



Značajne obljetnice hrvatskih hidroelektrana

DESETLJEĆA

U SLUŽBI PROIZVODNJE ZELENE ENERGIJE



O davno je poznato kako su hidroelektrane važan i siguran izvor električne energije u elektroenergetskom sustavu s velikom mogućnošću prilagodbe njegovim potrebama. Ubrajaju se u obnovljive izvore energije i imaju mogućnost točnog predviđanja buduće proizvodnje, što omogućava dobro planiranje i optimiranje proizvodnje energije u kombinaciji s drugim izvorima. One su i višenamjenska postrojenja koja, osim za proizvodnju električne energije, nerijetko služe i za opskrbu vodom, obranu od poplava, zaštitu zemljišta od erozije, navodnjavanje, odvodnju pa i promet.

Nekoliko hidroelektrana iz sastava HEP Proizvodnje ove godine slave značajne obljetnice od puštanja u pogon. To su HE Gojak koja slavi 61 godinu uspješnog rada, HE Peruća koja slavi 60 godinu od puštanja u pogon i HE Sklope koja slavi 50 godina od prve sinkronizacije s mrežom.

Hidroelektrana Gojak	52
Hidroelektrana Peruća.....	54
Hidroelektrana Sklope.....	56

HIDROELEKTRANA GOJAK

► Zgrada
strojarnice
izvana...



► ... i iznutra

Hidroelektrana Gojak je visokotlačno derivacijsko postrojenje snage 57 MW. Nalazi se u Karlovačkoj županiji, oko 5 km sjeveroistočno od Ogulina. Za svoj rad koristi vode dviju ponornica, Zagorske Mrežnice i Ogulinske Dobre, koje su pregrađene branama

čime su formirana akumulacijska jezera Sabljaci i Bukovnik. Od brana tih jezera prema strojarnici HE Gojak voda se do turbina dovodi podzemnim tunelom.

Objekti HE Gojak su građeni u razdoblju 1954. - 1959. godine. Prvobitno projektirana snaga elektrane iznosila je 48 MW, projektirani instalirani protok $50 \text{ m}^3/\text{s}$, a neto pad 118 m. Betonski dovodni tunel duljine 9386 m počinje ulaznom građevinom Sabljaki, i nakon 2309 m na njega se račvom spaja ulazna građevina Bukovnik, dok se na kraju spaja s čeličnim tlačnim cjevovodom kojim se voda dovodi do turbina.

S ciljem poboljšanja sigurnosti rada, smanjenja gubitaka i optimiranja rada agregata, u razdoblju 2000. - 2019. godine revitalizirana je sva oprema i sustavi u elektrani. Ugrađeni su novi blok transformatori 10,5/115,5 kV s nazivnom snagom 25 MV A, nove turbine (Francisove, vertikalne) s nazivnom snagom 24,1 MW i nazivnim protokom $20,5 \text{ m}^3/\text{s}$ zajedno s turbinskom regulacijom, zamijenjen je cjelokupan sustav upravljanja i nadzora, poboljšane su stabilnost i protočnost dovodnog tunela te su zamijenjeni sinkroni generatori snage 25 MV A s pripadajućom opremom i sustavima. Potkraj 2019. godine završeni su i radovi na rekonstrukciji strojarnice HE Gojak, proveden je tehnički pregled i dobivena je uporabna dozvola.

Hidroelektrana sada ima agregate snage $3 \times 22,5 \text{ MW}$ i kućni agregat snage 320 kW. Instalirani protok iznosi $57 \text{ m}^3/\text{s}$, a konstruktivni neto pad 109 m. Agregati HE Gojak su na prijenosni elektroenergetski sustav priključeni preko vanjskog 110 kV postrojenja. Srednja godišnja proizvodnja u cijelom eksploatacijskom razdoblju iznosi 198 GW h.

Hidroelektrana je do sada proizvela ukupno 11 933 847 470 kW h (11,93 TW h). Omjer instaliranog protoka i srednjeg dotoka ubraja je u hidroelektrane s tjednom regulacijom. Kada je puštena u pogon s priključkom na 110 kV mrežu, predstavljala je vrlo značajan izvor električne energije u zapadnom dijelu hrvatskog EES-a.

Uz to, regulacijom vodotoka postignuta je bolja zaštita od poplava Ogulina i okolnih naselja. Ublažavanje štetnih utjecaja nastalih potapanjem poljoprivrednih površina uz obale rijeka Zagorske Mrežnice i Ogulinske

► Strojarnica s
generatorima





proizvodno postrojenje	HE Gojak A , B, C
aktualni raspoloživi proizvodni kapacitet, MW	57
sliv	Ogulinke Dobre i Zagorske Mrežnice
tip elektrane	akumulacijska visokotlačna derivacijska hidroelektrana
tip agregata	tri Francisove turbine
proizvod	• električna energija • pomoćne usluge (tercijarna regulacija, crni start, otočni pogon)
instalirani protok, m ³ /s	3 × 19
godina puštanja u pogon / revitalizacije	1954. / 2019.
spoj glavnih agregata na EES, kV	110 (HOPS)

◀ Osnovni podaci o HE Gojak

Dobre postignuto je uređenjem sportsko-rekreativnih sadržaja, poribljavanjem jezera i stalnim mjerenjem i praćenjem kvalitete vode.

Elektrana ima uveden i certificiran Sustav upravljanja okolišem, kvalitetom i energijom sukladno ISO 14 001 : 2015, ISO 9001 : 2015 i ISO 50 001 : 2011.

Uz proizvodnju električne energije, HE Gojak pruža i pomoćne usluge sustavu (tercijarna regulacija, crni start, otočni pogon). Elektrana je organizacijski vodeća u grupi Glavne elektrane (GHE) Gojak, u kojoj su još i HE Lešće i HE Ozalj 1 i 2, a dio je Proizvodnog područja Zapad, a upravljanje proizvodnjom odvija se iz Centra proizvodnje Zapad.



◀ Stari...

▼ ... i novi generatori



▼ Proizvodne jedinice u sastavu postrojenja HE Gojak

proizvodno postrojenje	priljučna snaga na obračunskom mjestu, MW	tip agregata	proizvodi	sliv / vodotok	godina izgradnje	godina revitalizacije	spoj na naponsku razinu, kV
HE Gojak	57 (EES: 60)				1959.		
agregat A	22,5 (EES: 25)	Francisova turbina + trofazni sinkroni generator	električna energija	Crnomorski (Zagorska Mrežnica, Ogulinska Dobra)	1959.	2017.	110
agregat B	22,5 (EES: 25)	Francisova turbina + trofazni sinkroni generator	električna energija	Crnomorski (Zagorska Mrežnica, Ogulinska Dobra)	1959.	2018.	110
agregat C	22,5 (EES: 25)	Francisova turbina + trofazni sinkroni generator	električna energija	Crnomorski (Zagorska Mrežnica, Ogulinska Dobra)	1959.	2019.	110
kućni agregat	0,32	Francisova turbina + trofazni sinkroni generator (horizontalno vratilo)	električna energija	Crnomorski (Zagorska Mrežnica, Ogulinska Dobra)	1959.		35



HIDROELEKTRANA PERUĆA



▲ Pogled na branu i zgradu strojarnice iz zraka

Hidroelektrana Peruća je akumulacijska pribranska hidroelektrana snage 61,2 MW. Nalazi se u Splitsko-dalmatinskoj županiji, uz branu Peruća na rijeci Cetini i udaljena je 16 km uzvodno od Sinja.

Akumulacijsko jezero Peruća je prva akumulacija elektroenergetskog sustava na Cetini. Najveća je akumulacija u Hrvatskoj i ima korisni volumen 565 hm³. Brana akumulacije Peruća visine 65 m izgrađena je 1958. godine na suženome dijelu kanjona rijeke, između sela Satrića i Gornjeg Bitelića, oko 25 km od izvora Cetine. Njezina je osnovna namjena stvaranje akumulacije vode uz optimiranje njezinih količina za rad hidroelektrane tijekom sušnog razdoblja, ali i rješavanje pro-

blema velikih voda u kišnom razdoblju, koje su ranije uzrokovale poplave u Hrvatačkome i Sinjskom polju koja se nalaze nizvodno od brane.

Elektrana je u pogon puštena 1960. godine, netom nakon izgradnje akumulacije. Ima dva agregata s Francisovim turbinama i sinkronim generatorima koji su prvobitno imali pojedinačnu snagu 20,8 MW, što znači da je ukupna snaga postrojenja u vrijeme puštanja u pogon iznosila 41,6 MW. Za dovod vode na turbine u brani je izgrađen tunel promjera 6,7 m i ukupne duljine 300 m. Strojarnica s agregatima i rasklopno postrojenje smješteni su pri dnu brane na nizvodnoj strani.

Elektrana je uspješno radila sve do Domovinskog rata, kada je u rujnu 1991. godine okupirana. Okupacija je trajala do siječnja 1993. godine kada je brana teško oštećena miniranjem. Postrojenje HE Peruća je nakon miniranja u cijelosti bilo potopljeno, naplavljeno muljem i ostalim naplavnim materijalom i teško oštećeno od samog miniranja. No, već je do 1995. godine brana sanirana i nadvišena za 1,5 m, čime je povećan volumen akumulacije i povišena dopuštena razina. U razdoblju 2004. - 2008. zamijenjena su oba agregata, pomoćni pogoni, sustav upravljanja, zaštite i signalizacije, čime je završena zamjena postojeće dotrajale temeljne opreme. Time je snaga elektrane povećana na današnju vrijednost od 61,2 MW.



► Zgrada strojarnice u podnožju brane



proizvodno postrojenje	HE Peruća A, B
aktualni raspoloživi proizvodni kapacitet, MW	60
sliv	Cetine
tip elektrane	akumulacijska pribranska hidroelektrana
tip agregata	dvije Francisove turbine
proizvodi	<ul style="list-style-type: none"> • električna energija • pomoćne usluge (tercijarna regulacija, crni start, otočni pogon)
instalirani protok, m ³ /s	2 × 60
godina puštanja u pogon / revitalizacije	1960. / 2004. - 2008.
spoj glavnih agregata na EES, kV	110 (HOPS)

◀ Osnovni podaci o HE Peruća



Elektrana ima uveden i certificiran Sustav upravljanja okolišem, kvalitetom i energijom sukladno ISO 14 001 : 2015, ISO 9001 : 2015 i ISO 50 001 : 2011.

Elektrana organizacijski pripada grupi Glavne elektrane (GHE) Orlovac i dio je Proizvodnog područja Jug, dok se upravljanje proizvodnjom odvija iz Centra proizvodnje Dalmacije.

▲ Unutrašnjost strojnice s električnim generatorima

▼ Proizvodne jedinice u sastavu postrojenja HE Peruća

proizvodno postrojenje	priključna snaga na obračunskom mjernom mjestu, MW	tip agregata	proizvodi	sliv / vodotok	godina izgradnje	godina revitalizacije	spoj na naponsku razinu, kV
HE Peruća	61,2		električna energija	šire slivno područje Cetine	1960.		110
proizvodna jedinica A	30,6	vertikalni hidroagregat	električna energija	šire slivno područje Cetine	1960.	2004.	110
proizvodna jedinica B	30,6	vertikalni hidroagregat	električna energija	šire slivno područje Cetine	1960.	2007.	110



HIDROELEKTRANA SKLOPE



▲ Brana i elektrana iz ptičje perspektive

Hidroelektrana Sklope je pribransko hidroenergetsko postrojenje snage 22,5 MW koje koristi hidropotencijal voda rijeke Like. Elektrana se nalazi u Ličko-senjskoj županiji,

poviše Kosinjskog polja, uz branu akumulacije Kruščica. Akumulacijsko jezero Kruščica nastalo je u kanjonu Like izgradnjom nasute brane Sklope, na bruto padu od oko 70 m. Na-



► Strojarnica i ispušt pri dnu brane

POSEBAN PRILOG: HRVATSKI ENERGETSKI PROJEKTI



proizvodno postrojenje	HE Sklope A
aktualni raspoloživi proizvodni kapacitet, MW	22,50
sliv	Like
tip elektrane	akumulacijska pribranska hidroelektrana
tip agregata	Francisova turbina
proizvodi	<ul style="list-style-type: none"> • električna energija • pomoćne usluge (tercijarna regulacija)
instalirani protok, m ³ /s	45
godina puštanja u pogon	1970.
spoj glavnih agregata na EES, kV	110 (HOPS)

◀ Osnovni podaci o HE Sklope

čin rada HE Sklope usklađuje se s potrebama reguliranja rijeke Like (bujičnog karaktera) i potrebama rada HE Senj.

Elektrana je izgrađena za samo jednu godinu, pet mjeseci i 24 dana, što je predstavljalo veliko dostignuće u izgradnji takvih elektroenergetskih objekata. Prva vrtnja generatora obavljena je u listopadu 1969., a elektrana je sinkronizirana s mrežom u siječnju 1970. godine.

Izgradnjom brane Sklope visine 81 m i duljine u kruni 210 m u kanjonu Like nastalo je jezero Kruščica čiji korisni volumen iznosi $128 \cdot 10^6$ m³ kod najvećeg radnog vodostaja 554 m nadmorske visine. Pri tome je bilo nužno potopiti naselje Sveti Ilija s istoimenom crkvom i njegove zaseoke. Sliv Like do Kosinjskog mosta, nizvodno od brane, ima površinu 1125 km², od čega je 975 km² do akumulacije Kruščica i nalazi se na nadmorskoj visini većoj od 480 m NM.

Brana ima zonirani poprečni presjek s koso položenom glinenom jezgrom koja je od unutarne erozije zaštićena dvoslojnim filtrima, dok su potporne zone izvedene od kamenog materijala. Krana brane je na koti 557,00 m NM, a najviši radni vodostaj, kako je ranije spomenuto, na koti 554 m NM. Volumen tijela brane iznosi 820 000 m³. U tijelo brane ugrađena je injekcijska galerija, ulazni uređaj s tunelom za temeljni ispus i ulazni uređaj s

tunelom i tlačnim cjevovodom kao dovodom do HE Sklope. Na desnoj strani brane izveden je preljev kapaciteta 1300 m³/s, koji tunelom u stijeni uz desni bok brane odvodi prelivne vode nizvodno od brane i strojarnice elektrane.

U hidroelektrani je ugrađen agregat snage 22,5 MW u vertikalnoj izvedbi. Tu je i spiralna Francisova turbina sa snagom 23,5 MW i instaliranim protokom 45 m³/s. Generator ima snagu 25 MV A, faktor snage $\cos \varphi = 0,9$ i automatsku regulaciju napona. Elektrana je na 110 kV elektroprijenosnu mrežu spojena preko trafostanica Lički Osik i HE Senj.

Postrojenje HE Sklope danas prosječno proizvodi oko 85 GW h električne energije godišnje, dok je maksimalna godišnja proizvodnja ostvarena 2014. godine i iznosila je 132 GW h godišnje.

Elektrana ima uveden i certificiran Sustav upravljanja okolišem, kvalitetom i energijom sukladno ISO 14 001 : 2015, ISO 9001 : 2015 i ISO 50 001 : 2011.

Uz proizvodnju električne energije, HE Sklope pruža i pomoćne usluge sustavu (tercijarnu regulaciju). Organizacijski pripada u grupi Glavne elektrane (GHE) Senj, koja je dio Proizvodnog područja Zapad i upravljanje proizvodnjom odvija se iz Centra proizvodnje Zapad.

▼ Proizvodne jedinice u sastavu postrojenja HE Sklope

proizvodno postrojenje	priključna snaga na obračunskom mjernom mjestu, MW	tip agregata	proizvodi	sliv / vodotok	godina izgradnje	godina revitalizacije	spoj na naponsku razinu, kV
HE Sklope	22,5			Lika			110
agregat 1	22,5 (EES: 24 MW)	Francisova turbina + trofazni sinkroni generator	električna energija	Lika	1966.		



▲ **Vizualizacija
rekonstrukcije HE
Sklope u sklopu
budućeg HES Kosinj
- HE Senj 2**

Elektrana je ujedno važan dio projekta Hidroenergetskog sustava Kosinj - Hidroelektrane Senj 2 čije je ostvarivanje nakon više godina priprema već započelo. Naime, već u prvoj fazi tog projekta predviđena je rekonstrukcija postojeće HE Sklope, što podrazumijeva:

- nadvišenje objekta strojarnice na razinu koja je za 3 m viša od maksimalne razine u budućem jezeru Kosinj
- zamjenu postojeće Francisove turbine novom, Kaplanovom
- izradu novog pristupnog mosta na plato strojarnice
- izdizanje šahta temeljnog ispusta
- izradu pristupnog mosta od platoa strojarnice do šahta temeljnog ispusta
- izradu novog preljeva u lijevom boku brane Sklope
- zamjenu postojećeg rasklopišta i sustava upravljanja. ■



Hrvatska elektroprivreda d.d.
Ulica grada Vukovara 37
10 000 Zagreb
tel.: 01/ 632 21 11, 01/ 617 04 30
www.hep.hr