

# Prvi cjeloviti višefazni elektroenergetski sustav na svijetu – Krka Šibenik

Dr. sc. **Ninoslav Holjevac**,

Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, [ninoslav.holjevac@fer.hr](mailto:ninoslav.holjevac@fer.hr)

Prof. dr. sc. **Igor Kuzle**, član suradnik HATZ-a,

Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, [igor.kuzle@fer.hr](mailto:igor.kuzle@fer.hr)

***Sažetak:** Značajni iskoraci u razvoju elektrotehnike učinjeni su u 19. stoljeću. To je vrijeme Tesline prve hidroelektrane Niagara Falls na rijeci Niagari te vrijeme uspostavljanja prvih električnih sustava na području Europe. Manje je poznato da se u to vrijeme veliki pothvat događao i u Hrvatskoj što je i prepoznato u međunarodnoj stručnoj javnosti 2013. godine. Hidroelektrana Krka (kasnije nazvana Jaruga I) na slapovima rijeke Krke uvrštena je na popis povijesno važnih inženjerskih iskoraka u svijetu kroz IEEE-ov program Milestone (Miljokaz) kao najstarija izmjenična hidroelektrana na ovom prostoru i sastavnica jednog od prvih cjelovitih elektroenergetskih sustava u svijetu. Ovaj rad predstavlja povijesnu pozadinu i aktivnosti vezane uz nastajanje sustava Krka-Šibenik koji su doveli do njezinog puštanja u pogon 1895. godine te kasnije promjene i rad hidroelektrana na toj lokaciji kroz preko stoljeća dug radni vijek.*

***Gljučne riječi:** IEEE Milestone, Krka Šibenik, prvi cjeloviti izmjenični elektroenergetski sustav*

## 1. Uvod i povijesni pregled

Krajem 19. stoljeća događali su se veliki iskoraci u razvoju elektrotehnike. Otvaranjem elektrane u centrali *Pearl Station* na Manhattanu 1882 *Thomas Edison* je uveo prvi komercijalni sustav javne rasvjete i opskrbe električne energije na istosmjernom naponu [1]. Slijedio je niz izgradnji istosmjernih centrala koje su električnom energijom napajale urbane sredine. Do 1887 bilo je na području SAD-a preko 120 takvih elektrana koje su se primarno koristile z napajanje javne rasvjete. Korištenje istosmjernog sustava pokazalo se neučinkovito za prijenos na veće udaljenosti zbog velikih gubitaka. Stoga se potrebe za gradnjom proizvodnih jedinica blizu centara potrošnje te korištenje značajnog presjeka vodiča ubrzo napustilo. Dodatan problem

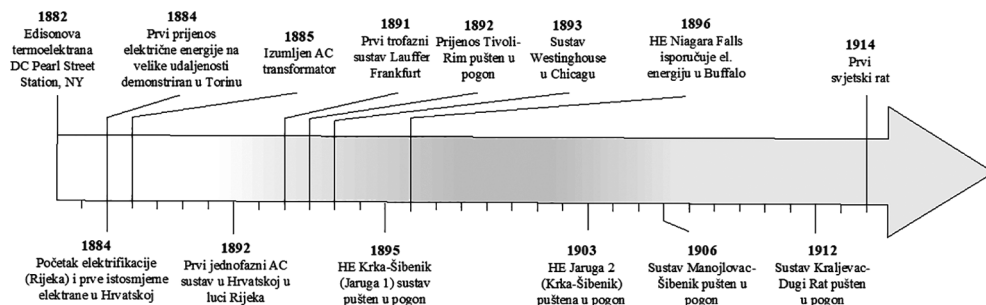
tih sustava bilo je i njihovo gotovo isključivo korištenje za rasvjetu što je zahtijevalo ugradnju akumulatorskih baterija kako bi se pokrivalo veliko noćno opterećenje. Sve ovo navodi do zaključka da se ovakvi sustavi koji nisu mogli omogućiti spajanje udaljenih korisnika i koji nisu efikasno zadovoljavali potrošnju nisu mogli smatrati cjelovitim elektroenergetskim sustavima. Cjelovitim sustavom mogu se smatrati sustavi koji efikasno integriraju proizvodnju, prijenos, distribuciju i potrošnju [2]. Rješenje za to pružili su sustavi s izmjeničnom strujom koji su koristili transformatore za promjenu naponske razine. To je prikazano na sajmu u Chicagu 1893. gdje je *Westinghouse* prikazao primjer takvog sustava. Prva elektrana *Niagara Falls* otvorena 1895. imala je 3 dvofazna generatora, svaki snage 5000 konjskih snaga i s nominalnim naponom 2200 V te nominalnom frekvencijom 25 Hz. Prijenosni sustav do grada *Buffalo* udaljenog 43 km od elektrane pušten je u pogon tek 1896.

Dva konkurentna koncepta, *Edisonom* "DC" i *Westinghouseov* i *Teslin* "AC", u periodu od 1885. do 1895. su se borila za prevlast [3]. Nikola Tesla je u obraćanju tadašnjem udruženju inženjera elektrotehnike AIEE, današnjem IEEE, dokazivao dobrobiti korištenja transformacije te mogućnosti korištenja izmjeničnih motora. Tome u prilog su išli izgradnjom prvog prijenosa električne energije u Italiji "*Esposizione Generale Italiana*" koristeći alternator koji je izradio Siemens preko udaljenosti od 50 km [4]. Alternator je bio 2000 V, 133 Hz [5]. Otprilike u isto vrijeme u Torinu su *Zipernowsky*, *Deri* i *Blathy* za mađarsku kompaniju *Ganz* izradili izmjenični generator [6]. U svojim istraživanjima izradili su i konstrukciju AC transformatora u izvedbi sličnoj današnjoj, "*ZBD transformator*" izvedbi, koji se koristio za transformaciju prijenose razine napona na distribucijsku razinu napona, tzv. "step-down".

Svi ovi događaji odražavali su se i na Hrvatsku koja nije nimalo zaostajala s razvojem u ovom području te je prvi cjeloviti višefazni izmjenični sustav nastao upravo ovdje. To je ujedno i glavna tema ovoga rada te će kroz nadolazeća poglavlja biti opisani povijesni događaji u Hrvatskoj koji su označili razvoj elektroenergetike s posebnim naglaskom na Krka-Šibenik sustav. Dodatan značaj i prepoznatljivost Hrvatske i Krka-Šibenik sustava ostvarena je kroz uključivanje ovog inženjerskog dostignuća među najvažnije događaje za razvoj tehnike kroz program *Milestone* koji provodi najveća svjetska stručna udruga IEEE (eng. *Institute of Electrical and Electronics Engineers*) te će dio rada biti posvećen tome.

## 2. Razvoj elektroenergetike u Hrvatskoj

U vrijeme brzog razvoja elektroenergetika na kraju 19. stoljeća Hrvatska je bila dio Austro-Ugarske monarhije. Jedan od pokretača razvoja je bila mađarska kompanija *Ganz* koja je u to vrijeme gradila dvofazne sustave po Europi [7], među kojima je najvažnije za spomenuti onaj na rijeci Krki iznad Šibenika.



Sl. 1. Vremenska lenta s događajima značajnim za razvoj elektroenergetike u Europi i svijetu [8]

Značajni događaji u svijetu i u Hrvatskoj koji se odnose na razvoj elektroenergetskih sustava prikazani su na slici dolje (Sl. 1). S donje strane lente vidljivo je da je elektrifikacija započela DC sustavom u gradu Rijeci koji je pušten u pogon prilikom povijesnog događaja otvaranja gradskog kazališta i praizvedbe Verdijeve "Aide" 5. listopada 1885 [9]. Grad Rijeka dobio je i prvi jednofazni AC sustav u svojoj luci gdje je korišten za napajanje motora i dizalica. Vrlo važan događaj je izgradnje hidroelektrane Jaruga 1 na rijeci Krki i prijenosnog sustava do grada Šibenika o čemu će biti dano više detalja u slijedećem poglavlju. Nadalje, na temeljima koje je postavila HE Jaruga 1, za potrebe napajanja industrije napravljena je 1903. hidroelektrana Jaruga 2. I nju je također napravio *Ganz* te je napajala peći za crnicu ukupne snage otprilike 5000 kW (7000 HP) pogonjene s dva agregata s Francis turbinama i generatorom 42 Hz, protoka 15 m<sup>3</sup>/s. Dodatnih 12 km voda, 360 stupova, 4×50 mm<sup>2</sup> Cu (2× 2-faze) i transformatorska stanica 15000/6000/3000 je napravljena.

Na području Šibenika 1906 napravljena je elektrana Manojlovac (HE Miljacka). Od 1902. do 1905. HE Jaruga 1 i HE Jaruga 2 rekonstruirane su za 3-fazni sustav te su kada je Manojlovac dovršen sve spojene u jedna sustav u paralelni rad. Manojlovac je opskrbljivao proširenu tvornicu Crnica koja je tada raspolagala s 30 peći. Imala je 4 horizontalne Francis turbine (6000 HP), 4×5200 kVA generator. Cijeli sustav radio je na nazivnom naponu od 30000 V, 42 Hz te je dodatno konstruirano 35 km dvostrukog bakrenog 30 kV voda, 2×3×62 mm<sup>2</sup> Cu.

Zanimljivost je da je tadašnji trofazni sustav koji je uključivao hidroelektrane Jaruga 1, Jaruga 2 i Manojlovac koristio 30 kV pogonski napon koji je u to vrijeme bio najviši napon generatora u Europi. Generatori su bili spojeni izravno na prijenosni vod te time vrlo osjetljivi na atmosferska pražnjenja koja su bila uzrok čestog pregaranja namota generatora. Njihova zamjena bila je standardna pogonska aktivnost. Nepostojanje prekidača imalo je za posljedicu nemogućnost sinkronizacije svih generatora te je održavanje približno jednakog broja okretaja ovih generatora vršio je operator elektrane temeljeno na praćenju zvuka rotacije. Prijenosni vod imao je

drvene stupove te je svaki kratki spoj sa zemljom uzrokovao njihovo izgaranje što je dovelo do njihove postupne zamjene s čeličnim stupovima. Dodatni problem bilo je često pregaranje izolatora na vodovima što je uzrokovalo često gašenje sustava. Ponovno puštanje u pogon moralo se uskladiti s tvornicom Crnica koju je ovaj prijenosni sustav elektrane Manojlovac napajao skroz do 1943.

Važno je spomenuti HE Kraljevac koja je 1912 godine izgrađena na rijeci Cetini kako bi napajala tvornicu Karbida. Imala je dvije Francis turbine snage 13500 kW koje su pogonile dva generatora 16000 kVA,  $\cos\varphi=0,8$ , nominalnog napona 4 kV i frekvencije 50 Hz. U to vrijeme s ukupnom snagom od 32 MW bila je to među najvećim hidroelektranama u Europi. Dodatno, u to vrijeme transformacija napona s 4 kV na 56 kV izvršavala se s dva uljna transformatora od 16 MVA koji su u vrijeme ugradnje 1912. godine bili najveći u Europi. Prijenos se odvijao preko vodova dugih 23 km da bi se na kraju kod tvornice napon s 51,6 kV transformirao na 15 kV. Iznos gubitaka može se procijeniti na 7-8% koliko je iznosio pad napona. Nakon prvog svjetskog rata HE Kraljevac je proširen s još dva generatora od 26000 kVA te je ta elektrana i danas u pogonu.

No bez obzira na probleme koji su bili prisutni u prvim elektroenergetskim sustavima, kako u Europi tako i u Hrvatskoj, vidljivo je da je razvoj elektroenergetike u Hrvatskoj pratio dinamiku razvoja na svjetskoj razini te da se taj trend nastavio i kroz 20. stoljeće.

### 3. Krka-Šibenik – prvi cjeloviti elektroenergetski sustav

Krka-Šibenik sustav može se smatrati da je prvi cjeloviti višefazni elektroenergetski sustav koji se sastojao od proizvodnje u hidroelektrani Jaruga 1, prijenosa preko 23 kilometra dugog voda, transformacije na niži napon te distribucije do nekolicine kućanstava i sustava javne rasvjete. U pogon je pušten 28. kolovoza 1895. godine.

Važno je primijetiti da je prva izmjenična proizvodnja, hidroelektrana Niagara Falls, bila spojena na prijenosni sustav i udaljenu potrošnju tek godine 1896. Dakle godinu dana nakon puštanja u pogon Krka-Šibenik sustava.

Jednako tako važno je primijetiti da *Ganzov* sustav u Torinu iz 1892. nije bio višefazni izmjenični sustav, već jednofazni sustav.

Prvi izmjenični sustav u Hrvatskoj u gradu Rijeci iz 1892. nije imao prijenosnu i distribucijsku mrežu i sva je električna energija korištena isključivo unutar luke.



Ante Šupuk



Vjekoslav Meichsner

Sl. 2. Ante Šupuk (1838.-1904.), gradonačelnik Šibenika od 1873. do 1903. i Vjekoslav Meichsner (1847.-1916.), gradski glavni inženjer [10]

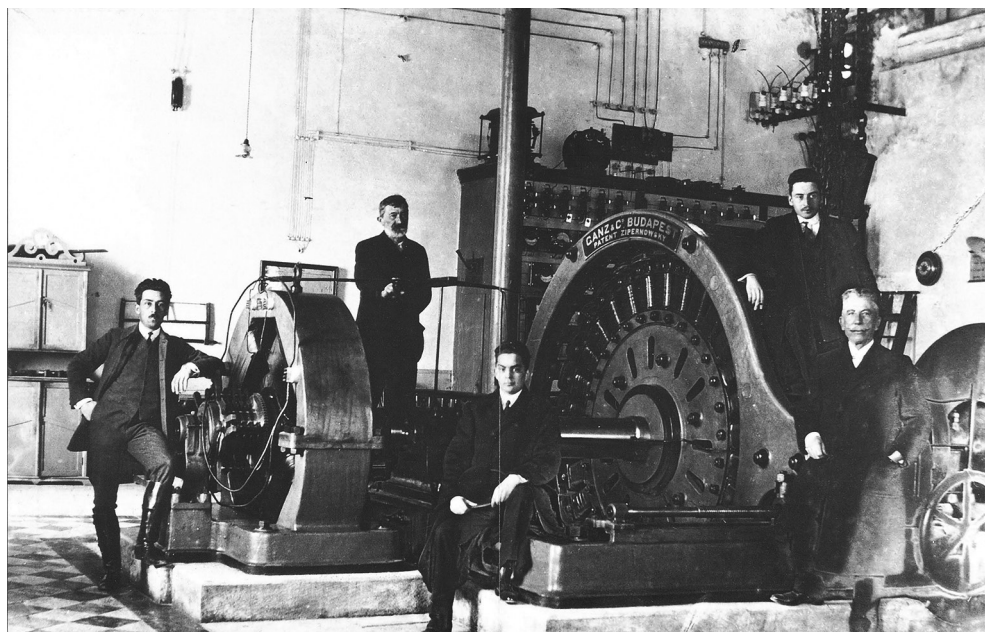
Za ovaj veliki pothvat i razvoj grada Šibenika u to vrijeme najzaslužniji su veliki poduzetnici i vizionari njegov tadašnji gradonačelnik Ante Šupuk i “gradski inženjer” Vjekoslav Meichsner (Sl. 2) koji je u velikoj mjeri osmislio projekt hidroelektrane Jaruga. Njihovim entuzijazmom i sposobnošću grad Šibenik je uvršten kao mjesto na kojemu su se odvijali prvi projekti izgradnje elektroenergetskog sustava kakav danas poznajemo.

To se ne može reći za svaku sredinu, jer je primjerice Nikola Tesla 1892. godine održao predavanje pred Gradskom skupštinom Zagreba gdje ih je poticao da krenu u projekt uvođenja AC sustava i proizvodnje el. energije no ta ideja nije zaživjela jer su izostali ključni vizionari i inženjeri kakve je Šibenik imao.

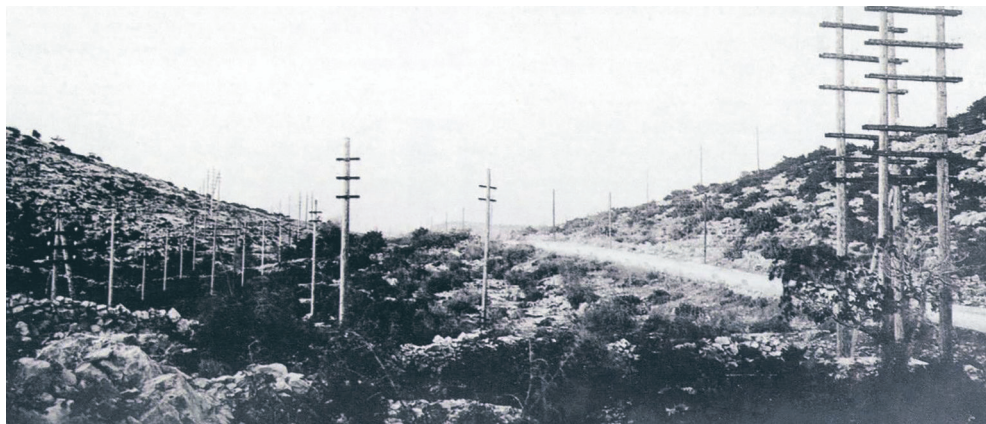
Sve je započelo 7. listopada 1892. kada je Meichsner zatražio dozvolu za izgradnju nove kuće na rijeci Krki od uprave grada Šibenika što je i dobio 2. prosinca iste godine. Meichsner je posjedovao zemlju blizu slapa Skradinskog buka te je imao namjeru unutar kuće konstruirati hidroelektranu. Meichsner je u nadolazećim godinama pripremio nacрте i projekte za izgradnju prve hidroelektrane te istodobno dalekovoda za prijenos i gradske mreže za rasvjetu. Dana 18. prosinca 1893., nakon svih očevida i javnih rasprava, Meichsneru je dodijeljena “Razsuda”, odnosno koncesija za iskorištavanje vode rijeke Krke. Paralelno Meischer osniva društvo zajedno s Antom i Markom Šupukom koje započinje s radom 1. lipnja 1895. godine kada je gradnja bila u punom jeku. Čitav je sustav pušten u pogon 28. kolovoza 1895. “oko dvadesete ure i dvadeset časaka”. Citat u nastavku je iz novina onoga vremena i dočarava uzbuđenje oko puštanja ovog sustava u pogon “... *Jedan, pak,*

*odvojak Krke odveden je i vođen savršenom sigurnošću: raspodijeljena voda spušta se i diže prema potrebi, propušta se ili zatvara pomoću željeznih vrata. Ogromni željezni rotori vrte se velikom brzinom, a da se u toj ogromnoj zgradi ne osjeti ne jedan trzaj. Rekao bih da je to najjednostavnija stvar na svijetu: upravitelj stroja (...) telefonski razgovara sa Šibenikom, viče: "Strojevi rade odlično!" i pita: "Kako je s rasvjetom u gradu?" Dobiva odgovor: "Fantastično! Nije zakasnila! ..."*

Vodna turbina hidroelektrane Krka imala je snagu 320 KS i pad 10 m te je pokretala dvofazni generator A2 firme Ganz iz Budimpešte [11]. Generator je imao nominalni napon od 3000 V i 42 Hz (SI. 3) te je bio izravno spojen na 11 km dug dalekovod s 360 stupova do Šibenika (SI. 4). Na svakom stupu bile su tri konzole od kojeg je najniža nosila telefonsku liniju od hidroelektrane do Vile Meichsner, dok su gornje dvije bile opremljene staklenim izolatorima za po dva vodiča. Razvod u Šibeniku sastojao se od dvije rasklopne stanice i 6 transformatorskih stanica 3000/110V (SI. 5), a Vila Meichsner preuzela je funkciju prvog dispečerskog centra. U firmi Ganz tada je radila nekolicina poznatih inženjera među kojima su već spomenuti Károly Zipernowsky, Miksa Déri i Ottó Bláthy koji su velik broj svojih patenata instalirali upravo u sustavu Krka-Šibenik. U početku je najvažniji potrošač električne energije bila javna rasvjeta te Ante Šupuk sa svojim mlinicama. Električna energija omogućila je ostvarivanje efikasnog pogona u mlinicama obi-



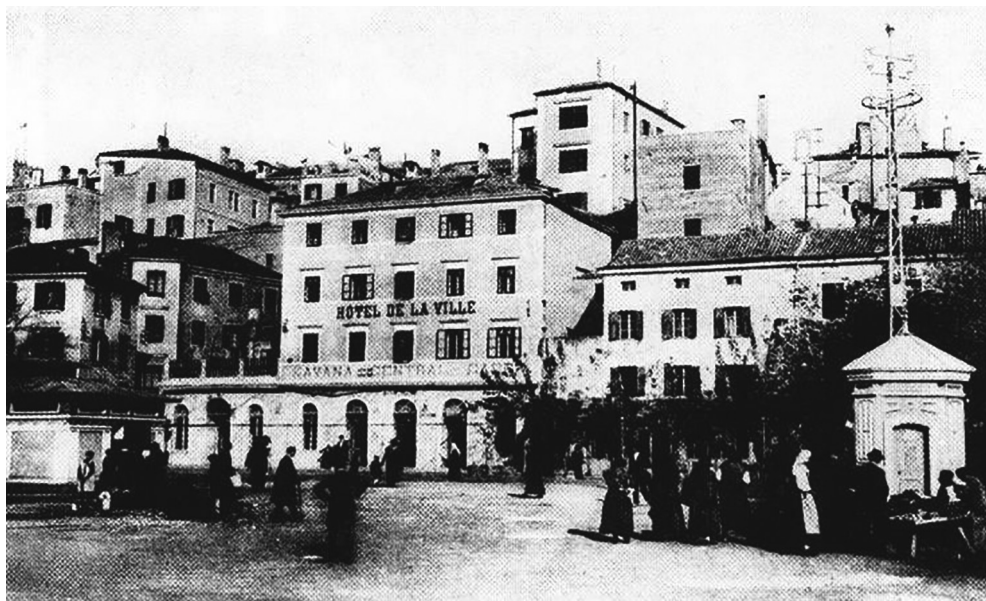
SI. 3. Obitelj Šupuk, Vjekoslav Meichsner i suradnici kod generatora u HE Krka (Jaruga 1) [7]



Sl. 4. Dalekovod od hidroelektrane Jaruga 1 do Šibenika u fazi izgradnje [9]

telji Šupuk koji je stvoreni kapital dalje ulagao te ostvarivao napredak grada Šibenika.

Kućanstva su rijetko uvodila ovu novost zbog straha pa je tek oko 1900. godine “struju”, odnosno električnu energiju u svoju kuću uvelo tek desetak uglednijih šibenskih domaćinstava. No trend se tek polagano mijenjao te je energija vode korištena za proizvodnju električne energije na rijeci Krpi primarno korištena u industriji i dalje za javnu rasvjetu.



Sl. 5. Transformatorska stanica u Šibeniku [9]

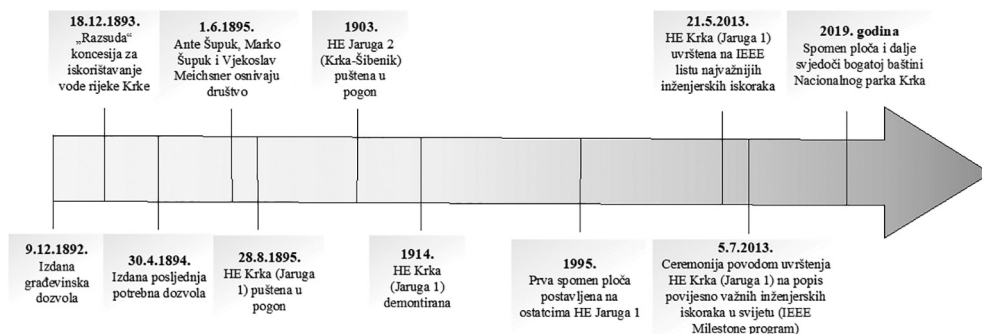


Sl. 6. Hidroelektrane Jaruga 1 i Jaruga 2 nakon izgradnje 1903. [9]

Daljnji razvoj je ostvaren izgradnjom hidroelektrane Jaruga 2 koja se nalazila blizini prve elektrane te za čiju izgradnju su ponovno zaslužni isti ljudi, od gradonačelnika Ante Šupuka preko inženjera Maichsnera i tvrtke Ganz. Hidroelektrana Jaruga 2 je zadnja hidroelektrana na području sliva rijeke Krke. Koristi konstruktivni pad vode od otprilike 26 metara, koji je dio prirodnog pada koji iznosi 45 metara, a odnosi se na vodopad Skradinski Buk. Hidroelektrana Jaruga 2 je tipična derivacijska hidroelektrana kod koje ne postoji mogućnost regulacije vode. Sustav Hidroelektrane Jaruga uključuje odvojeni dovodni kanal u međi malog zatvorenog dijela Krke, na području vodopada Skradinski Buk. Preljev brane se nalazi negdje na polovini vodopada na otprilike 25,3 metara visine. Sama dovodna građevina se sastoji od sedrenog tunela koji ima gravitacijski tok, betonskog kanala sa skoro okomitim stranicama, koji vodi u spremnik vode, te dva regulatora protoka vode (tlačni cjevovod) koji vode do vodnih turbina, uz naravno sve potrebne ventile. Duljina sedrenog tunela je 82,7 metara, betonskog kanala 78 metara, a tlačnog cjevovoda 28 metara. Strojarnica je velika zgrada od opeke, visine 14 metara i dimenzija 13 x 35 metara i u njoj se nalaze dvije Francis turbine čija je pojedinačna snaga 3,6 MW (ukupna snaga 7,2 MW), a pojedinačni protok 15,5 m<sup>3</sup>/s (ukupni volumni protok 31 m<sup>3</sup>/s). Generatori su snaga 4 MVA, te su isto kao i vodne turbine proizvedeni 1937. Vodne turbine su od austrijskog Voitha, a generatore je prvo napravio Ganz još 1903., ali su 1937. pri obnovi hidroelektrane uzeti generatori od Končara. HE Jaruga 2 je imala veći broj obnavljanja tokom svoga pogona, i to 1916., 1937., 1970. i 1995., ali je sam način rada ostao isti te je i danas u pogonu.



Prva hidroelektrana HE Krka (Jaruga 1) bila je u pogonu do 1914. godine, ukupno 19 godina, kada ju je razmontirala austro-ugarska vojska. Sve iskoristile dijelove prebacili su u HE Jaruga 2 dok su sve ostale dijelove, uključujući vodiče dalekovođa prema Šibeniku rastopili i iskoristili radi ratnih potreba Austro-Ugarske Monarhije u Prvom svjetskom ratu (SI. 7).



SI. 7. Vremenska lenta s važnim povijesnim događajima koji su doveli do uvrštavanje sustava Krka-Šibenik u IEEE Milestone spomenike tehničke baštine

Sve aktivnosti gradonačelnika Šupuka i ulaganja u energetiku dodatno su potaknula razvoj grada Šibenika a prekretnici krajem 19. stoljeća. U Šibeniku te se grade vodovod, željeznica, gradska vijećnica, srednja škola te prva u svijetu bolnica paviljonskog tipa. Sve ovo čini Šibenik gradom s visokom kvalitetom života.

Zanimljivo je spomenuti da je tvrtka “Šupuk i sin” bila uključena u osnivanje stručnog udruženja CIGRE 1921. godine te da je godinama uspješno djelovala na području Europe.

## 4. Krka Šibenik – IEEE Milestone

Iako danas postoji samo HE Jaruga 2 (SI. 9) dok su u njoj neposrednoj blizini ostaci nekadašnje HE Krka gdje je postavljena originalna turbina i na ostatku zida ploča u spomen ove prve hidroelektrane, godinu 1895. doista možemo uzeti kao prekretnicu u razvoju, što je prepoznao i IEEE uvrstivši ju na svoju listu najvažnijih inženjerskih iskoraka (IEEE Milestone program). Spomen-ploča postavljena je na ostacima HE Jaruga 1 u srpnju 2013. godine. Hidroelektrana Krka (kasnije nazvana Jaruga 1) na slapovima rijeke Krke uvrštena je u popis povijesno važnih inženjerskih iskoraka u svijetu, kao najstarija izmjenična hidroelektrana našeg prostora i kao sastavnica prvog cjelovitog elektroenergetskih sustava u svijetu. Svi važni događaji prikazani su na vremenskoj lenti ispod.

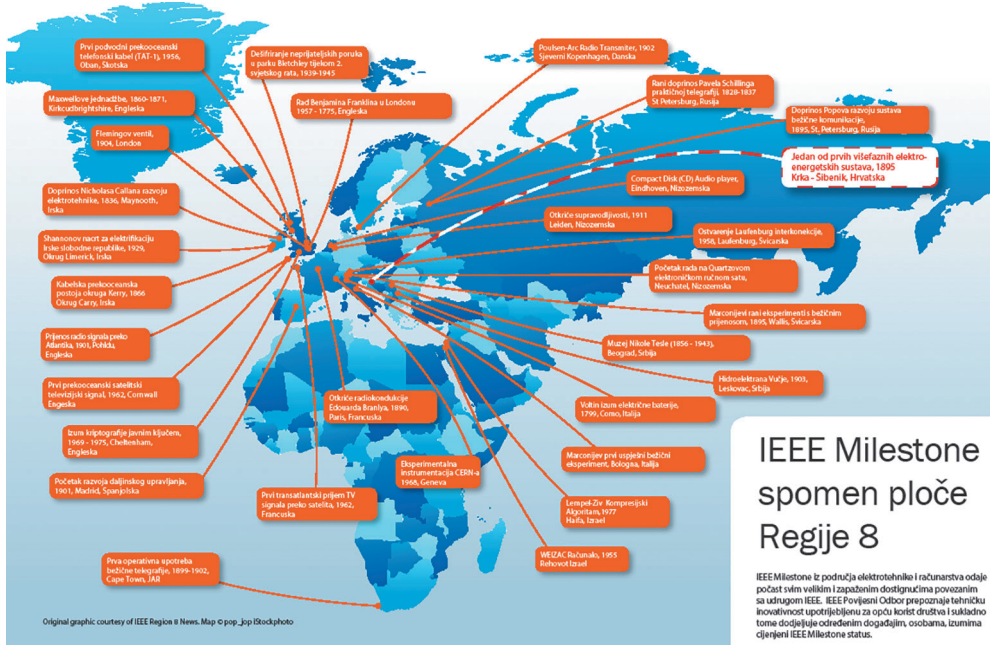
IEEE je neprofitna stručna udruga i puni joj je naziv *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (Institut inženjera elektrotehnike i elektronike). Posredstvom svojih članova, IEEE je vodeće institucija na širokom tehničkom području od računalnih znanosti, biomedicinske tehnike i telekomunikacija, preko električne energije, potrošačke elektronike te mnogih drugih područja. IEEE je najveća svjetska stručna udruga. IEEE je nastao 1884. godine utemeljen na idejama nekolicine znanstvenika s ciljem praćenja razvoja elektrotehnike.

IEEE nastoji poticati, organizirati i pomagati tehničke aktivnosti širom svijeta. Glavni mu cilj je unaprijediti teorijska i praktična znanja u području elektrotehnike i računarstva. IEEE je pokrovitelj stručnih i znanstvenih skupova i aktivnosti u mnogim zemljama širom svijeta usmjerenih ka napretku elektrotehnike i računarstva. IEEE omogućuje članovima praćenje najnovijih dostignuća u spomenutim područjima. Preko IEEE udruge objavljuje se više od četvrtine svih publikacija vezanih za elektrotehniku i računarstvo putem svojih znanstvenih i stručnih publikacija, skupova i normi. Na području bivše Jugoslavije organizirana je IEEE sekcija još 1971. godine. Hrvatska Sekcija nastavlja sa radom kao posebna sekcija od 1992. godine. Broj članova hrvatske sekcije je oko 700.

Od samog osnutka IEEE udruge uspostavljen je njezin Povijesni odbor, zadužen za očuvanje i promicanje povijesnog nasljeđa iz područja elektrotehnike i računarstva. *IEEE Global History Network* (IEEE GHN) je platforma unutar IEEE posvećena očuvanju i promicanju povijesno važnih inovacija u području elektrotehnike, posebno unutar programa *IEEE Milestone*. Program *IEEE Milestone* utemeljen je 1983. godine te je započeo s radom 1984. godine, obilježavajući stoljeće postojanja IEEE. IEEE GHN priznaje značajna tehnička dostignuća iz područja elektrotehnike i računarstva stara najmanje 25 godina koja su imala izniman opći i/ili regionalni značaj među kojima se mogu izdvojiti primjerice *Voltina* elektrokemijska baterija 1799. godine, otkriće prvog tranzistora u *Bellovom* laboratoriju 1947. ili prva *Sharpova* industrijalizacija i komercijalizacija fotonaponskih panela 1959. godine i među koje od 2013. spada i sustav Krka-Šibenik (SI. 8).

Dana 20. svibnja 2013. godine, na sastanku direktora IEEE (*eng. Board of Directors*), i službeno je potvrđeno da je sustav na rijeci Krki od velikoga značaja za cijelu inženjersku zajednicu i društvo u cjelini. Samo dva dana nakon puštanja u pogon višefazne hidroelektrane na Nijagarinim slapovima Šibenik je dobio svoj višefazni sustav.

Pri tome je ponovno bitno spomenuti da je sustav u Šibeniku bio cjelovit te je uz proizvodnju hidroelektrani sadržavao i prijenos preko 11,5 kilometara dugačkog dalekovoda distribuciju preko 6 transformatora do velikog broja javnih svjetiljki i. Sustav na Nijagarinim slapovima energiju je počeo isporučivati do obližnjeg grada Buffaloe tek 1896. godine.



SI. 8. Karta s popisom najvažnijih “IEEE Milstonova“

Značaj ovoga čina obilježen je postavljanjem dviju spomen ploča, na hrvatskom i engleskom jeziku (SI. 10), te prigodnom ceremonijom na lokaciji ostataka hidroelektrane Jaruga 1. u petak 5. srpnja 2013. godine s početkom u 18:00 sati. Prije



SI. 9. Današnji izgled slapa Skradinski buk na rijeci Krki te elektrane HE Jaruga 2



Sl. 10. Spomen ploča "IEEE Milestone Krka-Šibenik 1895."

same ceremonije čelni ljudi IEEE-a obišli su Nacionalni park Krka, a sa uzbuđljivom poviješću nastanka i izgradnje HE Krka upoznao ih je rukovoditelj HE Jaruga Dario Miorin te prof. Marko Delimar, tajnik IEEE i profesor na zagrebačkom Fakultetu elektrotehnike i računarstva (FER) (Sl. 11).

Svečanost postavljanja spomen-ploče otvorio je profesor Igor Kuzle s FER-a, kao glavni organizator cijelog događaja, uz naglasak da je na ovome mjestu nastao začetak hrvatskog elektroenergetskog sustava. U ime obitelji Šupuk kratki i zanimljivi govor održao je Dražen Šupuk, praukun Ante Šupuka i službeni vlasnik zemljišta na kojem se nalazi elektrana Jaruga I. Okupljenima su se obratili predsjednik Uprave HEP-a Tomislav Šerić i tadašnji predsjednik Hrvatske sekcije IEEE, Mislav Grgić, također profesor na FER-u.

Spomen ploče, na hrvatskom i engleskom jeziku otkrili su predsjednik IEEE-a Peter Steacker te direktor IEEE Regije 8 Martin Bastiaans uz tajnika IEEE-a Marka Delimara.



Sl. 11. Fotografija ceremonije otkrivanja spomen ploče [12]; lijevo: Marko Delimar drži govor, u pozadini Peter Steacker i Martin Baastijans; desno: grupna slika gdje se prvi dolje desno vidi gospodin Ante Šupuk te ostali uzvanici

Sukladni tekst ploče na engleskom jeziku glasi: *“On 28 August 1895 electricity generated at this location was transmitted to the city of Šibenik, where six power transformers supplied a large number of street lamps. This early system of power generation, transmission and distribution was one of the first complete multiphase alternating current systems in the world and it remained in operation until World War I.”*

## 5. Zaključak

Hrvatska je kroz povijest imala nekoliko pionira i velikih imena koja su doprinijela razvoju elektrotehnike. Vrijedno je ovdje spomenuti recimo Franju Hanamana čiji je izum Njegov izum volframove žarne niti upotrijebljen je i u unaprjeđivanju ranih dioda i trioda te neizostavnog Nikolu Teslu koji je rođen u Smiljanu, udaljenom 100 km od Šibenika. Njima svakako treba pridodati vizionare Vjekoslava Maichsnera i Antu Šupika koji su osmislili i izgradili prvi cjeloviti elektroenergetski sustav na ovim prostorima te time značajno pridonijeli razvoju elektrotehnike. Taj je značaj prepoznat uvrštavanjem sustava Krka-Šibenik u popis povijesno važnih inženjerskih iskoraka u svijetu kroz *IEEE Milestone* program.

## Literatura

- [1] “Pearl Street Station”, [Online], dostupno na: [https://ethw.org/Pearl\\_Street\\_Station](https://ethw.org/Pearl_Street_Station), [05 Veljače 2020]
- [2] B. Bowers, “Roman engineering (overhead power line history)”, Proceedings of the IEEE, Feb 2003, Vol. 91, Issue 2, pp. 357–359
- [3] T. McNichol, “AC/DC: The Savage Tale of the First Standards War”, Jossey-Bass, San Francisco, 2006
- [4] U. Levra, R. Rocca, “Le esposizioni torinesi 1805 – 1911. Specchio del progresso e macchina del consenso”, Torino City Archive, Torino, 2003.
- [5] F. Steinle, “Theorienantagonismus, Elektrotechnik, Gasentladungen, das Elektron”, Universität Bern, Bern, 27 June 2002.
- [6] Ganz Transelektro Electric Co. Ltd., “History of the company”, [Online], available at: <http://www.ganztrans.hu>, [05 Veljače 2020]
- [7] B. Markovčić, I. Prpić, F. Plic, A. Busatto: “Razvoj elektrifikacije Hrvatske”, Part I, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1984
- [8] M. Delimar, A. Szabo and L. Lugaric, “First Integrated Electric Power System in Croatia,” EU-ROCON 2007 – The International Conference on “Computer as a Tool”, Warsaw, 2007, pp. 2648-2651
- [9] Hrvatska Elektroprivreda, “Stoljeće hrvatske elektroprivrede”, Zagreb, 1995
- [10] J. Moser, “Šibensko Munjivo”, Juraj Sizgoric City Library, Šibenik, 1998.
- [11] Z. Sever, B. Franković, Ž. Pavlin, V. Stanković, “Hydro power plants in Croatia”, Hrvatska elektroprivreda, Zagreb, 2000.
- [12] “Milestone”, [Online], dostupno na: <https://www.ieee.hr/ieeesection/sekcija/milestone> [10 veljače 2020]