

# Metalurgija na području Republike Hrvatske

Mirko Gojić

Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, Sisak 

Sveučilište Sjever, Koprivnica

[gojic@simet.unizg.hr](mailto:gojic@simet.unizg.hr)

**SAŽETAK:** Metalurgija je daleko najstarija tehnička struka i jedno od znanstvenih polja u području tehničkih znanosti. Na području današnje Republike Hrvatske, prema arheološkim nalazima, metalurška djelatnost datira više od 6000 godina. Razvoj metalurgije na području današnje Republike Hrvatske prošao je mnogobrojne faze. Industrijski razvoj metalurgije u XX. stoljeću u Republici Hrvatskoj započinje obnavljanjem metalurških tvrtki iz XIX. stoljeća, proizvodnjom ferolegura, otvaranjem brojnih ljevaonica (uglavnom obrtničkoga karaktera) te početkom industrijske proizvodnje sirovoga željeza i aluminija pred Drugi svjetski rat. Nakon Drugoga svjetskog rata razvoju metalurgije u Republici Hrvatskoj posvećivala se velika pozornost: otvaranje niza metalurških gospodarskih subjekata pridonijelo je i respektabilnom razvoju metaloprerađivačke industrije do kraja 1980-ih godina. U ovom radu prikazan je povijesni razvoj metalurgije na području današnje Republike Hrvatske, uključujući najznačajnije industrijske metalurške tvrtke iz crne metalurgije, obojene metalurgije i ljevarstva. Osim toga, prikazani su i nastavna, znanstvena, stručna i izdavačka metalurška aktivnost, kao i doprinosi strukovnih društava i časopisa razvoju znanstvenoga polja metalurgije. Prije 35 godina metalurška proizvodnja u Republici Hrvatskoj bila je na razini od oko 2,5 Mt metalurških poluproizvoda i gotovih proizvoda. Nažalost, kao posljedica ratnih razaranja, većinski pogrešnoga modela privatizacije, nepostojanja industrijske strategije zadnjih desetljeća te deindustrijalizacije, metalurška proizvodnja u Republici Hrvatskoj u 2024. godini iznosila je samo 376 kt metalurških proizvoda.

**Ključne riječi:** metalurgija; ljevarstvo; sirovo željezo; ferolegure; čelik; aluminij; čelične cijevi; odljevci

## 1. Uvod

Povijest ljudskoga razvoja najuže je povezana s razvojem materijala, među kojima metalni materijali zauzimaju primarno mjesto (Gojić 2006, 2010, 2024; Pavlović 1990). Čovjek je naiprije počeo upotrebljavati samorodne metale: bakar, srebro, zlato i meteorsko (telurno) željezo, uglavnom za izradu nakita i ukrasa, osim željeza i bakra koji su se koristili za izradu oružja i oruđa. Bakreno, brončano i željezno doba (u kojem smo i danas), početak kojega se razlikuje u pojedinim dijelovima svijeta, tri su

povijesna razdoblja koja su istodobno povezana s razvojem metalurgije, ali i s razvojem civilizacije.

Metalurgija kao struka i znanstveno polje u području tehničkih znanosti bavi se dobivanjem, obradom te utvrđivanjem fizikalno-kemijskih zakonitosti ponašanja metalnih materijala tijekom njihove obrade, prerade, ispitivanja i primjene. S obzirom na vrstu metalnih materijala koji se dobivaju, metalurgija se može podijeliti na crnu (sirovo željezo, proizvodi direktno reduciranog željeza i redukcijskog taljenja, ferolegure, čelik) i obojenu metalurgiju (dobivanje obojenih metala i njihovih legura od kojih je po razini proizvodnje i primjeni najznačajniji aluminij i Al-legure). Sirovo željezo jest Fe-legura s najčešće oko 4 mas. % ugljika, a sadržava poželjne (silicij, mangan itd.) i nepoželjne primjese (sumpor, fosfor itd.). Dobiva se redukcijom pripremljenih ruda željeza u visokoj peći pomoću koksa i nema neku upotrebnu vrijednost jer je krhko i nedoformabilno te služi kao međuproizvod za izradu čelika (od bijelog sirovog željeza) ili sivih željeznih ljevova (od sivoga sirovog željeza). Zbog velikih investicijskih troškova (visoka peć, koksara, postrojenja za pripremu rude željeza itd.), ekoloških razloga i potrebe za što kvalitetnijim čelicima (posebice elektročelika, odnosno čelika proizvedenog u elektrolučnim pećima), na značenju sve više dobivaju proizvodi direktne redukcije i »redukcijskog taljenja« (tzv. vrući metal) kao sirovine za proizvodnju čelika. Pojam »redukcijsko taljenje« odnosi se na proizvodnju tzv. vrućeg metala iz rude željeza bez uporabe koksa, tzv. bezkoksna metalurgija (Gojić i Kožuh 2006; Gojić, Kožuh i Ivanić 2022). Za gorivo se koristi ugljen ili plin, a dobiva se tzv. vrući metal, u kojem je jalovina odvojena u obliku troske. »Vrući metal« u tekućem je stanju i sadržava 4–4,8 mas. % ugljika.

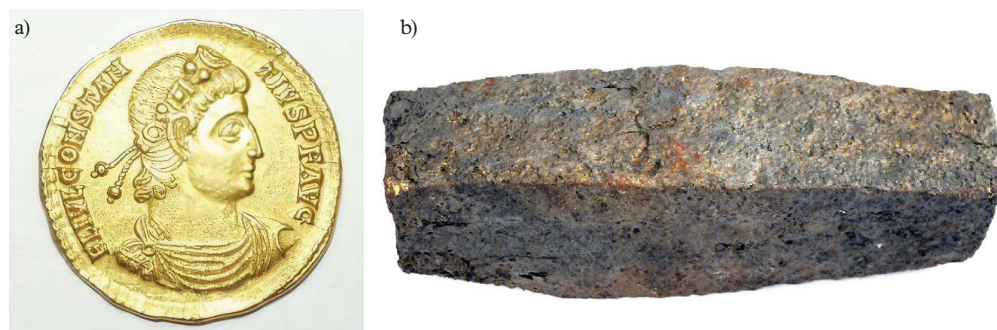
Aluminij je najvažniji obojeni metalni materijal izvrsnih svojstava, a po razini proizvodnje, značenju i uporabi aluminij i Al-legure odmah su iza čelika. Primarni aluminij dobiva se u dvije faze. Prva faza jest dobivanje glinice (ustvari  $\text{Al}_2\text{O}_3$  prihvatljive čistoće) iz boksita Bayerovim postupkom (mokri alkalijski postupak), a druga je faza elektroliza glinice u otopljenom kriolitu ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) s pomoću Hall-Héroultova postupka (elektrolitička redukcija glinice) na oko 1000 °C.

Ferolegure jesu legure željeza s jednim ili više elemenata koji služe kao legirajući dodatci talini za proizvodnju čelika, željeznih ljevova i drugih legura (npr. superlegure) (Gojić 2024). One ne samo da povećavaju kvalitetu čelika i željeznih ljevova nego imaju i važnu ulogu za vrijeme rafinacije metalne taline kao što su dezoksidacija, odsumporavanje, kontrola oblika nemetalnih uključaka itd. Čelik je Fe-legura s maksimalnim sadržajem ugljika do 2 mas. %. Univerzalni je materijal za koji zapravo nema zadovoljavajuće zamjene i koristi se u svim područjima ljudske djelatnosti. Čelik se dobiva iz bijelog sirovog željeza kao primarne i glavne sirovine, u kisikovim konvertorima, a može se dobiti i pretaljivanjem čeličnog otpada u elektrolučnim pećima.

Lijevanje metala jest pretpovijesna tehnologija i datira između 5000 i 3000 godina pr. Kr. (Glavaš 2014). Ljevarstvo kao metalurška djelatnost na neki način prekriva i crnu i obojenu metalurgiju jer se tehnologijom lijevanja mogu dobiti odljevci na osnovi željeza i na osnovi obojenih metala. Lijevanje je jedan od najstarijih postupaka oblikovanja metala, pri čemu se metalna talina ulijeva u prethodno pripremljenu šupljinu u kalupu (kalupna šupljina). Hlađenjem i skrućivanjem rastaljenog metala u kalupnoj šupljini dobiva se odljevak željenog oblika.

## 2. Povijesni razvoj metalurgije do početka XX. stoljeća

Metalurgija na području današnje Republike Hrvatske stara je više od 6000 godina (Mamuzić 2022). U Rudama kraj Samobora pronađen je najstariji tip bakrene sjekire (stare oko 4000 g. pr. Kr.), a predmeti od arsensko/antimonske bronce datiraju od oko 3500 g. pr. Kr. Snažniji razvoj metalurgije nastaje u vrijeme vučedolske kulture, kada se predmeti za oruđe i oružje od kamena sve više zamjenjuju metalnima. Za razvoj metalurgije na području Siska i Banije ključnu ulogu imale su Zrinska i Trgovačka gora s najvećim ležištima ruda metala (željezo, bakar, olovo itd.). Rimljani su, zbog svojih potreba za oružjem, uvelike razvijali metalurgiju, koristeći i rudu željeza iz Ljubije koju su transportirali riječnim putem: Japra–Sana–Una–Sava–Kupa. U doba cara Galijena (218–268. g.) u gradu Sisciji otvorena je kovnica novca (262. g.) od bakra i srebra, u kojoj se radilo oružje i oruđe (Slika 1).



**Slika 1.** Kovani novac (a) i ingot (b) iz Rimskog doba pronađeni na području današnjeg grada Siska /  
**Figure 1.** Coined money (a) and ingot (b) from the Roman period found in the area of present-day Sisak

Rudarstvo i talioničarstvo »oživljava« u središnjoj Hrvatskoj dolaskom i djelovanjem saskih rudara (krajem X. i početkom XI. st.). Metalurgija dobiva novi zamah u vrijeme hrvatskog bana Nikole Šubića Zrinskog i grofa Petra Zrinskog. Otvaranjem rudnika u Rudama kraj Samobora počinje proizvodnja bakra taljenjem ruda u pećima (1853.), a od 1850. eksploatirala se ruda željeza i proizvodilo sirovo željezo u

visokoj peći. Prva manufakturna proizvodnja metalne robe na osnovi željeza (čavli, potkove, obruči, mužari, sjekire, motike, vile itd.) na području današnje Hrvatske započela je 1651. u Čabru i trajala je, uz određene prekide, sve do 1785., tj. sve dok je ruda željeza bila zadovoljavajuće kvalitete.

U drugoj polovici XVIII. st. otkrivena je ruda željeza oko gornjeg toka rijeke Cetine (u blizini Trilja) te je otvoren rudnik rude željeza (površinski kop), koji je bio nekoliko godina u funkciji (do 1788).

Područje današnje Sisačko-moslavačke županije ima dugu rudarsku i metaluršku tradiciju. Rudno bogatstvo Zrinske, Trgovske i Petrove gore pružalo je solidnu osnovu za razvoj metalurgije. Krajem XVIII. i početkom XIX. st. otkopavale su se rude koje su sadržavale olovo i srebro te željezo, a počele su se graditi i kamene visoke peći (Kosina – krajem XVIII. st. i Trgovi – početkom XIX. st.) za proizvodnju željeza. Cijelo XIX. st. grade se nove ili obnavljaju stare talionice. Dobivanje željeza bilo je razvijeno u talionicama na rječici Žirovac (Trgovi u blizini Dvora na Uni), Bešlincu nedaleko od Siska, Vranovini kraj Topuskog itd.

Nestajale su i obnavljale se, ali su se i gradile nove visoke peći. U Vranovini kraj Topuskog visoka peć puštena je u pogon 1860. godine. Osim rude željeza, u drugoj polovici XIX. st. iskorištavale su se i rude bakra, olova itd.

Na području današnje Republike Hrvatske arheološki nalazi svjedoče o počecima razvoja ljevarstva u bakrenom dobu (Gojić 2025). Najstariji gotovi lijevani proizvod, tj. odljevak koji je nakon skrućivanja poprimio oblik kalupa jest bakrena sjekira, koja datira još od oko 4000. g. pr. Kr. i pronađena je u Rudama pokraj Samobora. Dubrovačka ljevaonica topova počela je raditi 1410. godine, prije nego u Pragu (1424), Beču (1470) itd. U drugoj polovici XV. st. osnovane su ljevaonice topova i zvona ispod tvrđava Minčeta i Revelin u Dubrovniku. Ivan Krstitelj Rabljanin (1470–1540), kao glavni ljevač topova i zvona Dubrovačke Republike i izvrstan dekorater, lijevao je topove (bombarde, za tvrđave i galije, topove za željezne kugle, željezne olovom prevučene kugle, kordalde – kratke topove, mužare itd.) te zvona svih vrsta.

U gradu Hvaru najstarije je zvono iz 1487. godine s crkve Gospe Anuncijate koje je od rekvizicije austrougarskih vojnih vlasti za ratne potrebe (1915–18) izuzeo konzervator don Frane Bulić (1846–1934). Ljevaonica je postojala i u Senju od 1541. U njoj su se pretaljivali i neuporabljivi topovi. Zagrebačka ljevaonica zvona radila je u razdoblju od 1456. do 1929., a uz zvona lijevali su se mužari, svijećnjaci, svjetiljke, cijevi itd. U njoj je 1843. odliveno i zvono zagrebačke katedrale mase 6,4 t. Ljevaonice su postojale na području Banije (Gvozdansko, Bešlinac itd.) za različitu metalnu robu kao npr. pribor za jelo, odljevci od sivog lijeva itd. U centru grada Rijeke u razdoblju

od 1864. do 1869. radila je mala ljevaonica bronce i željeza koja je od 1948. godine poslovala kao dio Tvornice pumpi i brodske opreme »Rikard Benčić«.

Prva industrijska ljevaonica na području današnje Hrvatske osnovana je 1853. u Rijeci (na početku za lijevanje sidara) u kojoj je 1866. proizveden prvi svjetski upotrabljivi torpeda. Ljevaonica brodogradilišta Uljanik osnovana je 1885. i bila je jedna od najmodernijih ljevaonica u Austro-Ugarskoj Monarhiji. U Zagrebu je, osim ljevaonice zvona, osnovano i niz ljevaonica za druge namjene. Tako je 1874. osnovana prva tvornica strojeva i ljevaonica te niz manjih obrtničkih ljevaonica: kositrenih odljevaka (1876), ljevaonica vodoinstalacijske opreme (1892) itd. Od 1875. do 1935. domaća je ljevaonica »Jakov Cukrov« iz Splita odlila na tisuće zvona (Slika 2). Ljevaonica metala i tvornica strojeva, osnovana 1890. u Daruvaru, od 1938. djeluje pod nazivom Dalit.



Slika 2. Zvona iz ljevaonice »Jakov Cukrov« iz Splita /  
Figure 2. Bells from the »Jakov Cukrov« bell foundry in Split

### 3. Metalurgija u razdoblju od 1900. do 2024. godine

Nakon procjena rudnih rezervi krajem XIX. st., početkom XX. st. ponovno se aktiviraju rudnici željeza i bakra. Nakon Prvoga svjetskog rata nastavlja se vađenje rude željeza u Trgovskoj gori i proizvodnja željeza u talionicama. Od 1939. u novoj industrijskoj visokoj peći u Talionici Caprag u blizini Siska započela je proizvodnja bijelog i sivog sirovog željeza (Gojić 2021a). Proizvodnja sirovog željeza u svim talionicama u 1939. godini iznosila je oko 5 kt.

Početkom XX. st. osnovane su dvije tvornice, u početku za proizvodnju kalcijske karbida ( $\text{CaC}_2$ ), kalcijske cijanida ( $\text{CaCN}_2$ ) i vapna ( $\text{CaO}$ ), u Šibeniku (1904) i Dugom Ratu (1914) (Gojić 2024). Sljednici tih tvornica metalurške su tvrtke poslije poznate kao Tvornica elektroda i ferolegura (TEF) Šibenik (Slika 3) i Tvornica karbida i ferolegura – Dalmacija Dugi Rat.





**Slika 3.** Panoramski prikaz TEF-a Šibenik iz 1920-ih godina (a) i proizvodnja ferolegura u TEF-u Šibenik (b) / **Figure 3.** Panoramic view of the TEF Šibenik plant from the 1920s (a) and ferroalloy production at TEF Šibenik (b)

TEF Šibenik bio je jedini jugoslavenski proizvođač feromangana, silikomangana, feromangana affiné, silikokalcija, antracitne mase, ugljeno-izolacijske mase, amorfnih elektroda, grafitnih elektroda, karburita i elektrografita. Svojim je proizvodima opskrbljivao domaće željezare, čeličane, ljevaonice i proizvođače ferolegura i karbida. Proizvodnja u TEF-u Šibenik potpuno je prekinuta 1995., a do 1997. porušeni su gotovo svi proizvodni objekti. Rušenje tvorničkih objekata (»bager metodom«) TEF-a započelo je 1999. i trajalo je oko dvije godine, bez uključenosti sanacije zemljišta s ekološkog stajališta na kojima su se ti objekti nalazili. Zaostale su troske od proizvodnje ferolegura, katran, fenolni ostatci, otpadne grafitne elektrode itd. Pristupilo se iskopu otpada, mljevenju i odvozu troske (Slika 4). Nažalost, urbanu obnovu područja nekadašnjeg TEF-a nisu cjelovito planirala mjerodavna tijela pa se još očekuje prenamjena tog prostora koji je u neposrednoj blizini povijesne gradske jezgre i središta Šibenika.



**Slika 4.** Mljevenje (a) i odvoz troske (b) iz TEF-a Šibenik 2014. godine / **Figure 4.** Slag grinding (a) and removal (b) at TEF Šibenik in 2014

Ferolegure u Dalmaciji – Dugi Rat proizvodile su se karbo-elektrokemijskim postupkom u elektroredukcijskim pećima redukcijom oksidnih ruda s pomoću krutog ugljika iz koksa ili ugljena. Od 1970. do 1983. Tvornica Dalmacija – Dugi Rat imala je udio od 67,3% u jugoslavenskoj proizvodnji ferokroma, te udio od 75,5% u jugoslavenskom izvozu ferokroma carbure.

Na početku 1990-ih, uslijed ratnih događanja, tvornica je povremeno ostajala bez električne energije, dovoz sirovina bio je poremećen, a proizvodnja se dijelom preusmjerila namjenskoj proizvodnji. Poduzeće je privatizirano 1992., otkad posluje pod nazivom Dalmacija tvornica ferolegura d.d. Dugi Rat te se usmjerilo isključivo na proizvodnju ferokroma, ali je radilo sa smanjenim kapacitetom.

Zbog nagomilanih dugova za električnu energiju Hrvatska elektroprivreda postaje većinski vlasnik tvornice (22%). Nakon niza neuspješnih pokušaja iznajmljivanja i prodaje tvornica je 1998. obustavila proizvodnju i zauvijek ugasila peći. Nakon toga tvornica je mirovala nekoliko godina, da bi je 2006. kupila britanska grupacija *Investment Property Landmark*, čime je označen kraj postojanja toga nekad najjačeg proizvođača ferolegura, ali i najavljen početak investicijskog ciklusa izgradnje turističkog kompleksa visoke kategorije. Tvornica je srušena do 2009., međutim do danas nije ekološki sanirano zemljište bivše tvornice niti je krenula investicija (Slika 5).



**Slika 5.** Pogled s kopna (a) i s mora (b) na ostatke nekadašnje tvornice karbida i ferolegura Dalmacija – Dugi Rat / **Figure 5.** View from land (a) and from the sea (b) of the remains of the former Dalmacija – Dugi Rat Carbide and Ferroalloy Factory

Grad Sisak bio je najveći centar crne metalurgije u Republici Hrvatskoj (Gojić 2021b, 2021c, 2022a). Željezara Sisak proizvodila je sirovo željezo u dvjema visokim pećima (od 1950), čelik u dvjema Siemens-Martinovim (SM) pećima (od 1954) i u jednoj elektrolučnoj peći (od 1966). Izgrađeni su i prerađivački pogoni za proizvodnju čeličnih bešavnih (Slika 6) i šavnih cijevi te pogoni u kojima se širi proizvodni asortiman s ciljem dorade i finalizacije cijevi. Željezara Sisak jedina je u Jugoslaviji proizvodila bešavne cijevi kao svoj glavni, i u svijetu godinama prepoznatljiv proizvod, koji je diljem svijeta isporučivala sve do prestanka proizvodnje tih cijevi 2011. Posebno je važan dio prerađivačkog pogona vezan na proizvodnju bešavnih cijevi za naftnu industriju. Željezara Sisak osigurala je API (engl. *American Petroleum Institute*) žig (nomogram), čime je imala ovlaštenje za uporabu API žiga za sve cijevi za naftnu industriju (za eksploataciju i transport nafte i prirodnog plina). Krajem 1980-ih Željezara Sisak proizvodila je oko 2 Mt metalurških poluproizvoda i proizvoda.



**Slika 6.** Proizvodnja čeličnih bešavnih cijevi u Željezari Sisak / **Figure 6.** Seamless pipe production at the Sisak Steelworks

Nazalost, početkom 1990-ih, uslijed ratnih razaranja, uveliko je poremećen rad Željezare Sisak: obustavlja se rad visokih peći (1991), proizvodnja čelika u Siemens-Martinovim pećima (1991), zatvara se koksara u Bakru (1994). Time Željezara Sisak od integralne postaje mini-željezara.

Realno, Željezara Sisak nije mogla preživjeti tržišnu »utakmicu« s proizvodnjom bešavnih cijevi zastarjelim pilger-postupkom s drugim u to vrijeme visokoproduktivnijim suvremenim postupcima: PPM (engl. *Press Piercing Mill* – tlačno valjački stan za uzdužno bušenje uloška), MPM (engl. *Multi Stand Pipe Mill*) – konti

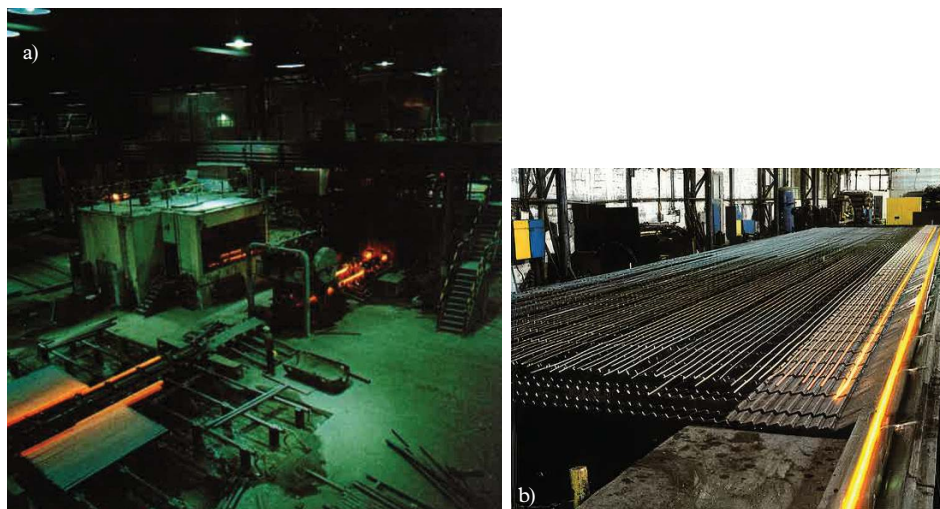


pruga s uređajem za zadržavanje trna itd. Model privatizacije bio je i nerazvojan i nečinkovit. Prve privatizacije Željezare Sisak u razdoblju od 2001. do 2012. napravile su više štete nego koristi, pri čemu su devastirani i uništeni prerađivački kapaciteti, osim tzv. Nove hladne prerade.

Od 2012. vlasnik dijela bivše Željezare Sisak jest talijanska grupacija Danieli, koja posluje pod nazivom Acciaierie Bertoli Safau – ABS Sisak d.o.o., a do danas je uložila znatna sredstva u modernizaciju proizvodnje čelika u čeličani putem suvremene elektrolučne peći. Nažalost, od rujna 2024. zaustavljena je i proizvodnja čelika u Sisku.

Željezara Split u Kaštel Sućurcu nastala je zbog potreba ubrzana razvoja građevinarstva radi proizvodnje čelika za armiranje betona (Gojić 2002; Gojić i dr. 2023). Početkom 1970. završeni su objekti za čeličanu i valjaonicu, a postavljanje instalacija i objekata za vodoopskrbu te temelji za postrojenja završeni su do kraja godine. Montaža opreme u čeličani bila je dovršena do početka 1971., pa je proizvodnja elektročelika započela u siječnju, a oprema u valjaonici instalirana je sredinom iste godine.

U čeličani je instalirana jedna elektrolučna peć kapaciteta 25 t po talini i jedno dvožilno postrojenje za kontinuirano lijevanje gredica (prvo u Jugoslaviji). U početku rada Željezaru Split činile su tri proizvodne organizacije: čeličana, topla valjaonica i hladna prerada. U toploj valjaonici (Slika 7) proizvodile su se valjane šipke promjera 6 do 24 mm i bila je prva u Jugoslaviji s valjačkim stanovima za valjanje prednapregnute žice.



**Slika 7.** Topla valjaonica čelika (a) i hladnjak za šipke u toploj valjaonici Željezare Split / **Figure 7.** Hot rolling mill (a) and rod cooling system in the hot rolling mill of the Split Steelworks (b)

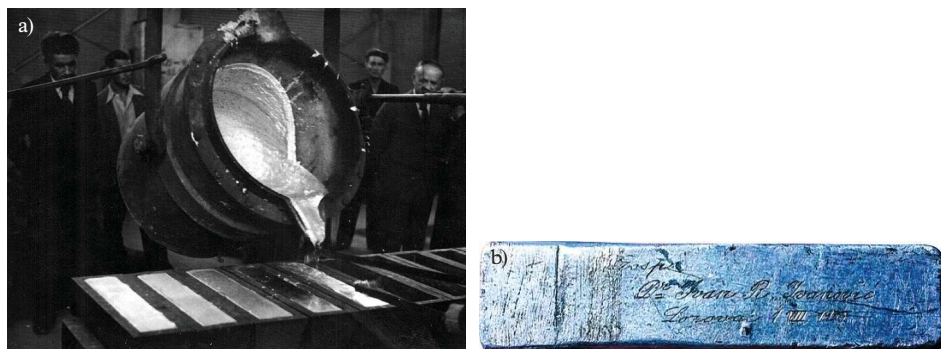
U vremenu tranzicije Željezara Split smanjivala je proizvodnju i broj zaposlenih te je poslovala s gubitkom. Vlasnici neuspješnih privatizacija Željezare Split u razdoblju od 2007. do 2015. bili su mnogobrojni. Kao posljedica navedene tranzicije, štrajkova i poslovanja s gubitkom, Željezara Split odvedena je u stečaj, prestala je s proizvodnjom i napuštena je.

Valjaonica čelika Kumrovec od 1973. proizvodila je građevinske profile (okrugli, kutni, kvadratni itd.) u toploj valjaonici i u postrojenjima za hladnu preradu. Godišnji kapacitet valjaonice iznosio je 40 kt, a dio čeličnih gredica nabavljan je iz uvoza. Od 2000. vlasnik Valjaonice čelika Kumrovec postaje talijanska grupa Alba, koja je poslovala do 2007. godine.

Tvrtka Armko Konjščina od 1963. proizvodila je valjanu i vučenu čeličnu žicu te armaturnu mrežu za građevinarstvo od žica koje je nabavljala iz uvoza. U razdoblju od 1992. do 2002. investirano je u tehnološku obnovu i modernizaciju proizvodnje armaturnih mreža, pri čemu je godišnji kapacitet povećan s 13 kt na 42 kt. Bitno je napomenuti da su proizvodi iz Armko Konjščina ugrađeni u sve tunele i gradilišta naših autocesta. Zbog pogrešnih procjena i loših ulaganja te u konačnici problema u poslovanju tvrtka je odvedena u stečaj (2013) i ugašena (2017).

Valjaonica čeličnih šavnih cijevi Potpićan (poslije Histria tube d.d. za proizvodnju čeličnih cijevi i pribora) osnovana je 1977. pod prvotnim nazivom Tvornica tankostijenih cijevi u okviru tvrtke Labinprogres, a proizvodila je hladno oblikovane šavne cijevi. Godišnji je kapacitet valjaonice iznosio 12 kt šavnih i cinčanih cijevi različitih presjeka (okrugli, kvadratni, pravokutni itd.) vanjskog promjera 12 do 101,6 mm. Valjaonica je prvo odvedena u stečaj (2018), a potom je ugašena.

Tvornica olovnih i aluminijskih proizvoda na području današnje Republike Hrvatske osnovana je 1922. u Zagrebu. U početku je proizvodila olovne i kositrene cijevi, olovni lim i plombe (Gojić 2024). Vrhunac joj je poslovanja bio 1981. godine.



**Slika 8.** Prvo lijevanje Al-ingota u Lozovcu (a) i prvi odliveni Al-ingot s potpisom vlasnika tvornice dr. Ivana Rikarda Ivanovića (b) / **Figure 8.** First casting of aluminium ingots in Lozovac (a) and the first cast aluminium ingot bearing the signature of the factory owner, Dr Ivan Rikard Ivanović (b)

Početak 1990-ih poduzeće je počelo slabjeti i smanjivati broj zaposlenika, što je u konačnici završilo gašenjem tvornice 2007. godine.

Tvornica aluminija u Lozovcu kraj Šibenika započela je s radom 1937. godine. Bila je prva tvornica aluminija u jugoistočnoj Europi i jedina u Jugoslaviji (Slika 8.). U to vrijeme aluminij je proizvodilo samo 15 država u svijetu.

Tijekom Domovinskog rata tvornica nije pretrpjela veća materijalna oštećenja, ali je proizvodnja zbog ratnog okruženja bitno smanjena. U 1996. godini iznosila je oko 2,54 kt Al-proizvoda, uz poslovni gubitak. Ubrzo je tvornica, zbog silnih problema, uključujući i ekološke, potpuno prestala s radom.

Tvornica lakih metala (TLM) Šibenik imala je lokacijsku prednost u odnosu na ostale proizvođače primarnog aluminija u Jugoslaviji, uglavnom zbog blizine šibenske luke dubokoga gaza (Gojić 2024). Prvo je puštena u probni rad (1955) valjaonica toplo valjanih limova (Slika 9), a sirovina za valjaonicu dobivala se iz ljevaonice u Lozovcu.

Razdoblje 1951–58. bilo je vrijeme izgradnje, instaliranja djelomično zastarjele opreme uz slabu mehanizaciju i česta tzv. uska grla, uhodavanje proizvodnje, s velikim neusklađenostima kapaciteta između postrojenja. Proizvodili su se limovi, trake, ronđele, folije, šipke, cijevi, profili i žica itd. Zahvaljujući stalnoj izgradnji i modernizaciji kapaciteta u razdoblju 1959–90., proizvodnja aluminijskih valjanih i prešanih proizvoda povećana je četiri puta, tj. u 1990. godini na: 47,152 kt Al-valjanih i prešanih proizvoda, 74,248 kt primarnog aluminija i 13,555 kt Al-legura (Gojić 2024).

TLM je najbolje poslovao 1980-ih godina. Od 1985. zapada u sve dublju poslovnu krizu, zbog već prevelike zaduženosti i prevelikih investiranja, koja kulminira



Slika 9. Hala tople valjaonice aluminija u TLM-u Šibenik (a) i prvi limovi aluminija (b) iz 1955. godine /  
Figure 9. Hot rolling mill hall of TLM Šibenik (a) and the first aluminium sheets (b) from 1955

izbijanjem rata 1991. Proizvodnja se u odnosu na predratnu više nego prepolovila. Godine 1996. iznosila je 26,764 kt, posluje se s gubitkom, prije svega zbog enormnih obveza stvorenih u predratnom razdoblju i niske razine korištenja kapaciteta. Značaj TLM-a bio je velik u jugoslavenskim okvirima, posebno za Šibenik u kojem je prijeratni udio industrije u društvenom proizvodu bio 56,8%, a TLM je bio najznačajniji gospodarski subjekt. Vlada je djelomično intervenirala sanacijama, npr. 1996., ali to nije pomoglo, a privatizacija je otišla u krivom smjeru.

U zračnom napadu jugoslavenske vojske 1991. raketiran je elektroenergetski sustav pogona elektrolize. Nastala šteta zbog zamrzavanja talina u pećima dovela je do trajnog prekida rada elektrolize glinice. Time je TLM zauvijek ostao bez oko 75 kt godišnje proizvodnje primarnog aluminijskog, odnosno sirovine za valjaonicu. Uvjeti proizvodnje u 1997. godini u TLM-u bili su mala iskorištenost kapaciteta, neusklađenost kapaciteta, nerazvijenost informatičkog sustava, rascjepkanost proizvodnje s previše radnih naloga itd. Godišnje je TLM u to vrijeme radio s gubitkom od oko milijun eura. Potpisom ugovora o poslovnoj suradnji između TLM-a i Aluminija Mostar 1997., TLM je dobivao primarni aluminij kao sirovinu za valjaoničku proizvodnju. Program modernizacije TLM-a službeno je započeo 1999. Iako je bilo planirano da se završi za 27 mjeseci, trajao je od 2000. do 2003. godine. Po važnosti i vrijednosti investicije, izgradnja nove tople valjaonice najveći je tehnološki zahvat TLM-a u njegovoj dotadašnjoj 60-godišnjoj povijesti.

TLM je ušao u preambiciozno investiranje i zaduživanje, što je, uz ratna stradanja, nekoliko neuspješnih privatizacija (npr. 2007. konzorcij Adrial itd.) i krize upravljanja, unatoč investiranju (2000–04), dovelo do velikih kriza (rušenja pogona elektrolize 2013), koje su trajale sve do 2016., kada je Grupa Impol d.o.o. iz Slovenske Bistrice postala dijelom vlasnik TLM-a.

Grupa Impol d.o.o. iz Slovenske Bistrice 2017. postala je većinski vlasnik TLM-a Šibenik. U 2018. godini proizvedeno je oko 80 kt Al-proizvoda (limovi, tanke trake, trake i folije itd.), a tvrtka posluje pod nazivom Impol-TLM d.o.o. u Šibeniku. Investirala je zadnjih godina u razvoj i modernizaciju valjaonica (Slika 10), novu peć za zagrijavanje i homogenizaciju blokova tople valjaonice, te u modernizaciju toplovaljačkog stana uvođenjem umjetne inteligencije itd.

Primarni cilj jest tržište automobilske i avionske industrije (Al-legure serije 2000 i 6000). U pogonu ljevaonice trenutačno su u funkciji tri talioničke plinske peći (modificirane još od elektrolize) te dvije indukcijske peći (Pechinery tehnologija) maksimalnog kapaciteta 23 t. Lijevaju se Al-legure serije 3000, 5000 i 8000. U pripremi je izgradnja nove ljevaonice (godišnjeg kapaciteta 200 kt odlivenih Al-blokova) kao strateškog projekta za toplu valjaonicu s najsuvremenijom opremom uz najviše standarde očuvanja okoliša.





**Slika 10.** Valjaonica Impol-TLM d.o.o. u Šibeniku /  
**Figure 10.** Rolling mill of Impol-TLM d.o.o. in Šibenik

U Obrovcu je 1979. puštena u rad tvornica glinice s planiranim godišnjim kapacitetom 300 kt. Tvornica je radila samo dvije godine (1979. i 1980) i to s kapacitetom od 46% u 1979. godini. Nisu postojali ni minimalni uvjeti za nastavak proizvodnje zbog poslovanja s gubitkom. Već 1982. nad pogonom Proizvodnja glinice otvoren je stečajni postupak. Ostali su krediti za otplatu, bazeni crvenog mulja i otpadne lužine kao nusproizvodi pri proizvodnji glinice koji ni nakon 40-ak godina prestanka rada tvornice nisu sanirani. To je bila jedna od najvećih promašenih investicija, ne samo u Republici Hrvatskoj nego i u Jugoslaviji.

CIAL d.o.o. je talionica i ljevaonica u Republici Hrvatskoj za pretaljivanje aluminijskog otpada pri čemu se dobivaju Al-legure iz sekundarnog aluminija. Tvrtka je puštena u rad 2010. u krugu južne industrijske zone grada Siska (tj. u krugu nekadašnje Željezare Sisak). Godišnje CIAL d.o.o. od 3,3 kt sirovine sekundarnog aluminija proizvede 2,6 kt aluminijskih legura, od čega je 5% namijenjeno domaćem tržištu, a 95% se izvozi.

I u prvoj polovici XX. st. otvorene su brojne ljevaonice u Hrvatskoj (Debeuc 1969) u Zagrebu (1900), Hercegovcu (1903), Belišću (1905), Osijeku (1908), Požegi (1912), Bjelovaru (1917), Splitu (1920), Slavonskom Brodu (1921), Karlovcu (1923) itd.

Brodogradilište »3. maj« u Rijeci, osnovano 1905., također je imalo svoju ljevaonicu. Ljevaonica u sastavu poduzeća »Vulkan« u Rijeci, osnovana na Sušaku 1929., nakon Drugoga svjetskog rata specijalizirala se isključivo za čelični ljev.

Ljevaonice otvorene između Prvoga i Drugoga svjetskog bile su mnogobrojne, većinom male, obrtničkoga karaktera, sa svaštarskom proizvodnjom odljevaka. U njima su se lijevali odljevci malih dimenzija i mase od sivog lijeva, bronce i mjedi,

a ponekad se pretaljivala strugotina od bronce i mjedi, stari cink i olovo (Gojić 2025). U većini tih ljevaonica maksimalna godišnja proizvodnja bila je do 50 t. Razvojem grada Zagreba nakon Prvoga svjetskog rata u razdoblju 1919–43. otvorile su se 43 ljevaonice (Debeuc 1969), koje su proizvodile dijelove za vodovod, kanalizaciju, željeznicu i kućanstva, zatim armature, umjetnina itd.

Nakon Drugoga svjetskog rata nacionalizirane su se ljevaonice obnavljale, čak se i otvarale nove. Godine 1947. u 17 ljevaonica odliveno je svega 8 kt odljevaka, dok je pred rat 20-ak ljevaonica proizvelo oko 9 kt odljevaka (Gojić 2025). Ljevaonice su bile primitivno opremljene, nije se investiralo gotovo ništa prvih 15-ak godina, a osnovna karakteristika jest rascjepkanost i tzv. svaštarenje. Već 1953. godine bilo je 36 ljevaonica koje su proizvele oko 30 kt odljevaka.

Ostvarenjem plana razvoja Republike Hrvatske (1959–63) dolazi do prijelaza dijela ljevaonica s obrtničkog na industrijski način proizvodnje, počinje uvođenje mehanizacije, povećava se proizvodnja (posebno odljevaka od sivog lijeva) itd. U 75 ljevaonica društvenog sektora proizvedeno je ukupno 70,271 kt odljevaka.

U razdoblju 1963–70. potiče se razvoj ljevarstva (posebno ljevaonica obojenih metala) uvođenjem suvremenije opreme, što je dovelo da je proizvodnja tijekom 1971. godine iznosila 105 kt, što je, u to doba, iznosilo 20% proizvodnje odljevaka u Jugoslaviji. Također su se razvijale ljevaonice MIV Varaždin, OLT Osijek, bjelovarska ljevaonica u okviru »Tome Vinkovića« (poslije ljevaonica Bjelovar), Metal iz Hercegovca, ljevaonica u okviru tvrtki Prvomajska i »Janko Gredelj« iz Zagreba, ljevaonica u okviru Đure Đakovića itd.

Otvaranje su i nove ljevaonice: ljevaonica Brodosplita (1951), Vulkan iz Zagreba (1960), ljevaonica Metalac iz Konjščine (1961), ljevaonica iz Čakovca (1955), tj. od 1991. godine Ferro-Preis d.o.o, ljevaonica aluminijskih radijatora Lipovica iz Popovače (1968), ljevaonica Cimos Buzet (1969), današnji P.P.C. Buzet d.o.o., tvornica tlačnog lijeva u Benkovcu (1980), današnji LTH Metalcast, te ljevaonice u okviru velikih tvrtki: Željezara Sisak (1954), brodogradilišta (3. maj u Rijeci i Uljanik u Puli), ljevaonica u Roču (1984), RS Metali d.d. iz Samobora (1991), ljevaonica preciznog lijeva (jedina u Republici Hrvatskoj) u okviru tvrtke HS Produkt iz Karlovca (1994), ljevaonica za lijevanje lakih metala Saint Jean Industries d.o.o. iz Slavonskog Broda (2004), ljevaonica aluminijskih odljevaka LTH Alucast u Čakovcu (2017) itd. Također je značajno djelovanje i Ljevaonice umjetnina Ujević koja je osnovana 1982. godine.

Najveća proizvodnja odljevaka bila je 1987., kada je proizvedeno 127 kt odljevaka, a nakon toga došlo je do pada u 1990. godini na 92,344 kt odljevaka. Nažalost, početkom 1990-ih, uslijed ratnih razaranja, u Republici Hrvatskoj uveliko je poremećen rad metalurške industrije. Početkom 1990-ih značajan je pad i proizvodnje odljevaka, što je povezano s početkom rata i ratnim devastacijama ljevaonica, kao i raspa-

dom tržišta u Jugoslaviji i istočnoeuropskih tržišta (Unkić 2002). Proizvodnja odljevaka u ljevaonicama više je nego prepolovljena u 1992. godini (42,756 kt). Najmanja proizvodnja odljevaka bila je 1995. (ispod 40 kt), što je posljedica restrukturiranja ljevaonica i većinski pogrešnog modela pretvorbe vlasništva. Otad se bilježi stalan rast, što se može pripisati konsolidaciji proizvodnje te nalaženju novih dobavljača i tržišta.

Nažalost, mnoge ljevaonice neuspješno su privatizirane, te su na kraju neke i ugašene (Felis d.o.o. u okviru nekadašnje Željezare Sisak, ljevaonice u okviru nekadašnjih tvrtki »Rikard Benčić« i Torpedo u Rijeci, Dalit iz Daruvara, Kerestinec itd.). Najznačajnije ljevaonice odljevaka od željeznih i ne-željeznih legura u Republici Hrvatskoj jesu: P.P.C Buzet d.o.o., Ferro-Preis d.o.o. iz Čakovca (Slika 11), LTH Metacast iz Benkovca, LTH Alucast iz Čakovca, MIV d.d. iz Varaždina, Plamen d.o.o. iz Požege itd. Značajnije ljevaonice na bazi obojenih metala (aluminijske i bakarne legure) jesu Strojari iz Gornje Bistre (danas dio ljevaonice MIV d.d.), Almos iz Kutine itd.



**Slika 11.** Centrifugalno lijevanje cijevi od sivog lijeva u ljevaonici Ferro-Preis d.o.o. /  
**Figure 11.** Centrifugal casting of grey cast iron pipes at the Ferro-Preis d.o.o. foundry

Tijekom posljednjih dvadesetak godina ljevarska je industrija pokazala značajan napredak i tehnološku evoluciju pri oblikovanju metala. Računalom potpomognuta konstrukcija (CAD), računalom potpomognuto inženjerstvo (CAE), optimizacija konstrukcije i procesa primjenom umjetne inteligencije novi su alati koji doprinose ovoj evoluciji (Unkić, Glavaš i Kivač 2004).

U Republici Hrvatskoj se krajem 1980-ih proizvodilo 2,46 Mt metalurških poluproizvoda i proizvoda (Tablica 1), dok je u 2024. godini proizvedeno samo 376 kt metalurških poluproizvoda i proizvoda (Tablice 2–4).

**Tablica 1.** Proizvodni asortiman i godišnja proizvodnja metalurških gospodarskih subjekata u Socijalističkoj Republici Hrvatskoj 1989. godine<sup>1</sup> / **Table 1.** Product range and annual production of metallurgical enterprises in the Socialist Republic of Croatia in 1989

| Gospodarski subjekt                                 | Proizvodni asortiman                           | kt          |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------|
| Željezara Sisak                                     | Koks                                           | 780         |
|                                                     | Sirovo željezo                                 | 214         |
|                                                     | Čelik                                          | 365         |
|                                                     | Čelične cijevi                                 | 357         |
|                                                     | Čelični lijev                                  | 3,73        |
| Željezara Split                                     | Čelik                                          | 120         |
|                                                     | Toplovaljani i hladno valjani betonski čelik   | 105         |
| TLM Šibenik                                         | Al-blokovi                                     | 50          |
|                                                     | Valjani Al i Al-legure                         | 120         |
| Tvornice ferolegura i elektroda (Šibenik, Dugi Rat) | Ferolegure i elektrode                         | 168         |
| Valjaonica čelika Kumrovec                          | Profili, betonski čelik                        | 40          |
| Armko Konjščina                                     | Hladnovučena žica i armatura za građevinarstvo |             |
| Valjaonica šavnih cijevi Potpićan                   | Hladno oblikovane šavne cijevi                 | 12          |
| Ljevaonice u Republici Hrvatskoj                    | Željezni i neželjezni odljevci                 | 127         |
| <b>UKUPNO</b>                                       |                                                | <b>2462</b> |

**Tablica 2.** Proizvodnja čelika u razdoblju od 2019. do 2024. godine u Republici Hrvatskoj, kt<sup>2</sup> / **Table 2.** Steel production in the Republic of Croatia from 2019 to 2024, kt

| Godina      | 2019. | 2020. | 2021. | 2022. | 2023. | 2024. |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Proizvodnja | 69    | 45    | 190   | 200   | 249   | 153   |

<sup>1</sup> Gojić 2024.

<sup>2</sup> Gojić 2022b; <https://worldsteel.org/data/world-steel-in-figures/world-steel-in-figures-2025/>; osobna komunikacija s ABS Sisak d.o.o.



**Tablica 3.** Proizvodnja valjanih Al-proizvoda i lijevanih Al-blokova i u razdoblju od 2019. do 2024. godine u Republici Hrvatskoj, kt<sup>3</sup> / **Table 3.** Production of aluminium blocks and rolled aluminium products in the Republic of Croatia from 2019 to 2024, kt

| Proizvod/godina                 | 2019.          | 2020.          | 2021.         | 2022.          | 2023.          | 2024.          |
|---------------------------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| Hladno valjani asortiman        | 33,212         | 27,843         | 34,544        | 21,758         | 21,885         | 32,755         |
| Asortiman folija i tankih traka | 14,475         | 14,323         | 15,423        | 17,460         | 15,212         | 17,223         |
| Toplovaljana traka              | 53,382         | 70,041         | 68,688        | 62,904         | 57,176         | 64,272         |
| Al-bloкови iz ljevaonice        | 33,494         | 33,604         | 36.285        | 32,712         | 30,273         | 33,358         |
| <b>Ukupno</b>                   | <b>134,563</b> | <b>145,811</b> | <b>154,94</b> | <b>134,834</b> | <b>124,546</b> | <b>147,608</b> |

**Tablica 4.** Proizvodnja odljevaka u razdoblju od 2019. do 2024. godine u Republici Hrvatskoj, kt<sup>4</sup> / **Table 4.** Casting production in the Republic of Croatia from 2019 to 2024, kt

| Proizvod/godina    | 2019.       | 2020.       | 2021.       | 2022.       | 2023.        | 2024.       |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| Željezne legure    | 29,0        | 25,6        | 34,9        | 36,0        | 35,0         | 23,6        |
| Ne-željezne legure | 45,8        | 66,0        | 60,8        | 34,1        | 74,9         | 52,6        |
| <b>Ukupno</b>      | <b>74,8</b> | <b>91,6</b> | <b>95,7</b> | <b>70,1</b> | <b>109,9</b> | <b>76,2</b> |

#### 4. Nastavna, znanstvenoistraživačka i stručna aktivnost u polju metalurgije

Začetci nastave iz znanstvenog polja metalurgija u Republici Hrvatskoj bili su na Tehničkoj visokoj školi Sveučilišta u Zagrebu (1919–26) (Gojić 2022b). Prof. dr. sc. Franjo Hanaman (1878–1941) predavao je predmet *Mehanička tehnologija I (Metalurgija)* studentima prve godine u zimskom semestru na više tehničkih odjela Tehničke visoke škole u Zagrebu, odnosno od 1926. na Tehničkom fakultetu, sve do prerane smrti (1941). Može se ustvrditi da su prerana smrt profesora Hanamana i Drugi svjetski rat poremetili razvoj studija metalurgije na Tehničkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, ali jedan od razloga jest vjerojatno i nedostatak potrebnih nastavnika za stručne metalurške predmete.

Na Strojarskom odsjeku Tehničkoga fakulteta 1950. osnovana je Katedra za lijevanje metala, a od akad. god. 1945./46. predmet *Mehanička tehnologija I* (koji obuhvaća i metalurške tematske cjeline) počinje predavati honorarni nastavnik Niko Malešević (1901–1982). Od akad. god. 1951./52. u ljetnom semestru četvrte godine uve-

<sup>3</sup> Osobna komunikacija s TLM-Impol d.o.o.

<sup>4</sup> <https://crofoundry.simet.hr>

den je izborni predmet *Metalurgija željeza*, koji studentima (anorgansko-tehnološka skupina) Kemijsko-tehnološkog odsjeka Tehničkog fakulteta predaje honorarni nastavnik Vladimir Logomerac (1914–1980), tadašnji voditelj Tehničke kontrole Željezare Sisak.

Potkraj 1950-ih javila se potreba za visokoškolskim kadrovima metalurške i kemijsko-tehnološke struke zbog brzoga gospodarskog razvoja Republike Hrvatske. Na poticaj gospodarskih subjekata iz Siska (Željezare Sisak, Rafinerija nafte Sisak) prevagnuo je stav da se osnuju odjeli Tehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu s Metalurškim odjelom kao jednim od odjela.

Visokoškolska nastava Odjela Tehnološkog fakulteta u Sisku započela je akad. god. 1960./61., u skladu s odlukom Sabora NR Hrvatske od 7. srpnja 1960. kojom se u sastavu Tehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu osnivaju Metalurški odjel i Tehnološko-pogonski odjel za naftu u Sisku.

Razvoj znanstvenog polja metalurgije u području tehničkih znanosti u razdoblju 1960–2024. odvijao se, ovisno o društvenim okolnostima, u šest različitih etapa, odnosno organizacijskih oblika, i to na: Metalurškom odjelu (1960–74) i Metalurškom inženjerstvu u Sisku (1974–78) Tehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Institutu za lake metale u Zagrebu (1948–68), Institutu za metalurgiju u Sisku (1961–78), Metalurškom fakultetu u okviru Željezare Sisak (1979–91) i na Metalurškom fakultetu kao samostalnoj sastavnici Sveučilišta u Zagrebu (od 1991) (Gojić 2021e).

U razdoblju 1960–2024. nastavni planovi i programi mijenjali su se u skladu s razvojem struke, potrebama gospodarstva itd. Nastava iz polja metalurgije u Sisku kontinuirano se odvijala na II. stupnju (diplomirani inženjer metalurgije), a po potrebi na I. stupnju (inženjer metalurgije) od akad. god. 1967./68. i III. stupnju (poslijediplomski magistarski studij metalurgije) od akad. god. 1965./66.

Preustrojem Tehnološkog fakulteta (1974) Odjeli u Sisku reorganiziraju se u Osnovnu organizaciju udruženog rada (OOUR) Metalurško inženjerstvo. Takva se organizacija Tehnološkog fakulteta ubrzo pokazala zamršenom i neprikladnom za učinkovit rad i poslovanje, osobito u razvoju nastavne i znanstvenoistraživačke aktivnosti.

Integracijom (1979) OOUR-a Metalurško inženjerstvo Tehnološkog fakulteta i OOUR-a Institut za metalurgiju nastaje Radna organizacija (RO) Institut za metalurgiju u okviru Željezare Sisak. Novonastala radna organizacija objedinjuje znanstvenoistraživački rad s obrazovnim procesima i bila je jedna od najvećih u Jugoslaviji u polju metalurgije.

Navedena integracija u Željezaru Sisak bila je od velikog značenja jer su teme diplomskih radova većinom bile u okviru problematike za potrebe Željezare Sisak, što je danas gotovo nezamislivo. To je »zlatno doba« Metalurškog fakulteta jer su stvorene pretpostavke za podizanje razine nastavne aktivnosti (posebice u izvođenju vježbi), za interdisciplinarnu suradnju koju je već Institut imao, kao i za brži transfer znanja i znanstvenih dostignuća u realni sektor gospodarstva, što je i danas aktualno.

Od 1991. Metalurški fakultet postaje samostalna znanstveno-nastavna organizacija Sveučilišta u Zagrebu u znanstvenom polju metalurgije i samostalni pravni subjekt. Od 1997. pa sve do danas djelatnosti Metalurškog fakulteta odvijaju se u tri zavoda (Zavod za procesnu metalurgiju, Zavod za mehaničku metalurgiju i Zavod za fizičku metalurgiju) s odgovarajućim laboratorijima i jednom katedrom (Samostalna katedra za vanjske suradnike). Godine 2019. osnovan je Centar za ljevarstvo – SIMET kao nova ustrojbeni jedinica na temelju infrastrukturnog projekta financiranog u okviru Europskog fonda za regionalni razvoj: *Centar za ljevarstvo – SIMET* (2019.–2023.) (Gojić 2025).

Od akad. god. 2014./15. Metalurški fakultet izvodi, zajedno s Fakultetom strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, sveučilišni poslijediplomski doktorski studij *Strojarstvo, brodogradnja, zrakoplovstvo, metalurgija*, a zastupljen je s *Metalurškim inženjerstvom* kao jednim od 11 smjerova. Osim prijediplomskog i diplomskog studija metalurgije, Metalurški fakultet Sveučilišta u Zagrebu izvodi i stručni kratki studij »Ljevarstvo« od akad. god. 2011./12.

Znanstveno-istraživačka i stručna aktivnost na području današnje Republike Hrvatske iz znanstvenog polja metalurgija u području tehničkih znanosti počela se odvijati u okviru 1922. osnovanog Zavoda za anorgansku kemiju i metalurgiju, prvog inženjerskog zavoda na Tehničkoj visokoj školi u Zagrebu. U razdoblju 1922–24. provedena su znanstvena istraživanja iz znanstvenog polja metalurgije u okviru izrade doktorske disertacije pod naslovom *Naši boksiti i njihova primjena kod Bayerovog procesa* koja je obranjena 1925. na Kemijsko-inženjerskom odjelu Tehničke visoke škole.

Godine 1940. u Tvornici aluminija Lozovac otvoreni su kemijski i fizikalni laboratorij kojem je uloga bila redovito praćenje proizvodnje glinice i primarnog aluminija. Od 1947. postojeći je laboratorij pretvoren u Centralni aluminijски laboratorij (CAL) s ulogom rješavanja postojećih zadataka u aluminijскоj industriji i za njezin razvoj. Početkom 1950-ih usvojen je proces dobivanja vanadija iz otpadnih vanadijevih soli. U okviru Instituta za lake metale (ILAM) u Zagrebu, osnovan 1948., primarno se radilo na istraživanju obojenih metala, uključujući njihovo lijevanje, koroziju i zaštitu, zavarivanje itd. U ILAM-u su se početkom 1950-ih provodila istraživanja i na bezdanom lijevanju aluminija predviđenom za valjanje.

Istraživanja na korištenju crvenog mulja kao potencijalnog uložka za proizvodnju sivoga sirovog željeza sa što višim sadržajem silicija odvijala su se (1945–50) u elektropeći TEF-a Šibenik. Na temelju iskustava s elektropeći iz Šibenika u poluindustrijskoj visokoj peći Sektora za istraživanje Željezare Sisak koristio se crveni mulj za dobivanje sirovog željeza (1950–60).

U Željezari Sisak 1953. započelo se s istraživanjem sinteriranja (aglomeriranja) i peletiziranja crvenog mulja na poluindustrijskim tavama za sinteriranje (Greenawalt tave). Također se istraživala priprema zasipa za visoku peć uz sušenje crvenog mulja, a samo taljenje provedeno je u poluindustrijskoj visokoj peći Željezare Sisak. U okviru Sektora za istraživanje Željezare Sisak započelo se krajem 1950-ih na istraživanjima iz pripreme ruda željeza, istraživanje koksa itd. Također su prezentirana stečena iskustva iz čišćenja klasično lijevanih čeličnih ingota, dani su prikazi proizvodnje i proizvodnog asortimana bešavnih cijevi te proizvodnje kokila za klasično lijevanje čelika itd. Također su za istaknuti pojedina istraživanja niza stručnjaka iz gospodarskih metalurških subjekata iz područja proizvodnje glinice, elektrolize aluminija, svojstava Al-legura, dobivanja sekundarnog aluminija (Gojić 2024) itd.

Od 1960. do 2024. godine razvoj polja metalurgije nezamisliv je bez doprinosa velikog broja znanstvenoistraživačkih i stručnih projekata financiranih iz različitih izvora: Savezni fond za znanstveni rad, Republički fond za znanstveni rad (od 1970), Opće udruženje crne metalurgije Jugoslavije, Udruženje jugoslavenskih željezara, SIZ (Samoupravna interesna zajednica) za znanost SR Hrvatske (1978–90), Fond za znanstvenoistraživački rad Željezare Sisak (1979–91), nadležno ministarstvo (od 1991), međunarodni znanstveni projekti i infrastrukturni projekti u okviru Europskog fonda za regionalni razvoj (EFRR), gospodarski subjekti, razvojni projekti Sveučilišta u Zagrebu, istraživački projekti Hrvatske zaklade za znanost (HRZZ), kratkoročne (jednogodišnje) financijske potpore i/ili institucijski projekti financirani od Sveučilišta u Zagrebu itd.

Institut za metalurgiju izrastao je (1961) izravno iz Željezare Sisak iz dotadašnjeg Sektora za istraživanje (osnovan 1957). Institut je zamišljen kao znanstvena institucija usmjerena na primijenjena (posebice prema potrebama Željezare Sisak), a dijelom na fundamentalna istraživanja, kao i na usluge prema drugim znanstvenim, visokoškolskim i gospodarskim institucijama te republičkim i savezним udruženjima. Njegovim osnivanjem organizirani znanstvenoistraživački rad u polju metalurgije dobiva zamah jer se ostvaruje zamisao suradnje znanosti, istraživanja i neposredne proizvodnje. Institut posredstvom SIZ-a (Samoupravna interesna zajednica) za znanost koordinira znanstvenoistraživački rad iz polja metalurgije SR Hrvatske, surađujući s ostalim institutima. Institut za metalurgiju bio je jedan od najbolje opremljenih instituta crne metalurgije u Jugoslaviji s poluindustrijskim uređajima koji su korišteni za ostvarivanje uvjeta bliskih realnom praktičnom metalurškom pogonu.

Nova zgrada Instituta dovršena je 1968., otkad postupno dolazi i do opremanja laboratorija i odjela s novijom opremom. Istraživački rad sve se više odnosi na proizvodne pogone Željezare Sisak s primarnim usmjerenjem prema intenziviranju postojećih kapaciteta, usavršavanju i finalizaciji proizvodnje itd. Sklapanjem ugovora (1969) o međusobnoj suradnji (Željezara Sisak, Institut za metalurgiju i Tehnološki fakultet) Institut preuzima ulogu povezivanja znanosti i gospodarstva. Institut za metalurgiju nabavio je 1976. prvi pretražni elektronski mikroskop (SEM) s valno disperzijskim spektrometrom (WDS) za kvantitativnu elektronsku mikroanalizu (JEOL JXA 50A) u Republici Hrvatskoj, primjerice za analizu bešavnih i šavnih cijevi, difuzijskih i korozijskih mehanizama, nemetalnih uključaka itd.

Institut je prvi u Jugoslaviji prešao s ručnog računanja na primjenu računala za mikroanalizu, uzevši u obzir faktore korekcija na atomski broj, na apsorpciju i na fluorescenciju za svaki analizirani element. Obradom podataka s pomoću računalnog programa FORTRAN V u elektroničkom računalnom centru Željezare Sisak s računalom treće generacije UNIVAC 1106 (1972), jednim od najvećih u Jugoslaviji, dobivala se precizna kvantitativna analiza čelika i ostalih materijala.

U Institutu su se mogle provoditi sljedeće aktivnosti: lijevanje u kokile (čelik, lijevana željeza, aluminij i njegove legure itd.), toplinska obrada, mehanička i tehnološka ispitivanja, brojne analize: kemijskog sastava, konstitucijskih faza i plinova u metalnim materijalima, metalografska analiza (svjetlosna i pretražna elektronska mikroskopija), toplinska analiza (termogravimetrija, dilatometrija, diferencijalno toplinska analiza), rendgenska fluorescentna i difrakcijska analiza, ispitivanje materijala metodama bez razaranja (ultrazvuk, penetranti itd.), određivanje svojstava plastičnosti i deformacijskog otpora, analiza metodom atomske apsorpcijske spektrometrije itd.

S obzirom na to da je Željezara Sisak bila jedini proizvođač bešavnih cijevi u Jugoslaviji, radilo se i na tzv. selektivnom programu: *Razvoj bešavnih cijevi za istraživanje i proizvodnju nafte i plina u posebno teškim uvjetima i u podmorju*. Veliko značenje za grad Sisak i širu regiju imali su projekti iz područja zaštite okoliša: *Stanje nadzora i potrebe nadzora čovjekove okoline u Sisku* (1981), *Program dugoročnog nadzora i zaštite okoliša u općini Sisak* (1982–83) i *Studija o opterećenju gradskog područja Siska zagađujućim industrijskim tvarima* (1985).

Stupanjem na snagu Zakona o poduzećima (1989) dolazi do reorganizacije Željezare Sisak, tako da Institut za metalurgiju postaje Istraživačko-razvojni institut (1989) s Metalurškim fakultetom kao sektorom (bez pravne osobnosti), a istodobno ostaje članicom Sveučilišta u Zagrebu. Tim reorganizacijskim promjenama gotovo je potpuno napušten znanstvenoistraživački rad u Željezari Sisak, a istraživanja u okviru preostalog Istraživačko-razvojnog instituta d.o.o. nakon 1991. primarno su usmje-



rena na rutinske analize za potrebe pojedinih pogona te na stručne aktivnosti u okviru Željezare Sisak (Gojić 2024).

U razdoblju od 1991. do 2013. znanstvena istraživanja provedena su kroz 20 znanstvenih projekata koje je financiralo nadležno ministarstvo. Istraživanja su se odvijala u područjima lijevanja metala, plastične deformacije, separacije metala, toplinske obrade, degradacije materijala te razvoja novih materijala (Ti-legure, legure s prisjetljivosti oblika itd.), uključujući uštedu energije i zaštitu okoliša itd. Valja izdvojiti istraživanja (2007–13) na znanstvenom programu Metalurškog fakulteta *Metalni materijali – svojstva, obrada i utrošak energije* u koji su bila uključena četiri znanstvena projekta (tzv. z-projekti).

U razdoblju od 1998. do 2008. nabavljen je velik dio znanstvenoistraživačke opreme, uz znatan udio vlastitih sredstava (49,6%). Znanstvena istraživanja u posljednjih dvadesetak godina odvijala su se preko 15-ak međunarodnih projekata (EUREKA program, bilateralni projekti itd.) i dva istraživačka projekta financirana od Hrvatske zaklade za znanost (HRZZ): *Dizajniranje mikrostrukture i funkcionalnih svojstava legura s prisjetljivosti oblika na bazi bakra* (2015–19) i *Istraživanja početka plastičnog toka metala kod hladne deformacije* (2017–20).

U razdoblju od 2013. do 2024. znanstvenoistraživački rad odvijao se i kroz 32 kratkoročne (jednogodišnje) potpore istraživanjima (2013–18) i 30-ak jednogodišnjih institucijskih projekata (2019–24), proizišlih iz financijskih sredstava dobivenih za temeljno financiranje znanstvene i umjetničke djelatnosti Sveučilišta u Zagrebu. Prioritetne teme znanstvenih istraživanja u posljednjih su desetak godina u skladu sa Strategijama razvoja Metalurškog fakulteta, s dvama strateškim razvojnim pravcima: *Metalurško inženjerstvo i Industrijska ekologija* i *Inženjerski metalni materijali*, te sa strateškim pravcima istraživanja u pravcu lijevanja i razvoja naprednih materijala, plastične deformacije, zaštite okoliša, istraživanja energetske učinkovitosti itd.

Znatan dio kapitalne znanstvenoistraživačke opreme nabavljen je u okviru infrastrukturnih projekata u okviru Europskog fonda za regionalni razvoj (EFRR): *Centar za ljevarstvo – SIMET* (2019–23) i *VIRTULAB–Integrirani laboratorij za primarne i sekundarne sirovine* (2018–20), čime se podignula razina nastavnog procesa, povećala znanstvenoistraživačka i stručna djelatnost te osigurali bolji uvjeti za transfer znanja i tehnologija prema realnom gospodarskom sektoru (Gojić 2025).

Od 2001. godine stručne aktivnosti Metalurškog fakulteta u polju metalurgije su se odvijale preko šest ugovorenih tehnologijskih projekata (u okviru programa Hitra, Strip, Test, Razum i sl.) koje je financiralo nadležno ministarstvo. Realizirani su projekti i zadatci ugovoreni za potrebe gospodarskih subjekata iz metalurške (TLM Šibenik itd.) i metaloprerađivačke industrije te su izrađeni i brojni stručni izvještaji, posebno za lijevaonice.

Na osnovi provedenih istraživanja, u razdoblju 1991–2024. na Metalurškom fakultetu objavljeno je više od 1000 znanstvenih i stručnih radova u domaćim i međunarodnim časopisima te približno 800 radova u zbornicima s međunarodnih i domaćih skupova. Izrađene su i stručne ekspertize i brojni stručni izvještaji za niz gospodarskih subjekata iz polja metalurgije i srodnih znanstvenih polja.

## **5. Doprinos gospodarskih subjekata i drugih znanstvenih i visokoškolskih institucija razvoju polja metalurgije**

Razvoju znanstvenog polja metalurgije u okviru svojih laboratorija doprinos je dao i razvoj industrijskog metalurškog sektora koji se neprekidno razvijao. Metalurške tvrtke za neposrednu su proizvodnju imale pogonske i/ili centralne laboratorije za ocjenu sirovina, te poluproizvoda ili gotovih proizvoda te su potpomagale znanstveno-istraživački, stručni i inovativni rad. U tome su se posebno isticali Željezara Sisak, TLM Šibenik, brojne ljevaonice itd. Od znanstvenih institucija razvoju polja metalurgije su u bitnome pripomogli Institut za metalurgiju Željezare Sisak (1961–91), Institut za lake metale (ILAM) iz Zagreba (1948–68), Institut »Đuro Đaković« Slavonski Brod, Institut Jugoturbine Karlovac itd. Npr. ILAM je radio i studiju 1960–61. pod naslovom: *Znanstveno-stručna studija za proširenje svih preradivačkih pogona za narednih 20 godina (1960. – 1980.)*. Doprinos razvoju polja metalurgije dali su i daju današnji tehnički fakulteti u Republici Hrvatskoj: Fakultet strojarstva i brodogradnje (FSB) iz Zagreba (1956), Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje (FESB) iz Splita (1960), Tehnički fakultet (TF) iz Rijeke (1960) i Strojarski fakultet (SF) iz Slavonskog Broda (1962), koji su u okviru dijela svojih zavoda, katedri i laboratorija aktivni u pojedinim znanstvenim disciplinama usko vezanim s poljem metalurgije (lijevanje metala, plastična prerada, toplinska obrada i zavarivanje metalnih materijala itd.). Nastava iz ljevarstva i oblikovanja metala deformiranjem (u obliku pojedinačnih predmeta) odvija se i na svim navedenim fakultetima od njihova osnivanja. Oni sudjeluju i u istraživačkom i stručnom radu, primarno iz ljevarstva i plastične deformacije te u organizaciji seminara iz ljevarstva.

## **6. Doprinos strukovnih društava razvoju znanstvenog polja metalurgije**

Za razvoj polja metalurgije bitan je i doprinos odgovarajućih strukovnih društava s ciljem organiziranja savjetovanja, simpozija i stručnih seminara. Još 1953. osnovano je Društvo ljevača NR Hrvatske u Zagrebu koje povremeno sve do danas organizira savjetovanja i seminare iz ljevarstva.

Udruga Društvo inženjera i tehničara (DIT) Sisak, posebno DIT Željezare Sisak (od 1952) podupirali su i potpomogli razvoj polja metalurgije. To se manifesti-

ralo organiziranjem povremenih stručnih tematskih tribina i predavanja iz niza polja (strojarstvo, elektrotehnika itd.) u području tehničkih znanosti, uključujući i polje metalurgije.

Treba napomenuti da je akademik Miroslav Karšulin, jedan od osnivača nastavnog procesa i profesor na Odjelima Tehnološkog fakulteta u Sisku, inicirao osnivanje međunarodnoga znanstvenog društva *International Committee for the Study of Bauxite, Alumina and Aluminium* (ICSOPA) 1963. u okviru Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti. To je svjetsko društvo iz područja istraživanja eksploatacije boksita i srodnih ruda, prerade u glinicu i elektrolize u aluminij. Kongres se održava svakih pet godina. Prvi kongres održan je u Zagrebu 1963., a poslije je održan i 1983. u Zagrebu. Na prijedlog akademika M. Karšulina prihvaćeno je da se radovi s toga svjetskog simpozija publiciraju u časopisu *Travaux de l'ICSOPA*.

Koncept razvoja aluminijsko-energetskog kompleksa Dalmacije rješavalo je i potpomagalo poslovno udruženje »Jadral« koje je osnovano 1966. s ciljem podržavanja realizacije projekata razvoja aluminijske industrije SR Hrvatske i SR Republike Bosne i Hercegovine. Članovi udruženja bili su: TLM Šibenik, Aluminijski kombinat – Mostar, Jadral – Obrovac i Elektroprivreda Dalmacije – Split. Najvažniji ciljevi udruženja bili su: izrada programa izgradnje novih objekata, odnosno rekonstrukcije i proširenja postojećih objekata za proizvodnju boksitne rude, električne energije za potrebe aluminijske industrije glinice, aluminija i prerađevana od aluminija, poslovi oko pribavljanja povoljnih kredita za financiranje tih objekata itd. Kasnije su u udruženje »Jugal« 1967. primljeni Energoinvest – Sarajevo, TEF Šibenik, Boksitni rudnici – Drniš i Boksitni rudnici – Bos. Krupa.

Hrvatsko metalurško društvo (HMD) osnovano je 1992. godine u Sisku. Od 1994. godine HMD organizira međunarodni simpozij *Materijali i metalurgija* (svake dvije godine), izdaje časopis *Metalurgija*, knjige itd. U razdoblju 1994–2024. održano je 16 simpozija HMD-a. Sažetci radova i odabrani radovi se, nakon recenzentskog postupka, objavljuju u časopisu *Metalurgija*. Sredinom 2025. nažalost ugašeno je Hrvatsko metalurško društvo.

Značajan doprinos razvoju znanstvenog polja metalurgije daju i srodna društva iz područja tehničkih znanosti. Tako npr. na Zavodu za materijale Fakulteta strojarstva i brodogradnje aktivno djeluju dva znanstveno-stručna društva: Hrvatsko društvo za materijale i tribologiju te Hrvatsko društvo za toplinsku obradu i inženjerstvo površina koja organiziraju znanstveno-stručne skupove iz područja materijala, tribologije i toplinske obrade, zatim radionice itd.

Hrvatsko društvo za tehniku zavarivanja organizira međunarodne skupove iz zavarivanja i srodnih postupaka, seminare, radionice itd. Hrvatsko društvo za

zaštitu materijala organizira simpozije iz korozije i zaštite materijala, radionice i seminare u okviru cjeloživotnog obrazovanja.

## 7. Izdavačka i publicistička djelatnost u znanstvenom polju metalurgije

Razvojem znanstvenog polja metalurgija rasla je izdavačka i publicistička djelatnost. U razdoblju 1960–2024. objavljeno je više od 3500 znanstvenih i stručnih radova u domaćim (*Metalurgija*, *Ljevarstvo*, *Kemija u industriji*, *Strojarstvo*, *Zavarivanje* itd.) i međunarodnim časopisima (*Materials and Technology*, *Travaux de l'ICSoba*, *Livarski vestnik* itd.) i zbornicima međunarodnih i domaćih konferencija.

Kao rezultat stručnih aktivnosti izrađeno je više od 1000 elaborata, velik broj ekspertiza te brojni stručni izvještaji za gospodarske subjekte iz metalurgije i srodnih znanstvenih polja, registrirano je dvadesetak patenata itd. U tom razdoblju u polju metalurgije objavljeno je desetak monografija, više od 60 knjiga i sveučilišnih udžbenika (Slika 12), niz poglavlja u knjigama, brojne sveučilišne i interne skripte, recenzirani nastavni tekstovi predavanja na web stranici Metalurškog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu itd.



Slika 12. Naslovnica najnovije knjige (2024) iz metalurgije u Republici Hrvatskoj /  
Figure 12. Cover of the latest (2024) book on metallurgy in the Republic of Croatia

Iskoraci u razvoju metalurške terminologije učinjeni su izradom rječnika iz polja metalurgije. Institut za metalurgiju u Sisku bio je nositelj zadatka izrade višejezičnog *Metalurškog rječnika* s oko 8000 metalurških termina koji je objavljen 1971. godine. Stručna metalurška terminologija iz ljevarstva predstavljena je u trojezičnom (hrvatsko-englesko-njemački) *Ljevarskom rječniku* M. Galić-Milasa (Hrvatsko udruženje za ljevarstvo, Zagreb, 1999). Polje metalurgije terminološki je obrađeno i u *Tehničkom leksikonu* (Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb 2007).

Razvoju polja metalurgije u publicističkom smislu pridonijelo je izdavanje časopisa *Ljevarstvo* (Slika 13a) od 1954. do 2013., s iznimkom 1959. kada zbog financijskih razloga nije tiskan), kao i ostalih domaćih časopisa iz tehničkog područja (*Kemija u industriji*, *Strojarstvo*, *Zavarivanje*, *Nafta* itd.). Razvoju polja metalurgije najviše je pridonijelo osnivanje časopisa *Metalurgija* (od 1962) (Slika 13b).

Također, doprinos razvoju pola metalurgije davalo je i međunarodno savjetovanje ljevača pod različitim tematskim nazivima (od 1999) i znanstveno-stručni seminari iz ljevarstva (od 2008) koje je organizirao Metalurški fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Časopis *Ljevarstvo* (Slika 13a) počeo je izlaziti 1954. u izdanju Društva ljevača NR Hrvatske kao njegovo glasilo. Te je godine objavljen samo jedan broj s 12 struč-



Slika 13. Faksimili časopisa *Ljevarstvo* 51 (2009) 1 (a) i *Metalurgija* 22 (1983) 3–4 (b) / Figure 13. Facsimiles of the journals *Ljevarstvo* 51 (2009) 1 (a) and *Metalurgija* 22 (1983) 3–4 (b)



nih radova s Tehničkog fakulteta i ljevaonica. U početku (1955. i 1956) časopis je objavljivao godišnje 40-ak radova. Tijekom vremena časopis je mijenjao nazive: *Ljevarstvo* (1954–86), *Livarstvo* (1986–92) i *Ljevarstvo* (1992–2013), a bili su i različiti izdavači. U razdoblju 1954–62. časopis je izdavalo Društvo ljevača NR Hrvatske (osim što 1959. nije izašao ni jedan broj), zatim Društvo ljevača SR Hrvatske (1963–77), Savez ljevača SR Hrvatske iz Rijeke (1978–86), Savez organizacija livaca Jugoslavije (1986–91), Savez ljevača Hrvatske (1992–95). Od 1995. do prestanka izdanja (2013) časopis *Ljevarstvo* bilo je glasilo Hrvatskog udruženja za ljevarstvo.

Časopis *Ljevarstvo* objavljivao je znanstvene i stručne radove iz ljevarstva, davao prikaze iz higijensko-tehničke zaštite te priloge iz prakse, posjeta ljevaonicama, povijesnih tema iz razvoja ljevarstva te prenosio najnovija saznanja i informacije iz ljevarstva iz međunarodne znanstvene i stručne periodike (*La Fonderia Italiana*, *Giesserei* itd.). S vremenom se broj objavljenih radova na godišnjoj razini smanjivao (najčešće 2–3 rada po broju) i objavljivao je radove samo iz ljevarstva. U prvih deset godina izdanja časopisa *Ljevarstvo* primarne sadržajne cjeline su: opće ljevarstvo, tehnike izrade modela, ljevački pjeskovi i bentonitna glina, tehnike izrade kalupa itd.

Od 1999., kada se održava međunarodno savjetovanje ljevača u organizaciji Metalurškog fakulteta, odabrani radovi se, nakon recenzentskog postupka, tiskaju u časopisu *Ljevarstvo* do kraja njegova izdavanja (2013). Prestanak izlaženja časopisa *Ljevarstva* u 2013. godini posljedica je složenih djelovanja više čimbenika uključujući funkcioniranje i/ili nefunkcioniranje Hrvatskog udruženja za ljevarstvo, prestanka financiranja nadležnog ministarstva, nedovoljnog broja dostavljenih radova, gospodarskog stanja ljevaonica itd.

Pokretanje časopisa *Metalurgija* 1962. godine (Slika 13b) u Sisku bilo je, u publicističkom smislu, presudno za razvoj polja metalurgije. Osim toga, treba napomenuti da je časopis *Metalurgija* bio bitan časopis i za izbore u zvanja, ne samo u polju metalurgije nego i u ostalim poljima u području tehničkih znanosti u Republici Hrvatskoj, regiji, ali i šire. Prije je većina znanstveno-nastavnog osoblja na Metalurškom odjelu i OOUR-u Metalurškog inženjerstva Tehnološkog fakulteta, odnosno poslije na Metalurškom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, izabrana je u zvanja zahvaljujući objavljenim radovima u časopisu *Metalurgija*. Posljednjih 10 do 15 godina situacija nije takva.

Osnivač časopisa *Metalurgija* (1962) bilo je Društvo inženjera i tehničara (DIT) Željezara Sisak. Prve godine objavljen je jedan broj s tri stručna rada koje su napisali zaposlenici Željezare Sisak. Broj radova u časopisu postupno se povećavao jer su objavljivani radovi iz pripreme ruda, ekstraktivne metalurgije, prerade te ispitivanja i kontrole sirovina, poluproizvoda i gotovih proizvoda itd. Časopis se redovito izdavao u tiskanom obliku sve do sredine 2025., a na mrežnoj stranici časopisa dostupni su svi brojevi objavljeni od 2001. godine. U razdoblju od 1965. do 1978. časo-

pis je bio stručno glasilo Odjela u Sisku Tehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Instituta za metalurgiju u Sisku i Željezare Sisak. Metalurški fakultet bio je izdavač (1979–84., 1991–92., br. 1), a od 1992. (br. 2) do 1994. suizdavač časopisa, zajedno s HMD-om, osnovanim 1992. godine. Od 1995. HMD je jedini izdavač časopisa.

Časopis *Metalurgija* objavljuje znanstvene i stručne radove (iz svih grana polja metalurgije i drugih srodnih znanstvenih polja), prikaze i sl. Indeksiran je u Web of Science bazi podataka. Većina radova (69%) u prvih 15 godina izlaženja časopisa bilo je iz područja crne metalurgije, gdje su ekstraktivna metalurgija, prerada i kontrola uglavnom zastupljene u istom omjeru. Tijekom prvih 25 godina izdavanja časopisa 67% autora publiciranih članaka bilo je iz Republike Hrvatske (primarno iz Siska: Odjeli u Sisku Tehnološkog fakulteta, Institut za metalurgiju Sisak i Željezara Sisak), 22% autora iz ostalih republika bivše Jugoslavije, a 11% iz inozemstva.

Gašenjem Instituta za metalurgiju i smanjenjem aktivnosti bivše Željezare Sisak, časopis *Metalurgija* više nije primarno bio namijenjen stručnim potrebama u proizvodnji čelika i njegovoj obradi i preradi u Republici Hrvatskoj, nego se priklonio uglavnom znanstvenoj produkciji zemalja Srednje i Istočne Europe. Gašenjem Hrvatskog metalurškog društva (2025) časopis je kao izdavač preuzelo Društvo za zaštitu materijala, koje ga od sredine 2025. izdaje samo u online obliku.

Također, razvoju polja metalurgije pridonijeli su časopisi *Strojarstvo* i *Zavarivanje* u kojima su objavljeni brojni metalurški članci i prilozi. Npr. u časopisu *Strojarstvo* objavljeni su radovi: *Ljevačka metalurgija bakrenih slitina* (1964), *Toplinska obrada aluminijskih slitina i njena stabilizacija* (1973), *Ispitivanje prokaljivosti čelika za cementiranje* (1976), *Ljevarstvo SR Hrvatske* (1977) itd. Disciplina *Metalurgija zavarivanja* obrađena je u četiri broja časopisa *Zavarivanje* (1966), a u okviru priloga tzv. škola zavarivanja obrađeno je polje metalurgije za zavarivače u 14 brojeva časopisa *Zavarivanje* (1969–70) itd.

Treba spomenuti da su veliki metalurški gospodarski subjekti izdavali vlastite tzv. tvorničke listove. U okviru Željezare Sisak izlazio je mjesečni *Bilten Željezare Sisak* (studen 1952–svibanj 1953), *Metalurg* (lipanj 1952–1953), a od 1954. do 1995. dvotjedni list *Vjesnik Željezare* koji je, među ostalim, pružao informacije i stručne priloge iz metalurške proizvodnje, otvaranja novih pogona, ugradnje nove opreme, srednjoškolskog (ljevač, procesni metalurg, valjač, metalurški tehničar itd.) i visokoškolskog obrazovanja, inovativnog rada itd. Kao nadopuna *Vjesnika Željezare*, od 1983. izlazio je mjesečnik *Željezarac*, koji je izdavao *Metaval*, najveća metalurška radna organizacija Željezare Sisak.

Također je, u okviru TLM-a Šibenik, mjesečno izdavan (1963–2004) list *Aluminij* kao glasilo TLM-a, koji je donosio, uz ostalo, tehničke priloge s temama, npr. nove investicije, usvajanje tehnologije proizvodnje novih Al-legura, načini lijevanja, ustrojstvo laboratorija itd.

U TEF-u Šibenik od 1962. godine izlazio je TEF – informativni tvornički list u okviru Službe za informiranje, koji je, među ostalim, donosio i priloge iz proizvodnje elektroda, ferolegura, anodnih masa itd.

U okviru Tvornice karbida i ferolegura Dalmacija – Dugi Rat izlazio je od 1975. mjesečnik, list zaposlenika, *Dalmacija*, koji je objavljivao najnovija događanja povezana s investicijama, poslovanjem itd.

U Splitu je 1967–76. izlazio interni bilten *Aluminij* u izdanju JUGAL-a, Poslovnoga udruženja elektro-aluminijske industrije Split koji je činilo šest institucija, a koji je donosio metalurške teme s ekonomskim pristupom, npr. uvoz i izvoz boksita, glinice, poluproizvoda i gotovih proizvoda, proizvodnja i potrošnja aluminija itd.

Navedena su izdanja, iako lokalna, bila pisana profesionalno, s korektnim novinarskim pristupom, te su hvalevrijedna i korisna za tvorničko informiranje u polju metalurgije.

## 8. Zaključak

Povijest ljudskoga razvoja najuže je povezana s razvojem materijala, među kojima metalni materijali zauzimaju primarno mjesto. Metalurgija kao struka i znanstveno polje u području tehničkih znanosti bavi se dobivanjem, obradom te utvrđivanjem fizikalno-kemijskih zakonitosti ponašanja metalnih materijala tijekom njihove obrade, prerade, ispitivanja i primjene. Metalurgija na području današnje Republike Hrvatske stara je više od 6000 godina. Na području današnje Hrvatske arheološki nalazi svjedoče o počecima razvoja ljevarstva u bakrenom dobu. Na području istočne Slavonije pronađeni su primjeri lijevanja iz razdoblja badenske kulture, Vučedolske kulture itd. Razvoj metalurgije se nastavio, posebice u XV. stoljeću, a i poslije. Intenzivniji razvoj dogodio se početkom XX. stoljeća, posebice između Prvoga i Drugoga svjetskog rata. Od Drugoga svjetskog rata do kraja 1980-ih godina razvoju metalurgije kao industrijske grane u Hrvatskoj pridavala se velika pozornost. Obnavljaju se i moderniziraju postojeći te otvaraju i kontinuirano rekonstruiraju novi metalurški gospodarski subjekti: Željezara Sisak (1946), TLM Šibenik (1955), Željezara Split (1971), Armko Konjščina (1963), Valjaonica čelika Kumrovec (1973), Valjaonica šavnih cijevi Potpićan (1977), mnogobrojne ljevaonice itd. Velike metalurške tvrtke (Željezara Sisak, TLM Šibenik, TEF Šibenik itd.) živjele su za svoje gradove te su se ti gradovi razvijali i rasli s tim tvornicama, uz istodobno sudjelovanje i na svjetskim tržištima sa svojim proizvodima. Prije 35 godina metalurška proizvodnja u Hrvatskoj bila je na razini oko 2,5 Mt metalurških poluproizvoda i gotovih proizvoda. Nažalost, današnja metalurška proizvodnja u Hrvatskoj iznosi svega 376 kt metalurških poluproizvoda i gotovih proizvoda.

## LITERATURA

- Debeuc, Franjo. 1969. »Ljevaonice grada Zagreba i njegove okolice od početka XIX stoljeća do drugog svjetskog rata«, *Ljevarstvo*, 16 (1): 26–49.
- Glavaš, Zoran. 2014. *Osnove lijevanja metala*. Sisak: Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet.
- Gojić, Mirko. 2002. »Stanje i trend proizvodnje čelika u svijetu i Republici Hrvatskoj«. U: Knjiga zbornika radova s multidisciplinarnog savjetovanja: Materijali i tehnološki razvoj, održanog u Zagrebu 15. 05. 2002., 42–51. Ur. Tomislav Filetin. Zagreb: Akademija tehničkih znanosti.
- Gojić, Mirko. 2006. *Metalurgija čelika*, drugo nepromijenjeno izdanje. Sisak: Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet.
- Gojić, Mirko i Stjepan Kožuh. 2006. »Development of Direct Reduction Processes and Smelting Reduction Processes for the Steel Production«, *Kemija u industriji*, 55 (1): 1–10.
- Gojić, Mirko. 2010. *50 godina studija metalurgije (monografija 1960.–2010.)*. Sisak: Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet.
- Gojić, Mirko. 2021a. »Talionica Caprag – ishodište Željezare Sisak«. *Kemija u industriji*, 70 (7–8): 411–418.
- Gojić, Mirko. 2021b. *Metalurška proizvodnja u nekadašnjoj Željezari Sisak*. Zbornik 10. Simpozija: Povijest i filozofija tehnike, Zagreb, 23. i 24. 11. 2021. Zagreb: KIKLOS – krug knjige d.o.o., 295–328.
- Gojić, Mirko. 2021c. »Metalurški kombinat Željezara Sisak«, *Kemija u industriji*, 70 (9–10): 563–580.
- Gojić, Mirko. 2021d. »Povijesni razvoj znanstvenog polja metalurgije od Tehničke visoke škole do osnivanja Metalurškog odjela Tehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu«, *Kemija u industriji*, 70 (3–4): 171–178.
- Gojić, Mirko. 2021e. »Razvoj znanstvenog polja metalurgije u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 1960. do 2020. godine«, *Kemija u industriji*, 70 (5–6): 293–310.
- Gojić, Mirko. 2022a. »Metalurgija čelika u Republici Hrvatskoj«, *Studia lexicographica*, 16 (31): 79–110.
- Gojić, Mirko. 2022b. »Proizvodnja i potrošnja čelika u Republici Hrvatskoj«, *Zavarivanje*, 65 (3–4): 103–108.
- Gojić, Mirko, Stjepan Kožuh i Ivana Ivanić. 2022. »Pregled osnovnih sirovina za proizvodnju čelika u razdoblju od 2000. do 2022. godine«. U: Zbornik radova 13. Simpozija s međunarodnim učešćem RUDARSTVO 2022: Održivi razvoj u rudarstvu i energetici, održanog u Vrnjačkoj Banji 23.–26. 06. 2022., 276–289. Ur. Miroslav Ignjatović. Beograd: Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina i Privredna komora Srbije.
- Gojić, Mirko i dr. 2023. »Značajke masovne proizvodnje sirovog čelika u Republici Hrvatskoj od 1954 do 2020. godine«, *Kemija u industriji*, 72 (1–2): 87–93.
- Gojić, Mirko. 2024. *Razvoj metalurgije i proizvodnje čelika u Republici Hrvatskoj*. Koprivnica–Zagreb: Metalurški fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Sveučilište Sjever, Hrvatsko društvo kemijskih inženjera i Tehnologa, Sisak.
- Gojić, Mirko. 2025. »Povijesni razvoj ljevarstva na području današnje Republike Hrvatske«. *Kemija u industriji*, 74 (7–8): 321–334.
- <https://worldsteel.org/data/world-steel-in-figures/world-steel-in-figures-2025/> (pristupljeno 3. XI. 2025)
- <https://crofoundry.simet.hr> (pristupljeno 3. XI. 2025)
- Mamuzić, Ilija. 2022. »6000 godina metalurgije na tlu Hrvatske«. *Metalurgija*, 61 (1): 43–86.
- Pavlović, Pavle. 1990. *Materijal čelik*. Zagreb: SKTH/Kemija u industriji, 5–32.
- Unkić, Faruk. 2002. »Stanje i trendovi u ljevarskoj industriji Hrvatske«. U: Knjiga zbornika radova s multidisciplinarnog savjetovanja: Materijali i tehnološki razvoj, održanog u Zagrebu 15. 5. 2002., 53–67. Ur. Tomislav Filetin. Zagreb: Akademija tehničkih znanosti.

Unkić, Faruk, Zoran Glavaš i Zoran Kivač. 2004. »Primjena suvremenih informatičkih tehnologija u razvoju i proizvodnji odljevaka«, *Ljevarstvo*, 46 (4): 95–101.

## METALLURGY IN THE TERRITORY OF PRESENT-DAY CROATIA

Mirko Gojić

University of Zagreb, Faculty of Metallurgy, Sisak

University North, Koprivnica

gojic@simet.unizg.hr

**ABSTRACT:** Metallurgy is by far the oldest technical discipline and one of the fields of technical sciences. According to archaeological findings, metallurgical activity in the territory of present-day Croatia has been ongoing for over 6,000 years, having undergone numerous phases of development. The industrial development of metallurgy in Croatia in the 20<sup>th</sup> century had its roots in restoration of the 19<sup>th</sup>-century metallurgical companies, the production of ferroalloys, the opening of numerous foundries (primarily of a craft-based character), and the beginning of the industrial production of pig iron and aluminium in the period before World War II. After the war, considerable attention was devoted to the development of metallurgy in Croatia, and the establishment of a number of metallurgical enterprises contributed to the respectable development of the metalworking industry by the end of the 1980s. This paper presents the historical development of metallurgy in the territory of present-day Croatia, including the most significant industrial metallurgical companies in ferrous metallurgy, non-ferrous metallurgy, and foundry production. In addition, it outlines educational, scientific, professional, and publishing activities in the field of metallurgy, as well as the contributions of professional associations and journals, to the development of this scientific field. Thirty-five years ago, the metallurgical production of Croatia reached about 2.5 Mt of semi-finished and finished products. Unfortunately, because of war damage, a deeply flawed privatisation model, the absence of an industrial strategy in recent decades, and deindustrialisation, metallurgical production in Croatia in 2024 amounted to only 376 kt.

**Keywords:** metallurgy; foundry; pig iron; ferroalloys; steel; aluminium; steel pipes; castings



Članci su dostupni pod licencijom Creative Commons: Imenovanje 4.0 međunarodna (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>). Sadržaj se smije umnožavati, distribuirati, priopćavati javnosti, prerađivati i koristiti u bilo koju svrhu, uz obavezno navođenje autorstva i izvora.