

PARAMETRI KVALITETA HIDRAULIČKIH SISTEMA I KOMPONENTI

QUALITY PARAMETERS OF THE HIDRAULIC SYSTEMS AND COMPONENTS

Huđec Mihajlo

Mašinski fakultet, Univerzitetско sportsko- rekreacioni centar "Mithat Hujdur-
Hujka", 88000 Mostar

REZIME

Rad prezentira osnovne parametre (zahtjeve) kvaliteta hid. sistema/komponenti sa neophodnim osvrtom na svaki posebno, a u okviru poglavlja 3 opisan je detaljno ustroj poboljšanja pumpne efikasnosti metodom "otklanjanje greške" kao jedne iz parametara "podobnost za održavanje" (tačka 2.4). Opis je dat kroz tri nivoa koji ga čine (Identifikaciju, Kvantifikaciju i Popravljanje) sa osvrtom na finansijsku opravdanost i pumpni audit.

Ključne riječi: Kvalitet, hidraulički sistemi, komponente, parametri, zahtjevi

SUMMARY

This paper represents main quality parameters (requests) of the hydraulic systems/components with a essential retrospection for each one and in the chapter 3 in details is described establishment of the better pump efficiency using "rejection fault" method as one from the parameters "coresponding (suitable) for maintaining" (point 2.4). Description is given through the three levels which are parts of it (Identification, Quantification, Reparation) with a retrospection on a financial justification and pump audit.

Keywords: quality, hydraulic systems, components requests, parameters

1. UVOD

Zbog sve složenijih komponenti, uzrokovanih automatizacijom rada sistema, potrebom za finijim podešavanjem radnih parametara, složenijim zahtjevima i slično i zahtjevi za ispitivanja za kupca postaju sve kompliciraniji. Stoga se moraju, kod dobavljača komponenti sistema, već pri razvoju, pa nadalje pri planiranju i proizvodnji, zapravo u svim područjima poslovanja, provoditi mjere **osiguranja kvaliteta**.

Kod hidrauličkog sistema/komponente kvalitet predstavlja ukupnost pojedinih zahtjeva odnosno parametara u vezi svojstava sistema/komponente u posmatranom stepenu konkretizacije pojedinih zahtjeva.

Zadate zahtjeve, odnosno parametre, koji definišu kvalitet hidrauličkog sistema/komponente treba sistematski i neovisno ispitivati kako bi se utvrdilo da li djelatnosti koje se odnose na kvalitet i sa time povezani rezultati odgovaraju planiranim

zadacima i da li su ovi zadaci efikasno provedeni i podobni za postizanje ciljeva kvaliteta. Ta ispitivanja predstavljaju **audit kvaliteta**.

Postavljeni parametri (zahtjevi) kod hidrauličkog sistema/komponente su:

- operativna gotovost,
- funkcionalna podobnost i optimizacija funkcionalne podobnosti,
- pouzdanost,
- podobnost za održavanje,
- ekonomičnost,
- komfor (udobnost)

Zadovoljenje operativne gotovosti, funkcionalne podobnosti i pouzdanosti čine sistem efikasnim za rad, a zadovoljenje svih navednih zahtjeva predstavlja i efikasan i kvalitetan hidraulički sistem/komponentu.

2. PARAMETRI (ZAHTIJEVI) KVALITETA

2.1. Operativna gotovost

Predstavlja vjerovatnoću da će sistem stupiti u dejstvo i ući u područje dozvoljenih odstupanja funkcije cilja (kriterija) u datim uslovima radne sredine i u određenom vremenu.

2.2. Funkcionalna podobnost i optimizacija funkcionalne podobnosti

Funkcionalna podobnost znači osobinu sistema da se uspješno prilagođava uslovima sredine u određeno vrijeme, a optimizacija funkcionalne podobnosti se odnosi na utvrđivanje kapaciteta sistema, odnosno pumpnog kapaciteta ili protoka toplotne energije (za hidrauličke instalacije sa toplom vodom) za aktuelno zahtjevano opterećenje, naročito da bi se stabilizovali hidraulički uslovi i smanjili cirkulacioni gubici.

2.3. Pouzdanost

Pouzdanost se ogleda u vjerovatnoći da će sistem, odnosno pripadajuće komponente vršiti funkciju cilja (zadatog kriterija) u određenim granicama, u datom vremenu i u nekim uslovima okoline.

2.4. Podobnost za održavanje

Održavanje sistema/komponente podrazumjeva niz postupaka za sprječavanje pojave stanja "u otkazu", odnosno vraćanja sistema/komponente po pojavi stanja "u otkazu" u stanje "u radu", u datim uslovima okoline, a podobnost za održavanje predstavlja jednostavno i jeftino održavanje u cilju obezbjeđenja potpune efikasnosti stanja "u radu" (operativne gotovosti, funkcionalne podobnosti i pouzdanosti).

Održavanje može biti planirano (preventivno) i neplanirano (naknadno).

-Pod **preventivnim** održavanjem uslovno se podrazumjeva blagovremeno otkrivanje smetnji ili oštećenja odnosno smanjenja performansi sistema/komponente koji se mogu mjerenjima ili na drugi način otkriti te odgovarajućim popravkama ili zamjenom oštećenih dijelova otkloniti prije nastanka ozbiljnijih kvarova i zastoja. Da bi se preventivno djelovalo mora se imati odgovarajuća evidencija otkaza, njihova identifikacija

i vrijeme između otkaza da bi se sistematizovale određene preporuke o neophodnom periodu zamjene određenih dijelova sistema/komponente. Tako na primjer, na osnovu dugoročnog praćenja pumpe u donjoj tablici (tabela 1), prema /1/, je data srednja vrijednost između zamjene odnosno održavanja najvitalnijih dijelova pumpe. Prijedlog je napravljen na bazi dugoročnog praćenja održavanja centrifugalnih pumpi u Finskoj industriji, a u tabeli 2, prema /1/, dat je pregled procentualnog otkaza (grešaka) određenih dijelova pumpnog kompleta uočenih u rafinerijama i hemijskim pogonima u Finskoj industriji. Taj pregled također može da posluži za određene preventivne radnje u oblasti održavanja.

TABELA 1

Red. broj	Dijelovi koji podliježu popravci	Postupak popravke	Prosječno vrijeme između održavanja (u mjesecima)
1	Ležajevi	zamjena	4.0
2	Spojnica	obnova (dorada)	6.0
3	Usisna cijev pumpe	podešavanje (reguliranje)	0.5
4	Mehanički zaptivači	obnova (dorada)	3.0
5	Elektro motor	obnova (dorada)	8.0
6	Rotor	zamjena	6.0
7	Kućište	zamjena	12.0
8	Vratilo	zamjena	12.0

TABELA 2

Red. broj	Elementi koji zahtijevaju održavanje	Procenat svih grešaka (%)
1	Spojnica	3
2	Hidrauličke komponente	4
3	Ostalo	7
4	Statičke veze (čvrste)	8
5	Ležajevi	10
6	Zaptivni elementi	68
UKUPNO		100

Iz tabele 2 se vidi da skoro 70% pumpnih grešaka otpada na zaptivanje /1/.

-Naknadno održavanje čini niz zahvata potrebnih za vraćanje sistema po pojavi stanja "u otkazu" u stanje "u radu" u cilju vršenja funkcije hidrauličkog sistema/komponente u granicama dozvoljenih odstupanja.

Metode koje čine održavanje tj. radovi vezani za održavanje (bilo preventivno ili naknadno) su: *rastavljanje, pregled, otklanjanje greške (popravka, zamjena), ponovna montaža, ponovno testiranje radnih parametara i kvaliteta zaptivanja i davanje ovlaštenja za ponovnu upotrebu.*

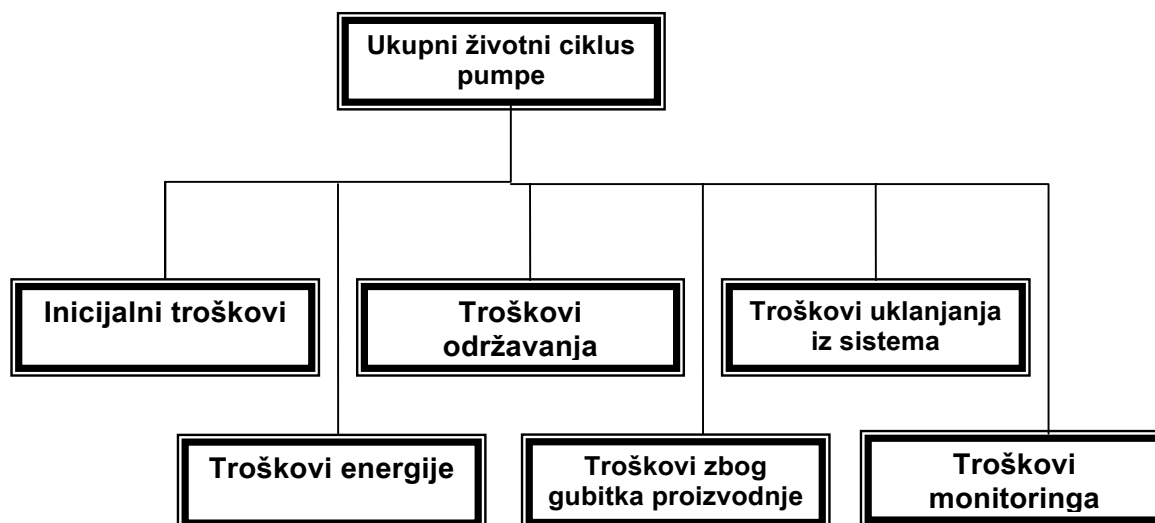
Iz predočenog skupa gore navedenih radova koji identifikuju održavanje očigledno je da je, u najvećem broju slučajeva, stavka "otklanjanje greške (popravka, zamjena)" najobimnija i najskuplja stavka pa će se u nastavku ovog rada (tačka 3) i detaljnije prikazati i to kroz tri nivoa (Identifikacija, Kvantifikacija i Popravljanje) uključena kod

ustroja poboljšanja efikasnosti hidrauličkog sistema/komponente. Za detaljniji prikaz obrade pomenute stavke uzeta je pumpa kao najvitalnija komponenta sistema i obradit će se poboljšanje njene efikasnosti kroz prikaz sva tri nivoa. To na kraju ocrta i koncept **pumpnog audita** koji je efektno postignut u povezivanju navedena tri nivoa a prikazat će se i neki troškovni efekti te obrade.

2.5. Ekonomičnost

Generalno gledajući ekonomičnost predstavlja smanjenje energije i operativnih troškova u odnosu na planirane tokom cijelog životnog vijeka komponenti, naročito u periodima niskog i povremenog (djelimičnog) opterećenja koji se javljaju na više od 80% ukupnog operativnog vremena.

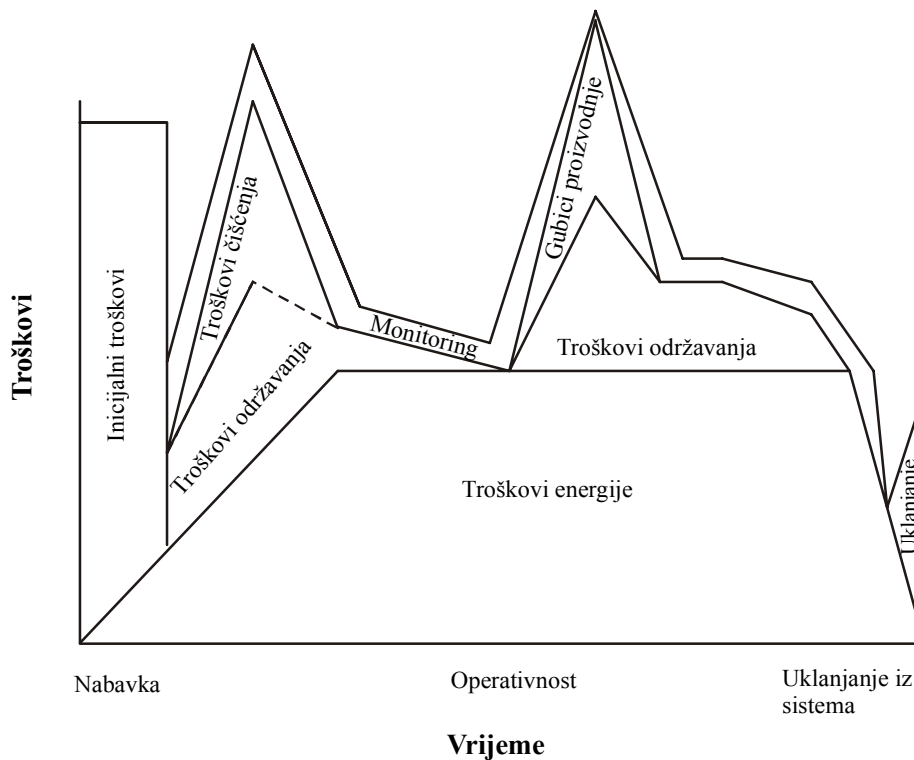
Struktura troškova cijelog vijeka rada sistema/komponente, npr. pumpe kao najvitalnijeg dijela sistema, jer obavlja primarnu funkciju, prikazana je na slici 1.



Slika 1. Struktura troškova cijelog životnog vijeka pumpe /1/

- Inicijalni troškovi* su troškovi vezani uglavnom za nabavku i kupovinu nove pumpe, i njenih pripadajućih dijelova i opreme.
- Troškovi uklanjanja* su troškovi koji se naprave uklanjanjem komponente iz sistema poslije isteka njenog vijeka rada.
- Operativni troškovi* obuhvataju *troškove održavanja* (planiranog i neplaniranog), *troškove zbog gubitka proizvodnje* (temeljito čišćenje, gubitak prihoda zbog pogonska neupotrebljivost, kazne zbog nepridržavanja zakona o zaštiti čovjekove okoline, gubitak stepena korisnosti pumpe, troškovi uklanjanja curenja itd.) i *troškove monitoringa* (nadzor, pregled i ispitivanje). Na troškove održavanja i troškove zbog gubitka proizvodnje se značajno može uticati ka smanjenju jer oni, poslije troškova energije, predstavljaju drugu značajnu grupu troškova.
- Troškovi energije* su najveća grupa troškova i čine ih: troškovi pogonske energije i naknada za fiksne troškove za nabavku energije.

Šematski prikaz udjela pojedinih troškova u ukupnim troškovima vijeka pumpe prikazan je na slici 2.



Slika 2. Grafički prikaz tipova troškova u odnosu na vrijeme za zamišljenu pumpu /1/

Slika 2 prikazuje troškove ukupnog radnog vijeka pumpe. Ukupna površina ispod grafika je trošak ukupnog radnog vijeka.

2.6. Komfor (udobnost)

Komfor se ogleda u smanjivanju buke sistema/komponente do totalnog eliminisanja, a također i u smanjenju, odnosno eliminisanju uticaja temperature i ostalog na radnu, okolnu, prostoriju ili prostor. Pojava buke, temperature i ostalog je najizraženija kod zatvorenih cirkulacionih sistema unutar jednog ograničenog prostora gdje će navedeni uticaji otežavati ambijentne uslove rada prisutnih operatera i poslužioca.

3. OTKLANJANJE GREŠKE (IDENTIFIKACIJA, KVANTIFIKACIJA I POPRAVLJANJE)

3.1. Opšte

Identifikacija, Kvantifikacija i Popravljanje su tri nivoa uključena kod ustroja poboljšanja pumpne efikasnosti. Time je opisan i koncept **pumpnog audita** koji je efikasni alat u vezivanju ta tri nivoa.

Identifikacijski nivo poboljšanja efikasnosti pumpanja sadrži pokazatelje ("Indikatore") koji predlažu izvedbe pumpi/pumpanja koji imaju značajno smanjenje gubitaka. To može važiti i za instalacije a i za stanje poslije aktivnosti popravke ("oporavka").

Kvantifikacijski nivo sadrži testiranje pumpi/pumpanja sa aspekta sigurne efikasnosti. Pri ovom mjerenju promjene u efikasnosti se upoređuju sa stanjem "kao novo" izvedbe. Eventualna odstupanja upućuju na treći nivo (nivo popravljanja).

Nivo popravljanja predlaže prigodan metod aktivnosti izliječenja stanja (popravke) i to naravno poslije temeljite analize finansijske opravdanosti od strane nadležne službe i realnog perioda povratka uložених sredstava koji za većinu pumpnih sistema ne smije biti veći od 2 do 3 godine. Također "izliječenje" treba da objektivno donese i uštedu u pogonskoj energiji, a istraživanja koja su 80-tih sprovedena u Velikoj Britaniji govore da je moguće ostvariti uštedu i od 10% do 15% od ukupno utrošene energije /1/.

Tabelom 3 date su također i procjene na ekonomskoj osnovi za različite metode aktivnosti "izliječenja stanja".

Navedeni nivoi moraju biti uzeti striktno po redu i trebaju biti potpuno kompletni prije prelaska na sljedeći nivo.

Pumpni audit je vrlo efikasan u nadzoru performansi pumpe i sakupljanju/skladištenju združenih podataka i informacija. Mnoge firme, proizvođači hidrauličkih komponenti, kao što je i firma Water Research (WRc), Willo i druge razvile su software-e za pomoć pumpnom auditu, u ovom slučaju u vezivanju sva tri nivoa a s ciljem smanjenja operativnih troškova.

3.2. Identifikacija

Prvi nivo povećanja efikasnosti pumpe/pumpanja je Identifikacija. Identifikacija sadrži sljedeće indikatore:

- *analize pumpnih stanica mjerenjem*
Mjerenje protoka pumpnih stanica i visine isporuke (dobavne visine) a povremeno također i usisne visine i upoređivanje sa originalnim izvedbama.
- *pretpostavka smanjenja efikasnosti*
Ovaj "indikator" predstavlja procentualno smanjenje efikasnosti koje zavisi od starosti pumpe.

- *rezultati mrežne analize*
Rezultati mrežne analize računanja mogu indicirati da ulazni podatak pumpe iz prijašnjeg testiranja ili pak krive proizvedenih izvedbi nisu suglasne sa modelom kalibracije.
- *povećanje u troškovima korištene snage*
Neki porast troškova u električnoj energiji kod upoređivanja uzastopnog proračuna snage može indicirati loše pumpne performanse.
- *povećanje u specifičnoj snazi*
Specifična snaga (KW po l/s) za pumpu može biti korištena za indicaciju kada utrošena snaga za neke posebne namjene pumpe ima porast.
- *uslovi monitoringa*
Ovaj metod upućuje na sisteme monitoringa koji su već uključeni u pokazatelje (indikatore) kvarova pumpe. Primjeri za to su sljedeći:

provođenje monitoringa; kontinualno mjerenje pumpnih parametara iz razloga da se nekoj performansi ne dopusti poremećaj specifičnog ograničenja.

analize vibracija; postavljanjem senzora na različitim tačkama pumpnog kompleta može se identifikovati nedostatak bilo kojeg dijela komponente.

kontrola temperature; mjerenje temperature dijelova komponenti može dati rano upozorenje na grešku.

3.3. Kvantifikacija

Ovaj nivo procesa zahtijeva testiranje onih parametara kod kojih su kvarovi bili indicirani tokom Identifikacijskog nivoa. Kvantifikacija će biti opravdana ako je efikasnost imala pogoršanje.

Dvije su standardne metode za testiranje efikasnosti pumpe:

konvencionalna: gdje je izlazna snaga pumpe mjerena kao porast protoka i poređena sa snagom koju pumpa koristi,

termometrička: gdje je efikasnost pumpe računata za mjerenje povećanja i prirasta temperature fluida kao što je na primjer, temperatura koja se stvori kod prolaska fluida iz usisne ka izlaznoj strani.

3.4. Popravljanje

Ovaj nivo procesa je u vezi sa finansijskim opravdanjem, a implementacija ovog nivoa je dobar put ka aktivnosti oporavka komponente/sistema.

Metode aktivnosti popravljanja (oporavka) su sljedeće:

- *Poboljšanje pumpe*: -izmjena kompletne pumpe,
-popravljanje (obnova),
-podmazivanje i popravljanje (obnova),
-ostvarivanje odgovarajuće radne tačke
- *Poboljšanje motora*: -ostvarivanje visoke efikasnosti motora,
-ostvarivanje promjenjive pogonske brzine,
-ostvarivanje kontrole fiksne brzine motora

Navedene metode su nadalje opisane i sumirane u tabeli 3, prema /1/.

TABELA 3

Aktivnost oporavka	Veličina pumpnog kompleta (kW)	Trošak (£)	Moguća efikasnost -dobitak (%)	Život od aktivnosti oporavka (godine)	Uštede prve godine	Amortiza. korištenja (godine)
Nova pumpa	10	6000	25	20	1606	5
	100	12000	25	20	9731	2
	350	22000	25	20	30330	1
Popravljanje (obnova)	10	1500	5	5	214	10
	100	2200	5	5	1460	2
	350	2500	5	5	4550	1
Popravljanje (obnova) i podmazivanje	10	2500	12	5	582	5
	100	3700	12	5	3839	1
	350	4000	12	5	11966	1
Podešavanje rotora	10	*	15	10	-	-
	100	*	15	10	-	-
	350	*	15	10	-	-
Visoka efikasnost motora (VEM)	10	750	3,5	10-20	146	7
	100	6300	2,5	10-20	708	>10
	350	21000	1,5	10-20	1308	>10
Promjenjive pogonske brzine (PPB)	10	2000	10	10-20	467	5
	100	6000	10	10-20	3114	2
	350	20000	10	10-20	9706	3
Kontrolori fiksne brzine motora (KFBM)	10	200	2	10-20	82	3
	100	1100	2	10-20	563	2
	350	2500	2	10-20	1754	2

* Ne postoje podaci

Tabela 3: Upoređivanje aktivnosti oporavka pumpe /1/

3.4.1. Poboljšanje pumpe

1-Izmjena kompletne pumpe

Koristi se u situacijama gdje su promjene u efikasnosti u odnosu na stanje "kao novo" tako velike da druge metode aktivnosti oporavka bi samo djelimično popravile performanse.

2-Popravljanje (obnova)

Ovo obično ima za posljedicu ispitivanje i zamjenu dijelova pumpe kao na primjer, zbog trošenja prstenova, ležajeva, zaptivki. Rotor i kućište se također često obnavljaju i/ili popravljaju. Prakticovanjem ovih održavanja smanjuje se mehaničko trenje i curenje. Popravljen pumpa pokušat će nagovjestiti približavanje efikasnosti očekivanoj, to jest kao zamjenjenoj pumpi novom.

3-Podmazivanje i popravljanje (obnova)

Premazi se kod pumpi stavljaju za smanjenje trenja i/ili za zaštitu od korozije ili habanja. Ponekad i hidrauličke karakteristike pumpe moći će se promijeniti poštujući sistem podmazivanja.

Ako je podmazivanje uspješno urađeno tada efikasnost može biti popravljena i do primjerenih 7%. Ponekad i 3%÷4% dobitka u odnosu na originalnu efikasnost bi bilo dovoljno /1/.

4-Ostvarivanje odgovarajuće radne tačke

Ovaj metod je korišten u situacijama gdje tačka učinka (sa krive P-Q) i tačka najbolje efikasnosti (kriva P-H) nisu slučajne. Jedan primjer toga može biti podešavanje rotora radi postizanja odgovarajuće tačke učinka. Popravljanje performanse se tada ogleda u djelovanju podešavanja rotora na krivu karakteristike pumpe.

3.4.2. Poboljšanja motora

1-Ostvarivanje visoke efikasnosti motora (VEM)

Današnji motori nove produkcije imaju bolju efikasnost nego standardni tipovi. Njihov opseg je od oko 90% za 10kW-ne motore do na oko 96% za 350kW-ne motore i pogonske module /1/.

Poboljšanje motora iznad motorskih standarda za neke izlazne nivoe je približno 1,5%÷3,5% /1/. Faktor snage je neznatno popravljen.

2-Ostvarivanje promjenjive pogonske brzine (PPB)

Može biti korištena tamo gdje su promjene učinka pumpanja učestale i velike. Kod variranja brzine pumpanja najbolje dostignute efikasnosti su održavane.

3-Ostvarivanje kontrole fiksne brzine motora (KFBM)

Može biti korištena u slučajevima gdje radne obaveze pumpe imaju nizak nivo opterećenja (<50%) prema motoru. Neka poboljšanja od 2% mogu biti postignuta za 90% radne efikasnosti motora kod 30% opterećenja /1/.

3.5. Finansijska opravdanost provođenja aktivnosti oporavka pumpe

Prije završene selekcije aktivnosti oporavka mora biti i finansijska analiza opravdanosti uzeta u obzir. Korisni rezultati iz nekog poboljšanja trebaju biti izbalansirani prema troškovima implementacije, internih ispitivanja pumpe i potrebom za nabavkom nekog pribora. Kriteriji servisnih hidrauličkih službi (na primjer vodovodnih) često očekuju povrat uloženi sredstava tekućih aktivnosti oporavka u periodu od 2 do 3 godine.

Tabela 3 upoređuje aktivnosti oporavka opisane u ovom radu za situacije kod malih (10kW), srednjih (100 kW) i velikih (350 kW) pumpnih kompleta.

3.6. Pumpni audit

Pumpni audit je zainteresovan za stalni i strogi nadzor, kontrolu i pregled performansi pumpe. To podrazumjeva uredno kompletiranje i čuvanje svih podataka i informacija vezanih za rad sistema/komponente elektronskim putem koji će služiti za periodičnu analizu s ciljem identifikacije pogoršanja performansi. Sve sakupljene informacije o radu pumpe se prethodno pažljivo istražuju (pregledavaju) na pravilnoj osnovi i pohranjuju u bazu podataka. Za tu svrhu proizvedeni su programski paketi pumpnog audita (PAS-Pump Audit Software), prema /1/, i pribavljeni su zajednički mjesečni podaci koji već egzistiraju unutar službi vodosnabdjevnih industrija. Ustanovljena baza podataka služi kao centralna baza podataka za sve relevantne podatke i informacije i evaluira ove

podatke pri računanju (određivanju) tekuće performanse. Ovo tada dozvoljava brzu identifikaciju i kvantifikaciju pumpnog kvara, tako da se popravljnje može predvidjeti unaprijed.

PAS baza podataka sastoji se od četiri sekcije:

- detalji izvedbe pumpne stanice,
- performanse izvedene pumpne stanice,
- podaci o održavanje pumpe i
- podaci pumpne performanse

4. ZAKLJUČAK

Ne ulazeći u detalje izvedbi raznih sistema i komponenti kao i u detalje zahtijeva za parametrima kvaliteta svake komponente, armaturnih elemenata i pogonskog stroja ponaosob, jer oni uglavnom proizlaze iz projektnih zahtijeva napravljenih na osnovu tehničkih zahtjeva kupca (korisnika), ovaj rad je imao za cilj da ukratko elaborira globalne parametre kvaliteta bilo kojeg sistema/komponente koji proizilaze kao suma parametara svih učesnika u operativnom dijelu. To znači da će se ostvariti besprjekorni i efektan rad samo onda ako svi u sistemu/komponenti obavljaju svoje zadaće na visokom nivou. Tada će se imati stabilne i prilagodljive izlazne karakteristike, odnosno visoka operativna gotovost, funkcionalna podobnost i pouzdanost. Dodajući na navedeno još i ekonomičnost i komfor moći ćemo onda zaista da govorimo o vrlo visokom kvalitetu hidrauličkog sistema/komponente.

Detaljnije su opisana tri nivoa (identifikacija, kvantifikacija i otklanjanje kvara) uključena u postupak preventivnog praćenja i eventualnog otklanjanja kvara, a sve radi stroja poboljšanja pumpne efikasnosti, to jest kvaliteta pumpanja. Paralelno navedenom opisan je i koncept pumpnog audita koji je efikasni alat u vezivanju ta tri nivoa. Pumpni audit može također biti i neophodni alat u cilju smanjenja troškova pumpanja i nadzora performanse pumpe. Zaštita od težeg kvara odnosno od beskorisnosti pumpe (havarije) kao i visoki troškovi povezani sa zahtjevima nivoa kvantifikacije i popravljnja često se mogu izbjeći ako je prethodno primjenjen identifikacijski nivo. Time se i parametri kvaliteta održavaju na visokom nivou.

Rad je dotakao i potrebu uvođenja računarske podrške tj. upotrebu adekvatnog softwera za obradu podataka u cilju donošenja brzih i najboljih rješenja. To naravno podrazumjeva i formiranje baze podataka za unos i praćenje pojava.

5. LITERATURA

- /1/ ***** Using Pumps Better ,14th Tehnical Conference, National Motorcycle Museum, - 446 –Birmingham, UK 1995,
- /2/ S. Brdarević, Upravljanje kvalitetom, predavanja sa postdiplomskog studija, Zenica 1998,
- /3/***** QM Fachkraft DIN/ISO 9000,TÜV (Udruženje za tehničku kontrolu) Akademie, Seminare, Deutschland, 1993