

ŽARNICA (II. del)

Stanislav Južnič*

Electric Light (Part II)

ABSTRACT

The development of the incandescent light research in Europe is described. Special concern is put on the use of the incandescent light in Austria and in our lands.

POVZETEK

Drugi del razprave opisuje razvoj žarnice v Evropi. Posebno pozornost posvečamo prvim uporabam žarnice v Avstriji in v naših krajih.

UVOD

Z Edisonvim uspehom je raziskovanje žarnice v ZDA prehitelo razvoj v Evropi. Kljub temu bo zanimiv pogled na evropske dosežke in še posebej na zasluge našega znanstvenika Stefana, katerega raziskovalna pot se presenetljivo prepleta z odkritji 12 let mlajšega izumitelja Edisona.

ŽARNICA V ANGLIJI IN FRANCIJI

Swan je leta 1860 in 1879 patentiral vakuumsko žarnico z ogljem in je bil poleg Edisona edini, ki je po segrevanju nadaljeval črpanje za odstranitev adsorbiranih plinov. Leta 1881 so s Swanovimi žarnicami osvetlili spodnji dom britanskega parlamenta, naslednje leto pa še British Museum. Leta 1883 sta Swan in Edison dosegla sporazum in ustanovila skupno podjetje v Veliki Britaniji.

Zaradi mnogoterih prevar je angleški parlament leta 1881 izglasoval oster zakon, imenovan Lighting Act, ki naj bi zavaroval ljudi pred pretiranimi obljubami družb za električno razsvetljavo. Pozneje je zakon močno škodoval razvoju domače proizvodnje žarnic, spodbujal pa je tudi dvome o močni novinarski propagandi Edisonovih žarnic v ZDA.

Anglež **Joseph Swan** (1828-1914) je bil rojen v Warlinghamu. Po doktoratu iz znanosti je postal predsednik Literarno-filozofske družbe v Newcastle-upon-Tyne)

Akademika Tresca in Joubert sta leta 1881 na razstavi v Parizu opravila ene prvih meritev izkoristka trinajstih naprav na enosmerni tok, povezanih z žarnicami in obločnicami. Njuno delo so dve leti pozneje nadaljevali na dunajski razstavi pod Stefanovim vodstvom (Boncelj, 1960, 54; Urbanitzky, 1885, 412).

ŽARNICA V NEMČIJI IN NA NIZOZEMSKEM

Podjetje Siemens & Halske je 5.6.1873 dobilo angleški patent za samodejno uravnavanje električne obločnice z ogljem, napajane z enosmernim ali izmeničnim

tokom. Aprila 1877 je W.Siemens objavil razpravo o električni razsvetljavi Francoza Serina. W.Siemens je do leta 1880 razvijal žarnico s kovinsko žarilno nitjo, podobno kot sočasno Edison. 21.7.1877 je Alexander, nečak in asistent Williama Siemensa iz Londona, obiskal laboratorij v Menlo Parku. Kljub temu pozneje niso sodelovali pri razvoju žarnice, saj je Edison poskušal z Rowlandovo podporo v ZDA onemogočiti Siemensov patent dinama, podoben svojemu (Edison, 1994, 457; Hounshell, 1980, 615).

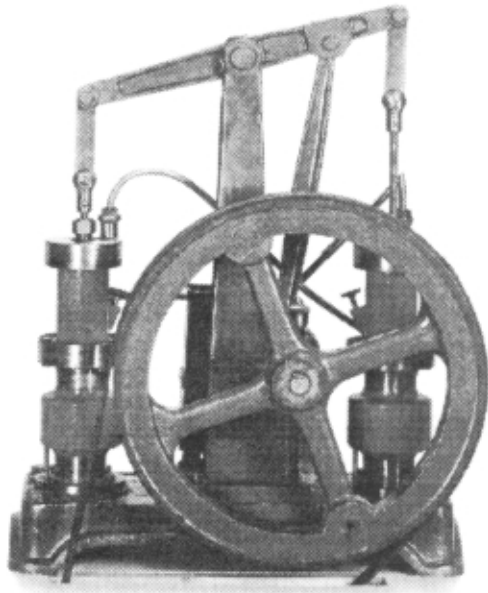
Po krizi, ki jo je povzročil zlom borze na Dunaju 27.12.1881, je Siemens predaval pred nemško elektrotehnično zvezo o prednostih električne razsvetljave pred plinsko, predvsem glede nevarnosti požara. Med izumitelji žarnice na žareče oglje je predstavil de Changyja iz Pariza, Jobarda, Swana in končno Edisona. V podjetju Siemens & Halske so uporabljali stisnjeno oglje in ploskve grafita, kjer je bilo segrevanje odvisno od debeline žarjene palice (Siemens, 1891, 321, 344, 454, 462-463).



Slika 1. Ustanovitelja Philipsa: Friderik Philips (1830-1900) (zgoraj) in njegov sin Gerard Philips (1858-1942) (spodaj)

* Stanislav Južnič je profesor fizike in računalništva na srednji šoli v Kočevju. Leta 1980 je diplomiral iz tehnične fizike na Fakulteti za naravoslovje in tehnologijo, magistriral pa leta 1984 iz zgodovine fizike na Filozofski fakulteti v Ljubljani.

Strojni inženir Emil Rathenau (r.1839) iz Berlina je študiral v Hannoveru in Zürichu in se nato izpopolnjeval v Angliji. Za žarnico se je začel zanimati na prvi pariški električni razstavi leta 1881. Za razliko od drugih ni spodbijal Edisonovih evropskih patentov, temveč je začel delati po Edisonovi licenci in je tako izkoristil njegove izkušnje. 13.3.1883 je podpisal pogodbo s Siemens & Halskejem, tako da je lahko 19.4.1883 zbral potreben kapital za ustanovitev Deutsche Edisongesellschaft für Angewandte Elektrizität s kapitalom 5 milijonov mark (Siemens, 1957, I, 89, 91, 92-93, 95) in začel oskrbovati zelo majhne električne napeljave, kot je pred njim že počelo podjetje Seimens & Halske.



Slika 2. Vakuumska črpalka, ki so jo konec prejšnjega stoletja uporabljali v Philipsovi tovarni žarnic (Bekooy, 1991, 19)

Leta 1891 je Friderik Philips (1830-1900) s sinom, inženirjem Gerardom Philipsom (1858-1942), ustanovil podjetje N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken v Eindhovenu na Nizozemskem z začetnim kapitalom 150 000 guilderov. Nekaj let pozneje se jim je pridružil tudi Anton F. Philips (1874-1951). Podjetje je posebno napredovalo, ko je po dogovoru z nemškimi podjetji dobilo pravico za proizvodnjo žarnic z volframom. Leta 1912 je Philips imel že okoli 6 milijonov guilderov kapitala. Šele med prvo svetovno vojno se je podjetje oteslo nemškega vpliva in začelo vse dele žarnice proizvajati samostojno. Zgradili so tovarne v Belgiji, Španiji, Švici in Poljski ter imeli deleže na Švedskem. Med vojnama je Philips začel proizvajati ojačevalnike in televizijo, dobil vpliv v znanosti ter prodrl s sistematičnim izobraževanjem tehničnih asistentov in postavljanjem dobro opremljenih laboratorijev. V proizvodnji žarnic je bil za GE in Osramom tretji najmočnejši na svetu, pri čemer je leta 1928 GE kontroliral 96 % tržišča (Siemens, 1957, II, 33; Serres, 1995, 598).



Slika 4. Philipsova tovarna žarnic okrog leta 1917 (Bekooy, 1991, 54)

De Philips Metaaldraadlamp

bespaars, vergeleken bij de kooldraadlamp, 70 %
en kan in elke richting branden.

— Philips' Metaaldraadlamp —

ELKE LAMP IS GESTEMPELD „PHILIPS“

Speciale Soorten	Watt	Spanning
100 W	100	110 V
150 W	150	110 V
200 W	200	110 V
250 W	250	110 V
300 W	300	110 V
400 W	400	110 V
500 W	500	110 V
600 W	600	110 V
750 W	750	110 V
1000 W	1000	110 V
1500 W	1500	110 V
2000 W	2000	110 V
2500 W	2500	110 V
3000 W	3000	110 V
4000 W	4000	110 V
5000 W	5000	110 V
6000 W	6000	110 V
7500 W	7500	110 V
10000 W	10000	110 V

PHILIPS

Prima Nederlandsch Fabriekaat.
Fabriek van Eindhoven

Slika 3. Phillipsova žarnica z volframovo nitko, izdelana na začetku stoletja (Bekooy, 1991, 24)

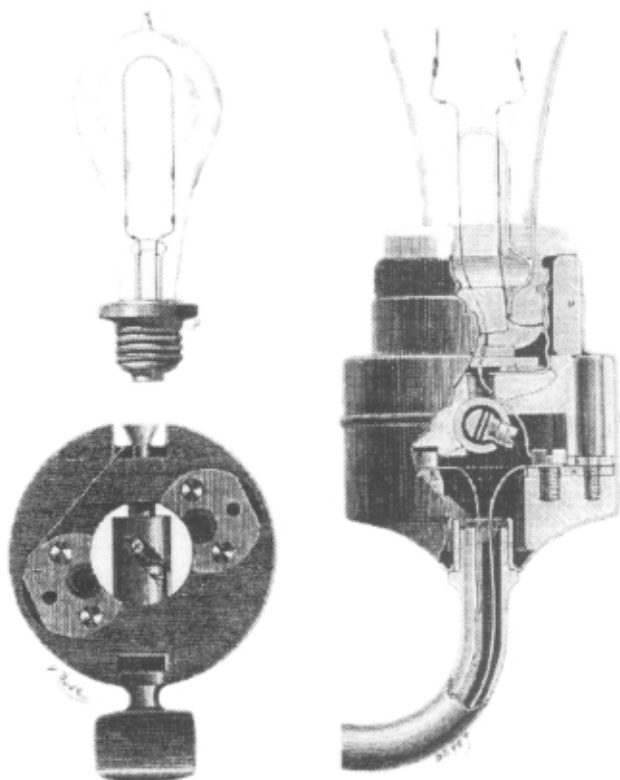
ŽARNICA V AVSTRIJI

Podjetje Siemens & Halske je že leta 1858 ustanovilo podružnico na Dunaju, ki se je ukvarjala predvsem z železnicami. Zaradi neuspešnega poslovanja je bila podružnica leta 1864 ukinjena po Halskejevem prizadevanju. Leta 1879 je W.Siemens na Dunaju odprl tehnični urad z majhno tovarno, ki se je poleg železniških signalnih aparatov kmalu lotila tudi majhnih in večjih instalacij razsvetljave, proizvodnje dinamov in obločnic. Leta 1896 je dunajski Siemens & Halske na lastne stroške postavil provizorično elektrarno v Ljubljani, s katero je za reklamo osvetljeval prostore Narodnega doma, slavnostno odprtega oktobra istega leta (Siemens, 1957, I, 105; Kos, 1981, 162).

Leta 1873 Edison ni sodeloval na mednarodni razstavi na Dunaju, čeravno ga je član ameriške komisije nagovarjal, naj svoje izume predstavi vsaj v poročilu (Edison, 1991, 508). Leta 1882 je Edison najel avstrijskega elektroinženirja dr.Hermann Claudiusa z avstrijskega telegrafa za ureditev, mapiranje in preračun glavnih in nadomestnih uporov v delu nižjega Manhattan ob Brooklynskem mostu. Claudius je zbral tudi

podatke o pritožbah nad pomanjkljivostmi plinske razsvetljave, ki so pospeševale prodajo Edisonovih žarnic (Friedel, 1986, 206).

Po pariški razstavi leta 1881 je Edison razsvetlil opere v Parizu, Berlinu in Milanu in tako omogočil odmeven začetek prodaje svojih izdelkov v Evropi. Leta 1882 je bilo razsvetljeno gledališče v Brnu (Boncelj, 1960, 13). Istega leta je Edisonovo podjetje sodelovalo na razstavi elektrotehnike v kristalni palači v Londonu, od 11.8.1883 pa na 3. mednarodni električni razstavi na Dunaju, katere tehnično-znanstveni vodja je bil Stefan. Na razstavi je sodelovalo tudi elektrotehnično podjetje Geba iz Ljubljane. Več elektrotehnikov iz slovenskih dežel je bilo članov elektrotehničnega društva, ustanovljenega 5.3.1883.

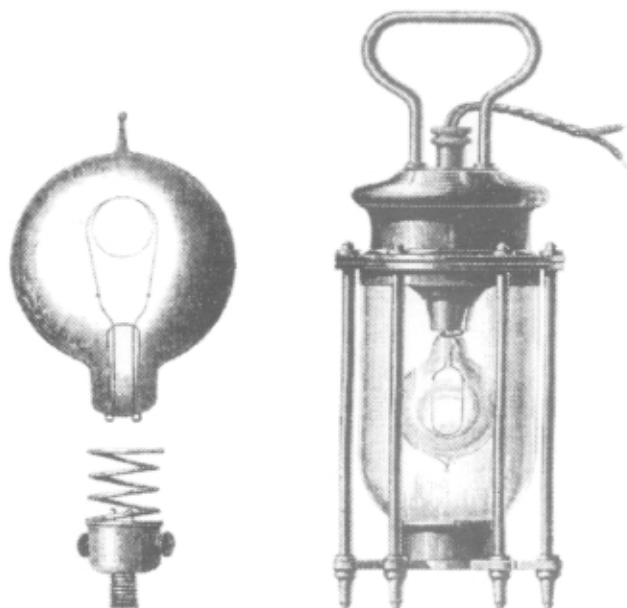


Slika 5. Edisonova žarnica na dunajski razstavi leta 1883 (Urbanitzky, 1885, 399)

Razstava v dunajski Rotundi na 33000 m² s 400000 svečami postavljene električne razsvetljave je bila dotlej največja na svetu (Boncelj, 1960, 34, 35). Razstavili so skupno 5 vrst električnih žarnic. Edisonova je imela žareči bambus s premerom 1 mm in dolžino 12 cm v obliki narobe obrnjene črke "U". Najtežji del proizvodnje je bil slejkoprej vložitev in tesnjenje obeh vodnikov iz platine v tekočo maso stekla. Oba konca vodnika sta bila ločena z gipsom. Tok so dobivali iz Edisonovega stroja, ki ga je oskrboval Armingtonov parni stroj. Z Edisonovimi žarnicami podjetij CCE in SEE pod zastopstvom dunajskega Brückner, Ross & Consorten so na dunajski razstavi osvetljevali "Dvorano umetnosti" in notranjosti prostorov.

V Swanovi žarnici so bili platinasti nosilci ogljika, eden od drugega izolirani na spodnjem delu steklenega stebra. Na razstavi so jih uporabili za osvetlitev cesar-

skega paviljona, teatra in notranjih prostorov. Swanove izdelke je v Budimpešti zastopalo podjetje UELC iz Londona, na Dunaju pa Egger, Kremenezky & Co.



Slika 6. Swanova žarnica na dunajski razstavi leta 1883 (Urbanitzky, 1885, 402)

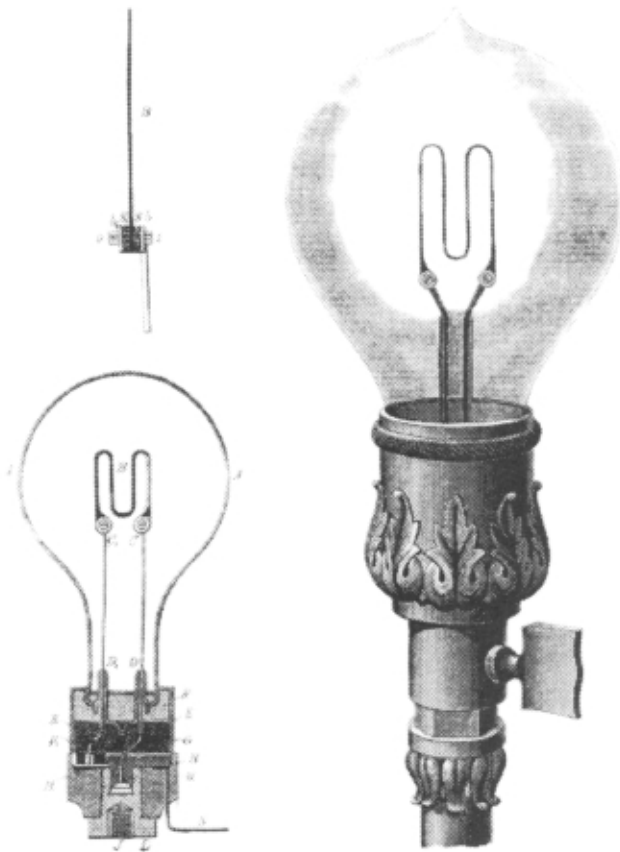
Maximova žarnica je imela žareči del v obliki zaobljene črke "M", ki sta jo nosila dva vodnika iz platine, zataljena v steklo. Steklена hruška je bila v kovinski posodi, zatesnjeni z gipsom. Baza žarnice iz vulkanita ali drugega izolatorja je bila navita na kovinsko jedro. Zrak so črpali z živosrebrno črpalko, pare olja pa so izčrpali do 30 mm Hg.

Lane-Foxove žarnice so imela žareče oglje v obliki podkve. Pri 66 V in 0,673 A so dajale po 8,7 sveč. Z njimi so razsvetlili del "Dvorane umetnosti", notranje prostore, vrt in paviljon Britanske komisije na Dunaju. Z električnim tokom jo je napajal Brushov stroj.

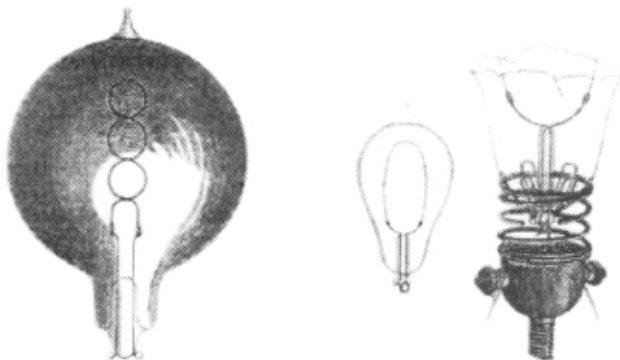
Podjetje Siemens & Halske je razstavilo žarnico z ogljikom v obliki podkve s konci stisnjenimi v tulcu iz bakra, preko vodnika iz platine podaljšanega v steklo (Urbanitzky, 1885, 397-406).

Praški profesor Johann Puluj je razstavil prenosno svetilko v škatli iz lesa in ebonita velikosti 20 x 25 cm, napajano s tokom šestih Bunsnovih elementov. Žarnica na sprednji strani škatle je bila ovita z močnim zaščitnim steklom, za njo pa je bilo mahno kovinsko zrcalo. Svetilka, težka 7 kg, je svetila s 6 do 7 normalnimi svečami 6 do 7 ur. Za potrebe rudnikov in potapljanja so razstavili 300 g težko svetilko Friedricha Wächterja, Reitlingerjevega naslednika na dunajski politehniko, ki je bila predložena vojnemu ministrstvu.

Stefan je posebno aktivno sodeloval v 3. sekciji znanstvene komisije, ki je preiskovala dinamo stroje in električne svetilke. Prvič jo je sklical 18.9.1883, ko so za načelnika izvolili prof. Erasmusa Kittlerja iz Münchna, za njegovega namestnika in vodjo podsekcije za stroje majorja Alberta von Obermayerja, nekdanjega Stefanovega študenta in poznejšega biografa, za tajnika



Slika 7. Maximova žarnica na dunajski razstavi leta 1883 (Urbanitzky, 1885, 404)



Slika 8. Siemens & Halskejeva žarnica na dunajski razstavi leta 1883 (Urbanitzky, 1885, 406)

in vodjo podsekcije za fotometrijo pa prof. Ernsta Voita iz Münchna (Boncelj, 1960, 33).

Stefan je 18.10.1883 občinskim svetnikom, na čelu z županom in pokrovitelju razstave nadvojvodi Rudolfu, predaval o ciljih in rezultatih dela znanstveno-tehnične komisije. Opisal je potek meritev upornosti in toka, ki so bile posebno pogoste pri atestih za žarnice. Vzoredne fotometrične meritve so Stefanu omogočile, da je poslušalcem pokazal tudi pregledno tabelo odvisnosti svetlobne moči od porabljene energije. Z

diagramom svetlobne moči za žarnice je pokazal, da višja napetost zmanjšuje toplotno sevanje in tako večja gospodarnost žarnice. Na koncu poljudnega predavanja je opisal še prednosti električne žarnice pred razsvetljavo s plinom ali s svečami (Sitar, 1993, 93; Boncelj, 1960, 48; Stefan, 1883, 269).

V Stefanovem laboratoriju so porabljeno delo žarnice merili z inačico Siemensovega elektrodinamometra imenovanega "ergometer". Stefanova komisija je izdala skupno 177 certifikatov v nemškem jeziku, med njimi 22 za žarnice. Zadnjega je Stefan podpisal še sredi leta 1885.

3.11.1883 so razstavo na Dunaju zaprli. Senekovič, profesor fizike med leti 1874-1884, ravnatelj ljubljanske gimnazije (in realke), predsednik Muzejskega društva in pisec fizikalnih učbenikov iz let 1883 in 1892, je poročal: "... Radostno omenjam, da so pripoznano najboljše oblokovne svetilnice izvajali Avstrijani, in sicer Slovani... Dočim pošilja pri oblokovnih svetilnicah plamen med ogljema na vse strani, nastaja svetloba pri žarnicah vsled tega, da električni tok ogljeno nit v zraku praznem prostoru razbela... Edison jemlje tanka bambusova vlakenca ter jih zogleni. Tako ogljeno nit pritrdi potem v majhni, hruški podobni posodi z njenima koncema na platinovi žici, v steklo uvarjeni; iz posode pa odstrani zrak kolikor more... Ženstvo je (na razstavi) najbolj zanimala uporaba električne luči za razsvetljevanje stanovanj..." (Senekovič, 1883, 725-6).

V poročilu znanstvene komisije, ki ga je uredil Stefan več kot dve leti po koncu razstave, je Obermayer objavil dvomljive meritve, po katerih porabijo žarnice pri izmeničnem toku za enako količino svetlobe več energije od enosmernih. Ker meritve niso bile dovolj natančne, jih je nameraval Stefan ponoviti, vendar rezultatov ni objavil (Boncelj, 1960, 49, 51, 54, 83).

Stefanovo in Edisonovo raziskovanje ni sovpadalo le pri žarnici. Tasimeter, ki ga je Edison izumil neposredno pred žarnico, je bil namenjen meritvam toplote zvezd in Sončeve korone. Uporabili so ga pri opazovanju popolnega mrka leta 1878, naslednje leto pa so objavili njegov opis s fotografijami. Istočasno je Stefan objavil svoj zakon o sevanju in z njim prvi smiselno določil temperaturo Sonca tudi na osnovi meritev J.W. Draperja, očeta Edisonovega prijatelja.

ELEKTRIČNA ŽARNICA NA SLOVENSKEM

Leta 1880 so v Trzinu prvič na Slovenskem uporabili električno energijo za razsvetljavo. Aprila 1883 je zasvetila v mlinu Karla Scherbauma v Mariboru. Naslednje leto je zasvetilo 12 obločnic v Postojnski jami, v Škofji Loki pa je začela obratovati prva javna elektrarna pri nas (Kos, 1976, 79).

Leta 1894 je tovarnar sukna Alojzij Krenner del ustvarjene električne energije parne elektrarne ponudil v odkup občini za potrebe javne razsvetljave Škofje Loke. Občina je Krennerju plačevala po 360 goldinarjev na leto, on pa se je po pogodbi, podpisani dne 8.5.1894, obvezal, da bo 30 let osvetljeval ulice mesta "vsaki dan od pričetka mraka do dveh čez polnoč in od tričetrt na šest zjutraj do belega dne s 40 električnimi žarnicami po 16 normalnih sveč" po sistemu Siemens & Halske. Podobno je že dve leti prej storila Trboveljska premo-

gokopna družba s parnim generatorjem strojnice rudnika v Kočevju, ki je poleg toka za lastno razsvetljavo dajal elektriko tudi mestu za obločnice po nekaterih ulicah.



Slika 9. Obločna svetilka v Kočevju leta 1893 (Brate, 1996, 4)

Ob gradnji vodarne so Kočevjarji dognali, da bi stroji za pogon vodnih črpalk lahko proizvajali tudi elektriko. Zato so dopolnili načrte deželnega inženirja J.V. Hraskyja. 10.10.1896 so dobili gradbeno dovoljenje za gradnjo elektrarne s 45 KS. Od 20.3.1896 je malo znano gradbeno podjetje Carl Greinitz Neffen iz Gradca 176 dni gradilo strojnico, električno centralo, vodovodno napravo in upravno zgradbo. Električno opremo za strojnico je dobavila tovarna Franz Pichler iz Weiza, znana brnska tovarna Brand & Lhuillier pa je dobavila kotle in parna stroja, povezana s plunžerskimi črpalkami za črpanje vode. Tako sta parna stroja lahko hkrati poganjala tako vodno črpalko, kakor tudi dva dinamo stroja. Proizvajala sta enosmerni tok z napetostjo 2 x 150 V, kar je bilo za tiste čase zelo veliko. Za rezervo je bil postavljen še manjši dinamo, poleg njega pa stikalna plošča in izravnalna akumulatorska baterija z 200 elementi in kapaciteto 56-80 Ah. 19.11.1896 so v Kočevju odprli 4 km vodovod električne razsvetljave s 700 žarnicami po 16 sveč in tokovodniki preseka 8 mm². Tako je Kočevje postalo prvo v celoti elektrificirano mesto na Slovenskem (Brate, 1996, 3-6).

V Ljubljani so že leta 1889 ustanovili posebno komisijo, ki naj bi preučila možnosti za gradnjo hidrocentrale ali termocentrale. Čeprav so predlagali termocentralo na izmenični tok, se je mestni svet po predlogu dunajskega strokovnjaka odločil za enosmerni tok in dal postaviti termoelektrarno leta 1897 na neprimernem kraju v Fužinah pri Ljubljani, saj v bližini ni bilo tekoče vode in železnice. Termoelektrarna je imela dva parna stroja po 200 KM in dve dinami po 140 kW za 300 V. Iz elektrarne je bil napeljan kabel do magistrata, kjer so iz akumulacijske postaje napajali omrežje med 24. in 5. uro zjutraj, ko je elektrarna stala, dokler niso leta 1901 zaradi tramvaja vpeljali celodnevno obratovanje.

1.1.1898, poltretje leto po potresu, je na ljubljanskih ulicah zasvetilo prvih 794 žarnic in 48 obločnic, 149 uporabnikov pa je imelo 6358 žarnic, 89 obločnic, 12 motorjev in 3 aparate s skupno 290 kWh. Do leta 1905 so električne žarnice v Ljubljani prevladale nad plinsko razsvetljavo, ki se je sicer z Auerjevimi "žarnicami" obdržala do leta 1946 (Kos, 1981, 162-164).



Slika 10. Električna žarnica ob leta 1896 zgrajeni pošti na Čopovi ulici na fotografiji iz leta 1909 (Marjan Drnovšek, Ljubljana na starih fotografijah, Zgodovinski arhiv Ljubljana, 1985)

SKLEP

Letos mineva sto let, od kar je načelnik direktorija ljubljanskega vodovoda in elektrarne I.Šubic, Stefanov študent med leti 1875-1881, prvi opisal Edisonovo žarnico v slovenski knjigi: "Svetilnica ima torej tri glavne dele: ogljeni locenj, odvodni žici in balon ali hruško, ki jih vidimo na sliki 96."

Med tem pa je Edisonovo delo prešlo v legendo. 21.10.1929 je nekdanji Edisonov delavec Henry Ford (1863-1947) povabil Edisona naj ob petdesetletnici ponovi svoj poskus z žarnico v prenovljenem Menlo Parku (Pretzer, 1989, I).

LITERATURA

Guus Bekooy, Philips Honderd, Philips, Eindhoven, 1991

Josip Boncelj, Jožef Stefan in njegovo delovanje na področju elektrotehnike, Elektrotehniška prosveta Slovenije, Ljubljana, 1960 (ponatis iz Elektrotehniškega vestnika)

Tadej Brate, Ivan Kordiš in Irena Škufca, Vodarna in elektrarna mesta Kočevje 1896-1996, Pokrajinski muzej Kočevje, 1996

Thomas Alva Edison (1847-1931), The action of heat in vacuo on metals, prebrano pred AAAS na srečanju v Saratogi, Chem. News, 40 (26.9.1879) str.152-154

On the use of the Tasimeter for Measuring the Heat of the stars and of the Sun's Corona, American Journal of Science and Arts (Silliman's Amer.J.) 17 (1879), 52-54 (tudi v Amer.Assoc.Proc.)

The papers of Thomas A. Edison (ur.R.A.Rosenberg in drugi), Volume 2. From workshop to laboratory, June 1873-March 1876, The Johns Hopkins University Press, 1991

Volume 3. Menlo Park: the early years, April 1876-December 1877, The Johns Hopkins University Press, 1994

Robert Douglas Friedel (r. 1950), Paul Israel, Bernard S.Finn, Edison's Electric Light, Biography of an Invention, Rutgers University Press, New Brunswick, New Jersey, 1986

David A. Hounshell, Edison and the Pure Science Ideal in 19th-Century America, Science 207 (8.2.1980) str. 612-617

Franz Klein (redacteur), Bericht über die internationale elektrische Ausstellung Wien 1883, Unter Mitwirkung hervorragender Fachmänner, herausgegeben von niederösterreichischen Gewerbevereine, Wien, Verlag von L.W.Siedel & Sohn, 1885

Janez Kos, Kranjske deželne elektrarne, ZČ 30 (1976) str.79-144
Oris poglavitnih točk razvoja nekaterih komunalnih dejavnosti v Ljubljani 1850-1941, Kronika 29 (1981) str.159-166

William S.Pretzer in drugi, Working and inventing: Thomas A.Edison and the Menlo Park Experience, Henry Ford Museum & Greenfield Village, Dearborn, Michigan, 1989

Andrej Senekovič (1848-1926), Črtice z dunajske električne razstave, Ljubljanski Zvon, 1883, str.720-727 in 790-795

Michel Serres, A History of Scientific Thought, Bordas, Paris, 1989, prevod: Blackwell Publishers Ltd. 1995

Georg Siemens, History of the house of Siemens, vol. I, in II, Karl Alber, Freiburg/Munich, 1957

Ernst Werner Siemens (1816-1892) Selbstregulierende elektrische Lampen von Siemes & Halske, izvleček iz angleškega patenta št.2006, 5.6.1873, ponatis v Wissenschaftliche und technische Arbeiten, 2. del: Technische Arbeiten, Berlin, Julius Springer, 1891

Jožef Stefan (1835-1893), Vortrag über die Ziele der Techn.Wissenschaftlichen Commission, Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien, 1 (1883) str.269

Ivan Šubic (1856-1924), Električna, nje proizvodnja in uporaba. SM, Ljubljana, 1897

A. Ritter von Urbanitzky (elektrotehnik, Reitlingerjev sodelavec na dunajski politehniko leta 1876), Das elektrische Licht, str. 385-470 v zborniku urednika Kleina, 1885

UPORABLJENE OKRAJŠAVE

AAAS - American Association for the Advancement of Science

CCE - Compagnie Continentale Edison iz Pariza

GE - General Electric Co., Schenectady (Edisonovo podjetje)

SEE - Société Électrique Edison iz Pariza

UELC - United Electric Lighting Company iz Londona

DODATEK:

TABELA VAŽNEJŠIH DOGODKOV V RAZVOJU ELEKTRIČNE ŽARNICE

leto	iznajditelj	narodnost	žarilni element	okolje
1838	Jobard	belgijska	ogljje	vakuum
1840	William Robert Grove (1811-1896)	angleška	platina	zrak
1841	F.de Moleyns	angleška	ogljje	vakuum
1845	J.W.Starr(1821-1846), King	ameriška	platina, ogljje	zrak, vakuum
1848	Staite	angleška	platina/iridij	zrak
1849	Petrie	ameriška	ogljje	vakuum
1850	Shepard	ameriška	iridij	zrak
1852	Roberts	angleška	ogljje	vakuum
1856	de Changy	francoska	platina,ogljje	zrak, vakuum
1858	Gardiner in Blossom	ameriška	platina	vakuum
1858	Heinrich Goebel	nemška, ameriška	platina	vakuum
1859	Moses G. Farmer	ameriška	platina	zrak
1860	Joseph Wilson Swan (1834-1906)	angleška	platina	vakuum
1865	Adams	ameriška	ogljje	vakuum
1872	Aleksandr Nikolaevič Lodigin(1847-1923)	ruska	ogljje	vakuum, dušik
1873	Kon(n)	ruska	ogljje	vakuum
1875	Kosloff	ruska	ogljje	dušik
1876	Bouliguine	ruska	ogljje	vakuum
1878	Fontaine	francoska	ogljje	vakuum
1878	Lane-Fox	angleška	platina/iridij; azbest/ogljje	dušik, zrak; dušik
1878	Sawyer, Man	ameriška	ogljje	dušik
1878	Hiram Maxim	ameriška	ogljje	ogljikovodnik
1878	Farmer	ameriška	ogljje	dušik,vakuum
1878	Edison	ameriška	platina	zrak, vakuum
1878	W.Siemens	nemška	kovine	zrak
1879	Swan	angleška	ogljje	vakuum
1879	Edison	ameriška	ogljje	vakuum