњег басена „Шпиљари“ (сл. 4). Вода из доњег басена на Шкурди одлазила би према деривационо-пумпноакумулационој хидроелектрани „Котор“ са водом горњег басена „Шпиљари“ величине око 1,0 милиона кубика. У вријеме јефтине електричне енергије, ова електрана избацивала би воду и пунила басен „Шпиљари“, а када је електрична енергије најскупља, производила би ову енергију. Тај систем (ХЕ и ПХЕ) при инсталисаном протицају $10,34 \text{ m}^3/\text{sec}$ и бруто-паду 235 m могао би да производи племените електричне енергије просјечно годишње око 76,33 милиона KWh, под условом да не ради 68 дана у години. Трошио би свега око 6 милиона KWh више јефтине електричне енер-

тије него што би производио племените, па би могао позитивно да послује, у чему је његов велики значај. На овај начин Котор и Тиват били би обезбијеђени водом за пиће до негдаје иза 2000. године. Ова могућност је повољнија од прве, а у погледу сигурности снабдијевања водом не да се упоређивати са првом.

Трећа фаза рада обухватала би деривационо-пумпноакумулациону хидроелектрану са великом водном акумулацијом на Његушима — Крстац или Његушко поље (сл. 3). Та акумулација могла би да снабдијева читаво Црногорско приморје и Цетиње питком подземном водом Ловћена до негдаје иза 2000. године. Ова акумулација била би повезана доводним тунелом са доњим басеном Шпиљарима или Шкурдом. Цио хидроенергетски систем „Котор“ при инсталисаном протицају од $10,34 \text{ m}^3/\text{sec}$ и при бруто-паду од $940,0 \text{ m}$ (са акумулацијом на Крсту) могао би да просјечно годишње производи племените електричне енергије око 311,4 милиона KWh, уз услов да не ради 70 дана у години.

СНАБДИЈЕВАЊЕ ВОДОМ ЦРНОГОРСКОГ ПРИМОРЈА И ЦЕТИЊА

Црногорско приморје и Цетиње оскудијевају у води за пиће у туристичкој сезони. Тражена су разна решења. До сада је преовладало мишљење да се ово подручје снабдијева водом за пиће помоћу регионалног водовода. У ту сврху урађени су пројекти, који су указали да се напајање овог водовода може вршити из акумулације „Ораховштица“ или из Скадарског језера, са врела Радуш, или пак комбиновано: из Скадарског језера и ријеке Требишњице, тј. из водостана ХЕ „Дубровник“. Овај начин снабдијевања изискује велике инвестиције, а и начин коришћења вода релативно је скуп. Уз то, овакав начин снабдијевања захтијева подизање постројења за пречишћавање воде. И поред ових мана, у пројектовању се далеко одмакло.

Током овог пројектовања указано је и на могућност напајања регионалног водовода подземном водом Ловћена. (Види Влаховић 1970, 1977. и 1979.)

Ипак, сва ова досадашња рјешења имала су као производ воду у сврху снабдијевања и кроз цијену произведеног m^3 воде отплаћивао би се уложени капитал.

Међутим, рјешење обрађено у овом раду говори да би произведени m^3 воде служио за производњу електричне енергије. Том водом напајао би се регионални водовод Црногорског приморја и Цетиња, пошто би намјенски већ била искоришћена за производњу електричне енергије. Иначе би та вода одлазила у море. Ипак, највећи њен дио одлазио би у море, а за напајање овог водовода одлазило би свега око 22,75%. Преко произведеног KWh вршила би се отплата уложеног капитала за електрану и њој припадајуће објекте, као и за напајање регионалног водовода водом за пиће и за одржавање ових објеката.

Оцијењено је да је Црногорском приморју потребно до 1990. године $1,1 \text{ m}^3/\text{sec}$ воде за пиће а до 2000. год. $2,1 \text{ m}^3/\text{sec}$ у најкритичнијем мјесецу. Међутим, Боки которској у најкритичнијем мјесецу потребно је до 1990. године $0,640 \text{ m}^3/\text{sec}$, односно $1,180$ до 2000. године.

Анализа приказана у табели 2 указује да су највеће количине воде за пиће потребне Уацињу, Будви и Бару.

Таб. 2. — Потребе Црногорског приморја за питком водом (m^3/sec)

Године	Херцег- Нови	Котор	Тиват	Будва	Бар	Улцињ	Цетиње
1990	0,20	0,12	0,12	0,20	0,20	0,26	
2000	0,14	0,08	0,10	0,22	0,20	0,26	0,15
Укупно	0,34	0,20	0,22	0,42	0,40	0,52	0,15

Ако потребе воде за пиће у Црногорском приморју прикажемо табеларно по мјесецима, то ће приближно изгледати овако:

Таб. 3. — Вода за пиће потребна Црногорском приморју по мјесецима (m^3/sec)

Мјесец	% у односу на макси- мум	Црногорско приморје		Бока которска		Цетиње
		година		година		1990. и 2000. год.
		1990.	2000.	1990.	2000.	
I	8,69	0,091	0,180	0,055	0,101	0,013
II	10,8	0,118	0,226	0,069	0,127	0,016
III	13,00	0,143	0,273	0,083	0,153	0,019
IV	21,7	0,238	0,455	0,138	0,256	0,032
V	30,4	0,334	0,638	0,194	0,358	0,045
VI	52,1	0,573	1,094	0,334	0,614	0,078
VII	86,9	0,955	1,834	0,556	1,025	0,130
VIII	100,0	1,100	2,100	0,640	1,180	0,150
IX	65,2	0,717	1,369	0,417	0,769	0,097
X	26,0	0,286	0,546	0,166	0,306	0,039
XI	13,0	0,143	0,273	0,083	0,153	0,019
XII	10,8	0,118	0,226	0,069	0,127	0,016
Просјек W: 12		0,400	0,767	0,230	0,430	0,054
Укупно hm^3		12,61	24,188	7,250	13,560	1,700

Из табеле 3 види се да количина воде за пиће потребна Црногорском приморју и Цетињу, укупно узевши, није велика до 1990. године. Она износи $14,31 \text{ hm}^3$, односно $25,888 \text{ hm}^3$ до 2000. год. Боки которској припада знатно мање, и то до 1990. године $7,25 \text{ hm}^3$, односно $13,56 \text{ hm}^3$ до 2000. год.

Примјена овог рјешења указује на могућност добијања у минимуму на изворишту Шкурде око $0,334 \text{ m}^3/\text{sec}$ воде.

С обзиром да на Црногорском приморју нема довољно хидролошких података, а климатске прилике су сличне онима у долини Мораче и Зете, гдје има довољно тих података, то ћемо се за оцјену хидролошких прилика на овом приморју послужити овима у долини Зете и Мораче.

Изврши ли се анализа протицаја на водотоцима у Никшићком пољу, затим Доњој Зети и Морачи, видјеће се да су најмањи протицаји забиљежени у низу од 40 година у хидролошкој 1948/49. години. Те године владала је изузетна суша. То је била и најсушнија година у периоду од 1926—1965. године.

У наведеној хидролошкој години изразито сушан период био је током четири мјесеца (јули, август, септембар и октобар). Октобар је ријетко када сушан. Претежно су сушни љетни мјесеци август и септембар, а јули нешто мање. Заправо, сушна су само три мјесеца када су протицаји на водотоцима релативно устаљени, без великих колебања водостаја.

На Зети и Морачи показало се да су најмањи протицаји били у октобру, а затим нешто већи у септембру, августу и јулу. Ако протицаје из октобра као најниже означимо са 100%, онда су у септембру били већи 4,79%, у августу 35,78% и у јулу 41,53%. Овај однос је добро изучен на водама Сушице у Горњем пољу (код Никшића).

Ако ове односе примијенимо на токове Шкурде, минимални протицаји у октобру износили би $0,334 \text{ m}^3/\text{sec}$, у септембру $0,350$, у августу $0,453$ а у јулу $1,140$. Када се ови минимални протицаји изузму из табеле 3, видјећемо да су те укупне количине воде за пиће још мање. За 1990. годину недостатак те воде осјећаће се два мјесеца, а 2000. четири. Боки которској ће 1990. и 2000. год. недостајати ове воде само током два мјесеца. Табеларно дато, то изгледа овако:

Из табеле 4 види се да је потребно имати за снабдијевање Црногорског приморја и Цетиња акумулациони басен величине $3,3 \text{ hm}^3$ до 1990. год., односно $10,4 \text{ hm}^3$ до 2000-те.

Када се у регионални водовод Црногорског приморја и Цетиња укључе, поред вода Шкурде, и воде Требишњице са локалности Плата, од $0,6 \text{ m}^3/\text{sec}$, онда се те потребе у величини изградње акумулација још смањују. На примјер, ако из табеле 4 искључимо овај износ од $0,6 \text{ m}^3/\text{sec}$ воде, Црногорском приморју и Цетињу потребна је акумулација до 1990. год. од $0,518 \text{ hm}^3$, а до 2000-те $5,1 \text{ hm}^3$.

Међутим, могућности акумулације на Његушима чак су неколико пута веће од ових потреба. Значи, те су могућности толико велике да се — ако би се користиле за ове сврхе — несташница воде за пиће не би осјећала до негдје након 2000. године. Чак та несташница до 2.000 год. не би се осјећала ни када се не

Таб. 4. — Нестацина воде за пиће у Црногорском приморју 1990. и 2000. године (m³/sec)

Мјесец	Црногорско приморје и Цетиње		Бока которска	
	година		година	
	1990.	2000.	1990.	2000.
I				
II				
III				
IV				
V				
VI				
VII		0,844		
VIII	0,797	1,797	0,187	0,727
IX	0,464	1,116	0,067	0,419
X		0,235		
XI				
XII				
Просјек W: 12	0,105	0,332	0,021	0,095
Укупно hm ³	3,3	10,4	0,6	3,0

би рачунало на минималну издашност изворишта Шкурде нити на овај довод вода Требишњице.

Ови подаци указују да је за снабдијевање Црногорског приморја и Цетиња водом за пиће до 1990. године довољан акумулациони басен „Шкурда“, с тим да материјал за насуту брану буде узет са подручја акумулације ради повећања њеног простора. Ако се рачуна 2000. година, онда би се могло рачунати на још једну мању акумулацију у дијелу Његушког поља или његовој околини.

Регионални водовод напајао би се подземном водом за пиће планине Ловћена из каптажних бунара или, евентуално, из галерије или неке повољније каптаже. То напајање обављало би се помоћу потисних пумпи или гравитационим путем преко басена „Шпиљари“ или неког другог, ако се он за ту сврху направи. Каптажне грађевине смјестиле би се на узводном лицу бране „Шкурда“ поред њених опораца.

Радам пумпне хидроелектране „Котор“ вршило би се ноћно пребацивање подземне воде планине Ловћена захваћене у акумулационом базену „Шкурда“ у акумулацију на Његушима. Дању би се акумулирана вода користила на овој хидроелектрани за производњу електричне енергије.

Овакав начин експлоатације ових вода омогућио би стаалан прилив подземних вода, па би се регионални водовод Црногорског приморја напајао свезом подземном водом планине Ловћена.

Такав начин напајања овог водовода омогућила би акумулација „Шкурда“. Њен минимални радни ниво утицао би да се подземна вода Ловћена на овој локалности одржава на релативно устаљеном нивоу, па би се, сходно томе, одржавао устаљени ниво воде и у каптажним грађевинама. У њима би прилив воде био много већи од оног који је потребан регионалном водоводу.

Тако би се омогућило напајање Црногорског приморја подземном водом за пиће планине Ловћена за неко вријеме, чак и иза 2000. године, вријеме које нам сада није познато.

Цетиње са околином могло би се снабдијевати водом за пиће из акумулације на Његушима и то гравитационим путем. Ова је акумулација у његовој околини а на домаку града Цетиња. Таква околност у снабдијевању Цетиња и околине, допринијела би да се у овом крају туристичка привреда интензивно развије.

Или, пак: Цетиње би се могло снабдијевати са Подгорских врела. Ова врела се јављају у виду разбијеног изворишта на контакту флиша и кречњака. Њихова минимална издашност цијени се на око $0,200 \text{ m}^3/\text{sec}$. Извориште је каптирано ради снабдијевања Цетиња и Будве. За Цетиње је каптирано око $0,050 \text{ m}^3/\text{sec}$ а за Будву око $0,150$. Значи, ова количина која иде за Будву могла би се упутити на Цетиње. Та количина воде била би довољна Цетињу до 2000. год.

ЗАКЉУЧЦИ

Из досад изнесеног може се резимирати сљедеће:

1. Хидрогеолошки и други природни услови за изградњу хидроенергетског система „Котор“ повољни су. То долази отуда што је хоризонтална удаљеност доњег басена на Шкурди од горњег басена на Његушима релативно мала, а концентрисани пад велики. Стога је и коефицијенат односа овог удаљења и бруто-пада тако мали (1,9), што указује на прихватљивост њихове изградње. Ова повољност је нарочито и у томе што је акумулациони простор на Његушима практично изграђен природним процесима и треба га само једноставним техничким мјерама заштитити од понираних вода.

2. Значај изградње акумулација на Његушима је и у томе што се због њих не би морали потапати културноисторијски споменици нити неки већи објекти. Његуши би добили језеро (или језера) које не би много осцилирало. Оно би се добро уклопило у амбијент сувог и безводног краја, па је тај значај утолико већи.

3. Акумулација на Његушима пружала би могућност да се искључи довод воде Требишњице у Херцег-Нови, и да се те воде поново упуте на коришћење у ХЕ „Дубровник“ за производњу

електричне енергије. Цјевовод између Плата и Херцег-Новог могао би се корисно употријебити за неке друге сврхе.

4. Снабдијевање водом регионалног водовода Црногорског приморја и Цетиња помоћу хидроенергетског система „Котор“ неупоредиво би техноекономски било повољније него снабдијевања из акумулације „Ораховштица“ или из Скадарског језера, или пак комбиновано, из Требишњице и Скадарског језера, јер се оно исплати преко произведеног KWh.

5. Изградња ХЕ „Котор“ и ПХЕ „Котор“ представљала би изузетно значајан подухват. Овај значај није само у производњи племените електричне енергије него и у томе што би се Црногорско приморје и Цетиње снабдијевали подземном водом за пиће планине Ловћена до негдје иза 2000. године. Тај је значај и у томе што би се изградио систем напајања регионалног водовода Црногорског приморја и Цетиња у оквиру ових хидроелектрана а трошкове изградње сносиле хидроелектране.

6. Такав начин снабдијевања Црногорског приморја и Цетиња водом за пиће брзо би се и богато исплатио нашој земљи, па се у томе не треба колебати. Зато и предлажем да се приђе његовом остварењу И ДА ОВАЈ ПОДУХВАТ БУДЕ УЈЕДНО ПОМОЋ ЕЛЕКТРОПРИВРЕДЕ ПОДРУЧЈУ НАСТРАДАЛОМ У КАТАСТРОФАЛНОМ ЗЕМЉОТРЕСУ 15. АПРИЛА 1979. ГОДИНЕ.

ЛИТЕРАТУРА

- Бешић З. (1969): Геологија Црне Горе, књ. II. Завод за геолошка истраживања Црне Горе, Титоград.
- Бешић З. (1975): Геологија Црне Горе, књ. I, свеска 1. Друштво за науку и умјетност Црне Горе, Титоград.
- Цвијић Ј. (1895): Карст, Београд.
- Цвијић Ј. (1926): Геоморфологија, књ. II, Београд.
- „Енергопројекат“ — Београд (1976): Регионални водовод Црногорског приморја и Цетиња — Идејно решење, књ. II, свеска 2 — хидрогеологија, Београд. Техничка документација РСИЗ за воде Црне Горе.
- „Енергопројекат“ — Београд (1976): Регионални водовод Црногорског приморја и Цетиња — Идејно решење, књ. II, свеска 1 — метеорологија и хидрологија, Београд. Техничка документација РСИЗ за воде Црне Горе.
- „Електропројекат“ — Загреб (1970): Програм истражних радова за изворни систем Шкурда—Гурдић. Техничка документација СО Котор.
- Паљетак Б. (1969): Извјештај о извршеним ронилачким истражним радовима на изворном систему Групи водовод — Котор. Техничка документација СО Котор.

- Влаховић В. (1970): Изворни систем Шкурда—Гурдић у Котору. Техничка документација СО Котор.
- Влаховић В. (1975): Крас Никшићког поља и његова хидрогеологија. Друштво за науку и умјетност Црне Горе, Титоград.
- Влаховић В. (1977): Могућност снабдијевања са питком водом Црногорског приморја и града Цетиња. Техничка документација РСИЗ за воде Црне Горе.
- Влаховић В. (1979): Природне могућности водоснабдијевања Боке Которске. Бока 10/II. СИЗ за културу и науку, Херцег-Нови.

HYDROGEOLOGICAL POSSIBILITIES OF SUPPLYING THE
MONTENEGRIN SEASIDE AND CETINJE WITH WATER WITH
BUILDING POWER STATIONS ON THE SEASIDE

by

Vladislav VLAHOVIĆ

Summary

In the introductory part of this work was given the common conception of problems of supplying water to the Montenegrin seaside and Cetinje.

The work included geology, geomorphology, tectonics, karst and the hydrogeology territory of Kotor.

In this work, the possibility of supplying the Montenegrin seaside and Cetinje with water with building power stations on the seaside is discussed

The work include facts which indicate that it is possible to construct very economically one power station which would use the underground waters of Lovćen mountain for moving turbines for production of electric energy.

The work deats with the possibility of watering regional waterworks (aqueduct) of the Montenegrin seaside and Cetinje with the potable underground water of Lovćen mountain, but that utilization would enable power station to be supplied.

