

## **DOGRADNJA HIDROENERGETSKOG SUSTAVA SENJ**

### **1. UVOD**

*Obrađeno je područje hidroenergetskog sustava Senj. Prikazane su dvije mogućnosti dogradnje postojećeg sustava: službena varijanta s akumulacijom Kosinj i potapanjem Kosinjske doline, te druga mogućnost koja koristi topografske značajke terena te ne potapa Kosinjsku dolinu. Spomenute inačice su uspoređene energetski, te glede poboljšanja zaštite od poplava, kvalitete vodoopskrbe, zaštite okoliša i ostalih mogućih dobiti.*

**Ključne riječi:** akumulacija Kosinj, Donje Švičko jezero, poplave Lipovo polje, Sjeverni krak Gacke

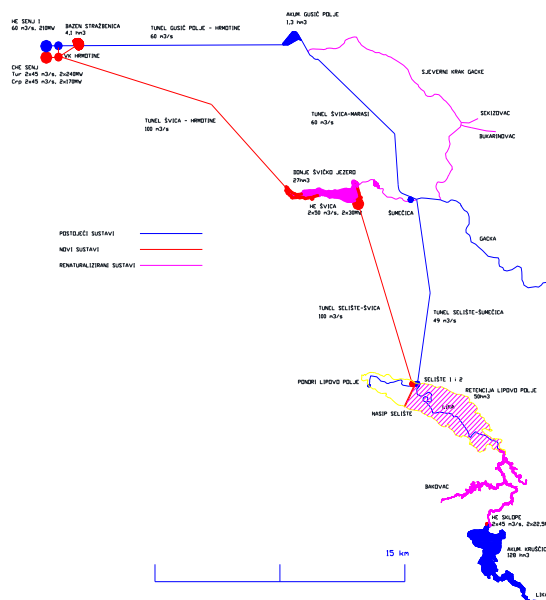
### **2. DRUGA MOGUĆNOST DOGRADNJE**

Postojeći hidroenergetski sustav Senj izgrađen je prije više od 50 godina. To je višenamjenski sustav koji je osjetno umanjio štete od poplava, osigurao urednu i kvalitetnu vodoopskrbu Like i Primorja, te proizveo znatnu količinu električne energije (prosječno oko 1.000 GWh godišnje). Nažalost, taj je sustav devastirao područje Like, posebno područje doline Gacke i nepovratno dijela doline Kosinja. U nastavku su predstavljene dvije inačice dogradnje postojećeg sustava: službena varijanta s akumulacijom Kosinj te druga mogućnost koja koristi topografske značajke terena i ne potapa Kosinjsku dolinu.

Službena, HEP-ova, varijanta dogradnje hidroenergetskog sustava (HES) Senj predviđa izgradnju velike akumulacije Kosinj s potapanjem najvećeg dijela Kosinjske doline te u konačnici s izgradnjom nove hidroelektrane HE Senj 2, kraj postojeće HE Senj.

Druga mogućnost ne predviđa izgradnju novih akumulacija. Prikazana je na slici 1. Radi povećanog protoka dograđuje se uz postojeći zdenac na HE Sklope još jedan s agregatom praktično istih značajki kao postojeći (45 m<sup>3</sup>/s, 22,5 MW). Ne gradi se velika akumulacija Kosinj nego se koriste prirodne značajke prostora koje omogućuju stvaranje akumulacijskih prostora od oko 80 hm<sup>3</sup>. To su retencija na vododrživom dijelu Lipovog polja od oko 50 hm<sup>3</sup>, te akumulacija Donje Švičko jezero od oko 30 hm<sup>3</sup>. Spomenuta retencija i akumulacija spajaju se novim tunelom Selište-Švičko jezero na čijem kraju se gradi nova hidroelektrana Švica, sličnih značajki kao HE Sklope (2x50m<sup>3</sup>/s, 2x30MW). Na kraju zapadnog dijela Švičkog jezera počinje novi tunel od 16 km koji vodi do vodne komore Hrmotine iznad HE Senj. Od Hrmotina tlačnim cjevovodom voda se dovodi do nove crpne hidroelektrane (CHE) Senj predviđene na istoj lokaciji kao HE Senj 2, odmah do postojeće HE Senj. Crpljena voda se tlačnim tunelom odvodi u

gornji bazen Stražbenica iznad vodne komore Hrmotine volumena oko četiri hm<sup>3</sup>. Dakle, donji bazen nove CHE Senj je Švičko jezero na oko 430,00 m.nm., a gornji bazen je Stražbenica na oko 700,00 m.nm.



Sl.1: Druga mogućnost dogradnje HES Senj

### 3. ENERGETSKE I TEHNIČKE ZNAČAJKE PROMATRANIH INAČICA

#### 3.1. Energetske značajke

Na internetskim stranicama HEP-a (lit. [1]) navodi se kako će nova prosječna godišnja proizvodnja sustava s akumulacijom Kosinj biti 1,5TWh/god. Taj podatak o novih 320(ili350GWh) nove energije je nerealno prevelik. Naime, pod pretpostavkom da će se novi sustav dovoda i nova HE Senj 2 izgraditi jednako kvalitetno kao što je to napravljeno s postojećim sustavom HE Senj, energetske ekvivalent nove i postojeće elektrane će biti praktično jednak odnosno 1,00 kWh/m<sup>3</sup>. Koliko milijuna kubičnih metara vode dotiče do turbina hidroelektrana toliko će biti GWh. Srednji godišnji dotoci vodotoka u Lici su (1970-2009.g): Lika-23,0 m<sup>3</sup>/s, Bakovac-1,8 m<sup>3</sup>/s i Gacka-14,1 m<sup>3</sup>/s, odnosno ukupno 38,9 m<sup>3</sup>/s, a što uz spomenuti energetske ekvivalent daje energiju od 1.227 GWh/god. Pridoda li se toj energiji proizvedenoj na lokaciji elektrana na moru proizvedena energija na lokaciji Sklope i Kosinj od oko 90 GWh/god to je ukupno oko 1.320 GWh/god. Dakle, teoretski je nemoguće da se u sustavu proizvede više energije, jer jednostavno nema toliko vode. Iz navedenoga je jasno je da je podatak o novih 1.500 GWh/god, koji navodi HEP netočan, odnosno preuveličan, tim više što će i novi sustav imati gubitke, a koji će biti znatni i nisu uzeti u obzir u prethodnom izračunu.

U zahtjevu za proglašenjem HES Kosinj strateškim investicijskim projektom HEP navodi manji iznos od 230GWh/god nove energije. Navedeni podatak je sukladan prikazima iz lit. [2]. Ali i taj podatak je preuveličan. On je temeljen na proračunima uz pomoć tzv. krivulja trajanja dotoka. Za objekte veličine i značaja kao HES Kosinj i HE Senj 2 nije prikladno to raditi na taj način, nego upotrebom matematičkog modela, tim više što postoje kvalitetni višegodišnji podatci o dnevnim dotocima rijeke Like i Gacke. Proračun proizvodnje i ponašanja novog sustava HES Kosinj uz pomoć matematičkog modela daje sasvim drugačiju sliku, odnosno pokazuje da će novi sustav HES Kosinj proizvoditi isto ili manje energije nego postojeći.

Proračunom uz pomoć matematičkog modela dobivena je za razdoblje od 40 godina (1970-2009.g.) maksimalna moguća proizvodnja nove energije od oko 170GWh u slučaju izgradnje HES Kosinj. Naime, i sustav HES Kosinj ima gubitke. Također, treba naknadno sagledati prilike koje nisu uzete u obzir u modelu. To su gubitci zbog isparavanja (oko 30GWh) i gubitci zbog zahtjeva studije za zaštitu okoliša (oko 50GWh). Ne postoji akumulacija koja ne pušta vodu. Posebno su osjetljive akumulacije izgrađene na krškom terenu. Postoje indicije na temelju analize podataka o dotocima Like i Gacke prije i nakon izgradnje akumulacije Kruščica da su gubitci akumulacije Kruščica oko  $1,0\text{m}^3/\text{s}$ , a kako je oplošje predviđene akumulacije Kosinj nekoliko puta veće to se očekuju i toliko puta veći gubitci (oko 100GWh). Dakle, u konačnici novi će sustav najvjerojatnije proizvoditi manje energije nego postojeći.

Simulacijom na matematičkom modelu procijenjeni gubitci druge mogućnosti s Donjim Švičkim jezerom su manji nego u inačici s HES Kosinj, te je dobitak nove energije oko 185GWh. Spomenuta druga mogućnost nema gubitaka isparavanja, niti gubitaka u akumulaciji, jer nje nema. Ali, ključna je razlika u odnosu na varijantu s HES Kosinj da inačica s HE Švica koristi cijelu energetska stubu, odnosno dotok Like iz Lipovog polja u Švičko jezero na novoj hidroelektrani Švica, a to je na razini proizvodnje HE Sklope, odnosno oko 100GWh. Navedeno se mora umanjiti za oko 50GWh, koji su posljedica zahtjeva vezanih za zaštitu okoliša. Tako je konačno dobitak nove energije inačice s HE Švica oko 230GWh. Pri tome treba imati na umu da je spomenuta inačica s HE Švica najmanje 10% jeftinija od inačice s akumulacijom Kosinj.

### **3.2. Tehničke značajke**

U lit. [1] navodi se kako će službena varijanta s akumulacijom Kosinj povećati pouzdanost regulacijskih svojstava te pružanje usluge uravnoteženja elektroenergetskog sustava. Zbog svojstava Francis turbina te njihovog dugog dovodnog hidrauličkog sustava HE Senj 2 će imati ograničena regulacijska svojstva i to samo u pozitivnom (generatorskom) dijelu. Uravnoteženje sustava u slučaju viška proizvodnje iz obnovljivih izvora energije nije moguće, jer elektrana nije crpna.

S druge strane iznimna značajka druge inačice je crpna hidroelektrana (CHE) Senj s tzv. trojnim agregatom u specifičnom hidrauličkom spoju (tzv. „hidraulički kratki spoj”) koji

omogućuje brzu regulaciju električne energije u mreži. Elektrana s takvim karakteristikama omogućuje rad veće snage nepredvidljivih izvora obnovljive energije (vjetroelektrane i sunčane elektrane). Takva elektrana u crpnom radu prihvaća višak energije u elektroenergetskom sustavu koje prouzroče obnovljivi izvori energije, a zatim je kada to treba vraća u elektroenergetski sustav. Posebna kvaliteta CHE Senj je da to može raditi vrlo brzo, odnosno, njena su regulacijska svojstva najbolja moguća, prvenstveno zahvaljujući uvodno spomenutom hidrauličkom spoju, ali i korištenjem Pelton turbina.

U tandemu s PHE Vinodol, crpna hidroelektrana Senj bi namirila potrebe za tzv. sekundarnom i tercijarnom regulacijom elektroenergetskog sustava Hrvatske uz maksimalan udio nepredvidljivih obnovljivih izvora energije, te uz nove obnovljive i postojeće izvore električne energije praktično omogućila energetska samodostatnost Hrvatske.

Zbirno, varijanta s akumulacijom Kosinj ima ograničena regulacijska svojstva od oko +80 do +340MW, dok inačica s CHE Senj ima od oko -300 do +480MW. Dakle, inačica s HE Švica ima tri puta veći regulacijski raspon s mogućnošću uravnoteženja u slučaju viška energije u elektroenergetskom sustavu, a što inačica s akumulacijom Kosinj nema.

### **3.3 Ostale značajke**

Obnavljanjem vodotoka Sjevernog i Južnog kraka Gacke u inačici s HE Švica stvaraju se mogućnosti za izgradnju malih hidroelektrana. Praktično svaka napuštena mlinica je mjesto za potencijalnu malu hidroelektranu. Posebno je zanimljiva napuštena hidroelektrana mHE Švica na Južnom kraku Gacke. Uz neznatnu, ekološki prihvatljivu modifikaciju predmetna hidroelektrana može doseći snagu od 1MW te proizvodnju oko 8GWh/god. Osim spomenute mHE uz nju je na slapovima Južnog kraka Gacke još nekoliko, sada zbog nedostatka vode, napuštenih mlinica. Na Sjevernom kraku napuštene mlinice su kod zaseoka Babić most.

Aktivacija Sjevernog kraka Gacke već u sadašnjim prilikama osigurava urednu mogućnost održavanja dionice od Šumečice do kanala Marasi, te time poboljšanje protočnosti predmetne dionice. Osim toga aktivacija Sjevernog kraka može dodatno energetska doprinijeti sa svojim značajnijim pritocima Bukarinovac i Sekizovac.

Sveukupno aktivacijom Sjevernog i Južnog kraka Gacke očekuje se dobitak nove energije od najmanje 30GWh. Takvih mogućnosti u varijanti s akumulacijom Kosinj nema, jer spomenuti vodotoci ostaju, kao i danas, napušteni.

Također postoji mogućnost izgradnje malih hidroelektrana na području Kosinjske doline. Posebno je zanimljiva mogućnost izgradnje male hidroelektrane na poziciji brane iz projekta HES Kosinj. Gornja voda bio bi bazen s vodama Like i potoka Bakovca koji bi se nalazio u tzv. inundacijskom području potoka Bakovac, dakle unutar proširenog korita. Ta bi elektrana proizvodila oko 10GWh/god.

## 4. ZAŠTITA OD POPLAVA

### 4.1. Dotoci Like i Gacke

Analizirani su podatci o dotocima rijeka Like i Gacke iz dva razdoblja od 1926. do 1969.g., te od 1970. do 2009.g. Podatci o dotocima Like od 1926. do 1969.g. dobiveni su mjerenjem na profilu nešto uzvodnije od brane akumulacije Kruščica (Klanac) uz pomoć konsumpcijske krivulje. S druge strane podatci od 1970.g. do danas izračunavaju se pomoću bilanciranja odnosno preko proizvodnje agregata HE Sklope, preljeva i razine akumulacije Kruščica. Dakle, kako je došlo do značajnije promjene u dovodnom sustavu rijeke Like (izgradnja akumulacije Kruščica) te posljedično i promjene u načinu mjerenja dotoka potrebno je ispitati homogenost navedenih podataka. Homogenost je ispitana neparametarskim Wilcoxonovim testom. Dobiveni rezultat je  $z = 4,49$ . Kako rezultate koji su veći od 1,96 možemo smatrati statistički značajnim (na razini povjerenja  $\alpha = 0,05$ ), zaključak je da se prihvaća hipoteza da se dva promatrana uzorka značajno razlikuju, odnosno da nizovi nisu homogeni. Za razliku od rijeke Like u slučaju Gacke  $z = 1,78$  (manji od 1,96) odnosno promatrani nizovi su homogeni.

Dakle, dotok Gacke je uravnotežen u oba promatrana hidrološka niza, dok je dotok Like pao nakon izgradnje akumulacije Kruščica. Razlika je srednjih godišnjih dotoka Like:  $28,4$  (1926-1969.g.) –  $23,0$  (1970-2009.g.) =  $5,4 \text{ m}^3/\text{s}$

Primarno, uvijek je sumnja u točnost mjerenja. Mjerenje dotoka Like, od 1970.g. do danas, s računanjem volumena akumulacije sigurno nosi pogriješku u izračunu dnevnog protoka, jer krivulja akumulacije nije savršena. Ali, kada se diže razina akumulacije griješka je u jednom smjeru, a kada se spušta u suprotnom. Na taj se način to kompenzira i može se smatrati da je mjerenje za dulje vremensko razdoblje korektno. S druge strane mjerenja prije 1970.g. obavljana su na temelju konsumpcijske krivulje. Pri takvim mjerenjima najveće su griješke na najmanjim protocima, a oni u osnovi i daju najmanji doprinos srednjem godišnjem dotoku. Također, treba spomenuti da su mjerenja na Gackoj u cijelom promatranom razdoblju rađena na temelju konsumpcijske krivulje te da nema značajnijih odstupanja, a što sporadično potvrđuje i test homogenosti.

Ako, griješke u mjerenjima nisu velike (a očito nisu) jedino razložno objašnjenje zašto od 1970.g. rijeci Lici na profilu Kruščica nedostaje  $5,4 \text{ m}^3/\text{s}$  je da tada izgrađena akumulacija Kruščica ispušta dio voda i to veći dio u Gacku dolinu. Na to ukazuju i neke pojave tijekom poplava 2010. i 2013.g.

Tijekom poplave 2010.g. mještani Gacke doline u lokalnim glasilima govorili su o tome kako Gacka izvire na neobičnim mjestima gdje oni to nikad nisu vidjeli. Kako je kišno vrijeme bilo izdašno, povezivali su to s takvim vremenom. Jednako izdašno kišno vrijeme bilo je 2013.g.,

ali neobičnih novih izvora kao 2010.g. nije bilo. Gotovo siguran razlog pojavi novih izvora na neuobičajenim mjestima u dolini Gacke 2010.g. je poplava u Lipovom polju. Naime, tijekom poplave u Lipovom 2010.g. najviša razina poplave je bila skoro 496 m.nm., a 2013.g. ispod 492 m.nm. Ta dodatna četiri metra razlike u razini poplave otvorili su nove podzemne kanale vodi iz Lipovog polja prema dolini Gacke.

O tome da se rijeka Gacka dopunjavanja dotocima Like spominje se u lit. [3]. Spomenuti rad obrađuje odnose dotoka rijeka Like i Gacke u razdoblju 1951.-2005.g. te se konstatira da se smanjuje dotok Like na profilu Kruščica, te ono što je važno, procjenjuje se da je u promatranom razdoblju Lika prihranila Gacku s prosječnih 4,81 m<sup>3</sup>/s. Ti navodi, na drugačijim premisama sukladni su prethodnoj analizi koja pokazuje da je na profilu Kruščica dotok Like manji za 5,4 m<sup>3</sup>/s (a dio tog manjka najvjerojatnije prihranjuje izvorišta Gacke). Unutar promatranog razdoblja iz lit. [3] je razdoblje prije izgradnje akumulacije Kruščica (oko 20 godina), te to razdoblje umanjuje odtok Like prema Gackoj. Dakle, sigurno bi razmatranjem samo razdoblja od 1970.g. do 2005.g. odtok Like prema Gackoj bio veći od 4,81 m<sup>3</sup>/s.

Iduća potvrda da Lika dopunjava Gacku u iznosu od oko 5 m<sup>3</sup>/s su događaji tijekom poplave 2013.g. Krajem 2012.g. pregledani su ponori na području Lipovog polja (lit. [4]). Nakon utvrđenog stanja u suradnji s Hrvatskim vodama obavljeno je njihovo uređivanje. Zbog procjene da će se otvaranjem ponora na lokaciji nizvodno od zapornice Selište otvoriti podzemni vodotoci prema dolini Gacke, istovremeno su temeljito uređeni Sjeverni i Južni krak Gacke. Južni i Sjeverni krak Gacke trebali su prihvatiti višak vode iz uređenih, otvorenih ponora u Lipovom polju, prvenstveno s lokacija ponora Zimske mlinice i Galikova pila. Dotok s područja Lipovog polja podignuo je dotok Gacke na rekordnih 84,0 m<sup>3</sup>/s, a do tada je najveći dotok Gacke bio 75,5 m<sup>3</sup>/s (1993.g.). Treba spomenuti da je tijekom poplave 2010.g. s iznimno visokim vodostajem u Lipovom polju najviši protok Gacke bio 60,3 m<sup>3</sup>/s.

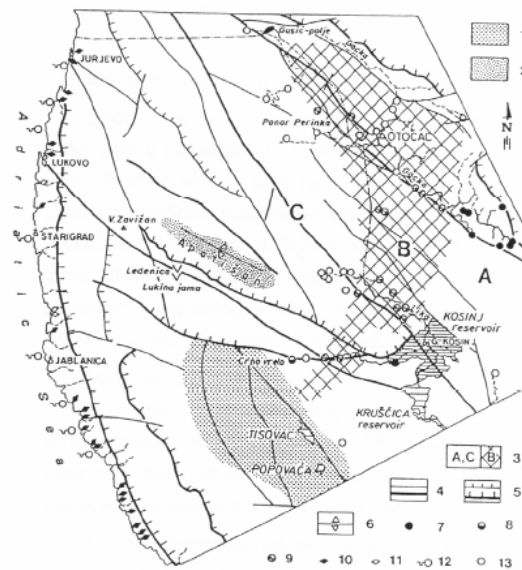
Zaključno, rijeka Lika kroz podzemne kanale s područja Kosinjske doline dopunjava izvorišta rijeke Gacke, ali i pri višim kotama poplave u Lipovom polju otvara nove kanale. Tijekom transfera od akumulacije Kruščica i Lipovog polja do Gačanske doline gubi se dio vode. Dva su tipa prijenosa: kanali koji imaju jasno prepoznatljiv ulaz (napr. Galikova pila, Zimski mlini) i oni koji nisu prepoznatljivi, posebno oni na dnu akumulacije Kruščica. Laminarni prijenos u osnovi je minoran, te je zapravo takav prijenos vjerojatno izvor gubitaka HES Senj.

Dakle, pretakanje vode s područja Kosinja u Gačansku dolinu je prirodno i neizbježno. U svim budućim rješenjima to treba poštivati, te u rješavanju odbrane od poplava nužno treba sagledavati područje Kosinja odnosno Lipovog polja te područje Gačanske doline kao jedan obostrano simbiotski sustav.

## 4.2. Ponori i poplave u Lipovom polju

U Kosinjskom i Lipovom polju živi se stoljećima. Poplave su česte. Većina zgrada i objekata, osim nekoliko novijih (lakovjernih gospodara), izgrađena je na takvim kotama da ih samo iznimne poplave mogu ugroziti. Najviša razina vode u Lipovom polju zabilježena je 1937.g. i iznosila je oko 500 m.nm. Također je zapisano da je jedna od najdugotrajnijih poplava bila 1878.-79.g. kada se voda u polju zadržala punih sedam mjeseci. Poznate su dugotrajne poplave 1803. i 1823.g.

Veliku ulogu u smanjenju razine poplava imaju ponori na dnu Lipovog polja. Na promatranom području u osnovi su tri hidrogeološke zone.



Slika 4.1. Hidrogeološka karta područja sjevernog i srednjeg Velebita, PAVIČIĆ (1997).  
1) Velebitska hidrogeološka barijera; 2) Apatišanska djelomična hidrogeološka barijera; 3) hidrogeološke zone: A – zona izvora, B – zona estavela, C – zona ponora; 4) normalni rasjed; 5) reversni rasjed; 6) aniklinala; 7) stalni krški izvor; 8) povremeni krški izvor; 9) estavela; 10) stalni priobalni izvor; 11) povremeni priobalni izvor; 12) vrulja; 13) ponor

### Sl.2: Hidrogeološka karta područja sjevernog i srednjeg Velebita

Zona A je područje s izvorima gdje je razina podzemne vode tijekom cijele godine viša od površinskih tokova. U ovoj zoni riječni tokovi su stalni, a uz bokove riječnih dolina postoje stalni i povremeni izvori, dok estavela i ponora nema. Nizvodno od zone A je zona B u kojoj je razina podzemne vode većim dijelom godine niža od površinskih tokova. Tokovi Like i Gacke u ovoj zoni mogu se promatrati kao tzv. «lebdeći» vodeni tokovi. Ovu zonu karakteriziraju pojave estavela i ponora, te rijeđe povremenih izvora. Zona C je zona ponora, u kojoj je razina podzemne vode tijekom cijele godine značajno niža od površinskih tokova. U ovoj zoni površinski tokovi nestaju, te je daljnji tok vode isključivo podzeman, sve do priobalnih izvora i vrulja zapadno od velebitskog masiva.

Vode rijeke Like u Lipovom polju poniru u dva smjera. Dominantan je smjer prema moru, a drugi je prema dolini rijeke Gacke. U sjeveroistočnom i jugoistočnom dijelu polja nalaze se estavele, dok su u zapadnom dijelu samo ponori. Ponorna zona Lipovog polja započinje nakon zapornice Selište.

Detaljnije su izračunani kapaciteti ponora u Lipovom polju za razdoblje od 1980. do 1987.g. Naime za to razdoblje postoje u bazi upisani ovi satni podatci: proizvodnja HE Sklope (MWh), kota akumulacije Kruščica, kota na Selištu, položaj klapne preljeva na HE Sklope, položaj segmenta preljeva HE Sklope, položaj otvora zatvaračnice Selište, položaj klapne preljeva brane na Selištu. Uz dodatne podatke o dotocima bilanciranjem je izračunano koji je prosječni kapacitet ponora tijekom trajanja poplava. Kako su podatci satni bilo je moguće preko kota na Selištu, anulirati korištenje neprecizne krivulje volumena retencije Lipovo polje.

U promatranom razdoblju od osam godina bilo je 16 poplava. Prosječno trajanje poplava po godini je 343 sati, a po poplavi 171,5 sati. Najviša razina poplave od 492,97 m.n.m. zabilježena je 1.siječnja 1982.g. u 11.00h. Prosječni kapacitet ponora na temelju srednjih kapaciteta obrađenih poplavnih valova je 92,0 m<sup>3</sup>/s.

Jasno je da je kapacitet ponora tijekom poplava promjenjiv. Napr. vremenom ponori se začepi bilo otpadnim pretežno biološkim materijalom (granje, lišće i sl.), bilo geološkim materijalom (glina). Početkom poplave i djelovanjem vode ti čepovi nestaju, te se ponorima poveća kapacitet. Tako na povećanje kapaciteta ponora djeluje visina vodostaja i duljina trajanja poplave. Ti odnosi su analizirani. U oba slučaja regresijska krivulja je polinom 2.stupnja. Korelacija je dosta slaba, ali to je i razumljivo jer je riječ o nepredvidivim događajima u podzemlju. Za ovisnost kapaciteta ponora o koti poplave  $R^2=0,83$ , a za trajanje poplave  $R^2=0,72$ .

Smatra se da je kapacitet ponora u Lipovom polju 200m<sup>3</sup>/s (A. Stepinac), a u rijetkim slučajevima i do 300 m<sup>3</sup>/s (S. Božičević). Te procjene su iz vremena prije gradnje HE Senj i akumulacije Kruščica. Ekstrapolacijom prethodno spomenutih krivulja iz analize za razdoblje 1980.-1987.g. ne mogu se dobiti vrijednosti kapaciteta ponora od 300 m<sup>3</sup>/s. To moguće znači da na višim kotama vjerojatno postoje nove veće ponorne zone, koje su bile aktivne do izgradnje hidroenergetskog sustava Senj. Ovu pretpostavku treba detaljnije istražiti. Naime, ako se to potvrdi postoji mogućnost da se hidrotehničkim mjerama aktiviraju i ti ponori, čiji su ulazi sada na višim kotama.

Umjerenija procjena o kapacitetu ponora od 200 m<sup>3</sup>/s (A. Stepinac) i njen nesrazmjer s izračunanim kapacitetom od 92 m<sup>3</sup>/s bila je povod za snimanje stanja ponora na području Lipovog polja (lit. [4]). Nakon utvrđivanja njihovog stanja, odnosno zapuštenosti (začepljenosti) u suradnji s Hrvatskim vodama uređeni su praktično svi ponori u Lipovom polju. Spomenuti radovi na uređivanju ponora u Lipovom polju uvelike su smanjili štete od poplava u 2013.g.



### **4.3. Analiza poplava 2009.-2010.g. i 2012.-2013.g.**

U novije vrijeme dogodile su se dvije veće poplave s različitim posljedicama. Prva 2009.-2010.g., a druga 2012.-2013.g. Poplava iz 2010.g. je imala dramatičnije posljedice. 12.siječnja 2010.g. dosegnut je vodostaj na Selištu od 495,82 m.nm. Poplavljeno je mnogo kuća i gospodarstva: Gornji Kosinj oko 15 kuća, Donji Kosinj oko 50 kuća te Lipovo polje oko 10 kuća. Poplava iz 2013.g. prošla je s manjim posljedicama, jer je najviša kota poplave bila 491,50 m.nm., te su tek prometnice bile poplavljene.

Potrebno je utvrditi nekoliko okolnosti: razina poplave iz 2010.g. je najveća u razdoblju od kada je izgrađena akumulacija Kruščica, ukupan volumni dotok tijekom poplave 2010.g. (3 glavna vala) je bio oko 455 hm<sup>3</sup>, maksimalni dotok Like 2010.g. je bio 433 m<sup>3</sup>/s, ukupan volumni dotok tijekom poplave 2013.g. (2 + 6 glavna vala) je bio oko 920 hm<sup>3</sup>, a maksimalni dotok Like 2013.g. je bio preko 500 m<sup>3</sup>/s. Također se analizom podataka iz prošlosti utvrđuje je da je vodni val na prijelazu iz 1981. u 1982.g. (šest vodnih valova) prouzročio poplavu gotovo tri metra nižu (492,97 m.n.m.) nego što je bila ona iz 2010.g.

Ukupan volumni dotok promatranih vodnih valova je približno jednakog intenziteta, ali su posljedice poplava bile drastično različite. Razlog je sigurno u različitom kapacitetu ponora na dnu Lipovog polja, te u manjoj mjeri vjerojatno u načinu vođenja sustava tijekom nailaska velikih vodnih valova.

Početak 2013.g. pojavili su se najveći dotoci Like i Gacke, a poplava je imala relativno skromne razmjere (491,50 m.n.m.), što ukazuje na to da su ponori uređeni krajem 2012.g. obavili svoju funkciju. Pri tome valja spomenuti da zbog nedostatka vremena nije uređen izdašan ponor na samom kraju Lipovog polja.

Simulacijom uz pomoć matematičkog modela utvrđeno je da je prosječni kapacitet ponora u Lipovom polju tijekom poplave 2013.g. bio oko 150 m<sup>3</sup>/s. Također je simulacijom zaključeno da je kapacitet ponora tijekom poplave 2010.g. bio oko 90 m<sup>3</sup>/s. Da ponori nisu očišćeni krajem 2012.g., poplava početkom 2013.g. dosegla bi kotu preko 496.00 m.nm.

Iz svega navedenoga jasno je da se urednim održavanjem ponora na području Lipovog polja u sadašnjem sustavu mogu spriječiti štete od poplava.

### **4.4. Poplave na području doline Gacke**

Uređenjem ponora 2012.g. u Lipovom polju posebno onih nizvodno, odnosno zapadno od Selišta, dio voda Like tijekom poplave krajem 2012. godine pretočio se u Gacku. Da bi područje Gačanske doline moglo primiti taj višak vode prethodno su se uredili Južni i Sjeverni krak Gacke. Tijekom najvišeg dijela poplavnog vala Južni krak je prihvatio oko 25 m<sup>3</sup>/s, a Sjeverni nekoliko m<sup>3</sup>/s. Događaj je prošao bez posljedica.

Presudni značaj je imao južni krak te glavni ponor Perinka u Donjem Švičkom jezeru. Tijekom poplavnog razdoblja 2012.-2013.g. Gacka je zbog doziranja vode iz područja Lipovog polja kroz očišćene ponore (Galikova pila, Zimski mlini, i dr.) narasla na rekordnih 84 m<sup>3</sup>/s. Kako postojeći HES Senj odvodi nešto manje od 60 m<sup>3</sup>/s, uređeni Južni i Sjeverni krak Gacke preuzeli su višak dotoka Gacke i tako spasili Otočac od poplava.

Treba spomenuti da je iako je tijekom poplavnog vala na ulazu u Vivosama prihvatio tek nekoliko m<sup>3</sup>/s očišćeni i protočni Sjeverni krak Gacke je bio iznimno važan u spriječavanju poplava na području grada Otočca. Naime, njegovi tada nabujali, desni pritoci Zdravac, Sekizovac i Bukarinovac uredno su odvedeni prema Gusić polju te tako nisu stvorili uspor koji je mogao izazvati probleme u Otočcu.

Glede odbrane od poplava na području Gačanske doline nužno je uredno održavati vodotoke odnosno pritoke Gacke od izvorišta do Vivoza. Time se spriječavaju lokalna plavljenja prometnica, podruma obiteljskih kuća i sl. Kvalitetnim održavanjem spomenutih vodotoka u vrijeme poplava povećati će se pritisak na glavne odvodne vodotoke, a to su odvod prema HE Senj (nešto manje od 60 m<sup>3</sup>/s), Južni krak Gacke prema Švičkom jezeru (oko 25m<sup>3</sup>/s), te Sjeverni krak sa svega nekoliko m<sup>3</sup>/s. Treba imati na umu da je ključni odvod prema HE Senj. U slučaju neraspoloživosti hidroelektrane Senj višak vode se mora prekriti iz Gusić polja te ponorima završiti u Senjskoj drazi. Zbog toga treba održavati i taj vodotok s ponorima na zapadu od Gusić polja.

Mišljenje je da u takvim incidentnim okolnostima značajnu ulogu mogu odigrati ponori na području samog grada Otočca. Ti su ponori zapušteni, te ih treba reaktivirati. Dio tih zapuštenih ponora je u inundacijskom području sjevernog kraka Gacke. Oni pak imaju dvostruku funkciju, osim zaštite od poplava provodnici su za kvalitetne izvore pitke vode u Primorju. Osim toga povećanjem protočnosti sjevernog kraka Gacke od Vivoza do izlaska iz grada Otočca omogućilo bi se da se vode Gacke odvedu do novouređenih ponornih zona sjevernog kraka Gacke na području Drenovog klanca. Poželjno je ostvariti protočnost sjevernog kraka Gacke na dijelu od Vivoza pa do prvih ponora od oko 20 m<sup>3</sup>/s. Zbirno bi tada svi odvodi s područja grada Otočca imali kapacitet oko 100 m<sup>3</sup>/s, a što je prema razradi dostupnih podataka maksimalna voda za povratno razdoblje od 100 god (Gumbel min raspodjela, 97,0 m<sup>3</sup>/s).

#### **4.5. Mogućnosti inačica dogradnje HES Senj glede odbrane od poplava**

Hydroenergetski sustav Senj u inačici dogradnje s akumulacijom Kosinj i HE Senj 2 vrlo dobro se ponaša tijekom velikih vodnih valova Like, osim u slučajevima kada je ukupni volumni dotok u razdoblju od nekoliko tjedana veći od prostora u akumulacijama Kruščica i Kosinj. I dalje intenzitet i trajnost poplava u Lipovom polju ovisi o kapacitetu ponora na kraju Lipovog polja. Postoji velika vjerojatnost da se nakon gradnje akumulacije Kosinj ponori zapuste. Naime,

ista propaganda kao i sada (da će akumulacija Kosinj spriječiti poplave) bila je i kada se prije 60 godina promovirala gradnja postojeće akumulacije Kruščica. Zahvaljujući takvoj propagandi ponori su se zapustili, pa je do njihovog uređenja 2012.g. vjerojatnost dramatičnih poplava bila iznimno velika, a i dogodila se 2010.g.

U novom sustavu s akumulacijom Kosinj u slučaju zapuštenih ponora (napr. kapacitet ponora 80 m<sup>3</sup>/s) vodni val iz 2013.g. prouzročio bi poplavu s maksimalnom kotom od oko 497 m.nm. i trajanjem od 50 dana iznad kote 492 m.nm.

Jasno je da gradnja akumulacije Kosinj smanjuje broj poplava, ali ih neće spriječiti, te u slučaju zapuštanja ponora u Lipovom polju posljedice mogu biti dramatične.

Hydroenergetski sustav Senj u inačici dogradnje s HE Švica u simulacijama pokazuje drugačiju reakciju na promatrane vodne valove. U slučaju urednog kapaciteta ponora u referentnom razdoblju od 40 godina tek je pet dana s poplavom. Granična kota poplave je 492 m.n.m. Naime, to je gornja kota retencije koja nastaje izgradnjom nasipa između Selišta i Glumačkog sela, što znači da do kote 492 plavi, spomenutih pet dana, nizvodniji dio od spomenutog nasipa.

U novom sustavu s akumulacijom Švica u slučaju zapuštenih ponora (napr. kapacitet 80 m<sup>3</sup>/s) vodni val iz 2013.g. prouzročio bi poplavu s maksimalnom kotom od oko 493,20 m.nm. u trajanju od pet dana iznad kote 492 m.nm.

Glede reakcije na poplave na području Gačanske doline, inačica s HE Švica ima mogućnost dva odvoda prema elektranama u Senju, postojećim tunelima prema HE Senj i južnim krakom preko Švičkog jezera te nastavno drugim tunelom od Švičkog jezera do HE Senj 2 s ukupnim kapacitetom odvoda od oko 100 m<sup>3</sup>/s. S druge strane inačica s HE Kosinj je ograničena jednim odvodom, postojećim tunelom Gornja Švica – Marasi, kapaciteta 60 m<sup>3</sup>/s.

Dakle, iz prethodno navedenoga jasno je da inačica s akumulacijom Švica bolje riješava zaštitu od poplava, nego što to radi inačica s akumulacijom Kosinj.

#### **4.6. Apsurd (non plus ultra)**

U svim dokumentima HEP-a kojima se zagovara izgradnja hidroenergetskog sustava s akumulacijom Kosinj naglašava se kako će se tim sustavom spriječiti poplave na području Kosinjske doline i Lipovog polja i to će se napraviti tako da se trajno potopi Gornji Kosinj. Život u Kosinjskoj dolini traje tisućama godina i prilagođen je vremenskim prilikama i poplavama. Sve nastambe su podignute na takvu razinu da ih uobičajene poplave ne ugrožavaju, te su tek prometnice potopljene, a onda kao i prije tisuću godina komunikacija se obavlja čamcima. Danas je za razliku od prije tisuću godina te prometnice moguće jednostavno urediti da budu svrsishodne tijekom poplava, te nema potreba za čamcima.

Poplave koje se događaju u Kosinjskoj dolini su tzv. mirne i koliko je poznato nije bilo nikada ljudskih žrtava, pa ni stradavanja blaga. Tek su u iznimnim slučajevima velikih voda nastale materijalne štete. U slučajevima poput poplave 2010.g. jasno je da su te štete posljedice neznanja i nemara. Dakle, štete koje su nastale poplavama u Kosinjskoj dolini su materijalne (a moguće ih nije ni trebalo biti) i sanirane su te se život nastavio dalje. Za razliku od sadašnjeg stanja projekt HES Kosinj potpuno uništava materijalna dobra na preko 2000hA zemljišta s povijesnim selom Gornji Kosinj. Poplava odnosno materijalna devastacija je potpuna i nema povratka na staro odnosno nastavka života. Pri tome treba imati na umu da način na koji se to radi ne isključuje ekstremne poplave nizvodno od predviđene akumulacije, ekstremnije nego dosadašnje.

Dakle, bezgranična je besmislica tvrdnja da se sprječavaju poplave, kada se naprotiv radi sasvim suprotno te se potpuno poplavljuje i uništava Gornji Kosinj, a što nije bilo nikada u povijesti.

## **5. VODOOPSKRBA**

### **5.1. Kvaliteta vode**

Vode obiju rijeka, Like i Gacke, općenito su dobre kakvoće. Bonitet je u pravilu u klasi II. Jedino je dio Sjevernog kraka Gacke, onaj koji prolazi kroz grad Otočac, u lošem stanju (uobičajeno V klasa). On je onečišćen prvenstveno septičkim jamama, a zbog malog dotoka kroz ustavu Vivoze dodatno uneređen. Taj mali protok odmah nakon izlaza vodotoka iz grada (kod Starog sela) završi u ponorima. Nažalost to su ponori kojima se prihranjuje izvorište Klenovička Žrnovnica.

U slučaju pojave velikih voda izdašnije su pritoke Sjevernog kraka potoci Zdravac, Bukarinovac i Sekizovac. Ti vodotoci su zapušteni, a osobito izdašniji Sekizovac i Bukarinovac. Njihovo onečišćenje je znatno. Osim uobičajenog otpada i smeća na potocima Sekizovac i Bukarinovac moguće je zagađenje i odbačenim vojnim materijalom zaostalim iz Domovinskog rata (spomenuti potoci prolazili su crtom razgraničenja). Taj materijal može biti i toksičan i radioaktivan. Takav otpad, odnosno njegovi nusprodukti, vodotokom Sjevernog kraka dolazi do kanala Marasi i tamo se ulijeva te kroz tunel HE Senj završava u vodovodu na Hrmotinama.

Iz svega navedenoga slijedi da je radi kvalitetne vodoopskrbe Senja i primorja, ali i područja Novog Vinodola i Crikvenice nužno hitno urediti Sjeverni krak Gacke te posebno njegove pritoke Sekizovac i Bukarinovac.

Od promatranih mogućih inačica dogradnje HES Senj s HE Kosinj ili HE Švica, potonja ima prednosti. Inačica dogradnje s akumulacijom i HE Kosinj pogoršati će kvalitet vode za vodoopskrbu u odnosu na postojeće stanje. Idejnim projektima iz 80-tih godina pretpostavljen je

minimalni volumen akumulacije Kosinj od deset hm<sup>3</sup>. Na temelju tog podatka obavljena je simulacija rada novog sustava na matematičkom modelu. Simulacija ukazuje na to da u određenim višegodišnjim razdobljima (napr. 1982.-1991.g.) nova akumulacija Kosinj, uz pretpostavljeni režim rada za proizvodnju vršne energije, ne može doseći najvišu kotu, te da je zapravo većinu vremena (>50%) na koti minimuma. Ovo saznanje uz dodatne činjenice: pridneni dotok vode u novu akumulaciju Kosinj iz postojeće akumulacije Kruščica, mnogo organskih tvari prilikom prvog punjenja, slabo strujanje vode, plitki rukavci nove akumulacije, dublje prodiranje sunčevih zraka, zagrijavanje jezera, dva puta ispuštena pridnena voda dovodi do zaključka da će se ubrzati proces eutrofikacije. Kako se vode Like i Gacke miješaju u omjeru 1,6:1 to će pogoršanje kvaliteta vode na ispustu iz akumulacije Kosinj u navedenom omjeru utjecati na kvalitet vode u vodovodu Hrmatine.

Inačica s HE Švica u osnovi ne mijenja postojeće stanje kvalitete vode, ali ima jednu veliku prednost. Na lokaciju Hrmatine dolaze vode iz dva smjera: kroz postojeći tunel Gusić polje – Hrmatine, s vodom iz rijeke Gacke, dok kroz drugi tunel Švičko jezero – Hrmatine dolaze pomiješane vode Like i Gacke. Dakle, vodopskrbno postrojenje na Hrmatinama može izabrati dotok s boljom kakvoćom vode, a očekivano ja da to budu vode Gacke kroz postojeći tunel.

## **5.2. Raspoloživost vodoopskrbnog sustava**

Razmotriti će se dva slučaja koja su važna za raspoloživost vodoopskrbe vezane za hidroenergetski sustav Senja. Prvi je slučaj ekološkog incidenta na dijelu vodotoka, a drugi je havarija većih razmjera koja onemogućuje protok vode na određenim dionicama. Usporediti će se moguće inačice dogradnje HES Senj.

U slučaju težeg ekološkog incidenta u inačici s akumulacijom Kosinj i HE Senj 2 na cijelom vodotoku Gacke od izvora do Hrmatina nema mogućnosti za opskrbu pitkom vodom na Hrmatinama. Donekle, postoje ograničene mogućnosti intervencije u slučaju incidenta do brane Vivoze. Tada se Gacka može preusmjeriti u sjeverni krak. Ali, u slučaju da je dotok Gacke znatniji ta će se zagađena voda opet prelići u kanal Marasi i tako dospjeti u vodoopskrbni sustav. U slučaju težeg incidenta na rijeci Lici s njenim pritokama od izvora do Selišta postoji rješenje. Ta se zagađena voda može preusmjeriti u ponore na dnu Lipovog polja.

U slučaju ekološkog incidenta na bilo kojoj točki vodotoka u inačici dogradnje s HE Švica i CHE Senj moguće je izoliranje tog dijela od preostalog, te će jedan od dovodnih tunela iz Like moći do Hrmatina odvesti vodu za piće.

Veća havarija koja onemogućuje rad vodoopskrbnog sustava može biti posljedica prirodnih nepogoda. Kao najneugodnija pretpostaviti će se potres. U slučaju jačeg potresa moguća su oštećenja hidrotehničkih objekata. Pri tome su oštećenja na otvorenim vodotocima

(kanalima) manje značajna, jer se uz pomoć mehanizacije mogu brzo sanirati (dobra raspoloživost). Puno veći problem su oštećenja tunela, i zato jer su nakon urušavanja moguća dodatna sekundarna oštećenja vodom, ali i radi toga jer je njihova sanacija složena i dugotrajna. Zbog toga će se u modelu pouzdanosti razmatrati samo oni. Proračun će se napraviti za postojeće stanje te obje inačice matematičkom metodom. Intenzitet kvara ( $\lambda$ ) po kilometru tunela procijeniti će se na temelju vjerojatnosti da se katastrofalni kvar, odnosno potres koji će ga prouzročiti dogodi jednom u 250 godina. Iz navedenoga slijedi da je proračun hipotetski i svrha mu je samo da pokaže u kojem su odnosu glede pouzdanosti različite inačice dogradnje HES Senj. Rezultati proračuna su ovi:  $R_{\text{postojećeg sustava}} = 0,8187$ ,  $R_{\text{Kosinj + HE Senj 2}} = 0,8829$  i  $R_{\text{Švica + CHE Senj}} = 0,9724$ . Vidljivo je da je inačica s HE Švica daleko pouzdanija od one s akumulacijom Kosinj. To je posljedica dviju paralelnih veza duž značajnijeg dijela hidroenergetskog sustava.

Osim spomenutoga u svezi pouzdanosti i raspoloživosti posebno treba naglasiti tzv. pogodnost održavanja koja je puno bolja u inačici s HE Švica i CHE Senj. Naime, upravo zbog dva paralelna, ali i međusobno spojena sustava, moguće je fleksibilnije upravljanje dotocima. Tako se u toj inačici bez gubitaka vode, odnosno energije, komotno mogu održavati hidrotehnički objekti na dionici od Gornje Švice pa do Hrnotina. U inačici s akumulacijom Kosinj nije moguće održavanje bez gubitaka dionice od Gornje Švice do bazena u Gusić polju.

### **5.3. Sjeverni krak Gacke**

Trasiranjima podzemne vode iz ponora u Sjevernom kraku Gacke (Bikina jama neposredno nakon izlaska sjevernog kraka iz grada Otočca), te ponora Perinka u Donjem Švičkom jezeru dokazana je povezanost s izvorima Klenovačke Žrnovnice. Nakon izgradnje hidroenergetskog sustava Senj sredinom 60-tih godina prošlog stoljeća Južni krak Gacke je presušio (ponor Perinka), a tijekom i nakon Domovinskog rata isto se dogodilo sa Sjevernim krakom Gacke (ponor Bikina jama i dr.).

Klenovačka Žrnovnica je kvalitetno i vrlo značajno primorsko izvorište s vodom najvećim udjelom iz područja Like. To izvorište vodom oskrbljuje područje Crikveničke rivijere. Dogradnjom hidroenergetskog sustava Senj, posebno u inačici s akumulacijom i HE Kosinj izdašnost tog izvora će se dodatno smanjiti.

Renaturalizacijom sjevernog kraka Gacke i naravno uređenjem (otvaranjem) ponora na području Otočca, poboljšala bi se izdašnost izvorišta Klenovačke Žrnovnice. To se može izvesti jednostavnim zahvatima.

## 6. OSTALO

### 6.1. Okoliš

U inačici s akumulacijom Kosinjska devastira se preko 2000ha kvalitetnih staništa (Kosinjska dolina, Gusić polje). Također se uništavaju vodotoci, dio rijeke Like i značajniji dio potoka Bakovca s izvorima, u Kosinjskoj dolini. Ono što je najvažnije uništava se povijesno selo Gornji Kosinjski sa svim svojim obilježjima (crkvama, školama, grobljima...). Dok se flora i fauna spomenutog područja može djelomično obnoviti na nekom drugom mjestu, to nije moguće s žiteljima tog kraja, odnosno, sve ono što je postojalo tisućama godina, a što je stvarano ljudskim radom biti će uništeno. Osim uništavanja Kosinjske doline izgradnja akumulacije negativno će utjecati na mikroklimatske prilike šireg područja, svojstva rijeke Like nizvodno od akumulacije, te posebno na poplave na području doline Gacke.

U inačici s HE Švica uništava se oko 40ha na lokaciji Stražbenica, radi izgradnje gornjeg bazena crpne hidroelektrane. Spomenuti lokalitet je bez ikakvih tragova ljudskog djelovanja (niti pregradni zidovi). S druge strane pojava vode na takvom mjestu može imati pozitivan učinak.

Velika prednost inačice s HE Švica je da se njome renaturaliziraju vodotoci Sjevernog i Južnog kraka Gacke (a što se ne čini u inačici s akumulacijom Kosinjski). Duljina sjevernog kraka Gacke od brane Vivoze do kanala Marasi je oko 20km. Sada je to suho, obraslo i zapušteno jalovo korito koje oživi tek par dana svakih nekoliko godina u slučajevima velikih vodnih valova. Duljina rijeke Gacke od izvora do Vivoza odnosno utoka u Sjeverni krak je oko 10km. Dakle, renaturalizacijom Sjevernog kraka dobilo bi se dodatnih oko 20km vodotoka vrhunske kvalitete rijeke Gacke (dva puta više nego što je sadašnji tok Gacke). Takav vodotok nije samo stanište kvalitetnih ribljih vrsta, nego i specifične flore, te posljedično ostalih predatorskih vrsta. Za razliku od sadašnjeg glavnog toka rijeke Gacke, koji je poprilično izložen urbanim utjecajima vodotok Sjevernog kraka je izoliran i prilično van ljudskog utjecaja.

Renaturalizacija Sjevernog kraka Gacke bi povratila prirodno stanje, ono kakvo je bilo prije izgradnje postojećeg hidroenergetskog sustava Senj na oko 1.000 ha uz vodotok Sjevernog kraka. Izdvojiti će se tek jedna vrsta specifična i značajne glede ekologije, a koja bi mogla naći svoj dom na području Sjevernog kraka Gacke, a to je vidra. Sjeverni krak je prikazan kao njeno potencijalno stanište. Njena pojava značila bi da se obnovio cijeli prehrambeni lanac.

Također bi se obnovio i Južni krak Gacke duljine oko pet kilometara s Donjim Švičkim jezerom. Osim vodotoka Gacke sa sedrenim barijerama, posebno je značajna fauna Švičkog jezera. Kao dokaz potpuno obnovljene flore i faune tog jezera trebao bi biti povratak jegulje. Posebnu ulogu u povratku jegulje u Liku trebao bi imati ponor Perinka uređen na poseban način. Svrha tog uređenja bila bi osim proizvodnje električne energije, povratak jegulje u jezero te napajanje izvora u Klenovici.

## **6.2. Poljoprivreda**

Tvrđi se da će se izgradnjom akumulacije Kosinj omogućiti navodnjavanje preostalog dijela Lipovog polja te da će se zbog sprječavanja poplava omogućiti uzgoj ozimih kultura i to će doprinijeti razvoju poljoprivrede.

Navodnjavanje Lipovog i Kosinjskog polja tehnički je izvedivo i sada iz akumulacije Kruščica, ali je činjenica da osim što ono nije izvedeno, trenutno se stanovnicima Kosinjske doline priječi korištenje voda Like koju su koristili od prapovijesti. Žitelji Kosinjske doline rijetko uzgajaju ozime kulture. Kulture koje uzgajaju su potvrđene stoljetnim uspješnim i ekološkim uzgojem i glede plodoređa i glede odnosa biljka prijatelj. Takav uzgoj uz minimalnu upotrebu pesticida i sličnih kemikalija je nužan, jer je slivno područje rijeka Like i Gacke izvor pitke vode ne samo za Liku nego i za obalno područje, sve od Novog Vinodolskog do Raba. Konačno treba shvatiti da novi sustav HES Kosinj neće spriječiti poplave, te da one mogu biti dramatičnije nego današnje, pa je time ideja o uzgoju ozimih kultura u Lipovom polju loša.

Istina je da se izgradnjom akumulacije Kosinj uništava oko 600hA obradivog zemljišta vrhunske kvalitete, te još oko 600hA pašnjaka u Kosinjskoj dolini. Za razliku od varijante s HES Kosinj inačica s HE Švica i renaturalizacijom Sjevernog kraka Gacke omogućava navodnjavanje uz vodotok dug 20km i oživljavanje davno napuštenih pojilišta te time razvoj proizvodnje poljoprivrednih kultura i razvoj stočarstva, kakav je bio prije više od 50 godina. Naravno, ne uništava se ništa u Kosinjskoj dolini.

## **6.3. Turizam**

U sklopu promocije hidroenergetskog sustava Kosinj u više dokumenata govori se o mogućnosti razvoja turizma nakon izgradnje akumulacije. Akumulacija Kosinj će tijekom korištenja veći dio biti prazna ili poluprazna, a kada se tu i tamo napuni biti će to za zimskih mjeseci, a što glede turizma i nije posebno atraktivno. Primjerice, analizom podataka na matematičkom modelu utvrđuje se da je postojala akumulacija Kosinj ona bi u razdoblju između veljače 1982. i prosinca 1992. (akumulacija je na spomenute datume puna) bila praktično na biološkom minimumu, odnosno prazna. Na takvim obalama nemoguće je organizirati išta smisleno, a kamoli neke turističke sadržaje. Osim toga vizura takvog krajolika s potopljenim naseljem, crkvama i grobljima koji bi izvirivali iz vode nije nešto što privlači. Dakle, ideja o razvoju turizma na obalama akumulacije Kosinj je neprihvatljiva. Da je to tako dokaz je da se na postojećoj akumulaciji Kruščica (iako su oscilacije njenih voda znatno manje) nije ništa izgradilo.

Inačica s HE Švica naprotiv otvara neslućene mogućnosti razvoja turizma te posljedično tome i razvoja gospodarstva. Nepotapanjem Kosinja omogućuje se: uvid i boravak u jednoj od najljepših dolina u Hrvatskoj; etabliranje spoznaja o štampanom glagoljskom Misalu i



glagoljici; upoznavanje sa svim sadašnjim i povijesnim znamenitostima doline, te upoznavanje s hidrogeološkim značajkama krša, koje su gotovo sve na dohvat Kosinja. Ali, najveća dobit inačice s HE Švica je renaturalizacija Donjeg Švičkog jezera te Sjevernog i Južnog kraka Gacke. Švičko jezero ima mnoge značajke slične Bledskom, te nije teško zamisliti kako uz atraktivni Južni krak Gacke, sa sedrenim barijerama, mlinicama i slapovima pred samim jezerom, može biti ekskluzivno turističko i sportsko rekreativno odredište

Kako je energetski nužno da Švičko jezero ima stalnu kotu s minimalnim oscilacijama (metar), oko njega je moguće izgraditi šetnicu i odgovarajuće sadržaje.

Takmičarska duljina veslačke staze je 2000 m. Duljina od zaseoka Švice do polovice Švičkog jezera je oko 2300 m. Takmičarske duljine za kajak i kanu na mirnim vodama su kraće. Jedina olimpijska disciplina na divljim vodama je kajak slalom. Mišljenje je da postoje mogućnosti postavljanja kajak slaloma na dijelu Južnog kraka Gacke od Gornjeg Švičkog jezera do mosta ceste Švica-Krasno. Ako se to ostvari Švica bi bila jedno od rijetkih mjesta na svijetu gdje se na jednom mjestu na prirodnim vodotocima mogu organizirati sve olimpijske veslačke discipline.

Rijeka Gacka poznata je po svojoj jedinstvenoj i vrhunskoj pastrvi. Renaturalizacijom Sjevernog i Južnog kraka Gacke dobilo bi se oko 25 km novih vodotoka s potencijalom za ribičke aktivnosti. Osim toga pojavljuje se i kvalitetno donje Švičko jezero sa mogućnostima lovljenja jezerske ribe (posebno polovica prema mjestu Ponori).

Također je poželjno da zbog ulaznog uređaja za tunel prema CHE Senj dio jezera uz zaseok Ponori bude zatvoreniji za pristup ljudima. To bi omogućilo povratak ptica posebno selica tijekom migracija te razvoj turizma s promatranjem ptica.

#### **6.4. Financiranje**

Kako će hidroenergetski sustav s akumulacijom Kosinj proizvoditi manje energije nego postojeći to je izračun odnosa koristi i troška besmislen. Ali, valja usporediti trošak izgradnje tog cjelokupnog sustava s troškovima inačice s HE Švica. U dva navrata su oni analizirani: u elaboratu iz 2013.g. (lit. [5]) 500:440 mil.€ i 2016.g. 600:500 mil.€ u recenziji upravo spomenutog elaborata. U prvom slučaju je varijanta s akumulacijom Kosinj skuplja 12%, a u drugom najmanje 17%. U oba slučaja su već tada iznosi bili podcijenjeni, ali je činjenica da je razlika osjetna, veća od deset posto.

Druga prednost inačice s jezerom Švica, osim što je jeftinija, su ostale koristi glede gospodarstva na promatranom području, ali i šire. To se prvenstveno odnosi na razvoj turizma te posljedično poljoprivrede. Osim navedenoga poslove kao renaturalizacija vodotoka moguće je većim dijelom financirati sredstvima EU iz tzv. LIFE fonda.

Bez obzira na navedeno temeljna računica za inačicu s jezerom Švica je ta da je tzv. LCoE oko 200€/MWh. Valorizacija zaštita od poplava, poboljšanja kvalitete i pouzdanosti vodoopskrbe, dodatnih dobiti glede turizma i poljoprivrede te njima pratećih djelatnosti nešto smanji navedenu vrijednost. Ali, prava je vrijednost inačice s HE Švica u tome da zbog iznimnih regulacijskih svojstava CHE Senj omogućuje izgradnju novih obnovljivih izvora električne energije (danas prvenstveno VE i FN elektrane) čiji je LCoE iznimno nizak (oko 50€/MWh). Tu osobinu nema inačica s akumulacijom Kosinj.

## **7. ZAKLJUČAK**

Prikazane su dvije mogućnosti dogradnje postojećeg hidroenergetskog sustava Senj: službena varijanta s akumulacijom Kosinj i potapanjem Kosinjske doline, te druga mogućnost koja koristi topografske značajke terena, renaturalizacijom vodotoka Gacke i Donjeg Švičkog jezera s korištenjem dijela Lipovog polja kao retencije te koja ne potapa Kosinjsku dolinu. Prikazano je da su podatci o mogućoj novoj proizvodnji varijante s akumulacijom Kosinj preuveličani, te da će ona biti najvjerojatnije manja od proizvodnje postojećeg sustava. S druge strane alternativna inačica s jezerom Švica imala bi godišnju proizvodnju od oko 230GWh, tri puta veći raspon regulacije, mogućnost uravnoteženja elektroenergetskog sustava te mogućnost izgradnje malih hidroelektrana ukupne proizvodnje oko 40GWh.

Primjerom je pokazano da se već u sadašnjim prilikama uređenjem ponora u Lipovom polju te drugim hidrotehničkim mjerama mogu znatno ublažiti posljedice poplava. Također je pokazano da će i nakon izgradnje akumulacije Kosinj biti poplava te da one mogu biti dramatične. Glede vodoopskrbe alternativna inačica zadržava postojeću kvalitetu vode, ali i nudi mogućnost izbora između voda Gacke i Like. Osim toga omogućuje povećanje izdašnosti izvora u Klenovačkoj Žrnovnici. Također je pouzdanija od varijante s akumulacijom Kosinj, koja pogoršava kvalitet vode.

Varijanta s akumulacijom Kosinj devastira više od 2000hA staništa s povijesnim selom. Alternativna inačica devastira oko 40hA krškog zemljišta na padinama Velebita, ali zato obnavlja floru i faunu na preko 1000hA uz renaturalizirane vodotoke Gacke, a kako je to bilo prije izgradnje postojećeg hidroenergetskog sustava prije više od 50 godina. Dok varijanta s akumulacijom Kosinj uništava oko 1000hA poljoprivrednog zemljišta inačica sa Švicom otvara kvalitetne mogućnosti razvoja poljoprivrede na području Sjevernog kraka Gacke. Opstankom Gornjeg Kosinja te povratkom Donjeg Švičkog jezera, koje ima mnoge značajke slične Bledskom jezeru, stvaraju se neslućene mogućnosti za razvoj turizma.

## Literatura

- [1] <https://www.hep.hr/projekti/hidroenergetski-sustav-senj-2/247>
- [2] Elektroprojekt: Studija o utjecaju na okoliš HES Kosinj, Zagreb, 2016.g.
- [3] O. Bonacci. I. Andrić: Zajednička hidrološka analiza Like i Gacke, Hrvatske vode, Split, 2009.g.
- [4] B. Vrcelj, Z. Tajić: Priprema i praćenje uređenja ponora na području Lipovog polja nizvodno od brane Selište, Zagreb, 2012.g.
- [5] B. Pinčić: Analiza mogućih inačica obnove i dogradnje HES Senj te izgradnje PHE Vinodol, Rijeka, 2014.g.