

Pregled svjetske proizvodnje čelika u razdoblju od 2000. do 2019. godine

Knežević, Dijana

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Metallurgy / Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:115:126496>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-19**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Metallurgy University of Zagreb - Repository of Faculty of Metallurgy University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
METALURŠKI FAKULTET

Dijana Knežević

ZAVRŠNI RAD

Sisak, srpanj 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
METALURŠKI FAKULTET

Dijana Knežević

PREGLED SVJETSKJE PROIZVODNJE ČELIKA U RAZODBLJU OD 2000.
DO 2019. GODINE
ZAVRŠNI RAD

Voditelj: prof. dr. sc. Mirko Gojić

Suvoditelj: doc. dr. sc. Ivana Ivanić

Članovi ispitnog povjerenstva:

Predsjednik: prof. dr. sc. Stjepan Kožuh

Član: prof. dr. sc. Mirko Gojić

Član: doc. dr. sc. Ivana Ivanić

Član: prof. dr. sc. Zoran Glavaš

Član: izv. prof. dr. sc. Ljerka Slokar Benić

Zamjenski član: doc. dr. sc. Ivan Jandrić

Sisak, srpanj 2021.

Zahvaljujem se mentoru prof.dr.sc. Mirku Gojiću na trudu, strpljenju i uloženom vremenu tijekom izrade završnog rada. Također, zahvaljujem se suvoditeljici rada doc. dr. sc. Ivani Ivanić na pomoći tijekom izrade rada.

Hvala mojoj obitelji na iznimnoj podršci i potpori tijekom mog cjelokupnog školovanja, a najveću zahvalnost iskazujem svojim roditeljima i dečku Vladimiru koji su uvijek bili uz mene.

Hvala i svim profesorima i kolegama s kojima sam dijelila ovo razdoblje života.

SAŽETAK

Prema arheološkim i drugim podacima poznato je da se čelik koristio još u dalekoj prošlosti. Od tada, pa sve do danas, upotreba čelika ne gubi na značaju. Dapače, svjetska proizvodnja čelika, kao najvažnijeg metalnog materijala, i dalje raste. Štoviše, proizvodnja čelika u svijetu 20-ak godina 21. stoljeća raste. Izvanredna svojstva kojima odlikuje ovaj „zeleni materijal“ poput velike čvrstoće, tvrdoće, mogućnosti toplinske i mehaničke obrade omogućuje primjenu čelika u gotovo svim područjima ljudskih djelatnosti poput građevinarstva (razni profili, žice, šipke), prometa (mostovi, željezničke pruge, automobili), medicine (kirurški instrumenti, implantati), itd.

Ovaj rad daje pregled ukupne svjetske proizvodnje sirovog čelika, uključujući i proizvodnju čelika po pojedinim postupcima. Dana je analiza proizvodnje čelika i po pojedinim regijama: EU, Sjeverna Amerika, Azija, itd. Kina je i u 21. stoljeću nastavila trend najvećeg proizvođača čelika u svijetu (taj primat je preuzela još 1996. godine). U Kini je proizvedeno u 2019. godini 996,342 milijuna t čelika, što čini više od 53,1 % svjetske proizvodnje. Za razliku od proizvodnje čelika u 2000. godini došlo je do promjena u redoslijedu (od 2. do 10. mjesta) najvećih svjetskih proizvođača čelika. Po proizvodnji čelika u 2019. godini 10 najvećih svjetskih proizvođača su: Kina, Indija, Japan, SAD, Rusija, Južna Koreja, Njemačka. Turska, Brazil i Iran. Sadašnji trend ukazuje da će proizvodnja čelika u svijetu nadalje rasti.

Ključne riječi: čelik, povijesni postupci proizvodnje čelika, konvertorski čelik, elektročelik

ABSTRACT

According to archeological and other data, it is known that steel was used in the distant past. From then until today, the use of steel has not lost its significance. Indeed, world steel production, as the most important metal material, continues to grow. Moreover, steel production in the world has been growing for about 20 years. The outstanding properties of this "green material" such as high strength, hardness, heat and mechanical processing capabilities allow the application of steel in almost all areas of human activities such as construction (various profiles, wires, bars), transport (bridges, railways, cars), medicine (surgical instruments, implants), etc. This paper provides an overview of the total world production of crude steel, including the production of steel by individual processes. An analysis of steel production is also given by individual regions: EU, North America, Asia, etc. China has continued the trend of the largest steel producer in the world in the 21st century (it took over this primacy in 1996). In China, 996.342 million tons of steel were produced in 2019, which makes up more than 53.1% of world production. Unlike steel production in 2000, there were changes in the order (2nd to 10th place) of the world's largest steel producers. According to steel production in 2019, the 10 largest world producers are: China, India, Japan, USA, Russia, South Korea, Germany. Turkey, Brazil and Iran. The current trend indicates that world steel production will continue to grow.

Key words: steel, historical steel production processes, converter steel, electric steel

SADRŽAJ

1.	UVOD	1
2.	OSNOVE ČELIKA	2
2.1.	Definicija čelika	2
2.2.	Sistematizacija čelika	2
2.3.	Čelik kao „zeleni materijal“	6
3.	PROIZVODNJA ČELIKA	7
3.1.	Povijesni postupci	7
3.1.1.	Bessemerov postupak	7
3.1.2.	Thomasov postupak	8
3.1.3.	Siemens-Martinov postupak	9
3.2.	Današnji postupci	10
3.2.1.	Proizvodnja čelika u kisikovom konvertoru	10
3.2.2.	Proizvodnja čelika u elektrolučnoj peći	11
4.	RASPRAVA I OBRADA PODATAKA	12
4.1.	Analiza osnovnih sirovina za proizvodnju čelika u razdoblju 2000.-2019.	12
4.2.	Svjetska proizvodnja čelika u kisikovim konvertorima u razdoblju 2000.-2019.	22
4.3.	Svjetska proizvodnje čelika u elektrolučnim pećima u razdoblju 2000.-2019.	28
4.4.	Analiza svjetske proizvodnje čelika	36
5.	ZAKLJUČAK	38
6.	LITERATURA	39

1. UVOD

Upotreba metala započela je još u davnoj povijesti, u prapovijesnom dobu. Ne može se sa sigurnošću reći kako su ljudi proizveli željezo. Možda su iskoristili svoje iskustvo koje su stekli taljenjem bakra pa su isto pokušali i sa željezom ili su samo pukom slučajnošću došli do revolucionarnog otkrića koje im je zasigurno promijenilo i uvelike olakšalo dotadašnje poslove [1]. Neovisno o tome, zahvaljujući tom pothvatu i ljudi u Antici znali su kako proizvesti željezo te kako ga iskoristiti. Korišteno je za izradu raznih oruđa i oružja koja su im uvelike olakšavala posao, odnosno s kojima su se vrlo lako mogli obraniti od neprijatelja. Prema prikupljenim podacima, smatra se da je sve započelo na prostoru Male Azije, međutim vrlo je vjerojatno da je se sve odvijalo u isto vrijeme na više lokacija poput zapadne Afrike, južne Indije i Kine te jugoistočne Europe [2].

Pudlovanje i proizvodnja u tiganj pećima smatraju se prvim postupcima koji su korišteni u proizvodnji prapovijesnog čelika. Takvi postupci bili su vrlo primitivni i jednostavni. Sve se odvijalo na način da se pripremi plitko ognjište u kojem će željezo prikriti drveni ugalj, a nastala mješavina bi se potom zapalila. Na ovaj način nastao bi produkt koje je bilo je spužvasto željezo, tzv. nado. Krajnji produkt mogao je biti željezo ili čelik. Kako je to moguće? Krajnji proizvod nije ovisio o onome tko ga proizvodi ili o njegovom znanju, to je ovisilo isključivo o kvaliteti željeza koja se upotrebljavala. Ta je ruda sadržavala razne nečistoće koje su se onda morale ispirati prije upotrebe. Također, velik utjecaj imali su i slučajni čimbenici proizvodnje. Dakle, iako čovjek „nije“ znao što radi, uspio je dobiti željezo, a u nekom slučaju i čelik.

Korištenje jednostavnog ognja nastavilo se i u sljedećim godinama, ali s nekim značajnijim promjenama, ali i dalje vrlo primitivnog karaktera. Oganj se sastojao od gnijezda koje je bilo naslonjeno na zid. Na tom zidu bila je sapnica koja je omogućavala ulazak zraka. Postupak je tekao jednostavno, u gnijezdo bi se dodao drveni ugalj i željezna ruda te bi se sve zapalilo. Zrak je omogućavao povišenje temperature te je tako dolazilo do redukcije željeza. Tekuća troska istjecala je iz ognjišta, a nado se skupljao u gnijezdu. Završetak procesa označavao je oganj ispunjen do vrha nadom. Nečistoće i troska naknadno su se uklanjale kovanjem [3].

Čelik je treći materijal po proizvodnji, odmah iza proizvoda od betona i drveta. Čelik je bio od metalnih materijala, materijal 20. stoljeća. Krajem 20. stoljeća tj. 1999. godine u svijetu je proizvedeno oko 788 mil. t čelika. Prema drugim podacima proizvodnja čelika nastavlja trend porasta i u 21. stoljeću. U ovom je radu dat pregled svjetske proizvodnje čelika u razdoblju 2000.-2019. godine.

2. OSNOVE ČELIKA

2.1. Definicija čelika

Čelik se definira kao legura željeza koja sadrži manje od 2% masenog udjela ugljika. Budući da su u čeliku osim ugljika, sadržani i elementi poput mangana, silicija, kroma, nikla, sumpora, fosfora, bakra, arsena može se definirati i kao višekomponentna legura željeza [4]. Navedene elemente, osim ugljika, možemo svrstati u dvije skupine koje spadaju u primjese čelika. Primjese mogu biti korisnog i štetnog karaktera koje uvelike utječu na kvalitetu i svojstva čelika. Elementi poput molibdena, kroma, nikla, itd. su korisne primjese koje znatno poboljšavaju mehanička svojstva. Štetne primjese su najčešće sumpor i fosfor. I oligoelementi poput arsena, bakra, su sadržani u čeliku, a njihova prisutnost jako šteti jer znatno narušavaju svojstva krajnjeg proizvoda. Važno je napomenuti da se sadržaj važnih elemenata uvijek kontrolira i prati, dok je ostale elemente potrebno povremeno kontrolirati [5].

Čelik je najvažniji konstrukcijski materijal koji je našao vrlo veliku primjenu u gotovo svim područjima ljudskih djelatnosti poput automobilske i zrakoplovne industrije, u brodogradnji i strojogradnji, građevinarstvu, poljoprivredi, medicini, itd. [4].

Veliko područje primjene ovog materijala ukazuje na njegova izvanredna svojstva koja se mogu na različite načine kombinirati, odnosno mogu se prilagođavati uvjetima primjene. Primjerice, čelik je vrlo čvrstog, rastezljivog i žilavog karaktera. Odlikuje se i mogućnošću oblikovanja deformiranjem, a može se obraditi i toplinskom obradom. Navedena svojstva čelika ne dolaze sama od sebe, ona su određena svojstvima čistog željeza, pogotovo polimorfijom, karakterom i masenim udjelom popratnih elemenata, dok su temeljna svojstva najvažnijeg konstrukcijskog materijala, čelika, uvjetovana mikrostrukturom, oblikom, stanjem, dimenzijama te kemijskim sastavom.

Budući da se može na vrlo ekonomičan način proizvesti čelik koji će odlikovati onim svojstvima koja su potrebna na tom području primjene, ovaj materijal ima vrlo široku i izuzetno značajnu primjenu u već navedenim područjima. Čelik je materijal prošlosti i budućnosti.

2.2. Sistematizacija čelika

Budući da je čelik vrlo kompleksan materijal čija svojstva omogućuju široku primjenu, bilo je potrebno provesti sistematizaciju. Kategorizacijom raznih vrsta čelika daju se na uvid njihova svojstva. Na taj način olakšava se odabir u određenom području primjene.

Iako je broj kategorija čelika nešto veći, ovdje će se naglasiti 9 skupina čelika.

Čelici se mogu dijeliti prema:

- a) načinu proizvodnje,
- b) stupnju dezoksidacije,
- c) kemijskom sastavu,
- d) mikrostrukturom,
- e) načinu lijevanja,
- f) obliku čeličnih poluproizvoda,
- g) stanju čeličnih poluproizvoda,
- h) svojstvima i
- i) području primjene, itd.

Način proizvodnje čelika temelji se na povijesnim postupcima proizvodnje (Thomasov i Bessemerov postupak te Siemens-Martinov postupak) [2].

Prema stupnju dezoksidacije razlikujemo umirene, posebno umirene, poluumirene i neumirene čelike. Neumireni čelici danas su gotovo pa napušteni jer nemaju mogućnost kontinuiranog lijevanja.

Osnovna podjela po kemijskom sastavu je na ugljične (nelegirane) i legirane čelike.

Ugljični, odnosno nelegirani čelici u svom sastavu ne sadrže namjerno dodane elemente, njihov sastav isključivo je vezan za udio ugljika, pa prema tome razlikujemo viskouglične, srednjeuglične i niskouglične čelike.

Legirani čelici u odnosi na nelegirane čelike sadrže pored ugljika i namjerno dodane elemente koji imaju vrlo važnu ulogu. Tablica 1 prikazuje vrijednosti koje ukazuju da je čelik legiran ukoliko vrijednost nekog elementa prelazi vrijednosti navedene u tablici [6].

Tablica 1. Granični maseni udjeli elemenata koji dijele legirane od nelegiranih elemenata, mas. % [7]

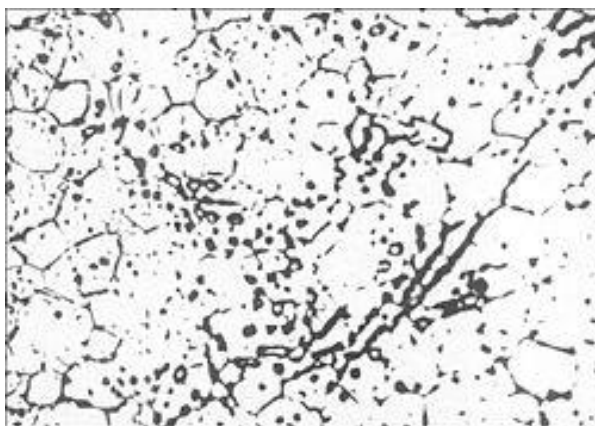
Al	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Nb	Ni	Pb	Si	W
0,10	0,10	0,30	0,40	1,63	0,08	0,06	0,30	0,40	0,50	0,10

Ukoliko čelik, prema zbroju namjerno dodanih elemenata, sadrži manje od 5 % legirajućih elemenata, tada je riječ o niskolegiranom čeliku. Visokolegirani čelici sadrže više od 5 % legirajućih elemenata. Ukoliko je prisutnost nekih elemenata manja od 0,1 % tada je riječ o mikrolegiranim čelicima. Mikrolegirajući elementi su: V, Nb, Ti, Zr, itd.

Važno je napomenuti da se čelici mogu legirati sa samo jednim elementom, ali i s više njih.

Zahvaljujući mikrostrukтури, razlikujemo: austenitni, martenzitni, feritni, perlitni i ledeburitni čelik.

Austenitni čelik sadrži do 0,15 % C, do 24 % Cr i do 20 % Ni. U svom sastavu može sadržavati i titan, niobij, dušik. Karakterizira ga kubično plošno centrirana kristalna rešetka koja omogućuje visoku deformabilnost. Primjenjuje se u kemijskoj i farmaceutskoj industriji, prehrambenoj, tekstilnoj te u filmskoj industriji zbog otpornosti na interkristalnu koroziju, odlične plastičnosti, visoke žilavosti te otpornosti na koroziju. Mikrostruktura austenita prikazana je na slici 1 gdje se jasno vidi kako u plošno centriranoj kristalnoj rešetci ima više prostora, nego što je to slučaj u prostorno centriranoj kristalnoj rešetci, što omogućuje ugljiku da se otapa u većim količinama [8, 9].

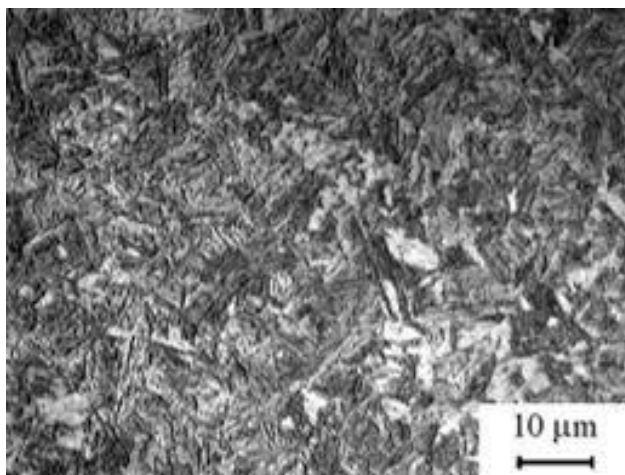


Slika 1. Mikrostruktura austenitnog čelika [10]

Martenzitni čelik, koji je prezasićena, a ujedno i kruta otopina ugljika, ima povećani udio istog elementa, do 1 % C, kako bi se mogao zakaliti. Također, sadrži do 2,5 % Ni, 1,3 % Mb te više

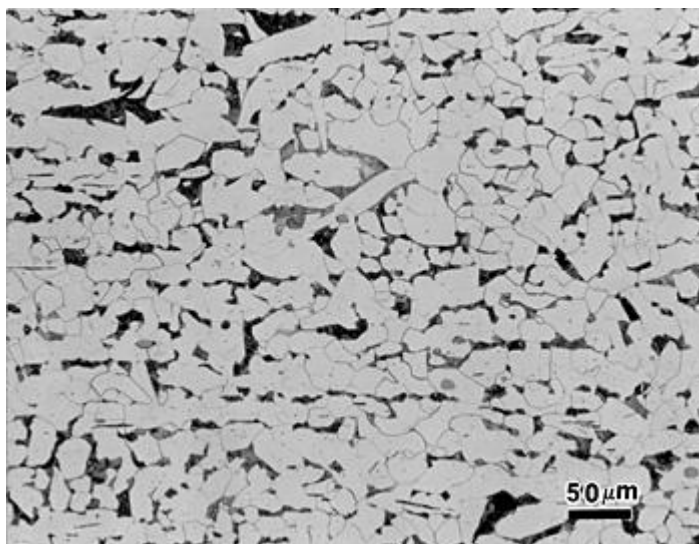
od 13 % Cr. U odnosu na austenitni čelik ima veću čvrstoću, tvrdoću, veliku otpornost na abrazijsko trošenje. Najčešće se upotrebljava u području medicine za izradu kirurških instrumenata, za proizvodnju pribora za jelo, itd.

Karakterizira ga prostorno centrirana tetragonska kristalna rešetka. Mikrostruktura martenzita koja je prikazana na slici 2 nastaje kada austenitnu mikrostrukturu (slika 1) naglo ohladimo na temperaturu ispod tzv. M_s točke [11].



Slika 2. Mikrostruktura martenzitnog čelika [12]

Feritni čelik zahvaljujući udjelu manjem od 0,1 % C i do 17 % Cr ne odlikuje sposobnošću fazne transformacije. Još jedan razlog tomu je i činjenica da zadržava svoju feritnu mikrostrukturu (slika 3) u gotovo svim temperaturnim područjima. Time ne dolazi ni do usitnjenja kristalnog zrna, što znači da se feritni čelici ne mogu zakaliti niti toplinskom obradom očvrsnuti. Važno je napomenuti da je ova vrsta čelika magnetična, ali relativno mekana i teška za oblikovanje deformiranjem [11].



Slika 3. Mikrostruktura feritnog čelika s određenim udjelom perlita [13]

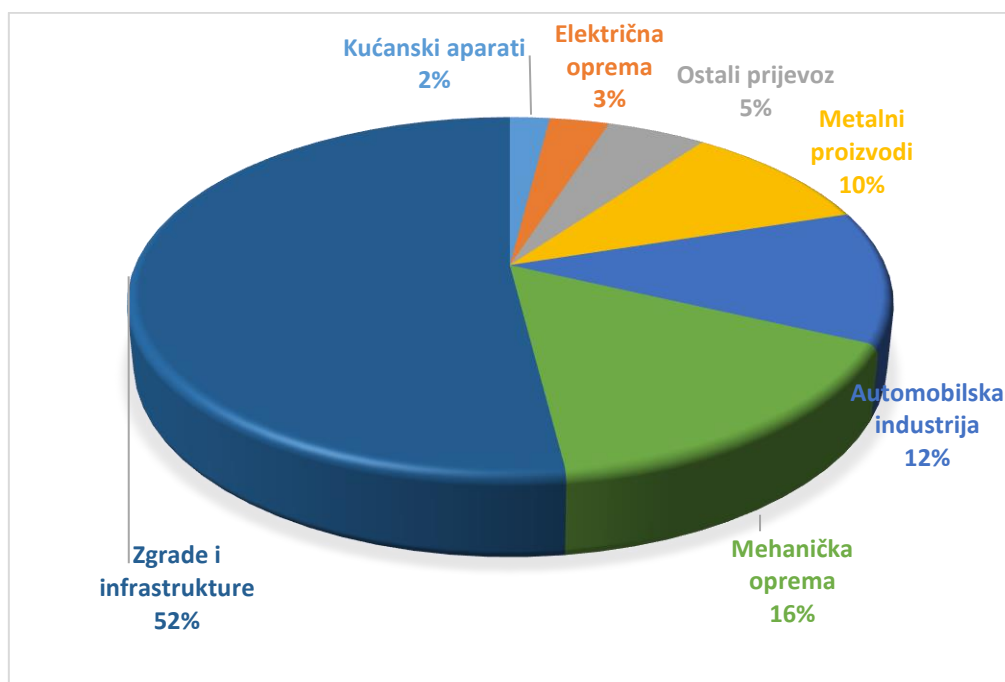
Općenito, čelični poluproizvodi javljaju se u raznim oblicima traka, limova, profila, cijevi različitih dimenzija. Oblici i dimenzije se prilagođavaju području primjene materijala. Takvi

čelični poluproizvodi mogu biti toplo i hladno valjani, toplo i hladno vučeni, kovani, lijevani, podvrgnuti toplinskoj obradi, itd. [2, 6].

Jedna od važnijih kategorija čelika jest podjela čelika prema svojstvima. Ovaj materijal odlikuje izvanrednim i jedinstvenim svojstvima. Naime, niti jedan materijal nema toliko širok spektar svojstava koja mu daju tako veliki značaj u primjeni. Korozijska otpornost čelika omogućuje njegovu primjenu u području gdje se koriste vrlo agresivni mediji. Njegova postojanost kroz dulje vremensko razdoblje temelji se na otpornosti na trošenje. Povišena granica razvlačenja, visoka čvrstoća, tvrdoća i žilavost pri nižim vrijednostima temperature samo su neka od svojstava koja čine ovaj materijal posebnim.

Kroz ovaj rad je već nekoliko puta spomenuto kako čelik ima široko područje primjene.

Prema svjetskoj statistici iz 2019. godine, koju prikazuje slika 4, prikazan je udio korištenja čelika u raznim područjima ljudskih djelatnosti.



Slika 4. Grafički prikaz područja upotrebe čelika (2019.) [4]

Većina opreme i uređaja poput hladnjaka, televizora, peći u sebi sadrže čelik. Većina kuhara zna koliko je čelik zahvalan materijal jer oprema poput sudopera, pribora za jelo, lonaca otporna je na trošenje, koroziju što puno znači. Također, zahvaljujući svojstvu kojim odbija nakupljanje raznih bakterija i virusa, lako se održava. To svojstvo korisno je i u području medicine jer ga čini vrlo dobrim izborom za izradu kirurških instrumenata i implantata.

U suvremenoj arhitekturi čelik je definitivno primjer jer je prikladan za lako oblikovanje zavarenih spojeva čime je moguće stvaranje nevidljivog okvira raznih modernih konstrukcija [14].

Ovaj materijal ima vrlo važnu ulogu i u proizvodnji prijevoznih sredstava, u ovom slučaju brodova. Brodograđevni materijal prolazi vrlo stroge uvjete jer je bitno da metal zadovoljava određenu tvrdoću, čvrstoću, žilavost. Zbog toga su glavni materijali čelik i željezo od kojih su izgrađeni trup, profili, stative, itd. Vrlo je bitno da svojstva čelika odgovaraju standardima i propisima certificirajućih društava. To su vrlo složeni propisi koji na različite načine dijele kvalitetu brodograđevinskog čelika.

„Pravila za tehnički nadzor pomorskih brodova“ je dokument koji daje popis čelika koji se koriste u izgradnji brodova, a to su: nehrđajući čelici, žilavi čelici pri sniženim temperaturama, čelici primjenjivani na visokim i niskim temperaturama, nelegirani čelici, itd. [15, 16].

2.3. Čelik kao „zeleni materijal“

Napredak tehnologije uključuje sve veći porast proizvodnje i upotrebe metala, ponajviše čelika pa se sve više razgovara i o ekološkim temama. Naime, primarni način proizvodnje čelika uvelike utječe na daljnji razvoj okoliša, tj. sprječava njegov razvoj. Upravo zato, glavna karakteristika ovog materijala je mogućnost recikliranja. Čelik je materijal koji već dugo drži prvo mjesto u recikliranju pa je to i glavni razlog zašto ga nazivaju naprednim i zelenim materijalom.

Takav način „odnosa“ prema materijalima, ne samo prema čeliku, doprinosi štedljivosti, fleksibilnosti i sinergiji s drugim industrijama [17].

Prema slici 5 na vrlo jednostavan način može se objasniti kako funkcionira recikliranje. Naime, jednom iskopana ruda željeza prevest će se u postrojenja gdje će se proizvesti sirovo željezo, a iz njega u čeličana čelik. Nastali čelik koristit će se za izradu već spomenutih proizvoda poput automobila, brodova, pribora za jelo, itd. Ostatak koji je ostao proizvodnjom proizvoda vratit će se u čeličanu. Nakon određenog vremenskog perioda, kada čelični proizvodi ne budu više u upotrebi, mogu se pripremiti i reciklirati. Tada, raznim postupcima obrade, postaju sekundarne sirovine koje će se proizvesti u isti, ili neki drugi koristan proizvod.



Slika 5. Proces recikliranja čelika [18]

Recikliranje je vrlo korisno za okoliš, a to najbolje znaju Velika Britanija i SAD jer prema podacima u Velikoj Britaniji se reciklira najviše automobila po godini, čak 2 Mt. SAD je ipak najbolji pokazatelj jer je to zemlja gdje se najviše reciklira čelik. Američki kisikovi konvertori troše do 30 % čeličnog otpada, dok elektrolučne peći za svoj rad koriste čelični otpad u stopostotnom udjelu.

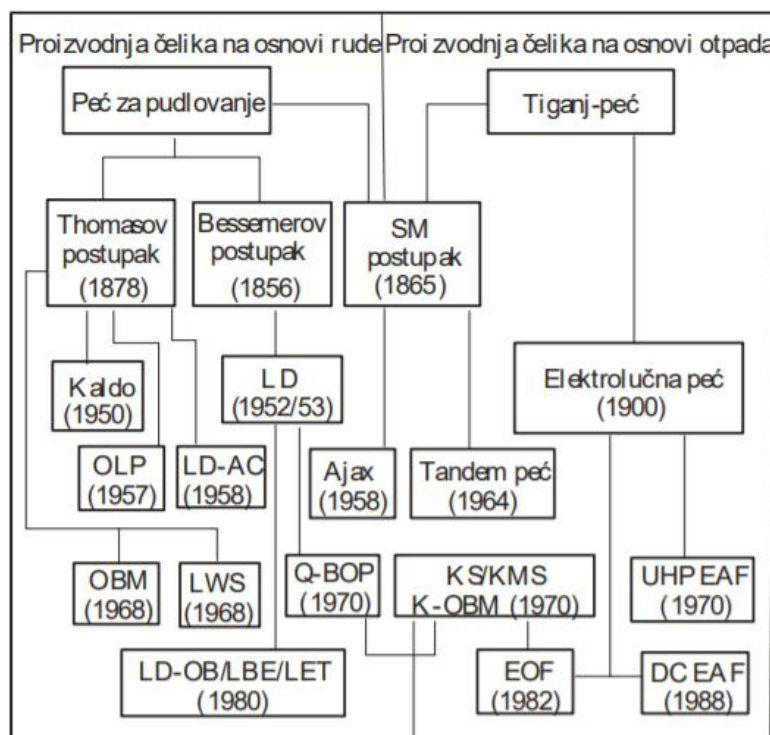
Razloga za recikliranje ima mnogo. Utrošak energije i materijala je puno manji jer se koristi otpad. Korištenjem otpada smanjuje se udio istog u okolišu. Izrada novih proizvoda iz starih, daje osjećaj ispunjenosti čime se teži ka sve većoj svjesnosti za brigu o okolišu [19]. Postupkom recikliranja smanjuje se emisija stakleničkih plinova, sprječavaju se i druge štete u okolišu.

Jedan od najperspektivnijih postupaka recikliranja je recikliranje elektroničkog otpada (mobilni uređaji, LCD zasloni, kablovi) jer takvi materijali sadrže dostatne količine metala koje se mogu dalje upotrebljavati [20].

3. PROIZVODNJA ČELIKA

3.1. Povijesni postupci

Iako je proizvodnja čelika započela još u davnoj prošlosti, primitivnim postupcima pudlovanja i u tiganj pećima, tek se 1740. godina smatra značajnim počecima razvoja proizvodnje čelika kada je tekući čelik dobiven u loncima, tzv. *Crucible* proces [2]. Slika 6 daje na uvid razvoj proizvodnje čelika kroz povijest među kojima su najznačajniji postupci krajem 19. i početkom 20. stoljeća Thomasov i Bessemerov postupak te SM postupak proizvodnje čelika.



Slika 6. Shematski prikaz proizvodnje čelika kroz povijest [21]

3.1.1. Bessemerov postupak

Bessemerov postupak proizvodnje čelika započeo je 1856. godine, kada je engleski izumitelj i inženjer Henry Bessemer predložio način proizvodnje čelika iz sirovog željeza. Takav način proizvodnje dobio je etiketu jednostavnog i jeftinog što ga čini idealnim za masovnu proizvodnju lijevanog čelika. Iste godine je postupak patentiran, što je dovelo do revolucije u čeličnoj industriji jer je time postupak po nekoliko dana, skraćen na samo 20-ak minuta [2, 22]. Sam postupak, koji je prikazan na slici 7, odvija se u posebnom konvertoru, čija je unutarnja obloga načinjena od silika opeke (kiseli vatrostalni materijal), dok je vanjski plašt načinjen od čelika. Konvertor se može okretati što uvelike olakšava ulaganje sirovina unutar istog. Kada je u horizontalnom položaju (faza III na slici 7), konvertor se puni sirovim željezom te se nakon punjenja upuhuje zrak i ujedno se uspravlja u vertikalni položaj (faza IV na slici 7) kako bi došlo do kemijske reakcije u kojoj nastaje željezov(II) oksid:



Budući da se u sirovom željezu nalaze primjese poput C, Si i Mn, novonastali FeO ih oksidira prema sljedećim reakcijama:

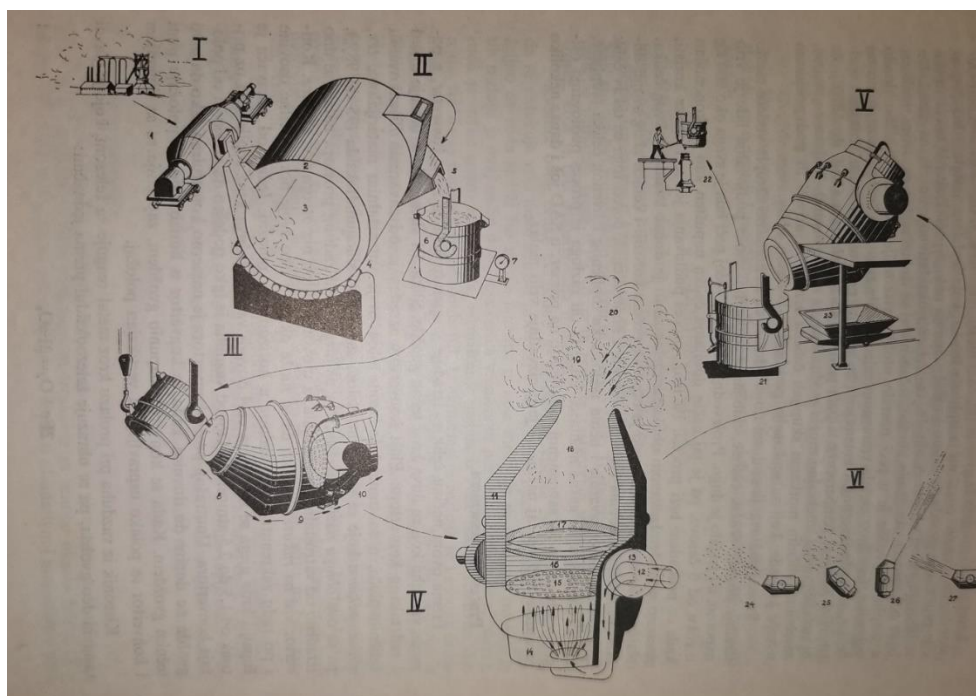


Okisidacija se provodila s kisikom iz zraka. Primarna reakcija je oksidacija Si (2) u kojoj je korišteno sitno željezo na povećani udjel Si.

Proces je vrlo intenzivan u kojem su sve reakcije osim (4) vrlo egzotermne pa cjelokupan proces ne traje više od 18 minuta. Nastali produkti oksidacije (MnO, SiO₂) odlaze u trosku.

Međutim, i nakon ispuhivanja čelika, u njemu ostaje određena količina FeO kojeg je potrebno ukloniti. Uklanjanje FeO provodi se u horizontalnom položaju konvertora, dezoksidacijom pomoću dodataka koji sadrže elemente većeg afiniteta prema kisiku od željeza (faza VI na slici 7). Za dezoksidaciju može se upotrijebiti feromangan prema reakciji (4).

Proces završava izlivanjem čelika iz konvertora (faza V na slici 7). Budući da je troska lakša od čelika, pa pliva po njemu, potrebno je prvo izliti trosku pa onda čelik.



Slika 7. Tehnološki postupak proizvodnje čelika u Bessemerovom konvertoru [23]

3.1.2. Thomasov postupak

Budući da je jedan od glavnih nedostataka Bessemerovog procesa bio konvertiranje sirovog željeza sa visokim udjelom fosfora, G. S. Thomas je 1878. godine unaprijedio Bessemerov proces. Umjesto kiselog vatrostalnog materijala, konvertor je obložio bazičnim, odnosno pečenim dolomitom pa je često Thomasov postupak poznatiji kao bazični Bessemerov postupak.

Thomasov konvertor se po konstrukciji ne razlikuje mnogo od Bessemerovog, međutim nešto je viši i ima veći promjer pa je ujedno i volumen veći.

Proces proizvodnje čelika počinje punjenjem konvertora vapnom te nakon toga dolazi do ulijevanja sirovog željeza. Potom se konvertor postavlja u vertikalni položaj zbog propuhivanja zrakom.

U prvom periodu rada dolazi do oksidacije mangana i silicija te dolazi do stvaranja troske. Dolazi do porasta temperature, na oko 1200 °C (što je za oko 100 °C manje nego kod Bessemerovog postupka). Potom dolazi do „kuhanja taline“. Intenzivna oksidacija ugljika označava 2. period rada, a kako bi se ubrzalo nastajanje aktivne troske potrebno je i intenzivno miješanje. Time započinje treći, i završni period u kojem dolazi do odfosforavanja. Nakon skidanja troske, temperatura iznosi 1600 °C gdje dolazi do pojave „manganove grbe“. Vapno iz silikata istiskuje MnO pri čemu se mangan vraća u čelik [2].

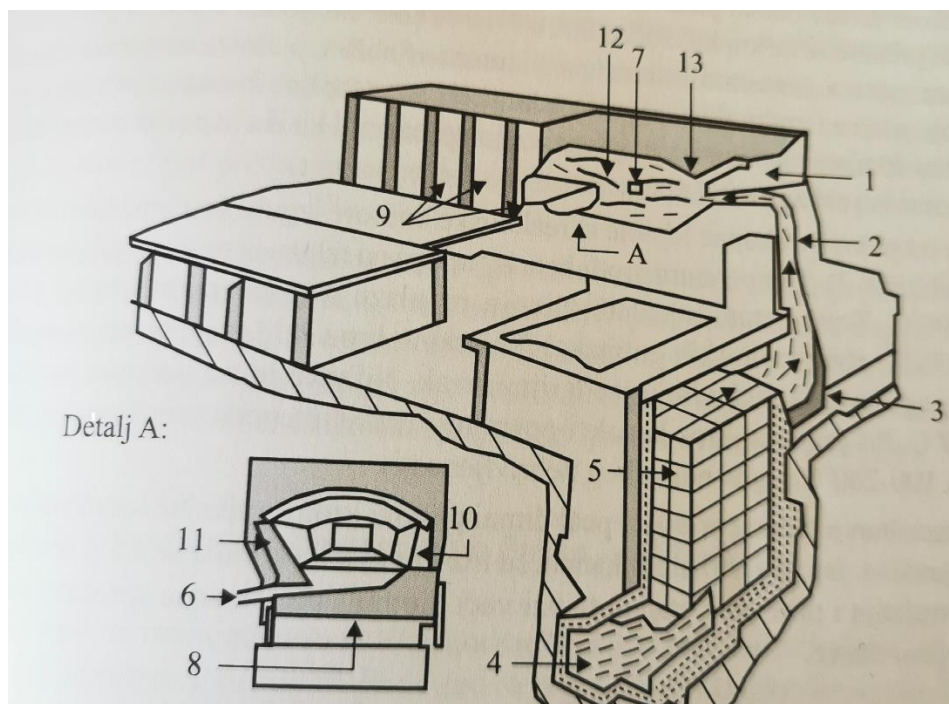
3.1.3. Siemens-Martinov postupak

Siemens-Martinov postupak, odnosno SM postupak proizvodnje čelika bio je najviše u upotrebi zahvaljujući lakoj prilagodbi, visokoj kvaliteti, ali danas je zanemariv zbog neekonomičnosti i onečišćenja okoliša. U početku je korištena kisela obloga peći, a kasnije, daljnjim napretkom proizvodnje u SM peći uvedena je bazična obloga. Kao uložak koristio se čelični otpad, sirovo željezo čiji su udjeli ovisili o kvaliteti čelika koji se proizvodi, sposobnosti peći, itd.

SM peć radila je s dva para regeneratora u kojima su se odvojeno zagrijavali plin i zrak do 1000-1200 °C. Nakon zagrijavanja plin i zrak ulazili su u peć.

SM peći (slika 8) podijeljene su na gornju i donju konstrukciju. Gornja konstrukcija je radni prostor koji se sastoji od reakcijske komore i otvora, dok donju konstrukciju čini regeneratorske komore, troskovnjak, dimni kanali te druga pomoćna oprema.

Modernije peći imaju zračnu regeneratorsku komoru. Gorivo se dovodi pomoću gorionika u koji ulazi predgrijani zrak te dolazi do izgaranja. Toplina koja nastaje zagrijavanjem uložka plamenom prenosi se zračenjem. Otpadni plinovi odlaze kroz vertikalni kanal na odvodnu stranu. Ovakav princip osigurava reverziranje topline gdje se mijenja smjer dovodenja zraka kada se jedan regeneratorski dovoljno zagrijavao, a drugi ohladio.



Slika 8. Shematski prikaz SM peći s reakcijskom komorom [2]

Ulaganje uloška vrlo je važno te traje najduže. Bitno je poštivati redoslijed i brzinu ulaganja. Osnovne reakcije koje se odvijaju u ovom procesu su: oksidacija Si čijom reakcijom nastaje toplina koja ubrzava taljenje uloška, oksidacija Mn kod koje kao i kod Si dolazi do oslobađanja topline, ali se reakcija ne odvija do kraja, oksidacija C započinje „kuhanjem“ taline čime se postiže ujednačen kemijski sastav i temperatura te odfosoravanje i odsumporavanje [2].

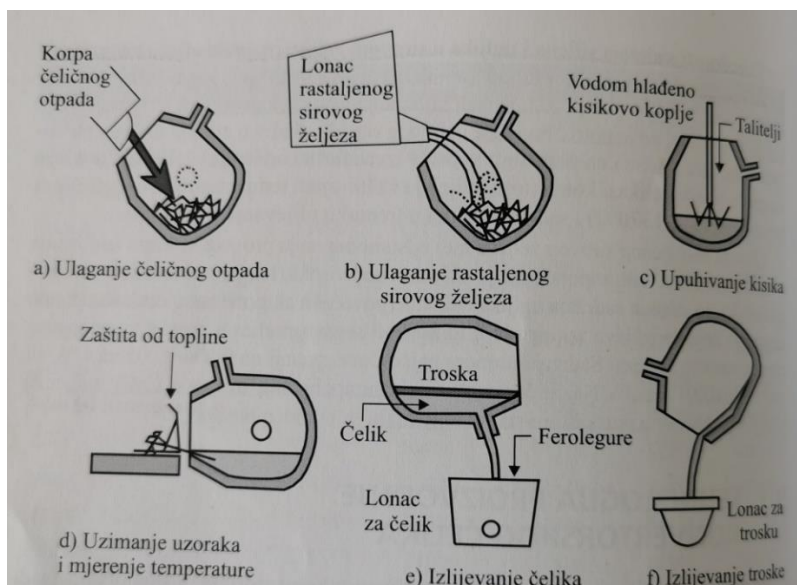
3.2. Današnji postupci

3.2.1. Proizvodnja čelika u kisikovom konvertoru

Proizvodnja čelika u kisikovom konvertoru, koji se definira kao agregat simetričnih dimenzija iznutra obložen vatrostalnim materijalom, započinje ulaganjem sirovina u lonac: čelični otpad, sirovo željezo, talitelji, ferolegure, sirovo željezo. Sirovo željezo je primarna sirovina. Količina taline ovisi vrsti čelika koji se proizvodi. Redoslijed ulaganja istih je vrlo bitan kao i vrijeme i brzina.

Prije početka upuhivanja kisika u talinu, a i tijekom upuhivanja, nužno je dodati talitelje i okside (CaCO_3 , CaF_2 , MgO , Fe-oksidi) kako bi se kontrolirala vrijednost fosfora i sumpora te moguća erozija vatrostalne obloge. Zatim slijedi upuhivanje kisika pomoću vodom hlađenog koplja koje se spušta prema dnu nakon svake etape. Položaj koplja (uvjetovan radom čeličane) osigurava pravilno odvijanje procesa te je važno voditi računa o istome. Upuhivanjem kisika (čistoće 99,5-99,9 %) u talinu omogućuje se oksidacija ugljika, silicija i mangana te odfosoravanje i odsumporavanje. U predzadnjoj fazi upuhivanja kisika povećava se brzina reakcija i kontrolira se nastajanje troske. Zadnja faza označava i najvažniji dio u kojem dolazi do oksidacije C i stvaranja troske.

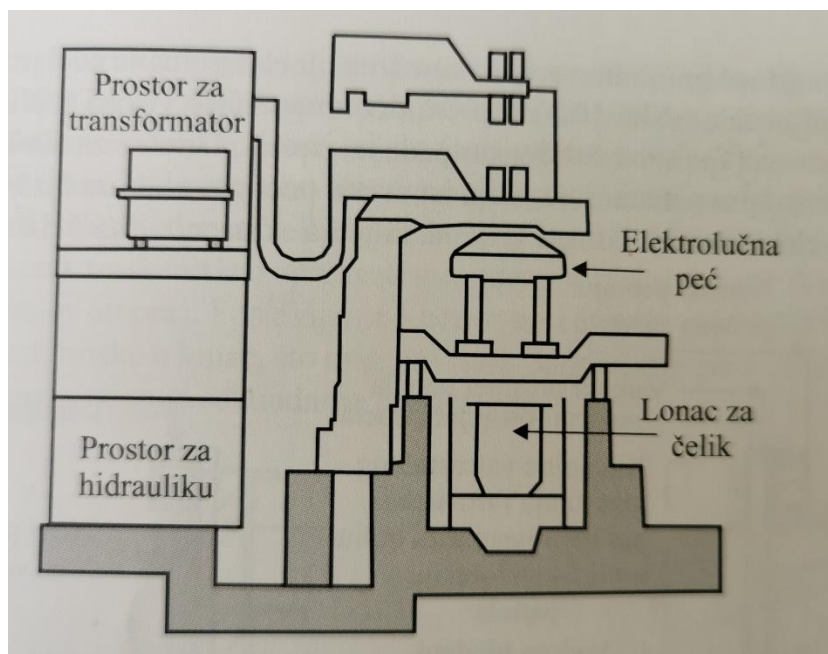
Dodatkom talitelja počinje i reakcija između novonastalih oksida mangana, željeza, fosfora čime dolazi do stvaranja troske koja izlazi na površinu čelika kada se završi upuhivanje kisika. Zadnja faza prije izlivanja čelika iz konvertora je kontrola, odnosno analiza kemijskog sastava i temperature. Ukoliko se analizom utvrdi da novonastali čelik zadovoljava sve uvjete, konvertor se naginje te se izliva čelik. Pri tome treba paziti da se u lonac sa čelikom ne izlije i troska. Troska se također izliva u lonac za trosku [2]. Postupak proizvodnje prikazan je na slici 9.



Slika 9. Tehnološki prikaz proizvodnje čelika u kisikovom konvertoru [2]

3.2.2. Produkcija čelika u elektrolučnoj peći

Primarna sirovina za proizvodnju elektročelika je čelični otpad, a uz to dodaje i sirovo željezo, vrući metal te produkti direktne redukcije. Vrlo važno je dodati i ugljik kako bi potaknuo kemijsku reakciju stvaranja CO, čime se smanjuje upotreba električne energije, a ujedno se stvara i manja količina otopljenih plinova. Vapno kao talitelj, izravno se injektira u agregat. Primjena transformatora uvelike olakšava proizvodnju elektročelika jer velikom snagom brzo rastale sirovine. Princip rada elektrolučne peći (ELP) je vrlo jednostavan, pa nakon ulaganja i taljenja slijedi izlijevanje novonastale taline. Shematski prikaz elektrolučne peći dan je na slici 10. Danas su elektrolučne peći postavljene na platformi, odnosno koristi se međukat. Na taj način olakšava se cijeli proces. Prije su ELP postavljane etažno gdje su peći imale otvor za izlijevanje čelika na zadnjoj strani, a otvor za izlijevanje troske na prednjoj. Tada je dolazilo do presijecanja toka materijala što je bio glavni nedostatak takvog principa rada. Vrijeme od ulaganja sirovina do izlijevanja taline je otprilike 40 minuta [2].



Slika 10. Shematski prikaz ELP na platformi [2]

4. RASPRAVA I OBRADA PODATAKA

4.1. Analiza osnovnih sirovina za proizvodnju čelika u razdoblju 2000.-2019.

Primarna sirovina za proizvodnju čelika u kisikovom konvertoru je sirovo željezo čija je ukupna svjetska proizvodnja dana u tablici 2.

Tablica 2. Svjetska proizvodnja sirovog željeza 2000.-2019. godine [4]

DRŽAVA	2000.	2005.	DRŽAVA	2010.	2015.	2019.
Austrija	4318	5444	Austrija	5621	5805	5750
Belgija	8471	7254	Belgija	4688	4248	4690
Finska	2983	3058	Češka	3987	4031	3635
Francuska	13916	12705	Njemačka	28112	27842	25520
Njemačka	30845	28854	Finska	2564	2594	2260
Italija	11220	11423	Francuska	10137	10097	9877
Nizozemska	4970	6031	Mađarska	1325	1247	1151
Portugal	379	0	Italija	8555	5051	4606
Španjolska	4059	4160	Nizozemska	5799	6050	5936
Švedska	3145	3730	Poljska	3638	4821	4386
Ujedinjeno Kraljevstvo	10890	10189	Rumunjska	1726	1983	2107
EU(15)	95197	92845	Slovačka	3649	3738	3100
Bugarska	1216	1115	Španjolska	3572	4450	3880
Češka	4621	4627	Švedska	3447	2865	3172
Mađarska	1340	1338	Ujedinjeno Kraljevstvo	7233	8774	5622
Poljska	6492	4477	EU(15)	94054	93596	85691
Rumunjska	2985	4098	BiH	621	845	745
Slovačka	3166	3681	Norveška	108	59	74
Nove članice	19820	19336	Srbija	1235	904	1577
EU(27)	115017	112181	Turska	7679	10184	9869
Norveška	70	100	Ostala Europa	9643	11992	12265
Srbija	0	0	Kazahstan	2640	3235	3167
Srbija i Crna Gora	598	1208	Rusija	47934	52553	50707
Turska	5333	5970	Ukrajina	27349	21797	20064
Ostala Europa	6001	7278	Z.N.D.	77923	77585	73938
Kazahstan	4010	3624	Kanada	7666	5851	6420
Rusija	44536	48410	Meksiko	4707	4573	3845
Ukrajina	25697	30782	SAD	26843	25435	22301
Z.N.D.	74243	82816	S. Amerika	39216	35859	32567
Kanada	8904	8274	Argentina	2532	2685	1964
Meksiko	4856	4047	Brazil	30955	27985	26280
SAD	47878	37222	Čile	635	644	595
S. Amerika	61638	49543	Kolumbija	327	240	207
Argentina	2186	2646	Paragvaj	81	73	41
Brazil	27723	33884	J. Amerika	34531	31627	29087
Čile	1024	1074	Alegria	696	300	300
Kolumbija	285	325	Egipat	600	500	
Paragvaj	82	123	J. Afrika	5429	4464	3791
Peru	327	263	Afrika	6725	5264	4266
J. Amerika	31626	38314	Iran	2540	2459	2530
Alegria	767	952	Srednji Istok	2540	2459	2530
Egipat	990	1100	Kina	595601	691413	809365
J. Afrika	6292	6130	Indija	39560	58394	74156
Tunis	195	0	Indonezija	0	2460	2900
Zimbabve	277	129	Japan	82283	81011	74907
Afrika	8522	8311	R. Koreja	250	250	250
Iran	2202	2305	J. Koreja	35065	47639	47521
Srednji Istok	2202	2305	Malezija	0	477	3872
Kina	131015	343752	Pakistan	415	163	0
Indija	21321	27125	Tajvan, Kina	9358	14370	14510
Japan	81071	83058	Vijetnam	500	1700	9836

R. Koreja	250	250	Azija	763032	897875	1037317
J. Koreja	24937	27309	Australija	6005	3594	3664
Pakistan	1000	1000	N. Zeland	667	678	672
Tajvan, Kina	9618	9447	Oceanija	6672	4272	4336
Vijetnam	47	202	Svijet	1034337	1160530	1281998
Azija	269259	492142				
Australija	7049	6203				
N. Zeland	603	652				
Oceanija	7651	6856				
Svijet	576158	799746				

U tablici 3 dan je prikaz povećanja proizvodnje čelika u kisikovim konvertorima u pojedinim državama svijeta.

Tablica 3. Svjetska proizvodnja čelika u kisikovim konvertorima 2000.-2019. godine [4]

DRŽAVA	2000.	2005.	DRŽAVA	2010.	2015.	2019.
Austrija	5164	6409	Austrija	6569	7020	6714
Belgija	8910	7776	Belgija	5177	4809	5240
Finska	3131	3317	Češka	4762	4902	4203
Francuska	12513	12180	Njemačka	30615	30054	27722
Njemačka	33052	30857	Finska	2765	2625	2320
Italija	10676	11688	Francuska	9813	9825	10061
Nizozemska	5507	6778	Mađarska	1586	1507	1418
Portugal	441	0	Italija	8587	4791	4207
Španjolska	4216	4360	Nizozemska	6523	6888	6657
Švedska	3235	3924	Poljska	3995	5321	4920
Ujedinjeno Kraljevstvo	11551	10550	Rumunjska	1990	2245	2330
EU (15)	98365	97838	Slovačka	4244	4236	3350
Bugarska	1420	1197	Španjolska	3840	4701	4240
Češka	5567	5631	Švedska	3329	2890	3124
Mađarska	1638	1642	Ujedinjeno Kraljevstvo	7323	9051	5687
Poljska	6794	4893	EU (28)	101116	100864	92193
Rumunjska	3445	4509	BiH	592	819	801
Slovačka	3447	4120	Srbija	1254	955	1756
Nove članice	22400	21992	Turska	8238	11035	10859
EU (27)	120765	199830	Ostala Europa	10084	12809	13415
BiH	0	0	Kazahstan	3293	3620	4074
Srbija	0	0	Rusija	42430	46979	45000
Srbija i Crna Gora	529	1185	Ukrajina	23200	16455	14836
Turska	5229	6117	Z.N.D.	68923	67054	64810
Ostala Europa	5821	7302	Kanada	7655	6715	7820
Kazahstan	4769	4451	Meksiko	5155	4978	4242
Rusija	34300	40750	SAD	31157	29395	26590
Ukrajina	14899	19300	S. Amerika	43967	41089	38653
Z.N.D.	53968	64501	Argentina	2604	2822	2115
Kanada	9608	8967	Brazil	24627	26013	24764
Meksiko	5236	4505	Čile	647	773	724
SAD	53953	42704	Kolumbija	340	241	224
S. Amerika	68798	56175	Paragvaj	59	48	26
Argentina	2225	2571	J. Amerika	28277	29897	27854
Brazil	21677	24070	Alegrija	662	650	400
Čile	1136	1149	Egipat	600	580	184
Kolumbija	280	335	J. Afrika	4367	3908	3330
Paragvaj	77	101	Afrika	5628	5138	3914
Peru	286	240	Iran	2150	2407	2535
J. Amerika	25681	28466	Sr. Istok	2150	2407	2535
Alegrija	750	1003	Kina	572376	756300	893300
Egipat	1160	1100	Indija	23500	38216	48680
J. Afrika	4675	5256	Indonezija	0	2720	3190
Tunis	175	0	Japan	85756	81081	74983
Zimbabve	258	107	J. Koreja	34113	48500	48716
Afrika	7017	7465	Malezija	0	0	720
Iran	2200	2465	Pakistan	400	180	0
Sr. Istok	2200	2465	Tajvan, Kina	10396	13328	13587
Kina	105843	313495	Vijetnam	0	1409	9746
Indija	14730	20000	Azija	726542	941734	1092922

Japan	75784	83627	Australija	6067	3797	4023
J. Koreja	24666	26728	N. Zeland	620	583	667
Pakistan	850	705	Oceaniya	6687	4380	4690
Tajvan, Kina	9971	10041	Svijet	993374	1205371	1340985
Azija	231845	454596				
Australija	6027	6375				
N. Zeland	553	605				
Oceaniya	6580	6980				
Svijet	522675	747781				

Tablica 4 prikazuje proizvodnju direktno reduciranog željeza po pojedinim državama svijeta.

Tablica 4. Svjetska proizvodnja direktno reduciranog željeza 2000.-2019. godine[4]

DRŽAVA	2000.	2005.	DRŽAVA	2010.	2015.	2019.
Njemačka	455	440	Njemačka	448	551	470
Švedska	125	114	Švedska	123	109	110
EU(27)	580	554	EU(28)	571	659	580
Rusija	1920	3340	Rusija	4700	5436	8030
Z.N.D.	1920	3340	Z.N.D.	4700	5436	8030
Kanada	1126	591	Kanada	600	1502	1440
Meksiko	5589	6065	Meksiko	5368	5499	5974
Trinidad i Tobago	1519	2056	Trinidad i Tobago	3080	2520	1700
SAD	1560	220	SAD	0	1100	3240
S. Amerika	9794	8931	S. Amerika	9048	10621	12353
Argentina	1420	1821	Argentina	1566	1252	1086
Brazil	412	411	Peru	100	72	0
Peru	82	78	Venezuela	3793	1356	393
Venezuela	6412	8897	J. Amerika	5459	2680	1479
J. Amerika	8327	11207	Alegria	0	0	1540
Egipat	2110	2900	Egipat	2965	2451	4426
Libija	1486	1669	Libija	1270	449	856
Nigerija	0	0	J. Afrika	1120	1125	661
J. Afrika	1526	1781	Afrika	5356	4025	7483
Afrika	5122	6350	Bahrein	0	1230	1450
Iran	4539	6873	Iran	9350	14546	28522
Katar	621	816	Oman	0	1509	1750
Saudijska Arabija	3059	3626	Katar	2250	2631	2423
Srednji Istok	8219	11314	Saudijska Arabija	5510	5800	5780
Kina	50	314	Ujedinjeni Emirati	1180	3190	3667
Indija	5498	12052	Srednji Istok	18290	28906	43592
Indonezija	1736	1268	Kina	0	0	0
Malezija	1240	1350	Indija	24931	22644	36818
Myanmar	40	0	Indonezija	1274	53	120
Azija	8564	14984	Malezija	2390	957	595
Australija	325	0	Pakistan	0	0	0
N. Zeland	890	990	Azija	28595	23654	37534
Oceaniya	325	0	Svijet	72019	75982	111052
Svijet	42525	56680				

Prikazane tablice 5 i 6 daju na uvid količine uvoza odnosno izvoza starog željeza u vremenskom razdoblju od 2000. do 2017. godine po pojedinim državama svijeta.

Tablica 5. Ukupna količina starog željeza koja se uvozi od 2000.-2017. godine [4]

DRŽAVA	2000.	2005.	DRŽAVA	2010.	2015.	2017.
Austrija	678	1132	Austrija	967	1098	1040
Belgija-Luksemburg	5802	0	Belgija	5294	4167	4643
Belgija	0	4508	Bugarska	697	105	101
Danska	282	262	Češka	393	493	442
Finska	465	756	Danska	242	113	135

Francuska	3223	2822	Estonija	277	55	126
Njemačka	3519	5025	Njemačka	5305	4236	4463
Grčka	307	1557	Finska	745	65	15
Irska	71	1	Francuska	2416	2247	1909
Italija	4057	5360	Grčka	995	438	889
Luksemburg	0	3234	Mađarska	54	97	94
Nizozemska	1458	2162	Italija	4591	4643	5209
Portugal	227	654	Latvija	612	124	140
Španjolska	6057	6975	Litva	320	24	84
Švedska	478	252	Luksemburg	1722	903	2197
Ujedinjeno Kraljevstvo	190	185	Nizozemska	1803	1641	2238
EU(15)	26814	34885	Poljska	372	745	806
Cipar	0	0	Portugal	323	1490	1616
Česka	183	395	Slovačka	331	165	253
Estonija	265	112	Slovenija	515	514	571
Mađarska	40	45	Španjolska	5712	5030	4101
Latvija	214	162	Švedska	225	261	293
Litva	8	75	Ujedinjeno Kraljevstvo	277	302	345
Malta	0	4	Ostala Europa	1644	101	184
Poljska	175	238	EU(28)	35833	29058	31894
Slovačka	219	196	Albanija	236	49	81
Slovenija	250	435	Makedonija	275	71	168
Nove članice	1354	1662	Crna Gora	51	13	6
EU(25)	28168	36547	Norveška	109	184	278
Bugarska	84	108	Srbija	270	105	18
Makedonija	8	173	Švicarska	453	474	521
Norveška	368	346	Turska	19200	16251	20980
Švicarska	239	390	Ostala Europa	47	13	21
Turska	7438	10228	Ostala Europa	20640	17159	22074
Ostala Europa	59	77	Bjelorusija	1595	1382	1353
Ostala Europa	8197	11322	Moldavija	143	256	309
Bjelorusija	1139	1143	Rusija	27	235	755
Kazahstan	4	14	Ukrajina	10	3	25
Moldavija	0	970	Uzbekistan	276	0	5
Rusija	312	120	Ostala Z.N.D.	821	1	10
Ukrajina	23	12	Z.N.D.	2872	1876	2458
Ostala Z.N.D.	0	28	Kanada	3049	1516	2115
Z.N.D.	1478	2287	Meksiko	934	1483	1782
Kanada	1326	1586	SAD	3773	3513	4636
Meksiko	1962	1450	Ostala S. Amerika	21	19	61
SAD	3355	3836	S. Amerika	7777	6530	8594
Ostala S. Amerika	0	48	Brazil	134	25	20
S. Amerika	6643	6920	Peru	308	430	500
Argentina	0	2	Ostala J. Amerika	199	141	281
Brazil	23	93	J. Amerika	641	597	801
Peru	0	44	Egipat	2736	928	2035
Ostala J. Amerika	0	62	Maroko	182	563	350
J. Amerika	23	200	J. Afrika	54	74	67
Egipat	0	1252	Ostala Afrika	13	23	25
J. Afrika	65	87	Afrika	2985	1587	2477
Ostala Afrika	0	163	Iran	3	1	13
Afrika	65	1503	Ujedinjeni Emirati	41	62	125
Iran	0	104	Ostali Srednji Istok	49	584	956
Ostali Srednji Istok	0	226	Srednji Istok	93	647	1094
Srednji Istok	0	330	Bangladeš	238	946	2142
Kina	5099	10136	Kina	5848	2328	2326
Indija	700	4909	Hong Kong	258	135	309
Indonezija	1266	1202	Indija	4643	6710	5365
Japan	321	181	Indonezija	1644	1020	1857

J. Koreja	6852	6813	Japan	491	149	232
Malezija	1816	3451	J. Koreja	8091	5758	6175
Singapur	233	232	Malezija	2308	446	844
Tajvan, Kina	1971	3422	Pakistan	793	2119	2830
Tajland	741	1683	Singapur	345	46	225
Ostala Azija	179	1178	Tajvan, Kina	5364	3373	2919
Azija	19179	33209	Tajland	1483	945	1741
Australija	21	19	Vijetnam	1889	2466	4550
N. Zeland	0	1	Ostala Azija	102	73	68
Oceanija	21	20	Azija	33497	26514	31581
Svijet	63775	92337	Australija	3	22	52
			N. Zeland	228	9	8
			Ostala Oceanija	38	0	49
			Oceanija	269	31	108
			Svijet	104606	83999	101081

Tablica 6. Ukupna količina starog željeza koja se izvozi 2000.-2017. godine [4]

DRŽAVA	2000.	2005.	DRŽAVA	2010.	2015.	2017.
Austrija	753	1098	Austrija	969	1051	1231
Belgija-Luksemburg	2133	0	Belgija	3701	3152	3756
Belgija	0	2721	Bugarska	949	240	399
Danska	521	1310	Hrvatska	357	306	408
Finska	385	286	Cipar	97	64	67
Francuska	4526	5007	Češka	1775	1751	2101
Njemačka	6869	6688	Danska	1626	1277	1568
Grčka	36	37	Estonija	507	291	561
Irska	59	352	Njemačka	9176	7492	8174
Italija	166	186	Finska	224	353	336
Luksemburg	0	320	Francuska	6683	5380	6176
Nizozemska	3217	4199	Grčka	67	24	38
Portugal	109	335	Mađarska	1118	843	911
Španjolska	53	140	Irska	469	349	447
Švedska	474	858	Italija	422	309	426
Ujedinjeno Kraljevstvo	4382	6108	Latvija	342	457	404
EU(15)	23683	29647	Litva	579	508	820
Cipar	41	55	Luksemburg	121	100	111
Češka	988	1351	Malta	29	29	45
Estonija	501	437	Nizozemska	5080	4055	5572
Mađarska	442	761	Poljska	1283	1431	1397
Latvija	97	217	Portugal	237	215	434
Litva	369	599	Rumunjska	2517	710	816
Malta	0	4	Slovačka	504	486	556
Poljska	760	1427	Slovenija	343	396	445
Slovačka	273	378	Španjolska	277	345	398
Slovenija	114	226	Švedska	1313	1246	1402
Nove članice	3612	5456	Ujedinjeno Kraljevstvo	7519	7270	9396
EU(25)	27295	35103	EU(28)	48258	40129	48396
Albanija	0	43	Albanija	194	17	23
BiH	41	99	BiH	136	121	206
Bugarska	387	771	Makedonija	154	35	40
Hrvatska	105	297	Crna Gora	51	4	28
Island	30	41	Norveška	338	420	483
Makedonija	70	135	Srbija	417	168	300
Norveška	139	267	Švicarska	624	620	757
Rumunjska	2289	162	Turska	94	145	172
Srbija	0	0	Ostala Europa	55	52	60
Srbija i Crna Gora	22	13	Ostala Europa	2063	1582	2068
Švicarska	402	562	Bjelorusija	4	11	9
Turska	30	67	Gruzija	427	15	13
Ostala Europa	0	16	Kazahstan	816	7	11
Ostala Europa	3514	2472	Kirgistan	28	0	3
Bjelorusija	151	164	Moldavija	189	1	4
Gruzija	713	633	Rusija	2390	5910	5247
Kazahstan	2136	2226	Ukrajina	665	1208	487

Kirgistan	41	327	Ostala Z.N.D.	5	2	14
Rusija	6802	12358	Z.N.D.	4526	7155	5787
Ukrajina	5010	1264	Kanada	5191	3415	4409
Ostala Z.N.D.	180	27	Kostarika	114	120	103
Z.N.D.	15033	17000	Dominikanska Republika	143	124	161
Kanada	1913	3056	El Salvador	55	20	19
Dominikanska Republika	0	116	Guatemala	19	10	22
El Salvador	0	21	Haiti	35	27	32
Honduras	0	64	Honduras	70	59	72
Jamajka	0	41	Jamajka	66	17	30
Meksiko	184	561	Meksiko	1014	459	626
SAD	5761	13001	Nicaragua	58	46	40
Ostala S. Amerika	0	313	Panama	135	119	268
S. Amerika	7858	17172	Trinidad i Tobago	50	52	53
Argentina	9	7	SAD	20557	12976	15016
Brazil	7	12	Ostala S.Amerika	98	40	57
Čile	0	20	S. Amerika	27606	17482	20908
Kolumbija	0	9	Bolivija	36	49	41
Ekvador	0	23	Brazil	80	679	589
Gvajana	0	33	Čile	131	253	262
Paragvaj	0	110	Kolumbija	92	34	56
Peru	0	29	Ekvador	17	3	3
Venezuela	0	76	Paragvaj	58	77	82
Ostala J. Amerika	0	9	Ostala J. Amerika	26	30	15
J. Amerika	17	329	J. Amerika	441	1125	1049
Alegria	0	593	Alegria	379	0	0
Maroko	0	341	Egipat	786	13	26
J. Afrika	457	386	Gana	53	12	10
Ostala Afrika	0	963	Maroko	133	47	20
Afrika	457	2284	J. Afrika	1224	1266	467
Izrael	0	355	Zimbabve	51	21	4
Kuvajt	0	188	Ostala Afrika	747	627	854
Libanon	0	441	Afrika	3374	1985	1382
Ujedinjeni Emirati	0	424	Bahrein	81	61	162
Ostali Srednji Istok	0	341	Iran	69	0	1
Srednji Istok	0	1749	Izrael	414	141	285
Hong Kong	0	974	Kuvajt	201	55	67
Japan	2895	7576	Libanon	512	173	383
S. Koreja	0	370	Ujedinjeni Emirati	1231	964	786
J. Koreja	35	207	Ostali Srednji Istok	126	70	270
Malezija	180	54	Srednji Istok	2635	1464	1954
Filipini	77	1185	Kina	373	1	2230
Singapur	516	581	Hong Kong	873	508	1380
Tajvan, Kina	150	121	Indonezija	40	52	70
Tajland	100	173	Japan	6472	7847	8208
Ostala Azija	90	906	J. Koreja	459	418	621
Azija	4043	12147	Malezija	101	47	273
Australija	768	1265	Filipini	547	188	486
N. Zeland	0	142	Singapur	585	844	790
Ostala Oceanija	0	28	Tajvan, Kina	93	62	104
Oceanija	768	1436	Tajland	547	397	388
Svijet	58984	89691	Ostala Azija	2233	219	420
			Azija	12323	10583	14971
			Australija	1636	1898	1979
			N. Zeland	359	413	572
			Ostala Oceanija	72	30	63
			Oceanija	2067	2341	2615
			Svijet	103320	83848	99129

Proizvodnja elektročelika u pojedinim državama svijeta prikazana je u tablici 7.

Tablica 7. Svjetska proizvodnja čelika u elektrolučnim pećima 2000.-2019. godine [4]

DRŽAVA	2000.	2005.	DRŽAVA	2010.	2015.	2019.
Austrija	541	622	Austrija	637	667	709
Belgija	2726	2644	Belgija	2796	2448	2520
Danska	801	0	Bugarska	737	543	566
Finska	965	1421	Hrvatska	95	122	69
Francuska	8443	7300	Češka	418	360	234
Njemačka	13324	13667	Njemačka	13215	12622	11905
Grčka	1088	2266	Finska	1265	1365	1155
Irska	360	0	Francuska	5601	5159	4388
Italija	16083	17661	Grčka	1821	910	1350
Luksemburg	2571	2194	Mađarska	92	168	352
Nizozemska	159	141	Italija	17163	17227	19030
Portugal	678	1400	Latvija	0	0	0
Španjolska	11658	13466	Luksemburg	2548	2127	2119
Švedska	1992	1768	Nizozemska	128	107	0
Ujedinjeno Kraljevstvo	3604	2687	Poljska	3998	3877	4037
EU(15)	64993	67240	Portugal	1543	2030	2033
Bugarska	602	772	Rumunjska	1731	1100	1115
Češka	523	558	Slovačka	339	326	250
Mađarska	233	316	Slovenija	606	604	623
Latvija	2	2	Španjolska	12503	10144	9348
Poljska	3290	3443	Švedska	1517	1485	1596
Rumunjska	1326	1771	Ujedinjeno Kraljevstvo	2395	1856	1531
Slovačka	286	365	EU(28)	71147	65247	64930
Slovenija	519	583	Albanija	390	150	0
Nove članice	6781	7810	BiH	0	0	0
EU(27)	71774	75049	Makedonija	292	121	239
Albanija	5	180	Crna Gora	130	150	75
BiH	24	269	Norveška	530	590	621
Hrvatska	71	73	Srbija	0	0	174
Makedonija	161	310	Švicarska	1320	1475	1500
Crna Gora			Turska	20905	20482	22884
Norveška	679	705	Ostala Europa	23566	22968	25493
Srbija i Crna Gora	86	102	Azerbajdžan	120	180	200
Švicarska	1000	1158	Bjelorusija	2500	2510	2621
Turska	9096	14844	Kazahstan	927	2902	60
Ostala Europa	11122	17641	Moldavija	240	443	392
Bjelorusija	1502	2027	Rusija	17980	21600	24150
Kazahstan	0	0	Ukrajina	1500	1293	1203
Moldavija	908	1016	Uzbekistan	630	643	666
Rusija	8610	10800	Z.N.D.	23897	26959	29292
Ukrajina	985	3800	Kanada	5355	5757	5080
Uzbekistan	293	420	Kuba	278	284	230
Z.N.D.	12298	18063	El Salvador	64	124	102
Kanada	6980	6361	Gvatemala	274	403	306
Kuba	336	245	Meksiko	11715	13240	14145
Dominikanska Republika	39	0	Trinidad i Tobago	572	591	0
El Salvador	41	48	SAD	49338	49450	61171
Guatemala	167	207	S. Amerika	67595	69849	81033
Meksiko	10395	11690	Argentina	2535	2206	2529
Trinidad i Tobago	741	712	Brazil	7812	6720	7272
SAD	47850	52193	Čile	364	339	409
S. Amerika	66555	71457	Kolumbija	867	970	1109
Argentina	2249	2809	Ekvador	372	720	607
Brazil	5745	6959	Peru	880	1082	1230
Čile	216	388	Urugvaj	65	97	62
Kolumbija	380	507	Venezuela	2207	1345	51
Ekvador	58	84	J. Amerika	15103	13479	13269
Peru	464	550	Alegria	0	0	2000
Urugvaj	38	64	Kongo	30	30	30
Venezuela	3835	4910	Egipat	6075	4930	7073
J. Amerika	12987	16270	Gana	25	25	25
Alegria	90	5	Kenija	20	20	20

Angola	9	0	Libija	825	352	606
Egipat	1660	4500	Maroko	485	516	500
Gana	25	25	Nigerija	100	100	100
Kenija	20	20	J. Afrika	3250	2510	2822
Libija	1055	1255	Tunis	150	50	50
Maroko	0	200	Uganda	30	30	30
Nigerija	0	100	Afrika	10990	8562	13256
J. Afrika	3806	4238	Bahrein	0	0	700
Tunis	59	70	Iran	9845	13739	23075
Uganda	30	30	Izrael	300	300	300
Zair	30	30	Jordan	150	150	350
Afrika	6785	10472	Kuvajt	0	0	1270
Iran	4399	6939	Oman	0	2000	2000
Izrael	280	300	Katar	1970	2593	2558
Jordan	30	150	Saudijska Arabija	5015	5229	8191
Katar	729	1057	Sirija	70	5	5
Saudijska Arabija	2981	4186	Ujedinjeni Emirati	500	3006	3327
Sirija	70	70	Srednji Istok	17850	27022	41775
Ujedinjeni Emirati	90	90	Bangladeš	78	100	5100
Srednji Istok	8579	12792	Kina	66315	47457	103200
Kina	20200	41790	Indija	45060	50810	62678
Indija	9690	24780	Indonezija	3664	4854	4593
Indonezija	2848	3675	Japan	23843	24053	24301
Japan	30660	28844	J. Koreja	24801	21171	22696
J. Koreja	18441	21092	Malezija	5694	3784	6100
Malezija	3650	5296	Mongolija	35	45	50
Mongolija	35	35	Myanmar	25	35	350
Myanmar	25	25	Pakistan	1000	2710	3304
Pakistan	100	120	Filipini	1050	968	1915
Filipini	426	470	Singapur	728	501	766
Singapur	603	572	Šri Lanka	30	30	30
Šri Lanka	30	30	Tajvan, Kina	9358	8064	8367
Tajvan, Kina	6924	8901	Tajland	4145	3718	4246
Tajland	2100	5161	Vijetnam	4314	3381	4925
Vijetnam	306	890	Azija	190140	171681	252622
Azija	96038	141682	Australija	1229	1127	1470
Australija	1102	1380	N. Zeland	233	210	0
N. Zeland	150	284	Oceanija	1462	1337	1470
Oceanija	1252	1664	Svijet	421750	407105	523142
Svijet	287389	365091				

Prema navedenim vrijednostima proizvodnje čelika u svijetu se proizvodi 2/3 u kisikovim konvertorima, a 1/3 u elektrolučnim pećima.

Najbolji prikaz proizvodnje čelika je ukupna proizvodnja po državama i regijama svijeta, a dan je u tablici 8.

Tablica 8. Ukupna svjetska proizvodnja čelika 2000.-2019. godine [4]

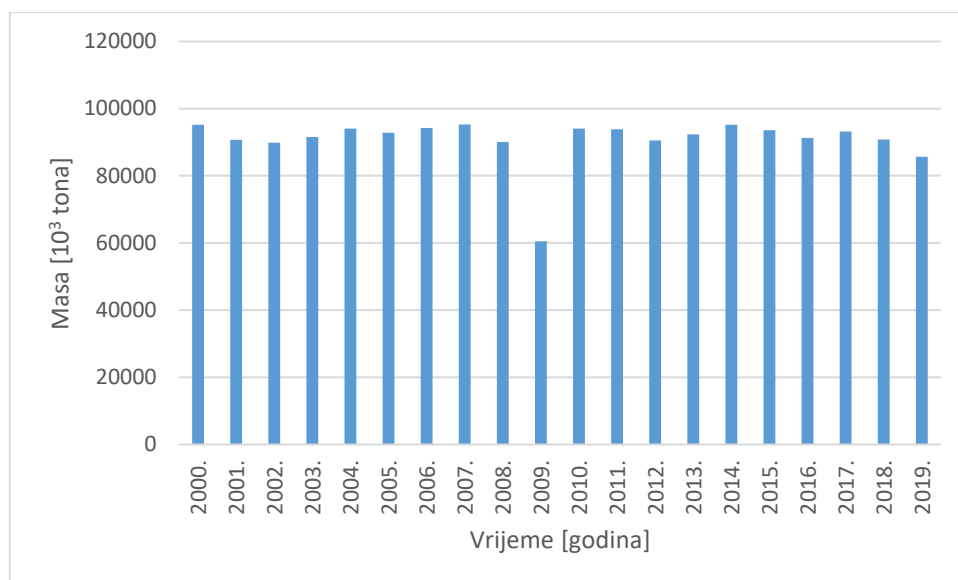
DRŽAVA	2000.	2005.	DRŽAVA	2010.	2015.	2019.
Austrija	5707	7031	Austrija	7206	7687	7424
Belgija	11636	10420	Belgija	7973	7257	7760
Danska	801	0	Bugarska	737	543	566
Finska	4096	4739	Hrvatska	95	122	69
Francuska	20954	19481	Češka	5180	5262	4437
Njemačka	46376	44524	Njemačka	43830	42676	39627
Grčka	1088	2266	Finska	4029	3988	3473
Irska	360	0	Francuska	15414	14984	14450
Italija	26759	29350	Grčka	1821	910	1350
Luksemburg	2571	2194	Mađarska	1678	1675	1769
Nizozemska	5666	6919	Italija	25750	21985	23190
Portugal	1088	1400	Latvija	655	0	0
Španjolska	15874	17826	Luksemburg	2548	2127	2119
Švedska	5227	5723	Nizozemska	6651	6995	6657
Ujedinjeno Kraljevstvo	15155	13239	Poljska	7993	9198	8956
EU(15)	163358	165112	Portugal	1543	2030	2033
Bugarska	2022	1949	Rumunjska	3721	3352	3448

Češka	6216	6189	Slovačka	4583	4562	3600
Mađarska	1871	1958	Slovenija	606	604	623
Latvija	498	688	Španjolska	16343	14845	13588
Poljska	10498	8336	Švedska	4846	4557	4721
Rumunjska	4672	6280	Ujedinjeno Kraljevstvo	9708	10907	7218
Slovačka	3733	4485	EU(28)	172909	166238	157078
Slovenija	519	583	Albanija	390	150	0
Nove članice	30029	30468	BiH	592	819	801
EU(27)	193387	195580	Makedonija	292	121	239
Albanija	5	180	Crna Gora	130	150	75
BiH	77	289	Norveška	530	590	621
Hrvatska	71	73	Srbija	1254	955	1929
Makedonija	161	310	Švicarska	1320	1475	1500
Crna Gora	0	0	Turska	29143	31517	33743
Norveška	679	705	Ostala Europa	33650	35778	38908
Srbija	0	0	Azerbajdžan	120	180	200
Srbija i Crna Gora	696	1292	Bjelorusija	2530	2510	2621
Švicarska	1000	1158	Kazahstan	4220	3910	4134
Turska	14325	20965	Moldavija	240	443	392
Ostala Europa	17014	24972	Rusija	60942	70898	71897
Azerbajdžan	0	330	Ukrajina	33432	22968	20848
Bjelorusija	1502	2027	Uzbekistan	716	643	666
Kazahstan	4769	4451	Z.N.D.	108200	101552	100759
Moldavija	908	1016	Kanada	13009	12473	12897
Rusija	59136	66146	Kuba	278	284	230
Ukrajina	31767	38641	El Salvador	64	124	102
Uzbekistan	407	595	Gvatemala	274	403	306
Z.N.D.	98489	113206	Meksiko	16870	18218	18387
Kanada	16595	15327	Trinidad i Tobago	572	591	0
Kuba	336	245	SAD	80495	78845	87761
Dominikanska Republika	39	0	S. Amerika	111562	110938	119683
El Salvador	41	48	Argentina	5138	5028	4645
Gvatemala	167	207	Brazil	32948	33258	32569
Meksiko	15631	16195	Čile	1011	1112	1133
Trinidad i Tobago	741	712	Kolumbija	1208	1211	1333
SAD	101803	94897	Ekvador	372	720	607
S. Amerika	135353	127631	Paragvaj	59	48	26
Argentina	4474	5380	Peru	880	1082	1230
Brazil	27865	31610	Urugvaj	65	97	62
Čile	1352	1537	Venezuela	2207	1345	51
Kolumbija	660	842	J. Amerika	43888	43900	41656
Ekvador	58	84	Alegria	662	650	2400
Paragvaj	77	101	Kongo	30	30	30
Peru	751	790	Egipat	6676	5506	7257
Urugvaj	38	64	Gana	25	25	25
Venezuela	3835	4910	Kenija	20	20	20
J. Amerika	39110	45316	Libija	825	352	606
Alegria	842	1007	Mauritanija	5	5	5
Angola	9	0	Maroko	485	516	500
Egipat	2838	5603	Nigerija	100	100	100
Gana	25	25	J. Afrika	7617	6417	6152
Kenija	20	20	Tunis	150	50	50
Libija	1055	1255	Uganda	30	30	30
Mauritanija	5	5	Afrika	16624	13701	17175
Maroko	5	205	Bahrein	0	0	700
Nigerija	0	100	Iran	11995	16146	25609
J. Afrika	8481	9494	Izrael	300	300	300
Tunis	229	70	Jordan	150	300	350
Uganda	30	30	Kuvajt	0	0	1270
Zair	30	30	Oman	0	2000	2000
Zimbabve	258	107	Katar	1970	2593	2558
Afrika	13827	17950	Saudijska Arabija	5015	5229	8191
Iran	6600	9404	Sirija	70	5	5

Izrael	280	300	Ujedinjeni Emirati	500	3006	3327
Jordan	30	150	Srednji Istok	20000	29579	44310
Katar	729	1057	Bangladeš	1900	3500	5100
Saudijska Arabija	2981	4186	Kina	638743	803825	996342
Sirija	70	70	Indija	68976	89026	111351
Ujedinjeni Emirati	90	90	Indonezija	3664	4854	7783
Srednji Istok	10780	15257	Japan	109599	105134	99284
Kina	128500	353240	Rep. Koreja	1300	1250	1250
Indija	26924	45780	J. Koreja	58914	69670	71412
Indonezija	2848	3675	Malezija	5694	3784	6820
Japan	106444	112471	Mongolija	35	45	50
S. Koreja	300	300	Myanmar	25	150	350
J. Koreja	43107	47820	Pakistan	1401	2892	3304
Malezija	3650	5296	Filipini	1050	968	1915
Mongolija	35	35	Singapur	728	501	766
Myanmar	25	25	Šri Lanka	30	30	30
Pakistan	950	825	Tajvan, Kina	19755	21392	21954
Filipini	426	470	Tajland	4145	5069	4246
Singapur	603	572	Vijetnam	4314	5647	17469
Šri Lanka	30	30	Azija	920272	1117739	1349427
Tajvan, Kina	16896	18942	Australija	7296	4925	5493
Tajland	2100	5161	N. Zeland	853	793	667
Vijetnam	306	890	Oceanija	8149	5717	6160
Azija	333144	595533	Svijet	1435254	1625141	1875155
Australija	7129	7757				
N. Zeland	702	889				
Oceanija	7832	8646				
Svijet	848934	1144091				

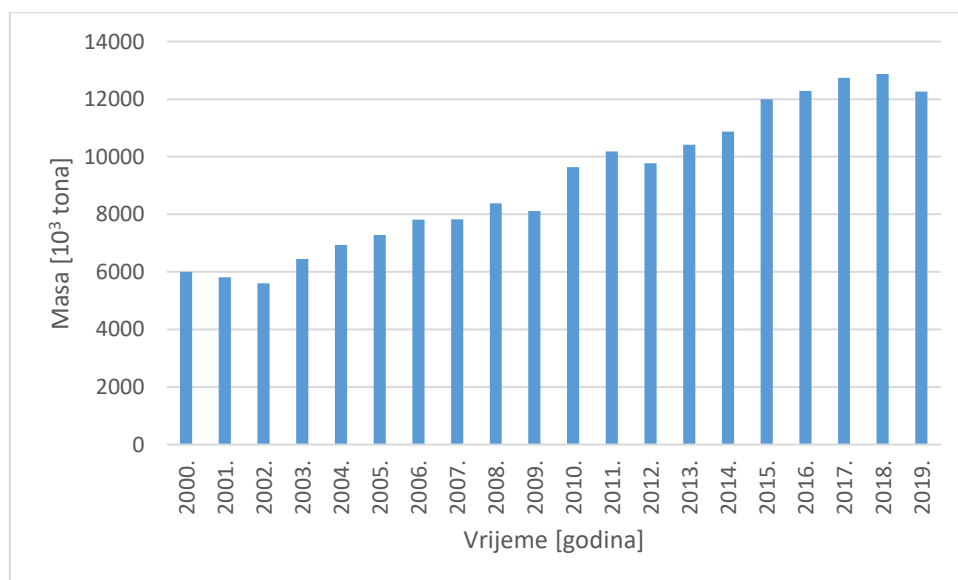
4.2. Svjetska proizvodnja čelika u kisikovim konvertorima u razdoblju 2000.-2019.

Budući da je sirovo željezo primarna sirovina za proizvodnju čelika u kisikovim konvertorima, potrebno je detaljnije prikazati proizvodnju sirovog željeza u pojedinim državama i regijama te ukupna proizvodnja. Grafički prikazi proizvodnje čelika dani su na slikama 11-16.



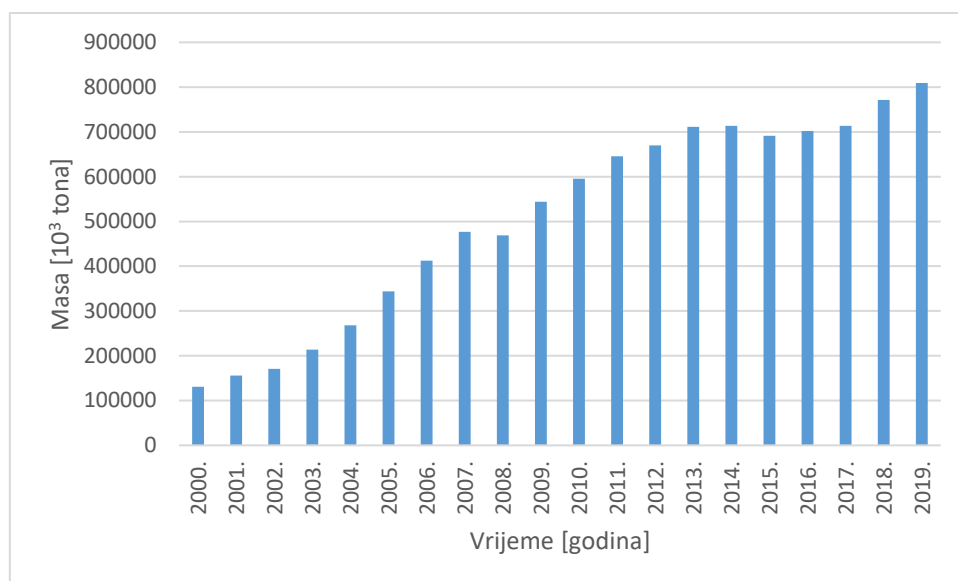
Slika 11. Grafički prikaz proizvodnje sirovog željeza u EU 2000.-2019. [4]

Prema slici 11 zabilježena je konstantna proizvodnja sirovog željeza u Europskoj Uniji u razdoblju 2000.-2019. godine sa neznatnim padom sve do 2009. kada nastupa svjetska kriza. Godina 2009. obilježit će pad proizvodnje što će biti vidljivo i u drugim grafičkim prikazima.



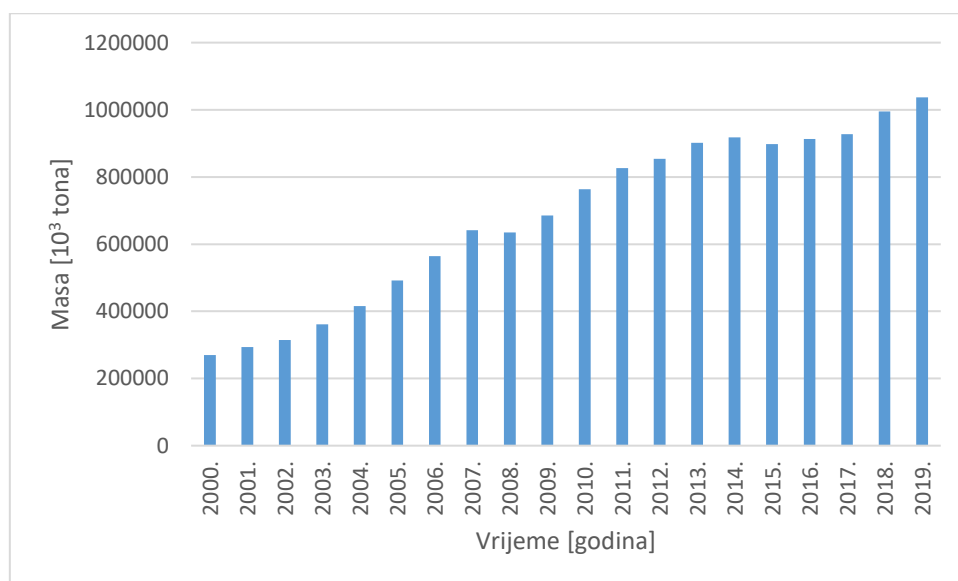
Slika 12. Grafički prikaz proizvodnje sirovog željeza u Ostaloj Europi 2000.-2019. [4]

Proizvodnja sirovog željeza u Ostaloj Europi od 2000. do 2019. godine porasla je za oko 50 % što je vrlo značaj porast. Prema slici 12 vidljivo je kako je u 2002. godina zabilježena najmanja vrijednost proizvodnje sirovog željeza.



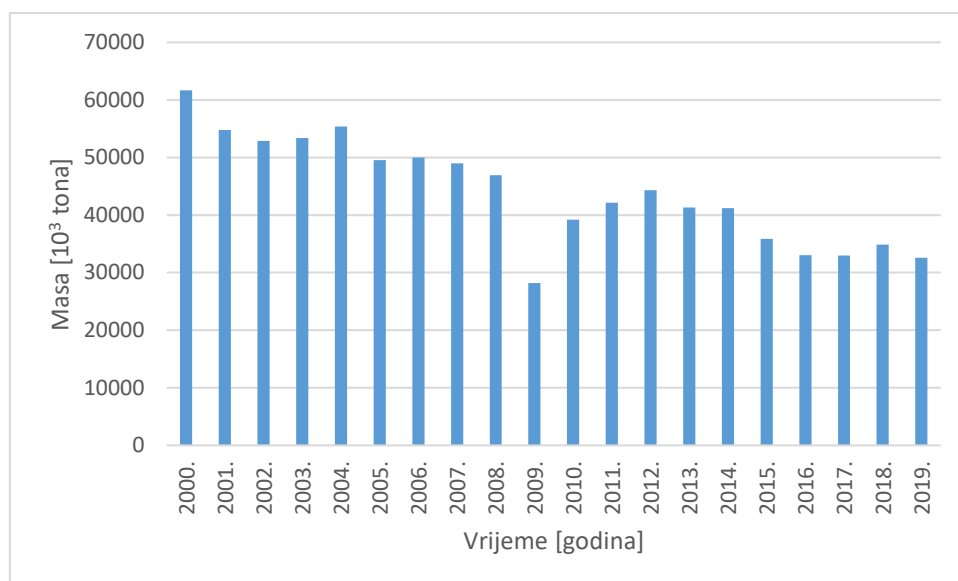
Slika 13. Grafički prikaz proizvodnje sirovog željeza u Kini 2000.-2019. [4]

Kina kao najveći proizvođač čelika u svijetu prednjači i u proizvodnji sirovog željeza. Njihova proizvodnja sirovog željeza do 2019. godine porasla je za oko 8 puta od 2000. godine.



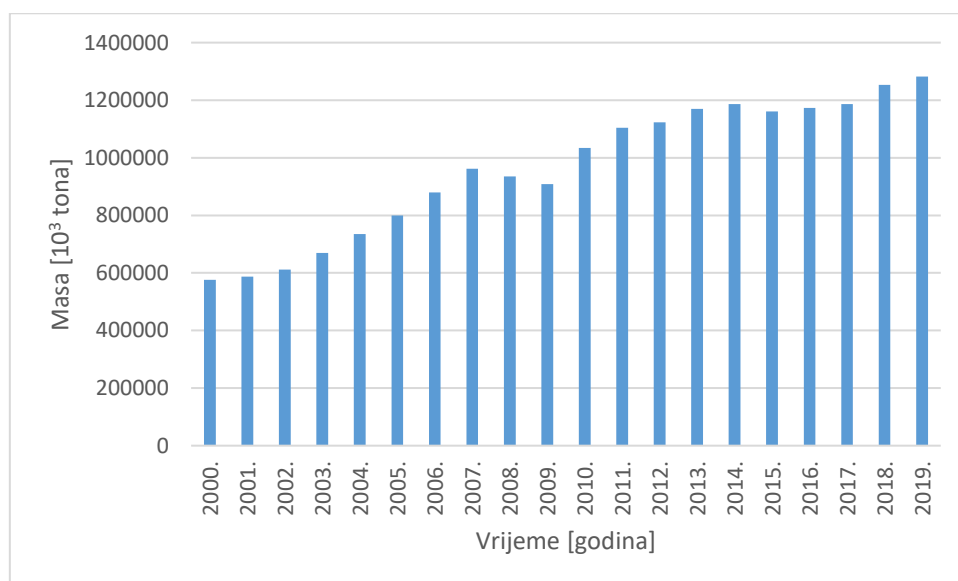
Slika 14. Grafički prikaz proizvodnje sirovog željeza u Aziji 2000.-2019. [4]

Grafički prikazi na slici 13 i 14 gotovo su identični. Razlog tomu je Kina čija proizvodnja utječe na cjelokupnu proizvodnju Azije.



Slika 15. Grafički prikaz proizvodnje sirovog željeza u S. Americi 2000.-2019. [4]

Proizvodnja sirovog željeza u Sjevernoj Americi od 2000. do 2019. godine bilježi konstantan pad. U odnosu na 2000. godinu, 2009. proizvodnja je pala za oko 50 %.

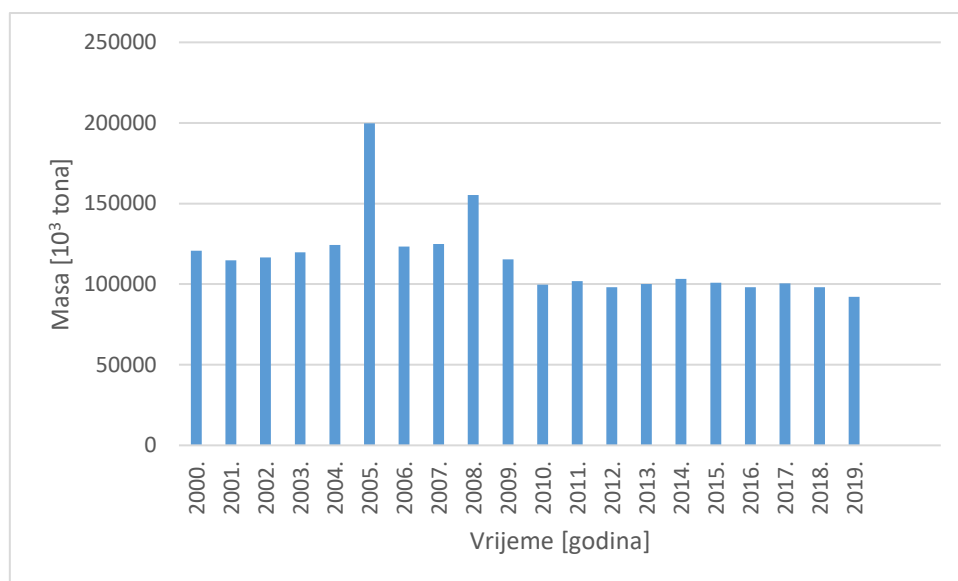


Slika 16. Grafički prikaz ukupne proizvodnje sirovog željeza u svijetu 2000.-2019. [4]

Svjetska proizvodnja sirovog željeza u svijetu bilježi konstantan porast (osim 2009. godine). Proizvodnja sirovog željeza porasla je za oko 50 % u 20 godina.

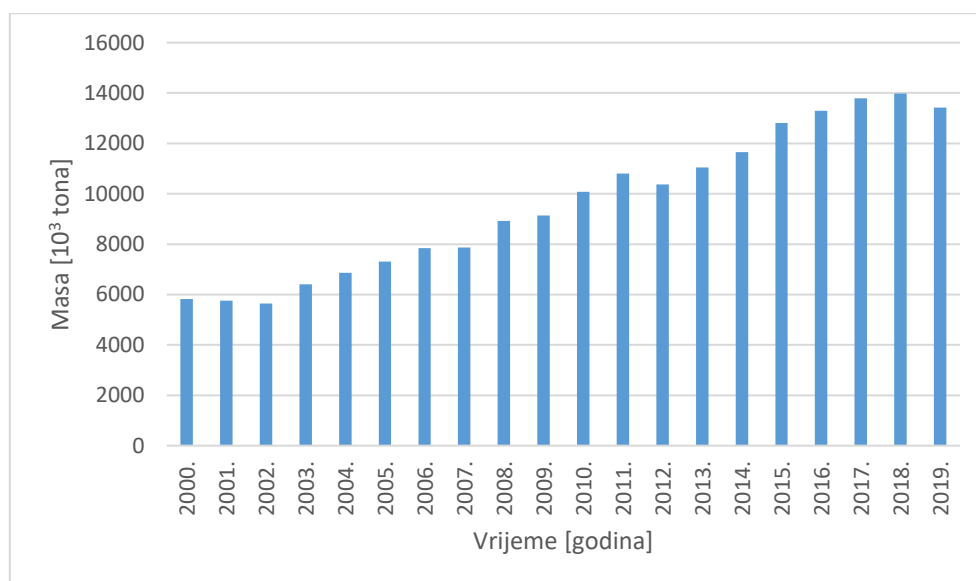
Količina proizvedenog čelika u kisikovim konvertorima postupno se povećavala odnosno smanjivala u pojedinim državama. Ponajviše se ističe Kina, država koja bilježi konstantan rast proizvodnje čelika od 2000. godine (prosječno oko 200 000 t godišnje). Prikaz proizvodnje čelika u kisikovim konvertorima dan je na slikama 17-22.

Rast broja članica Europske Unije nije doprinio značajnijem rastu broja ukupne količine proizvedenog čelika, a to najbolje prikazuje slika 17 gdje je vidljiv i pad proizvodnje.



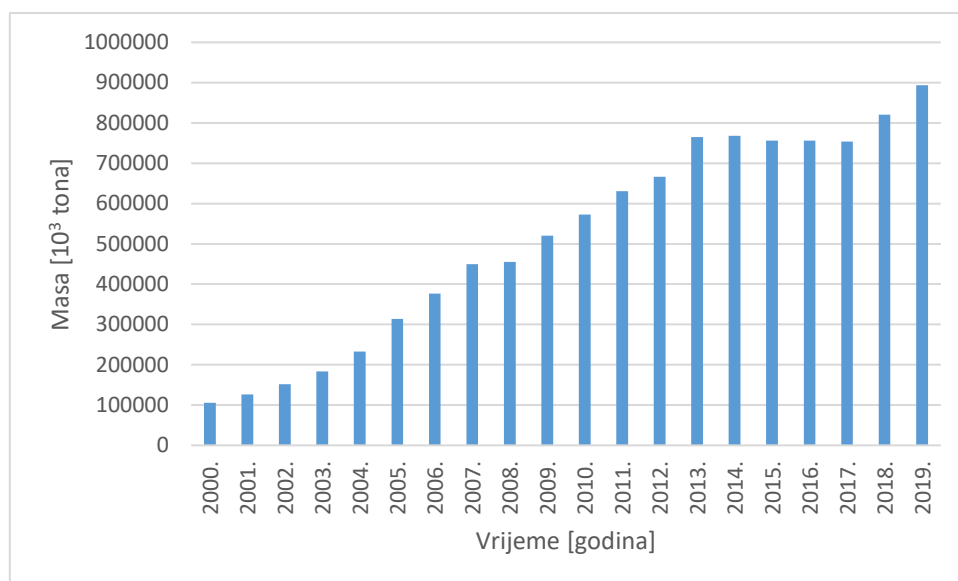
Slika 17. Grafički prikaz proizvodnje čelika u kisikovim konvertorima u EU 2000.-2019. [4]

Europska Unija bilježi nagli „skok“ proizvodnje čelika 2005. godine, a tomu je pridonijelo nagli razvoj građevinske industrije. Vidljiv je značajan rast i u 2008. godini, a razlog je isti.



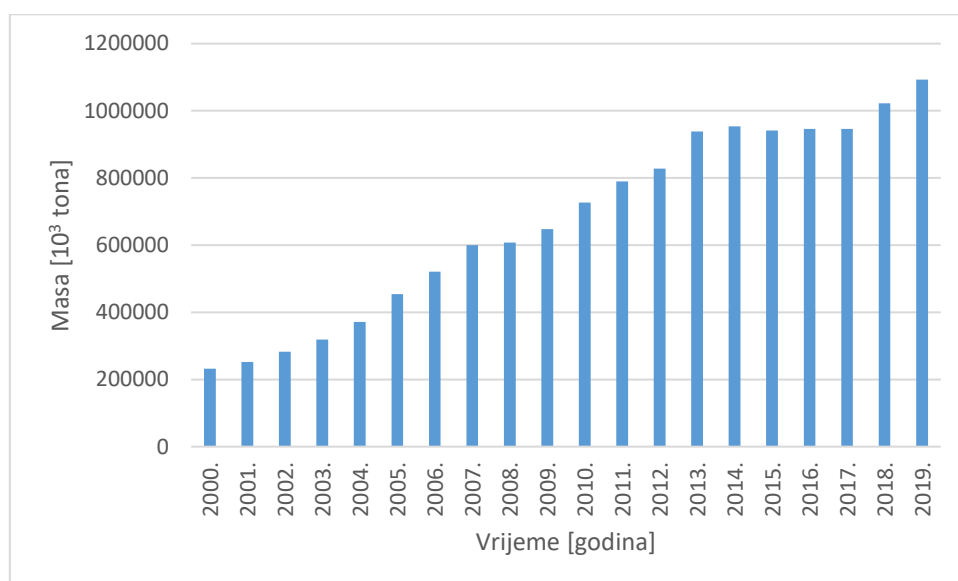
Slika 18. Grafički prikaz proizvodnje čelika u kisikovim konvertorima u Ostaloj Europi 2000.-2019. [4]

Slika 18 daje na uvid proizvodnju čelika u području zemalja Ostale Europe. Bosna i Hercegovina, Srbija, Turska i Crna Gora bilježe konstantan rast proizvodnje čelika u kisikovim konvertorima uz poneki pad. Najveći proizvođač čelika u kisikovim konvertorima u Ostaloj Europi je Turska čija je proizvodnja 2000.-2019. godine porasla za oko 50 %.



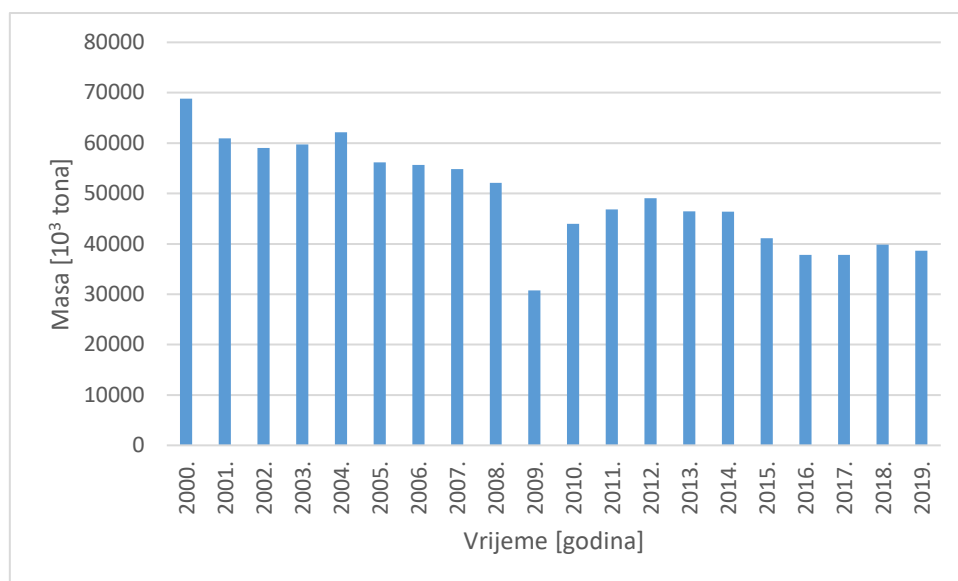
Slika 19. Grafički prikaz proizvodnje čelika u kisikovim konvertorima u Kini 2000.-2019. [4]

Proizvodnja čelika u Kini gotovo je za dvostruko rasla svake godine sve do 2013. godine. Tada je 4 godine bilježen konstantan rast, te od 2017. ponovno bilježe porast proizvodnje. Kina je najveći proizvođač čelika.



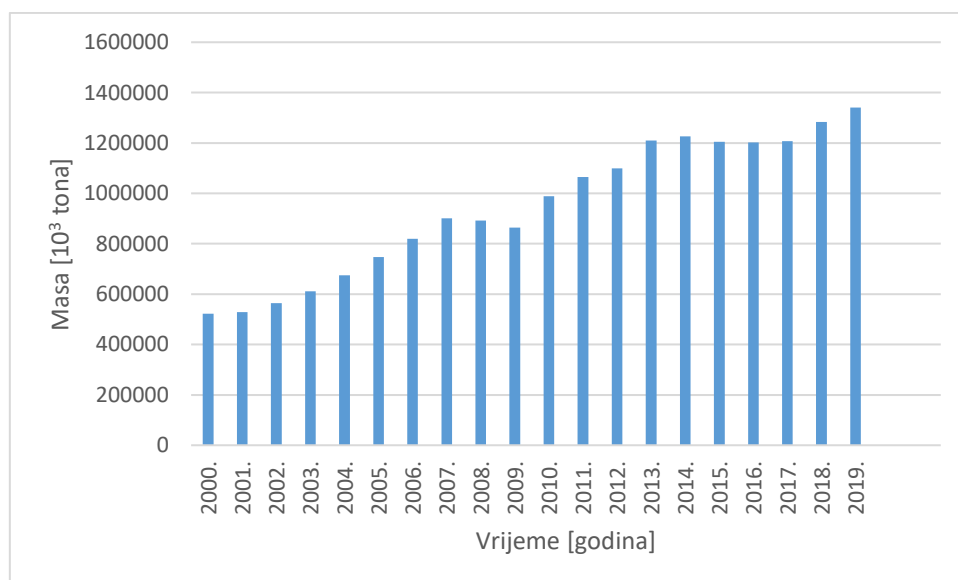
Slika 20. Grafički prikaz proizvodnje čelika u kisikovim konvertorima u Aziji 2000.-2019. [4]

Uočljivo je kako su grafovi na slici 19 i 20 gotovo identični. Razlog tomu je Kina koja prednjači i u Aziji. Iako su i Indija, Japan, J. Koreja, itd. veliki proizvođači, kineski utjecaj na ovu regiju je velik, tj. dominantan.



Slika 21. Grafički prikaz proizvodnje čelika u kisikovim konvertorima u S. Americi 2000.-2019. [4]

Proizvodnja čelika u kisikovom konvertoru u Sjevernoj Americi odvijala se suprotno od ostalih regija. Naime, na slici 19 graf prikazuje pad proizvodnje 2000.-2019. godine. Značajan pad proizvodnje bio je 2009. godine.

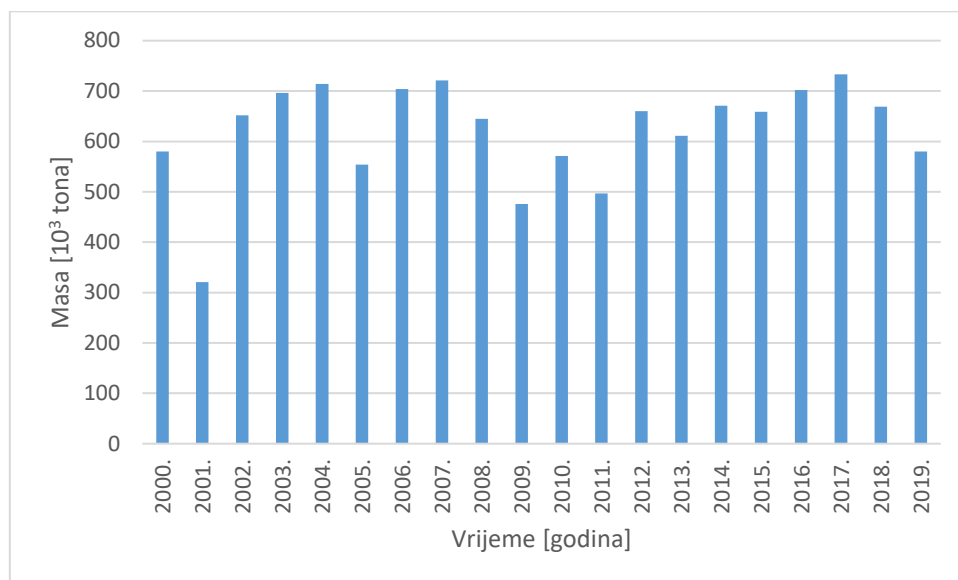


Slika 22. Grafički prikaz proizvodnje čelika u kisikovim konvertorima u svijetu 2000.-2019. [4]

Razvojem tehnologije i općenitim napretkom svijeta, raste svjetska proizvodnja čelika. Prema slici 22 vidljivo je kako je proizvodnja značajno rasla od 2000. godine do 2009. kada nastupa svjetska kriza. Od tada pa sve do 2015. uočen je porast. U razdoblju 2016.-2017. proizvodnja je stagnirala.

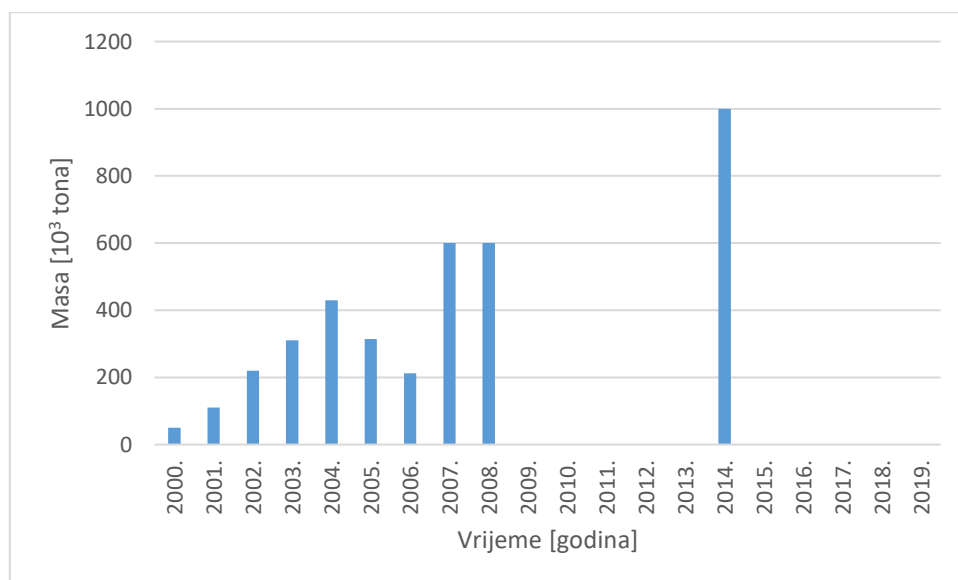
4.3. Svjetska proizvodnje čelika u elektrolučnim pećima u razdoblju 2000.-2019.

Proizvodnja direktno reduciranog željeza po pojedinim državama i regijama te ukupna proizvodnja prikazane su na slikama 23-26.



Slika 23. Grafički prikaz proizvodnje direktno reduciranog željeza u EU 2000.-2019. [4]

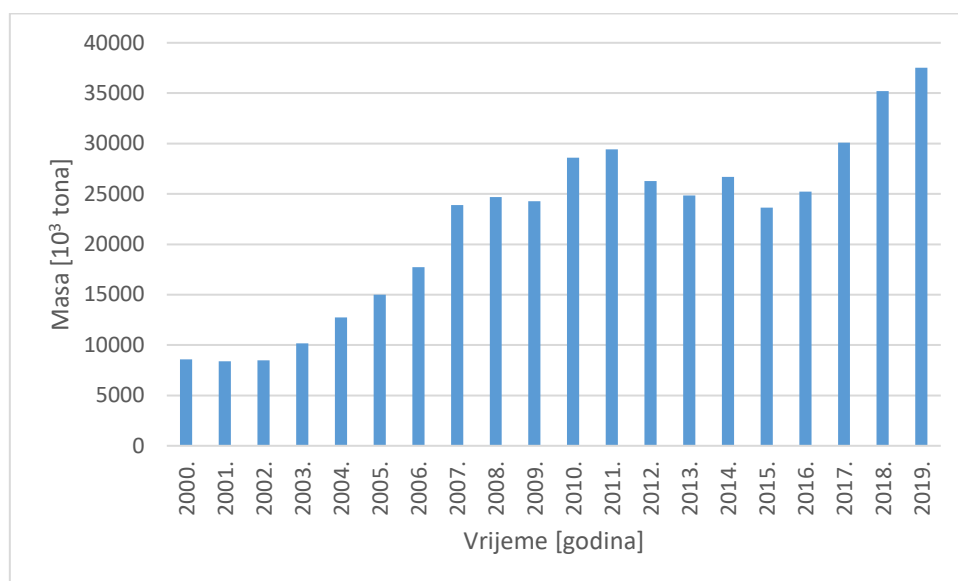
Proizvodnja direktno reduciranog željeza je tijekom godina često padala. Najveći pad proizvodnje zabilježen je 2001. godine. Vrhunac proizvodnje zabilježen je 2017. godine, nakon čega ponovno pada.



Slika 24. Grafički prikaz proizvodnje direktno reduciranog željeza u Kini 2000.-2019. [4]

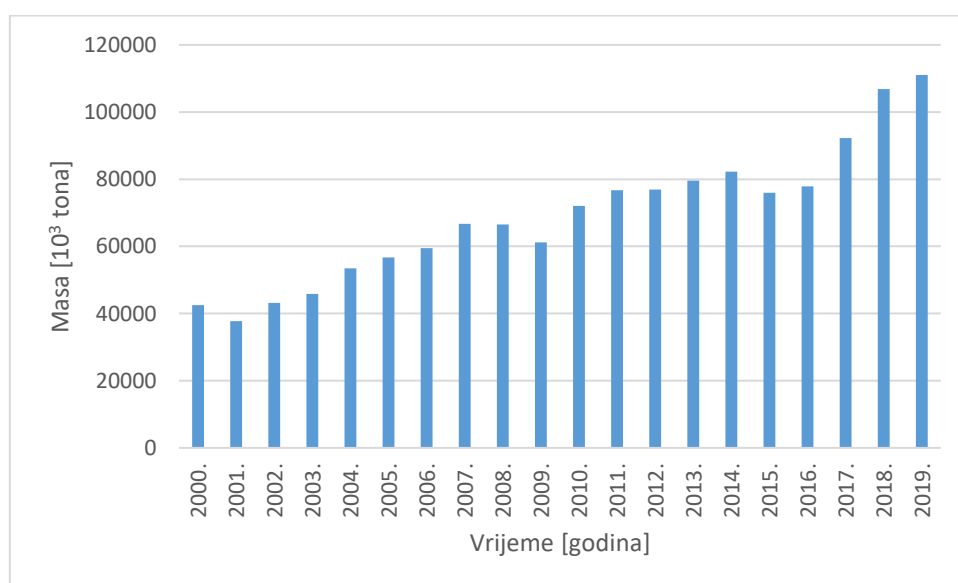
Prema grafu na slici 24 vidljivo je kako Kina u ovom slučaju ne prednjači nad ostalim državama i regijama. Proizvodnja direktno reduciranog željeza polako je rasla od 2000. do 2004. godine.

Nagli skok proizvodnje bio je 2007. koji se nastavio samo još godinu iza. 2014. godine Kina je proizvela 1 mil. tona direktno reduciranog željeza. Od tada više ne proizvode.



Slika 25. Grafički prikaz proizvodnje direktno reduciranog željeza u Aziji 2000.-2019. [4]

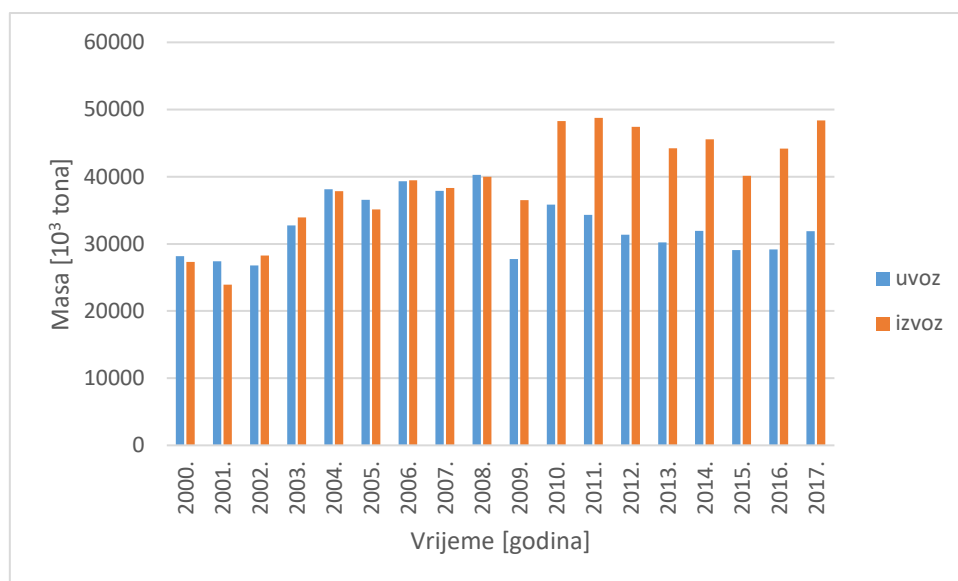
Proizvodnja direktno reduciranog željeza u Aziji ima stalan rast sve do 2012. godine. Rast proizvodnje ponovno je zabilježen od 2017. Najveći udio proizvodnje u ovoj regiji ima Indija.



Slika 26. Grafički prikaz proizvodnje direktno reduciranog željeza u svijetu 2000.-2019. [4]

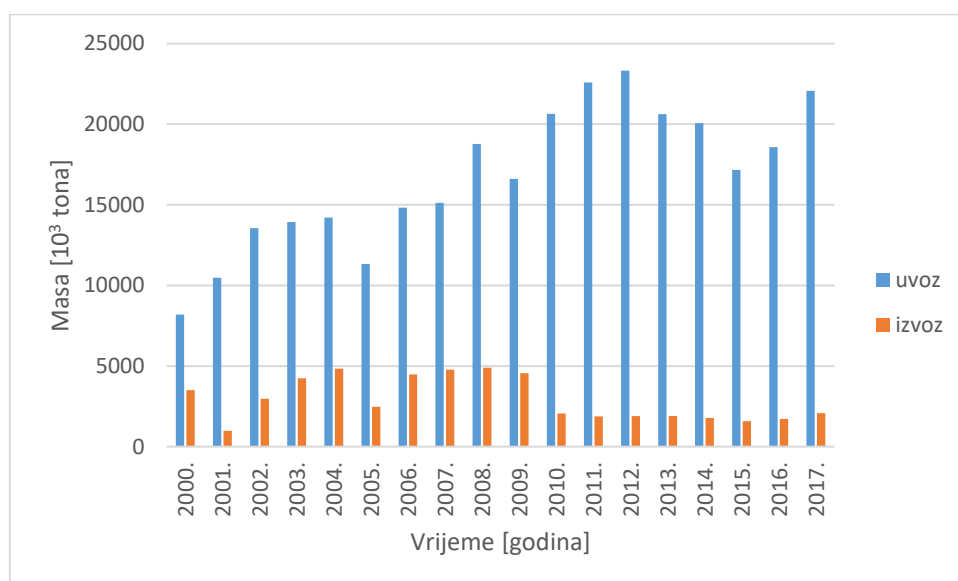
Proizvodnja direktno reduciranog željeza u svijetu 2018. godine značajno je porasla, a taj se trend nastavio i godinu iza. Kriza koja je 2009. godine zahvatila svijet nije uvelike utjecala na ukupnu proizvodnju direktno reduciranog željeza u svijetu.

Budući da je staro željezo odnosno otpad, glavna sirovina za proizvodnju čelika u elektrolučnim pećima potrebno je prikazati koliko pojedine regije i države svijeta imaju potrebu uvoziti staro željezo, odnosno koliko ga izvoze. Odnos uvoz/izvoz otpada prikazan je grafovima na slikama 27-32.



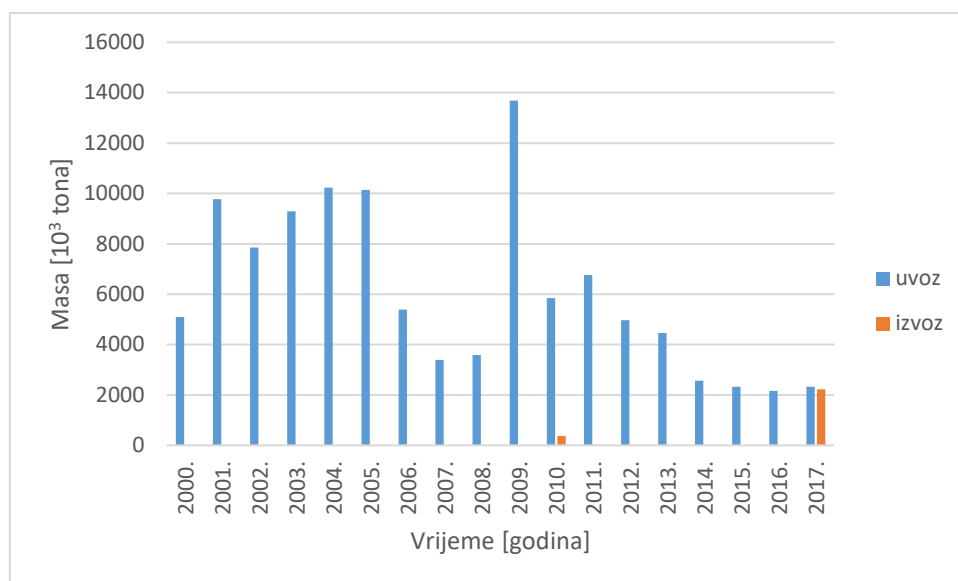
Slika 27. Grafički prikaz uvoza starog željeza u EU 2000.-2019. [4]

Europska Unija je sve do 2009. godine imala podjednake vrijednosti uvoza i izvoza starog željeza. Međutim, nakon svjetske krize vrijednosti uvoza su pale, a izvoza porasle. Takav trend se nastavio i u sljedećim godinama.



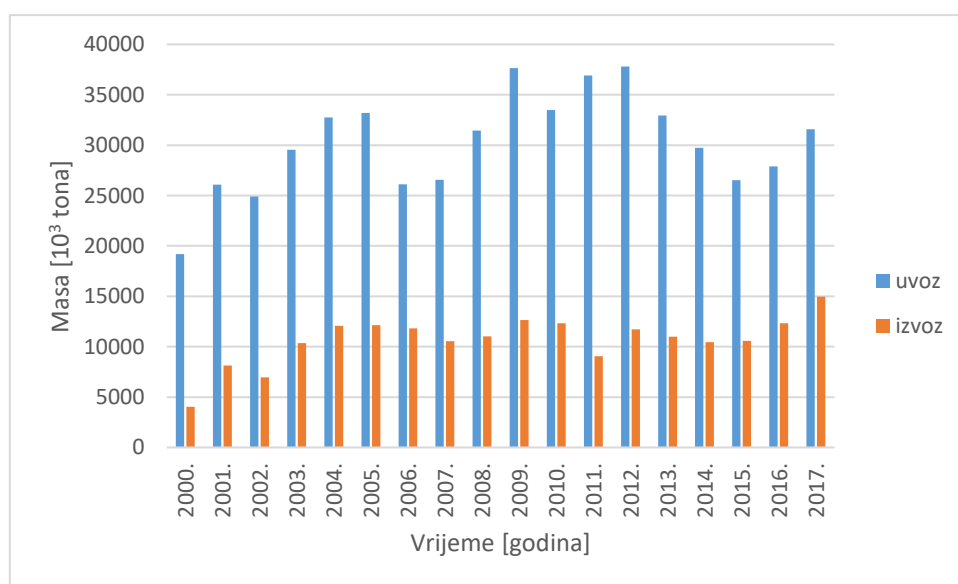
Slika 28. Grafički prikaz uvoza starog željeza u Ostaloj Europi 2000.-2019. [4]

Prema slici 28 Ostala Europa ima veliku razliku u odnosu uvoz/izvoz. Od 2000. pa do 2019. godine nisu izvezli niti 5 tisuća tona po godini. Ostala Europa isključivo uvozi staro željezo.



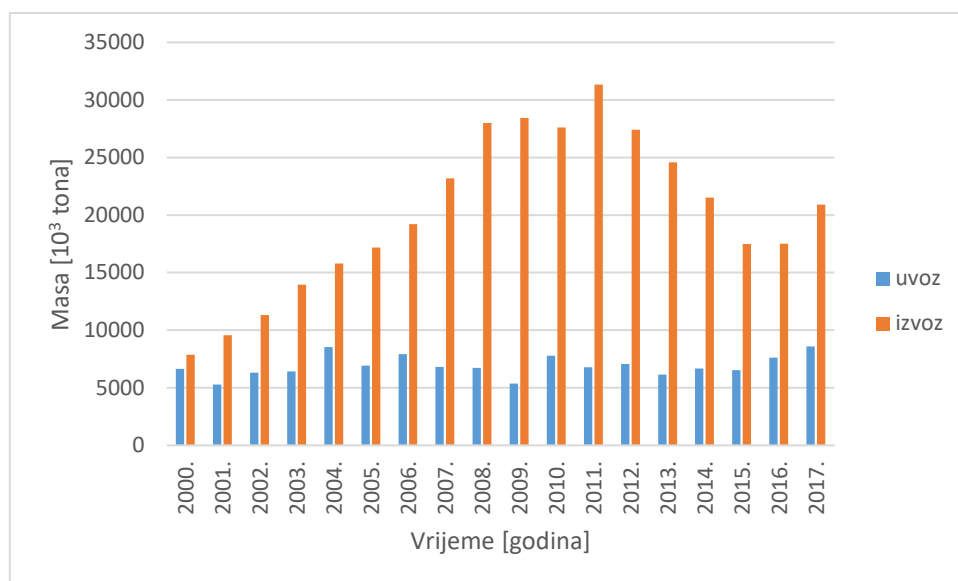
Slika 29. Grafički prikaz uvoza starog željeza u Kini 2000.-2019. [4]

Budući da je Kina najveći proizvođač čelika, sve do 2010. godine uopće nisu izvozili staro željezo. U vrijeme svjetske krize 2009. godine vrijednosti uvoza značajno su porasle. Godine 2017. odnosi uvoza i izvoza bili su gotovo jednaki.



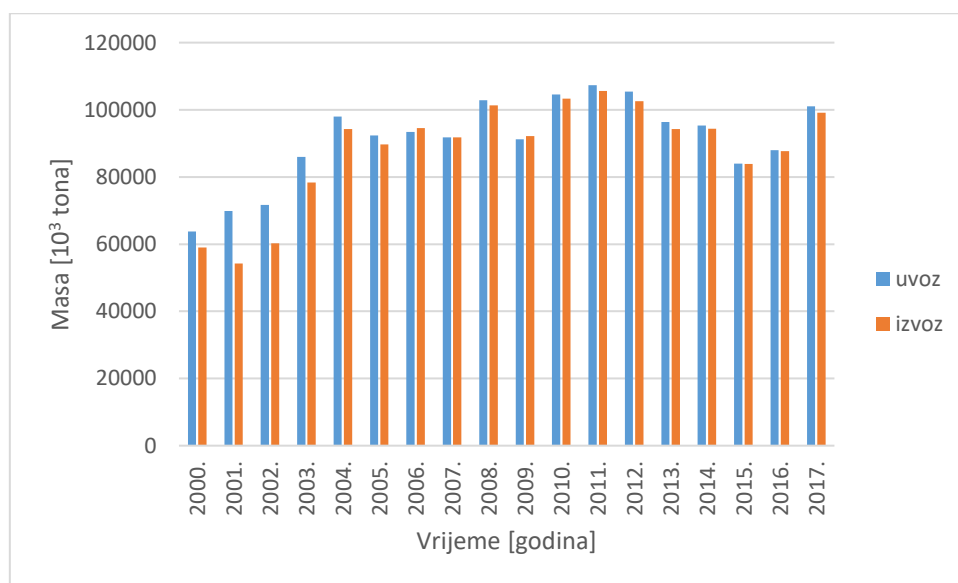
Slika 30. Grafički prikaz uvoza starog željeza u Aziji 2000.-2019. [4]

Azija poput Kine ima veći udio uvoza nego izvoza. Najveća vrijednost uvoza zabilježena je 2009. a izvoza 2017. godine.



Slika 31. Grafički prikaz uvoza starog željeza u S. Americi 2000.-2019 [4]

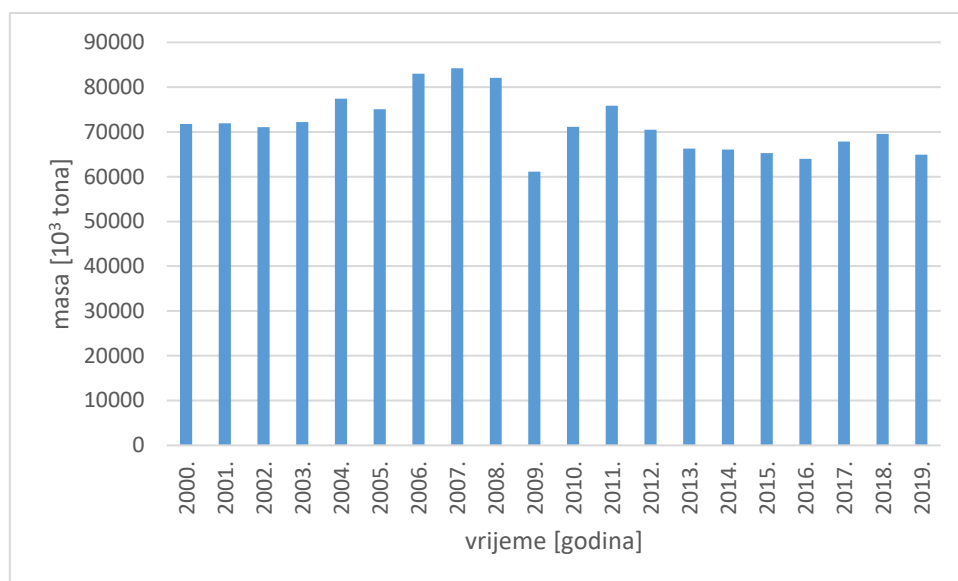
U odnosu na ostale regije, Sjeverna Amerika izvozi puno više starog željeza nego što uvozi. Vrhunac izvoza bio je 2011. godine, od tada vrijednosti izvoza počinju padati.



Slika 32. Grafički prikaz uvoza starog željeza u svijetu 2000.-2019. [4]

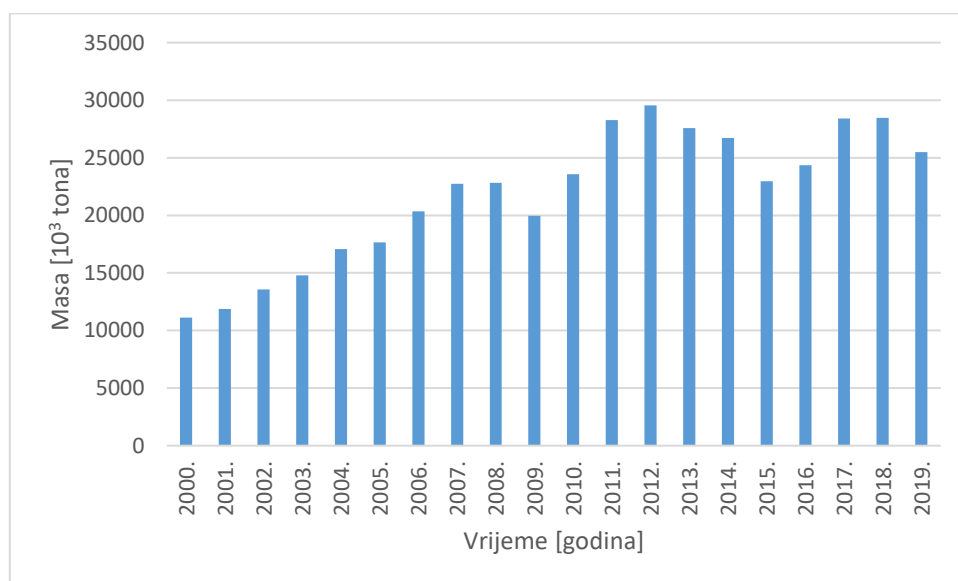
Prema podacima o uvozu i izvozu, vidljivo je kako su uvoz i izvoz gotovo podjednaki. Međutim, ipak se više uvozi starog željeza.

Na slikama 33-38 vidljivi su grafički prikazi proizvodnje čelika u elektrolučnim pećima za Europsku Uniju, Ostalu Europu, Kinu, Aziju, Sjevernu Ameriku te ukupnu svjetsku proizvodnju.



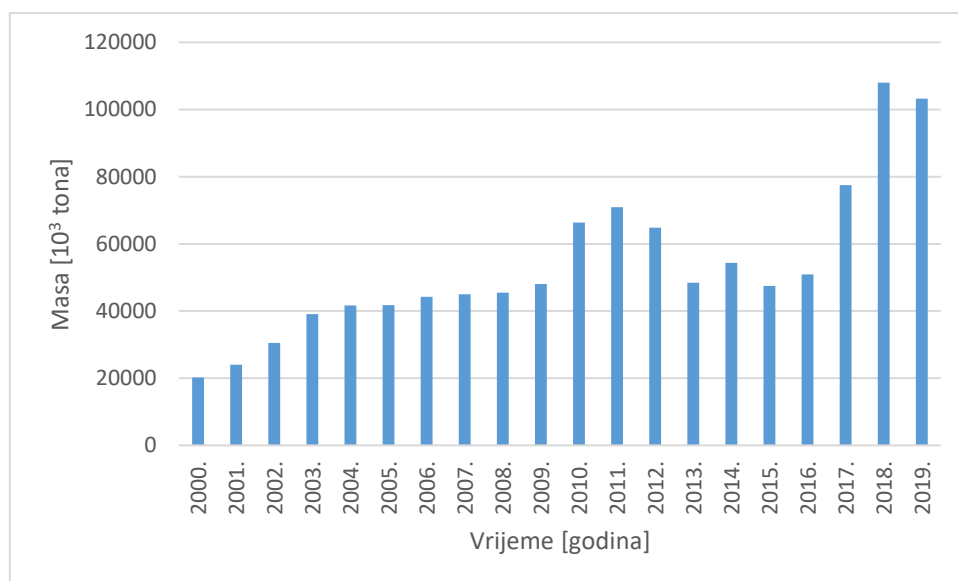
Slika 33. Grafički prikaz proizvodnje čelika u elektrolučnim pećima u EU 2000.-2019. [4]

Europska Unija proizvodi još od 2000. godine velike količine elektročelika u odnosu na proizvodnju čelika u kisikovom konvertoru (slika 17). Značajan pad zabilježen je 2009. godine.



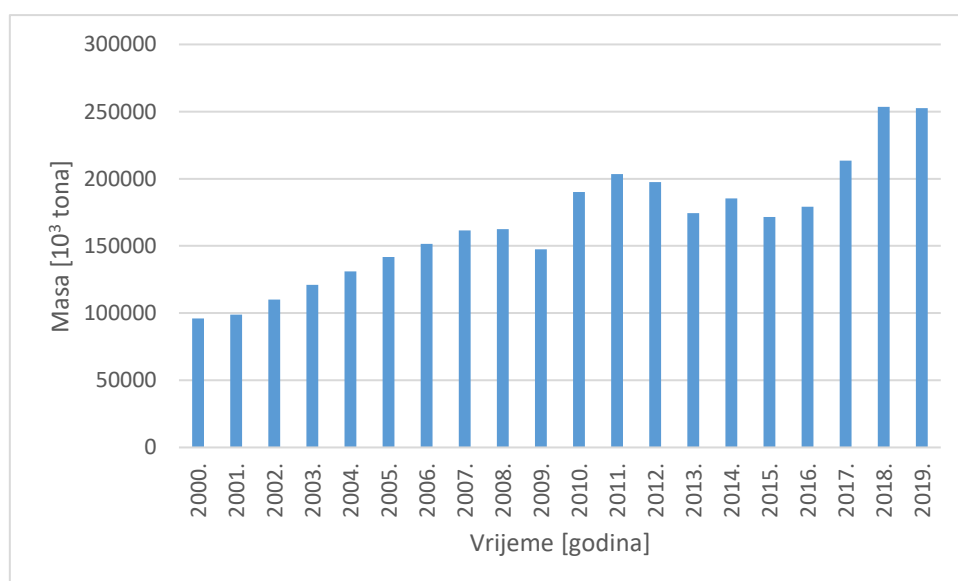
Slika 34. Grafički prikaz proizvodnje čelika u elektrolučnim pećima u Ostaloj Europi 2000.-2019. [4]

Rast proizvodnja elektročelika vidljiv je i u zemljama Ostale Europe. Značajni padovi proizvodnje zabilježeni su 2009., 2015. i 2019. godine.



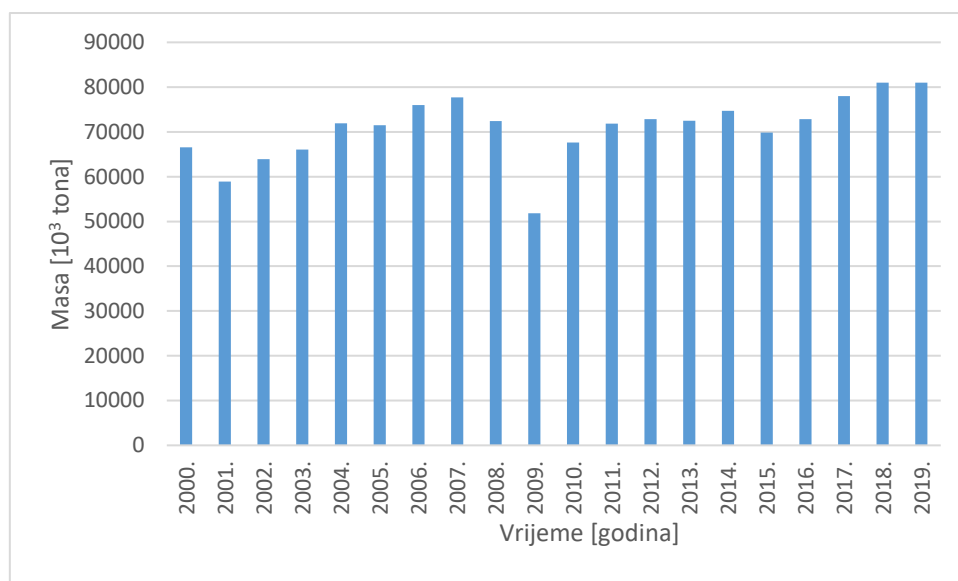
Slika 35. Grafički prikaz proizvodnje čelika u elektrolučnim pećima u Kini 2000.-2019. [4]

Proizvodnja elektročelika u Kini nije u tolikoj mjeri zastupljena kao proizvodnja čelika u kisikovim konvertorima. Značajan porast proizvodnje zabilježen je u periodu 2010.-2012. i 2016-2019. godine.



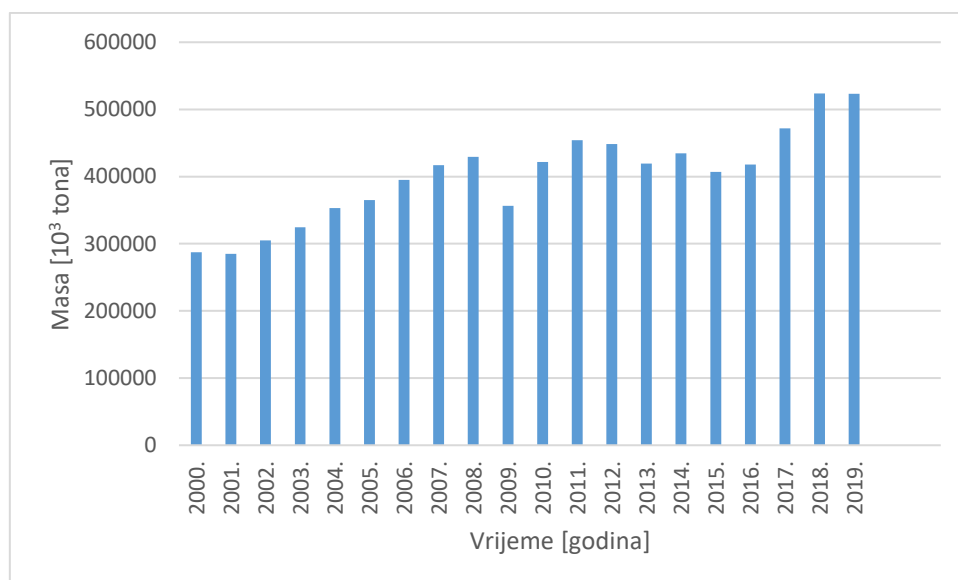
Slika 36. Grafički prikaz proizvodnje čelika u elektrolučnim pećima u Aziji 2000.-2019. [4]

Najveći proizvođači elektročelika u Aziji su Japan i Kina. Ovoga puta Kina nema toliko snažan utjecaj na ukupnu proizvodnju elektročelika pa grafovi na slikama 35 i 36 nisu slični.



Slika 37. Grafički prikaz proizvodnje čelika u elektrolučnim pećima u S. Americi 2000.-2019. [4]

Sjeverna Amerika je najveći proizvođač elektročelika u svijetu čija proizvodnja naglo pada 2009. godine. Trend porasta proizvodnje nastavio se do 2015. godine kada je ponovno zabilježen pad.

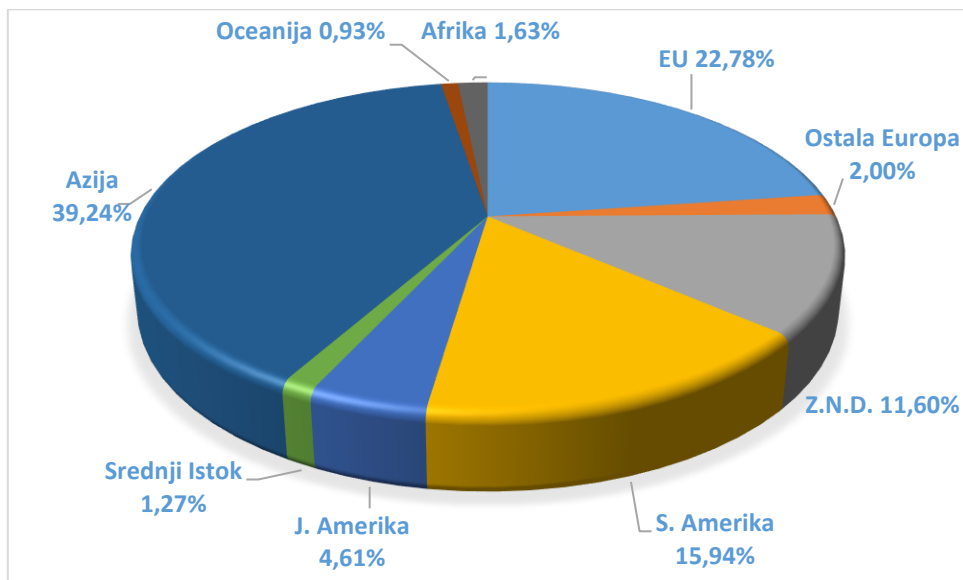


Slika 38. Grafički prikaz proizvodnje čelika u elektrolučnim pećima u svijetu 2000.-2019. [4]

Trend rasta proizvodnje čelika u elektrolučnim pećima je manji u odnosu na proizvodnju čelika u kisikovim konvertorima. Ukupna svjetska proizvodnja elektročelika je manja. U svijetu se proizvodi 1/3 čelika u elektrolučnim pećima, dok se 2/3 čelika proizvode u kisikovim konvertorima.

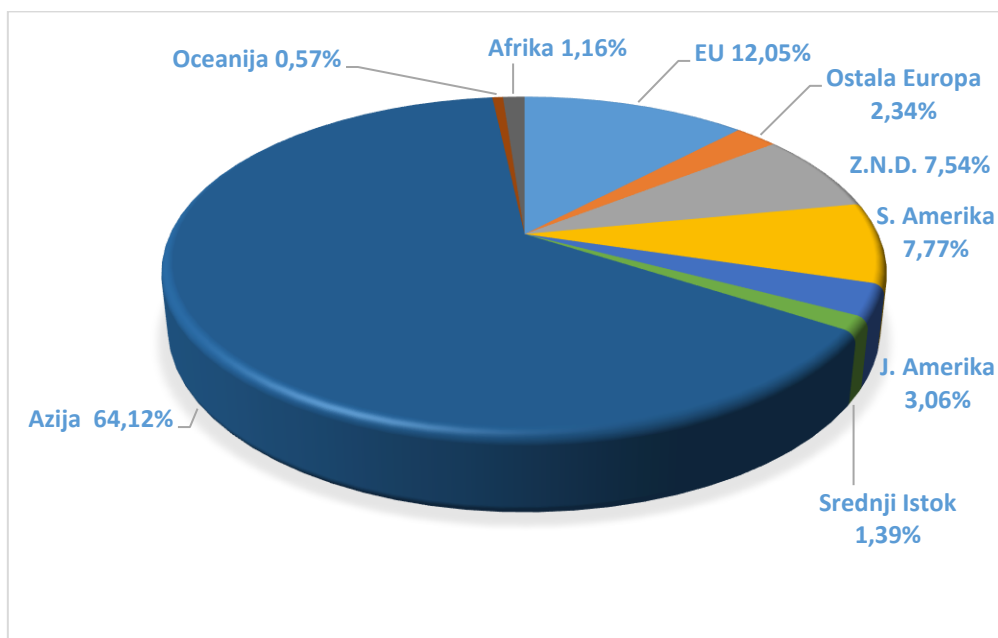
4.4. Analiza svjetske proizvodnje čelika

Proizvodnja čelika u svijetu svake godine značajno raste kako raste i njegova upotreba. Međutim, Azija uvelike prednjači nad ostalim regijama što je prikazano na slikama 39-41.



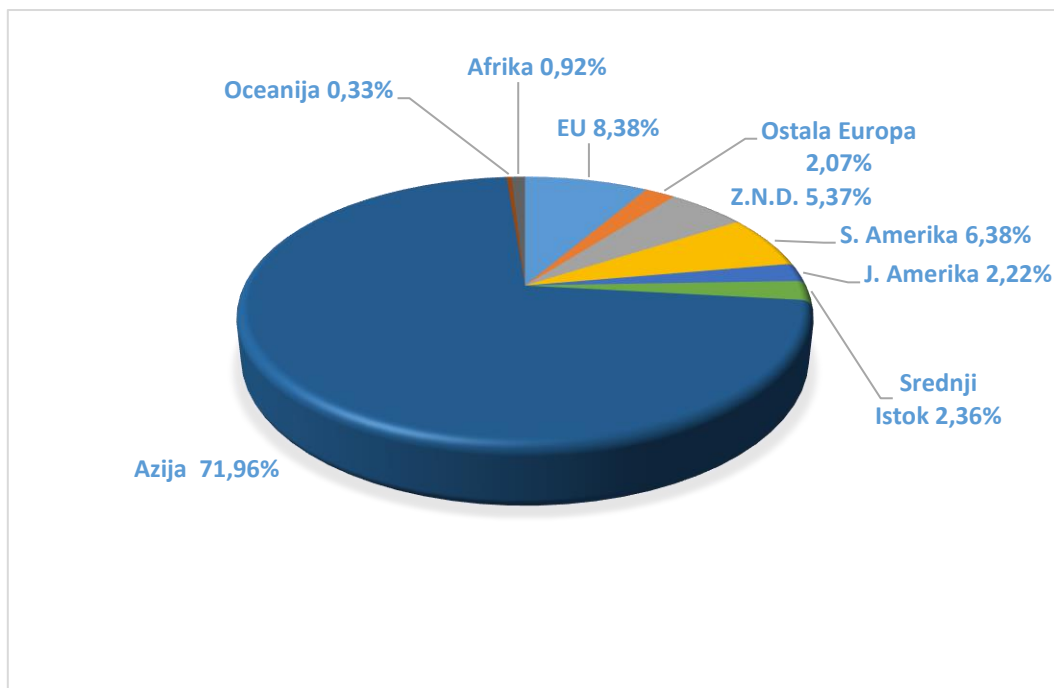
Slika 39. Grafički prikaz ukupne proizvodnje čelika u svijetu po regijama 2000. [4]

Azija je 2000. godine proizvela 39,24 % čelika od ukupne svjetske proizvodnje. Najveći utjecaj na proizvodnju imale su Kina, Japan, Indija i Tajvan. Zatim, Europska Unija proizvela je 22,78 % od ukupne svjetske proizvodnje. Najmanji udio proizvodnje imala je Oceanija sa tek 0,93 %.



Slika 40. Grafički prikaz ukupne proizvodnje čelika u svijetu po regijama 2010. [4]

Nakon 10 godina, Azija je povećala proizvodnju za otprilike 25 %, pa je 2010. godine Azija proizvela 64,12 % čelika od ukupne svjetske proizvodnje. Proizvodnja ostalih regija uvelike se smanjila, poput Europske Unije, Sjeverne Amerike. Proizvodnja Srednjeg Istoka porasla je za 0,11 %.



Slika 41. Grafički prikaz ukupne proizvodnje čelika u svijetu po regijama 2019. [4]

Prema podacima iz 2019. godine Azija je proizvela 71,96 % čelika od ukupne proizvodnje čiji postotak uvelike premašuje zbroj postotaka proizvodnje svih ostalih regija zajedno. Najveći proizvođači u ovoj regiji su Kina, Indija, Japan, Tajvan. Proizvodnja Srednjeg Istoka povećala se za oko 1 % prema podacima iz 2010. godine (slika 40).

5. ZAKLJUČAK

Svjetska proizvodnja čelika u razdoblju od 2000.-2019. godine bilježi stalan porast, iz čega se može zaključiti da je čelik još uvijek nezamjenjiv kao konstrukcijski materijal. Glavni razlog sve učestalije primjene čelika je vrlo široka mogućnost primjene te sposobnost recikliranja čeličnog otpada u naknadnoj preradi i novoj proizvodnji čelika („zeleni materijal“).

Dvije trećine čelika proizvodi se u kisikovim konvertorima, a jedna trećina u elektrolučnim pećima s naknadom obradom u lonac peći. Ukupna proizvodnja čelika je 2000. godine iznosila gotovo 900 milijuna tona, a 2019. godine se udvostručila, tj. porasla je na 1869 milijuna tona.

Važno je naglasiti kako je porast proizvodnje sirovog željeza i čelika zabilježen u zemljama koje posjeduju vlastite izvore sirovina (željezne rude, čelični otpad) i izvora energije (ugljen, plin, nafta).

Posebno se ističe Kina koja ostvaruje 53 % svjetske proizvodnje čelika. Glavni razlog tomu su učestale investicije u moderne tehnologije. Najbolja usporedba je ukupna proizvodnja čelika u Kini 2000. i 2019. godine koja iznosi 129 milijuna t za 2000. godinu i 996 milijuna t za 2019. godinu.

Nerazvijene zemlje bilježe porast proizvodnje čelika masovne primjene, dok se moderni čelici proizvode u industrijski visoko razvijenim zemljama.

6. LITERATURA

1. https://hr.wikipedia.org/wiki/Povijest_metalurgije_%C5%BEljeza (24.02.2021.)
2. M. Gojić, Metalurgija čelika, Sveučilište u Zagrebu, Sisak, 2006. str. 2-264.
3. <https://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/celik.pdf> (24.02.2021.)
4. <https://www.worldsteel.org/about-steel.html> (02.03.2021.)
5. S. Kožuh, Specijalni čelici, skripta, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet, Sisak, 2010.
6. https://documen.site/download/document-5af1d509bc086_pdf (04.03.2021.)
7. https://www.hs-bremen.de/internet/hsb/struktur/mitarbeiter/reinert/lehre/werk/materialien/werk_folien_kap_8.pdf (04.03.2021.)
8. <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=4669> (05.03.2021.)
9. http://www.konimb.hr/blog/sto_je_inox.html (05.03.2021.)
10. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/bs/thumb/0/04/Austenit_i_cementit.jpg/250px-Austenit_i_cementit.jpg (06.03.2021.)
11. J. Kranželić, Napetnonosna korozija zavarenih spojeva visokolegiranih Cr-Ni čelika, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2017.
12. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/fa/Steel_035_water_quenched.png/300px-Steel_035_water_quenched.png (06.03.2021.)
13. <https://vacaero.com/information-resources/metallography-with-george-vander-voort/894-microstructure-of-ferrous-alloys.html> (06.03.2021.)
14. <https://sciencing.com/properties-uses-steel-7271721.html> (07.03.2021.)
15. G. Deranja, Metali u brodogradnji, Završni rad, Pirotehnika Pula, Visoka tehničko-poslovna škola, Pula, 2014.
16. https://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/brod_13_brodogradevni_materijali.pdf (07.03.2021.)
17. J. Szekely, Steelmaking and Industrial Ecology - Is Steel a Green Material?, ISIJ International 36 (1996) 1, 121-132.
18. https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTsNbO_DDoBjAVVuigIV28icPk1Nx6pq1kLDg&usqp=CAU (07.03.2021.)
19. M. Rajković, Čelični otpad kao sekundarna sirovina za proizvodnju čelika, Završni rad Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet, Sisak, 2020.
20. <https://www.resourcepanel.org/reports/metal-recycling> (07.03.2021.)
21. M. Gojić, J. Črnko, S. Kožuh, Proizvodnja čelika u dvadesetom stoljeću, Kemija u industriji 51 (2002) 7/8, 317-328.
22. <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=7276> (11.03.2021.)
23. B. Božić, Metalurgija gvožđa, Beogradski izdavačko-grafički zavod, Beograd, 1973. 36-45.

ŽIVOTOPIS

OSOBNİ PODATCI

Ime i prezime: Dijana Knežević

Datum i mjesto rođenja: 16.06.1999., Sisak

Adresa: Veliko Krčevo 48, Hrvatska Kostajnica 44430

Telefon: 095-560-5263

E-mail: dijana.knezevic253@gmail.com

OBRAZOVANJE

2006.- 2010. Područna škola Graboštani

2011.- 2014. Osnovna škola Davorina Trstenjaka, Hrvatska Kostajnica

2014.- 2018. Srednja škola Ivana Trnskoga, Hrvatska Kostajnica, smjer Opća gimnazija

2018. -2021. Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet Sisak, preddiplomski sveučilišni studij Metalurgija, smjer Metalurško inženjerstvo

OSOBNİ VJEŠTINE

Poznavanje i rad na računalu

Strani jezik: Engleski jezik – razina B1

Njemački jezik- razina A2

Vozački ispit B-kategorije