



Knjiga/Book 4

ODRŽIVE TEHNOLOGIJE I

HEMIJSKA INDUSTRIMA

Sustainable technologies and

Chemical engineering

Editors

Midhat Jašić
Mustafa Burgić
Elvis Ahmetović
University of Tuzla
Faculty of Technology
Tuzla, Bosnia and Herzegovina

Održive tehnologije i hemijska industrija

Sustainable technologies and Chemical engineering

Editors/Urednici:

Midhat Jašić, Mustafa Burgić, Elvis Ahmetović

University of Tuzla/Univerzitet u Tuzli

Faculty of Technology/Tehnološki fakultet

Tuzla, Bosnia and Herzegovina/Bosna i Hercegovina

Što god zadesi Zemlju, zadesit će i njene sinove.
Čovjek nije istkao mrežu života, on je tek jedna njena nit.
Što god on čini mreži, čini to sam sebi.
Dio svjedočanstva poglavice Seattlea 1854. godine

Ova knjiga je nastala kao dio projektnih aktivnosti u okviru Tempus projekta Tempus 158989-Tempus-1-2009-1-BE-Tempus-JPHES "Creation of university-enterprise cooperation networks for education on sustainable technologies", a namijenjena je za edukaciju inženjera iz prakse u području održivih tehnologija. Autori poglavlja su kreatori svojih radova i oni u potpunosti odgovaraju za njihov kvalitet i sadržaj.

INTRODUCTION

In the first chapter the concept of sustainability related to chemical industry is covered. Some of the topics are Green chemistry and Clean technologies. The basic question is: How to achieve that chemical industry **become is** sustainable? Basically, the approach is the same as in other industries but there are also some specific aspects. The renewable resources should replace non renewable and biorefineries should replace conventional ones. In the second chapter *the pollution prevention in chemical industry* has been discussed while the third and the forth chapters focus on *the design and modeling of the sustainable manufacturing and industrial processes*. In addition, the importance of systematic methods and computer aided tools for the synthesis, design and optimization of sustainable chemical processes are highlighted. The very important issue in chemical industry related to *Combustion processes as a source of air pollution* is discussed in the fifth chapter. The zero emission concepts related to mass and energy in chemical industry is given in the sixth chapter. In addition, the methodology and implementation of zero emission in chemical industry have been presented followed by example of total water integration (zero liquid discharge) in the process. The seventh chapter focuses on the treatment of textile waste and minimizing of the wastewater from textile factories. Also, an overview of techniques for wastewater treatment is presented. Finally, some aspects of sustainability using Case studies are covered in more details such as *Pollution and environmental protection from pollution in alumina production*, *Electrochemical industry*, *Application of electrochemistry in the environmental protection*, *Cement Production and environmental protection in the Cement factory Lukavac*, *Benefits and application of cleaner production for improving environmental protection in Sodium carbonate production (Sisecam Sodium carbonate factory Lukavac)*, *Sodium chloride production and environment*, *Medical waste management in Tuzla Canton*, *Case study solution of environmental problems in Šaleška Valley*, *Disposal of hazardous waste*, *Process development for base oils production*.

UVOD

U prvom poglavlju je obrađen koncept održivog razvoja vezan za hemijsku industriju. Neke od tema su Zelena hemija i Čiste tehnologije. Osnovno pitanje je: Kako postići da hemijska industrija bude održiva? U osnovi pristup je isti kao i kod ostalih industrija ali postoje i specifičnosti. Obnovljivi resursi bi trebalo da zamijene neobnovljive a biorafinerije klasične rafinerije. U drugom poglavlju diskutovana je tema u vezi Spriječavanja nastanka zagađenja u hemijskoj industriji *Hemijska* dok je treće i četvrto poglavlje fokusirano na *Projektovanje i modeliranje održive proizvodnje i održivog industrijskog procesa. Pored toga, istaknut je značaj sistemskih metoda i kompjutersko potpomognutih alata u sintezi, dizajniranju i optimizaciji održivih hemijskih procesa.* Veoma važna problematika u hemijskoj industriji koja predstavlja *Proces sagorevanja kao izvor zagađenja vazduha* je obrađena u petom poglavlju. Koncept nulte emisije mase i energije u hemijskoj industriji je dat u šestom poglavlju. Pored toga, metodologija i implementacija nulte emisije u hemijskoj industriji je predstavljena i primjer potpune integracije vode u procesu. Fokus sedmog poglavlja je vezan za tretman tekstilnog otpada i minimiziranje otpadne vode u tekstilnim fabrikama. Također, predstavljen je pregled tehnika za tretman otpadne vode. Na kraju su prikazani neki aspekti održivosti koristeći studije slučaja kao što su: *Zagađenje i sprečavanje zagađenja proizvodnje glinice na okolinu, Elektrohemijska industrija, Primjena elektrohemije u zaštiti životne sredine, Proizvodnja cementa sa stanjem životne okoline u Fabrici cementa Lukavac, Koristi i primjena čistije proizvodnje na poboljšanju okoliša u proizvodnji kalcinirane sode (Sisecam fabrika sode Lukavac), Proizvodnja natrijum hlorida i okolina, Upravljanje medicinskim otpadom u Tuzlanskom kantonu, Studija slučaja rješavanja okolišnih problema u Šaleškoj dolini, Zbrinjavanje opasnog otpada, Razvoj procesa za proizvodnju baznih ulja.*

9.1. ODRŽIVI RAZVOJ-IZAZOV ZA HEMIJSKU INDUSTRIJU	5
9.1.1. Uvod	5
9.1.2. Novi pristupi održivom razvoju.....	5
9.1.3. Praktični alati za procesne industrije.....	7
9.1.4. Resursi za sprovodenje procjene životnog ciklusa (LCA)	8
9.1.5. Zelena hemija i čiste tehnologije	9
9.1.6. Kako postići da hemijska industrija bude održiva?.....	11
9.1.7. Svojstva biogenih sirovinskih materijala	12
9.1.8. Biorafinerije - stubovi održivog razvoja.....	15
Literatura	22
9.2. PREVENCIJA ZAGAĐENJA U HEMIJSKOJ INDUSTRIJI	25
9.2.1. Hemijska industrija kao izvor zagadenja.....	25
9.2.2. Zagadenje u hemijskoj industriji.....	26
9.2.3. Metodologija sprečavanja zagadenja	27
9.2.4. Redukcija izvora zagadenja	35
Literatura	37
9.3. PROJEKTOVANJE ODRŽIVE PROIZVODNJE	39
9.3.1. Održiva proizvodnja.....	39
9.3.2. Načini postizanja održivosti proizvodnje.....	40
Literatura	46
9.4. PROJEKTOVANJE I MODELIRANJE ODRŽIVIH INDUSTRIJSKIH PROCESA	48
9.4.1. Uvod	48
9.4.2. Koncept održivog razvoja i održivosti u industriji.....	49
9.4.3. Bazni koraci u razvoju i projektovanju održivih procesa	50
9.4.4. Sistemske metode za sintezu i projektovanje procesa.....	53
9.4.5. Modeliranje, simulacija i optimizacija procesa	55
Zaključak.....	68
Literatura	68
9.5. PROCES SAGORIJEVANJA KAO IZVOR ZAGAĐENJA VAZDUHA	72
9.5.1. Toksični produkti sagorijevanja	72
9.5.2. Izvori toksičnih produkata sagorijevanja	74
9.5.3. Uzroci nastajanja toksičnih produkata sagorijevanja	74
9.5.4. Neke mogućnosti smanjenja emisije toksičnih produkata sagorijevanja.....	77
Literatura	80
9.6. NULTA EMISIJA MATERIJE I ENERGIJE U HEMIJSKOJ INDUSTRIJI	82
9.6.1. Koncept nulte emisije.....	82
9.6.2. Metodologija uspostavljanja nulte emisije	83
9.6.3. Proces uvođenja nulte emisije u hemijskoj industriji	85
9.6.4. Primjer potpune integracije vode u procesu bez njenog ispuštanja u okolinu	88
9.6.5. Zaključci	91
Literatura	91
9.7. TRETMAN TEKSTILNOG OTPADA	93
9.7.1. Uvod	93
9.7.2. Problem prekomjerne potrošnje tekstila	94
9.7.3. Model piramide	95
9.7.4. Konstituenti reciklaže tekstila.....	97
9.7.5. Tekstilni procesi	98
9.7.6. Otpadne vode iz tekstilne industrije	99
9.7.7. Minimiziranje otpadnih voda u fabrikama tekstilne industrije.....	100
9.7.8. End-of-pipe tehnologije	103
9.7.9. Pregled raspoloživih metoda za obradu otpadnih voda.....	103
Literatura	108

STUDIJE SLUČAJEVA.....	109
CASE STUDIES.....	109
9.8.1. ODRŽIVI RAZVOJ – ZAGAĐENJE I SPREČAVANJE ZAGAĐENJA U PROIZVODNJI GLINICE NA OKOLINU.....	111
9.8.2. ELEKTROHEMIJSKA INDUSTRRIJA	125
9.8. 3. PRIMJENA ELEKTROHEMIJE U ZAŠTITI ŽIVOTNE SREDINE	143
9.8.5. KORISTI I PRIMJENA ČISTIJE PROIZVODNJE NA POBOLJŠANJU ZAŠTITE OKOLIŠA U PROIZVODNJI KALCINIRANE SODE – Na_2CO_3	159
9.8.6. PROIZVODNJA NATRIJUMHLORIDA I OKOLINA	168
9.8.7. UPRAVLJANJE MEDICINSKIM OTPADOM U TUZLANSKOM KANTONU	178
9.8. 8. STUDIJA SLUČAJA RJEŠAVANJA OKOLIŠNIH PROBLEMA U ŠALEŠKOJ DOLINI.....	198
9.8.9. ZBRINJAVANJE OPASNOG OTPADA	204
9.8.10. RAZVOJ PROCESA ZA PROIZVODNJU BAZNIH ULJA	212

9.1. ODRŽIVI RAZVOJ-IZAZOV ZA HEMIJSKU INDUSTRIJU **SUSTAINABLE DEVELOPMENT – A CHALLENGE FOR CHEMICAL INDUSTRY**

Zoran Iličković

Univerzitet u Tuzli, Tehnološki fakultet Tuzla

Milorad Tomić

Univerzitet Istočno Sarajevo, Tehnološki fakultet Zvornik

9.1.1. Uvod **Introduction**

Na globalnoj svjetskoj ekonomskoj razini koncept održivog razvoja postupno se javlja 70- tih godina prošlog stoljeća, kao odgovor na izazove intenzivnog tehnološkog i ekonomskog razvoja, koji nije vodio računa o brizi za zaštitu okoliša i zaštiti prirodnih resursa. Definicija, odnosno termin „održivi razvoj“ je redefiniran i postao globalno poznat kroz izvještaj „*Our Common Future*“ ili kako se još naziva „*Brundtland report*“ Svjetske komisije za okoliš (WCED, 1987) iz 1987. godine u kojem se između ostalog kaže:

...Održivi razvoj je razvoj koji zadovoljava potrebe sadašnjih generacija, a da istovremeno ne ugrožava mogućnosti budućih generacija da zadovolje svoje potrebe.

Iz izvještaja se jasno vidi da održivi razvoj u sebi sadrži socialne, kulturnalne, okolinske, te ekonomске aspekte i da se mora posmatrati globalno i dugoročno. Nakon što je pomenuta publikacija ugledala svjetlo dana koncept održivog razvoja postao je značajna tema o kojoj se jako mnogo diskutiralo u okviru akademskih i naučnih krugova. Malo pomalo, postao je široko prihvaćen od strane vlada mnogih zemalja. Poslovni i finansijski svijet je također prihvatio koncept na način da su definirane tri osnovne dimenzije održivog razvoja:

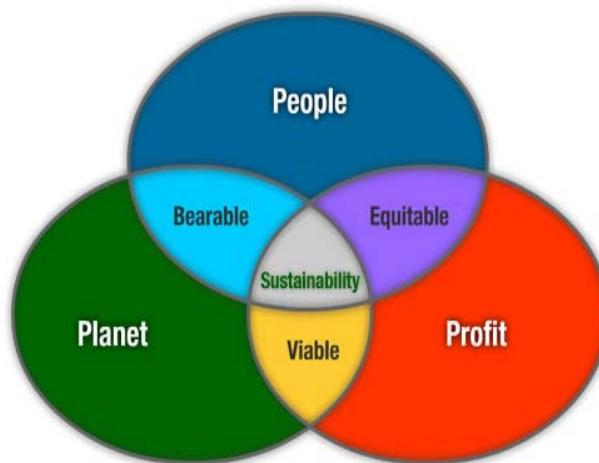
- socialna
- ekološka
- ekonomска.



Slika 9.1.1. Ilustracija održivog razvoja
Figure 9.1.1. Illustration of sustainable development

9.1.2. Novi pristupi održivom razvoju **New approach to sustainable development**

Elkington je 1997-e transformirao koncept u tzv. model trostrukе bilance ili paradigmu trostrukе osnove (*triple bottom line* –3P -People, Planet, Profit). Nedugo nakon toga, početkom XXI-og vijeka mnoga kompanije su je prihvatile i počele koristiti (Shell, 2000).



Bearable-podnošljivo; Equitable- pravično; Viable- održivo; Sustainability- održivost

Slika 9.1.2. Ilustracija 3P-(triple bottom line) modela
Figure 9.1.2. Illustration of triple bottom line model

U svojim aktivnostima kompanije podjednaku težinu trebaju usmjeriti na:

1. ljudi-People- socijalnim posljedicama njihovih aktivnosti,
2. planet-Planet – ekološkim posljedicama njihovih aktivnosti,
3. zaradu-Profit - profitabilnosti kompanije(treba da budu “izvor” prosperiteta).

Suština je u tome da “*bottom line*” odnosno osnovni zadatak kompanije nije samo zarada nego u isto vrijeme kompanija ima i socijalnu i ekološku odgovornost. Stoga prema 3P perspektivi kompanija koja je usvojila strategiju održivosti mora naći ravnotežu između ekonomskih ciljeva i ciljeva u pogledu socijalnih i ekoloških aspekata. Prihvatanje ovog 3P- koncepta od strane industrije je dovelo do njegove popularnosti i prihvatanja i od strane mnogih vlada.

Na “Svjetskom Kongresu o Održivom Razvoju”, pod organizacijom UN –a, u Johannesburgu, Južna Afrika 2002. godine, 3-P koncept je prihvaćen i modificiran na načina da je “Profit” zamijenjen sa “Prosperitet”. Odavde se vidi da je industrija u stvari pomogla da koncept održivog razvoja postane primjenjiv te možemo reći dobije na važnosti, bude lakše pamtljiv uvođenjem izraza 3P odnosno “*triple bottom line*”. Kada se želi ići dalje od definicije u neposrednu implementaciju to može biti izazov za organizaciju jer imamo nedostatak pravih kvantitativnih pokazatelja (mjerenja) da bi se donijele potpuno ispravne odluke. Do sada su postojali mnogi pokušaji da se ustroje sistemi mjerenja, indikatora, postupanja, djelovanja itd. Sa našeg aspekta najinteresantniji su oni pokušaji koji ovaj problem posmatraju sa inženjerske strane kao što je to npr., Američko udruženje hemijskih inženjera (AIChE). U odnosu na generirano trojstvo socioloških, ekonomskih i okolinskih poslovnih indikatora, Institut za održivost, Američkog udruženja hemijskih inženjera (AIChE) je predložio Index održivosti koji je usmjeren na korporacijsko upravljanje(Cobb et al., 2007).

Tu spadaju:

- potpuna(strateška)posvećenost održivosti,
- sigurnosne perfomanse (zaposlenika i procesa u cjelini),
- okolinske perfomanse (upotreba resursa, emisije, staklenički plinovi),
- socialna odgovornost (ulaganje zajednice, obaveze dioničara),
- upravljanje proizvodima (sigurnost proizvoda, odgovorna briga),
- inovacije (u održivost) i
- upravljanje sistemom (lancem)vrijednosti (standardi dobavljača i kupaca).

Kao dio ove inicijative nedavno je kompletiran pregled alata dostupnih za pomoć(asistenciju) organizacionih programa održivosti (Schuster, 2007).

Odgovorna briga (*Responsible Care*)je volonterska inicijativa unutar hemijske industrije u kojoj kompanije zajedno kroz njihove nacionalne asocijacije pokušavaju da poboljšaju zdravlje, sigurnost,okolinske aspekte, te da komuniciraju sa zainteresiranim grupama o njihovim proizvodima i

procesima. Ovo je široka industrijska inicijativa da se pomogne uspostavi kredibiliteta (pouzdanosti) u korporacijsku odgovornost hemijske industrije generalno sa posebnim akcentom na usklađenost (www.responsiblecare.org). Najnoviji program EU je usvojio dodatnu odgovornost industrije da obavi dodatna testiranja i ustroji upravljanje rizikom (*Risk Management*) za sve hemikalije koje se prodaju i koriste u EU. Ovi programi su prije svega usredsređeni na ljudske i okolinske zdravstvene aspekte održivosti.

9.1.3. Praktični alati za procesne industrije **Practical tools for process industries**

Pored zahtjeva za usklađenosti za hemijske proizvode, koji su dati u *Responsible Care and Reach*, indikatori i pokazatelji gore navedeni, obezbjeđuju samo okvir za organizacijske ciljeve. Potrebne su još neke specifične informacije da bi se donijele odluke šta izabrati od ponuđenih alternativa i opcija. Jedan od alata javno dostupan od strane udruženja Hemijskih inženjera je tablica mjerjenja koja se preporučuje za procese (hemijske) industrije (IchemE, 2002):

1. Okolinski indikatori
 - a) Energija
 - b) Potrošnja materijala
 - c) Voda
 - d) Zemljište
 - e) Emisije
 - I Usmjerene na atmosferu
 - Acidifikacija
 - Globalno zagrijavanje
 - Zdravlje ljudi
 - Uništenje ozonskog sloja
 - Photohemski ozon (smog)
 - II Usmjerene na vodene površine
 - Acidifikacija
 - Potrošnja kisika
 - Ekotoksičnost
 - Eutrofikacija
 - III Usmjerene na zemljište
 - Odlaganje toksičnog otpada
 - Odlaganje netoksičnog otpada
2. Ekonomski indikatori
 - a) Profit, vrijednost, porezi
 - b) Investicije
3. Socijalni indikatori
 - a) Radno mjesto (poslovi, obuka, sigurnost)
 - b) Društvo

Mjerenja su strukturirana u skladu sa 3P metodologijom (*triple - bottom – line*) održivog razvoja. Težinski faktori su dostupni za ekološke utjecaje velikog broja komponenti u svakoj kategoriji emisija tako da se okolinsko opterećenje računa na osnovu faktora snage pomnoženim sa kvantitetom emisije (u metričkim tonama).

Američko udruženje Hemijskih inženjera 1999 – 2000-te je razvilo okvir označen kao *Total Cost Analysis* (ukupna analiza troškova) u okviru Centra za tehnologije redukcije otpada (AIChE, 2000). Ovaj pristup je koristio nadzor životnog ciklusa (*Life-cycle inventory*), te njegovu procjenu (*Life-cycle assessment*) za definiranje ukupnog okolinskog utjecaja. Namjera je da se okolinski i socijalni troškovi stave u istu ravan sa ekonomskim troškovima tako da biznis može koristiti standardne alate, te troškovne alate, u donošenju odluka. Troškovi su kategorizirani na slijedeći način:

1. Direktni troškovi
 - a) Kapital
 - b) Fixni (rad)

- c) Sirovine
 - d) Odlaganje otpada
 - e) Proizvodnja i održavanje
2. Indirektni troškovi
 - a) Nelocirani i dodatni troškovi
 3. Buduće obaveze
 - a) naknade, kazne i pravne takse
 - b) prekidi poslova
 - c) troškovi okolinskog čišćenja
 4. Nematerijalni interni troškovi
 - a) Reputacija
 - b) Prihvatljivost od strane kupca i lojalnost
 - c) Moral uposlenika i sigurnost
 5. Nematerijalni eksterni troškovi
 - a) Troškovi koje snosi društvo
 - b) Okolinski troškovi

Metodologija se može downloadovati (AIChE, 2000). Automatizirani alat za procjenu ukupnih troškova (*total cost assessment tools*), uključujući studije slučaja, je dalje razvijen u softver poznat kao TC Ace, koji je poboljšan kroz industrijske aplikacije. Softver se može kupiti zajedno sa drugim alatima za procjenu životnog ciklusa i sredstvima koja pomažu primjenu ove metodologija. Proračuni troškova tipa od I do III su relativno jasni i jednostavniji. Proračuni troškova tipa IV i V su mnogo složeniji. Pristup putem radionica u kojima se mogu koristiti iskustvene okolinske ekspertize ili pak ekspertize vanjskih-odnosa može pomoći da se proračuna utjecaj troškova.

Na razvoju dodatnog benchmarkinga i alata iz ove oblasti radi Institut za održivost koji djeluje unutar AIChE, uključujući tu i Centar za održive tehnološke prakse (*Center for Sustainable Technology Practices*) koji djeluje kao produžena ruka Instituta za razvojne projekte (Cobb et al., 2007). Veliki broj istraživačkih organizacija i pojedinaca daje svoj doprinos u promociji održivosti u različitim oblastima ljudskog djelovanja, a posebno u hemijskoj industriji. Tako su npr., Garner and Keoleian uveli principe Industrijske ekologije 1995-e uključujući i *check-listu* za nadzor životnog ciklusa i studije slučaja industrijske simbioze u regionu Kalundborga u Danskoj. Industrijska simbioza podrazumijeva povezivanje (sintezu) proizvodnje električne struje, rafinerije nafte, biotehnologiju i proizvodnju različitih ploča od vlakana.

Jednostavan okvir za mjerjenje održivosti je također razvijen u kolaboraciji između U.S. EPA i Akademije (Martins et al., 2007).

9.1.4. Resursi za sprovođenje procjene životnog ciklusa (LCA)

Resources for implementation of LCA

Nadzor životnog ciklusa (LCI) i procjena životnog ciklusa (LCA) se široko koriste za procjenu održivosti i okolinski *footprint*. Slijedeće kategorije se smatraju relevantnim za nadzor i procjenu životnog ciklusa prema U.S. EPA (SAIC, 2006):

- uništenje ozonskog sloja,
- globalno zagrijavanje,
- formiranje smoga,
- acidifikacija,
- eutrofikacija,
- kancerogene bolesti kod ljudi,
- nekancerogene bolesti kod ljudi,
- polutanti koji utiču na ljudsko zdravlje,
- ekotoksičnost,
- smanjenje zaliha fosilnih goriva,
- upotreba zemljišta i

- upotreba vode.

Iz svega ovog se može vidjeti da je ovo izuzetno složena oblast i da ako želite u praksi doći do relevantnih rezultata o održivosti često će te morati upotrijebiti dodatna različita mjerena koja su zajednička sa procjenom okolinskog footprinta kao i za potrošnju prirodnih resursa. Djelimična lista metodologija koje su dostupne za utjecaj kao i za procjenu footprinta u hemijskoj i procesnoj industriji je data u tabeli 9.1.1.

9.1.5. Zelena hemija i čiste tehnologije Green chemistry and clean technologies

Zelena hemija i čiste tehnologije su dvije subdiscipline pod plastiom održivog razvoja, koje se odnose na hemijsku i procesnu industriju. Zelena hemija (Poliakoff and Anastas, 2001) teži da razvije sigurnije hemijske proceze odnosno hemijske proceze koji će biti bezopasni po ljudi i okolinu koristeći 12 osnovnih principa (Anastas and Warner, 1998):

1. prevencija stvaranja otpada,
2. dizajniranje sigurnijih proizvoda,
3. primjena manje opasnih hemijskih sinteza,
4. korištenje obnovljivih sirovina,
5. korištenje katalizatora,
6. izbjegavanje hemijskih međuproizvoda,
7. minimiziranje ekonomije atoma,
8. korištenje prihvatljivijih-sigurnijih otapala i reakcionih uvjeta,
9. povećanje energijske efikasnosti,
10. dizajniranje hemikalija i proizvoda da se razgrađuju nakon upotrebe,
11. primijeniti “*real – time*” analizu i kontrolu za prevenciju zagadenja i
12. minimizirati potencijal za nesreće.

Tabela 9.1.1. Dostupne metodologije za utjecaj i procjenu footprinta u hemijskoj i procesnoj industriji

Table 9.1.1. Methodologies for footprint impact and assesment in chemical and process industries

Tool	Web Site
TRACI: Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and Other Environmental Impacts (U.S. EPA)	http://www.epa.gov/nrmrl/std/sab/traci/
Boustead Model: Computer Model and Database for life-cycle Inventory (UK)	http://www.boustead-consulting.co.uk/products.htm
CMLCA: Chain Management by Life-Cycle Assessment (Leiden University)	http://www.leidenuniv.nl/interfac/cml/ssp/software/cmlca/index.html
Ecoinvent: Extensive life-cycle inventory database (Swiss Center for LCI)	http://www.ecoinvent.com/
U.S. Life Cycle Inventory Database: National Renewable Energy Lab	http://www.nrel.gov/lci/
SimaPro: LCA Software	http://www.pre.nl/simapro/default.htm
Spine: LCI database (Chalmers University)	http://www.globalspine.com/
SPOLD: Society for the Promotion of Life Cycle Assessment	http://lca-net.com/spold/
Umberto: Life-cycle assessment (Hamburg)	http://www.umberto.de/en/index.htm
Team: Life-cycle inventory and assessment tool (Pricewaterhouse Coopers)	http://www.ecobalance.com/uk_team.php
EIO-LCA: (Carnegie-Mellon University)	http://www.eiolca.net/
Gabi4: LCA (University of Stuttgart)	http://www.gabi-software.com/
GREET: Greenhouse Gases, Regulated Emissions, and Energy Use in Transportation (U.S. DOE)	http://www.transportation.anl.gov/software/GREET/
TCACE: Total cost analysis	http://www.earthshift.com/tcace.htm

^aAdditional compendia of resources and tools: <http://www.gdrc.org/uem/lca/lca-japan.html> (Japan) <http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/lcaccess/resources.html#Software> (U.S.)

Mjerenja koja se uobičajeno koriste u zelenoj hemiji uključuju(Anastas et al., 2001):

1. efektivno iskorištenje mase,
2. efikasnost Karbona,
3. ekonomija na razini Atoma,
4. efikasnost reakcione mase i
5. okolinski faktori.

Ova mjerena predstavljaju podskupove potrošnji materijala i faktorima okolinske toksičnosti pri procjeni životnog ciklusa.

Zeleno inženjerstvo je povezan koncept (Anastas, 2003a; Anastas i Zimmerman, 2003b), čiji se principi mogu sumirati u slijedećem.

1. Minimiziranje mogućnosti nesreće na ulazu energije i materijala,
2. Sprečavanje nastanka otpada prije nego njegovog čišćenja,
3. Minimiziranje energije i potrošnje materijala u dijelu separacije i koracima rafinacije,
4. Dizajn produktai procesa na način da se maximizira masa, energijai prostor – tj da se postigne vremenska efikasnost (*time efficiency*),
5. Za optimalnu učinkovitost, bolje je odabrat i ukloniti produkt nego forsirati masu (materijal) i energiju na ulazu u proces,
6. Ugrađena entropija i složenost se moraju uzeti u obzir prilikom donošenja odlukeo tome dali reciklirati, ponovno korištiti ili odlagati,
7. Ciljana trajnost bi trebalo da bude cilj dizajna, a ne beskonačno korištenje,
8. Izbegavanje nepotrebnih kapaciteta ili sposobnosti,
9. Promovisanje recikliranja smanjenjem kompozicione raznovrsnosti proizvoda,
- 10.Optimiziranje integraciju topline i mase (materijala),
- 11.Gdje je moguće poželjno je proizvode procese i sisteme dizajnirati za recikliranje odnosno za “*afterlife*” i
- 12.Gdje god je to moguće, koristiti obnovljive sirovine i energiju.

Eko-efikasnost i zeleno inženjerstvo teže da osiguraju da proizvodi i procesi ostvare iste one prednosti za kupca tokom čitavog životnog ciklusa i da su i okolinske i ekonomske procjene uzete u obzir. Ovaj pristup uključuje slijedeće (Allen i Shonnard, 2001; 2002; Shonnard et al., 2003):

- proračun ukupnih troškova sa gledišta kupca,
- provedba specifične analize životnog ciklusa za sve proizvode i procese koji se prate prema standardima ISO serije 14000,
- poređivanje utjecaja na zdravlje, sigurnost i rizika za ljude,
- poređivanje važnosti faktora analize životnog ciklusa u odnosu na socijalne faktore i
- poređivanje relativnog značaja ekologije u odnosu na ekonomiju.

Čiste tehnologije je još jedna inicijativa u okviru održivog razvoja (www.ct-si.org/about) koja ima unekoliko širi fokus, ali naglašava posebno slijedeće oblasti, odnosno područja djelovanja kako su to opisali Pernick and Wilder (2007).

1. Promocija i komercijalizacija novih održivih i čistijih tehnologija
 - a) obnovljiva energija,
 - b) biogoriva,
 - c) integracija sistema,
 - d) okolina i voda i
 - e) opći interes.
2. Promocija prakse smanjivanja zagadenja u tradicionalnim industrijama
 - a) tradicionalne električne centrale (ugalj, nafta),
 - b) istraživanje, iskorištavanje i rafinacija (ruda minerala,...),
 - c) transport,
 - d) građevinarstvo,
 - e) industrijski procesi i
 - f) industrijske inicijative i najbolje raspoložive prakse.

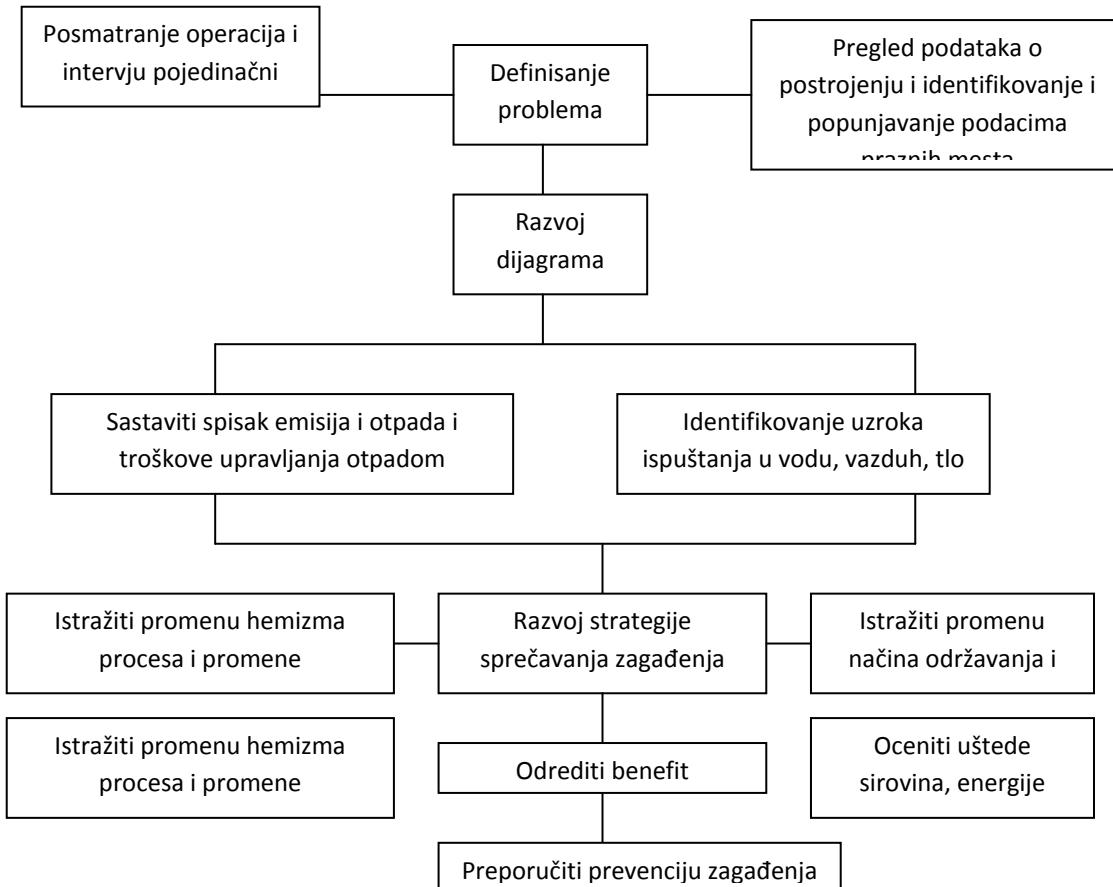
Ovo je započelo kao investicijski index za čiste tehnologije, ali je poslije preraslo u sinonim za održive tehnologije i razvoj zelene tehnologije. Iz prethodno rečenog možemo reći, da postoji mnoštvo indeksa, pokazatelja i mjerena održivosti, te različitih alata i metodologija za implementaciju istih. Iako moramo biti svjesni širine pojma održivosti u praktičnom smislu se često trebamo fokusirati na dijelove relavantne za određeni biznis, program ili projekt. Poređenje opcija i benčmarking u odnosu na konkurenčiju zahtjeva korištenje dosljednog seta mjerena i indikatora. Tu nepostoji univerzalni "one size fits all" program za odgovarajuće indikatore održivosti ili mjerena za datu kompaniju, proizvodnu jedinicu ili skupinu. Iako ekonomski elementi, kao i neki elementa okolinskih perfomansi, jednostavno mogu biti kvantificirani, relativni značaj okolinskih kategorija i socijalni utjecaj, ostaju uveliko nekvantitativni, često subjektivni i podložni kritici.

9.1.6. Kako postići da hemijska industrija bude održiva?

How to make chemical industry be sustainable?

Ako se želi industrija učiniti održivom potrebno je krenuti od početka svakog procesa - sirovine. Sirovinski materijali definiraju mnoge aspekte samog procesa. Obezbjedivanje sirovina za neki industrijski proces može prouzročiti znatne (nepovoljne) ekološke utjecaje, te u isto vrijeme prouzrokovati značajne efekte na socijalnu situaciju onih koji ih moraju obezbijediti. Njihov kvalitet, te svojstva će usloviti strukturu logistike kao i tehnologiju procesa. Njihovo obilje ili nedostatak, te njihova dostupnost u dugom vremenskom periodu će imati značajan utjecaj na globalna pitanja kao što su mir i sigurnost u svijetu.

Danas smo svjedoci da nafta kao glavna sirovina našeg vremena postaje sve više uzrok nestabilnosti i konflikata u svijetu (Irak, Libija). Pored toga možemo reći da upravo sirovine određuju kvalitet gotovog proizvoda, a u isto vrijeme imaju odlučujuću ulogu na ekološki utjecaj procesa ili samog proizvoda (kao primjer možemo uzeti plastične vrećice koje se dobijaju iz nafte nisu biorazgradljive, dok one koje se dobijaju iz prirodnih sirovina kao što je to npr. mlječna kiselina ili skrob se mogu biološki razgraditi), te imaju puno povoljniji ekološki utjecaj. Čovječanstvo će uvijek težiti da se osloni na resurse koje mu obezbjeđuje priroda i tu će uvijek postojati mnoštvo resursa kojiće biti na raspaganju industriji da ispuni ljudske potrebe za održivošću i poboljšanjem životnih



Slika 9.2.7. Metodologija za procenu prevencije zagadenja
 Figure 9.2.7. The methodology for the assessment of pollution prevention (Robert et al., 1993)

9.2.4. Redukcija izvora zagadenja Reduction of pollution source

Tehnike redukcije izvora uključuju modifikaciju hemije procesa, modifikaciju inženjerskog projektovanja, modifikaciju aparata i uređaja, dodatnu automatizaciju.

Modifikacija hemijskog procesa

Modification of chemical process

U nekim slučajevima razlozi za emisiju su u vezi sa samom hemijom procesa kao što je stehiometrija reakcije, kinetika, konverzija ili prinosi. Stvaranje emisije se minimizira strategijom koja se menja (varira) npr. od jednostavnog podešavanja redosleda kojim se dodaju reaktanti pa do suštinskih promena koje zahtevaju značajan rad na razvoju i usavršavanju procesa kao i značajne utroške novca.

Kao jedan primer modifikacije hemijskog procesa navešćemo jedno farmaceutsko postrojenje koje je proizvodilo neprijatne mirise. Napravljena je modifikacija procesa čime je minimizirano nastajanje neprijatnog mirisa koji je bilo posledica dobijanja izobutilena tokom sintetskog procesa. Proces se sadržao od četiri šaržne operacije. Emisija izobutilena je bila redukovana kada su procesni uslovi koji su dovodili do njegovog formiranja u trećoj fazi procesa bili identifikovani. Istraživanje je ukazalo da su se dodatkom viška NaOH dobijali alkalni uslovi u reaktoru i da je to favorizovalo stvaranje izobutilena pored tercijarnog butil alkohola. Kada se postigla kontrola brzine dodavanja NaOH i pH održavala između 1 i 2, formiranje izobutilena bilo je gotovo potpuno eliminisano. Ovde se nije zahtevala instalacija nekih postrojenja za kontrolu emisije i samo su dodatni troškovi bili za kontrolu pH vrednosti.

Kao drugi primer možemo navesti jedan primer iz hemijske industrije gde su neprijatni mirisi nastajali nekoliko godina u neposrednoj blizini sušare koja je korišćena za uklanjanje organskih rastvarača iz reakcione smeše. U ovom postrojenju su postojale dve sušnice ali su se ti neprijatni mirisi razvijali samo kod jedne. Analiza i ispitivanja su pokazala da se samo neprijatni mirisi formiraju u gornjem toku procesa gde smo imali hidrolizu hemijskih aditiva dodatih u proces. Proizvodi hidrolize su podvrgavani desorpciji sa izlaznim rastvorom i pojavljuju se neprijatne mirisne pare u sušari. Na hidrolizu su uticali temperatura, kiselost i raspoloživo vreme zadržavanja u procesu. Pošto je ovde uzrok neprijatnog mirisa bila hemija samog procesa, rukovodstvo preduzeća je moralo da odredi način (put) kako da minimizira hidrolizu. Upotreba ventilatora kao način rešavanja a sve u cilju ublažavanja delovanja mirisa na ljude ne bi trebalo da predstavlja dugotrajno rešenje (Consoil, 1993)

Modifikacija inženjerskog projektovanja

Modification of chemical engineering design

Emisije mogu biti uzrokovane radom postrojenja kao i odgovarajuće opreme iznad projektovanih kapaciteta, pritisaka, temperatura, nepravilnom odnosno nepropisnom kontrolom procesa kao i neispravnošću odgovarajuće raspoložive instrumentacije. Strategije za rešavanje ovog problema mogu ići od otklanjanja smetnji u radu opeme pa do projektovanja i instaliranja sasvim nove opreme.

Modifikacija ispusta pare

Modification of vapor exhaust

U nekim postrojenjima ispusti pare su značajni izvori emisije zbog jednog ili više sledećih uslova:

- izvršene modifikacije baj-pasa ispusta para, ali promene nisu dokumentovane na inženjerskim šemama
- para je suviše razblažena da bi se kondenzovala zbog promene procesnih uslova
- kondenzator je prekapaciran (površina za razmenu topote je neadekvatna) što je u skladu sa postepenim povećanjem proizvodnog kapaciteta tokom vremena
- ukupni koeficijent prenosa topote je mnogo manji od projektovanog zbog onečišćenja sa zaprljanim komponentama ili plavljenja kondenzatora sa velikom količinom nekondenzujućeg azota
- kapacitet hlađenja kondenzatora je ograničen netačnim kontrolnim šemama (temperatura rashladnog sredstva u povratnom toku je kontrolisana).

U svakom slučaju zadatak modifikacije projekta je da se izvrši redukcija emisija. Jedan od načina da se redukuje zagađenje je i redukcija korišćenja azota. Tu je potrebno identifikovati načine kojima će se izvršiti data redukcija. Neka postrojenja mogu kontrolisati i redukovati potrošnju azota instaliranjem uređaja za merenje protoka (rotometara), automatskih ventila i programatora.

Takođe veoma uspešan metod za prevenciju zagađenja je uspostavljanje dodatne automatizacije. Ponekad uvođenje kontrole procesa na samom početku može dati ogromne rezultate. Na primer proizvođači jono izmenjivačkih smola unapređuju uniformnost veličine čestica slojeva smole instaliranjem kompjuterske kontrole procesa čime se smanjuje otpad i do 40% (Harwell i Kelly, 1986).

Modifikacija načina rada

Modification of work method

Tokom rada hemijskog postrojenja, emisije zavise i od brzine rada i standardne operativne procedure. Implementiranje modifikacija rada najčešće zahteva najmanje kapitala u poređenju sa drugim strategijama. Kompjuterizovanje sistema često može ukazati na nedostatke (ograničenja) procesa. Veoma česti nedostatci u pogledu sprečavanja zagađenja su nemogućnosti usklađivanja datog zahteva sa kvalitetom produkta i drugim zahtevima potrošača.

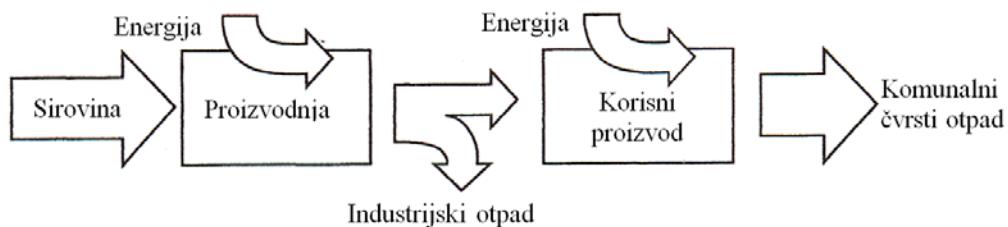
Kao još jedan primer redukcije emisije usled modifikacije rada navešćemo dobijanje sintetičkih organskih hemikalija gde se želi izvršiti redukcija emisije cikloheksana iz rezervoara. U datom preduzeću koje se bavilo dobijanjem sintetičkih organskih hemikalija organska tečnost je bila skladištena u rezervoarima sa nepomičnim i plutajućim krovom. Glavni izvor emisije cikloheksana bilo je premeštanje tečnosti u skladu sa periodičnim punjenjem rezervoara sa nepomičnim krovom. Standardne operativne (radne) procedure modifikovane su tako što su skladišni rezervoari sa nepomičnim krovom uvek držani puni i zapremina tečnog cikloheksana je samo varirala u rezervoarima sa plutajućim krovom (Doerr, 1991).

9.3. PROJEKTOVANJE ODRŽIVE PROIZVODNJE SUSTAINABLE DESIGN AND MANUFACTURE

Milovan Jotanović, Vladan Mićić, Goran Tadić, Branko Pejović
Univerzitet Istočno Sarajevo, Tehnološki fakultet Zvornik

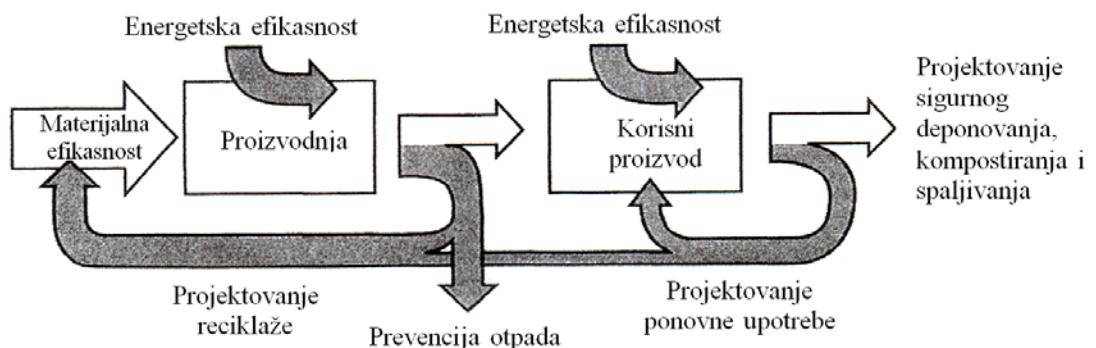
9.3.1. Održiva proizvodnja Sustainable manufacturing

Tradicionalna definicija održivosti, Brundtland-ove komisije iz 1987 je "Ostvariti potrebe sadašnjosti bez ugrožavanja sposobnosti budućih generacija da zadovolje svoje potrebe". U tom smislu, održivo projektovanje bi predstavljalo spoj održivosti i inovacija u projektovanju. To je projektovanje koji integriše, analizira i poboljšava životnu sredinu, socijalne i ekonomske faktore životnog veka proizvoda. U izveštaju Komisije Ujedinjenih nacija za ekologiju i razvoj iz maja 2007. godine vezano za održivost razvoja, ukazuje se na neophodnost da se sadašnje potrebe čovečanstva na globalnom ali i regionalnom i nacionalnim nivoima zadovolje bez korišćenja resursa koji su namenjeni budućim generacijama. Koncept održivosti se prikazuje na prirodnim ekosistemima. Ovi sistemi funkcionišu kao poluzavoreni ciklusi sa povratnom spregom i menjaju se lagano, brzinom koja dopušta prirodnu adaptaciju. Za razliku od njih kretanje materijala je samo u jednom pravcu od sirovina prema eventualnom proizvodima ili eventualno njihovom odlaganju kao industrijski ili komunalni otpad (slika 9.3.1).



Slika 9.3.1. Konvencionalno projektovanje
Figure 9.3.1. Conventional design

Da bismo imali održivost razvoja moraju se dogoditi promene, odnosno održivost razvoja zahteva promene. Kada se proizvodi i sam proces proizvodnje menjaju, onda se i ukupan uticaj na okruženje redukuje. Ukoliko primenimo tzv. „zeleno projektovanje“ ono se odnosi na efikasno korišćenje materijala i energije, redukciju toksičnog otpada, ponovno korišćenje i recikliranje materijala (slika 9.3.2.).



Slika 9.3.2. „Zeleno“ projektovanje
Figure 9.3.2. Green design

9.4. PROJEKTOVANJE I MODELIRANJE ODRŽIVIH INDUSTRIJSKIH PROCESA DESIGN AND MODELING OF SUSTAINABLE INDUSTRIAL PROCESSES

Elvis Ahmetović

Univerzitet u Tuzli, Tehnološki fakultet Tuzla

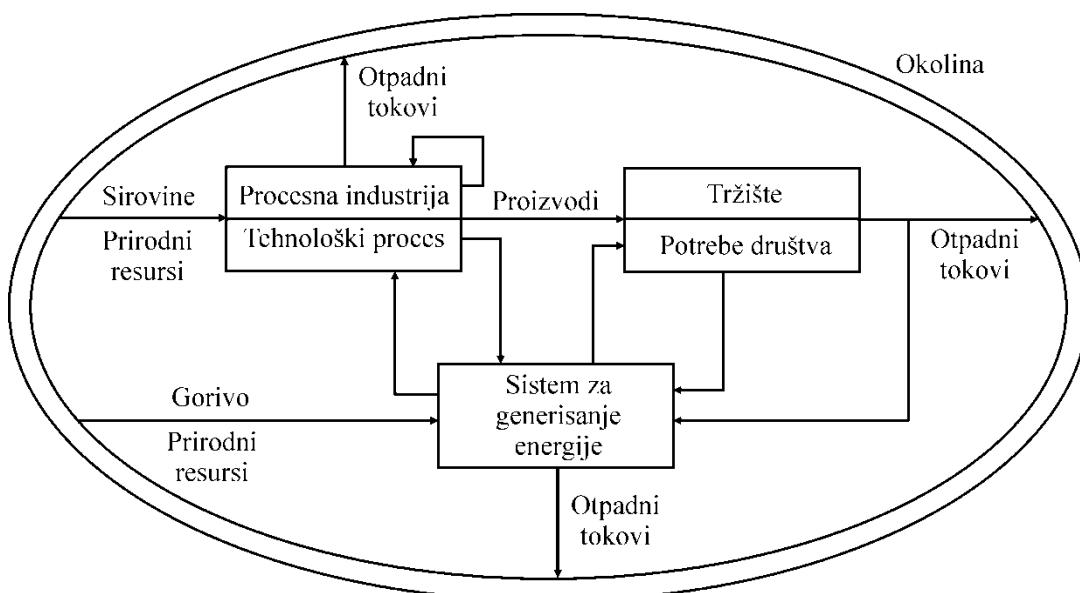
Goran Tadić

Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet Zvornik

9.4.1. Uvod

Introduction

U industrijskom (tehnološkom) procesu, koji se sastoji od procesnih jedinica povezanih interkonekcijama (tokovi materije i energije), obično se vrši hemijska i/ili fizička transformacija polaznih sirovina u finalne proizvode. Polazne sirovine najčešće predstavljaju prirodne resurse a finalni proizvodi se produciraju u cilju zadovoljavanja potreba tržišta i društva. U današnje vrijeme globalizacije, modernizacije i stalnog porasta ljudske populacije, i zadovoljavanja njihovih potreba, dolazi do povećane proizvodnje široke lepeze proizvoda. Pri tome se ima sve veća potrošnja polaznih sirovina i veće iskorištavanje prirodnih resursa. Nakon korištenja finalnih proizvoda, od strane društva, obično se generiše otpad koji se odlaže u okolinu. Također, u tehnološkom procesu (slika 9.4.1) gdje se produciraju finalni proizvodi generišu se otpadni tokovi (čvrsti, tečni, plinoviti) koji se ispuštaju u okolinu (*Ahmetović i Ibrić, 2011a*).



Slika 9.4.1. Konceptualna šema veze okoline, procesa, sistema za generisanje energije i tržišta
Figure 9.4.1. Conceptual scheme of interconnections between the environment, process, utility system, and market

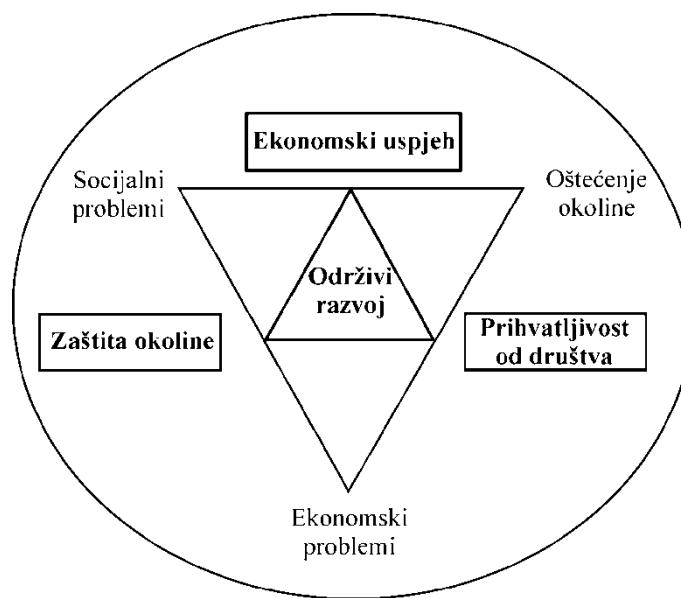
Za uspješno odvijanje tehnološkog procesa, pored sirovina, u proces je potrebno uvoditi i određenu količinu energije. Ta energija može da bude mehanička/električna, toplinska (para, topla voda) i rashladna (rashladna voda, rashladni medij). Da bi se proizvela navedena energija ponovo se troše prirodni resursi kao što su ugalj, nafta, zemni plin, voda i sl. U procesu generisanja energije potrebne za odvijanje procesa, a i zadovoljavanja potreba društva (npr. toplinska energija za centralno grijanje, električna energija za svakodnevnu upotrebu) dolazi do nastajanja otpadnih tokova koji se emituju u okolinu. U skladu sa navedenim, otpadni tokovi koji se ispuštaju u okolinu nastaju od strane: a) tehnološkog procesa odnosno procesne industrije; b) sistema za generisanje energije; c) tržišta odnosno društva (slika 9.4.1).

U cilju zaštite čovjekove okoline potrebno je količinu otpadnih tokova (otpada) svesti na najmanju moguću mjeru. Idealan slučaj bi bio kada bi se izvršila recirkulacija i ponovo korištenje svih

otpadnih tokova u sistemu (*zero-waste* koncept) a iz njega ispuštali tokovi koji ne zagađuju okolinu. Recirkulacijom i ponovnim korištenjem jednog dijela nastalih otpadnih tokova u znatnoj mjeri se smanjuje zagadenje okoline. Iz recikliranog otpada se može proizvesti energija koja se može ponovo koristiti u sistemu. Također, u cilju povećanja iskorištenja procesa u tehnološkom procesu se vrši recirkulacija i ponovo korištenje neizreagovane sirovine. U skladu s navedenim, smanjuje se količina sirovina odnosno prirodnih resursa potrebnih za odvijanje tehnološkog procesa kao i generisanje energije, te se na taj način postiže održivost sistema. Da bi se smanjilo zagadenje okoline, otpadni tokovi se prije njihovog ispuštanja u okolinu najčešće prečišćavaju (*end-of-pipe* tretman). Međutim, danas se prednost daje preventivnom sprječavanju nastajanja zagadenja na samom izvoru (izbor i korištenje ekološki prihvatljivih sirovina) u odnosu na primjenu tzv. “*end-of-pipe*” tretmana otpadnih tokova (Ahmetović i saradnici, 2010).

9.4.2. Koncept održivog razvoja i održivosti u industriji Concept of sustainable development and sustainability in industry

S obzirom da centralni interes procesnih (hemijskih) inženjera predstavlja tehnološki proces, jedan od izazova koji se postavlja pred inženjere je ostvarivanje što većeg kapaciteta proizvodnje uz prihvatljive troškove u odnosu na jedinicu proizvoda. Pored ostvarivanja ekonomske efikasnosti procesa, novi izazov koji se danas postavlja pred procesne inženjere je i povećanje ekološke efikasnosti (održivosti) procesa (održivi razvoj). *Održivi razvoj* podrazumijeva iskorištavanje postojećih prirodnih resursa od strane današnjeg društva tako da se ne ugrozi mogućnost budućih generacija da zadovolje svoje potrebe (Dimian, 2003). Također, održivi razvoj predstavlja integralni ekonomski, tehnološki, socijalni i kulturni razvoj koji je usklađen s potrebama zaštite i unaprjeđenja okoline (slika 9.4.2).



Slika 9.4.2. Koncept održivog razvoja
Figure 9.4.2. Concept of sustainable development

U procesno inženjerskom smislu, održivi razvoj podrazumijeva razvoj (sintezu) i projektovanje ekološko prihvatljivih tehnoloških procesa (Allen i Shonnard, 2002). Projektovanje (dizajniranje) ekološko održivih tehnoloških procesa predstavlja jedan od najvažnijih zadataka procesnih (hemijskih) inženjera. Ti zadaci obuhvataju kreativno rješavanje problema i timski rad.

Pri razvoju novih procesnih postrojenja ili modifikaciji postojećih postrojenja koriste se osnovna znanja iz hemijskog inženjerstva, ekonomike, zaštite okoline. Za realizaciju projektnih zadataka najčešće se koriste različiti kompjuterski alati. Projektni problemi su u većini slučajeva “otvoreni” problemi sa nekompletnim informacijama o njima pa je pri rješavanju takvih problema potrebno donositi odluke pri različitim stadijama razvoja procesa (Biegler i saradnici, 1997). Pored

toga, projektovanje održivih tehnoloških procesa je kompleksna i raznolika aktivnost. Projektovana postrojenja obično imaju životni vijek od nekoliko decenija u kome se kontinuirano analiziraju, modificiraju i poboljšavaju u cilju bolje efikasnosti. Projektovanje procesa se sastoji u razvoju ne samo jedinstvenog procesa, nego skupa različitih procesnih alternativa iz kojih se odabire optimalna alternativa sa stanovišta efikasnosti iskorištavanja materijala/energije i zadovoljavanja ekoloških kriterija. To je danas u svijetu, a biće sigurno još dugo i u budućnosti, jedan od aktualnih istraživačkih izazova i zadataka koji se postavlja pred procesne inženjere i istraživače. Motiv za razvoj i projektovanje novog procesa može da bude npr. proizvodnja novog proizvoda pri čemu se istovremeno ima minimalno ispuštanje otpadnih tokova u okolinu ili se čak otpadni tokovi ne ispuštaju u okolinu (*zero-waste* koncept). Motivi za modifikaciju ili rekonstrukciju postojećeg procesa mogu da budu različiti, kao što su: povećanje kapaciteta, smanjenje radnih (pogonskih) troškova, poboljšanje sigurnosti procesa, smanjenje odnosno minimiziranje ispuštanja otpadnih tokova i materija iz procesa.

9.4.3. Bazni koraci u razvoju i projektovanju održivih procesa **Basic steps in development and design of sustainable processes**

Ideje za projektovanje tehnološkog procesa i proizvodnje nekog proizvoda mogu biti različite. Ideja može da bude generisana na osnovu prethodne analize tržišta, od strane marketing tima, menadžment tima ili pak pojedinca. Tako npr. tim prodaje može otkriti da potrošači trebaju proizvod sa osobinama koje nema ni jedan drugi proizvod na tržištu. Isto tako, može se imati novi katalizator koji značajno može smanjiti proizvodne troškove za iste hemikalije koje proizvodi konkurent na tržištu. Menadžment kompanije može tražiti da se otkrije/razvije proces u kome se može iskoristiti višak sirovine koju kompanija proizvodi (*Biegler i saradnici*, 1997).

Međutim, u svim slučajevima razvoj novog procesa mora da prati zakonsku i okolinsku regulativu i ograničenja na dozvoljeni sadržaj kontaminanata koji se ispuštaju u okolinu. Drugim riječima rečeno, razvoj i projektovanje procesa treba da sadrži komponentu ekonomsko-ekološke efikasnosti procesa. Pri preliminarnom projektovanju razvija (sintetizira) se i procjenjuje konceptualna procesna šema za specifični proces. Razvoj (sinteza) procesa predstavlja najkreativniju fazu projektovanja. Također, ovaj zadatak zahtijeva generisanje i analiziranje određenog broja odgovarajućih alternativa procesnih šema. Svaka procesna šema se može opisati u pogledu vrste opreme/procesnih aparata (npr. izmjenjivača topline, pumpi, destilacionih kolona, reaktora) koje se nalaze unutar šeme i načina na koji je međusobno povezana oprema. U analiziranju procesa koristi se materijalni i energetski bilans dopunjena sa korelacijama za fizičke osobine materije i brzinu odvijanja reakcija, iz razloga procjene protoka, temperature, i pritisaka svih tokova u procesnoj šemi. Također, za procjenu investicionih i pogonskih (proizvodnih) troškova koriste se jednostavne korelacije koje aproksimiraju stvarne troškove. Faza sinteze procesa je obično iterativne prirode, a ona se završava izradom baznog dizajna (projekta). Procesnim dijagramom toka je predstavljen svaki proces sa podacima o protocima, temperaturama i pritiscima svih tokova. Izvještaj preliminarnog projektovanja omogućava menadžmentu kompanije da odluči da li projekat ima dovoljno ekonomskog potencijala u cilju nastavka njegovog studiranja. U cilju generisanja, pronalaženja i ocjene alternativnih projekata koriste se efikasne strategije.

Projektovanje je jedan od mnogih koraka u životnom ciklusu procesa. Uloga projektovanja procesa u praksi je značajna, iz razloga istraživanja tipične sekvence aktivnosti koje vode ka dizajnu, nabavci opreme, konstrukciji (izgradnjji) hemijskog procesa i njegovom pokretanju (puštanju u rad). Projektne aktivnosti koje su usmjerene ka izgradnji postrojenja i njegovom kasnijem puštanju u rad prolaze kroz nekoliko stadija koji obuhvataju preliminarno projektovanje, bazno projektovanje, pocesno projektovanje, detaljno inženjersko projektovanje, i na kraju pokretanje i rad postrojenja (slika 9.4.3).

S obzirom da će postrojenje imati duži radni vijek, nakon njegovog pokretanja pa sve dok postoji, vrši se kontinuirano unaprijedivanje, optimizacija i inoviranje procesa u cilju ostvarivanja maksimalnog profita i zadovoljavanja ograničenja sa stanovišta zaštite okoline. Aktivnosti koje se provode u stadiju preliminarnog dizajna provode se od strane tima koji se sastoji od dva do pet ljudi, dok za vrijeme konstrukcije postojanja može biti uključeno nekoliko stotina ljudi. U skladu s navedenim, na slici 9.4.3 su prikazani opšti koraci pri projektovanju tehnoloških procesa. Svaki od navedenih koraka je složen i sastoji se od mnogobrojnih aktivnosti. Prema tome, ukupno projektovanje

i sinteze vrši se uz korištenje procedure proba/greška odnosno iterativno. U svim slučajevima, za neku pretpostavljenu vrijednost, se rješava flowsheeting problem. Isto tako se flowsheeting problem rješava iterativno u slučaju da se simulacijski problemi odnose na dizajn, optimizaciju i sintezu procesa.

Flowsheeting problem

Flowsheeting problem

U ovoj formulaciji problema (slika 9.4.7) korisnik mora definirati sve varijable ulaznih tokova i sve varijable pogonskih uslova i parametre opreme. Rješavanjem odgovarajućeg matematičkog modela dobijaju se sve intermedijalne i izlazne varijable tokova.



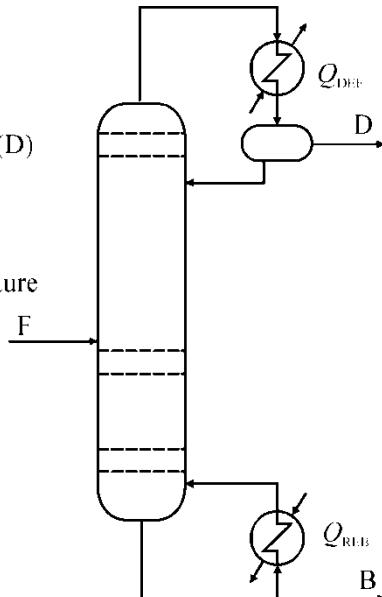
Slika 9.4.7. Flowsheeting simulacijski problem

Figure 9.4.7. Flowsheeting simulation problem

U skladu s time, na slici 9.4.8, prikazan je primjer destilacije. Sastav, protok, temperatura, i pritisak pojnog toka predstavljaju ulazne varijable. Poznate su i specifikacije protoka destilata (D) ili ostatka (B) i jedne od dužnosti grijanja/hlađenja (Q_{REB} ili Q_{DEF}) a koje predstavljaju varijable pogonskih uslova. Parametri opreme su broj stepeni i lokacija pojnog toka. Izlazni rezultati simulacije mogu da budu sastav i temperature produkata i podova kolone.

Zadato: Sastav pojnog toka
Protoci pojnog toka (F), destilata (D)
i ostatka (B)
Toplinske dužnosti grijača (Q_{REB})
i hladnjaka (Q_{DEF})

Traži se: Sastav produkta, sastavi temperature
na podovima



Slika 9.4.8. Flowsheeting simulacijski problem destilacione kolone

Figure 9.4.8. Flowsheeting simulation problem of distillation column

Dizajn problem

Design problem

U dizajn (specifikacijskom) problemu, umjesto varijabli koje moraju biti specificirane u flowsheeting problemu, specificirane su neke izlazne ili intermedijalne varijable toka (slika 9.4.9). Umjesto varijabli koje pripadaju skupu pogonskih uslova i parametrima opreme specificirane su neke izlazne varijable. Kao rezultat simulacije dobijaju se radni (pogonski) uslovi i parametri opreme.



Slika 9.4.9. Dizajn problem
Figure 9.4.9. Design problem

Zbog prirode problema, iterativnim rješavanjem flowsheeting problema u unutrašnjoj petlji (slika 9.4.10) riješava se dizajn problem. U skladu s time, prepostavljaju se vrijednosti nepoznatih varijabli pogonskih uslova i/ili parametara opreme da bi se imala korektna formulacija flowsheeting problema. Nakon toga se rješava flowsheeting problem te se za izračunate variable tokova provjerava da li su izračunate vrijednosti varijabli blizu prepostavljenim vrijednostima. U slučaju da jesu pronađeno je rješenje specifikacijskog problema. U protivnom, prepostavljaju se nove vrijednosti nepoznatih varijabli i ponovo rješava flowsheeting problem. Rješavanje se nastavlja iterativno dok se ne pronađe rješenje.



Slika 9.4.10. Strategija rješavanja dizajn problema
Figure 9.4.10. Solution strategy of design problem

Optimacijski problem

Optimization problem

U ovom tipu simulacijskih problema (slika 9.4.11) najčešće je potrebno odrediti nepoznate varijable dizajn problema za koji se istovremeno maksimizira (ili minimizira) funkcija cilja sa ili bez ograničenja funkcije. Prema tome, dizajn problem, se može također formulirati kao optimizacijski problem ako su definirana dodatna ograničenja (funkcija cilja i ograničenja funkcije) u skup jednačina koje predstavljaju matematički model procesa. Optimizacijski problemi su jedni od najčešćih problema sa kojima se susreće procesni inženjer u praksi.

9.5. PROCES SAGORIJEVANJA KAO IZVOR ZAGAĐENJA VAZDUHA COMBUSTION PROCESS AS A SOURCE OF AIR POLLUTION

Branko Pejović, Vladan Mićić, Radoslav Grujić
Univerzitet Istočno Sarajevo, Tehnološki fakultet Zvornik

Tehnički razvoj svake zemlje praćen je porastom proizvodnje energije, a kao mjerilo razvijenosti služi potrošnja energije po glavi stanovnika. Pored sve većeg korišćenja drugih izvora, daleko najveći dio od ukupne energije koja se proizvodi u svijetu dobija se sagorijevanjem goriva. Najveći korisnici procesa sagorijevanja kao izvora energije su termoelektrane, industrijske peći, parne i gasne turbine, toplane, transportna sredstva uključujući individualne automobile itd (Алексеев, 1980; Andrews, Bradley, 1972). Proizvodi sagorijevanja su osnovni izvor toksičnih materija koje se emituju u atmosferu, pa je povećanje potrošnje energije praćeno zaoštravanjem problema zaštite vazduha od zagađenja.

9.5.1. Toksični produkti sagorijevanja Toxic combustion products

Ravnotežni sastav produkata sagorijevanja jedne određene gorive smješte zavisi samo od temperature sagorijevanja i pritiska. Na slici 9.5.1 predstavljena je zavisnost ravnotežnog sastava produkata sagorijevanja stehiometrijske smješte heptana i vazduha na $P = 0,1 \text{ MPa}$. Međutim, stvarni sastav produkata sagorijevanja zavisi od načina i kvaliteta miješanja goriva i vazduha, od konstrukcije gorionika i komore sagorijevanja, od uslova razmjene toplice sa okolinom itd (Ахмедов, Цибульников, 1976; Бахман, Белаяев, 1996).

Pored osnovnih komponenti (CO_2 , H_2O , CO , H_2 , O_2 , N_2OH i NO , O , H i N) u različitim fazama procesa sagorijevanja obrazuje se čitav niz produkata termičkog razlaganja i parcijalne oksidacije goriva. U zavisnosti od vrste goriva i organizacije procesa sagorijevanja ovi proizvodi nepotpunog sagorijevanja se u većoj ili manjoj mjeri zadržavaju u izduvnim gasovima. Svi proizvodi sagorijevanja se ne smatraju zagađivačima okoline. Tako na primjer, ugljendioksid se ne stvara u otrove jer ne reaguje u respiratornom sistemu iako dovodi do gušenja kada njegovo prisustvo izazove smanjenje koncentracije kiseonika ispod granice potrebne za održavanje života. Osim toga sporo, ali neprekidno povećanje koncentracije CO_2 , u atmosferi ima određeni uticaj na klimu (Чаплыгин, Еринов, 1976, Denbigh, 1963). Osnovni zagađivači okoline, koji se stvaraju u procesima sagorijevanja su ugljen-monoksid, proizvodi termičkog razlaganja i parcijalne oksidacije goriva, oksidi azota i sumpora i aerosoli. Toksičnost ugljen-monoksida se ogleda u njegovoj osobini da se vezuje sa hemoglobinom pri čemu se stvara stabilno jedinjenje karboksihemoglobin koji smanjuje sposobnost hemoglobina da raznosi kiseonik u tkivu. Zbog svog velikog afiniteta prema hemoglobinu, koji je oko 200 puta veći od afiniteta kiseonika, već male koncentracije ugljen-monoksida mogu dovesti do visokog sadržaja karboksihemoglobina u krvi. Koncentracija ugljenmonoksida u duvanskom dimu na primer, kreće se oko 44 ppm (0,04%) pa u krvi prosječnog pušača sadržaj karboksihemoglobina iznosi oko 5%, a kod teških pušača oko 10%. Već koncentracije karboksihemoglobina od 2 do 5% deluje na nervni sistem, a koncentracije veće od 5% izazivaju srčane smetnje. Maksimalna dozvoljena koncentracija ugljenmonoksida u vazduhu za boravak od 8 časova iznosi oko 50 ppm (0,005 vol.%). Koncentracija od 0,5% CO u vazduhu u roku od 20 do 30 minuta dovodi do smrti. Proizvodi termičkog razlaganja i nepotpunog sagorijevanja ugljovodonika mogu da sadrže veliki broj različitih jedinjenja počevši od parafina i olefina, produkata parcijalne oksidacije (aldehida i ketona) do poliaromatskih jedinjenja i čadi.

U većini slučajeva ovi proizvodi su toksični. Formaldehid je na primer, 70 puta toksičniji od CO . Mnoga od poliaromatskih jedinjenja posjeduju kancerogena svojstva koja su naročito izražena kod 3,4-benzopirena ($\text{C}_{20}\text{H}_{12}$). Toksičnost kancerogenih jedinjenja je neocjenjiva, jer oni ne izazivaju neposredne znake trovanja, ali njihovo nagomilavanje u plućima pogoduje razvoju raka. Azotni oksidi su veoma toksični, a naročito NO_2 , čija je toksičnost deset puta veća od toksičnosti CO . Maksimalno dozvoljena koncentracija NO u radnoj atmosferi iznosi 0,0025%, a NO_2 0,0005%. Pored direktnе toksičnosti azotni oksidi interakcijom sa olefinima pod dejstvom sunčeve svetlosti prouzrokuju stvaranje otrovnog fotohemiskog smoga.

9.6. NULTA EMISIJA MATERIJE I ENERGIJE U HEMIJSKOJ INDUSTRiji ZERO EMISSION CONCEPT OF MASS AND ENERGY IN CHEMICAL INDUSTRy

Milorad Tomić, Vladan Mićić, Branko Pejović

Univerzitet Istočno Sarajevo, Tehnološki fakultet Zvornik

Elvis Ahmetović

Univerzitet u Tuzli, Tehnološki fakultet Tuzla

9.6.1. Koncept nulte emisije Zero emission concept

U vrijeme kada predloženi koncepti za smanjivanje, ponovno korišćenje i recikliranje otpada generalno nisu dali očekivane rezultate za smanjivanje negativnih uticaja na životnu sredinu pojavio se koncept nulte emisije (*zero waste concept*). Termin nulte emisije je privukao posebnu pažnju i postao interesantan za istraživače različitih oblasti u cijelom svijetu. Imajući u vidu da je poslednjih nekoliko godina količina otpada u stalnom porastu, potražnja za energijom sve veća, a raspoloživi prirodni resursi ograničeni, korišćenje otpada je postala jedna od glavnih oblasti od interesa za istraživače. Predloženi koncept podrazumeva optimizaciju integrisanog sistema procesa i zahtijeva industrije sa redizajniranim procesom proizvodnje uz korišćenje resursa kako sirovina u procesu tako i otpada u cilju održivosti. U integrisanom procesu ne proizvodi se otpad. Istoriski gledano kontrola i redukcija emisija koje se javljaju uslijed rada industrije išla je kroz tri faze. Prva faza je obuhvatila tehnologije kontrole zagađenja na kraju proizvodnog procesa koje su bile u mogućnosti da obrade otpade i emisije nakon što su oni stvoreni, npr. korišćenje tehnologija kontrole zagađenja za tretiranje otpada koji nastaje u procesu proizvodnje. Drugi koncept je bio da se ima čistija proizvodnja koja je bila usmjerena ka redizajniranju procesa i produkata na takav način da se manje emisija proizvodi na licu mjesta. Treća faza nastala je tokom razvoja tehnologija za kontrolu i redukciju emisija. Ona predstavlja nultu emisiju i to je koncept čiji je cilj da maksimizira produktivnost resursa (njihov stepen konverzije) i poveća ekološku efikasnost uz istovremeno eliminisanje otpada i zagađenja koje bi bilo posledica dobijenih produkata.

Kada se upotrebljava koncept čistije proizvodnje neophodna je modifikacija procesnih jedinica (uređaja i aparata) koja mora da dovede do grupisanja i zatvorenog kruga u industriji a što predstavlja osnovni princip (načelo) funkcionisanja nulte emisije. Koncept čistije proizvodnje i koncept nulte emisije će zahtijevati industriju sa ponovnim tehničkim prerađivanjem njenih proizvođačkih sistema tako da oni mogu potpuno koristiti sve resurse unutar te industrije kao i cijelog industrijskog kompleksa (celokupne industrijske mreže preduzeća). Put ka uvođenju čistije proizvodnje može se shvatiti kao prelazna faza ka uvođenju nulte emisije. Koncept nulte emisije ima za cilj da pomjeri (udalji) industrijsku proizvodnju od konvencionalnog linearнog modela, u kojem sirovine završavaju kao otpad na kraju procesa. Umjesto konvencionalnog linearнog modela koji je do danas najrasprostranjeniji u industrijskim procesima, koncept nulte emisije predviđa da se svi industrijski inputi (sve sirovine koje ulaze u proces) počnu koristiti u finalnim produktima ili de se konvertuju u inpute (ulaze) za druge industrije i druge procese proizvodnje. Od industrije kao celine se očekuje da ne ispušta i ne odlaže ništa u okolinu, tako da bi trebalo da funkcioniše kao prirodni ekološki sistem (Gravitis, 2007).

Sa druge strane gledišta koncept nulte emisije zahtijeva adekvatne promjene u društву kao cjelini. U generalnom je poznato da su proizvodnja i potrošnja tjesno povezane aktivnosti i da je njihova povezanost veoma kompleksna. Da bi se izvršila implementacija koncepta nulte emisije zahtjeva se proučavanje i istraživanje većeg broja sistema unutar kojih se dešavaju industrijske aktivnosti. Ovdje se misli na proučavanje zakona, sistemskih uređenja koja se tiču zajednice na višem nivou (nivo opštine, regiona, itd). Postizanje koncepta nulte emisije na nivou zajednice (opštine, regiona i šire) upućuje na neophodnost urbanog i regionalnog planiranja, preciznog definisanja strukture potrošnje, štednje i čuvanja energije, stvaranje industrijskih klastera, ponovno korištenje i recikliranje produkata i interakciju ovih aktivnosti sa primarnom industrijom. Od 1997. godine krenulo je intenzivnije istraživanje ovog koncepta u svijetu. Posebno aktivni u ovom polju bili su Japanci. Na njihovim univerzitetima urađeno je nekoliko projekata gde su se ispitivale oblasti (područja) gde je

ekološko restrukturiranje cjelokupnih zajednica (opština) postignuto kroz promjene u stilu života, potrošnji i modelu proizvodnje. Koncept nulte emisije u industrijskom procesu, umrežavanje različitih industrija za unapređenje (poboljšanje) iskorišćenosti resursa i projektovanje na nivou zajednice (npr., opštine) u cilju potpunog kruženja materijala bile su tri komponente gotovo svih istraživačkih projekata (Gravitis et al., 2004).

Eliminacija otpada koji predstavlja danas veliki problem kako na lokalnom tako i nacionalnom i globalnom nivou je sa stanovišta ekologije veoma perspektivno rješenje. Skoro svi naučnici danas u svetu se slažu sa konstatacijom da se jedino eliminacijom otpada postiže konačno rešenje problema zagađenosti. Potpuna iskorišćenost sirovina koju bi pratio i pomjeranje prema obnovljivosti izvora bi omogućili da iskorištenost resursa na Zemlji može biti vraćena na održivi nivo. Sa ekonomsko tačke gledišta, koncept nulte emisije može značiti veću konkurentnost i predstavlja neprekidno kretanje prema većoj iskorišćenosti sirovina, većoj produktivnosti sa ciljem da se sa što manje ulaznih sirovina dobije što više proizvoda. Nulta emisija može se zbog toga razumjeti i kao novi standard u pogledu efikasnosti i integracije (Kuehr, 2007).

9.6.2. Metodologija uspostavljanja nulte emisije **Methodology for zero emission**

Metodologija prema kojoj je koncept nulte emisije u industrijskim ekosistemima uspostavljen ima tri osnovne faze. Metodologija počinje sa postavljanjem i analiziranjem materijalnih i energetskih tokova (ulazni i izlazni tokovi iz sistema). Prva faza se djelimično završava sa postavljanjem materijalnih i energetskih bilanasa za otpade i analizom postavljenih bilanasa. Druga faza predstavlja analiziranje različitih mogućnosti sprečavanja stvaranja otpada. Treća faza bavi se identifikovanjem, analiziranjem i projektovanjem mogućih opcija obnovljivosti van datog mjesta i njihovog ponovnog korištenja. To također iziskuje (zahtjeva) identifikovanje zaostalih otpada u trećoj fazi i postupak tretiranja koji slijedi je metod usmjeren prema nultoj emisiji (Gravitis, 1998).

Analiza materijalnih i energetskih tokova je važna iz razloga identifikacije produkata, otpada, prekomjernosti (suvršnosti) potrošnje materijala i energije u proizvodnji. Ova analiza se koncentriše da se odredi vrsta, količina i količina produkata, otpada, materijala i energije koji u proizvodnom procesu. Ovaj postupak počinje se analizom koja se vrši kroz cijeli proces da bi se dobio pregled gdje se ulazne sirovine obrađuju, a gde se produkti ili otpad stvaraju. U ovoj fazi se takođe postavljaju materijalni i energetski bilansi za ulaz – izlaz procesnog dijagrama toka. Materijalni i energetski bilansi doprinose razumijevanju relativne važnosti različitih uzroka stvaranja otpada, potrošnje energije kao i njihovih učestvovanja u cijeni proizvodnje odnosno u ukupnim troškovima proizvodnje.

Mogućnosti sprečavanja nastajanja otpada ova faza je bazirana na analiziranju materijalnih i energetskih tokova. Na osnovu te analize i podataka do kojih se dođe može se djelovati u cilju sprečavanja nastanka otpada i njegovom minimiziranju, ako on ipak nastaje. Minimiziranje otpada ostvaruje se na osnovu informacija o količini, karakteristikama, metodama upravljanja otpada koje se mogu dobiti od osnovnih proizvođača ovog otpada. Zavisno od specifičnosti procesa i društveno ekonomskih uslova nekoliko alternativnih metoda za sprečavanje i minimiziranje nastajanja otpada se koristi. Kombinacijom ovih metoda dolazi se do optimalnog rješenja za spječavanje nastajanja otpada. Individualna procjena i kombinacija ovih mogućih rješenja trebala bi da rezultuje njihovom integracijom u jedan praktičan i izvodljiv model. Koje će rješenje biti prihvatljivo zavisi od ekoloških propisa i uredbi, raspoložive tehnologije, kvaliteta produkta, ekonomsko efikasnosti.

Identifikacija, analiziranje i projektovanje rješenja za mogućnost ponovnog korištenja i obnavljanje van mesta nastanka. U ovoj fazi razmatra se ponovno korištenje, recikliranje i obnovljivost produkta. Proizvodi će ponovo biti korišćeni kao ulazi (*inputi*) u druge procese da bi se ostvario krajnji cilj „nulti otpad“ (slučaj bez generisanja otpada u procesu). U ovoj fazi će se ostvariti i tretman otpada. Sam proces tretmana u mnogome zavisi od karakteristika i količine otpada, ekoloških standarda, zahtjeva koji se odnose na redukciju zagadenja, raspoloživih tehnologija. Ostvarivanje postavljenog cilja da nema otpada („bez otpada“) i ekološki i ekonomski efikasnog procesa zahtijevaju korišćenje integrisanog industrijskog klastera. U ovim klasterima otpad koji se stvara i nastaje u jednoj industrijskoj grani predstavlja input (ulaznu sirovinu) u drugoj industriji (slika 9.6.1).

9.7. TRETMAN TEKSTILNOG OTPADA THE TREATMENT OF TEXTILE WASTES

Vineta Srebrenkoska, Silvana Krsteva, Saška Golemova
Tehnološko-tehnički fakultet, Univerzitet "Goce Delčev", Štip

9.7.1. Uvod Introduction

Tekstilna industrija je jedna od najvećih i najkomplikovanih vrsta industrijske proizvodnje. Tekstilna industrija je sastavljena od velikog broja podsektora, koji obuhvataju cijelokupni proizvodni proces od izrade sirovina (hemidska vlakna) do poluproizvoda (predivo, tkanine i pletivo sa procesima dorade ovih tekstilnih materijala) i gotovih proizvoda (tepisi, teksil za domaćinstvo, odjeća i tehnički tekstil). Mnogi od procesa i proizvoda koji su povezani sa savremenim načinom života imaju negativan uticaj na životnu sredinu. Otpad iz tekstilne industrije se sastoje od materijala čvrstog, tečnog i gasovitog agregatnog stanja (http://www.bvt.umweltbundesamt.de/archiv-e/bvt_textilindustrie_zf.pdf, 2003).

Tokom posljednjih decenija proizvodnja tekstilnih vlakana u svijetu bilježi konstantan porast. Povećana potražnja i potrošnja su rezultat porastva broja stanovnika sa visokim životnim standardom. U principu, najveći dio tekstilnih vlakana se prerađuje u tri kategorije proizvoda: odjeća, tekstil za potrebe domaćinstva i tekstil za potrebe industrije. Većina tekstilnih proizvoda ima ili kratak rok upotrebe (na primjer, potrošni materijal) ili prosječan rok upotrebe (odjeća, tepisi, autopresvlake, itd). Italija je vodeća zemlja u Evropi prema proizvodnji tekstila. Iza nje slijede Njemačka, Velika Britanija, Francuska i Španija, koje zajedno proizvode 80% tekstila u Evropi. Francuska, Njemačka i Velika Britanija su najveći evropski proizvođači tepiha (Engelhardt, 2005).

Najveći dio tekstilnog otpada je sastavljen od prirodnih ili sintetičkih polimernih materijala: pamuk, poliester, najlon, polipropilen i dr. Osnovni izvor sirovina za izradu sintetičkih polimernih materijala je nafta. Nafta je prirodni neobnovljivi izvor, čije rezerve, prema sadašnjem tempu potrošnje, mogu trajati najviše nekoliko stotina godina. Za proizvodnju pamuka, koji predstavlja prirodni obnovljivi izvor, potrebni su energija i hemikalije, koji spadaju u neobnovljive izvore. Opasnosti po životnu sredinu od prekomjernog tekstilnog otpada i od nestanka prirodnih resursa, nafte i drugih sirovina koje se odnose na daljnju izradu tekstilnih materijala, nameću potrebu za ispitivanje mogućnosti ponovne upotrebe tekstilnog otpada. Količina tekstilnog otpada koji se svakodnevno povećava i energija koja je potrebna za njegovo odlaganje ili sagorijevanje, provedeni oni pravilno ili ne, nameću potrebu za uvođenje održivog načina upravljanja sa tekstilnim otpadom (Williams, 2005). Održivi način upravljanja tekstilnim otpadom će doprinijeti smanjenju stvaranja otpada, tj. efikasijem iskorištenju sirovina i ponovnoj upotrebi tekstilnih materijala u proizvodnji, smanjenju troškova odlaganja, a što neminovno nameće potrebu za prestrukturiranje tekstilnih fabrika i podizanje ekološke svijesti o generisanju otpada.

Problem sa tekstilnim otpadom najbolje i najekonomičnije se može riješiti uvođenjem takozvanih tehnologija koje ne stvaraju otpad ili zatvorenog tipa tehnologija. Uvođenjem novih tehnologija koje u proizvodnim procesima ne stvaraju otpad, štiti se životna sredina sa jedne strane. Sa druge strane, smanjuju se troškovi upravljanja ili uništenja otpada, što takođe dovodi do očuvanja osnovnih sirovina i energije. Za efikasnu implementaciju sistema upravljanja tekstilnim otpadom, koji treba da bude efikasan u pogledu troškova, modernizacija postrojenja je obično prvi korak. Modernizacija je povezana sa tehnološkim i proceduralnim promjenama opreme, tehnoloških linija, kao i sa izučavanjem mogućnosti za ponovnu upotrebu tekstilnog otpada kao potencijalne sirovine. Ovo smanjuje troškove za odlaganje otpada, sa jedne strane i povećava profitabilnost i konkurentnost preduzeća kroz prodaju ili korištenje otpada, sa druge strane. Međutim, u ovom prelaznom razdoblju, kada još uvijek nije postignut zadovoljavajući nivo tehničkih, tehnoloških i organizacionih rješenja u pogledu otpadnih materijala, zahtijeva se velika posvećenost svih učesnika (domaćinstva, preduzeća, opštine, država) u rješavanju pitanja vezanih za otpadne materijale, koja predstavljaju velike probleme.

Potrošači treba da budu svjesni da skoro 100% svoje odjeće mogu reciklirati i da postoje brojna i različita tržišta za prodaju korištenog tekstila i proizvodnju vlakana. Podizanjem svijesti o zaštiti životne sredine i poslovne etike, mogu se napraviti koraci ka stvaranju održive životne sredine.

Preporučuje se obnova protoka tekstilnog otpada, uključujući ponovnu upotrebu proizvoda u izvornom obliku (što je uobičajena praksa za ponovno korištenje stare odjeće), reciklažu otpada i njegovu transformaciju u novi proizvod. Uobičajeno je da se tehnologije za reciklažu dijele na primarne, sekundarne, tercijarne i kvaterne. Primarni postupci obuhvataju reciklažu proizvoda u njegovu originalnu formu. Sekundarni postupci reciklaže obuhvataju preradu polimernih proizvoda u novi proizvod koji ima nižu vrijednost fizičkih, mehaničkih i hemijskih svojstva. Tercijarno recikliranje uključuje procese koji polimerni otpad pretvaraju u osnovne hemijske supstance i gorivo (piroliza i hidroliza, na primjer). Kvaterni postupci reciklaže se odnose na sagorijevanje čvrstog tekstilnog otpada i korištenje toplove koja nastaje tom prilikom. Svi, gore navedeni, postupci se koriste za recikliranje tekstila.

Dominantan način za uklanjanje čvrstog teksilnog otpada je odlaganje (deponovanje). Postoji nekoliko nedostataka ovakvog načina za rješavanje tekstilnog otpada: prvo, deponije zauzimaju korisne površine zemljišta i potrebno je platiti troškove korištenja deponije, i drugo, zagađuje se životna sredina zbog velike količine otpada. Isto tako, deponovanje tekstilnog otpada stvara materijalne i energetske gubitke. Ukoliko se reciklira 100% tekstila, iz tekstilne i konfekcijske industrije ništa se neće morati slati na deponiju. Međutim, proces reciklaže se suočava sa velikim brojem izazova (Williams, 2005). Za razliku od direktnog ponovnog korištenja, neki procesi obrade (mehanički, hemijski ili biološki), koji su uključeni u procese reciklaže otpadnih materijala i izrade novih proizvoda, su povezani sa potrošnjom određene količine energije, dodatnih sredstava i emisijom otpadnih materija u vazduh, vodu i zemljište. U stvarnosti, stopa reciklaže tekstilnog otpada je veoma visoka. Kao čest razlog za to navodi se nedovoljno razvijena svijest potrošača da učestvuju u procesu reciklaže i ekonomski uslovi. Iako zakonodavstvo može da promijeni ravnotežu u korist reciklaže, ovaj potez prisile može imati suprotan efekat na odnos prema životnoj sredini. Kada se vidi koliko je tekstilni otpad heterogen, za razvoj energetski efikasnih i jeftinijih postrojenja za reciklažu neophodna je saradnja tekstilne i konfekcijske industrije, zakonodavstva, adekvatnih resursa, rada i vremena.

9.7.2. Problem prekomjerne potrošnje tekstila **The problem of over-consumption of textile**

Velika potrošnja tekstila je podstaknuta čestim promjenama modnih trendova. Osnovna pokretačka sila mode je promjena, česta zamjena sadašnje proizvodnje sa nečim što je novo i moderno. Modni proizvodi doprinose povećanju potrošnje tekstila na nivo koji je viši od potrebnog. Ali, bez promjena u svijetu mode, tekstilna industrija, industrija za proizvodnju odjeće i industrija namještaj će biti još više ugrožene u sredinama u kojima već postoji velika konkurenca na tržištu. Danas tekstilne kompanije imaju „sezonski“ modni nastup pomoću kojih kontinuirano privlače potrošače i stimulišu prodaju i povećaju profit. To je mač sa dvije oštice budući da stimulišu privredu, sa jedne strane, i dovode do nagomilavanja problema u otklanjanju viškova tekstila.

Sa povećanjem potrošnje, povećavaju se količina generisanog tekstilnog otpada i problemi sa ambalažom za pakovanje korištenje odjeće i tekstilnih proizvoda korištenih u domaćinstvima. Danas se odjeća razlikuje od one koja je bila prije nekoliko decenija, ne samo prema dizajnu, nego i u odnosu na sirovinski sastav. Pojavom sintetičkih vlakana u 20-tom vijeku, reciklažu tekstila je postala veoma složena, između ostalog i zbog sljedećih razloga: (1) povećana jačina vlakana, proces kidanja ili otvaranja čini težim i (2) primjena smjese vlakana otežava proces sortiranja. Međutim, zadatok industrije reciklaže je da se nosi sa onim što je stvorila modna industrija. Industrija za reciklažu tekstila je jedna od najranije formiranih industrija za reciklažu u svijetu i ona je sposobna da preradi 93% otpada i to bez nastanka novog opasnog otpada ili drugih štetnih nus-proizvoda. Iskorišteni tekstil i tekstilni proizvodi se širom svijeta recikliraju i ponovo koriste. Tekstilni materijali za reciclažu se mogu podijeliti u dvije grupe i to: pre-potrošački (period prije upotrebe) i post-potrošački (period nakon upotrebe) otpad. Pred-potrošački otpad se sastoji od nus-proizvoda koji su nastali u industriji za proizvodnju vlakana i tekstila, koji se ponovno prerađuju i koriste za izradu prediva, odjeće, dušeka, namještaja, papira, tehničkog tekstila za potrebe automobilske industrije, industrije namještaja i drugih industrija.

Otpad iz procesa za izradu tekstilnih proizvoda sačinjavaju vlakna, filc, prediva ili ostaci iz procesa krojenja tekstilnih tkanina ili pletiva. Ovaj otpad, u preduzećima sa zaokruženim procesom proizvodnje, često se vraća u proizvodnju nakon različitih postupaka reciklaže. Za ovu namjenu, on treba da bude sortiran prema sirovinskom sastavu i boji. Tekstilni otpad se, nakon toga, reciklira postupcima rezanja i vlasanja, a zatim se u obliku vlakana vraća u proces predenja, i kasnije koristi u procesima pletenja i tkanja. Ukoliko materijal nije sortiran prema sirovinskom sastavu, a posebno prema boji, on se može reciklirati u filc, koji će se upotrijebiti u građevinarstvu kao izolacioni materijal ili materijal za jačanje betona, zatim u automobilskoj industriji (kompozitni materijal, netkani tekstil za unutrašnje oblaganje), u industriji namještaja (dušeci, tapacirani namještaj), kao filc za jednokratno upijanje nečistoća rastvorenih u mastima (obično sintetičke prirode), kao izvor energije i slično. U zavisnosti od prirode tekstilnog otpada za recikliranje se primjenjuju: suvi i mokri postupak. Tako, rastresiti ostaci kao što su vlakna, prediva, pletiva i tkanine sa malom gustinom mogu se reciklirati suvim postupkom, dok tkanine sa velikom gustinom, posebno one od sintetičkih vlakana, mokrim postupkom (Министерство за економија, 2007).

Tekstilni otpad nastao nakon perioda korištenja (post-potrošački otpad) se definiše kao bilo koja vrsta odjeće ili tekstilnih proizvoda za domaćinstvo, koji vlasniku više nisu potrebni pa je odlučio da ih baci. Ovi proizvodi se bacaju zato što su stari, istrošeni, oštećeni ili više nisu moderni. Stara odjeća se ponekad daruje u dobrotvorne svrhe.

Proces sortiranja obuhvata odstranjivanje teških tekstilnih proizvoda, kao što su kaputi i čebad, a zatim sortiranje prema određenim kategorijama odjeće, na primjer, pantalone, bluze, haljine itd. Razvrstavanje se može obaviti i na bazi sirovinskog sastava tekstilnih materijala, boje, situacije i kvaliteta. Pocijepani i zaprljani proizvodi se odvajaju od onih koji su pogodni za nošenje. Određene marke i stilovi (na primjer, Levi's, Tommy Hilfiger i slično) se posebno odvajaju u tzv. kategoriju „dijamant“, koja može dobiti višu cijenu na određenom tržištu. Nivo znanja i ekspertize potrebnih tokom ovog procesa zavise od složenosti razvrstavanja (Wang, 2006). Industrija za reciklažu tekstila ulaže posebne napore u slučaju reciklaže i smanjenja dvije vrste otpada: pred-potrošački (materijali koji nisu korišteni) i post-potrošački otpad (materijali koji su korišteni). Godišnja potrošnja tekstila u zemljama Evrope i SAD je dostigla 20-25 kg/čovjeku. U Republici Makedoniji, zbog niskog životnog standarda, ova količina otpada je mnogo manja (od 500 tona otpada koji svakodnevno pristiže na deponiju Drizla tekstilni otpada i otpad od kože odpada samo 15 kg). Približavanjem EU i povećanjem životnog standarda u Republici Makedoniji, očekuje se povećanje i potrošnja tekstila, što će nametnuti potrebu za traženjem novih rješenja za njegovo uklanjanje ili ponovnu primjenu (<http://www.moep.gov.mk>, 2008).

9.7.3. Model piramide The pyramid model

Količina tekstilnog otpada za recikliražu razvrstanog po kategorijama najbolje je predstavljen modelom piramide (slika 9.7.1). U modelu piramide tekstilni otpad se dijeli na: tekstilni otpad koji se izvozi u zemlje u razvoju, tekstilni otpad koji se prevodi u nove proizvode (potpuna reciklaža ili redizajn), otpad koji se siječe na krpe pogodne za brisanje i poliranje, otpad koji se deponuju i spaljuje za dobijanje energije i otpad označen kao „dijamant“. Kod najvećeg broja tekstilnih materijala, količina materijala je obruto proporcionalna njegovoj vrijednosti. Na primjer, izvežena tzv. „second hand“ odjeća po količini je najveća kategorija. Proces „otvorena reciklaža“ se odnosi na mehaničko i hemijsko „otvaranje“ tekstila i njegovu dekompoziciju do vlakana. Mehaničko otvaranje obuhvata sjećenje, sitnjenje, razvlačenje i procesiranje tekstilnog materijala. Hemijsko otvaranje uključuje primjenu enzimskih, termo, glikozidnih i drugih hemijskih metoda. Nakon otvaranja odjeća, koja je korištena, ona se može preraditi u nove proizvode, koji se mogu ponuditi na tržištu (Wang, 2006).

Waste minimisation in textile industry, The Indian Textile Journal September 2008,
<http://www.indiantextilejournal.com/articles/FAdetails.asp?id=1431%20>

STUDIJE SLUČAJEVA CASE STUDIES

9.8.1. ODRŽIVI RAZVOJ – ZAGAĐENJE I SPREČAVANJE ZAGAĐENJA U PROIZVODNJI GLINICE NA OKOLINU SUSTAINABLE DEVELOPMENT – POLLUTION AND POLLUTION ENVIRONMENT PROTECTION IN THE PROCESS OF ALUMINA PRODUCTION

Dragica Lazić, Živan Živković, Ljubica Vasiljević
Univerzitet Istočno Sarajevo, Tehnološki fakultet Zvornik

Uvod Introduction

Priroda je danas u potpunosti podređena čovjeku, njegovom direktnom ili indirektnom uticaju, pri čemu je iskorištavanje prirodnih resursa dostiglo nivo kada se više ne može govoriti o netaknutoj prirodi u bilo kom dijelu na Zemlji. Sastavni dijelovi biosfere danas su megalopolisi, kao i drugi tipovi naselja, poljoprivredna zemljišta, opustošena vegetacija najčešće nastala kao posledica sječe šuma, industrijske zone i deponije.

Antropološki faktor uticaja na biosferu veoma je značajan, i uglavnom negativan. Ljudske djelatnosti koje dovode do zagađenja i narušavanja životne sredine mnogostrukе su i međusobno povezane, a odražavaju se kroz promjene fizičkih i hemijskih uslova sredine. U najopštijem smislu to su: industrija, poljoprivreda, energetika, komunalne djelatnosti, saobraćaj, vojne aktivnosti i drugo. Najveće promjene u hemijskom sastavu pretrpjela je atmosfera prihvatajući najrazličitije zagađivače, kako prirodne (CO_2 , CO , SO_2 , O_3 , NH_3 , oksidi azota), tako i ljudskom djelatnošću stvorene i prirodi nepoznate materije (fluoridi, hidrokarbonati, ketoni, azbest, teški metali). Vodena sredina je takođe izložena uticaju različitih zagađivača od kojih su najagresivniji industrija, saobraćaj i poljoprivreda. Ispuštanje otpadnih voda iz procesnih postrojenja dovodi do promjene fizičko-hemijskih uslova sredine, što se često veoma negativno odražava na živi svijet u vodi (Anon, 2006.)

Industrija kao izvor zagađenja zauzima vodeće mjesto u kategorizaciji emitera zagađivača, i u sklopu ovogprojekta bazirajući se na tehnologiji glinice, govorice se o otpadnim vodama, koje predstavljaju jedan od najaktuelnijih problema svih industrija sa kojima se čovječanstvo suočava, i kome se poslednjih godina pridaje veliki, i iznad svega, opravdan značaj. U ovom procesu pored zagađenja sredine ispuštanjem voda u recipijent govorice se i o otpadnom crvenom mulju, koji se baca na deponiju i mjestima zagađenja od dimnih gasova i čestica prašine boksita, glinice i zeolita. Ne samo da će se govoriti o zagađivačima i zove tehnologije, nego i o mogućnostima korištenja otpadnih materija za stvaranje nekih novih vrijednosti tj nekih novih proizvoda.

Pored otpadnih materija u ovom kompleksnom procesu mogu se razvijati čitav niz novih proizvoda (specijalnih vrsta glinica, novih tipova zeolita, novih nanomaterijala na bazi alumosilikatne hemije), a sve u cilju racionalizacije procesa.

Voda je veoma značajan resurs, jer je sve manje čiste vode u svijetu, a broj stanovnika na planeti ubrzano se povećava, te s toga i potreba za vodom raste. Do 2025. godine dvije trećine čovječanstva osjetiće ozbiljan nedostatak vode. Procjene stručnjaka kažu da oko 1,1 milijarda ljudi nema pristup piјačoj vodi, 2,5 milijardi nema obezbjeđene elementarne sanitarnе uslove, a više od 5 miliona ljudi godišnje umire od bolesti, koje su uzrokovane zagađenom vodom. Organizacija Ujedinjenih nacija je prije desetak godina proglašila 22. mart za Svjetski dan voda, sa namjerom da istakne njenu važnost,kao i opasnost da postane ograničavajući faktor razvoja naše civilizacije. Takođe, njihovi izvještaji kažu da će u narednih 20 godina prosječna količina vode kojom će ljudi raspolagati biti manja za trećinu, te ključno rješenje vide u prečišćavanju otpadnih voda i njihovom ponovnom korištenju. Najveći dio pitke vode koristi se za navodnjavanje i proizvodnju hrane, a veliki dio mogao bi da se sačuva, ukoliko bi se za navodnjavanje koristile prečišćene otpadne vode.

Najadekvatnije rješenje kontrole zagađenja okoline jeste mjerjenje zagađenja. Dovodenje zagađenja u optimalne granice, kada ono neće imati pogubne posledice po živi svijet i prirodu uopšte, predstavlja u isto vrijeme i znak da se proces vodi optimalno i da se štedi energija. Prvi korak kontrole zagađenja počinje uzorkovanjem vode na njegovom izvoru prije ispuštanja u recipijent, i

prelaze u crveni mulj, koji predstavlja otpad pri ovom procesu i baca se na deponiju crvenog mulja. U crvenom mulju dominiraju sledeće komponente: Na_2O (vez.)=6-7%, $\text{Na}_2\text{Osl.}=1-2%$, $\text{Al}_2\text{O}_3=14-16\%$, $\text{SiO}_2=10-14\%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3=40-60\%$ $\text{TiO}_2=4-6\%$, $\text{CaO}=3-5\%$, a ostale komponente nalaze se u neznatnim količinama(Zn, Mg, V, P, Cr, K, Co, Ni, Mn, Ga i dr.).Minerali prisutni u mulju su: natrijum-alumosilikat, hidrogranat, natrijum-titanat, kalcijum titanat(perovskit), hematit, getit, anatas, rutil, kalcit, itd.

Glavni problem u crvenom mulju predstavlja slobodni natrijum-hidroksid, koji mu daje veliku alkalnost, što predstavlja veliku opasnost po okolinu. O opasnosti ovog otpada govori i ekološka katastrofa u Mađarskoj, koju je izazvalo pucanje brane crvenog mulja i izlivanje mulja u okolinu.Deponija je sadržavala crveni mulj dobijen 50-godišnjom proizvodnjom fabrike "MAL" kod Ajke u Mađarskoj, 160 kilometra zapadno od Budimpešte. Na sledećoj slici (slika 9.8.1.4) prikazana je brana crvenog mulja, koja je pukla. U pritokama Dunava, zbog baznog efekta izlivenog otpada ove deponije došlo je do pomora ribe i drugog životinjskog sveta, a mrlja se proširila kilometrima.



Slika 9.8.1.4. Deponija crvenog mulja fabrike M" kod Ajke u Mađarskoj
Figure 9.8.1.4. Red mud landfill MAL factories near Ajka in Hungary

Prijedlozi poboljšanja i najbolje raspoložive tehnologije. U cilju efikasnije proizvodnje i održivog razvoja primarni cilj Upravnog odbora i menadžmenta Fabrike glinice "Birač" je podizanje obima proizvodnje do stepena maksimalne efikasnosti, kako bi, uz što racionalnije iskorišćenje svih resursa i optimizaciju proizvodnih troškova, obezbijedili stabilnost u radu fabrike. Dostignut je veoma visok kvalitet proizvoda – glinice, zeolita, hidrata i vodenog stakla. Kvalitet glinice nije ni jednog momenta bio niži od očekivanog, i po hemijskom sastavu fabrika ima kvalitet na nivou najvećih proizvođača glinice u svijetu. I pored toga neophodno je težiti još racionalnijem procesu proizvodnje glinice i zeolita uvođenjem informacionih tehnologija praćenja procesa, u cilju postizanja smanjenja utroška energije i smanjena gubitaka osnovnih komponenata u sistemu(Na_2O i Al_2O_3). Obzirom da se radi o kontinuiranom procesu, koji se može korigovati sve do izlaza gotovog proizvoda, brža informacija o parametrima procesa omogućice da se na vrijeme reaguje u korekciji poremećenih parametara(Đorđević I sar., 2010). Korištenjem programa ANNM (Artifical Neural Network Methodology) u fazi račinjavanja, razlaganja aluminatnih rastvora i kristalizacije će se moći definisati ulazni i izlazni parametri ovih faza procesa, njihov stepen važnosti i međuzavisnosti sa ostalim parametrima procesa proizvodnje glinice (Živković i sar., 2009; Đorđević i sar., 2010). Sabirni šaht (tzv. Drinski kolektor) tehničkih, sanitarnih i atmosferskih otpadnih voda, koje se bez prečišćavanja ispuštaju u rijeku Drinu neophodno je usmjeriti u postrojenje za neutralizaciju, koje je neophodno obezbjediti, kako bi se sprječilo ispuštanje lužnate vode u Drinu (pH=11).

Na pogonu pripreme mineralnih sirovina u prostorijama drobljenja boksita, neophodno je obezbjediti ventilaciju i otprašivanje vazduha u tim prostorijama od čestica prašine boksita. Takođe je neophodno obezbjediti kontinuirano praćenje prisustva čestica prašine u vazduhu tih prostorija.

Dimni gasovi sa kalcinacije se otprašuju u ciklonima i elektrofilterima, koje treba unaprediti u cilju potpunijeg odstranjivanja sitnih mikronskih čestica iz gasova i postizanja čistijih gasova, koji se ispuštaju u okolinu, a samim tim i bolje efikasnosti proizvodnje. Neophodno je uvesti monitoring

9.8.2. ELEKTROHEMIJSKA INDUSTRija ELECTROCHEMICAL INDUSTRY

Milorad Tomić, Miomir Pavlović

Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet Zvornik

Uvod

Introduction

Elektrohemija ima značajno mesto u visokotonažnoj hemijskoj i metalurškoj industriji sa kapacitetom od više desetina miliona tona proizvoda godišnje (prvenstveno proizvoda hlor-alkalne elektrolize i elektrolitičkog dobijanja aluminijuma i cinka). Proizvodnja svih materijala u elektrohemijičkoj industriji sledi istu opštu shemu. Ona se sastoji od pripreme sirovina, spravljanju rastvora/rastopa elektrolita, prečišćavanja elektrolita, elektrolize i obrade proizvoda u oblike pogodne za tržište.

Elektrohemija se klasično definiše kao nauka o hemijskim promjenama izazvanim električnom strujom i proizvodnji elektriciteta iz energije hemijske reakcije. Elektrohemija je dio nauke posvećen razumjevanju posebne vrste fizičkih i hemijskih pojava i procesa transformacije materije vezanih za postojanje i dijelovanje osnovne čestice elektriciteta „slobodnih“ pokretnih elektrona koji u koordinisanom kretanju čine električnu struju.

Osnovu elektrohemije dakle, čine hemijske reakcije u kojima je aktivni učesnik (reaktant) elektron, kao osnovna čestica elektriciteta i električne struje. Interakcija između elektrona i molekula (ili jona) hemijske supstance izaziva redukciju (ukoliko supstanca primi elektron) ili oksidaciju (ukoliko ga odaje). U tom smislu elektrohemije reakcije su slične hemijskim redoks reakcijama. Međutim, dok u redoks reakcijama elektron izmenjuju dva molekula (jona) hemijske supstance, u elektrohemijičkim reakcijama elektron predaje ili prima elektroda, po pravilu metalna, koja sadrži elobodne elektrone u vidu elektronskog gasa koji ispunjava prostor između pozitivnih čestica kristalne rešetke. *Elektrodna reakcija* (eng. *electrode reaction*) se uvek odigrava na graničnoj površini elektroda – elektrolit, odnosno u veoma tankom *reakcionom sloju* (eng. *reaction layer*), koji predstavlja praktično dvodimenzionalnu fazu, budući da je nanometarskih dimenzija.

Prema jednoj od vodećih ličnosti u elektrohemiji druge polovine dvadesetog vijeka, Džonu Bokrisu elektrohemija je oblast nauke koja opisuje stvaranje supstanci pomoću elektriciteta i stvaranje elektriciteta trošenjem supstanci (Bockris i sar. 1998).

Primjenjena elektrohemija u industriji predstavlja elektrohemski inženjerstvo, koje je dio hemijskog inženjerstva kao što je i sama elektrohemija dio hemije. Elektrohemski inženjerstvo se ne bavi samo temama koje se mogu smatrati samo elektrohemiskim, već prenosom energije u toj industriji, iskorišćenjem dobijene energije, projektovanjem, konstrukcijom i pogonom uređaja, mašina i postrojenja, ekonomskim razmatranjem konkurentnosti hemijske i elektrohemski metode za iste ili slične proizvode, njihovom prodajom, raspodjelom, potrošnjom i uticajem na živa bića i životnu sredinu. Elektrohemski inženjerstvo je most između hemijskog inženjerstva, elektroinženjerstva i elektrometalurgije (Murphy i sar., 1992; Landay i sar., 1980; Đorđević, 1972).

Zastupljenost elektrohemski procesa u svakodnevnom životu i privredi mnogo je veća nego što je to poznato prosječnom građaninu, pa i stručnjacima svih struka osim tehnološke.

Prvi izvor kontinualanog toka elektrona – električne struje ostvario je Alessandro Volta (Alessandro Volta, 1796. godine), u vidu „Voltinog stuba“ elektrohemski celijske (sprega) sastavljenog od većeg broja naslaganih parova pločica bakra i cinka, razdvojenih vlažnim filter-parirom natopljenim rastvorom soli (Despić, 2003). Najnovija dostignuća iz ove oblasti predstavljaju, na primjer, litijumove baterije, naročito one zasnovane na uređivanju („interkalaciji“) atoma litijuma u ugljeničnu osnovu. Litijumove baterije izrađuju se danas u obliku listova (kao listovi papira) i to veoma velike specifične snage po jedinici mase. Sa prvim Voltinim stubom kao izvorom struje bilo je moguće izvoditi i prve elektrolize eksperimentalnim putem.

Elektrohemski inženjerstvo proučava elektrohemski sisteme u kojima se odigravaju elektrohemski reakcije (procesi elektrolize, galvanski spregovi i korozioni spregovi), čija ukupna hemijska relacija ima kao rezultat konverziju energije (Mantell, 1960; Pletcher, 1984; Zečević i sar., 2001):

9.8. 3. PRIMJENA ELEKTROHEMIJE U ZAŠTITI ŽIVOTNE SREDINE ENVIRONMENTAL ELECTROCHEMISTRY WITHIN THE ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Perica Paunović

Univerzitet "Sv. Kiril i Metodij", Tehnološko-metalurški fakultet, Skopje

Ekološka slika planete Zemlje Environmental picture of the Earth

Da bi se moglo govoriti o primjeni elektrohemije u zaštiti životne sredine, potrebno je prvo predstaviti trenutnu sliku svijeta. Za bolje razumijevanje ove slike, potrebno je vratiti se u prošlost i hronološki pratiti promjene u životnoj sredini. Biosfera i drugi ekosistemi, kao i krug kretanja materija i energije su u vijek bili u ravnoteži koja je samoodrživa. Sa termodinamske tačke gledišta, krug kretanja materije i energije nije zatvoren, tako što dio materije i energije napušta sistem, akumulirajući se u kori Zemlje u obliku naslaga fosilnih goriva (ugalj, nafta, prirodni gas). Od svog postanka do danas, čovjek je bio uključen u globalni ekosistem Zemlje, koristeći ga za proizvodnju vlastitih resursa – materijali, hrana i energija. Eksploatacija metala od strane čovjeka je bila poznata još od praistorijskog perioda i definisala je duge vremenske periode zavisno od toga koji je od metala najviše korišten u tom periodu, na primjer željezno, bakarno-libronzano doba. Tokom 4500 godina postojanja ljudske civilizacije, od njenog nastanka do pojave industrijske revolucije (druga polovina XVIII vijeka), eksploatacija prirodnih resursa je bila održivai Zemlja je bila sposobna da održi ravnotežu unutar svog globalnog ekosistema. Sve što je čovjek odlagao kao otpad, Zemlja je lako razgradivala. Poznati svjetski ekolog iz prošlog vijeka Vernadski (Vernadsky, 1945), je ovaj period označio kao homosapiens doba ("*homo sapience era*").

U periodu između prve industrijske revolucije i sredine XX vijeka došlo je do naglog povećanja broja stanovnika, pa samim tim i porast potreba za materijalima i energijom. Ovo je period intenzivnog porasta naučnih otkrića koji su podstaknuti potrebom stanovništva za konformnijim načinom života. Udovoljenje ovim potrebama je dovelo do značajnog povećanja potrebe za materijalima i energijom, uz istovremeno nastajanje otpadnih materijala i porast zagadenja. Tokom ovog perioda dolazi do narušavanja ravnoteže u prirodi zbog velike količine nastalog otpada, koji se teško i sporo razlaže. Pokretačka sila za razvoj ekosistema Zemlje više nije priroda, već čovjek sa svojim intelektualnim i proizvodnim aktivnostima. Varnadski ovaj period naziva doba svjesnog i radnog homo sapiensa ("*homosapiens faber epa*"). Tadašnja slika demografske eksplozije na Zemlji i eksponencionalni porast potrebe za materijalom, energijom i robama, kao i potreba za osvjetljenjem, grijanjem, putovanjima na velike udaljenosti, materijali za ličnu potrebu, zadovoljenje visokotehnoloških zahtjeva, doveli su do nekontrolisane eksploatacije materijalnih i energetskih resursa, što je dovelo do ozbiljnog narušavanja ravnoteže na Zemlji, koje je izraženo kroz nepovratno zagadenje životne sredine. Ovaj najkraći period u razvoju na planeti Zemlji, ruski naučnik Голцов (Goltsov, 2001), nasljednik Vernadskog, naziva doba nerazumnog i pohlepnog homo sapiensa ("*homo desapiens faber epa*").

Današnja ekološka slika na Zemlji nije ni ružičasta ni optimistička. Najvažniji vid narušavanja ravnoteže na Zemlji je rezultat čovjekovih aktivnosti i poznato je kao „efekat staklene baštice“ ("green house effect"). Temperatura na Zemlji je kontrolisana odnosom apsorbovanog i reflektovanog sunčevog zračenja (Bockris, 2004; Salmond, 2006). Sastojci u atmosferi koji apsorbuju sunčevu zračenje su CO₂, vodena para i ozon. Kao rezultat ogromnog porasta količine CO₂ što je rezultat čovjekovih aktivnosti (industrija, transport, itd.), na površini Zemlje se zadržava velika količina sunčeve energije (toplota), što dovodi do porasta njene temperature. Pored toga, efekat staklene baštice dovodi do „globalnog zatopljenja“ i „klimatskih promjena“ na Zemlji (Bockris, 1991; Manahan, 2000). U 1985. god., NASA satelit, koji je kružio iznad Zemlje, je zabilježio rupe u zaštitnom ozonskom sloju iznad Antartika. Postojanje „ozonskih rupa“ je potvrđeno od strane velikog broja naučnih timova, koji su mjerili topljenje leda uslijed štetnog uticaja sunčevih ultravioletnih talasa. Jedna od štetnih posljedica oštećenja ozonskog omotača jeste česta pojava raka kože koji se veoma širi među stanovništvom.

Sredinom XX vijeka zapažena je nova nepovoljna ekološka pojava – “fotohemiskismog”. Kao rezultat izduvnih gasova iz vozila, od NO_2 inezasičenihugljovodonikanastaje jedinjenjeparacetil nitrat, sa fotohemiski generisanim NO stvara suspenziju koja smanjuje vidljivost – smog. Nakon 1980 god., zabilježene su neobične pojave kao što su pomor riba u jezerima, uništenje šuma, uništenje građevinskih objekata itd. Ove ekološke katastrofe nastaju kao posljedica djelovanja „kiselih kiša“. Kao posljedica rada u metalurgiji ili rada u termoelektranama nastaje SO_2 koji u vlažnom vazdu prelazi u H_2SO_4 . Nastale kiše su veoma agresivne i smrtonosne za određene ekosisteme. Eksplozivni industrijski razvoj i potrošnja materijala i energije uzrokovali su enormnu proizvodnju „komunalnog i industrijskog otpada“. Oni mogu da sadrže opasne, nerazgradive, toksične i druge komponente. Odlaganje takvih otpada znači zaposjedanje velikih površina zemljišta, što direktno dovodi do narušenja ravnoteže na planeti Zemlji. Sa druge strane, opasni i toksični otpadi prestavljaju direktnu opasnost za „zagadenje površinskih i podzemnih voda“, što dalje može da dovede do „zagadenja hrane“. Zagadenje hrane, često nastaje kao posljedice upotrebe pesticida i vještačkih dубriva.

Osim navedenih ekoloških poremećaja, dio ekološke slike Zemlje zauzima i „iscrpljenjematerijalnih i energetskihresursa“. Prema nekim procjenama sa kraja XX vijeka, rezerve nekih minerala, kao na primjer Sn, Pb, Zn, W, Cu, Mn, Mo i Ni, će biti potrošene tokom ovog vijeka ako se ne bude koristilo njihovo recikliranje (Janke, 1997). Slična situacija je i sa fosilnim gorivima. Eksponencionalni porast stanovništa i industrije doveli su do eksponencijalnog porasta potrošnje energije, koja se najvećim dijelom proizvodi iz fosifnih goriva. Međutim, globalno zagadenje koje je posljedica eksploracije fosilnih goriva i njihovo iscrpljivanje nisu jedini problem. Motiv svih savremenih ratova je zapravo borba za resurse fosilnih goriva. Tokom ratova koriste se hemijsko, biološko i radioaktivno oružje, koje može dovesti do dodatnog zagadenja i masovnog uništenja ljudi i prirode u nekim dijelovima Zemlje. Nekoliko posljednjih decenija čovječanstvo se suočilo sa rješavanjem nekoliko ozbiljnih ekoloških i energetskih problema. Savremena nauka i zakonodavstvo nastoje da promovišu čiste tehnologije, smanjenje trošenja materijala i energije, upotrebe i konzumiranje „čistih proizvoda“, bezbjedno odlaganje opasnih i toksičnih materijala itd. Kao rezultat tendencija da se riješe navedeni problemi, osnovano je novo naučno i inženjersko područje – inženjerstvo životne sredine (Engl., *Environmental Engineering*). To je interdisciplinarno područje, u kojem je elektrohemija našla svoje mjesto. Ona ima veliki potencijal za poboljšanje ekološke slike Zemlje.

Elektrohemija životne sredine Environmental electrochemistry

Dio elektrohemije koji se bavi izučavanjem problema inženjerstva životne sredine se naziva elektrohemijaživotne sredine(Engl. *Environmental Electrochemistry*).

Elektrohemiski procesi zavise od koncentracije (pritiska) i temperature, slično kao hemijski procesi. Međutim, sistemi u kojima se odvijaju elektrohemiske reakcije – vodena sredina (elektrolit u koji su uronjene dvije elektrode) omogućavaju im da se odvijaju kod niskih temperatura, a učesnici reakcije ne napuštaju sistem.

Osnovna područja gdje se primjenjuje elektrohemija životne sredine su:

- ekološka dijagnostika: kvalitativno i kvantitativno određivanje kontaminirajućih materija organskog i neorganskog porijekla pomoću elektrohemiskih metoda,
- elektromedijacija: razgradnja kontaminirajućih materija u svim sredinama (vazduh, vodai zemljište) pomoću elektrohemiskih postupaka,
- reciklaža metala,
- alternativni izvori energije.

Elektrohemiski procesi imaju određene prednosti (Rajeshwar, 1997) nad klasičnim postupcima, a to su:

- Ekološki čista tehnologija
Jedini reagensi su elektroni, tj istosmjerna struja. Nema potrebe za dodavanjem drugih hemikalija.
- Velika prilagodljivost
Moguće je tretirati veliki broj različitih organskih, neorganskih ili biohemiskih zagađivača u čvrstom, tečnom ili gasovitom stanju, bez obzira da li su negativno ili

9.8.4. PROIZVODNJA CEMENTA SA STANJEM ŽIVOTNE OKOLINE U FABRICI CEMENTA CEMENT PRODUCTION WITH THE STATE OF ENVIRONMENT IN CEMENT FACTORY LUKAVAC

Mustafa Burgić

Univerzitet u Tuzli, Tehnološki fakultet Tuzla

Izet Imamović, Sead Ćatić

Fabrika Cementa Lukavac

U Fabrici Cementa Lukavac tehnološki postupak proizvodnje je suhi, jer je takav način pripreme sirovina za proizvodnju. U tehnološkom smislu se proces proizvodnje može podijeliti u dva tehnološki neovisna dijela:

- prvi dio gdje se vrši priprema sirovina i proizvodnja klinkera
- drugi dio gdje se vrši mljevenje klinkera sa dodacima, skladištenje, pakovanje i otprema.

U lokacijskom smislu proces proizvodnje se odvija u zasebnim objektima kao:

- proizvodnja sirovinskog brašna
- proizvodnja (pečenje) klinkera
- proizvodnja (mljevenje klinkera i dodataka) cementa
- skladištenje, pakovanje i otprema cementa.

Proizvodnja sirovinskog brašna

Prema blok šemi, slika 9.8.4.1., osnovna sirovina krečnjak (visoka komponenta), skladišti se u pokrivenom depou cca. 25.000 t i sa deponije se putem transporterata transportuje u odgovarajući bunker u pogonu kapaciteta 150 t. Granulacija materijala je od 0-60 mm, a vlažnosti 3-5%. Niska komponenta (lavorovita glina, glina, pepeo) kao druga sirovinska komponenta skladišti se na otvorenom i zatvorenom depou i istim sistemom transporterata doprema u odgovarajući bunker kapaciteta 150 t. Granulacija niske komponente je 0-60 mm i vlažnosti od 0- 10%. Iz bunkera se krečnjak, niska komponenta (lavorovita glina, glina, pepeo) i korigujuća komponenta pjesak ispušta preko procesnih tračnih vaga na zajednički transporter koji ih otprema u drobilicu Mlin sirovina je sa kuglama i to strujni jer se iznos materijala obezbjeđuje glavnim cirkulacionim ventilatorom U mlinu sirovine se ujedno vrši istovremeno i mljevenje i sušenje na taj način što se topli plinovi iz rotacione peći (oko 350°C) putem ventilatora transportuje u mlin u istom smjeru kao što je kretanje sirovine mješavine.

jama, 1 prečistač voda sa separatorom za odvajanje ulja, 15 taložnika (separatora) oborinskih voda, 2 postrojenja za prečišćavanje oborinske vode.

Zaštita zraka

Instalirani su moderni sistemi za otpaćivanje tj. vrećasti i elektro sistemi. Stalno praćenje emisija potpomaže u provjeri stanja filtera kako bi se moglo pravovremeno izvršiti investiranje u njihovu popravku ili zamjenu.

Zaštita voda

Proizvodni sistemi Fabrike Cementa Lukavac uključuje sisteme vodosnabdijevanja industrijskom rashladnom, hidrantskom (protiv-požarnom) i vodom za piće. Izuzimanje industrijske rashladne vode vrši se iz glavnog kolektora Vodoprivrednog preduzeća Spreča i transportuje cjevovodom Ø 300 mm do pumpne stanice u FCL-u kapaciteta cca. $15 \text{ m}^3/\text{h}$. Prije ispuštanja tehnološke vode u rijeku Jalu vrši se prečišćavanje vode od masti i ulja u prečistaču voda sa separatorom za odvajanje masti i ulja. Procesne otpadne vode (vode nastale od hlađenja) su relativno čiste jer ne dolaze u dodir sa sirovinama, poluproizvodima, kao i gotovim proizvodima. Sve nastale sanitарne otpadne vode sakupljaju se u dvokomornim septičkim jamama, te u biološkom prečistaču. Nakon prihvatanja sanitarnih otpadnih voda i njihove obrade iste se spajaju sa procesnim otpadnim vodama i zajedno ispuštaju u rijeku Spreču. U krugu FCL-a izgrađen je sistem kanalizacije kojim se odvode sve otpadne vode do rijeke Jale.

Zaštita tla

Fabrika Cementa Lukavac ne vrši iskop sirovina (krečnjaka, laporovite gline, kvarcnog pijeska) nego se dobavljuju sa kamenoloma Vjenac i Dobojski, a laporovita glina sa površinskog kopa Đurđevik. Tlo direktno ne zagadujemo već indirektno deponovanjem laporovite gline u FCL na otvorene deponije kapaciteta 10.000 tona.

Zaštita od buke

Preduzete su značajne mjere u smanjenju negativnog uticaja ugradnjom vrata sa „sendvič limom“ za smanjenje buke i vibracija u procesu prozvodnje koje se javljuju uslijed rada postrojenja za meljavu sirovina i dodataka, te rada kompresora.

Svjetska iskustva

Sa stajališta zbrinjavanja otpada u cementnoj industriji važno je spomenuti da iz sirovine i iz goriva u klinker »dolaze« i teški metali u sljedećim uobičajenim koncentracijama. (Hg – 0,15 mg/kg; Tl, Cd – 1,50 mg/kg; Sb; Pl, Cu – 80 mg/kg; Ni – 140 mg/kg; Cr; V – 200 mg/kg; Zn – 350 mg/kg; Ba – 1000 mg/kg).

Temperatura materijala i plinova u peći s ciklonskim izmjenjivačem plina prikazuje tabela 9.8.4.1. i dijagram na slici 9.8.4.4.

Tabela 9.8.4.1. Pregeled temperatura u peći za klinker i spalionicama opasnog otpada
Table 9.8.4.1. Temperatures in the furnace clinker and hazardous waste incinerators

Parametar	Cementna peć	Spalionica opasnog otpada
Najviša temperatura plamena	> 2200 °C	> 1500 °C
Najviša temperatura materijala	1450-1500 °C	> 1400 °C
Zadržavanje plinova > 1100 °C	6 - 10 sekundi	0-3 sekunde
Zadržavanje materijala > 1100 °C	20-30 minuta	2-20 minuta
Oksidacijska atmosfera	da	da
Turbulencija (Reynoldsov broj)	> 100.000	> 10.000

A.Dureković, Cement, cementni kompozit i dodaci za beton, IGH i Školska knjiga, Zagreb, 1996.
R.Krstulovic, Tehnološki procesi anorganske industrije, Sveucilište u Splitu, Tehnološki fakultet, Split, 1986.

9.8.5. KORISTI I PRIMJENA ČISTIJE PROIZVODNJE NA POBOLJŠANJU ZAŠTITE OKOLIŠA U PROIZVODNJI KALCINIRANE SODE – Na_2CO_3 (SISECAM FABRIKA SODE LUKAVAC)

BENEFITS AND APPLICATION OF CLEANER PRODUCTION ON IMPROVEMENT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION IN CALCINATED SODIUM PRODUCTION

Mustafa Burgić

Univerzitet u Tuzli, Tehnološki fakultet Tuzla

Nihad Akeljić

Sisecam Fabrika sode Lukavac

Milovan Jotanović

Univerzitet Istočno Sarajevo, Tehnološki fakultet Zvornik

Kratak opis tehnološkog postupka proizvodnje kalcinirane sode – Na_2CO_3

Kalcinirana soda – soda (natrijumkarbonat), je hemijski proizvod koji se koristi u nizu grana hemijske industrije. Natrijumkarbonat je poznat pod komercijalnim nazivom soda i poslije natrijumchlorida predstavlja najznačajniju so natrijuma. Upotrebljava se najčešće kao sredstvo za neutralizaciju i podešavanje pH vrijednosti rastvora u procesu kao i za proizvodnju niza hemikalija kao što su kriolit, perborat fosfat, silikat i drugi, sredstva za pranje i sapune, zatim u industriji celuloze, papira, tekstila, stakla, keramike, hrane, neorganskih pigmenata, aluminijuma, za omekšavanje vode , itd.

Najznačajnije komercijalne vrste kalcinirane sode (bezvodnog natrijumkarbonata) su „laka soda“ i „teška soda“ koje se međusobno razlikuju po raspodjeli veličina čestica a time i po nasipnoj zapreminskoj masi. Laka soda ima nasipnu zapreminsku masu od $500 - 600 \text{ kg} / \text{m}^3$, a teška soda od $1050 - 1150 \text{ kg} / \text{m}^3$. U industriji se više koristi teška soda pošto se manje praši i rasipa od lake sode.

Teška soda se proizvodi iz lake sode, koja direktno nastaje u procesu proizvodnje, na taj način što se vreloj sodi iz procesa kalcinacije dodaje toliko vode da nastaje $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, koji se potom podvrgava dehidrataciji.

Osnovne karakteristike Solvay– evog procesa proizvodnje sode

Solvay–ev , ili amonijačni postupak proizvodnje zasniva se na obrazovanju relativno teško rastvornog natrijumhidrogenkarbonata (poznatog u industriji sode pod imenom bikarbonat) uvedenjem CO_2 u rastvor NaCl – a zasićen amonijakom, što je prikazano reakcijom:



Proces dobijanja NaHCO_3 odvija se u dva stepena :

Prvi stepen je apsorpcija amonijaka u zasićenoj slanoj vodi . Kao rezultat ove operacije dobije se amonijačna slana voda u pogonu apsorpcije,



(Indeks $_{(\text{SV})}$ označava da se reakcija odvija u otopini soli, odnosno u slanoj vodi).

Toxicology in Transition, Eds.: Degen, G.H., Seiler, J.P., Bentley, P., Archives of Toxicology, Suppl.17, Springer-Verlag, New York-Berlin, 1995.

Walker, C.H., Hopkin, S.P., Sibly, R.M., Peakall, D.B.: Principles of Ecotoxicology, Taylor&Francis, London, 1997.

Winacker,K., L.Kuhler,Chemische Technologie,Band I-VII,Carl Hanser Verlag, Munchen, 1971.

Wu C.-H.: Adsorption of reactive dye onto carbon nanotubes: Equilibrium, kinetics and thermodynamics, J. Hazard. Mater. 144, 93-100, 2007.

9.8.6. PROIZVODNJA NATRIJUMHLORIDA (Kuhinjska sol) I OKOLINA PRODUCTION OF SODIUM CHLORIDE AND ENVIRONMENT

Mustafa Burgić

Univerzitet u Tuzli,Tehnološki fakultet Tuzla

Izudin Kapetanović, Abdulah Ahmetović, Ragib Babović

Solana DD. Tuzla

Milovan Jotanović

Univerzitet Istočno Sarajevo,Tehnološki fakultet Zvornik

Uvod

Solana Tuzla je jedini proizvođač soli u BiH i najveći proizvođač soli na području bivše Jugoslavije (ostali proizvođači su Solana Ulcinj, Solana Pag i Solana Portorož). Zbog trenutne ekonomskog situacije nije moguća izgradnja novih proizvodnih pogona i već godinama se radi na revitalizaciji i modernizaciji postojećih postrojenja. Fabrika u ovom momentu doživljava značajne promjene u smislu revitalizacije u skladu sa kontinuiranim tendencijama osavremenjavanja tehnološkog procesa i zaštite okoline. Proizvodnja soli u Tuzli datira od 1885 godine, u industrijskim razmjerima, dok uopšteno gledano proizvodnja soli na ovim prostorima ima tradiciju od više stotina godina. Trenutno se proizvodnja odvija u četverostepenoj vakuum isparivačkoj stanici, u tri smjene. Napor koji se ulaže u cilju optimalizacije proizvodnje koji vode ka nižoj proizvodnoj cijeni soli, kao i operativnoj pouzdanosti postrojenja, efikasnosti korištenja sirovina i energije, istovremeno imaju svoje efekte uticaja proizvodnje soli na okolinu. Pored značajnih količina osnovne sirovine, slane vode proizvodno postrojenje zahtjeva i značajne količine energije (tehnološke pare) kao i dodatnih sirovina. Kvalitet sirovina i funkcionalnost rada postrojenja imaju veliki uticaj na sastav, količinu i tretman otpadnih voda.

Djelatnost fabrike bazira se na proizvodnji soli u više assortmana, kao i drugih proizvoda na bazi soli:

- | | |
|------------------------------|-------------------------------------|
| - Jodirana so za jelo | - Tabletirana so |
| - Nejodirana industrijska so | - Nitritna so |
| - So za kožarsku industriju | - Dodatak jelima sa sušenim povrćem |
| - So za posipanje puteva | - Supe |

Proizvodnja gore navedenih proizvoda, po tehnološkim cjelinama, odvija se u više pogona i to:

- | | |
|--|---|
| - pogon za prečišćavanje slane vode; | - pogon za proizvodnju dodatka jelima sa sušenim povrćem; |
| - pogon za proizvodnju soli; | - pogon za proizvodnju supa. |
| - pogon za sušenje, pakovanje i skladištenje soli; | |
| - pogon za proizvodnju nitritne soli; | |

So je hemijski proizvod koji se koristi u prehrani, raznim granama industrije i za posipanje puteva.

Prema literaturi so se koristi u oko 14.000 proizvoda.

Struktura potrošnje soli je (projek)

9.8.7. UPRAVLJANJE MEDICINSKIM OTPADOM U TUZLANSKOM KANTONU MEDICAL WASTE MANAGEMENT IN TUZLA CANTON

Franc Andrejaš, Zoran Iličković, Gordan Avdić

Univerzitet u Tuzli, Tehnološki fakultet Tuzla

Aleksandar Aleksovski

Zada pharmaceutical Tuzla

Uvod

Ratna zbivanja su na prostoru Tuzlanskog Kantona (TK) kao uostalom u BiH u cjelini, kao direktnе posljedice donijela, može se slobodno reći, katastrofalno stanje u ekonomiji a to je opet posredno dovelo do ozbiljnog pogoršanja stanja u upravljanju medicinskim otpadom, posebno kada se govori o poboljšanjima u odlaganju, koja su se pojavila početkom devedesetih godina i koja bi da tada nisu zaustavljena dovela do ubrzanih izjednačavanja sa praksom i standardima Evropske Unije (EU). Degradiranje standarda u oblasti zdravstva, u ratu i poslije rata, rezultiralo je postepenim narastanjem negativnih učinaka po javno zdravlje. To je posebno izraženo u slučajevima direktnе izloženosti radnika koji rukuju medicinskim otpadom, zatim u slučajevima naselja u neposrednoj blizini odlagališta ili preko zagađenja voda, bilo onih koje služe za vodozahvate pitke vode, bilo onih koje se koriste za navodnjavanje usjeva i napajanje stoke. Ukoliko bi se ova nepoželjna praksa nastavila, tada postoji velika opasnost za još veće i ozbiljnije posljedice po zdravlje. Nastavljanje i povećanje zagađenja, te gubitak površinskih izvora pitke vode će zahtjevati skupe postupke prečišćavanja i saniranja zemlje i vode. Zbog svega toga je unapređenje upravljanja medicinskim otpadom identificirano kao visoki prioritet.

Evidentno je da se EU standardi u upravljanju medicinskim otpadom koji su trenutno na snazi ne mogu trenutno implementirati u naš sistem, te je promjena u smislu postepene nadgradnje jedini kako ekonomski, tako i socijalno prihvatljiv način na koji se mogu proizvesti poboljšanja koja bi dala dugoročne pozitivne rezultate.

U kompleksu mjera za upravljanje medicinskim otpadom, jasno se izdvajaju četiri osnovna aspekta:

- pravni,
- ekonomski,
- organizacioni i
- tehnološki.

Očigledno je da se samo multidisciplinarnim pristupom i racionalnim rješenjima pruža mogućnost uspješnog upravljanja medicinskim otpadom.

Medicinski otpad je otpad od zdravstvene zaštite ljudi i životinja i srodnih istraživanja. Svaki materijal nastao od tretmana dolazećih ili odlazećih pacijenata na medicinskim ili hiruškim odjeljenjima bi trebalo da predstavlja medicinski otpad. Pod medicinskim otpadom se podrazumijeva sav otpad nastao u zdravstvenim ustanovama, bez obzira na njegov sastav, osobine i porijeklo. Nastanak otpada uopšte je posledica ljudske djelatnosti, pa tako i zdravstvene. Medicinski otpad predstavlja značajan problem za zdravlje ljudi, životinja i ekološki sistem. Svako civilizirano društvo svjesno je opasnosti do kojih može doći zbog neodgovornog postupanja s otpadom koji nastaje u zdravstvenim ustanovama, s jedne strane za zdravstvene radnike i druge zaposlene, korisnike usluga, a s druge strane za bližu i dalju okolinu. Razvoj zdravstvene tehnologije promjenio je količinu i sastav otpada.

Otpad koji nastaje kao rezultat pružanja zdravstvenih usluga, u zdravstvenim ustanovama, predstavlja mješavinu komunalnog i opasnog medicinskog otpada. Uobičajena klasifikacija svrstava medicinski otpad na osam glavnih kategorija:

- opšti otpad,
- patološki otpad,
- radioaktivni otpad,
- hemijski otpad,

9.8. 8. STUDIJA SLUČAJA RJEŠAVANJA OKOLIŠNIH PROBLEMA U ŠALEŠKOJ DOLINI CASE STUDY SOLUTION OF ENVIRONMENTAL PROBLEMS IN ŠALEŠKA VALLEY

Stanko Blatnik

IPAK Institut, Velenje

Šaleška dolina ili Velenjska kotlina je dolina u sjevernom dijelu Slovenije. Dolina leži u smjeru sjeverozapad-jugoistok, približne je dužine 8 km i širine 2 km. U dolini se nalaze najveće zalihe ugljena u Sloveniji, sa debljinom sloja (165 m) koja spada među najveće na svijetu. Do sada je u dolini iskopano više od 180 miliona tona lignita.

Zbog rудarstva dio doline tone, tako da su unutar eksplotacione zone rudnika Velenje nastala Šaleška jezera. Najveće jezero je Velenjsko jezero, zatim slijedi Družmirsko jezero te Škalsko jezero, koje je nastalo još prije drugog svjetskog rata.

Eksplotacija ugljena počela je 1875., a već 1905. je u blizini rudnika izgrađena prva termoelektrana (Seher, 1995).

Međutim, pravi industrijski razvoj dolina je doživjela nakon drugog svjetskog rata. Proizvodnja ugljena je brzo rasla, te se ustalila na oko 4.000.000 tona godišnje. U dolini je izgrađena termoelektrana snage 779 MW koja danas daje trećinu električne energije u Sloveniji (u kriznim stanjima i 50%). Šezdesetih godina prošlog vijeka u Velenju se razvilo poduzeće "Gorenje" koje danas proizvodi oko 4 miliona velikih kućanskih aparata i jedan je od najvećih izvoznika u Sloveniji.

Brzi razvoj u drugoj polovici 20-tog stoljeća doveo je do velikih ekoloških problema u dolini. Na mjestu manjih naselja nastala su jezera, od kojih je najveće Velenjsko imalo ph 12 zbog odlaganja pepela iz termoelektrane. Rijeka Paka koja teče kroz dolinu postala je jedna od najzagadenijih rijeka u Sloveniji. Zrak je bio zagađen plinovima iz termoelektrane (SO_x, NO_x). Pojavile su se kisele kiše koje su uništavale šume u okolini doline (Svetina, 2004).

U 1980-tim godinama u Šaleškoj dolini nastaje jak ekološki pokret koji kulminira sa zahtjevima za ekološku sanaciju termoelektrane u Šoštanju. Ta civilna incijativa je ubrzala donošenje odluka o sanaciji tako da su početkom 1990-tih godina doneseni programi sanacije vode, zraka i zemljišta u Šaleškoj dolini. Ti programi su uspješno realizovani tako da je zagađenje bitno smanjenje, a dolina danas predstavlja pozitivan primjer uspješne ekološke sanacije.

Sanacija rijeke Pake

Glavni vodotok Šaleške doline Rijeka Paka je u osamdesetim godinama prošlog stoljeća spadala među najzagadenije vodotokove u Sloveniji. Oko 40.000 stanovnika doline predstavljalo je preveliko opterećenje za rijeku. Pored toga, rijeku su zagađivala industrijska poduzeća te rudnik. Tada je Paka bila u četvrtoj kategoriji, praktično rijeka bez života. Zato je 1991. puštena u pogon naprava za čišćenje otpadnih voda, kojom je iz rijeke mehanički očišćeno 40% otpada, a u rijeku se vratio život.

Početkom 1990-tih opština Velenje je kao cilj sanacijskog programa postavila izgradnju druge faze naprave za čišćenje otpadnih voda. Tako je 2006. u probni rad puštena centralna naprava za čišćenje otpadnih voda (slika 9.8.8.1). Čišćenje se obavlja postupkom biofiltracije sa fiksiranim biomansom, u kojem se ciljno vodi oksidacija ugljika, nitrifikacija i denitrifikacija. Ta tehnologija zahtijeva bitno manju zapreminu naprave pri jednakim efektima čišćenja.



Slika 9.8.8.1. Centralno postrojenje za čišćenje otpadnih voda
Figure 9.8.8.1. Central wastewater treatment plant.

Tabela 9.8.8.1. Rezultati probnog rada iz decembra 2006. godine.
9.8.8.1. Results of test work of plant in December 2006.

Parametar	Jedinica	MDV-Garantiran nivo čišćenja	Postignuto
BPK ₅	mg/l	20	0,0 - 13,7
KPK	mg/l	90	52 - 74
N- NH ₄	mg/l	10	1,0 - 3,3
Suspendirana materija	mg/l	30	0 do 10

Rijeka Paka je postala rijeka II kategorije. Sama naprava služi kao primjer zatvorenog sistema, jer se bioplin koji se dobija iz mulja koristi za kogeneraciju topline i električne struje, koje sistem koristi za grijanje te pogon kompresora. Konačni tvrdi otpad bi se mogao koristiti kao đubrivo. Izgradnja naprave je koštala 10 miliona Eura, od toga je iz EU fondova dobijeno 4,5 miliona.

Tabela 9.8.8.2. Polugodišnje praćenje parametara.
Table 9.8.8.2. Half-year parameter recording.

Parametar	JM	MDV	Januar - juni	April - juni
Amonijev azot	mg/l	10	2,5	0,9
Ukupni dušik	mg/l	15	-	12,5
BPK5	mg/l	20	22,4	14,1
KPK	mg/l	110	63,2	46,1
Ukupni fosfor	mg/l	1	1,9	* 0,9
Suspendirana materija	mg/l	35	41,5	19,6

Sanacija Velenjskog jezera

Velenjsko jezero je trenutno najveće u dolini. Godine 1960. imalo je 2,6 miliona m³ vode i površinu od 25 ha. Do 1998. zapremina jezera povećala se skoro deset puta (25 miliona m³), a površina više od pet puta (135 ha). Jezero je dugo 1.430 m i široko 1.210 m. Sa dubinom od 54 m dublje je od Bohinjskog jezera 45 m (Štrbenk, 1999, str. 48).

Do 1983. Velenjsko jezero služilo je za odlaganje pepela iz šoštanjske termoelektrarne. Suspenzija pepela i vode u jezero je odvođena cijevima. Kod takvog transporta iz pepela se izluže razni hidroksidi, koji povećavaju alkalitet vode. Zbog toga je pH vode u jezeru bio izuzetno visok (12), tako da u njemu nije bilo živih organizama. Pošto je ustanovljeno da je glavni uzrok zagadivanja Velenjskog jezera transportna voda, 1994. godine izgrađen je zatvoren sistem odstranjuvanja pepela.

9.8.9. ZBRINJAVANJE OPASNOG OTPADA DISPOSAL OF HAZARDOUS WASTE

Midhat Jašić

Univerzitet u Tuzli, Tehnološki fakultet

M. Matić, Milica Markanović

Kemokop Tuzla

Uvod

Introduction

Polazeći od osnovnih prava svake osobe, među kojima je svakako i ustavno pravo na zdrav i ekološki prihvatljiv okoliš, pogodan za zdravlje i blagostanje, razumljiva je sama po sebi, pojedinačna i društvena dužnost zaštite i poboljšanja okoliša za dobrobit sadašnjih i budućih naraštaja.

Kontakt sa opasnim otpadom može prouzrokovati povrede ili oboljenja kod ljudi i životinja, a loš tretman, skladištenje i odlaganje opasnog otpada može izazvati zagadenje tla, zraka i vode. Tlo je neobnovljivi prirodni resurs, i zajedno sa vodom, zrakom i organizmima sačinjava eko-sistem. Voda i otpad su usko vezani, nekontrolirano odložen otpad dospijeva do podzemnih voda koje „sistomom krvotoka“ kroz riječne slivove i rijeke zagađuju zemlju. Nastavljanje i narastanje zagadenja, te gubitak površinskih izvora pitke vode će zahtjevati skupe postupke prečišćavanja i saniranja zemlje i vode.

Opasan otpad je definiran kao opasna otpadna materija koja ima bar jednu od opasnih karakteristika: eksplozivnost, zapaljivost, sklonost spontanom sagorijevanju, sklonost oksidaciji, uzrokuje infektivnost, tvar koja je sklna koroziji, tvari koje u kontaktu sa vodom oslobođaju zapaljive plinove, tvari koje u kontaktu sa zrakom oslobođaju otrovne plinove, ukoliko sadrži otrovne tvari sa odloženim hroničnim djelovanjem kao i toksične karakteristike te ambalaža u kojoj je bio ili jest spakovan opasni otpad (Basel Convention 1995). U odnosu na navedene karakteristike jasno je da upravljanje opasnim otpadom zahtjeva specijalno rukovanje i postupke obrade kako bi se izbjegli rizici i štetna djelovanja na zdravlje i životnu sredinu.

Efikasno upravljanje otpadom nema samo ekološke ciljeve i efekte, nego i veliki ekonomski značaj. Odvojenim prikupljanjem iskoristivog otpada koji ima tržišnu vrijednost i koristi se u nekim drugim procesima kao sirovina (papir, plastika, staklo i sl.) smanjuje se količina otpada. Miješanjem opasnog otpada sa neopasnim povećava se količina opasnog otpada, a samim tim i cijena zbrinjavanja te vrste otpada.

Opasan otpad u BiH se još uvijek zbrinjava od strane komunalnih preduzeća, jednim dijelom zbrinjavanje rade ovlaštena preduzeća za prikupljanje i zbrinjavanje opasnog otpada ili se skladišti u industrijskim/ bolničkim krugovima.

Zakonska legislativa

Legislation

Upravljanje otpadom kao ključno pitanje zaštite okoliša na području Evrope je uređeno *Okvirnom direktivom o otpadu* (2008/98/EC) donesenom od strane Evropskog vijeća 19.11.2008.god., *Odlukom Evropskog vijeća* 2000/532/EC kojom se uspostavlja Evropska lista otpada i *Uredbom* 1013/2006 kojom se definira transport otpada između država. Baselska konvencija o kontroli prekograničnog kretanja opasnog otpada i njegovog odlaganja, donesena je 1989.god. a usvojena 05.05.1992.god., izmijenjena je i dopunjena u Ženevi 22.09.1995.god. i sprovodi se u okviru programa UN za životnu sredinu. Bosna i Hercegovina propisuje zakone i pravilnike uskladene sa navedenom Evropskom regularivom i prilagođene našim uslovima. Prema ustavu BiH, entiteti su zaduženi za zaštitu okoliša, te su svi relevantni okolišni zakoni doneseni na nivou entiteta. U Federaciji BiH nadležni organ u ovom segmentu, Federalno ministarstvo okoliša i turizma je izradilo i usvojilo Zakon o upravljanju otpadom („Sl. novine FBiH 33/03 i 72/09) te pravilnike i uredbe koji uređuju upravljanje otpadom u FBiH. Prema zakonu o upravljanju otpadom FBiH zabranjen je uvoz otpada u BiH.

9.8.10. RAZVOJ PROCESA ZA PROIZVODNJU BAZNIH ULJA PROCESS DEVELOPMENT FOR BASE OILS PRODUCTION

Pero Dugić, Zoran Petrović

Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet Zvornik

Savremena motorna ulja formulisana su od različitih baznih ulja i sintetičkih hemijskih aditiva. Bazna ulja obezbjeđuju niz funkcija finalnom proizvodu-motornom ulju i to: *podmazivanje* – stvaranjem sloja fluida koji razdvaja pokretnе površine, *hlađenje i čišćenje* kontaktnih površina– odvođenjem toplote i odnošenjem čestica habanja iz područja pokretnih radnih površina. Međutim, niz novih i poboljšavanje postojećih osobina baznog fluida, kao i zaštitu od oksidacije samog baznog fluida obezbjeđuju posebno razvijeni hemijski aditivi. Bazni fluidi su istovremeno i nosioci aditiva, odnosno rastvarači koji moraju držati aditive u rastvoru u širokom području radnih temperatura i pritisaka. Još uvek su u formulacijama motornih ulja najzastupljenija bazna ulja dobijena fizičko-hemijskim procesima iz sirove nafte. Današnje svjetske potrebe za mineralnim baznim uljima su oko 36 miliona tona. Razlozi za dominantnu ulogu mineralnih baznih ulja u proizvodnji svih vrsta maziva su: odgovarajuće tehničke performanse, raspoloživost, a pri tome je cijena povoljnija od svih alternativnih baznih fluida. Brojni savremenih rafinacionih tehnoloških procesa omogućuju proizvodnju baznih ulja koja imaju odlične performanse za formuliranje motornih ulja uz ekonomski prihvatljive proizvodne troškove. Bazni fluidi ne-mineralnog porijekla primjenjuju se u formulacijama maziva kada su neophodne posebne osobine, koje mineralna ulja ne mogu ispuniti u pogledu tehničkih ili ekoloških zahtjeva. Ovi zahtjevi ubrzano nameću sve veću upotrebu tzv. nekonvencionalnih baznih fluida u formulacijama motornih ulja za današnje motore putničkih i komercijalnih vozila.

Sve oštlijih tehnički i ekološki zahtjevi koji se postavljaju pred proizvođače motornih ulja, smanjuju mogućnost primjene klasičnih separacionih procesa prerade nafte u svrhu dobijanja baznih ulja. U svrhu promjene hemijskog sastava polazne sirovine, odnosno dobijanja baznih ulja koja imaju znatno bolje osobine od onih koje se postižu samo odstranjanjem nepoželjnih jedinjenja, razvijeni su mnogobrojni katalitički hidrogenizacioni procesi. Proizvođači baznih ulja, proizvode različite vrste baznih ulja u pogledu hemijskog sastava, odnosno funkcionalnih fizičko-hemijskih karakteristika, kao što su viskoznost, niskotemperaturne karakteristike, promjena viskoznosti sa temperaturom, otpornost na oksidaciju i dr. Proizvođači – formulatori motornih ulja, najčešće raspolažu vlastitom proizvodnjom određene vrste baznih ulja, a ostale vrste baznih ulja i aditive nabavljaju od drugih proizvođača.

Konvencionalni postupci proizvodnje baznih ulja Convencional processes of base oil production

Kao prva maziva mineralnog porijekla korišćeni su ostaci nafte nakon destilacije lakih frakcija, ali ubrzo je otkriveno da je moguće poboljšati kvalitet maziva dodatnim veoma jednostavnim procesima kojima se odvajaju manje poželjne komponente kao što je asfalt, parafinski vosak i aromatska jedinjenja. Destilacija pod vakuumom omogućava separaciju mazivih destilata iz ostatka atmosferske destilacije sirove nafte, a asfaltno-smolasta jedinjenja ostaju u ostaku destilacije. Parafinski vosak se izdvaja hlađenjem i filtriranjem destilata. Sadržaj aromatskih ugljovodonika smanjivan je tretiranjem ulja sa sumpornom kiselinom i separacijom kisele smolaste faze. Finalni tretman dobijenog, kiselinom rafinisanog, baznog ulja vršen je adsorpcijom na kiselinom aktiviranoj zemlji za bijeljenje, pri čemu se odstranjuju kisi ostaci i preostala asfaltno-smolasta jedinjenja.

Ovi procesi su uglavnom šaržni, zahtijevaju obimna laboratorijska ispitivanja u fazi pripreme i određivanja procesnih uslova, kao i za kontrolu pojedinih faza procesa, iskorišćenje je nisko, a kvalitet proizvoda loš. Međutim, najveći nedostatak ovih procesa je negativan uticaj na radnu i životnu sredinu i zato oni danas imaju samo istorijski značaj. Kao sporedni proizvodi ovog postupka, nastaju kisi talog i zauljeni adsorbent koji su deponovani u otvorena odlagališta u samoj rafineriji ili u neposrednoj blizini. Još uvek u mnogim rafinerijama ili u njihovoј blizini nalaze se deponije (odlagališta) kiselog taloga-gudrona i drugih zauljenih materijala iz procesa rafinacije kiselinom. Nove tehnologije omogućuju kontinuirano izvođenje procesa i velike kapacitete koji doprinose sniženju proizvodnih troškova i ujednačenom stabilnom kvalitetu proizvoda. Ove nove procesne metode zasnovane su na