

*Darko, NOVOSEL Tvornica turbina d.o.o., Karlovac  
Vedran, SLAPNIČAR Dr. sc. FSB, Zagreb*

## **USPOREDBA GLAVNIH ZNAČAJKI KLASIČNOG I VAKUUMSKOG NAČINA PRIKUPLJANJA I ODVODNJE SANITARNE OTPADNE VODE NA BRODU ZA RASUTE TERETA**

### **Sažetak**

Dana je usporedba klasičnog i vakuumskog sustava odvodnje sanitarne otpadne vode iz nadgrađa broda za rasute terete od 52000 tdw s 25 članova posade. Sustavi se uspoređuju prema potrošnji svježe sanitarne vode, trošku za proizvodnju potrebne količine svježe vode, vrijednosti materijala i rada potrebnog za izradu sustava, energiji koja se troši za funkcioniranje sustava i troškovima održavanja. Rezultati analize pokazuju da vakuumskim sustavima odvodnje treba dati prednost pri ugradnji. Niži troškovi u eksploataciji brzo nadoknađuju veće početno ulaganje.

*Ključne riječi: otpadna voda, odvodnja, sanitarna voda, vakuum*

## **COMPARISON OF MAIN CHARACTERISTICS BETWEEN CLASSICAL AND VACUUM DRAINAGE OF SEWAGE ON BULK CARRIER**

### **Summary**

Comparison of classical and vacuum sewage drainage from superstructure of 52000 tdw bulk carrier with 25 complement is given. Comparison comprise consumption of water for sanitary purposes, cost for generation of required quantity of fresh water, price of material and labour for construction, energy consumption in operation and maintenance costs. Analysis of results shows that vacuum drainage must be given the advantage against classical drainage. Lower costs in operation quickly refunds bigger initial investment.

*Key words: sewage, drainage, sanitary water, vacuum*

## 1. Uvod

Snažan razvoj brodskog prometa i koncentracija na određene plovne puteve doveli su do pretjeranog zagađivanja pojedinih područja te potrebe da se ono smanji. Osim zagađenja, porast cijena energije i materijala potrebnih za život broda te nacionalni i međunarodni propisi koji su regulirali i ograničili ispuštanje otpadne vode s brodova doveli su do toga da je zagađivanje okoliša i energetska učinkovitost tehničkih sustava prestalo biti samo pitanje morala, već i važno ekonomsko pitanje.

Otpadna voda na brodu može se razvrstati prema mjestu nastanka i zagađenju koje nosi. Predmet ovog rada je sanitarna i ostala voda za potrebe posade. Ona se na brodovima prikuplja i pročišćava uređajem na samom brodu ili čuva do mjesta kontroliranog iskrcaja. Obično na brodu postoji jedan sabirni tank ili uređaj za pročišćavanje, no kako je brod vrlo složen sustav na kojem je potrebno zadovoljiti niz često suprotstavljenih zahtjeva, projektiranje brodskog sustava odvodnje može biti zahtjevan posao. Za sustave odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda može se reći da su to sustavi kojih većina korisnika nije svjesna dok je sve ispravno, ali za bilo kakav zastoj odmah znaju svi.

## 2. Načini odvodnje sanitarne vode na brodovima

U općoj praksi postoji više načina odvodnje, a ovdje se promatraju dva koja prevladavaju na brodovima:

- klasična odvodnja - kad se nagibom cjevovoda osigurava tečenje otpadne vode prema sabirnom mjestu
- odvodnja cjevovodom pod vakuumom – način odvodnje kod kojeg, ispred sabirnog mjesta, postoji generator vakuuma pa stvorena razlika tlaka izaziva strujanje sadržaja prema mjestu sabiranja.

### 2.1. Klasični način odvodnje

Ovaj način odvodnje stariji i rašireniji. Sadržaj zahodske školjke ili drugog sanitarnog uređaja-potrošača teče slobodnim padom do centralnog sabirališta. Voda je istovremeno i radni medij koji nosi gušći materijal kroz cjevovod. Takav način odvodnje je jednostavan, ali za njegov ispravan rad potrebno je poštivati određene uvjete. Na horizontalnim pravicima, klasični cjevovod mora biti projektiran s umjerenim i konstantnim padom. Centralno sabiralište mora biti ispod najnižeg sanitarnog čvora. Primjena klasičnog sustava odvodnje na brodu više je ograničena ponašanjem samog broda. Na brodu koji plovi na visokom moru problem je održati potrebni nagib cjevovoda. Zato na brodu treba projektirati što kraće horizontalne dijelove cjevovoda, a više vertikalnih linija kroz visinu nadgrađa. Kod brodova s dugim nadgrađem i razvučenim potrošačima, ugradnja takvog cjevovoda moguća je samo uz uvjet da postoji više sabirnih mjesta duž broda.

Sanitarna oprema za klasične cjevovode je jednostavna, a promjeri klasičnih cjevovoda na trgovačkim brodovima su DN100-DN150. No za ispravno funkcioniranje, klasični cjevovod treba opskrbiti sa sustavom odzračnika koji su paralelni cjevovod. Za izradu cjevovoda materijal se kombinira. PVC se koristi iznad linije gaza, a čelik ispod.

Najveći nedostatak klasičnih cjevovoda u brodskim uvjetima je relativno velika količina vode koja se troši i bez koje sustav ne bi funkcionirao.

Čišćenje klasičnog cjevovoda nije zahtjevno. Jednostavno se mehaničkim sredstvima probiju čepovi i razmrve naslage na stjenkama cijevi, a potom isperu mlazom vode pod tlakom.

## 2.2. Odvodnja cjevovodom pod vakuumom

Drugi način odvodnje je da je cijeli cjevovod pod vakuumom. Generator vakuuma je kod sabirnog mjesta pa je strujanje kroz cjevovod izazvano razlikom tlakova na sanitarnom uređaju, u trenutku uzimanja sadržaja, i kod generatora vakuuma. Projektiranje vakuumskih cjevovoda je slobodnije. Potrošači mogu biti postavljeni iznad i ispod horizontalne linije cjevovoda na koji se spajaju, a mjesto prikupljanja ne mora biti najniža kota sustava. Poprečni presjeci vakuumskih cjevovoda su DN50-DN65 a grade se od istih materijala kao i klasični.

Vakuumski sustav troši manje vode za ispiranje zahodskih školjki. Međutim, za rad vakuumskog sustava potrebna je dodatna oprema, generator vakuuma, upravljani ventili na potrošačima, a i horizontalne linije cjevovoda imaju posebnosti.

Zbog vakuuma koji vlada u cjevovodu događa se jaka evaporacija vode uz izlučivanje krutina te stvaranja naslaga na stjenkama cjevovoda. Te naslage se čiste uz primjenu kemikalija.

## 2.3. Razrada sustava odvodnje

Za valjanu usporedbu klasičnog i vakuumskog cjevovoda prema prethodnim postavkama, na odabranom objektu će se formirati jedan i drugi sustav, zbrojiti potrebni materijal, masa i nabavna cijena kao zanimljive veličine.

Može se zaključiti da su klasični i vakuumski cjevovod različiti u svemu osim u namjeni i da usporedba mora obuhvatiti slijedeće glavne osobine:

- potrošnju vode
- cijenu izrade
- energiju u radu
- trošak održavanja.

Sve vrijednosti vezane za određivanje troškova i cijene vrijedile su okvirno u trenutku pisanja rada u listopadu 2011.

Objekt na kome se provodi analiza i usporedba sustava je brod za rasute terete slijedećih glavnih značajki:  $L_{OA} = 190\text{m}$ ,  $B = 32\text{m}$ ,  $H = 17\text{m}$ ,  $DWT = 52000\text{t}$  i  $POSADA = 25$ .

## 3. Troškovi sustava

### 3.1. Potrošnja sanitarne vode

Potrošnja vode za domaće potrebe na brodu može se planirati preko pravila za dimenzioniranje sabirnih tankova koja daju klasifikacijska društva [1]. Prosječna vrijednost potrošnje prema tim pravilima je kao u tablici 1.

**Tablica 1.** Potrošnja sanitarne vode

NOMINALNA POTROŠNJA SANITARNE VODE ZA OSOBNE POTREBE [ l/osoba,dan ]			
KLASIČNI SUSTAV ODVODNJE		VAKUUMSKI SUSTAV ODVODNJE	
$q_{FV,K}$	= 70	$q_{FV,V}$	= 15
$q_{SV,K}$	= 160	$q_{SV,V}$	= 160
$q_{T,K}$	= 230	$q_{T,V}$	= 175

gdje je:

$q_{FV}$ , (l/osoba,d) - nominalna potreba vode za zahode (fekalna voda)

$q_{SV}$ , (l/osoba,d) - nominalna potreba vode za ostale sanitarne potrebe

$q_T$ , (l/osoba,d) - nominalna potreba vode za domaće potrebe

$()_{0,K}$ , - index klasične odvodnje

$()_{0,V}$ , - index vakuumske odvodnje

To je količina svježje vode koja se po članu posade dnevno potroši za piće, kuhanje hrane, osobnu higijenu i ispiranje zahoda. Iz tablice je vidljivo da razlika u potrošnji postoji u fekalnim vodama. i one će biti u fokusu ovog proučavanja. Voda za sanitarne potrebe može se krcati kao zaliha i promatrati kroz trošak nabave i gubitak korisne nosivosti ili proizvesti na brodu i promatrati kroz utrošak energije za pripremu.

Uz pretpostavku da se zaliha vode obnavlja pri svakom ulasku u luku, doplova  $W = 18000$  NM i brzine  $v = 15$  kn, vrijeme zadržavanja na jednoj plovidbi je

$$T = \frac{1}{2} \cdot \frac{W}{v} \cdot \frac{1}{24} = \frac{1}{2} \cdot \frac{18000}{15} \cdot \frac{1}{24} = 25 \text{ d} \quad (1),$$

a brod može kroz godinu obaviti ~14 takvih putovanja. Pri tome je razlika u potrošnji vode klasičnog i vakuumskog sustava:

$$\Delta Q = Q_K - Q_V = [25 \cdot (25 \cdot 70)] - [25 \cdot (25 \cdot 15)] = 43,75 - 9,375 = 34,4 \text{ m}^3 \quad (2),$$

Ako se razlika u potrošnji promatra kao gubitak na vozarini to bi iznosilo:

$$C_V = 14 \cdot \Delta Q \cdot c_F = 14 \cdot 34,4 \cdot 22,00 = 10595,2 \text{ USD/g} \quad (3)$$

$$c_F = 22,00 \text{ USD/tg} \quad \text{cijena vozarine prema [3].}$$

Da se ta voda nabavlja na kopnu njezina bi cijena u Hrvatskoj bila:

$$C_W = 14 \cdot \Delta Q \cdot c_W = 14 \cdot 34,38 \cdot 1,80 = 866,4 \text{ USD/g} \quad (4)$$

$$c_W = 1,80 \text{ USD/t} \quad \text{približna cijena u Zagrebu.}$$

Ista količina vode može se pripremiti na brodu desalinacijom mora. Promatrani brod ima generator svježje vode Alfa Laval, JWP-26-C100 sljedećih glavnih karakteristika:

- kapacitet evaporatora  $q_M = 25,0 \text{ m}^3/24\text{h} = 1,042 \text{ m}^3/\text{h}$
- snaga evaporatora  $P_M = 649,4 \text{ Mcal/h} = 755,3 \text{ kW}$
- snaga cirkulacione pumpe mora (Alfa Laval)  $P_{PM} = 14,0 \text{ kW}$
- snaga cirkulacione pumpe tople vode (Tvornica turbina, Karlovac, CGB 80 V48)  $P_{PG} = 6,0 \text{ kW}$

Da nadoknadi potrebnu količinu vode evaporator mora raditi:

$$T_E = \frac{\Delta Q}{q_M} = \frac{34,4}{1,042} = 33,0 \text{ h} \quad (5),$$

i za to vrijeme će potrošiti energije koristeći otpadnu toplinu motora,

$$E_E = T_E \cdot (P_{PM} + P_G) = 33,0 \cdot (14,0 + 6,0) = 0,66 \text{ MWh} \quad (6).$$

Energija za cirkulacione pumpe kao i toplina za evaporaciju dobivaju se od diesel generator (toplina od hlađenja motora) uz potrošnju goriva:

$$m_E = \frac{E_E \cdot 3600}{e_{HDF}} = \frac{0,66 \cdot 3600}{40000} = 0,594 \text{ t} \quad (7),$$

$$e_{HDF} = 40000 \text{ MJ/t} \quad \text{ogrjevna moć teškog goriva (heavy duty)}$$

i godišnji trošak za dodatno gorivo,

$$c_E = (14) \cdot m_E \cdot c_{ST} = (14) \cdot 0,594 \cdot 1270,00 = 1056,1 \text{ USD/g} \quad (8),$$

$$c_{ST} = 1270,0 \text{ USD/t} \quad \text{cijena teškog goriva.}$$

U slučaju da nemamo na raspolaganju otpadnu toplinu motora nego za evaporaciju koristimo energiju pare tada bi potrošnja goriva bilo kudikamo veća. Uzimajući u obzir učin kotla od 80% primijenjen na snagu evaporatora 7553,3 kW te na isti način jednadžbe (6) – (8) financijski trošak iznosio bi 50904,14 USD godišnje.

Masa dodatnog goriva kao gubitak nosivosti predstavlja financijski gubitak od:

$$c_{EM} = 14 \cdot m_E \cdot c_F = 14 \cdot 2,302 \cdot 22,00 = 708,4 \text{ USD/g} \quad (9),$$

Da se ta dodatna količina vode biološki pročisti za ispuštanje u more, potrebno je 4-5 dana (u uređaju kapaciteta za 25 osoba) uz utrošak energije od ~130-150 kWh što je daljnjih  $m_P = 0,012$  t. Gorivo potrošeno za tu količinu energije košta:

$$c_P = (14) \cdot m_P \cdot c_{ST} = (14) \cdot 0,012 \cdot 1270,00 = 213,00 \text{ USD/g} \quad (10)$$

### 3.2. Trošak izrade sustava

Radi valjanosti usporedbe sustava, oni su iznova modelirani prema vlastitom iskustvu, uz poštivanje postojećeg rasporeda potrošača u nadgrađu. Cijena izražena na kraju sadrži trošak materijala i izrade. Ispitivanje se izvodi na sličan način i uz angažiranje istog broja radnika pa se smatra da ne utječe na usporedbu.

Cjevovodi su modelirani uz niz pretpostavki koje su pobliže opisane u [1]. Ovdje su pobrojane samo neke važnije:

- svi dijelovi klasičnog i vakuuskog cjevovoda iznad glavne palube i u nadgrađu slažu se od standardnih PVC-C elemenata odabranih iz kataloga švicarske tvrtke Georg Fischer i obračunatih prema cjeniku njihovog zastupnika u Hrvatskoj
- svi dijelovi klasičnog i vakuuskog cjevovoda ispod glavne palube rade se od čeličnih bešavnih cijevi teške izvedbe (Č.1212), prirubnica (Č.0361) i standardnih cijevnih fazona. Dijelovi cjevovoda su pocinčani nakon krojenja i zavarivanja. Cijene materijala su dobivene od domaćih proizvođača ili iz trgovačke mreže.
- vakuumska jedinica i ostala namjenska oprema vakuuskog cjevovoda (zahodske školjke, sabirnici sivih voda) su proizvodi norveške tvrtke Jets, a cijene su dobivene od njihovog zastupnika u Hrvatskoj
- cijena klasične zahodske školjke sa stražnjim ispustom dobivena je od domaćeg proizvođača
- zasuni na ulazu u uređaj za pročišćavanje su iz CuSn10, a cijene su određene prema nekoliko domaćih proizvođača.
- trošak radnih sati obračunat je prema srednjoj poznatoj cijeni za bravarske radove
- za izračun troška izrade potrebno je modelirati sustave crnih voda, sivih voda i odzračnika.

Trošak izrade PVC cjevovoda računa se na sljedeći način:

$$C_{PVC} = n_{PVC} \cdot t_{PVC} \cdot b \cdot c_b \quad (10)$$

$C_{PVC,K}$	USD	ukupna cijena izrade i spajanja PVC cjevovoda
$n_{PVC,K}$		broj PVC spojeva
$t_{PVC,min}$		prosječno vrijeme mjerenje, pripremu i izvedbu jednog spoja

$b$	broj radnika u brigadi
$c_b = 35,00$ USD	cijena sata rada u montaži

Trošak izrade čeličnog cjevovoda računa se na slijedeći način:

$$C_{\check{C}} = (n_{\check{C}} \cdot t_{\check{C}Z} \cdot b \cdot c_{\check{C}Z}) + (n_{\check{C}} \cdot t_{\check{C}M} \cdot b \cdot c_{\check{C}M}) \quad (11)$$

$C_{\check{C}}$	USD	ukupna cijena izrade i spajanja čeličnog cjevovoda
$n_{\check{C}}$		broj prirubničkih spojeva
$t_{\check{C}Z}$	min	prosječno vrijeme zavarivanja segmenata u radionici
$t_{\check{C}M}$	min	prosječno vrijeme pritezanja segmenata u brodu
$b$		broj radnika u brigadi
$c_{\check{C}Z} = 35,00$ USD		cijena sata rada u cjevariji
$c_{\check{C}M} = 35,00$ USD		cijena sata rada u montaži

Na taj način, trošak materijala i izrade klasičnog cjevovoda iznosi:

osnovni materijal	=	42543,00	USD
pocinčavanje čeličnih cijevi	=	2268,00	USD
učvršćivanje cjevovoda	=	2492,00	USD
ugradnja PVC cjevovoda	=	22612,00	USD
izrada i ugradnja čeličnog cjevovoda	=	49485,00	USD
<b>UKUPNO</b>	=	<b>119400,00</b>	<b>USD</b>

Trošak materijala i izrade vakuumskog cjevovoda iznosi:

osnovni materijal	=	56240,00	USD
pocinčavanje čeličnih cijevi	=	1068,00	USD
učvršćivanje cjevovoda	=	587,00	USD
ugradnja PVC cjevovoda	=	26189,00	USD
izrada i ugradnja čeličnog cjevovoda	=	37116,00	USD
<b>UKUPNO</b>	=	<b>121200,00</b>	<b>USD</b>

Zanimljivo je usporediti i mase cjevovoda.

masa klasičnog cjevovoda	=	4730	kg
masa vakuumskog cjevovoda	=	2530	kg
<b>UKUPNO</b>	=	<b>2200</b>	<b>kg</b>

Razlika u masi klasičnog i vakuumskog cjevovoda kao gubitak nosivosti, nosi financijski gubitak od:

$$c_M = 14 \cdot m_k \cdot m_V = 14 \cdot 2,2 \cdot 22,00 = 677,6 \text{ USD/g} \quad (12).$$

- svi proizvođači i proizvodi koji su ovdje navedeni, odabrani su prema osobnom iskustvu i ne treba zanemariti mogućnost da bi odabir materijala drugih proizvođača mogao dati značajno različite rezultate u odnosu na ovaj proračun

### 3.3. Energija za generiranje i održavanje vakuuma

U klasičnom sustavu nema dijelova koji bi aktivno trošili energiju. Nasuprot tome, pumpa koja generira vakuum troši energiju. Pri svakom korištenju sanitarija, sustav će usisati neki volumen vode i zraka. Pri tome će se potrošiti zaliha vakuuma u cjevovodu. Kapacitete vakuumske jedinica i potrebna energija za održavanje razine vakuuma u sustavu dobije se zbrajanjem usisanog volumena vode i zraka na zahodskim školjkama i lokalnim sabirnim tankovima. Kritična vrijednost kapaciteta vacuum pumpe obično je za usisani zrak. Potrebni kapacitet pumpe za usisavanje zraka u ovom slučaju je:

$$Q_{VPZ} = N \cdot [n_{WC} \cdot q_{WCZ} \cdot k_{di} + n_{IT} \cdot q_{ITZ}] \cdot k_g =$$

$$= 25 \cdot [12,5 \cdot 60 \cdot 1,2 + 10 \cdot 60] \cdot 1,2 = 450001 = 45,0 \text{ m}^3/\text{d} \quad (13)$$

$n_{WC}$	1	broj dnevnih uporaba WC školjke prema potrošnji vode
$q_{WCZ}$	1	količina zraka usisana na WC školjki u jednom taktu
$k_{di}$		koeficijent za dvostruko ispiranje WC školjke
$n_{IT}$	1	broj aktiviranja 'interface tanka' prema potrošnji vode
$q_{ITZ}$	1	količina zraka usisana na 'interface' tanku u jednom taktu
$k_g$		koeficijent gubitaka na propuštanju ventila.

Ogledni model cjevovoda opremljen je vakuum pumpom Jets, Vacuumator 15MB-D slijedećih karakteristika:

- kapacitet vacuum pumpe za zrak  $q_{VPZ} = 15,0 \text{ m}^3/\text{h}$
- snaga vacuum pumpe  $P_{VP} = 1,75 \text{ kW}$

Odabrana vakuum pumpa će dnevnu količinu usisanog zraka izbaciti iz sustava za:

$$T_{VPZ} = 3,0 \text{ h}$$

i u vremenu jedne plovidbe potrošiti,

$$E_{VP} = P_{VP} \cdot T_{VPZ} \cdot 25 = 1,75 \cdot 3,0 \cdot 25 = 131,3 \text{ kWh} \quad (14)$$

Kad se ta energija preračuna u utrošak goriva izlazi:

$$m_{VP} = \frac{E_{VP} \cdot 3600}{e_{HDF}} = \frac{0,1313 \cdot 3600}{40000} = 0,012 \text{ t} \quad (15)$$

ili financijski za 14 putovanja u godinu dana,

$$c_{VP} = m_{VP} \cdot c_{ST} = (14) \cdot 0,17 \cdot 1270,00 = 216,00 \text{ USD/g} \quad (16)$$

Primijetimo u ovom izlaganju dva detalja. Prvi je da je vakuum pumpa dimenzionirana na odsisavanje crnih i sivih voda iako je razlika u potrošnji samo na crnim vodama. Drugi detalj je izjava da se u klasičnom sustavu ne troši energija. Ona se ipak troši u obliku potrebe dopremanja veće količine vode do klasičnih zahodskih školjki nego do vakuumskih. Ipak, ta energija je namjerno zanemarena jer je procjena nesigurna, a udio u konačnoj bilanci malen.

### 3.4. Trošak održavanja sustava

Održavanje klasičnog cjevovoda svodi se na periodičko ispiranje cjevovoda mlazom vode i zamjenu dijelova cjevovoda koji su oštećeni korozijom.

Potreba kemijskog čišćenja vakuumnog cjevovoda, zbog drugih okolnosti, može se dogoditi nakon dugih razdoblja pa se trošak održavanja ograničava na održavanje vakuum pumpe i ostale opreme s vakuumskim ventilima. Rezervni dijelovi, bez radnih sati, za godišnje održavanje koštaju ~ 500,00 USD

#### 4. Usporedbe

Ako pobrojimo glavne razlike izlučene ovom analizom to izgleda ovako:

- na klasičnom sustavu potrošit će se više vode. Razlika iznosi ~ 34,4 t po jednoj plovidbi. Ta razlika ide na teret smanjenja korisne nosivosti.
- razliku vode u klasičnom sustavu treba kupiti ili proizvesti evaporacijom mora
- u klasičnom sustavu treba potrošiti više energije za pročišćavanje otpadne vode
- klasični cjevovod ima ~ 46 % veću masu
- izrada vakuumnog cjevovoda košta ~ 15% više od klasičnog
- za rad vakuumnog cjevovoda troši se energija
- vakuumski cjevovod ima opremu koja se troši u radu i treba ju održavati

Specifično financijsko opterećenje od klasičnog cjevovoda u radu je:

gubitak vozarine zbog mase dodatne vode (3)	=	10595,20	USD/g
trošak nabavke vode (4)*	=	866,00	USD/g
gubitak vozarine zbog mase dodatnog goriva (9)	=	708,40	USD/g
pročišćavanje dodatne vode (10)	=	213,00	USD/g
<u>Gubitak vozarine zbog razlike u masi sustava</u>		<u>677,60</u>	<u>USD/g</u>
UKUPNO	=	13250,30	USD/g

Specifično financijsko opterećenje od vakuumnog cjevovoda u radu je:

održavanje vakuuma	=	216,00	USD/g
trošak održavanja	=	500,00	USD/g
<u>UKUPNO</u>	=	<u>716,00</u>	<u>USD/g</u>

Troškovi izrade klasičnog i vakuumnog cjevovoda su:

izrada klasičnog cjevovoda	=	121200,00	USD
izrada vakuumnog cjevovoda	=	119400,00	USD
<u>RAZLIKA</u>	=	<u>1800,00</u>	<u>USD</u>

Ove usporedbe daju jasnu prednost vakuumnog sustavu. Početna razlika u cijeni izrade koja ide na štetu vakuumnog sustava vrlo brzo će se nadoknaditi u eksploataciji. Bez obzira na način dobivanja dodatne količine svježje vode, brod će nadoknaditi početni trošak već u prvoj godini.

\* - kod korištenja otpadne topline glavnog motora trošak proizvodnje prema (8) iznosi 1056,10 USD godišnje.



Ukupno gledajući razliku sveukupnih troškova uzimajući u obzir specifično financijsko opterećenje i izradu godišnje iznosi u prilog vakuumskom sustavu 10743,3 USD što za period od 15 godina daje 161014,50 USD veći trošak klasičnog sustava.

## 5. Zaključak

U prethodnom izlaganju se nastojalo što preciznije analizirati razlike u načinu izrade i načinu rada između klasičnog i vakuumskeg načina odvodnje na brodu kako bi se ocijenio utjecaj na ukupni trošak koji trpi brodar.

Ipak, ova analiza sadrži procjene i tvrdnje o kojima je moguće raspravljati. Cijena materijala, normativi izrade, drugi postupci dobivanja pitke vode na brodu, mogućnost krcanja vode umjesto proizvodnje na brodu samo su neke od njih. Osim toga, ona je odraz trenutačnih cijena na tržištu. Svako rješenje drugačije od ponuđenog može dovesti do drugačije strukture troškova.

Na nesreću, jedna činjenica se ne mijenja. Svježa voda i energija su svakim danom skuplji. A tu je vakuumski sustav povoljniji od klasičnog čak i na ovakvom brodu sa kompaktnim nadgrađem i malim brojem korisnika. Na brodovima s velikim brojem korisnika klasični sustav ne može biti konkurencija vakuumskeg.

## Literatura

- [1] HRVATSKI REGISTAR BRODOVA: Pravila za tehnički nadzor pomorskih brodova, DIO 22, SPREČAVANJE ONEČIŠĆENJA; 2007.
- [2] JETS: VACUUM PIPING – Guidelines for sewage vacuum pipe installation; revised issue march 2005
- [3] SHIPPING INTELLIGENCE WEEKLY, Issue No. 994, - Clarkson Research Services Ltd., 28.10.2011