



16.-17. Decembar/December 2016.

ANALIZA MOGUĆNOSTI SNABDIJEVANJA KANTONALNE BOLNICE U TRAVNIKU MEDICINSKIM KISEONIKOM IZ AUTONOMNOG POSTROJENJA

Sejad Tukar, dipl.ing.maš., email: tsejad123@gmail.com
„Srednja stručna škola“ Bugojno

Sažetak: U kategoriji medicinskih gasova kiseonik zauzima posebno mjesto kao osnovni gas, sa veoma širokim spektrom upotrebe u svim oblicima liječenja bolesnika. Ni sam švedski apotekar Šile (Scheele) koji je otkrio ovaj gas nije bio svjestan koju će primjenu kiseonik imati u tehnici i medicini. Atomski broj mu je 8, atomska masa 16 a valenca -2. Pri normalnim uslovima (101325 Pa; 273,15K) je u gasovitom stanju i ima gustinu 1,429 kg/Nm³. U 1 m³ atmosferskog zraka zauzima prostor od 210 litara, i u većini današnjih postupaka dobijanja čistog kiseonika atmosferski zrak predstavlja osnovnu sirovinu. Kiseonik se može dobiti termičkim razlaganjem oksida metala ili razlaganjem (zagrijavanjem) soli koje su bogate kiseonikom, kao npr. hlorati, bihromati, bromati. Industrijsko dobijanje kiseonika se sve do 80-tih godina prošlog stoljeća vršilo frakcionom destilacijom tečnog zraka, koja je zasnovana na različitim vrelištima azota (-196°C) i kiseonika (-183°C). Za dostizanje potrebne čistoće kiseonika ovaj se postupak morao nekoliko puta ponavljati. Za dobijanje veoma čistog kiseonika koristio se postupak elektrolize vode pri kojem se na anodi dobija čist kiseonik, a zbog visoke cijene ovaj postupak je primjenjen tamo gdje je potreban i vodik i gdje ima dovoljno jeftine električne energije. U posljednjem desetljeću 20-stoljeća počinje aktivna primjena molekularnih sita za razdvajanje gasnih faza, što dovodi do industrijske proizvodnje generatora kiseonika. Medicinski kiseonik se dobavlja u dva farmaceutska oblika, tečni i komprimirani, a nalazi široku primjenu kod liječenja, ublažavanja tegoba i sprečavanja bolesti. (teški akutni napadi astme, terapija akutnog infarkta miokarda, kod trovanja ugljen-monoksidom, gdje djeluje kao protiv otrov, poboljšanje kondicije kod sportista, usporavanje starenja itd.). Svaka bolnica u svijetu ima svoj sistem snabdjevanja kiseonikom koji može biti centralni i lokalni.

Ključne riječi: Medicinski kiseonik, generatori kiseonika, molekularna sita, čistoća kiseonika, standardi, PSA, autonomni sistem

OPPORTUNITY ANALYSIS OF LOCALIZED MEDICAL OXYGEN SUPPLY SYSTEM OF COUNTY HOSPITAL TRAVNIK

Abstract : Oxygen takes special place in medical gases category as being primary gas having wide range of use in patient treatment. Even Swedish pharmacist Scheele did not anticipate how potentially useful this gas can be in future development of medicine and technology. Oxygen's atomic number is 8; atomic mass is 16 and atomicity equal to -2. At standard conditions (STP = 101325 Pa; 273,15K) is in gaseous state with density equal to 1,429 kg/Nm³ thereby one cubic meter atmospheric air contains 210 liters of oxygen. Most of the production of pure oxygen uses air as raw material. Oxygen can be produced by thermic dissolving of metal oxide or heating oxygen rich salts i.e. chlorates, bichromates, bromates. Industrial production of oxygen until the 80s was based on fractional distillation of liquefied air which is built on difference of high between boiling points of nitrogen (-196°C) and oxygen (-183°C). This process had to be repeated several times in order for the high purity level to be achieved. For the achievement of high purity rates the process of electrolysis of water was used where gaseous oxygen forms at anode. Because of the high costs of production, this process is used only when hydrogen is also produced or when the cost of electricity is low. At the end of the 20th century, the use of molecular sieves has increased, particularly in gas production. Medical oxygen is stored in two ways: liquid storage and compressed gas storage. It is also widely used in prevention



and treatment of various types of diseases such as acute asthma, acute heart failure, antidote in carbon monoxide poisoning, etc. Every hospital in the world has their own oxygen supply system. The system can be centralized or local.

Keywords: Medical oxygen, generator, molecular sieve, oxygen purity, standards, PSA, local system

1. UVOD

U kategoriji medicinskih gasova kiseonik zauzima posebno mjesto kao osnovni gas, sa veoma širokim spektrom upotrebe u svim oblicima liječenja bolesnika. Kiseonik se može dobiti termičkim razlaganjem oksida metala ($2\text{HgO} = 2\text{Hg} + \text{O}_2$; $2\text{BaO}_2 = 2\text{BaO} + \text{O}_2$) ili razlaganjem (zagrijavanjem) soli koje su bogate kiseonikom, kao npr. hlorati, bihromati, bromati ($2\text{KClO}_3 = 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$). U posljednjem desetljeću 20-stoljeća počinje aktivna primjena molekularnih sita za razdvajanje gasnih faza, što dovodi do industrijske proizvodnje generatora kiseonika. Medicinski kiseonik se dobavlja u dva farmaceutska oblika, tečni i komprimirani. Dobava se vrši u oba agregatna stanja u standardiziranim bocama za kiseonik i mobilnim rezervoarima svim vrstama transportnih sredstava.

2. POSTOJEĆI NAČIN SNABDIJEVANJA KANTONALNE BOLNICE MEDICINSKIM KISEONIKOM

Kantonalna bolnica "Travnik" ima svoj centralni sistem za razvod medicinskih gasova. Glavni dio toga sistema čini linija za kiseonik sa neuporedivo većom potrošnjom u odnosu na druge gasove. Dobavlja se u komprimiranom stanju u standardnim bocama od 40, 10 i 5 litara sa pritiskom 150 bara i skladišti u poseban objekt uz bolničku zgradu. Baterija boca se povezuje na razdjeljivač iza kojeg je postavljena dvostepena redukciona stanica. Ne postoje nikavi senzori za utvrđivanje kvaliteta kiseonika kod korisnika, a u procesu razvoda se indicira samo pritisak kiseonika. Unutrašnja instalacija je izvedena u smislu Pravilnika za unutrašnje cijevne vodove za kiseonik (sl. list SFRJ br. 52/90). Nedaleko od Kantonalne opće bolnice u Travniku, nalazi se i bolnica za plućne bolesti, koja je također značajan potrošač kiseonika. Ove dvije bolnice imaju zasebne sisteme za dobavu i razvod kiseonika. Dobavljač kiseonika se izabere na tenderu, a obavezan je ispuniti uvjete Pravilnika o medicinskim sredstvima i dostaviti ateste o čistoći kiseonika. Čistoća kiseonika za medicinske svrhe definisana je standardom ISO 10083 i Pravilima Evropske farmaceutске asocijacije (European Pharmacopeia), koji su u primjeni i BiH. Prema podacima Tehničke službe Kantonalne opće bolnice, ukupna godišnja potrošnja komprimiranog kisika iznosi:

- Godišnja potrošnja O_2 (za 2015 god): 17.386,69 kg/god.
- Prosječna mjesečna potrošnja: $17.386,69/12 = 1448,9$ kg/mj.

Prosječna dnevna potrošnja: 48,3 kg/dan (prema Avogadrovom zakonu 1 kg kisika ima zapreminu $0,7 \text{ m}^3$ pri normalnim uslovima). Pošto je maseni sadržaj boce od 40 litara (pri 15°C) 8,1 kilograma (odnosno $5,67 \text{ Nm}^3$), proizilazi da je dnevna potrošnja 6 boca komprimiranog kiseonika (odnosno $34,02 \text{ Nm}^3$) ili ukupno 180 boca mjesečno. Cijena kiseonika iznosi 1,872 KM/kg (uključen porez), što znači da Kantonalna bolnica Travnik za kiseonik prosječno plaća mjesečno 2.712,35 KM. Ako se uzmu u obzir i potrebe Bolnice za plućne bolesti onda mjesečne potrebe za kiseonikom iznose oko 4000 kg/mj., odnosno oko



16.-17. Decembar/December 2016.

500 boca mjesečno. (Vb=40 litara). Prema tome približno izračunato ,troškovi za kiseonik obiju bolnica u Travniku iznose oko 7.500 KM/mj. Napomena: Potrošnja kiseonika u Općoj bolnici Travnik je ispod standarsiziranih normi, po kojima za svaki bolnički krevet treba 45 litara/ h, a operacione sale i specijalističke ordinacije trebaju oko 600 litara/h kiseonika. (Prosječan zdravstveni centar u Srbiji potroši oko 60.000 kg kiseonika godišnje, što je 3 puta više nego potrošnja Kantonalne bolnice ,Travnik).

3. TRENDVI U DRUGIM ZEMLJAMA

Situacija u pogledu snabdijevanja bolnica kiseonikom u susjednim zemljama je približno ista kao i u Bosni i Hercegovini i traže se novi modeli za snabdijevanje bolnica kiseonikom. U Srbiji je asocijacija “Evropski pokret” inicirala projekat za izgradnju stanica za tečni kiseonik u deset odabranih zdravstvenih centara u Srbiji, čime bi se prema procjenama smanjili troškovi za kiseonik za cca. 60%.U ostalim zemljama u regionu se također javljaju ideje za osavremenjavanje sistema snabdijevanja osnovnim medicinskim gasom.Do 1970. godine kiseonik je bio veoma skup, i uglavnom se producirao i transportovao u tečnom stanju u bocama i pokretnim visokotlačnim spremnicima za kiseonik ,a kod korisnika su izvođene mjerne , isparivačke i regulaciono-redukcione stanice.Nakon 1970.godine u upotrebu ulazi nova tehnologija produciranja kiseonika iz zraka bez utečnjavanja koja je zasnovana na “mlekularnom situ” (molecular sieve) a danas je u svijetu poznata kao “PSA tehnologija”. (pressure swing technology).Ulaskom nove tehnologije, gasoviti kiseonik se počeo proizvoditi jeftinije sa dovoljnom čistoćom za industrijske svrhe ,a usavršavanjem “molekularnog sita” došlo se do čistoće kiseonika i za medicinske svrhe.Materijali za “molekilarna sita” privlače toliku pažnju svjetskih naučnika ali i poduzetnika tako da se održava asvjetska konferencija posvećena ovom materijalu , svake dvije godine . (do sada održano 16 konferencija).

4. STANDARDI ZA MEDICINSKI KISEONIK:

Izvor: Oxyplus,Oxygen generators,Tecnical cataloge				
Parameters		ISO 10083	United States USP XXII Oxygen 93%	European Pharmacopeia Oxygen 93%
Oxygen	O ₂	> 90%	90% – 96%	90 – 96 %
Carbon monoxide	CO	< 5 ppm	< 0.001%	< 5 ppm
Carbon dioxide	CO ₂	< 300 ppm	< 0.03 %	< 300 ppm
Sulfure dioxide	SO ₂	-	-	< 1 ppm
Nitrogen oxides	NO _x	-	-	< 2 ppm
Water	H ₂ O	< 67 ppm (-50°C)	-	< 67 ppm (-50°C)
Oil	-	< 0.1 mg/m ³	< 0.1 mg/m ³	< 0.1 mg/m ³

Regulatory standards and quality compliances



Tabela 1. Standardi za kiseonik (Izvor: Oxyplus,Oxygen generators,Tecnical cataloge)



5. MOLEKULARNO SITO (molecular sieve)

Molekularno sito je izrađeno od poroznog materijala sa porama jednake veličine. Dijametar pora je veličine malih molekula tako da ne mogu absorbirati velike molecule, a male molekule može. Dijametar molekularnog sita se mjeri u Ångstromima i nanometrima. ($1\text{Å}=10^{-10}\text{m}$; $1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$; $1\text{Å}=0.1\text{nm}$). Mikroporozni materijali imaju dijametar pora manji od 20 Ångstrema (2nm) a makroporozni materijali imaju pore dijametara većeg od 500 Ångstrema (50nm). U kategoriju mezoporoznih materijala spadaju materijali sa porama između 20 i 500 Å (2-50nm). Molekularna sita mogu biti mikroporozna, mezoporozna i makroporozna. Osnovni materijali za izradu mikroporoznih sita su :

- Zeolit LTA (alumino silikatni mineral, ali to nije aluminum silikat) sa porama 3-4 Å (0,3-0,4nm).
- Porozno staklo sa porama 10Å (1nm)
- Aktivni karbon sa porama 0-20Å (0-2nm)

Za izradu mezoporoznih sita se koristi silicon dioksid poznatiji kao silica gel sa porama 24Å (2,4nm) dok se makroporozna sita izrađuju od mezoporoznog silikona sa porama 200-1000Å (20-100nm). Prvi međunarodni simpozij o molekularnim sitima (zeolit) održan je 1967. godine u Londonu ,a do danas je održano 15 međunarodnih konferencija posvećenih ovom materijalu. Danas se na tržištu hemijskih proizvoda , molekularna sita mogu dobiti u sljedećim tipovima: Tip 3A, Tip 4A, Tip 5A i Tip 13X. sa osnovnim karakteristikama Tipa 13X datim u Tabeli 2: (Izvor: Molecular sieve-Technical information Bulletin/Sigma-Aldrich)

Type	13X
Composition	1 Na ₂ O : 1 Al ₂ O ₃ : 2.8 ± 0.2 SiO ₂ : xH ₂ O The sodium form represents the basic structure of the type X family, with an effective pore opening in the 9101 range.
Description	Will not adsorb (C ₄ F ₉) ₃ N, for example.
Major Applications	Commercial gas drying, air plant feed purification (simultaneous H ₂ O and CO ₂ removal) and liquid hydrocarbon/natural gas sweetening (H ₂ S and mercaptan removal).

Tabela 2: Karakteristike sita TIP 13X (Izvor: Molecular sieve-Technical information Bulletin/Sigma-Aldrich)

Za propuštanje određenih gasova pod oscilirajućim pritiskom odabiru se molekularna sita prema veličini molekula predmetnog gasa ,a kritična veličina molekula nekih gasova je data u sljedećoj Tabeli 3:



diam. (Å)			
Helium	2	Propylene	5
Hydrogen	2.4	Ethyl mercaptan	5.1
Acetylene	2.4	1-Butene	5.1
Oxygen	2.8	trans-2-Butene	5.1
Carbon monoxide	2.8	1,3-Butadiene	5.2
Carbon dioxide	2.8	Chlorodi fluoromethane (Freon 22®)	5.3
Nitrogen	3	Thiophene	5.3
Water	3.2	Isobutane to isodocosane	5.6

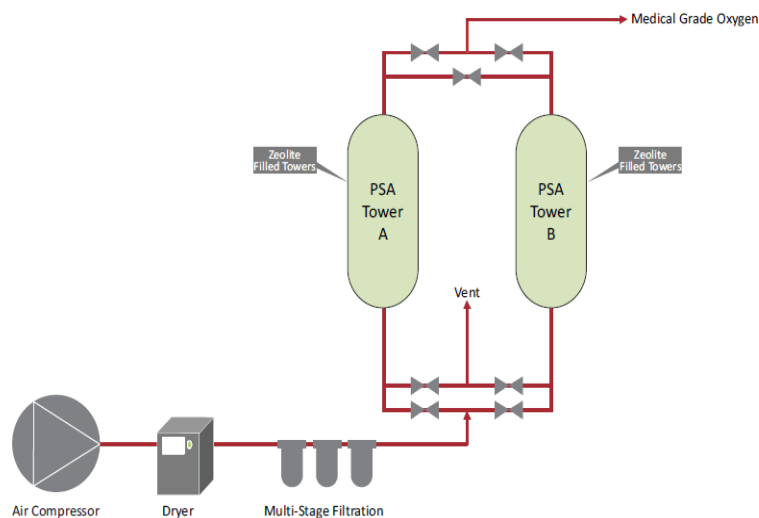
*Tabela 3: Kritična veličina molekula
(Izvor: Molecular sieve-Technical information Bulletin/Sigma-Aldrich)*

6. GENERATOR KISEONIKA

Princip rada generatora kisika je zasnovan na karakteristikama molekularnog sita, koje je osnovni dio generatora. Filtrirani i osušeni komprimirani zrak koji se sastoji od kiseonika (20,8%vol), azota (78%vol) a ostatak su drugi gasovi, dovodi se na jednu stranu molekularnog sita. Zrak se usisava iz atmosfere (995mbara), filtrira, komprimira zračnim kompresorom, skladišti u rezervoaru pod tlakom od 10 bara a zatim se dehidrira i provodi kroz mikrofiltere prije dodira sa molekularnim sitom. Molekularno sito propušta molekule kiseonika kroz mikropore a molekuli azota se adsorbuju na ulaznoj strani sita, tako da zrak na ulaznoj strani sita postaje prezasićen azotom, a na izlaznoj strani se dobija "čisti" kiseonik. (standardom definisana čistoća). Zrak iz ulazne komore, koji je prezasićen azotom (adsorbovani gas), ispušta se u atmosferu i proces se ponavlja. Da bi se održao kontinuitet u produkciji kiseonika postavljaju se dvije paralelne posude sa molekularnim sitima, tako da stalno jedna radi a druga se prazni. (vrlo mali diskontinuitet). Ovaj postupak produkcije kiseonika je poznat kao "PSA" postupak. (Pressure Swing Adsorption). Postupak omogućuje da se na izlaznoj strani sita dobije kisik sa čistoćom 99,5 %, a za ovu čistoću koja je viša od standardom propisane se prave dvostepeni generatori sa posebno izrađenim sitom i većim poprečnim presjekom posuda. Generator u svim varijantama treba obezbijediti čistoću od 93% +/- 3% kakva je propisana standardima u Europi. (ISO 10083).

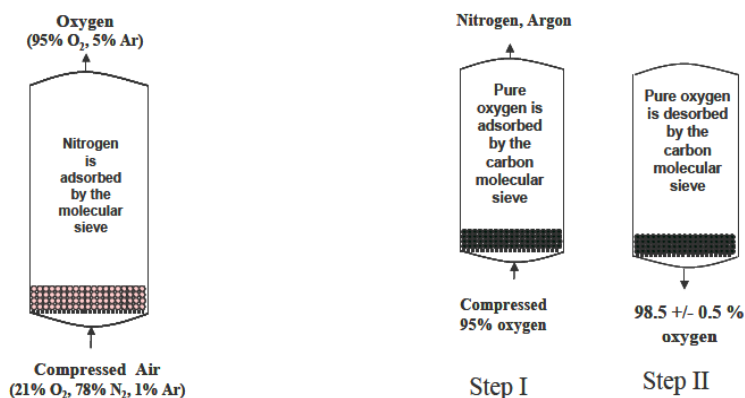


PSA PROCESS FLOW DIAGRAM



Slika 1: Princip rada PSA generatora kisika

(izvor: Airsep, Canada, High purity PSA oxygen system)



Slika 2: Jednostepeno i dvostepeno generisanje O₂

(izvor : Airsep, Canada, High purity PSA oxygen system)

7. PRORAČUN I IZBOR ELEMENATA SISTEMA PRODUKCIJE KISEONIKA

Osnovni element sistema produkcije kiseonika je PSA generator kiseonika (adsorbicija sa oscilirajućim pritiskom zraka na molekularnom situ). Kompletan system se sastoji od zračnog kompresora, grubog, finog i mikrofiltera za zrak, sušača zraka, PSA oxygen generatora, rezervoara za čisti kiseonik i sistema za nadzor i kontrolu kvaliteta proizvedenog kiseonika. Određivanje dimenzija i izbor kapaciteta generatora se vrši na osnovu sadašnjih potreba bolnica, a u slučaju potreba za većim kapacitetom će se dograditi još jedna linija sa



16.-17. Decembar/December 2016.

PSA generatorom, ili će se ugraditi još jedan rezervoar za čisti kiseonik. Proračun se izvodi za okolinske parametre koji važe za Travnik:

Koordinate za Travnik: 44°14' - SGŠ ; 17°40' - IGD, 561 masl.

Srednja godišnja temperature : 8,6 °C ; Apsolutna minimalna temperature: -21,8°C (januar)

Srednja godišnja relativna vlaga zraka: rH=79%

Srednja vrijednost atmosferskog pritiska: 952 mbara

(izvor: Pravilnik o tehničkim zahtjevima za toplotnu zaštitu-Prilog meteo zavoda FBiH)

7.1. Proračun kapaciteta za sljedeće ulazne podatke (obje bolnice):

- Mjesečne potrebe: $m = 4000 \text{ kg/mj}$ (5.5 kg/h)
- Vršna potrošnja: $m_{\max} = 1.5 \cdot m = 8.3 \text{ kg/h}$ (približno sadržaj jedne boce od 40 litara, vršna potrošnja se javlja radnim danom između 10 i 13 sati)
- Čistoća (purity) : 95%
- Atmosferski tlak: $p_a = 0,952 \text{ bar}$ (aps) ;
- $P_a \cdot V_{O_2} = m \cdot (R_u/32) \cdot T$ slijedi: $V_{O_2} = m \cdot (R_u/32) \cdot T / p_a = (8,3 \cdot (8315/32) \cdot 293) / 95200 = 6.4 \text{ Nm}^3/\text{h}$
- Teoretski potrebna količina zraka: $V_{Zr} = V_{O_2} / 0,21 = 30 \text{ Nm}^3/\text{h}$
- Step en izdvajanja na molekularnom situ prema podacima proizvođača generatora, za čistoću 95% iznosi oko 7% od ukupnog zraka, te će stvarna količina zraka biti:
- $V_{Zr_stv} = V_{Zr} / 0,07 = 428,6 \text{ Nm}^3_{Zr}/\text{h}$ (za proračun zračnog kompresora)
- Snaga zračnog kompresora kao osnovnog potrošača električne energije će biti:
- Gustina sabijenog zraka: $r_1 = p_1 / (R \cdot T_1) = (1 + 10) \cdot 100000 / (259,8 \cdot 343) = 12,3 \text{ kg/m}^3$
- Maseni protok zraka: $m_z = r_0 \cdot V_{Zr_stv} = 1,21 \cdot 428,6 = 518,6 \text{ kg/h}$ (0.144 kg/s)
- Napor kompresora: $Y_k = (p_1 - p_0) / r_1 = (11 - 1) \cdot 1000000 / 12,3 = 81300,8 \text{ J/kg}$
- Snaga pogonskog motora: ($\eta = 65\%$ - step en korisnog dejstva za centrifugalne kmpresore)
- $P_m = 1.2 \cdot Y_k \cdot m_{Zr} / \eta = 81300,8 \cdot 0.144 / 0,65 = 21613 \text{ Watts}$
Električnu energiju će trošiti i motor sušača zraka (refrigeration air dryer) koji će imati pogonski motor 1,85 kW (kao D600N-A). Za pogon elektromagnetnih i elektromotornih ventila te za upravljačko nadzorni system će se trošiti oko 1 kW. Prema tome, ukupno instalirana električna snaga će iznositi 24kW.
- Specifična potrošnja energije; $P_s = P_i / m_{O_2} = 24 / 8,3 = 3 \text{ kWh/kgO}_2$

7.2. Proračun cijene koštanja proizvoda

Cijena električne energije iznosi 0.2 KM/kWh što znači da će cijena jedinice proizvedenog kiseonika biti:

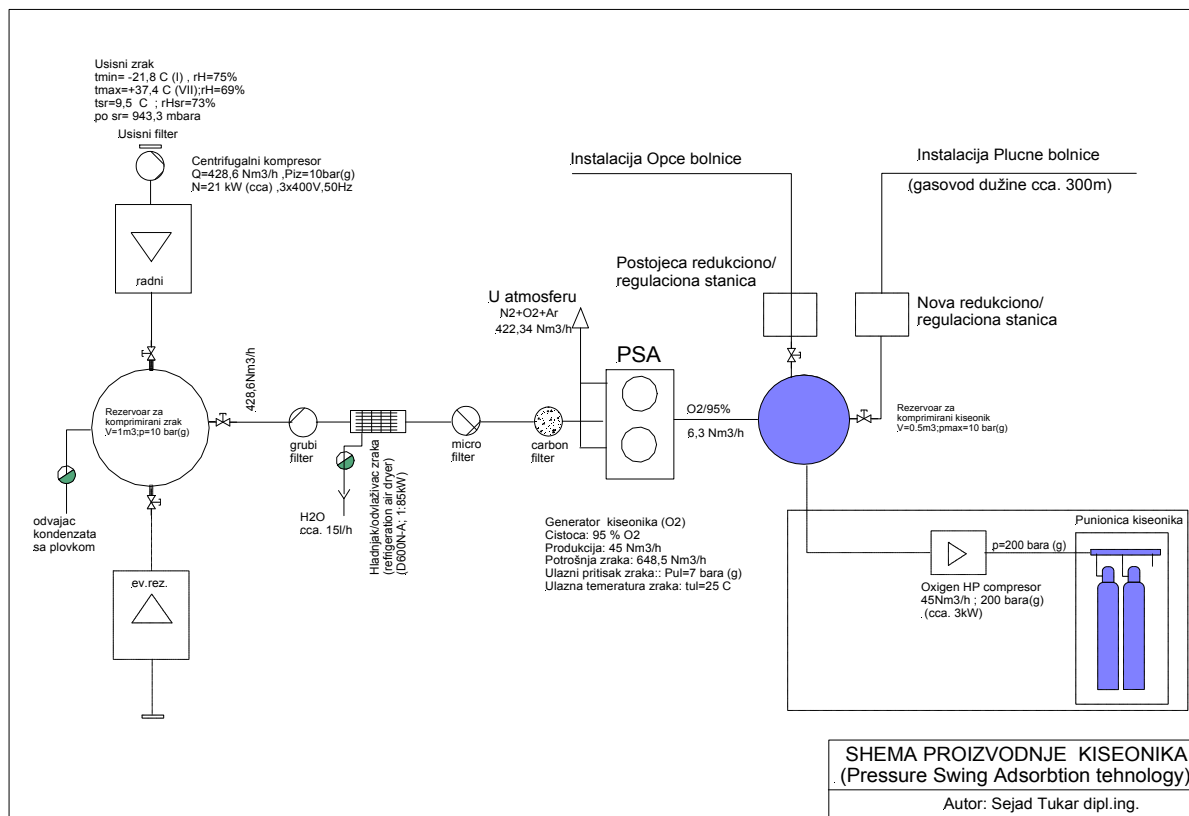
$$C_{(O_2)} = 3 \text{ kWh/kg} \cdot 0,2 \text{ KM/kWh} = 0,6 \text{ KM/kWh}$$

Imajući na umu da je sadašnja cijena kiseonika, koji se dobavlja za potrebe bolnica u bocama, u komprimiranom stanju 1,872 KM/kg, zaključak je da se troškovi za kiseonik na ovaj način smanjuju trostruko. Investicija u autonomni sistem proizvodnje kiseonika bi se isplatila za cca.5 godine korištenja, a taj bi se rok mogao skratiti dogradnjom punionice boca za potrebe ostalih bolnica i domova zdravlja u SBK/KSB.



16.-17. Decembar/December 2016.

8. SHEMA AUTONOMNOG SISTEMA PRODUKCIJE KISEONIKA



(crtež: original Autoskatch V5, u prilogu)

9. RAZLOZI ZA INVESTIRANJE U AUTONOMNI SISTEM PROIZVODNJE KISEONIKA

Na osnovu analiza mogućih rješenja za snabdjevanje kiseonikom , razmatranja postojećeg stanja, mogućeg objedinjavanja sistema za dvije bolnice , gasnih proračuna sa dokazom o troškovima energije po jedinici proizvodnje, raspoložive tehnologije i trendova u drugim zemljama dobija se sljedeći zaključak:

- 9.1. Ekonomski efekti se očituju kroz cijenu 1kg kiseonika. Cijena 1kg kiseonika u postojećem sistemu snabdijevanja iznosi 1,87 KM/kg a cijena kiseonika iz autonomnog postrojenja iznosi 0,6 KM/kg što je 3 puta manje u odnosu na postojeće stanje. (Cijena kiseonika je računata na bazi cijene električne energije 0,2 KM/kWh).
- 9.2. Za rukovanje i održavanje autonomnog postrojenja nisu neophodna posebna tehnička znanja. Postrojenje je potpuno automatizirano te nakon podešavanja parametara, svega nekoliko minuta je potrebno da počne isporuka čistog kiseonika. Održavanje se sastoji praktično u redovnoj kontroli i podmazivanju kompresora te periodičnoj zamjeni filterskih elemenata.
- 9.3. Vršiti se stalna kontrola čistoće kiseonika , dok u sadašnjim uslovima nema interne kontrole za čistoću kiseonika , već se ona prihvata po dokumentima o isporuci. Pored



- kontrole čistoće kiseonika, vrši stalno praćenje koncentracije CO i CO₂, a sistem se alarmira u slučaju prekoračenja limita.
- 9.4. Moguće je napraviti jedan sistem za dvije bolnice koje su međusobno udaljene cca. 300 metara. Na taj način je investicija za generator značajno manja a za gasovod se ulog povećava.
- 9.5. U postojećem sistemu potrošnja kiseonika je po bolničkom krevetu, broju intenzivnih i terapijskih jedinica i sala za izvođenje operacija, ispod normi koje važe u bolnicama zapadnih zemalja. Uvođenjem autonomnog sistema snabdijevanja došlo bi se do evropskih standarda potrošnje.
- 9.6. Moguće je eventualni višak produkcije dogradnjom visokotlačnog kompresora za kiseonik, skladištiti u boce i snabdijevati druge medicinske ustanove u kantonu.

LITERATURA:

- [1] Dr. Velimir Cenić :Osnove opšte i neorganske hemije, Naučna knjiga, Beograd, 1967.
- [2] Dr. Janko Herak: Opšta i anorganska hemija, Školska knjiga, Zagreb, 1968.
- [3] Inženjersko-tehnički priručnik, Druga knjiga, treće izdanje; Izdavačko preduzeće "Rad"
- [4] Beograd, 1979.
- [5] <http://molecularsievesiccants.com/25.novembar> 2016.
- [6] <http://www.zeochem.ch/dev/index.html>, 25.novembar 2016
- [7] http://www.ogsi.com/index.php?src=gendocs&link=home_ogsi, 26.novembar 2016.
- [8] <http://www.sorbeadindia.net/>, 26.novembar 2016.
- [9] <http://www.chartindustries.com/Industry/s/AirSep-Products-Division>, 29.novembar 2016.
- [10] http://www.atlascopco.com/nitrogenus/products/oxygen_generators/ 10. juli 2015.
- [11] <http://www.onsitegas.com/oxygen-generators.html>, 01.decembar 2016.
- [12] <http://www.uigi.com/oxygen.html>, 01.decembar 2016.
- [13] <https://www.sigmaaldrich.com/chemistry>, 01.decembar 2016.
- [14] <https://www.interraglobal.com/> 29.novembar 2016.
- [15] <http://www.audubonmachinery.com/> 30.novembar 2016.
- [16] <http://www.airproducts.com/> 28.novembar 2016.
- [17] <http://www.inmatec.de/en/oxygen-technology.html>, 10.juli 2015.
- [18] <http://www.oxywise.com/> 12.juli 2015.
- [19] <http://www.noxerior.com/products/psa-oxygen-generators.html> 25.novembar 2016.
- [20] <http://www.noxerior.com/products/psa-oxygen-generators/twin-tower.html>, 01.12.2016.
- [21] <http://www.genatek.com.tr/oksijenmodulerpsasistemler.htm>, 15.juli 2015.
- [22] <https://sh.wikipedia.org/wiki/Kiseonik> 8.juli 2015.
- [23] <https://en.wikipedia.org/wiki/Oxygen>, 8.juli 2015.
- [24] https://en.wikipedia.org/wiki/Medical_gas_supply 25.novembar.2016.
- [25] <http://www.nfpa.org/public-education/by-topic/s/medical-oxygen>, 01.decembar 2016.
- [26] Pravilnik o tehničkim zahtjevima za toplotnu zaštitu zgrada (Sl.list FBiH br. 49/09)
- [27] BAS EN ISO 7396-1/A1:2011; Cjevovodni sistemi za medicinske gasove
- [28] <http://gic.istm.cnr.it/index.php?id=93&L=1>; 29.novembar 2016.