



UNIVERZITET U NOVOM SADU
TEHNIČKI FAKULTET „MIHAJLO PUPIN“
INŽENJERSKI MENADŽMENT

MODEL UPRAVLJANJA ODRŽAVANJEM SISTEMA DIZALIČNOG TRANSPORTA

DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentor: Prof. dr Milivoj Klarin

Kandidat: mr Aleksandar Brkić

Novi Sad, 2014. godine

UNIVERZITET U NOVOM SADU
NAZIV FAKULTETA
Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“ u Zrenjaninu

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj: RBR	
Identifikacioni broj: IBR	
Tip dokumentacije: TD	Monografska dokumentacija
Tip zapisa: TZ	Tekstualni štampani materijal
Vrsta rada (dipl., mag., dokt.): VR	Doktorska disertacija
Ime i prezime autora: AU	Aleksandar Brkić
Mentor (titula, ime, prezime, zvanje): MN	Dr Milivoj Klarin, redovni profesor
Naslov rada: NR	Model upravljanja održavanjem sistema dizaličnog transporta
Jezik publikacije: JP	Srpski
Jezik izvoda: JI	srp. / eng.
Zemlja publikovanja: ZP	Srbija
Uže geografsko područje: UGP	Vojvodina
Godina: GO	2014
Izdavač: IZ	autorski reprint
Mesto i adresa: MA	Zrenjanin, Djure Djakovića bb
Fizički opis rada: FO	(6 / 283 / 123 / 51 / 90 / 3)
Naučna oblast: NO	Inženjerski menadžment

Naučna disciplina: ND	Inženjerski menadžment / menadžment održavanjem
Predmetna odrednica, ključne reči: PO	Održavanje, sistem dizaličnog transporta, model
UDK	
Čuva se: ČU	Biblioteci Tehničkog fakulteta "Mihajlo Pupin" u Zrenjaninu
Važna napomena: VN	
Izvod: IZ	Iako se poslednjih godina sve veća pažnja pridaje tehnikama održavanja na bazi rizika, i metode tehničke dijagnostike implementiraju u sve većem obimu, a dizalice, kao grupa najšire primenjenih sredstava u rukovanju materijalima, učestvuju sa čak jednom trećinom u svim smrtnim slučajevima pojedinih grana industrije, razvoj modela održavanja konkretnih tehničkih sistema van polja nuklearne i petrohemijske industrije ne napreduje dovoljno brzo. Shodno tome, predmet disertacije je postavka i potvrda dovoljno tačnog i dovoljno jednostavnog modela održavanja sistema dizaličnog transporta za širu industrijsku primenu. Novopostavljen model održavanja sistema dizaličnog transporta, sadrži dva modula - tehnički i „menadžment“ modul. Shodno predloženom tehničkom modulu modela održavanja sistema dizaličnog transporta, sprovedena je eksperimentalna provera tehničkog modula modela in site na dva sistema dizaličnog transporta na hidroelektrani „HE Đerdap 1“ u Kladovu kao i provera faktora „menadžment“ modula primenom metoda statističke analize (faktorska i analiza pouzdanosti) na uzorku 51 preduzeća u cilju dobijanja modifikacionog faktora. Vrednosti modifikacionog faktora određuju zahvat tehničkog faktora (postupak procene tehničkog faktora u celini, vizuelna kontrolu stanja konstrukcije i mehanizama dizalica i statički i dinamički proračun modela konstrukcije dizalica ili samo vizuelna kontrola).
Datum prihvatanja teme od strane NN veća: DP	21.05.2014.

Datum odbrane: DO	
Članovi komisije: (ime i prezime / titula / zvanje / naziv organizacije / status) KO	predsednik: dr Zvonko Sajfert, redovni profesor član: dr Ilija Ćosić, redovni profesor član: dr Milan Nikolić, vanredni profesor član: dr Gradimir Ivanović, redovni profesor član: dr Milivoj Klarin, redovni profesor

University of Novi Sad
Faculty
Key word documentation

Accession number: ANO	
Identification number: INO	
Document type: DT	Monograph documentation
Type of record: TR	Textual printed material
Contents code: CC	Doctoral Dissertataion
Author: AU	Aleksanadar Brkić
Mentor: MN	Dr Milivoj Klarin, professor
Title: TI	Maintenance Management Model of Crane Transport System'
Language of text: LT	Serbian
Language of abstract: LA	eng. / serb.
Country of publication: CP	Serbia
Locality of publication: LP	Vojvodina
Publication year: PY	2014
Publisher: PU	Author reprint
Publication place: PP	Zrenjanin, Djure Djakovića bb

Physical description: PD	(6 / 283 / 123 / 51 / 90 / 3)
Scientific field SF	Engineering Management

Scientific discipline SD	Engineering Management/ maintenance Management
Subject, Key words SKW	Maintenance, crane transport system, model
UC	
Holding data: HD	Library at Technical faculty "Mihajlo Pupin" in Zrenjanin
Note: N	
Abstract: AB	<p>Although in recent years, more attention is given to risk-based techniques of maintenance, and methods of technical diagnostics are implemented in an increasing extent, and cranes, as a group of the most widely used resources in material handling, account for one third of all deaths in certain industries, development of specific maintenance models of technical systems outside the field of nuclear and petrochemical industries is not progressing fast enough. Accordingly, the subject of this dissertation is the setting and confirmation of sufficiently accurate and sufficiently simple maintenance model for cranes system transportation for general industrial applications. The newly appointed maintenance model for cranes system transportation, contains two modules - technical and "management" module. According to the proposed technical module of maintenance model for cranes system transportation the experimental verification is carried out on the two cranes systems in power plant "Djerdap 1" in Kladovo while 'management' module factors are proved using the methods of statistical analysis (factor analysis and reliability) on the sample sized 51 in order to obtain the modification factor. The values of modification factor determine the level of technical factors needed (process evaluation of technical factors as a whole, the visual control condition of the structure and mechanisms of cranes and static and dynamic analysis model construction crane or solely visual inspection).</p>
Accepted on Scientific Board on: AS	21.05.2014.
Defended: DE	

Thesis Defend Board: DB	president: Zvonko Sajfert, PhD, professor member: Ilija Čosić, PhD, professor member: Milan Nikolić, PhD, associate prof. member: Gradimir Ivanović, PhD, professor member: Milivoj Klarin, PhD, profesor
----------------------------	---

Sadržaj

1. Uvodna razmatranja	10
1.1. Razvoj i značaj održavanja tehničkih sistema	10
1.2. Održavanje savremenih tehničkih sistema	16
1.3. Prethodna istraživanja u oblasti disertacije	21
1.4. Zaključna razmatranja	22
2. Predmet i naučni cilj postavke i provere modela održavanja sistema dizaličnog transporta	23
2.1. Predmet istraživanja doktorske disertacije	23
2.2. Opseg istraživanog problema	27
2.3. Metod istraživanja	28
2.4. Plan istraživanja	29
2.5. Osnovne hipoteze i očekivani rezultati istraživanja	29
3. Model održavanja sistema dizaličnog transporta	32
3.1. Uvodna razmatranja	32
3.2. Postavka tehničkog modula modela održavanja sistema dizaličnog transporta	34
3.2.1. Metodologija utvrđivanja stanja noseće čelične konstrukcije portalnih dizalica	41
3.2.2. Metodologija dijagnostike ponašanja i stanja pogonskih grupa portalnih dizalica	44
3.2.3. Program ispitivanja pogonskih grupa i noseće konstrukcije portalnih dizalica	43
3.2.3.1. Program ispitivanja mehanizma za glavno dizanje sa kolicima za vožnju	44
3.2.3.2. Program ispitivanja mehanizma za kretanje portalne dizalice	45
3.2.3.3. Program ispitivanja noseće konstrukcije portalne dizalice	46
3.2.3.4. Rezultati ispitivanja portalne dizalice	47
3.3. Postavka "Menadžment" modula modela održavanja sistema dizaličnog transporta	47
3.4. Zaključna razmatranja	51
4. Eksperimentalna provera tehničkog modula modela održavanja sistema dizaličnog transporta	53
4.1. Eksperimentalna provera tehničkog modula održavanja sistema dizaličnog transporta na brani HE Đerdap I	53
4.1.1. Mehanizam za glavno dizanje portalnih dizalica 160/50 t	58
4.1.2. Mehanizam za pomoćno dizanje	61
4.1.3. Kolica mehanizama za dizanje	62
4.1.4. Mehanizam za kretanje dizalice	66
4.1.5. Glavni nosači portalne dizalice	75
4.1.6. Kruta noga	79
4.1.7. Zglobna noga	85
4.1.8. Veze konstrukcije nogu dizalice sa konstrukcijom mehanizama za vožnju dizalice	89
4.1.9. Proračun noseće konstrukcije portalne dizalice metodom konačnih elemenata	95
4.1.10. Merenje napona i deformacija noseće konstrukcije portalne dizalice	117
4.1.11. Poređenje numeričkog proračuna i eksperimenta	125
4.1.12. Ispitivanje materijala od koga je izrađena čelična konstrukcija portalnih dizalica	125
4.2. Eksperimentalna provera tehničkog modula održavanja sistema dizaličnog transporta na ulaznoj građevini HE Đerdap I	129
4.2.1. Mehanizam za dizanje	133
4.2.2. Kolica mehanizma za dizanje	136
4.2.3. Mehanizam za kretanje dizalice	138
4.2.4. Noseća konstrukcija portalne dizalice - čistilice	144
4.2.5. Proračun noseće konstrukcije portalne dizalice – čistilice metodom konačnih elemenata	147
4.2.6. Merenje napona i deformacija noseće konstrukcije portalne dizalice - čistilice	153
4.2.7. Poređenje numeričkog proračuna i eksperimenta	158

4.3.1 Zaključna razmatranja	158
5. Eksperimentalna provera “menadžment” modula modela održavanja sistema dizaličnog transporta	161
5.1 Uvodna razmatranja	161
5.2 Postavka “Menadžment” modula modela održavanja sistema dizaličnog transporta	161
5.3 Provera “Menadžment” modula modela održavanja sistema dizaličnog transporta	181
5.3.1 Faktorska analiza faktora “menadžment” modula modela održavanja sistema dizaličnog transporta	184
5.3.2 Analiza pouzdanosti “Menadžment” modula modela održavanja sistema dizaličnog transporta	189
5.3.3 Konačna forma “Menadžment” modul modela održavanja sistema dizaličnog transporta	194
5.4 Korelaciona analiza faktora “menadžment” modula modela održavanja sistema dizaličnog transporta	198
5.5 Zaključna razmatranja	199
6. Zaključna razmatranja i predlog daljih istraživanja	202
6.1 Zaključna razmatranja	202
6.2 Predlog daljih istraživanja	206
Literatura	207
Prilog	211
Prilog A	212
Prilog B	235
Prilog C	253
Biografija kandidata	283

MODEL UPRAVLJANJA ODRŽAVANJEM SISTEMA DIZALIČNOG TRANSPORTA

1. Uvodna razmatranja

U ovom delu kritički se razmatraju razvoj, značaj, postupci, modeli i metodologije održavanja savremenih tehničkih sistema. Detaljno su opisana i razmatrana i prethodna istraživanja u oblasti upravljanja održavanjem dizalica i drugih transportnih sistema. Istraživanja u oblasti disertacije nisu česta ni u domaćoj ni u stranoj literaturi, iako je poznato da se radi o sitemima visokog rizika i troškova.

1.1. Razvoj i značaj održavanja tehničkih sistema

Da bi se i pored stalnih poremećaja u radu tehničkih sistema obezbedilo da oni izvršavaju predviđenu funkciju cilja, odnosno zadatke za koje su namenjeni, neophodno je održavati ih, tj. redovno podvrgavati postupcima koji će sprečiti ili odložiti pojavu otkaza. Održavanje je, shodno tome, kompleks aktivnosti administrativno-organizacionog i tehničko-tehnološkog karaktera čiji je cilj održavanje radne sposobnosti održavanog sistema, pa tako predstavlja jednu od najvažnijih aktivnosti u njihovom ukupnom životnom ciklusu. Održavanje tehničkog sistema, prema tome, podrazumeva sprovođenje svih mera neophodnih da bi jedan tehnički sistem funkcionisao na propisan način, ostvarujući zadatak funkciju u propisanim granicama, sa traženim učincima i kvalitetom, bez otkaza i uz propisano obezbeđenje životne okoline, a pod pretpostavkom dobre obezbeđenosti svih uslova, odnosno uz potrebnu logističku podršku.

Održavanje je danas funkcija od posebnog značaja zbog raznovrsnosti tehničkih sistema koji se održavaju, porasta složenosti, troškova i zahteva proizvodnih planova i planova usluga, tehničkog progressa i sve složenijih tehnologija u procesima održavanja. Trend sve veće raznovrsnosti tehničkih sistema, porast njihove složenosti, porast zahteva funkcije proizvodnje u pogledu intenziteta, načini korišćenja tehničkih sistema i očigledan naučno-tehnološki razvoj, dalje povećavaju složenost poslova održavanja.

Cilj održavanja je postizanje maksimalne raspoloživosti sredstava za rad uz što niže troškove održavanja i ostvaruje se kroz realizaciju sledećih podciljeva (Klarin i dr., 1994.):

1. sprečavanje kvarova;
2. otklanjanje slabih mesta nad sredstvima rada;
3. inovacije u održavanju;
4. produžavanje radnog veka sredstva rada;
5. skraćivanje vremena za popravke;
6. smanjenje troškova materijala, prostora, radne snage, alata i opreme, rezervnih delova i sl..

Shodno podciljevima, opšta težnja je da se procesom održavanja postignu:

1. Minimiziranje troškova zbog zastoja u radu usled neplaniranih kvarova na sredstvima za rad.
2. Sprečavanje, odnosno usporavanje zastarevanja sredstava za rad, koje nastaje kao posledica lošeg kvaliteta proizvoda i škarta.
3. Smanjivanje troškova rada i materijala u proizvodnji, koji nastaju usled povećanih kvarova i zastoja u procesu rada.

4. Pružanje organizovane pomoći svuda gde je potrebno održavanje i upravljanje sredstvima za rad.

Održavanje je sledstveno jedan od ključnih procesa, koji doprinosi poboljšanju performansi tehničkih sistema, poboljšanju kvaliteta proizvoda, zadovoljavanju potreba korisnika kao i ostvarivanju željene pozicije preduzeća na tržištu, dok novi trendovi u oblasti održavanja proističu iz potrebe daljeg dodavanja novih vrednosti poslovnim sistemima. Složenost procesa održavanja tehničkog sistema uvećava činjenica da on ima karakteristike izrazito slučajnog procesa, što proističe iz dve karakteristike koje ga određuju. Prvu slučajnu veličinu predstavlja vreme rada tehničkog sistema do trenutka u kome treba da se sprovede postupak održavanja, a drugu vreme potrebno da se postupak održavanja sprovede, tj. da se tehnički sistem iz “stanja u otkazu” ponovo vrati u “stanje u radu”. Prva slučajna promenljiva je određena osobinama tehničkog sistema u pogledu pojave otkaza, tj. osobinama pouzdanosti, dok je druga određena kvalitetom sistema održavanja i osobinama tehničkog sistema koji se održava. Sa druge strane, raznovrsnost tehničkih sistema koji se održavaju, porast njihove složenosti, porast zahteva funkcije proizvodnje u pogledu intenziteta, načini korišćenja tehničkih sistema i očigledan naučno-tehnološki razvoj, dalje povećavaju složenost poslova održavanja.

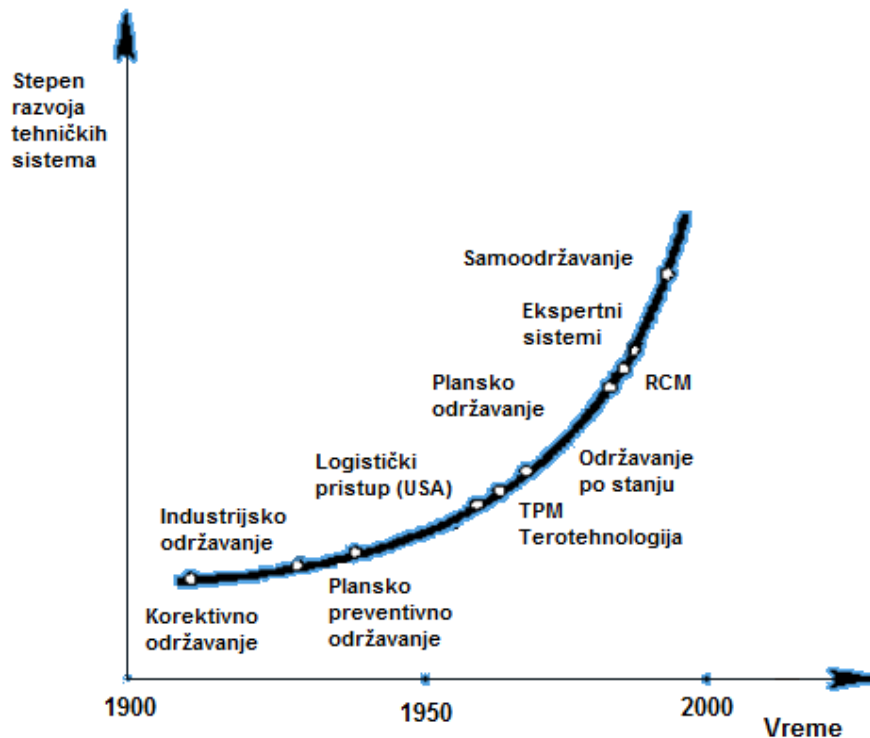
Tako, značaj održavanja za profitabilnost i opstanak preduzeća postaje izrazito značajan nakon II svetskog rata, posebno u hidroelektranama i železarama (Kelly, 1991).

Metodologija održavanja nekog tehničkog sistema definisana je kao skup aktivnosti koje imaju za cilj da produže životni vek tehničkih sistema, u cilju smanjenja ukupnih troškova eksploatacije (Klarin i dr., 1994.).

Strategija održavanja je unapred definisani način i postupak kojim se postiže cilj održavanja za koji smo se odlučili. Strategije održavanja možemo klasifikovati na unapred planirane popravke i zamene sastavnih delova; logističko održavanje; održavanje prema stanju i održavanje sa planiranjem i upravljanjem kao i primenom savremene dijagnostike uz punu podršku računarske tehnike (Klarin i dr., 1994.).

Troškovi održavanja imaju značajan udeo u ukupnim troškovima proizvodnje i zavisno od vrste proizvoda kreću se od 15 do 60% ukupnih troškova proizvodnje. Istraživanja pokazuju da se u proizvodnim preduzećima u kojima se ne poklanja posebna pažnja procesu održavanja čak trećina svih sredstava uloženi u to troši na nepotrebne ili pogrešno izvedene operacije što ima direktan uticaj na ukupne troškove proizvodnje (Moblely, 2002). To naravno znači da povećani troškovi održavanja naknadno nepovoljno utiču na konkurentnost proizvoda na tržištu kojem je teško da se takmiči sa proizvodima preduzeća koja koriste napredne tehnike optimizacije aktivnosti održavanja.

Istorijski posmatrano razvoj postupaka održavanja možemo podeliti na nekoliko razdoblja (sl.1.1).



Slika 1.1 Razvoj postupaka održavanja tehničkih sistema do 2000. godine (Čala, 2005)

Korektivno održavanje je najstariji i najjednostavniji metod održavanja i temelji se na principu “ako uočiš kvar – popravi ga”, neispravnosti se otklanjaju po uočavanju, a ukoliko ih nema, operacije korektivnog održavanja se ne izvode. Korektivno održavanje podrazumeva sprovođenje postupaka održavanja samo ako dođe do otkaza u radu tehničkog sistema, odnosno ukoliko tehnički sistem ne može da funkcioniše ispravno. U osnovi ova koncepcija održavanja predstavlja opravku otkazalog sistema, pri čemu se vraćanje u stanje u radu obavlja sa kriterijumom najmanjih troškova i u najkraćem vremenskom intervalu. Istina je da se u malo pogona sprovodi isključivo korektivno održavanje, uglavnom su obavezne i operacije osnovnog preventivnog održavanja kao što su periodično čišćenje i podmazivanje. Ovaj vid održavanja deluje ekonomično jer nema direktno vezanih troškova dok se otkaz mašine ne desi, međutim ima mnoge nedostatke. Ukoliko se ne vrši nikakvo predviđanje mogućih kvarova, služba koja vrši korektivno održavanje mora u svakom trenutku biti u stanju da reaguje na svaku vrstu otkaza što povlači visoku cenu održavanja zalihe rezervnih delova bar za vitalne delove pogona. Drugi pristup problemu skladištenja je oslanjanje na pravovremenu isporuku rezervnih delova od strane proizvođača što uvećava njihovu cenu zbog hitnosti isporuke, a vreme zastoja povećava za vreme isporuke. Takođe, ako želimo da minimiziramo vreme zastoja neophodno je da obezbedimo brzu reakcije službe održavanja često na nekoliko lokacija istovremeno, što opet podrazumeva glomaznost tog aparata sačinjenog od radnika koji veći deo vremena čekaju da se kvar desi, a koji zbog nemogućnosti predviđanja vremena otkaza često moraju da budu plaćeni za prekovremeni rad. Ako se sve ovo uzme u obzir dobija se da su troškovi održavanja sprovedenog po ovom principu i do tri puta veći od troškova preventivnog održavanja što ga čini najskupljom opcijom (Dhillon, 2002).

Kod preventivnog održavanja postupci održavanja se sprovedu pre nego što dođe do pojave otkaza, čime se sprečava ili odlaže pojava otkaza delova ili čitavog tehničkog sistema. U okviru preventivnog održavanja mogu postojati sledeći modeli održavanja:

1. Održavanje prema resursu (vremenski i eksploatacioni);

2. Održavanje prema tehničkom stanju;
3. Održavanje prema nivou minimalnih troškova i maksimalnog profita;
4. Održavanje prema nivou maksimalne raspoloživosti;
5. Održavanje prema nivou maksimalne pouzdanosti;
6. Održavanje prema vrsti otkaza ("slučajni" ili "pozni" otkazi);
7. Održavanje prema tehno-ekonomskom grupisanju;
8. Posebni modeli održavanja.

Svim metodima preventivnog održavanja zajednička je vremenska baza, što znači da se aktivnosti koje su njim predviđene odvijaju u unapred određenim vremenskim intervalima tokom rada mašine ili nekog njenog elementa. Metod se oslanja za podatke o srednjem vremenu između otkaza, koji su dostupni za sklop ili deo. Taj podatak govori da će dotični deo da otkaze posle određenog vremena, koje naravno zavisi od mnogo faktora kao što su režim rada, opterećenje, spoljni uslovi ili stručnost instalacije. Sve to dovodi do toga da naš deo nikad ne može biti zamenjen u idealnom roku, biće ili rano, ili kasno za zamenu. Ako je srednje vreme između otkaza zupčanika 12 meseci, po programu preventivnog održavanja bio bi predodređen za zamenu posle 11 meseci. Ukoliko je dati tehnički sistem radio u idealnim uslovima, možda ne bi morao da se zameni još nekoliko meseci što se može smatrati gubitkom sredstava, a ukoliko je otkazao ranije mora da bude zamenjen intervencijom korektivnog održavanja, što, sa druge strane, košta mnogo više (Dhillon, 2002). Ovaj metod, iako nedovoljno precizan, i dalje je mnogo jeftiniji od prethodnog, ali takođe ne može da funkcioniše potpuno samostalno, već isključivo u kombinaciji sa povremenim korektivnim održavanjem.

Kod održavanja prema stanju, koje podrazumeva praćenje degradacije delova i njihovu pravovremenu zamenu, na prvom nivou se izvodi samo monitoring karakteristiknih parametara mašine i procesa (vibracije, temperatura, produkti habanja i dr.), a na drugom nivou – dijagnoza. Održavanje prema stanju sa kontrolom parametara podrazumeva stalnu ili periodičnu kontrolu i merenje parametara koji određuju stanje sistema, a odluka o aktivnostima održavanja donosi se kada vrednost parametara dostigne granicu upotrebljivosti-predkritični nivo, dok održavanje prema stanju sa kontrolom nivoa pouzdanosti podrazumeva sakupljanje, obradu i analizu podataka o nivou pouzdanosti sastavnih delova sistema i donošenje odluke o neophodnim aktivnostima održavanja posle sniženja nivoa pouzdanosti.

Kombinovano održavanje predstavlja kombinaciju korektivnog i preventivnog održavanja, u smislu korišćenja tehničkog sistema do pojave prvog otkaza na nekom od sastavnih delova sistema, da bi se zatim korektivnim održavanjem sistem vratio u ispravno stanje za deo sistema, dok se nad ostalim delovima sistema sprovode intervencije preventivnog održavanja.

TPM metod (Totalno produktivno održavanje) doživeo je procvat u Japanu i ukratko se sastoji od veoma pedantnog pristupa bazičnim zadacima održavanja kao što su podmazivanje i vizuelna provera od strane rukovaoca mašine, i podrazumeva primenu najpogodnijih metoda koje su dostupne za prevenciju i opravku. Metod nastaje krajem 60-tih godina, kada u Japanu kod visoko automatizovanih tehničkih sistema radnici u održavanju postaju nemoćni da se sami bave problemima održavanja, pa zbog toga rukovaoc postaje i održavaoc tehničkog sistema. Cilj ovog metoda je postizanje nultog nivoa otkaza i anomalija tokom proizvodnog procesa što se postiže kroz sprovođenje pet osnovnih ideja (Dhillon, 2002):

- Poboljšanje efikasnosti – sastoji se od nalaženja razloga koji uzrokuju smanjenje proizvodnog kapaciteta mašine i njihovo otklanjanje.

- Uključivanje operatera u redovno održavanje – ne mora da znači da operater učestvuje direktno u aktivnostima održavanja, ali obavezno u njihovom organizovanju.
- Unapređenje efikasnosti održavanja - u većini uspešnih TPM programa operater ipak jeste direktno uključen u izvršenje održavanja i često učestvuje u organizaciji preventivnih aktivnosti, praćenju opreme kod prediktivnog održavanja i zaliha rezervnih delova i pribora.
- Edukacija zaposlenih – možda i najvažniji deo čitavog sistema, uključuje obučavanje operatera pravilnom radu na mašinama, njihovoj inspekciji i osnovnim metodama prevencije, kao i osoblja na održavanju pravilnim metodama održavanja.
- Usavršavanje pribora za rad – podrazumeva uključivanje osoba sa iskustvom u radu u razvoj samih mašina. Prilikom usavršavanja opreme obraća se velika pažnja na predloge operatera i službe održavanja kako bi se poboljšala produktivnost mašine, i olakšale intervencije na njoj.

Bundgaard opisuje da je program TPM zasnovan na "osam stubova" (Brockerhoff, 1995.):

1. "Kobetsu-Kaizen" ili borba protiv šest velikih gubitaka kroz aktivnosti malih timova širom preduzeća;
2. "Jishu-Hozen" ili aktivnosti u kojima svaki izvršioc obavlja dnevnu inspekciju kroz aktivnosti čišćenja, čime se povećava odgovornost svakog za svoje radno mesto i opremu na njemu;
3. Planiranje održavanja, zasnovano na korektivnom, predvidivom i preventivnom održavanju;
4. Obučavanje i obrazovanje lidera, izvršioca i održavaoca. Deo obuke izvršioca biće kroz lekcije, koje obavljaju osoblje iz održavanja;
5. Postavljanje sistema koji će osigurati da korisnici dobiju proizvode jednostavne za proizvodnju i produktivni sistem, koji su laki za korišćenje;
6. "Hinshitsu-Hozen" ili aktivnosti za podešavanje stanja tehničkih sistema da bi se eliminisali defektni proizvodi;
7. Aktivnosti u odelenjima koja podržavaju proizvodnju, da bi se obezbedila veća efikasnost u kancelarijama (Office TPM);
8. Ustanovljavanje sigurne radne sredine i zaštitnih sistema.

Može se reći da logistički pristup obuhvata period od nastanka tehničkog sistema pa do njegovog otpisa, uzimajući u obzir okruženje i trendove. Terotehnologija je vezana za tehničke sisteme od njihovog projektovanja, proizvodnje, montaže do konačnog odlaganja (Čala, 2005).

Definicija terotehnologije u Britanskim Standardima (BS 3811, 1993) kaže da je terotehnologija "kombinacija menadžmenta, finansija, mašinstva, gradjevine i drugih disciplina primenjenih na fizička poslovna sredstva preduzeća s aspekta ekonomičnosti tokom njihovog korisnog veka trajanja."

Pojam se javlja nakon Drugog svetskog rata kao posledica potrebe za nadoknadom tehničkih sredstava izgubljenih tokom ratnih zbivanja i napretka tehnologije. Zapravo, u Velikoj Britaniji menadžeri zaduženi za upravljanje funkcijom održavanja u preduzećima tada shvataju da izbor tehničkih sredstava treba sprovoditi na temelju procene njihovih ukupnih troškova tokom celog veka korišćenja, a ne samo na osnovu visine početnih nabavnih troškova. Termin je prvi put upotrebljen od strane britanskog Ministarstva industrije 1970. godine kada je osnovan Odbor za terotehnologiju, a nakon prvog izveštaja Odbora, koje je objavljen 1973. godine, i Ministarstvo životne sredine je prepoznalo principe terotehnologije i osnovalo Odbor za terotehnologiju zgrada 1974. godine. Već je sledeće godine osnovan i Nacionalni centar za Terotehnologiju čiji je temeljni zadatak bio promovisati terotehnološki koncept, međutim centar je zatvoren nakon svega nekoliko godina. U međuvremenu, Britanski institut za standardizaciju je proširio nadležnosti svog, već postojećeg, Odbora za održavanje na šire područje terotehnološkog koncepta (Kelly & Eastburn, 1982).

Prvu definiciju terotehnologije je postavio Odbor Ministarstva za Industriju u Velikoj Britaniji i takva je definicija ostala gotovo neizmenjena do danas. Trenutna definicija terotehnologije, izložena u Britanskim Standardima (BS 3811, 1993) glasi: "Kombinacija menadžmenta, finansiranja, inženjeringa, izgradnje i drugih disciplina primenjenih na fizička poslovna sredstva poduzeća s aspekta ekonomičnosti troškova tokom njihovog korisnog veka trajanja." Najčešće spomenutu definiciju prate i dve napomene (Vlahinić & Belak, 2005):

1. Terotehnologija se bavi specifikacijom i projektovanjem pouzdanosti i održivosti fizičkih poslovnih sastava preduzeća, i uzima u obzir i celokupni proces instalacije, komisije, upotrebe, održavanja, modifikacije i zamene. Odluke su uslovljene povratnim informacijama o dizajnu, performansama i troškovima tokom celog životnog veka projekta.
2. Terotehnologija se podjednako odnosi i na sredstva i na rezultate proizvodnje jer proizvod jednog preduzeća često postaje sredstvo drugog preduzeća.

Osnovni stav na kojem se bazira RCM koncept (Održavanje na osnovu pouzdanosti) je da mašina mora da otkáže, ma koliko brižljivo da je održavana, i ma koliko često da je remontovana. Takođe, relativno malo katastrofalnih otkaza se pojavljuje bez ikakvog pravila ili su van oblasti našeg uticaja a u svim ostalim može da se uoči neka zakonitost. Kako bi se predvidelo vreme i ozbiljnost havarije sprovede se analize otkaza i posledica (FMEA) i analiziraju najčešće Vejbulove raspodele za taj sklop (Dhillon, 2002). Pod pretpostavkom da otkaz mora da se desi, daljom analizom uočavaju se sklopovi čije funkcionisanje nije od velikog značaja za funkcionisanje celine i oni čiji otkaz povlači sa sobom otkaz čitavog sistema. U zavisnosti od prioriteta sastavnih delova usvajaju se i različiti režimi održavanja i modifikuje se konstrukcija tako da se minimizira uticaj otkaza paralelnim vezivanjem vitalnih elemenata od kojih svaki može da vrši funkciju dok se kvar ne otkloni. Pojavom metoda prediktivnog održavanja, i preciznim predviđanjem vremena otkaza postalo je moguće pouzdano otkloniti kvar pre nego što se desi, što je većinu premisa na kojima se bazira RCM učinilo manje važnim. Najveći nedostaci koncepta su kompleksnost i potreba za velikim brojem podataka.

RCM koncept uvodi se u praksu kroz sledećih 7 koraka (Čala, 2005):

- Izbor tehničkog sredstva i podataka
- Utvrđivanje granica
- Opis tehničkog sredstva i funkcionalni dijagram toka
- Funkcije i greške u tehničkom sredstvu
- Analiza grešaka i njihov uticaj
- Analiza stabla otkaza
- Selekcija naloga tj. zadataka

RCM koncept je startno projektovan za potrebe avio industrije, dok ga za potrebe ostalih grana industrije prilagodjava Moubray (Moubray, 1997).

Krajem osamdesetih i početkom devedesetih godina prošlog veka dominantno je prediktivno održavanje (merenjem ključnih veličina tehničkih sistema, kao što su vibracije, pritisak, temperatura, protok i slično u određenim vremenskim intervalima ili kontinualno) kod kog se prate trendovi merenih veličina i procenjuje se sa velikom sigurnošću vreme rada tehničkih sistema do otkaza. Kako bi se ustanovilo kolika je realna potreba za uvođenjem sistema za praćenje stanja treba obratiti pažnju na sledeće stavke:

- Učestalost zastoja
- Priroda, ozbiljnost i raznolikost otkaza
- Repetitivnost procesa opravke
- Količina škarta proizvedenog tokom neispravnosti

- Potencijalne opasnosti tokom havarije
- Utrošak materijala tokom neispravnosti
- Smanjenje kapaciteta postrojenja.

Ovi i mnogi drugi parametri mogu da ukažu nad kojim elementima treba sprovesti detaljno posmatranje, redovne planirane zamene, efikasnije metode neplanirane opravke u slučaju potrebe ili neku kombinaciju svega toga kako bi se osigurao prihvatljiv stepen raspoloživosti datog sredstva za rad. Glavni problem je ipak u većini preduzeća nedostatak pouzdanih podataka pomoću kojih bi mogli da izrazimo koliko nas košta neplanirani zastoj koji bi uvođenje ovog sistema moglo da spreči, ne samo da je retkost da se raspolože podacima o koštanju po satu zastoja, već često nedostaju i podaci o samim zastojima i njihovoj učestalosti i trajanju. Pošto se u velikom broju preduzeća troškovi službe održavanja vode kao dodatni troškovi i raspoložu fiksnim budžetom u koji moraju da se “uklope”, inženjeru zaposlenom na održavanju još je teže da opravda ulaganje značajnijih sredstava u sisteme za praćenje komponenti čak i tamo gde smatra da je neophodno (Mobley, 2002).

Poslednjih godina intenzivno se radi na razvoju metoda upravljanjem održavanja na bazi rizika. Ove aktivnosti su posebno usmerene na održavanje složenih tehničkih sistema visokih rizika, kod kojih pojava većih otkaza ima karakter havarija. To su pre svega energetska, posebno nuklearna postrojenja, a zatim i petrohemijska i procesna postrojenja, rafinerije i naftna industrija, itd. Sve češće se ovakve inicijative javljaju i u drugim granama industrije, u saobraćaju (posebno železničkom), u komunalnim (gasovodi) i drugim sistemima.

1.2 Održavanje savremenih tehničkih sistema

Ovde, na prvom mestu treba istaći veoma akuelno održavanje na bazi rizika. Upravljanje rizikom (menadžment rizika) podrazumeva prepoznavanje (identifikaciju) rizika, procenu rizika i klasifikaciju rešavanja rizika po važnosti (prioriterizacija), nakon čega sledi usklađena i racionalna upotreba resursa kako bi se minimalizirala, pratila i kontrolisala verovatnoća i uticaj (posledice) nepoželjnih događaja (Hubbard, 2009).

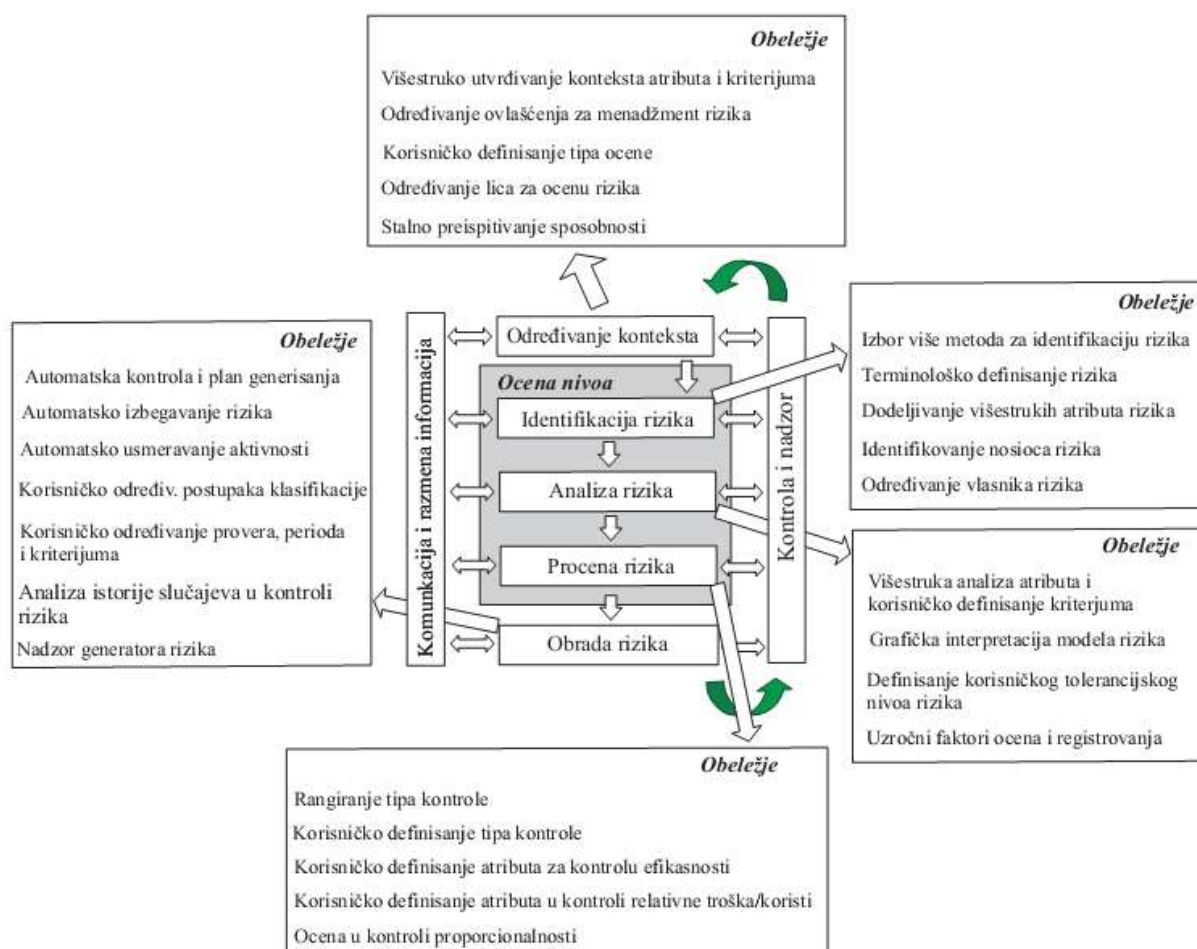
Koncept menadžmenta rizikom se zasniva na osnovnoj premisi da je menadžment rizikom planska, dalekovidna, strukturalna, informativna i stalno primenljiva tehnika. Ključ uspešnog menadžmenta rizikom je rano planiranje i agresivna implementacija. Dobro planiranje omogućava organizovani, sveobuhvatni i iterativni proces identifikacije i procene rizika a zatim adekvatnog reagovanja.

Opšti koraci u u primeni metoda zasnovanih na riziku obuhvataju (Klarin, Misita, & Spasojević-Brkić, 2008):

- prikupljanje i sistematizaciju opštih podataka
- prikupljanje i evaluaciju podataka koji predstavljaju pojedinačne rizike u postojenju uključujući i preliminarnu matricu rizika
- definisanje i preliminarnu evaluaciju mogućih scenarija nastanka posledica
- detaljnu analizu jednog ili više odabranih scenarija, uključujući i određivanje verovatnoće da se oni ostvare
- detaljnu tehničku analizu mogućih posledica pri različitim scenarijima i od različitih uzroka
- sveskupnu analizu mogućih posledica uključujući i analizu u smislu osiguranja i reosiguranja.

Upravljanje rizikom u skladu sa ISO 31000:2009 uključuje sve rizike u menadžmentu na svim nivoima upravljanja, sa sledećim osnovnim principima:

1. menadžment rizikom kreira nove vrednosti za organizaciju (zdravlje, bezbednost, sigurnost, zaštita životne sredine, društvena odgovornost i dr.)
 2. menadžment rizikom je integralni deo organizacionih procesa
 3. menadžment rizikom je deo procesa odlučivanja
 4. menadžment rizikom direktno smanjuje neizvesnost
 5. menadžment rizikom je sistemska, strukturana i blagovremena metoda
 6. menadžment rizikom počiva na raspoloživim informacijama
 7. menadžment rizikom mora biti u skladu sa kontekstom preduzeća
 8. menadžment rizikom uzima u obzir ljudske i kulturalne faktore
 9. menadžment rizikom je transparentan i inkluzivan
 10. menadžment rizikom je dinamičan i cikličan proces
 11. menadžment rizikom pospešuje kontinuirano poboljšanje.
- (ISO 31000:2009. Risk management—Principles and guidelines.)



Slika 1.2 Model integracije ISO 31000:2009 (Gjerdrum, Gallagher, & Peter, 2011)

Održavanje savremenih tehničkih sistema na bazi rizika podrazumeva kvantitativnu ocenu rizika, kontrolisanje i održavanje zasnovano na riziku i upravljanje životnim vekom tehničkih sredstava zasnovano na riziku.

Metoda RBI („Risk-Based Inspection“, odnosno „Tehnički pregledi na bazi rizika“) je jedna od prvih, najviše citiranih metoda održavanja na bazi rizika. Na nju se oslanja i većina drugih metoda održavanja na bazi rizika, koja se razvija poslednjih godina. Metoda RBI je razvijena u Američkom institutu za naftu (American petroleum institute – API) i definisana je standardom API 581 (API 581,

2008). Osnovni cilj i zadatak metode RBI je da se definišu odgovarajući programi tehničkih pregleda za posmatrani tehnički sistem, tako da se na bazi detaljnih analiza:

- Identifikuju, ocene i rangiraju svi rizici sa stanovišta prekida radnog procesa, bezbednosti i sigurnosti radnika, uticaja na zdravlje i živote ljudi i uticaja na bližu i daljnju okolinu, i
- Odrede mere koje treba da se preduzmu da bi se značajni rizici smanjili, odnosno da bi se smanjila verovatnoća /ili posledice tih događaja, i to sa troškovima koji se mogu prihvatiti. Za svaki element treba da se oceni i uticaj, odnosno značaj u pogledu izvršavanja zadatka sistema, tj. ispunjavanja njegovih funkcionalnih zahteva.
- Posebno treba da se identifikuju kritični elementi ili delovi čiji otkaz vodi ka:
 1. Neprihvatljivom nivou posledica po sigurnost, zdravlje i okolinu.
 2. Značajnom nivou ekonomskih posledica.

U poređenju sa situacijom u SAD, situaciju u Evropi u smislu regulative RBI karakteriše sledeće:

- Pojedini evropski dokumenti su međusobno uporedivi sa odgovarajućim u SAD (PED 97/23, Seveso II uputstvo), ali imaju manju konzistentnost.
- Uopšteno, "pokrivenost" RBI dokumentima je bolja u SAD. U evropskoj dokumentaciji postoje značajni nedostaci, često ne postoje centralni dokumenti koji povezuju postojeće delove i kreiraju konzistentan i sveobuhvatan RBI sistem kao što je npr. API 581.
- Organizacije u SAD kao što su PVRC, API, ASME su u mogućnosti da mnogo fleksibilnije i efikasnije reaguju na polju rizika u odnosu na evropske.

(Adamović, & Golubović, 1999).

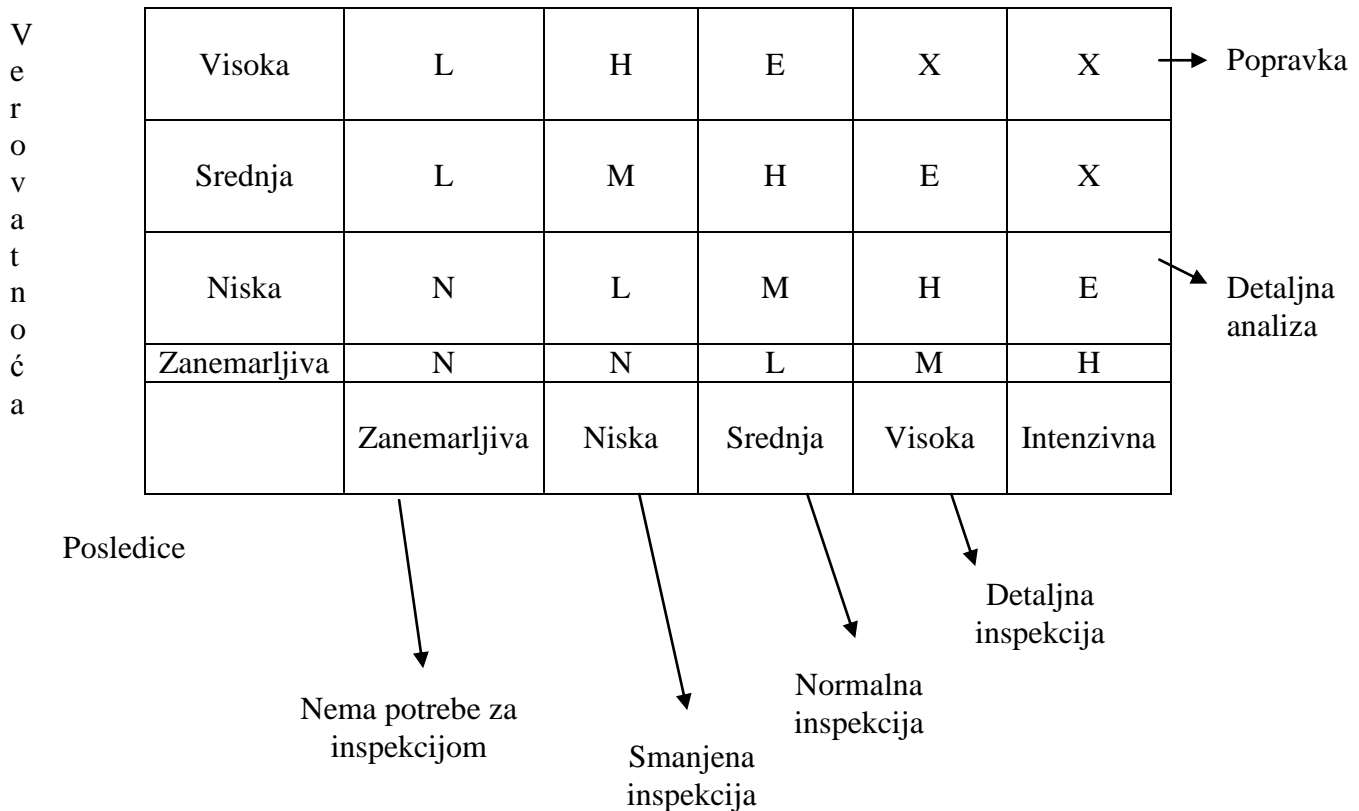
Glavne koristi od primene RBI metode su (Đorđević, Kirin, Sedmak, & Džindo, 2011):

- Definišu se oblasti u proizvodnom pogonu sa visokim rizikom.
- Procenjuje se vrednost rizika za svaku mašinu iz radnog procesa.
- Mašine visokog rizika se postavljaju za prioritete u inspekcijama.
- Formira se adekvatan plan i program inspekcija.
- Sistematski se upravlja rizikom od otkaza postrojenja.

Metoda RBLM („Risk-Based Life Management“, tj. („Upravljanje vekom trajanja na bazi rizika“), koja je razvijena u Institutu MPA pri Univerzitetu u Štutgartu, predstavlja suštinski jednu praktičniju verziju metoda RBI. Ona je neposredno usmerena na upravljanje vekom trajanja kritičnih komponenata složenih sistema. I ova metoda ima za cilj definisanje optimalnih programa tehničkih pregleda, orijentacijom na kritične elemente najvišeg rizika. (ESPRiT 4a, 2009)

Metoda RIMAP („Risk-Based Inspection and Maintenance Procedures“, odnosno „Postupci tehničkih pregleda i održavanja na bazi rizika“) predstavlja dalju fazu u razvoju metoda upravljanjem održavanjem na bazi rizika, odnosno novi projekat RIMAP Project No, GROWTH Project GIRD-CT-2001-03008 ‘RIMAP’, Risk Based Inspection and Maintenance Procedures for European Industry, Commission of the European Communities, Rev. Of Oct. 2000;4, koji se realizuje u okviru Evropske zajednice. Ovaj projekat se u velikoj meri zasniva na metodama RBI, odnosno RBLM, ali je značajno da se u samom naslovu projekta eksplicitno ukazuje da ova metoda definiše ne samo postupke tehničkih pregleda na bazi rizika već i druge postupke održavanja koji se na toj osnovi preduzimaju (zamene delova, popravke, rekonstrukcije ili poboljšanja). Iako je načelno zamišljen kao opšti, on je u ovoj fazi takodje usmeren prvenstveno na složena energetska, procesna, naftna i slična postrojenja velikih rizika. Cilj projekta je da se razvijaju smernice za donošenje odluka na bazi rizika za tehničke preglede i održavanje, koje treba da obezbede tehničke osnove za Evropski standard u ovoj oblasti. Pri tome se ima u vidu da između SAD i Evrope u vezi sa primenom metoda

odlučivanja na bazi rizika postoje značajne razlike. Između ostalog, u SAD na ovim pitanjima radi više snažnih organizacija, kao što su API, ASME, PVRC i druge, dok u Evropi ovakvih inicijativa još nema. Povrh toga, većina inicijativa u SAD je motivisana profitom, dok se u Evropi na ova pitanja gleda pre svega sa stanovišta uvođenja odgovarajuće pravne ili normativne regulative. (Bareiß, Buck, Matschecko, Jovanovic, Balos, & Perunicic, 2004).



Slika 1.3 Rangiranje, odnosno „screening“ rizika sa stanovišta nivoa verovatnoća i nivoa posledica

Metoda PREVING („Preventivno inženjerstvo“) je varijantna metoda RIMAP, posebno usmerena na potrebe osiguranja. Ona se razvija u okviru kompanije DUNAV PREVING u saradnji sa firmom STC R-Tech iz Nemačke. Iako u velikom stepenu zasnovana na projektu RIMAP i iskustvima u primene ove metode u osiguravajućim kompanijama, u metodu PREVING se ugrađuju i rezultati višegodišnjeg iskustva ove Kompanije u proceni šteta i rizika u industriji, transportu i skladištenju (Todorović, 2003).

Osnovni ciljevi metode PREVING su poboljšanja postupaka procene rizika koji se danas koriste u osiguranju, odnosno (Jovanović & Auerkari, 2002):

- Utvrđivanje zavisnosti visine premije od stanja osiguranog objekta;
- Utvrđivanje / procena mogućeg uticaja objekta na poslovni proces;
- Utvrđivanje mogućeg uticaja objekta na okolinu;
- Detaljno razdvajanje elemenata koji utiču na verovatnoću neželjenih događaja i njihovih posledica.

Danas, su takodje veoma značajne i metode tehničke dijagnostike. Pod pojmom tehnička dijagnostika podrazumeva se naučno-tehnička disciplina kojoj pripadaju teorija, metode i sredstva za prepoznavanje stanja tehničkih sistema u uslovima ograničenih informacija. Ona definiše skup svih

mera i postupaka za određivanje i vrednovanje tehničkog stanja mašina i postrojenja uzimajući u obzir specifičnosti uslova primene (Todorović & Brković, 2008). Karakteristike tehničke dijagnostike su sledeće:

1. Dijagnostika se realizuje indirektnim merenjem (dijagnosticiranom stanju je pridružen izmereni dijagnostički simptom),
2. Dijagnoza se ostvaruje bez prekidanja procesa i demontaže,
3. Dijagnoza se realizuje na svakom pojedinačnom primeru mašine ili određenom tehničkom sistemu i time isporučuje specifične informacije o posmatranom sistemu,
4. Dijagnoza se ostvaruje kontinualno ili u određenim vremenskim intervalima i pruža trenutnu procenu stanja tehničkog sistema. (Jeremić, Todorović, Mačužić, Koković, 2006.)

Tehnička dijagnostika se primenjuje pri određivanju:

1. Radnog stanja; Mere se radni parametri koje su definisali proizvođači mašine i koji se moraju održavati u određenim granicama (pritisak, temperatura, protok, zazor);
2. Stepene oštećenja; Pomoću određenih postupaka dijagnostike utvrđuje se koliko je oštećenje prouzrokovano radom mašine;
3. Pouzdanosti i efektivnosti; Utvrđuje se da li je zadovoljena radna sposobnost i sigurnost od otkaza; ispitujući pouzdanost utvrđuje se i prognoza preostalog korišćenja sistema;
4. Prognoze preostalog korišćenja, i
5. Kvaliteta proizvodnje (eksploatacije) i održavanja.

Za primenu mera tehničke dijagnostike na raspoloaganju su načelno dva oblika:

1. Stalna ili permanentna dijagnoza (on-line):
 - Dijagnostički uređaji su direktno ugrađeni u samu mašinu,
 - Na osnovu dobijenih parametara kontrolišu stanje najvažnijih sklopova za vreme njegovog rada,
 - Trenutna analiza,
 - Prekid rada sistema zbog dijagnostikovanja nije potreban.
2. Periodična dijagnoza (off-line):
 - Mere dijagnostike se primenjuju posle određenog vremena rada sistema ili posle propisanih izvršenih radova,
 - Mašina se može isključiti iz procesa rada.

Sve kontrole sa dijagnostičkog aspekta se mogu podeliti na kontrole u cilju:

- održavanja radnog stanja,
- utvrđivanja radnog stanja i
- kontrole stanja.

Najčešće korišćene dijagnostičke metode, ili bolje rečeno metode koje treba u sve većoj meri koristiti u dijagnostikovanju stanja i rada elemenata su (Adamović, 1991):

- vizuelne kontrole (u osnovi subjektivne metode),
- kontrola vibracija (u vremenskom i frekventnom domenu) i buke,
- kontrola termičkog stanja (kontaktne, bezkontaktne i indikatorske metode odnosno termovizijsko opažanje – infracrvena termografija),
- kontrole bez razaranja (magnetska metoda, prodiruće tečnosti, ultrazvuk itd.) i
- kontrole ostalih parametara (broj obrtaja, pritisak, protok, korozija, istrošenost itd.).

Sistemi za podršku odlučivanju (DSS - Decision Support Systems) i ekspertni sistemi (ES - Expert Systems) su alati koji u upravljanju održavanjem mogu naći široku primenu.

DSS predstavljaju simbiozu između korisnika (inženjera ili menadžera) i informacionog sistema u procesu odlučivanja i rješavanja nestruktuiranih problema koristeći informacije i modele odlučivanja, posebne softverske a često i specifične dodatne hardverske alate.

Ekspertni sistemi su u upravljanju održavanjem, posebno u tehničkom dijagnosticiranju, našli značajnu primenu. Oni raspolažu pored baze podataka i bazom znanja koja sadrži sofisticirane modele odlučivanja koji proces odlučivanja izvršavaju onako kako to čini čovek.

Tako treba istaći i napredak u oblasti sistema za računarsko upravljanje održavanjem, npr. CMMSs (Computerized Maintenance Systems) kao integrisani IT alat sa zadatkom pružanja podrške planiranja, kontrole i praćenja održavanja. Međutim, veliki broj dosadašnjih neuspešnih pokušaja uvođenja ovih sistema (57% implementacija), kako pokazuju neka istraživanja ukazuju da smo još daleko od rešenja problema (Jovanović, Vasiljević, 2006).

1.3 Prethodna istraživanja u oblasti disertacije

Istraživanja u oblasti disertacije nisu česta ni u domaćoj ni u stranoj literaturi, pa će ovde biti navedena sva ona koja makar i delimično dotiču razmatranu oblast. Svedjedno, atraktivnosti teme svakako doprinose sledeće činjenice:

- Na aktivnosti održavanja američki department odbrane troši preko 40 miliona dolara godišnje (Baruah, & Chinnam, 2005).
- Troškovi održavanja u elektrani srednje veličine po pravilu su veći od operativnog profita (Geibig, 1999).
- Samo u Americi je sigurno moguće smanjiti troškove održavanja za minimum 35 miliona evra godišnje boljom dijagnostikom (Lee, 2006).

Janjić (2007) u svojoj disertaciji predlaže metodologiju za određivanje optimalnog višegodišnjeg scenarija preventivnog održavanja, baziranu na primeni alata za ocenu i upravljanje rizikom i tehnici dinamičkog programiranja. Suština metodologije je u dekompoziciji faktora rizika i određivanju selektivnog plana akcija koje obezbeđuju da ukupni očekivani operativni (eksploatacioni) troškovi u određenom vremenskom periodu budu minimalni. Metoda je testirana na primeru nadzemne distributivne mreže, a autor ističe da se može koristiti i za ostale delove distributivnih sistema, uvažavajući njihove specifičnosti. Analize pokazuju da se primenom ove metode značajno snižavaju očekivani eksploatacioni troškovi u odnosu na uobičajen tradicionalan pristup primene remonta u regularnim vremenskim intervalima.

Voskresenski (2006) je u svojoj magistarskoj tezi potvrdio hipotezu da primena metoda zasnovanih na bazi rizika ima pozitivne efekte na pouzdanost rada složenih tehničkih sistema, kao i da ove metode značajno utiču na formulisanje optimalnih programa tehničkih pregleda.

Jovanović (2003) potvrđuje na primerima elektrana i procesne industrije da su prednosti inspekcije zasnovane na riziku sledeće, i to:

- određivanje potencijalnih rizika na tehničkom sistemu,
- mogućnost kvantifikovanja koristi od postupaka održavanja,
- pomoć u pronalaganju rešenja u oblasti održavanja,
- optimalno iskorišćenje postojećih resursa.

Rad Zuberu i Ličena (2007) se bavi pregledom različitih tehnika održavanja mašina baziranih pre svega na tehnikama merenja i analize mehaničkih vibracija, kao i srodnim komplementarnim

tehnikama kao što su termovizija, analiza ulja, kao i praćenje procesnih parametara te strategijama njihovog odabira i primene na različite tipove mašina, kao i prikazom nekih rešenja za periodično i kontinualno praćenje stanja mašina i dijagnostiku.

Najznačajniji rezultat Al Najjara (2007) je model koji osim tehničkog procenjuje i finansijski uticaj primenjene vibrodijagnostike. Dati model može se koristiti i pre sprovođenja određenog postupka održavanja, što je i najveća prednost modela.

Kada postoje, prognostički modeli su veoma komplikovani i zasnovani na Markovljevim procesima. Jedan od njih opisan je u radu Ghasemi i dr. (2006), gde je dodatno korišćeno i dinamičko programiranje. Autori osim uvođenja većeg broja pretpostavki, konstatuju i neophodnost razvijanja softvera za proračun u predloženom modelu.

Model sličnih karakteristika, ali nešto manje sveobuhvatan, predložen je u radu Ohnishi i dr. (1994).

Kao što vidimo, literatura je po pitanju prognostičkih modela veoma limitirana, iako potreba za njima dobija na značaju poslednjih godina. I pored raspoloživosti velikog broja dijagnostičkih procedura razvoj prognostičkih modela je tek u povoju, kako navode Baruah i Chinnam, (2005).

1.4. Zaključna razmatranja

Sinergetsko dejstvo svih delova poslovnog sistema, medju kojima održavanje predstavlja značajan deo, je preduslov ostvarenja poslovnih ciljeva. Konceptiju održavanja određenog tehničkog sistema čini okvir u okviru koga se sprovodi politika održavanja, svakako ostvarajući uticaje na sve druge delove preduzeća, pa je stoga neophodno holistički pristupiti analizi međuzavisnosti organizaciono tehničkih faktora pri izboru adekvatne koncepcije održavanja. Potencijal funkcije održavanja kao generatora profita tek je nedavno shvaćen, a porast stalne kompleksnosti tehničkih sistema dovodi do raskoraka u razvoju modela održavanja i napretka tehnologije u praksi. Primetan je podatak da je literatura po pitanju prognostičkih modela veoma limitirana, iako je potreba za njima sve veća poslednjih godina. Tako, nezavisno od raspoloživosti velikog broja dijagnostičkih procedura, razvoj prognostičkih modela ne napreduje dovoljno brzo, kako navode Baruah i Chinnam (2005). Zato predmet ovog rada jeste postavka novog modela održavanja određenog tehničkog sistema, u ovom slučaju sistema dizaličnog transporta, koji će biti dovoljno tačan i dovoljno jednostavan za širu industrijsku primenu.

2. Predmet i naučni cilj postavke i provere modela održavanja sistema dizaličnog transporta

U okviru drugog poglavlja definisani su predmet, metod, struktura i očekivani rezultati istraživanja postavke i provere modela održavanja sistema dizaličnog transporta. Predmet istraživanja podrazumeva kompleksno teorijsko-eksperimentalno istraživanje, koje uključuje analizu i procenu trenutnog stanja opreme i konstrukcije sistema dizaličnog transporta, dinamičkog ponašanja opreme i konstrukcije, uticaja rada opreme na ponašanje konstrukcije, ali i uticaj ljudskog faktora, pa su shodno tome date i metode (eksperimentalne, numeričke i statističke), struktura i očekivani rezultati.

2.1 Predmet istraživanja doktorske disertacije

Dizalice su grupa najšire primenjenih sredstava u rukovanju materijalima. Istorijski posmatrano, prisutne su veoma dugo. U dizalice ili dizalične mašine spadaju sve dizalice koje služe za vertikalno dizanje tereta najčešće pomoću užeta ili lanca. U ovu, najbrojniju grupu mašina prekidnog transporta, spadaju mosne dizalice, građevinske dizalice, portalne dizalice, pretovarni mostovi i dr. Rad se ne može zamisliti bez savremenih efikasnih uređaja za dizanje i prenošenje materijala, narocito tamo gde se proizvodnja razvija i održava prema određenom tehnološkom postupku, i gde prenošenje materijala i delova nezavršenih proizvoda od mesta do mesta za obradu čini sastavni deo celog tehnološkog procesa proizvodnje. Brzi razvoj industrije od druge polovine prošlog veka do danas nameće i sve brži razvoj dizalica, i drugih mašina za dizanje i prenošenje delova, robe i ostalog materijala. Davno je uočeno da dizalice rade pod vrlo različitim radnim uslovima, što takodje važi i za pogonske mehanizme na jednoj istoj dizalici.

Sa aspekta modeliranja kompleksnih slučajeva, dizalične mašine su posebno interesantni primeri, jer se relativno često dešava da konstruktivna rešenja ne predstavljaju i optimalna (Hadžikadunić i dr., 2007). Sistemi dizaličnog transporta višestruko su kompleksniji (Zavodni, Nojptert & Arnold, 2009 i Fang, Dixon, Dawson & Zergeroglu, 2003).

Radovi na temu modela održavanja sistema dizaličnog transporta autoru nisu bili raspoloživi, i upravo ta činjenica je osnovni motiv ovog istraživanja. Sa druge strane, postavke modela održavanja u drugim, manje ili više kompleksnim tehničkim sistemima, postoje. Svojevrsan pregled u oblasti prikazuju Campbell i Jardine (2001). Rusinski i drugi (2001a, 2001b, 2007a, 2007b, 2010a, 2010b), Irvine (1994), Ghosal i dr. (2008) i Jovančić i dr. (2011), daju prikaz modela održavanja za rotorni bager, dok se transportnim trakama bave Nuttal i Lodewijks (2007), Harison (1998), Ravikumar i Chattopadhyay (1999), Van den Heuvel (2001), Zhao i dr. (2010) i Xie i dr. (2010). Analizom raspoložive literature zaključujemo da je veliki broj istraživanja posvećen dijagnostici stanja i ponašanja pogonskih grupa mašina mehanizacije, kao i određivanju odgovarajuće metodologije za dijagnostiku ponašanja pogonskih grupa (Rusinski i dr., 2010, Jovančić i dr., 2011, Nutall i dr., 2007, Xie i dr, 2010, Svanson, 2001). U navedenim radovima se ukazuje na veliku zavisnost dinamičkog ponašanja transportera i dinamičkog ponašanja pogonskih grupa. Česte su i upotrebe simulacionih modela (Duffua i dr., 2001). Shodno navedenim prethodnim istraživanjima nameće se potreba postavke modela održavanja sistema dizaličnog transporta.

Razlozi za izbor sistema dizaličnog transporta leže i u sledećim činjenicama. Odavno je poznato da procesna industrija predstavlja granu industrije u kojoj su uslovi za rad sa najvećim rizikom. U radu Abel Pinto et al. (2011) i Aneziris i dr. (2001), je istaknuto da se najveći broj potencijalnih opasnosti, fatalnih i drugih povreda na radu registruje upravo u procesnoj industriji, dok Ringen-u i Seegal-u

(1995) i Hyoungeti dr. (2009) dodaju da su za procesnu industriju karakteristični korišćenje velikog broja različitih resursa, loši uslovi rada, privremena zaposlenja, loši uslovi radnog okruženja (npr. buka, vibracije, prašina, rukovanje sa teretom i neposredno izlaganje vremenskim uslovima).

OSHA (The United States Occupational Safety and Health Administration) i CSHOs (Compliance Safety and Health Officers) navode podatak o 7479 smrtnih slučajeva u okviru procesna industrije od 1991. do 2002. godine (Beaversetal, 2006).

U saopštenju iz jula 2001., HCS (Health and Safety Commission) je posebno naglasila probleme na gradilištima, sa dva smrtna slučaja nedeljno i sa stopom smrtnosti od 6 ljudi na 100000 radnika (HSC, 2001). Naredno istraživanje, sprovedeno od strane HSE 2004. godine, navodi da od 4624 nesreće koje su prijavljene HSE-u (HealthandSafety Executive), u periodu od 1. aprila 1998. do 31. marta 2003., 861 nesreća je nastala tokom operacija podizanja tereta (Sertyesilisik et al, 2010).

U navedenim istraživanjima se zaključuje da su dizalice koje učestvuju u procesnoj industriji, direktni učesnici u velikom procentu nesreća. Dizalice su sredstva za rad u mnogim radnim operacijama u ovoj grani industrije, i učestvuju u velikom broju smrtnih slučajeva; zapravo, procene govore da dizalice učestvuju sa čak jednom trećinom u svim smrtnim slučajevima vezanim za konstruktivne operacije (Neitzel at al, 2001). Beavers et al (2006) navode: "Jedan od glavnih uzroka smrtnih slučajeva u industriji je korišćenje kranova i dizaličnih uređaja". Procesna industrija je imala treći po redu najveći iznos smrtnih slučajeva, među 9 velikih industrijskih sektora, sa 13,3 smrtna slučaja na 100000 radnika, samo su poljoprivreda i rudarstvo imali veće udele (Department of Labor, 2010).

Dizalice značajno doprinose efikasnom napredovanju posla kada se njima pravilno upravlja, ali takođe imaju potencijal da prouzrokuju ogromne životne i imovinske gubitke, pri čemu treba istaći da rizik od gubitka nije ograničen samo na operatere dizalica (Neitzel at al, 2001).

Prema OSHA istraživanju iz 1996., koje je uključilo 502 smrtna slučaja vezana za korišćenje dizalica, u 479 situacija u periodu između 1984. i 1994. godine, gde je stopa smrtnosti bila 1,4 na 1000 operatera za 45 godina radnog veka (prema Neitzel at al, 2001 i Suruda et al, 1997).

Prema Pratt et al. (1997), dizalice su učestvovala u 306 smrtnih slučajeva, što predstavlja 16,1% od ukupnog broja svih smrtnih slučajeva, u periodu između 1980. i 1992. godine, odnosno stopu smrtnosti od 0,34 na 100000 radnika.

Suruda je proučio podatke iz BLS-a (Bureau of Labor Statistics) i došao do zaključka da je evidentirano ukupno 323 smrtna slučaja tokom 307 nesreća sa dizalicama, koje su identifikovane od 1992. do 2006. godine, što znači u proseku 22 godišnje. Bilo je i 12 nesreća sa višestrukim smrtnim ishodom - 28 smrtnih slučajeva (Suruda, 2008).

Prema Suruda et al. (1997), tokom 1996 bilo je 502 smrtna slučaja vezana za dizalice, čiji su glavni uzroci: udar struje (39%), montaža/demontaža kranova (12%), lomovi/deformacije strele (8%), pad/prevrtanje kрана (7%), otkaz opreme (7%), preopterećenje (4%), udar tereta u pokretu (4%), nesreće vezane sa ručnim podizanjima (4%), rad u prostoru ljuljanja tereta, tj. u radijusu kontratega (3%), itd.

Ovi rezultati se poklapaju sa ostalim istraživanjima koja su takodje došla do zaključka da je strujni udar glavni uzrok nesreća. Od 323 smrtna slučaja vezana za dizalice, 102 nesreće su bile

uzrokovane napajanjem (32%), 68 je vezano za lomove dizalica (21%), i 59 je uzrokovano deformisanom strelom kрана (18%) (Suruda, 2008).

Beavers et al. (2006) navode sledeće uzročnike nesreća: udar od strane tereta (32%), udar struje (27%), montaža/demontaža kрана (21%), prevelike deformacije strela (12%), prevrtanje kрана (11%), udar od strane kontratega (3%), i padovi (2%).

U CPWR istraživanju podataka iz BLS-a, navodi se da četiri glavna tipa dizalica učestvuju u nesrećama sa smrtnim ishodom. Od 307 nesreća, u 216 (71%) su učestvovalе autodizalice. U 16 nesreća sa smrtnim ishodom su učestvovalе građevinske stubne dizalice (5%), u 13 lučke dizalice (4%), i u 12 su učestvovalе mosne dizalice (4%) (Suruda, 2008).

Zajedničko za sva istraživanja je zaključak da je glavni uzrok nesreća ljudski faktor. NSC je 90% nesreća pripisao "grešci operatera" (Neitzel et al, 2001), dok prema Sertyesilisik et al. (2010) 86% zaposlenih veruje da je dizalica deo opreme koji nosi najveće rizike po zdravlje.

Neitzel et al. (2001) ističu da proizvođači dizalica moraju projektovati dizalice kojima je moguće bezbedno upravljati, od strane adekvatno obučenog operatera, te da moraju biti ispunjeni svi standardi o bezbednosti i konstruisanju.

Stoga **predmet istraživanja** ove disertacije podrazumeva kompleksno teorijsko-eksperimentalno istraživanje pri postavci modela održavanja sistema dizaličnog transporta, koji treba da uključuje analizu i procenu svih vitalnih delova dizalica (trenutno stanje opreme pogonskih grupa za sva kretanja koje dizalica ostvaruje, trenutno stanje noseće konstrukcije pogonskih mehanizama i cele dizalice), dinamičkog ponašanja pogonskih grupa, uticaja rada pogonskih grupa na stanje noseće konstrukcije sistema dizaličnog transporta, kao i statičkog i dinamičkog ponašanja noseće konstrukcije sistema dizaličnog transporta. Detaljna analiza dinamičkog ponašanja konstrukcije dizalica je neodvojiv deo procesa projektovanja novih, ili sanacije i rekonstrukcije postojećih sistema dizaličnog transporta. Poznato je da oscilovanja nosećih konstrukcija mogu dovesti do mnogih neželjenih pojava u eksploataciji, kao što su: prekomerne deformacije konstrukcije; ulazak u rezonantna stanja; veliki dinamički odzivi; pojava zamora i loma delova konstrukcije; dugi periodi smirivanja oscilovanja konstrukcije; neadekvatno funkcionisanje, i slično. Takodje treba istaći da prosečna starost sistema dizaličnih transporta u Srbiji nije mala, pa tako na HE „Đerdap“ Elektroprivrede Srbije iznosi preko četrdeset godina. S obzirom da je proces revitalizacije i modernizacije ovih mašina neminovan, a korisnici žele da remontovanjem i rekonstrukcijom produže njihov životni vek i poboljšaju njihove parametre i radne karakteristike, u ovom istraživanju se na uzorku sistema dizalica u okviru HE „Đerdap 1“, očekuje razvijanje metodologije procene ponašanja opreme i nosećih konstrukcija dizalica, kako bi se stekla saznanja o njihovom stanju, i izabrala odluka o daljim pravcima delovanja (nastavak rada, rekonstrukcija, revitalizacija, ili zamena – nabavka novih dizalica), i shodno tome dao predlog univerzalnog modela održavanja sistema dizaličnog transporta. Model koji je cilj disertacije uključuje utvrđivanje uticaja dinamičkog ponašanja pogonskih grupa na noseću konstrukciju dizalica, formiranje originalnih dinamičkih numeričkih modela noseće konstrukcije i njihova verifikacija na osnovu eksperimenta in situ, što omogućava određivanje stvarnog ponašanja pogonskih grupa i noseće konstrukcije, pouzdanu prognozu njihovog reagovanja u eksploataciji, dobijanje parametara izbora i odluka, određivanje uzroka lošeg ponašanja ili popuštanja, procenu eksploatacionog veka i vremena pouzdanog rada, sve u cilju postavke originalnog i proverljivog modela. Prikupljanje podataka neophodnih za postavku modela izvršiće se in situ, vizuelnim pregledom opreme i konstrukcije, i obavljanjem funkcionalnih merenja opreme (pogonskih mehanizama), realnih dizalica koje rade na HE „Đerdap1“ u okviru Elektroprivrede Srbije. U okviru disertacije biće postavljeni statički i dinamički numerički modeli

proračuna noseće konstrukcije dizalica kojima se opisuje fizički problem i ponašanje u eksploataciji, i koji će omogućiti dijagnostiku čvrstoće konstrukcije. Dijagnostika čvrstoće obuhvatiće analizu stanja, ponašanja i popuštanja konstrukcije, i procenu preostale čvrstoće, radnog veka, režima rada, i obim revitalizacije. Analiza podrazumeva kompjuterski proračun primenom metode konačnih elemenata. Validacija postavljenih statičkih i dinamičkih numeričkih modela utvrdiće se eksperimentom in situ, merenjem deformacija, naponskih stanja, i frekvenci oscilovanja elemenata noseće konstrukcije. Osim tehničkih parametara, uticaj ljudskog faktora ne sme biti zanemaren, jer je poznato da je ljudska greška čak češći uzrok otkaza sistema i veći nosilac rizika nego tehnička. Na osnovu analize eksperimentalnih podataka, prikupljenih merenjem i anketiranjem zaposlenih, i podataka dobijenih razvijenim modelom upravljanja održavanjem sistema dizaličnog transporta, moguće je unaprediti praksu održavanja dizaličnih sistema u domaćim industrijskim preduzećima, što je svakako od značaja za podizanje nivoa bezbednosti na radu, povećanja stepena korišćenja kapaciteta i ukupnog razvoja privrede RS.

Naučni cilj istraživanja u okviru disertacije je postavka modela održavanja sistema dizaličnog transporta, koji uključuje i tehnički i organizacioni aspekt. Model održavanja sistema dizaličnog transporta treba da omogući što jednostavnije utvrđivanje trenutnog stanja opreme i konstrukcije sistema dizaličnog transporta, utvrđivanje uticaja dinamičkog ponašanja pogonskih grupa na noseću konstrukciju dizalica, formiranje originalnih dinamičkih numeričkih modela noseće konstrukcije i njihova verifikacija na osnovu eksperimenta in situ, što će omogućiti određivanje stvarnog ponašanja svih elemenata sistema dizaličnog transporta - opreme i noseće konstrukcije, koji zajedno sa uticajem menadžment faktora treba da omoguće pouzdanu prognozu njihovog reagovanja u eksploataciji, dobijanje parametara izbora i odluka, određivanje uzroka lošeg ponašanja ili popuštanja, čijom simbiozom može biti omogućena tačnija procena eksploatacionog veka.

Sa stanovišta praktične primene rezultata, cilj istraživanja je definisanje metodologije i razvoj integralnog modela sistema za procenu stanja i utvrđivanje ponašanja opreme i konstrukcije dizalica, što omogućava postavku modela održavanja. Implementacijom ovako definisane metodologije stvara se mogućnost da menadžmenti kompanija korisnika dizalica pravovremeno donose strateške odluke o aktivnostima vezanim za eksploataciju (nastavak eksploatacije bez intervencija, revitalizacija, modernizacija, rekonstrukcija, otpis, i praćenje planiranih stanja kod nove opreme).

Dobijeni rezultati na primerima sistema dizaličnog transporta u Eлектроprivredi Srbije imaju univerzalni karakter, jer se definisani modeli i metodologija procene stanja mogu primeniti na sve tipove dizalica ako su poznati ulazni parametri sistema.

Naučni cilj disertacije biće ostvaren kroz više ciljeva nižeg nivoa, i to:

1. Formiranje metodologije za utvrđivanje trenutnog stanja opreme i konstrukcije sistema dizaličnog transporta.
2. Utvrđivanje ispravnosti rada pogonskih mehanizama dizalica, i njihov uticaj na noseću konstrukciju dizalice.
3. Formiranje numeričkog dinamičkog modela za identifikaciju stanja i ponašanja noseće konstrukcije.
4. Eksperimentalni metod određivanja dinamičkog ponašanja noseće konstrukcije i validacija numeričkog modela.
5. Postavka metodologije za procenu stanja i utvrđivanje ponašanja noseće konstrukcije koja bi omogućila da se, sa poznavanjem osnovnih ulaznih parametara i radnih uslova, u praktičnoj primeni i bez eksperimentalnih ispitivanja dođe do ispravnih podataka o stanju i veku trajanja konstrukcije u eksploataciji.

6. Uključivanje organizacionog aspekta u tehnički model.
7. Postavka modela održavanja sistema dizaličnog transporta, i primena razvijene metodologije za procenu stanja i utvrđivanje ponašanja opreme i konstrukcije u procesu donošenja odluka o aktivnostima vezanim za nastavak eksploatacije postojećih dizalica.

2.2 Opseg istraživanog problema

Za reprezentativan uzorak je u okviru disertacije odabran sistem dizaličnog transporta na brani Privrednog društva „HE ĐERDAP 1” d.o.o. Sistem dizaličnog transporta na brani Privrednog društva „HE ĐERDAP 1” d.o.o u Kladovu čine dve portalne dizalice – čistilice nosivosti 25 t, raspona između nogu 4m i dve električne portalne dizalice nosivosti 160 / 50 t, raspona između nogu 15 m, koje su predviđene za rad na otvorenom prostoru. Portalne dizalice koje rade na otvorenom namenjene su opsluživanju hidromehaničke opreme na brani i ulaznoj građevini.

Portalne dizalice na brani HE Đerdap 1 izrađene su 1969 godine, prema tada važećim propisima HTZ o radu na dizalicama, dimenzionisane su prema JUS i VDE propisima, i svrstane su u laku pogonsku klasu prema JUS M.D1.020. Osnovni delovi portalne dizalice su noseća konstrukcija dizalica, kolica dizalice sa mehanizmima za dizanje tereta, kao i voznog podstroja – mehanizama za vožnju portala. Noseća konstrukcija portalnih dizalica sastoji se od dva glavna nosača sa gazištima, krute noge, zglobove noge, i noseće konstrukcije mehanizama za vožnju portalnih dizalica. Kolica dizalice sastoje se od noseće ramne konstrukcije na kojoj su oslunjena dva mehanizma za dizanje: jedan glavni i jedan pomoćni. Rešetke ulazne građevine HE Đerdap 1, kao i vodeni prostor neposredno ispred rešetki opslužuju dve portalne dizalice – čistilice nosivosti 25 t, raspona između nogu 4 m. Portalne dizalice izrađene su 1969 godine, prema tada važećim propisima HTZ o radu na dizalicama, dimenzionisane su prema JUS i VDE propisima, i svrstane su u laku pogonsku klasu prema tadašnjem JUS M.D1.020. Osnovni delovi portalne dizalice - čistilice su noseća konstrukcija dizalice, kolica dizalice sa mehanizmom za dizanje tereta, kao i voznog podstroja – mehanizama za vožnju portala.

Oprema koja će biti korišćena za eksperimentalni rad podrazumeva korišćenje opreme za merenje dinamičke pobude, merenje opterećenja pogonskog sistema, merenje vibracija elemenata pogonskog sistema, merenje deformacija konstrukcije, merenje ubrzanja tačaka konstrukcije, i merenje naponskog stanja elemenata konstrukcije.

2.3. Metod istraživanja

U radu je primenjen metod istraživanja na terenu, popularno nazvan „field studies“. Metod sadrži elemente induktivnog, deduktivnog i abduktivnog zaključivanja, kao i deo kvalitativnog razmatranja prethodnih istraživanja i kvantitativnog eksperimentalnog istraživanja. Metod istraživanja na terenu sastoji se od sledećih faza:

1. Analiza prethodnih teorijskih i empirijskih istraživanja fenomena na datu temu (proučavanje odabranih teorijskih i empirijskih istraživanja, stanje problema, ciljevi novog istraživanja, definisanje objekata istraživanja i broja promenljivih koje proučavamo - model multivarijabli)
2. Postavljanje teorijsko metodološkog okvira novog istraživanja (postavljanje eksperimenta, definisanje obima i dubine zahvata, vremena trajanja istraživanja, i sl.);
3. Operacionalizacija sadržaja istraživanja (planiranje oblika prikupljanja podataka);
4. Konceptualizacija svojstava i obeležja istraživanog problema;
5. Definisane očekivanih međuzavisnosti u okviru istraživanog problema i obrada podataka;
6. Analiza i ocena rezultata istraživanja;

7. Svođenje rezultata i donošenje zaključaka.

Za uspešnu realizaciju ciljeva istraživanja i verifikaciju postavljenih hipoteza koristiće se i druge metode naučnog saznanja, koje treba da dovedu do značajnih i proverljivih rezultata i novih saznanja. Biće korišćene i sledeće metode:

- Primena analitičkih metoda koje nas uvode u definisanje problema ponašanja noseće konstrukcije;
- Metoda modeliranja realnog fizičkog problema;
- Primena numeričkih metoda – podrazumeva primenu metode konačnih elemenata kojom se sprovodi dinamički proračun konstrukcije transportera, i dobijaju vrednosti dinamičkih veličina – glavnih oblika oscilovanja konstrukcije, distribucija kinetičke i potencijalne energije po elementima konstrukcije na glavnim oblicima oscilovanja, raspodela naponskog stanja unutar elemenata konstrukcije;
- Primena eksperimentalnih metoda kojima se utvrđuju dejstva pogonskog sistema na noseću konstrukciju, i kojima se potvrđuje ispravnost postavljenog modela opterećenja koja deluju na konstrukciju, koje obuhvataju: merenje dinamičke pobude, merenje opterećenja pogonskog sistema, merenje vibracija elemenata pogonskog sistema, merenje deformacija konstrukcije, merenje ubrzanja tačaka konstrukcije, i merenje naponskog stanja elemenata konstrukcije.

Pored navedenih metoda koristiće se i sledeće posebne metode: induktivna i deduktivna metoda zaključivanja, analitička i sintetička metoda, posebne metode apstrakcije, generalizacije i specijalizacije, i metoda komparacije, koje će takođe doprineti podizanju kvaliteta istraživanja.

2.4. Plan istraživanja

Plan rada u okviru disertacije sastoji se iz sledećih faza:

- Proučavanje relevantnih izvora literature;
- Prikupljanje detaljnih podataka o eksploataciji dizalica na HE „Đerdap“;
- Analiza eksploatacije dizalica sa stanovišta ponašanja opreme i konstrukcije;
- Određivanje karakterističnog predstavnika tipa konstrukcije dizalice za dalje istraživanje;
- Definisane procedure eksperimentalnih merenja pobudnih dinamičkih opterećenja;
- Formiranje numeričkih dinamičkih modela za proračun konstrukcije;
- Dinamički proračun glavnih oblika oscilovanja karakterističnog predstavnika tipa konstrukcije različitih dimenzija;
- Određivanje raspodele kinetičke i potencijalne energije po elementima konstrukcije na njenim glavnim oblicima oscilovanja;
- Definisane parametara za procenu dinamičkog ponašanja konstrukcije;
- Definisane procedure eksperimentalnog merenja dinamičkih odziva na konstrukcijama dizalica;
- Validacija numeričkih dinamičkih modela sa eksperimentalnim rezultatima;
- Ocena sistema menadžmenta održavanja;
- Formiranje i provera modela održavanja sistema dizaličnog transporta.

2.5. Osnovne hipoteze i očekivani rezultati istraživanja

Prosečna starost transportnih mašina i opreme u HE „Đerdap1“ zahteva hitno delovanje u pravcu donošenja kvalitetnih odluka o merama za očuvanje i unapređenje njihovih postojećih

eksploatacionih parametara. Model upravljanja održavanjem i pored izražene potrebe u sistemima poput HE „Đerdap1“ širom sveta do sada nije postavljen. Polazne hipoteze, kojima je definisan predmet istraživanja, proistekle su iz analize raspoloživih literaturnih izvora, kao i realnog stanja i ponašanja sistema dizaličnog transporta na HE „Đerdap1“ u okviru Elektroprivrede Srbije. U skladu sa tim, postavljene su inicijalne hipoteze koje u istraživanju treba obraditi i dokazati.

Osnovna hipoteza koja se može postaviti na osnovu dostupnih rezultata u literaturi (Campbell & Jardine, 2001, Rusinski, E., Moczko, P., Czmochowski, J., 2008, Rusinski, E., Czmochowski, J., Illuk, A., Kowalczyk, M., 2010, Rusinski, E., Czmochowski, J., Moczko, P., 2007) može se definisati na sledeći način:

H₀: Moguće je uspostaviti numerički model noseće konstrukcije validovan eksperimentom, koji omogućava određivanje stvarnog ponašanja konstrukcije, pa na tim osnovama formirati model održavanja prema stanju sistema dizaličnog transporta.

Analizom raspoložive literature (Jovančić, P., Ignjatović, D., Tanasijević, M., Maneski, T., 2011, Nuttall, A., Lodewijks., 2007, Xie, L.Y., James, M. N., Zhao, Y. X., Qian, W. X., 2010, Swanson, L., 2001) zaključujemo da je veliki broj istraživanja posvećen dijagnostici stanja i ponašanja pogonskih grupa mašina mehanizacije, kao i određivanju odgovarajuće metodologije za dijagnostiku ponašanja pogonskih grupa. U navedenim radovima se ukazuje na veliku zavisnost dinamičkog ponašanja sistema i dinamičkog ponašanja pogonskih grupa. Na osnovu analogije postavljamo sledeće pomoćne hipoteze:

H₁: Ispravan rad sistema dizaličnog transporta kao celine direktno zavisi od interakcije pogonske grupe i noseće konstrukcije; moguće je eksperimentalno odrediti dinamičke veličine pogonskih grupa koje predstavljaju pobudu konstrukcije.

H₂: Odzivi noseće konstrukcije su merljive veličine koje na direktan ili indirektan način utiču na funkcionisanje sistema dizaličnog transporta u realnim uslovima eksploatacije.

Campbell & Jardine (2001) ističu da se izvrsnost na polju održavanja može doseći samo ako osim performansi i troškova uzimamo u obzir i rizike otkaza datog sistema, sve to sa posebnim akcentom na kontingenciju od faktora liderstva i menadžmenta. Stoga može uslediti sledća hipoteza:

H₃: Definisanjem modela održavanja sistema dizaličnog transporta koji sadrži metodologiju za procenu stanja i utvrđivanje ponašanja konstrukcije zasnovane na riziku, koje uzimaju u obzir uticaje menadžment faktora, stvara se mogućnost uticaja na uzrok tog ponašanja, a ne na posledicu.

Očekivani rezultati istraživanja su definisanje metodologije i razvoj integralnog modela sistema za procenu stanja i utvrđivanje ponašanja opreme i konstrukcije dizalica, što omogućava postavku modela održavanja. Implementacijom novouspostavljene metodologije stvara se mogućnost da menadžmenti kompanija korisnika dizalica pravovremeno i na adekvatan način donose strateške odluke o aktivnostima vezanim za eksploataciju i održavanje (nastavak eksploatacije bez intervencija, revitalizacija, modernizacija, rekonstrukcija, otpis, i praćenje planiranih stanja kod nove opreme). Treba istaći i činjenicu da dobijeni rezultati na primerima sistema dizaličnog transporta u Elektroprivredi Srbije imaju univerzalni karakter, jer se definisani modeli i metodologija procene stanja mogu primeniti na bilo koji tip dizalica, ako su poznati ulazni tehnički i „menadžment“ parametri sistema.

Kao očekivani naučni doprinosi ovog istraživanja mogu se istaći:

1. Formiranje numeričkog modela za identifikaciju stanja i ponašanja noseće konstrukcije.
2. Primena eksperimentalnog metoda određivanja dinamičkog ponašanja konstrukcije i validacija numeričkog modela.
3. Postavka, provera i potvrda metodologije za procenu stanja i utvrđivanje ponašanja konstrukcije koja omogućava da se, sa poznavanjem osnovnih ulaznih parametara i radnih uslova, u praktičnoj primeni i bez eksperimentalnih ispitivanja dođe do ispravnih podataka o stanju i veku trajanja konstrukcije u eksploataciji.
4. Postavka, provera i potvrda modela uticajnih „menadžment faktora“ i njegova provera statističkim metodama (faktorska analiza i analiza pouzdanosti putem Cronbach alpha koeficijenta) .
5. Postavka, primena i provera modela održavanja sistema dizaličnog transporta, koji sadrži razvijene metodologije za procenu stanja i utvrđivanje ponašanja opreme i konstrukcije sistema dizaličnog transporta, uz sistem podrške procesu donošenja odluka o aktivnostima vezanim za nastavak eksploatacije postojećih dizalica.

3. Model održavanja sistema dizaličnog transporta

U trećem poglavlju postavljen je model upravljanja održavanjem sistema dizaličnog transporta. U modelu su sadržana dva modula: tehnički i „menadžment“ modul. Tehnički modul modela uključuje utvrđivanje trenutnog stanja elektromašinske opreme, i stanje nosećih čeličnih konstrukcija, uticaja dinamičkog ponašanja pogonskih grupa na noseću konstrukciju dizalica, formiranje originalnih dinamičkih numeričkih modela noseće konstrukcije i njihovu verifikaciju na osnovu eksperimenta in situ, što omogućava određivanje stvarnog ponašanja svih sklopova sistema dizaličnog transporta, pouzdanu prognozu njegovog reagovanja u eksploataciji, dobijanje parametara izbora i odluka, određivanje uzroka eventualnog lošeg ponašanja ili popuštanja, i ekspertsku procenu eksploatacionog veka. Takođe, tehnički modul upravljanja održavanjem sistema dizaličnog transporta treba da omogući pravovremene informacije održavaocima sistema dizaličnog transporta o neophodnosti popravke ili zamene određene komponente dizalice, pre nego što dođe do otkaza. „Menadžment“ modul modela značajne faktore određuje na osnovu anketnog upitnika za ocenu sistema upravljanja u preduzeću.

3.1 Uvodna razmatranja

Održavanje, u industrijskim uslovima, podrazumeva održavanje kritične opreme za proizvodnju u operativnom stanju ili vraćanje iste u operativno stanje. Pouzdanost je veoma važna karakteristika uspešnog rada sistema unutar specifikovanih granica performansi i u toku specifikovanog vremena trajanja zadatka, tako da se može smatrati da je pouzdan onaj sistem koja izvršava svoju funkciju bez otkaza. Međutim, za određivanje karakteristika pouzdanosti potrebno je postojanje podataka, koji prikazuju vremensku sliku stanja sistema sa odgovarajućom tehničkom dokumentacijom, tačnije „istorije otkaza“. Kako dati podaci u domaćoj industriji vrlo često nisu prikupljeni, a samim tim ni dostupni, utvrđivanje stanja mašine predstavlja jedan od ključnih problema u procesu njenog održavanja. Tehnička dijagnostika, kao sastavni deo procesa održavanja prema stanju, može da utvrdi tehničko stanje sastavnog dela sistema ili celog sistema sa određenom tačnošću u određenom trenutku vremena. Najvažniji uzroci smanjene radne sposobnosti ili otkaza sistema su:

1. Energija okruženja, gde treba uključiti i delovanje rukovaoca i održavaoca.
2. Unutrašnje izvore energije, povezane sa radnim procesima, ali i sa radom pojedinih sastavnih delova sistema.
3. Potencijalnu i kinetičku energiju strukture, koja je sakupljena u obrađivanim materijalima u procesu njihovog korišćenja (montažni naponi, unutrašnji naponi, itd.)

Rezultat dejstva navedenih uzroka dovodi, u toku eksploatacije tehničkog sistema, do posledica, koje mogu biti i havarijske, nepopravljive prirode, zbog ispada sistema iz procesa rada.

Tako, danas sve šire, takoreći plebiscitarno, prihvatanje metoda analize rizika u svim sektorima života, nedvosmisleno upućuje na korišćenje metoda zasnovanih na analizi rizika pri upravljanju održavanjem složenih tehničkih sistema. Pri tome se rizik definiše kao složena kategorija, izražena proizvodom verovatnoće pojave neželjenog događaja i posledica tog događaja. Sa druge strane, održavanje, u industrijskim uslovima, podrazumeva održavanje opreme za proizvodnju u operativnom stanju ili vraćanje iste u operativno stanje. Takođe, tehničku dijagnostiku danas treba posmatrati na višem nivou – u 21. veku je u većoj meri potrebna određena strategija upravljanja opremom. Danas je potrebno da rad svakog odeljenja i pojedinca bude potpuno koordiniran i da podrazumeva međusobnu podršku kako bi se ostvarila maksimalna pouzdanost i dostigli maksimalni proizvodni kapaciteti opreme tokom celog njenog životnog ciklusa. Utvrđivanje stanja mašine ostaje jedan od ključnih problema u procesu njenog održavanja, a tehnička dijagnostika omogućava opis stanja tehničkog sistema skupom fizičkih parametara (obeležja), čijim se praćenjem i upoređivanjem donosi zaključak o stanju sistema.

Analiza rizika je, po pravilu, uvek veoma složena, zahvaljujući sledećim faktorima:

1. neizvesnost vezana za definisanje problema,
2. poteškoce koje se javljaju prilikom vrednovanja činjenica,
3. složenost otkrivanja relevantnih vrednosti,
4. nepredvidivost ponašanja ucesnika u procesu, i
5. nejednoznačnost vrednovanja procesa.

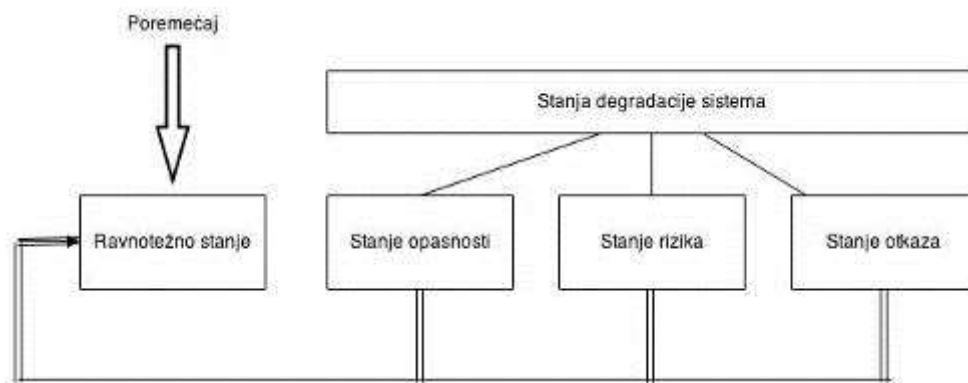
Sa druge strane, kvalitetno urađena analiza i procena rizika preduslov su za adekvatno planiranje prevencije destruktivnih potencijala, kao i pripreme strategije reagovanja na otkaz u kontekstu prevencije/sanacije posledica. Nedostatak preciznog definisanja postupaka i procedura u praksi, kao i kriterijuma pokazatelja pri analizi i oceni rizika, nameće potrebu za metodologijom koja bi sadržala savremene postupke i metode određivanja pokazatelja i kriterijuma za ocenu rizika.

Tipični uzročni lanac rizičnog događaja sadrži sledeće događaje (Kulba, Stanković, Savić, 1999):

- otkaz pojedinih elemenata sistema (unutrašnji poremećaji) i/ili nedozvoljeni spoljašnji poremećaji;
- pojavu faktora opasnosti na neočekivanom mestu i/ili u neočekivano vreme;
- neispravnost ili nepostojanje zaštitnih sredstava i/ili neadekvatno ponašanje (novi otkazi)
- elementi sistema u novim uslovima funkcionisanja;
- dejstvo faktora opasnosti na elemente sistema i/ili okruženja.

Analiza uzročnog lanca rizičnih događaja na osnovu karakterističnih stanja sistema (slika 3.1.) ukazuje na to da stanju otkaza prethodi stanje rizika sistema. Zbog toga je proučavanje stanja rizika značajno za održavanje. S jedne strane, ono poboljšava kvalitet održavanja prema stanju, a sa druge, pruža neophodne informacije za planiranje i preduzimanje konkretnih aktivnosti preventivnog održavanja. Takođe, očekivana su unapređenja i po pitanju:

1. Sprečavanja kvarova.
2. Otklanjanja slabih mesta nad sredstvima rada.
3. Inovacija u održavanju.
4. Produžetak radnog veka sredstava rada.
5. Skraćenje vremena opravke.
6. Smanjenje troškova materijala, prostora, radne snage, alata i opreme, rezervnih delova.



Slika 3.1. Karakteristična stanja sistema

Svaki novouspostavljeni model za procenu rizika, prema tome, zavisice od konzistentosti i raspoloživosti podataka neophodnih za procenu. Adekvatni kvantitativni podaci analiziraju se

pomoću modela komponenata uz kasnije povezivanje i analizu kvalitativnih i kvantitativnih podataka.

Poslednjih godina intenzivno se radi na razvoju metoda upravljanjem održavanja na bazi rizika. Ove aktivnosti su posebno usmerene na održavanje složenih tehničkih sistema visokih rizika, kod kojih pojava većih otkaza ima karakter havarija. To su pre svega energetska, posebno nuklearna postrojenja, a zatim i petrohemijska i procesna postrojenja, rafinerije i naftna industrija, itd. Sve češće se ovakve inicijative javljaju i u drugim granama industrije, u saobraćaju (posebno železničkom), u komunalnim (gasovodi) i drugim sistemima.

Podaci o stanju sistema dizaličnog transporta, skoro po pravilu, u industrijskim preduzećima u Srbiji, nisu ažurno prikupljeni, čuvani niti analizirani. Održavanje prema stanju sa kontrolom nivoa pouzdanosti, koje uključuje sakupljanje, obradu i analizu podataka o nivou pouzdanosti sastavnih delova sistema, u realnom vremenu, stoga nije moguće (Adamović, Radovanović & Radojević, 2008).

Shodno prethodno navedenim činjenicama, ovo istraživanje ima za cilj postavku modela sistema dizaličnog transporta koji će sadržati elemente periodične tehničke dijagnostike (održavanje prema stanju sa periodičnom kontrolom parametara, jer stalnog praćenja takodje najčešće nema), proračuna i procene rizika, kao i uticaje organizacione kulture preduzeća.

3.2 Postavka tehničkog modula modela održavanja sistema dizaličnog transporta

Sistemi dizaličnog transporta su veoma složeni sistemi sa velikim brojem međusobno zavisnih elemenata. U ovom istraživanju pod sistemom dizaličnog transporta podrazumevamo najmanje dve iste portalne dizalice na istoj kranskoj stazi koje obavljaju isti posao, i rade u potpuno istim uslovima. Takođe, sistem dizaličnog transporta može biti i jedna dizalica koja ima najmanje dva mehanizma za dizanje tereta koji mogu da rade zajedno. Sistem dizaličnog transporta mogu činiti i najmanje dve mosne dizalice, ali su u ovom radu istraživani sistemi dizaličnog transporta koje čine po dve portalne dizalice. Razlog za ovakvu odluku je činjenica da su portalne dizalice mnogo složenije konstrukcije od svih drugih industrijskih dizalica, pa samim tim analiza modela održavanja sistema portalnih dizalica ima opštiji značaj. Što je sistem dizaličnog transporta složeniji (veći broj istih dizalica, veći broj istih mehanizama na jednoj ili više dizalica) raste potreba za postojanjem modela održavanja sistema, koji treba da omogući pravovremenu i tačnu ocenu trenutnog stanja, i da predvidi buduće ponašanje sistema dizaličnog transporta. Na prvi pogled se čini da je održavanje sistema dizaličnog transporta olakšano ukoliko elemente sistema čine dve ili više identične dizalice, ili dva ili više mehanizama na jednoj, ili na više dizalica, i ukoliko te dizalice rade isti posao u istim uslovima. Razlog za takvu tvrdnju mogla bi da bude činjenica da jedan isti rezervni deo može poslužiti za održavanje više istih dizalica ili mehanizama, čime se olakšava nabavka i držanje na stanju najvažnijih delova dizalica, i smanjuju troškovi neophodnih zaliha. Drugi razlog za ovakvu tvrdnju mogao bi biti zaključak da je dovoljno utvrditi stanje jedne dizalice, ili jednog mehanizma, pa na osnovu toga proceniti stanje ostalih istih mehanizama ili dizalica. Međutim, nije uvek tako, što će u eksperimentalnom delu ovog rada biti i dokazano. Takođe, biće dokazano i da, za održavanje i procenu stanja sistema dizaličnog transporta, model održavanja koji će biti postavljen u ovom radu pokazuje odlične performanse.

Model održavanja sistema dizaličnog transporta treba da sadrži sve potrebne elemente za ocenu trenutnog stanja opreme i konstrukcije sistema dizaličnog transporta, za kvalitetnu procenu potrebe za pravovremenu popravku ili zamenu svih komponenata opreme i konstrukcije koje su blizu kraja svog ispravnog i bezbednog rada, kao i za ocenu preostalog životnog veka sistema dizaličnog

transporta. Ukoliko je došlo do približavanja kraju životnog veka sistema, potrebno je da model održavanja obezbedi sve podatke za donošenje odluke o sanaciji, eventualnoj modernizaciji, ili zameni sistema dizaličnog transporta.

Postavka modela održavanja sistema dizaličnog transporta nema za cilj analizu postupaka tekućeg održavanja sistema dizaličnog transporta. Naprotiv, podrazumeva se da se postupci tekućeg održavanja sprovode prema preporukama proizvođača, dok novopredloženi model poseban akcenat stavlja na postupke za predikciju neočekivanih i prevremenih otkaza svakog pojedinačnog elementa sistema dizaličnog transporta.

Tehnički modul modela održavanja sistema dizaličnog transporta zasnivaće se na dijagnostici stanja i ponašanja pogonskih mehanizama za dizanje tereta, za vožnju kolica mehanizma dizanja tereta, i za vožnju dizalice, kao i dijagnostici stanja i ponašanja nosećih čeličnih konstrukcija portalnih dizalica.

Već je navedeno da u dostupnoj literaturi nisu pronađeni izvori koji se bave ovom problematikom. Analizom dijagnostike i ponašanja čelične konstrukcije bagera bavili su se Daničić (2004), i Brkic, A. Dj., Maneski, T., Ignjatovic, D., Jovancic, P. D., & Brkic, V. K. S. (2014). U realizaciji postavljenih ciljeva održavanja kompleksnih sistema iskopa, transporta, i odlaganja ruda na površinskim kopovima, sve veći značaj dobija dijagnostika stanja i ponašanja pogonskih grupa i čeličnih konstrukcija mašina za iskop i transport. Osnovni zadatak svake analize stanja nosećih konstrukcija je što tačnije određivanje njihovih deformacija, raspodele naponskih stanja, kao i frekvencija oscilovanja. Oscilovanja nosećih konstrukcija mogu dovesti do mnogih neželjenih pojava u eksploataciji, kao što su: prekomerne deformacije konstrukcije, ulazak u rezonantna stanja, veliki dinamički odzivi, pojava zamora i loma kod veza delova konstrukcije, dugi periodi smirivanja oscilovanja konstrukcije, i slično (Daničić (2004), i Brkic i dr. (2014)). Za sprovođenje dijagnostike stanja potrebno je opremu i konstrukciju razvrstati u sisteme (grupisanje prema funkcijama koje elementi sistema ostvaruju), i odrediti granice sistema, koje ne moraju nužno biti ograničene fizičkim granicama sistema, već se mogu i preklapati (Daničić, 2004).

Metodologija i program ispitivanja portalne dizalice zasnovani su na primeni dijagnostike stanja svih funkcionalnih delova portalne dizalice. Osnovni cilj primene dijagnostike ponašanja i stanja čelične konstrukcije i elektromehaničke opreme sistema portalnih dizalica je procena trenutnog stanja, predviđanje budućeg ponašanja, i potrebe za eventualnu revitalizaciju i modernizaciju, koje će omogućiti dugotrajnu, sigurnu i ekonomičnu eksploataciju dizalice. Ovakvim pristupom dolazi se do neophodnog definisanja osnovnih i posebnih zahteva pri eventualnoj revitalizaciji, koji su sublimirani preko dijagnostike ponašanja i stanja mašine i opreme.

Da bi se postavili tehnički uslovi realizacije zadatog projekta, potrebno je definisati globalni algoritam primene dijagnostike stanja i ponašanja metalne konstrukcije i elektromašinske opreme portalnih dizalica, kao elemenata sistema dizaličnog transporta. Izgled osnovnog algoritma dijagnostike ponašanja konstrukcije i opreme na portalnoj dizalici ima izgled kao na slici 3.2

- Cilj

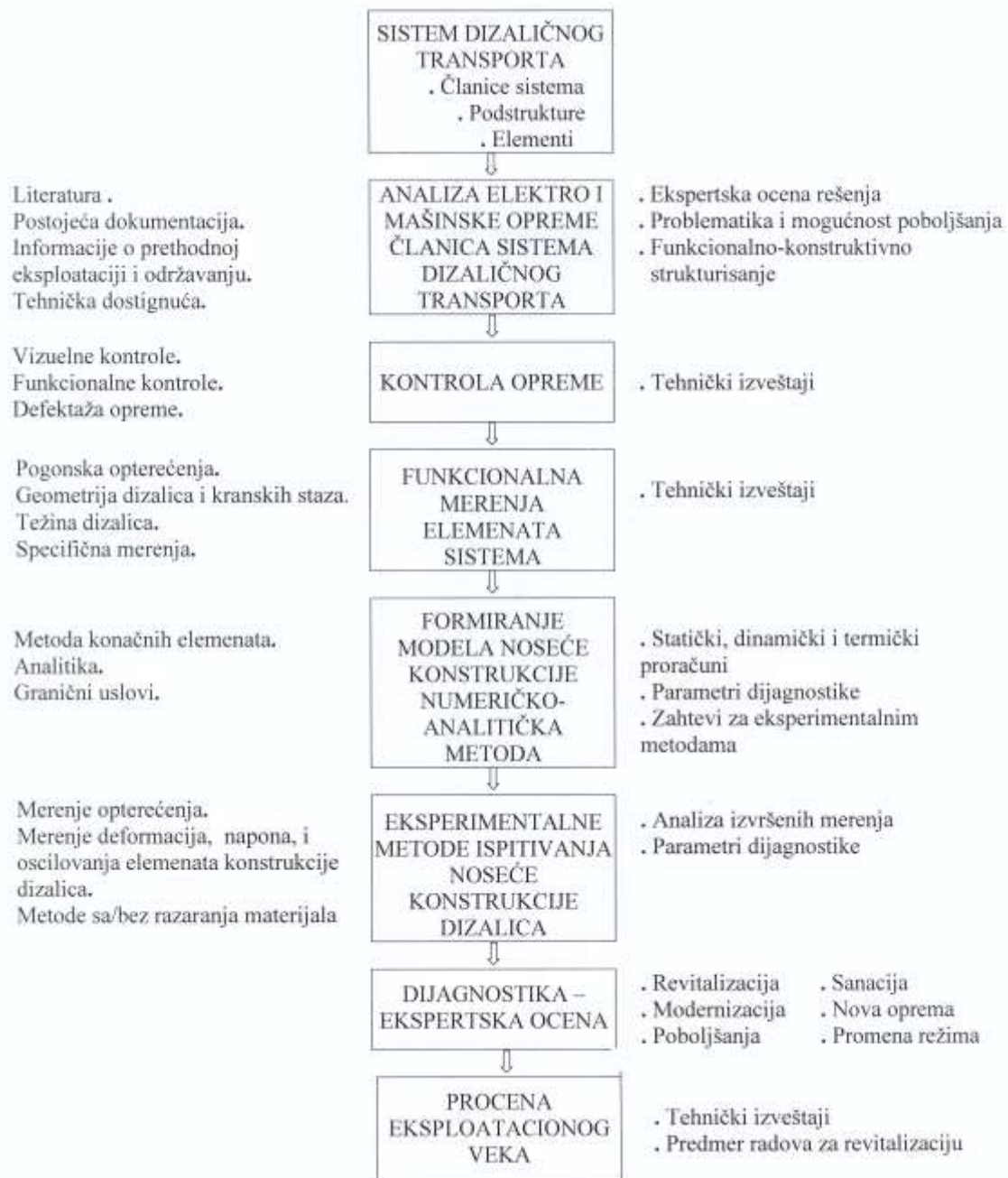
Osnovni cilj dijagnostike stanja elektromašinske opreme (pogonskih grupa) i noseće konstrukcije članica sistema dizaličnog transporta predstavlja utvrđivanje njihovog stvarnog eksploatacionog ponašanja. Pronalaženje i rešavanje uzroka eventualnih problema u eksploataciji omogućava pravovremene akcije na održavanju sistema dizaličnog transporta, i zahteva primenu numeričko-eksperimentalne dijagnostičke metode. Ovakav pristup treba da omogućiti određivanje stvarnog ponašanja elemenata pogonskih grupa i noseće konstrukcije, pouzdanu prognozu budućeg

reagovanja opreme i konstrukcije u eksploataciji, dobijanje parametara koji će omogućiti donošenje odluka o vremenskim fazama za održavanje svih elemenata opreme i konstrukcije, određivanje uzroka eventualnog lošeg ponašanja opreme ili popuštanja konstrukcije, procenu eksploatacionog veka i donošenje odluke o eventualnim sanacijama, rekonstrukcijama, ili revitalizaciji sistema dizaličnog transporta.

- Analiza elektromašinske opreme

Formiranje baze podataka o opremi predstavlja proces prikupljanja raspoložive dokumentacije: proizvođačka, atestna, uputstva za održavanje i rukovanje, dosadašnje eksploataciono ponašanje pogonskih grupa, pregledi dosadašnjih otkaza i oštećenja, izveštaji o izvršenim ispitivanjima, zalihe rezervnih delova, i slično. Utvrđivanje tehničkog stanja opreme obuhvata pregled i ispitivanje funkcionalnosti mašinske i elektropreme sa svih aspekata. Segmenti koji čine analizu opreme su:

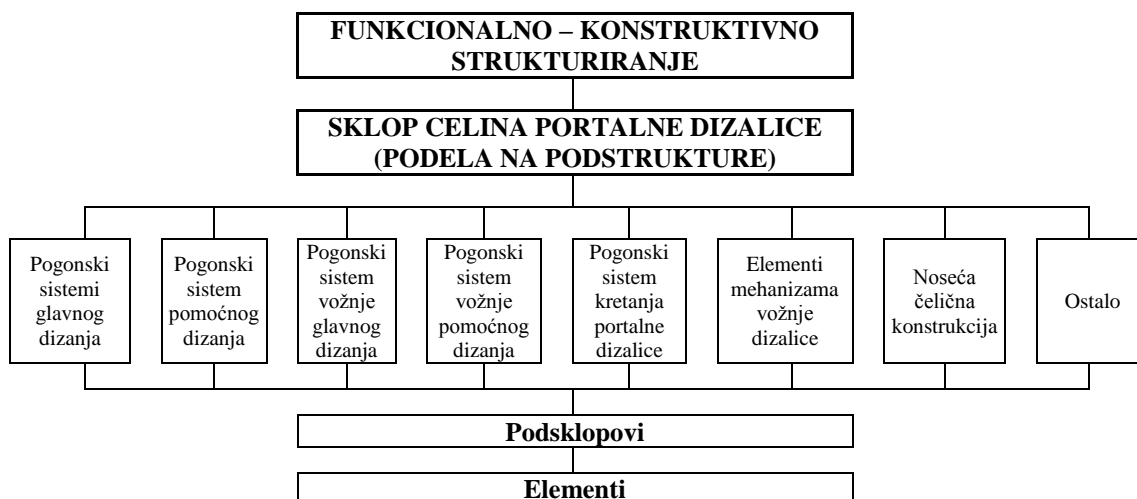
- Prikupljanje podataka o dosadašnjem radu i strukturi zastoja (formiranje baze podataka).
- Vizuelna kontrola elemenata pogonskih grupa, funkcionalna ispitavanja opreme u radu.
- Određivanje stepena kritičnosti elemenata opreme, definisanje vremenskih kriterijuma za održavanje pojedinačnih sklopova, donošenje odluka o njihovoj popravci ili zameni.



Slika 3.2 Algoritam procene eksploatacionog veka – dijagnostike ponašanja i stanja metalne konstrukcije i elektromašinske opreme portalne dizalice

- Funkcionalno-konstruktivno strukturisanje opreme

Prilikom analize strukture konstruktivne celine portalne dizalice neophodno je podeliti opremu i konstrukciju u segmentne sisteme, grupišući delove prema dobro poznatim funkcijama. Vršiti se dalja podela na podsisteme koji izvršavaju funkcije bitne za rad celog sistema (Slika 3.3).



Slika 3.3 Podela sistema portalne dizalice na podstrukture

- Kontrola elektromašinske opreme i metalne konstrukcije
 - Vizuelna kontrola. Ovo je najjednostavniji pregled ali, praktično, još uvek nezamenljiv. Ovakav pregled naročito je značajan za vidljive deformacije elemenata konstrukcije i posebno veze elemenata sistema, gde je moguće na osnovu pucanja zaštitnog premaza uočiti proklizavanje veze, a takođe, i grubo oceniti stanje konstrukcije i veza sa stanovišta antikoroziivne zaštite. Vizuelni pregled sadrži sledeće elemente kontrole:
 - lokalne deformacije i oštećenja na konstrukciji uz, utvrđivanje uzroka njihovog nastanka (udari, nepravilno korišćenje, itd.),
 - stanje veznih mesta najodgovornijih spojeva konstrukcije i spojnih sredstava (vijci, zakovice)
 - stanje zavarenih spojeva.
 - Funkcionalne kontrole. Ekspertsko praćenje rada svih pogonskih sistema na dizalici u smislu ostvarivanja zadatih performansi prenosa obrtnog momenta, odnosno snage. Ostale funkcionalne kontrole se, pored ostalog, odnose na kontrolu nosećih elemenata dizalice (užad, koturače, doboši, kočnice, sistema podmazivanja).
 - Vibrodijagnostika elektromašinske opreme podrazumeva određivanje sopstvenih frekvenci oscilovanja opreme, merenje vibracija, analiza vremenskog i frekventnog domena, dijagnostika vibracija i procena nivoa vibracija, kao i utvrđivanje trenda pojava anomalija.
 - Defektaža opreme. Donošenje odluke o popravci ili zameni svakog pojedinačnog dela opreme. Ukoliko je odluka da se pristupi većoj rekonstrukciji ili revatalizaciji, potrebno je izraditi tendersku dokumentaciju svih revitalizacionih ili rekonstruktivnih aktivnosti na dizalic,i na osnovu kojih se vrše dalje aktivnosti u nabavci opreme i izvođenju radova. Tenderska dokumentacija treba da bude podeljena po strukturnim celinama, odnosno podsklopovima i elementima mašina i uređaja koji se podvrgavaju eventualnoj revitalizaciji ili rekonstrukciji.
- Funkcionalna merenja

- Funkcionalna merenja obuhvataju merenje pogonskih opterećenja svih pogonskih grupa (jačina struje, napon, obrtni moment, snaga, broj obrtaja elektromotora), parametara podmazivanja, itd.
- Geodetska merenja (geometrijsko-konstruktivna kontrola) predstavlja specifičan oblik deformacionih merenja. Specifičnost merenja sadržana je u činjenici da se kao i sva deformaciona merenja periodično ponavljaju, a da objekat – dizalica menja svoj položaj u prostoru. Kod sistema dizaličnog transporta neophodno je sprovesti i geodetska merenja kranskih staza, čija odstupanja od dopuštenih vrednosti mogu biti uzrok velikog broja zastoja u radu, ili lošeg ponašanja elemenata za pogon vožnje dizalica. Ovaj problem naročito je prisutan kod eksploatacije portalnih dizalica, koje zbog specifične konstrukcije (visoke noge) i najčešćeg rada na otvorenom prostoru (vetar, sneg, led) zahtevaju gotovo idealnu kransku stazu.
- Specifična merenja vezana su za samu dizalicu ovog tipa (utvrđivanje težine dizalice na osnovu merenja opterećenja na točkovima neopterećene dizalice), radi određivanja težišta dizalice i utvrđivanja da li su svi točkovi dizalice u kontaktu sa kranskom šinom.
- Numeričko-analitička metoda za modeliranje noseće konstrukcije dizalice

Numeričko analitička metoda za modeliranje i proračun nosećih konstrukcija razvijena je u izvoru Maneski (1998) i (2005), a za modeliranje i proračun konstrukcija bagera primenjena u dva literaturna izvora (Daničić, 2004, i Brkic i dr., 2014). Opšta metoda sastoji se od sledećih koraka, a primenjeno za sisteme dizaličnog transporta:

- Utvrđivanje opterećenja. Analizira se opterećenje koje deluje na portalnu dizalicu u različitim režimima rada. Ukoliko je moguće, funkcionalnim merenjima utvrđuje se stvarno opterećenje pri radu portalnih dizalica.
- Kompjutersko modeliranje i proračun struktura primenom metode konačnih elemenata prema Maneskom (1998) omogućava modeliranje i statički i dinamički proračun nosećih konstrukcija portalnih dizalica, određivanje stvarne slike pomeranja i napona u svim elementima modela portalne dizalice, određivanje sopstvenih oblika oscilovanja, iznalaženje stvarnog ponašanja konstrukcije portalnih dizalica i njenih elemenata, pouzdanu prognozu reagovanja konstrukcije u eksploataciji, dobijanje elemenata za odlučivanje (promena postojećih režima rada, sanacija ili rekonstrukcija (optimizacija) konstrukcije, i potvrđivanje odluke ponovnim proračunom), određivanje uzroka lošeg ponašanja konstrukcije, procenu eksploatacionog veka noseće konstrukcije.
- Analizu stanja i dijagnostiku ponašanja omogućavaju: raspodela opterećenja, membranskih i savojnih napona, energija deformacija i kinetička i potencijalna energija. Za sve vrste konačnih elemenata i globalne čvorove modela konstrukcije preračunava se ekvivalentni (uporedni) napon.
- Eksperimentalne metode ispitivanja noseće konstrukcije portalnih dizalica

Ove metode navode se i u metodologiji ispitivanja noseće konstrukcije rotornog bagera (Daničić, 2004).

- Merenje napona i ubrzanja. U zavisnosti od tipa konstrukcije i karaktera opterećenja bira se metodologija ispitivanja – metoda merenja naprezanja materijala pomoću mernih traka, merenje različitim davačima ubrzanja, momenata, i slično.
- Ispitivanje bez razaranja je skup metoda dijagnostike kojima je, uprkos potpuno različitim fizičkim osnovama, zajednički cilj otkrivanje skrivenih defekata u materijalu, čime se, blagovremenom zamenom ili popravkom, predupređuje otkaz sastavnog dela ili sistema (radiografija, magnetska metoda, penetranti, ultrazvučna metoda, akustična metoda itd.).
- Utvrđivanje debljine i prisustva dvoplastosti bitnih čeličnih limova. Ultrazvučna metoda za merenje debljine i dvoplastosti čeličnih limova.
- Ispitivanje sa razaranjem. Određivanje karakteristika (hemijski sastav, kvalitet, granica razvlačenja, žilavost, parametri mehanike loma) primenjenog materijala putem epreuveta u laboratorijskim uslovima.
- Zavareni spojevi. Sučeoni zavareni spojevi se kontrolišu 100%, dok se kontrola ugaonih zavarenih spojeva definiše nakon vizuelne kontrole.
- Vijčane veze. Proverava se kompletnost veze (svi vijci, navrtke, podloške), oštećenost glave vijaka i slično. Provera sile prednaprezanja obuhvata 5% svih vijaka u jednom prednapregnutom spoju. Provera se vrši ručnim dinamometarskim ključem po metodi obrtnog momenta. Obrtni moment podešava se na 10% manju vrednost od potrebnog momenta pritezanja.
- Merenje zazora u kotrljajnim i kliznim ležajevima. Ukupno istrošenje ležaja, koje se javlja kao povećanje zazora, u načelu zavisi od dimenzije ležaja, faktora istrošenja, vremena istrošenja, radne sredine i od tipa ležaja.
- Tvrdoća. Merenje tvrdoće površina bitnih elemenata dizalice (točkovi, zupčanici, i slično).
- Anti-koroziona zaštita treba da ima svojstva prema standardima za radne uslove u kojima dizalica radi. Merenjem debljine postojećeg sloja određuje se način sanacije i površina koja će time biti obuhvaćena.
- Kontrola geometrije. Geodetsko merenje globalne geometrije dizalice. Merenje odstupanja upravnosti glavnih nosača i nogu noseće konstrukcije, merenje odstupanja paralelnosti glavnih nosača dizalice od projektovanog položaja, merenje odstupanja paralelnosti šina za kretanje kolica sa mehanizmima za dizanje tereta, i merenje odstupanja paralelnosti šina za vožnju portalne dizalice, kao i merenje lokalnih deformacija i oštećenja na konstrukciji.
- Ispitivanje bez razaranja čeličnih užadi i zakovanih spojeva.
- Ekspertska ocena procene eksploatacionog veka činioca sistema dizaličnog transporta
 - Osnovu za donošenje odluke o potrebnim popravkama i/ili zameni pojedinačnih podsklopova odnosno sklopova, eventualnoj sanaciji, rekonstrukciji, ili revitalizaciji sistema dizaličnog transporta, predstavlja sagledavanje svih nedostaka u dosadašnjoj eksploataciji opreme. Revitalizacija predstavlja skup tehničkih zahvata na opremi kojom se vrši sanacija,

rekonstrukcija i/ili zamena dotrajalih i oštećenih delova opreme, kao i modernizacija (koja danas predstavlja sastavni deo revitalizacije) zastarele opreme.

- Ciljevi revitalizacije sa modernizacijom sistema dizaličnog transporta su: produženje životnog veka, unificiranje i modernizacija opreme (na primer, uvođenje frekventno regulisanih pogona koji značajno ublažavaju uticaj dinamičkih opterećenja), smanjivanje troškova održavanja, poboljšanje uslova rada, poboljšanje tehničkih karakteristika parametara sistema.
- Potrebno je definisati metodološki pristup na osnovu kojeg se donosi krajnji stav o potrebi za revitalizacijom ili rekonstrukcijom sistema dizaličnog transporta. Izdvajaju se dve metodologije:
 1. Metodologija utvrđivanja stanja noseće čelične konstrukcije portalne dizalice u cilju njene eventualne revitalizacije.
 2. Metodologija dijagnostike ponašanja i stanja pogonskih grupa (motora, reduktora, doboša, koturača, kočnica) na portalnoj dizalici u cilju eventualne revitalizacije.

3.2.1 Metodologija utvrđivanja stanja noseće čelične konstrukcije portalnih dizalica

Osnovne postavke metodologije ispitivanja konstrukcije bagera prikazane su kod Daničića (2004), i u ovom istraživanju su prilagođene metodologiji utvrđivanja stanja noseće čelične konstrukcije portalnih dizalica koje sačinjavaju sistem dizaličnog transporta.

Utvrđivanje stanja noseće čelične konstrukcije portalne dizalice je multidisciplinarni postupak koji uključuje angažovanje eksperata različitih struka (statičari, tehnolozi za zavarivanje, tehnolozi za površinsku zaštitu, tehnolozi za utvrđivanje svojstava materijala, geodete, specijalisti za tenziometrijska i merenja ubrzanja, specijalisti za ultra zvučna merenja, magnetni fluks i druga merenja, ekonomske eksperte).

Prvi korak u utvrđivanju stanja noseće čelične konstrukcije je formiranje baze podataka koja bi uključila svu dostupnu dokumentaciju, kako grafičku (crteže, skice), tako i pisanu, počev od ugovora, protokola, tehničke prepiske u toku proizvodnje i montaže, atestne dokumentacije, tehničkog uputstva za upotrebu i održavanje, spiska rezervnih delova, kao i zabeleške svih intervencija do početka rada dizalice. Takođe, potrebno je sakupiti i sva dostupna iskustva vezana za rad dizalice i njeno održavanje, počev od rukovaoca dizalicama, do lica koja su radila prilikom redovnog ili interventnog održavanja.

Zatim se pristupa detaljnom vizuelnom pregledu svih elemenata noseće konstrukcije dizalica, i to glavnim nosačima dizalica, konstrukciji zglobne i krute noge portalne dizalice, nosećoj konstrukciji kolica za vožnju mehanizama dizanja, nosećoj konstrukciji mehanizama za vožnju portalne dizalice, elementima konstrukcije za vezu nogu i glavnih nosača dizalica, kao i nogu i konstrukcije za vožnju dizalice. Svi nabrojani elementi noseće konstrukcije portalnih dizalica predstavljaju odgovornu konstrukciju portalnih dizalica. Pored toga, sprovodi se i vizuelna kontrola pomoćne (sekundarne) konstrukcije dizalica u koju spadaju pešačke staze, stepeništa, gazišta, i konstrukcija kućišta kolica mehanizama za dizanje tereta, i kabine rukovaoca dizalicom. Na osnovu mišljenja projekatanta, određuju se i mesta za specijalistička merenja (ultra zvuk, magnetni fluks, i dr.), a nakon vizuelnog pregleda, sve lokacije na koje ukaže ekspert kao potencijalno oštećene, takođe podležu nekim od pogodnih specijalističkih postupaka.

Tehnolog za anti korozivnu zaštitu utvrđuje stanje površinske zaštite (globalno oštećenje i merenje debljina premaza na određenom broju karakterističnih mesta), i utvrđuje potrebne mere za poboljšanje stanja zaštite.

Prethodno navedene eksperimentalne metode moraju se primeniti pri utvrđivanju stanja čelične konstrukcije portalne dizalice.

Na osnovu takvih izveštaja vrši se procena eventualnih oštećenja, ili strukturne neregularnosti, i istovremeno se sagledavaju mogućnosti ne samo za sanaciju, već i za poboljšanja noseće konstrukcije. Predlozi za poboljšanja konstrukcije najčešće dolaze od samog korisnika mašine, koji ima priliku da uoči sva njena slaba mesta tokom dotadašnjeg eksploatacionog veka dizalice, kako funkcionalna, tako i strukturna, što revitalizaciju čini uspešnijom. Analogija sa izvedenim rešenjima na drugim dizalicama takođe može poslužiti kao idejno rešenje za poboljšanje. Predlozi za poboljšanja mogu biti uzrokovani i opštim tehničkim napretkom i novim saznanjima u određenim oblastima, na primer uvođenje frekventno regulisanih elektro motora, novih materijala, i slično. Sve veće izmene na konstrukciji koje zahteva izvođenje poboljšanja, potrebno je analizirati i sa ekonomskog stanovišta, pa tek onda nastaviti sa tehničkom analizom.

Najvažniji zadatak u metodologiji utvrđivanja stanja noseće čelične konstrukcije portalnih dizalica je formiranje modela noseće konstrukcije portalne dizalice u celini, i modela svih njenih podstruktura. Nakon toga sprovode se proračuni modela konstrukcije. Prema Maneskom (1998), (2004), i (2005), i Brkiću i dr. (2014), statička, dinamička i termička analiza nosećih konstrukcija najčešće se obavlja korišćenjem numeričke metode konačnih elemenata. Osnovne statičke i dinamičke (sa prigušenjem) jednačine u matricnom obliku i u globalnom koordinatnom sistemu mogu se predstaviti u obliku

$$[K]\{\delta\} = \{F\} \quad (1)$$

$$[M]\{\ddot{\delta}(t)\} + [B]\{\dot{\delta}(t)\} + [K]\{\delta(t)\} = \{F(t)\} \quad (2)$$

U napred navedenim izrazima $[M]$, $[B]$, i $[K]$ predstavljaju matricu mase, matricu prigušenja i matricu krutosti, $\{\delta(t)\}$, $\{\dot{\delta}(t)\}$, i $\{\ddot{\delta}(t)\}$ predstavljaju vektore pomeranja, brzina i ubrzanja čvornih tačaka, $\{F(t)\}$ vektor dinamičkog opterećenja, i t – vreme.

Za statičku i dinamičku analizu ponašanja konstrukcije odložne strele korišćen je programski paket KOMIPS (Maneski 1998) baziran na primeni FEM, koji je razvijen na Mašinskom fakultetu u Beogradu. Za sve vrste konačnih elemenata i globalne čvorove uporedni napon se izračunava prema Huber-Hencky-Mises hipotezi. Primenom ovog programa izvršićemo modeliranje i statički i dinamički proračun konstrukcije portalne dizalice, odredićemo stvarna pomeranja tačaka modela i raspodelu naponskog stanja po elementima modela konstrukcije. Na osnovu analize dobijenih rezultata definišaćemo uzroke mogućeg lošeg ponašanja konstrukcije dizalice, i poboljšati ponašanje direktnom modifikacijom modela. Direktna modifikacija podrazumeva promenu konstruktivnih parametara konstrukcije (masa i krutost pojedinih delova konstrukcije). Pored navedenog, programski paket KOMIPS podržava specifične proračune elemenata konstrukcije koji omogućavaju određivanje raspodele membranskih i savojnih napona, raspodelu energije deformisanja i raspodelu kinetičke i potencijalne energije po elementima modela. Navedene raspodele izražavaju se u procentima po elementima, ili izabranim grupama elemenata, ili grafički u vidu linija jednakih potencijala i energija po modelu.

Raspodela energije deformisanja po delovima konstrukcije dizalice definiše njihovu osetljivost na modifikacije. Jednačinu ravnoteže energije deformisanja i rada spoljašnjih sila dobijamo množenjem osnovne statičke jednačine (1) transponovanim vektorom pomeranja.

$$\{\delta\}^T [K] \{\delta\} = \{\delta\}^T \{F\} \equiv 2E_d \quad (3)$$

Energija deformisanja konačnog elementa e_d predstavljena je u obliku

$$e_d = \frac{1}{2} \{\delta_{sr}\}_e^T [\overline{k}_{rs}]_e \{\delta_{sr}\}_e \quad (4)$$

U jednačini (4) $[\overline{k}_{rs}]_e$ predstavlja globalnu matricu krutosti odgovarajućeg elementa, a $\{\delta_{sr}\}_e$ je pripadajući globalni vektor pomeranja. Raspodela kinetičke i potencijalne energije na glavnim oblicima oscilovanja po elementima konstrukcije omogućava još precizniju analizu njihovog ponašanja. Jednačinu ravnoteže potencijalne i kinetičke energije dobijamo množenjem osnovne dinamičke jednačine bez uticaja prigušenja transponovanom matricom sopstvenih vektora. Kinetička e_k^r i potencijalna e_p^r energija konačnog elementa e i celog sistema E^r na r -tom glavnom obliku oscilovanja mogu se predstaviti jednačinom (5).

$$\begin{aligned} e_k^r &= \omega_r^2 \{\mu_{sr}\}_e^T [m]_e \{\mu_{sr}\}_e \\ e_p^r &= \{\mu_{sr}\}_e^T [\overline{k}_{rs}]_e \{\mu_{sr}\}_e \\ E^r &= E_k^r = E_p^r = \omega_r^2 \{\mu_r\}^T [M] \{\mu_r\} = \{\mu_r\}^T [K] \{\mu_r\} \end{aligned} \quad (5)$$

U izrazima (5) ω_r predstavlja r -tu sopstvenu vrednost (kružnu frekvenciju slobodnih neprigušenih oscilacija), $\{\mu_r\}$ predstavlja r -ti sopstveni vektor, a $\{\mu_{sr}\}$ predstavlja pripadajući r -ti sopstveni vektor elementa.

Na osnovu rezultata dobijenih statičkim i dinamičkim proračunima sprovodi se verifikacija eksperimentalnim putem, odnosno merenjima na licu mesta (tenziometrijskim merenjima, merenja ubrzanja), a zatim se izdvajaju potencijalno loša ili visoko iskorišćena mesta koja je potrebno ponovo pregledati i eventualno tretirati nekom od pogodnih specijalističkih metoda.

Tek nakon ovako sprovedene analize moguće je sa dovoljnom tačnošću utvrditi stanje noseće čelične konstrukcije sistema dizaličnog transporta, i dati određene prognoze u pogledu preostalog eksploatacionog veka noseće konstrukcije.

3.2.2 Metodologija dijagnostike ponašanja i stanja pogonskih grupa portalnih dizalica

Ova metodologija je sublimacija analitičkog preseka stanja numeričkog modela proračunatog metodom konačnih elemenata, i izmerenih vibracija na karakterističnim mestima pogonskih grupa, na osnovu kojih se daje metodološki pristup utvrđivanja ponašanja pogonskih grupa u cilju njihove eventualne popravke ili zamene nekog podsklopa, ili celog sklopa, modernizacije (uvođenje frekventne regulacije), i moguće revitalizacije. To je prilaz ovoj problematici koji daje kvalitet više prilikom donošenja konačne odluke, kako kod održavanja po stanju, tako i kod revitalizacionih procesa.

Cilj metodologije je određen sledećim stavom: dobijanje zajedničkih parametara između matematičkog modela pogonske grupe, odnosno statičkog i dinamičkog modela pogonske grupe, i merenja parametara vibracija određenih, karakterističnih tačaka pogonske grupe. Dobijeni rezultati eksperimentalnog dijagnostičkog opažanja su veličine vibracija određenih elemenata pogonskih grupa koje treba da daju potvrdu matematičkog modela, koji se formira na osnovu metode konačnih elemenata i teorije elastičnosti, i koji se mora potvrditi u dinamičkom opsegu. Jedan od glavnih razloga upotrebe ove dijagnostike je i ekonomski faktor. Naime, najskuplji delovi sistema dizaličnog transporta upravo su pogonske grupe, naročito su visoke cene pogonskih grupa mehanizama za dizanje tereta (kako reduktora tako i elektromotora). Izmerene veličine vibracija elemenata pogonskih grupa omogućavaju donošenje kvalitetne odluke o vremenskom intervalu i obimu radova na održavanju pogonskih grupa, kao i za eventualnu modernizaciju pogonskih grupa, kao deo revitalizacije celog sistema dizaličnog transporta. Takođe, može se izvesti zaključak da primena metodologija dijagnostike ponašanja i stanja pogonskih grupa pri inženjerskoj analizi postaje neminovnost, samim tim što su troškovi njene primene veoma mali, uz istovremeno postizanje visokih nivoa dobijenih rezultata, zadovoljavajuću tačnost, ali i drugačiji pristup pri dijagnostikovanju stanja, kao osnove preventivnog održavanja odnosno održavanja po stanju.

Posebna pažnja posvetiće se reduktorima svih pogona portalnih dizalica. Sve bitne karakteristike za pravilno funkcionisanje reduktora moraju se kontrolisati, izmeriti, i eksperimentalno odrediti (ležaji, zupčanici, vratila, klinovi, osna rastojanja, ozubljenja, zazor, itd.). Veoma bitnu karakteristiku predstavljaju sopstveni oblici oscilovanja koji se mogu odrediti numeričko eksperimentalnom metodom, što postaje posebno značajan parametar zbog sve učestalije primene frekventno regulisanih elektromotora.

Dakle, ovom metodologijom se vrši utvrđivanje (dijagnostikovanje) stanja i ponašanja pogonskih grupa, pri čemu se utiče na loše ponašanje odnosno na uzrok tog lošeg ponašanja pogonskih grupa, a ne na posledicu. Na osnovu utvrđenog stanja i ponašanja pogonskih grupa može se proceniti ostatak eksploatacionog veka pogonskih grupa sistema dizaličnog transporta.

3.2.3 Program ispitivanja pogonskih grupa i noseće konstrukcije portalnih dizalica

Za implementaciju metodologije dijagnostike ponašanja i stanja pogonskih grupa portalnih dizalica i metodologije utvrđivanja stanja noseće čelične konstrukcije portalnih dizalica na realnom sistemu dizaličnog transporta, neophodno je napraviti program ispitivanja svih elemenata pogonskih grupa i noseće konstrukcije portalnih dizalica.

Program ispitivanja portalnih dizalica direktno proizilazi iz napred navedenih metodologija. Program ispitivanja definiše se prema glavnim sklopovima portalne dizalice, koja se u opštem slučaju može sastojati od dva mehanizma glavnog dizanja sa dvoje kolica za vožnju svakog mehanizma glavnog dizanja, jednog mehanizma pomoćnog dizanja sa kolicima za vožnju mehanizma pomoćnog dizanja, glavne i sekundarne noseće čelične konstrukcije, pogonskih sistema za kretanje portalne dizalice kao celine, upravljačkog dela – kabine za upravljanje, i svi njihovih sklopova i podsklopova.

Pre početka ispitivanja, potrebno je prikupiti svu raspoloživu proizvođačku i projektnu dokumentaciju, kao i raspoložive podatke o dosadašnjoj eksploataciji dizalice (servisna knjiga, knjiga održavanja, knjiga otkaza, spisak rezervnih delova, podatke o obaveznom periodičnom kontrolisanju, i slično). Takođe, od značaja je anketiranje osoblja iz tehničkog sektora i sektora održavanja, kao i rukovaoca dizalice.

3.2.3.1 Program ispitivanja mehanizma za glavno dizanje sa kolicima za vožnju

Kao što je već navedeno, u opštem slučaju sistem dizaličnog transporta se sastoji od više mehanizma za glavno dizanje tereta sa kolicima za vožnju mehanizma za dizanje, i jednim mehanizmom za pomoćno dizanje tereta sa kolicima za vožnju. S obzirom da se mehanizmi za glavno i pomoćno dizanje tereta sastoje od istih sklopova, podsklopova, i elemenata, i da se isto odnosi i na kolica za vožnju mehanizama za dizanje tereta, ovde navodimo program ispitivanja jednog mehanizma za glavno dizanje tereta sa kolicima za njegovu vožnju, a ispitivanja se ponavljaju sa svaki mehanizam za dizanje tereta sa kolicima za vožnju koji se nalaze na portalnoj dizalici, i u sistemu dizaličnog transporta.

Kolica sa mehanizmom za glavno dizanje tereta sastoji se od noseće čelične konstrukcije, mehanizma za dizanje tereta, mehanizma za kretanje kolica, i njihovih sklopova i podsklopova. Potrebno je obaviti sledeća ispitivanja:

- Vizuelna kontrola (u radnom i neradnom stanju) svih delova mehanizma za dizanje:
 - gornja koturača sa koturom za izravnanje;
 - donja koturača sa zahvatnim uređajem;
 - noseće uže za dizanje tereta;
 - doboš;
 - spojnice;
 - kočnice;
 - elektro hidraulični podizači;
 - pogonski elektromotor(i);
 - reduktor mehanizma za dizanje sa centralnim vratilom;
 - sistemi za podmazivanje elemenata mehanizma za dizanje;
 - zaptivanje elemenata mehanizama i konstrukcije.
- Funkcionalna merenja sledećih veličina:
 - merenje pogonskog opterećenja (broj obrtaja, jačina struje, napon, obrtni moment, snaga) pogonskog motora za dizanje tereta;
 - proračun motora i reduktora mehanizma za dizanje tereta.
- Eksperimentalna merenja sledećih veličina:
 - vibrodijagnostika (merenje vibracija) u ležištima motora i reduktora mehanizma dizanja u slučajevima neopterećene i opterećene dizalice;
 - merenje tvrdoće pogonskih zupčanika ako se vizuelnim pregledom utvrdi da je potrebno.
- Vizuelna kontrola (u radnom i neradnom stanju) svih elemenata mehaniz(a)ma za kretanje kolica:
 - čeonni nosači sa točkovima;
 - noseća konstrukcija kolica mehanizma za dizanje tereta;
 - točkovi;
 - uležištenje točkova kolica;
 - centralno pogonsko vratilo, ili ako je odvojeni pogon oba pogonska vratila;
 - spojnice;

- kočnice;
- elektro hidraulični podizači;
- pogonski elektromotor(i);
- reduktor mehanizma za kretanje;
- sistemi za podmazivanje elemenata mehanizma za kretanje;
- zaptivanje elemenata mehanizma i konstrukcije.
- Funkcionalna merenja sledećih veličina:
 - merenje zazora u ležištima točkova za kretanje kolica;
 - merenje pogonskog opterećenja (broj obrtaja, jačina struje, napon, obrtni moment, snaga) pogonskog motora za kretanje kolica mačke;
 - proračun motora i reduktora mehanizma za kretanje kolica mačke.
- Eksperimentalna merenja sledećih veličina:
 - vibrodijagnostika (merenje vibracija) u ležištima motora i reduktora mehanizma kretanja u slučajevima neopterećene i opterećene dizalice;
 - merenje tvrdoće na gaznim površinama točkova i zupčanika, ako se vizuelnim pregledom utvrdi da je potrebno;
 - ispitivanje bez razaranja zavarenih spojeva i zakovanih i vijčanih veza.

3.2.3.2 Program ispitivanja mehanizma za kretanje portalne dizalice

Mehanizam(mi) za kretanje portalne dizalice sastoji(e) se od sledećih sastavnih podsklopova i elemenata: noseća konstrukcija koja se sastoji od "čeonih" nosača sa točkovima, točkovi (najčešće ukupno 8 točkova po dizalici, odnosno po 4 točka na krutoj i zglobojnoj nozi), dve razdvojene pogonske grupe – elektromotori sa reduktorom, kočnicom i spojnicom (ukupno dva kompleta po dizalici, odnosno po jedan na svakoj nozi dizalice), i nezavisnim kočionim sistemom – ručnim uređajem za sidrenje koji služi za zadržavanje kрана u stanju mirovanja – neradnom stanju pri dejstvu udara vetra. Za utvrđivanje stanja svih opisanih elemenata mehanizama za pogon vožnje portalne dizalice treba sprovesti sledeće kontrole stanja noseće konstrukcije, njenih veza, i opreme mehanizama.

- Vizuelna kontrola (u radnom i neradnom stanju) svih delova mehanizma za kretanje:
 - čeonih nosača sa točkovima;
 - noseća konstrukcija čeonih nosača;
 - točkovi;
 - uležištenje točkova kрана;
 - spojnice;
 - kočnice;
 - elektro hidraulični podizači;
 - pogonski elektromotori;
 - reduktori mehanizma za kretanje dizalice;
 - ručni uređaj za sidrenje;
 - sistemi za podmazivanje elemenata mehanizma za kretanje;
 - zaptivanje elemenata mehanizma i konstrukcije.
- Funkcionalna merenja sledećih veličina:

- merenje zazora u ležištima točkova za kretanje dizalice;
 - merenje opterećenja točkova radi tačnog utvrđivanja težine portalne dizalice;
 - merenje pogonskog opterećenja (broj obrtaja, jačina struje, napon, obrtni moment, snaga) pogonskih motora za kretanje dizalice;
 - proračun motora i reduktora mehanizma za kretanje dizalice.
- Eksperimentalna merenja sledećih veličina:
 - vibrodijagnostika (merenje vibracija) u ležištima motora i reduktora mehanizma kretanja u slučajevima neopterećene i opterećene dizalice;
 - merenje tvrdoće na gaznim površinama točkova i zupčanika ako se vizuelnim pregledom utvrdi da je potrebno.

3.2.3.3 Program ispitivanja noseće konstrukcije portalne dizalice

Noseća konstrukcija portalne dizalice u opštem slučaju može biti izvedena ili kao rešetkasta konstrukcija, ili kao zavarena konstrukcija od tankozidnih toplo valjanih limova sandučastog poprečnog preseka, u obliku P rama sa prepustom na jednoj ili obe strane, ili bez prepusta. Sastavni delovi noseće konstrukcije portalne dizalice sastoji se od glavnih nosača sa šinama za kretanje kolica mehanizama dizanja tereta, krute i zglobne „noge“ koje su vezane sa čeonim nosačima za kretanje dizalice. Za utvrđivanje stanja noseće konstrukcije i njenih veza treba sprovesti sledeće kontrole stanja.

- Vizuelna kontrola (u radnom i neradnom stanju) svih delova noseće konstrukcije:
 - noseća konstrukcija glavnih nosača portalne dizalice;
 - šine glavnih nosača za kretanje mački;
 - noseća konstrukcija krute noge portalne dizalice;
 - noseća konstrukcija zglobne noge portalne dizalice;
 - poklopci na nosećoj konstrukciji dizalice radi kontrole zaptivanja;
 - gazišta;
 - kabina za upravljanje dizalicom;
 - zavarene i zakovane veze elemenata noseće konstrukcije dizalice;
 - vezna mesta konstrukcije nogu sa konstrukcijom čeonih nosača sa točkovima.
- Funkcionalna merenja sledećih veličina:
 - kontrola geometrije konstrukcije portalne dizalice geodetskim merenjem;
 - kontrola geometrije šina za kretanje mački geodetskim merenjem;
 - kontrola geometrije šina za kretanje dizalice geodetskim merenjem.
- Eksperimentalna merenja sledećih veličina:
 - ispitivanje bez razaranja zavarenih spojeva i zakovanih i vijčanih veza;
 - merenje debljine AKZ slojeva;
 - merenje naponskog stanja kritičnih preseka opterećene veze konstrukcije nogu sa konstrukcijom čeonih nosača sa točkovima u radnim režimima;
 - ultrazvučno ispitivanje osovina veze konstrukcije nogu sa konstrukcijom nosača točkova;
 - proračun metodom konačnih elemenata kritičnih preseka veze konstrukcije nogu sa konstrukcijom čeonih nosača sa točkovima;
 - merenje naponskog stanja kritičnih preseka opterećene noseće konstrukcije glavnih nosača i nogu portalne dizalice u radnim režimima;

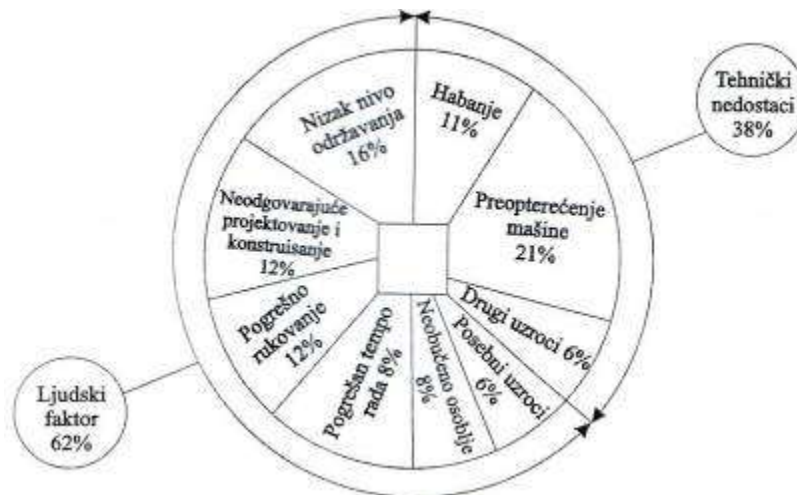
- proračun metodom konačnih elemenata kritičnih preseka noseće konstrukcije glavnih nosača i nogu portalne dizalice;
- eksperimentalno određivanje veličina osnovnih frekvenci oscilovanja noseće konstrukcije portalne dizalice u vremenskom i frekventnom domenu u radnim režimima dizalice, uključujući i uticaj vetra;
- određivanje vremena smirivanja oscilovanja noseće konstrukcije pod dejstvom dinamičkog opterećenja;
- geodetsko merenje ugiba (deformacija) portalne dizalice pod dejstvom 125 % nominalnog statičkog opterećenja.

3.2.3.4 Rezultati ispitivanja portalne dizalice

Svi rezultati ispitivanja treba da budu prikazani u vidu tehničkih izveštaja, koji će se sastojati iz prikaza potrebnih proračuna, dijagrama, grafikona, analize stanja, i predloga za poboljšanje. Takođe, ukoliko se analizom rezultata ispitivanja pokaže da je tehnički ispravno, i istovremeno ekonomski prihvatljivo da se pristupi revitalizaciji portalne dizalice, potrebno je da rezultati ispitivanja sa predlogom poboljšanja budu prikazani u formi predmera i predračuna radova na revitalizaciji potrebnih za obezbeđivanje ispravnog funkcionisanja portalne dizalice i produžetka njenog eksploatacionog veka.

3.3 Postavka “Menadžment” modula modela održavanja sistema dizaličnog transporta

Kako je velika prednost i značajna karakteristika pouzdanih sistema osim tehničke ispravnosti i svest njihovih zaposlenih o mogućim otkazima i ljudskim greškama (Reason, 2000), očekivanje neželjenih događaja i pokušaji da se procedurama i obukama zaposlenih isti preduprede, svakako, predstavljaju veoma važnu dimenziju za održavanje tehničkih sistema i aspekt bezbednosne kulture. Bezbednosna kultura u širem smislu, prema Guldenmundu (2000), je skup usvojenih stavova, znanja, veština i pravila, koja se ogledaju u prepoznavanju opasnosti, reagovanju na njih sa ciljem njihovog otklanjanja. Bezbednosna kultura preduzeća sastoji se od sledećih komponenti: posvećenost rukovodstva bezbednosti; briga rukovodstva za zaposlene; uzajamno poverenje i kredibilitet između menadžmenta i zaposlenih; obuka zaposlenih i kontinuirani monitoring, korektivne mere, preispitivanje sistema i kontinuirana poboljšanja radi povećanja bezbednosti i zdravlja na radu (Guldenmund, 2000). Istraživači i nadležna tela u oblastima avio (Taylor i Thomas, 2003) i petrohemijske industrije (API 581, 2000) u poslednjoj deceniji veliku pažnju posvećuju povezanosti bezbednosne kulture i postupaka održavanja. Iako je poznato da dizalice predstavljaju komponentu industrijskih procesa, koja nosi visoke rizike, ta veza nije dovoljno istražena. Klarin i dr. (1994), takodje ističu da je ljudski faktor najčešći uzrok smanjene radne sposobnosti tehničkih sistema. Na slici 3.4 prikazani su uzroci otkaza tehničkih sistema, gde ljudski faktor učestvuje sa 62%.



Slika 3.4 Uzroci otkaza tehničkih sistema Klarin i dr. (1994)

Stoga model sistema održavanja dizaličnog transporta, predložen u ovom radu, mora uzeti u obzir i uticaj bezbednosne kulture, odnosno ocenu menadžment sistema, kako je to nazvano u API standardima.

Poznato je da je metoda inspekcije na bazi rizika - RBI („Risk-Based Inspection“) je jedna od prvih, najviše citiranih metoda održavanja na bazi rizika. Razvijena je u Američkom institutu za naftu (American petroleum institute – API) i definisana je standardom API 581 (2000,2008).

Osnovni cilj i zadatak metode inspekcije na bazi rizika je da se definišu odgovarajući programi pregleda za posmatrani tehnički sistem, tako da se na bazi detaljnih analiza:

- Identifikuju, ocene i rangiraju svi rizici sa stanovišta prekida radnog procesa, bezbednosti i zdravlja na radu zaposlenih, i uticaja na bližu i dalju okolinu tehničkog sistema, i
- Odrede mere koje treba da se preduzmu da bi se značajni rizici smanjili, odnosno da bi se smanjila verovatnoća /ili posledice tih događaja, i to sa prihvatljivim troškovima. Za svaki element treba da se oceni i uticaj, odnosno značaj u pogledu izvršavanja zadatka sistema, tj. ispunjavanja njegovih funkcionalnih zahteva. Posebno treba da se identifikuju kritični elementi ili delovi čiji otkaz vodi ka:
 - Neprihvatljivom nivou posledica po bezbednost, zdravlje i okolinu,
 - Značajnom nivou ekonomskih posledica.

Metoda „Postupci inspekcije i održavanja na bazi rizika“ - RIMAP („Risk-Based Inspection and Maintenance Procedures“) predstavlja dalju fazu u razvoju metoda upravljanjem održavanjem na bazi rizika, odnosno novi projekat koji se realizuje u okviru FP7 programa Evropske zajednice (Bareiß i dr., 2004). Ovaj projekat se u velikoj meri zasniva na metodama RBI ali je značajno da se u samom naslovu projekta eksplicitno ukazuje da ova metoda definiše ne samo postupke pregleda na bazi rizika već i druge postupke održavanja koji se na voj osnovi preduzimaju (zamene delova, popravke, rekonstrukcije ili poboljšanja). Iako je načelno zamišljen kao opšte primenljiv, projekat je ipak usmeren prvenstveno na složena energetska, procesna, naftna i slična postrojenja velikih rizika.

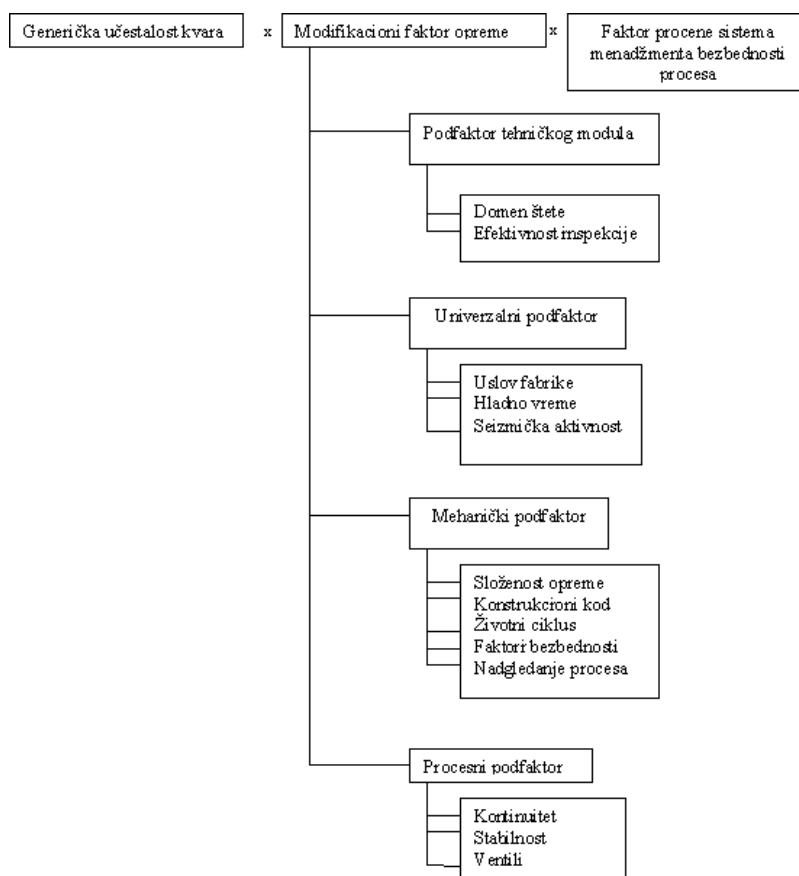
Cilj projekta je da se razviju smernice za donošenje odluka na bazi rizika za inspekciju i održavanje, koje treba da obezbede tehničke osnove za novi evropski standard u ovoj oblasti. Pri tome treba imati u vidu da između SAD i Evrope po pitanju primene metoda odlučivanja na bazi rizika postoje značajne razlike. Između ostalog, u SAD na ovim pitanjima radi više snažnih organizacija, kao što su API, ASME, PVRC i druge, dok u Evropi ovakvih inicijativa još nema. Slični projekti vezani za dizalični transport nisu poznati, iako su one nisioci značajnih rizika u industriji.

Takodje, značaj efektivne procene uticaja sistema menadžmenta po prvi put je 1990. godine prepoznata u dokumentu API preporučena praksa 750 – upravljanje opasnostima procesa (API's Recommended Practice 750, Management of Process Hazards), a vezano za održavanje procesne opreme i procene njenog integriteta. Dve godine kasnije, 1992., OSHA publikuje dokument „Upravljanje bezbednošću procesa za opasne hemikalije“ (“Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals”), gde se takodje prepoznaje značaj uticaja upravljačkog faktora. U API 581 (2000) generičke frekvencije otkaza petrohemijskih postrojenja koriguju se razlikama u sistemu menadžmenta bezbednosti procesa. Procena sistema menadžmenta bezbednosti procesa može se sprovesti na nivou pojedinog postrojenja ili celog petrohemijskog sistema, a upitnik prikazan u aneksu standarda sadrži 101 pitanje razvrstano u 13 celina, kao u tabeli 3.1.

Tabela 3. 1 Sekcije procene sistema menadžmenta bezbednosti procesa prema API 581 (2000)

Sekcija	Naziv	Pitanje	Poeni
1.	Vodjstvo i administracija	6	70
2.	Informacije o bezbednosti procesa	10	80
3.	Analiza rizika	9	100
4.	Upravljanje promenama	6	80
5.	Operativne procedure	7	80
6.	Zaštita na radu	7	85
7.	Obuka	8	100
8.	Mašinska ispravnost	20	120
9.	Bezbednosna procesna analiza pre početka projekta	5	60
10.	Bezbednosna intervencija	6	65
11.	Ispitivanje incidentnih situacija	9	75
12.	Ugovarači	5	45
13.	Ocene sistema menadžmenta	4	40
	U k u p n o	101	1000

Američka preduzeća petrohemijske industrije u proseku imaju 500 od 1000 mogućih poena pri proceni sistema menadžmenta bezbednosti procesa, dok skor od 1000 označava izvrsnost na polju rizika (API 581, 2008).

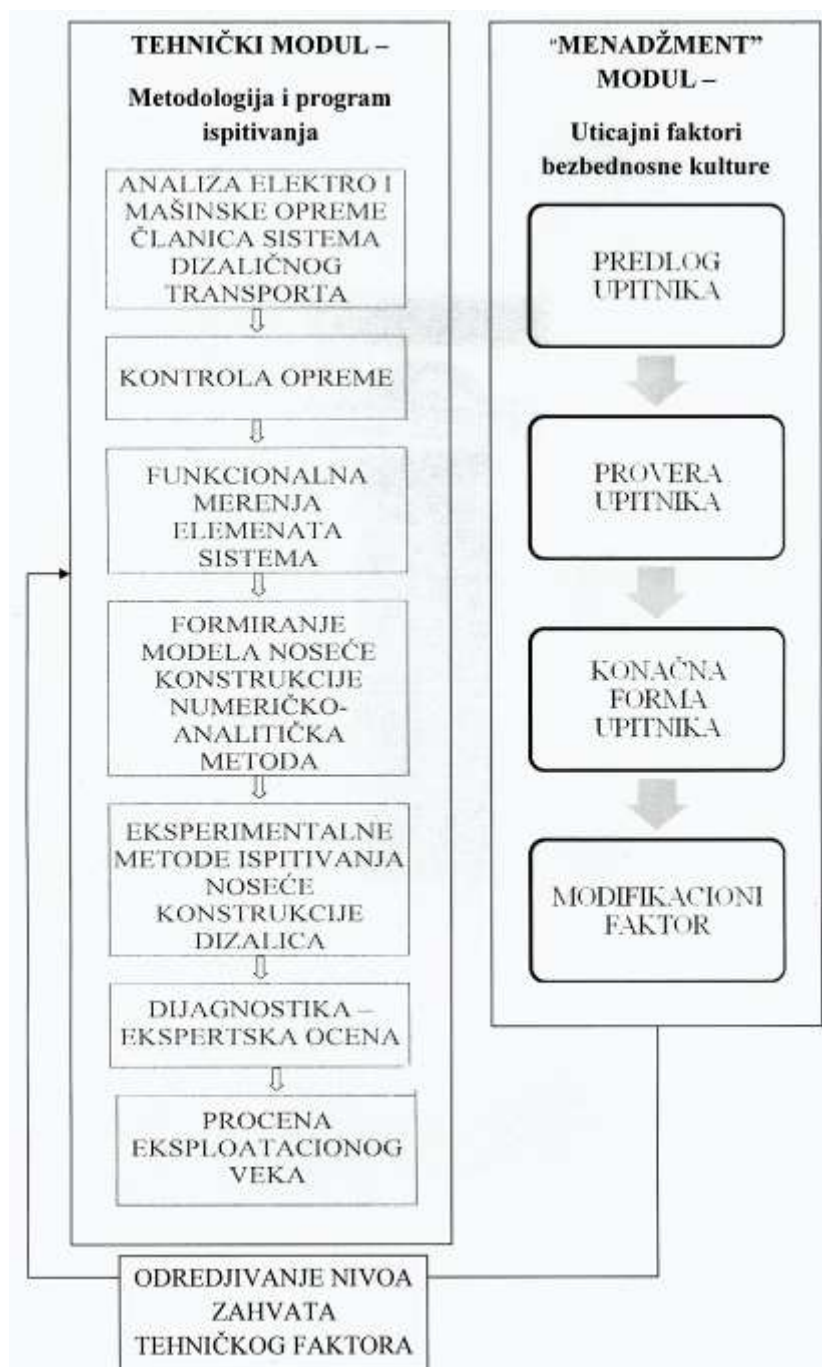


Slika 3.5 Određivanje prilagodjene učestanosti otkaza prema API 581 (2000)

Upitnik za procenu sistem menadžmenta bezbednosti procesa prema API 581 (2000) dat je u Prilogu A, a kompletna procedura određivanja prilagodjene učestanosti otkaza sprovodi se prema dijagramu prikazanom na slici 3.5. Nakon postavljenog pitanja pri proceni sistema upravljanja bezbednošću određen je maksimalan mogući broj bodova, koji preduzeće može dodeliti za datu stavku, a minimalan broj bodova je nula. Određivanje prilagodjene učestanosti otkaza, prema API 581, veoma je zahtevan i dugotrajan postupak, koji nije od koristi za sisteme dizaličnog transporta.

Međutim, analogno upitniku za procenu sistem menadžmenta bezbednosti procesa prema API 581 (2000), moguće je postaviti upitnik, odnosno model faktora značajnih za procenu sistem menadžmenta bezbednosti procesa za sistem dizaličnog transporta. Poglavlje „bezbednosna intervencija“ nije kompatibilno sa sistemom dizaličnog transporta, tako da će novopredloženi model sadržati 12 grupa faktora. Pitanja iz API 581(2000) neophodno je značajno modifikovati i ponderisati shodno karakteristikama sistema dizaličnog transporta uz uvažavanje razmatranja u prethodnim poglavljima i postavljenih hipoteza istraživanja. Prema preporukama Madu-a (1998) istraživački instrument, po formiranju za sistem dizaličnog transporta, mora biti prosleđen je petorici eksperata iz uže oblasti nauke i struke da bi potencijalno nejasne ili neadekvatne tvrdnje bile izostavljene iz upitnika. Nakon toga biće sprovedene korelaciona i faktorska analiza radi dalje provere validnosti i pouzdanosti instrumenta, tako da će tek nakon toga biti dobijena konačna forma upitnika, i njom definisani značajni „menadžment“ faktori za postupke održavanja sistema dizaličnog transporta. Po definisanju značajnih „menadžment“ faktora i njihovom ponderisanju, zavisno od procenta osvojenih poena, biće moguće odrediti modifikacioni faktor, u svrhu određivanja nivoa sprovođenja aktivnosti definisanih tehničkim faktorom.

Shodno navedenom, novopredložen model održavanja sistema dizaličnog transporta izgleda na sledeći način, kao na slici 3.6. Očekujemo da će njegovom potvrdom postavljene hipoteze (H1,H2 i H3) biti potvrđene.



Slika 3.6 Novopredložen model održavanja sistema dizaličnog transporta

3.4 Zaključna razmatranja

U ovom poglavlju postavljene su osnove novopredloženog modela upravljanja održavanjem sistema dizaličnog transporta. U modelu su sadržana dva modula: tehnički i „menadžment“ modul, shodno primenjenim deduktivnim i komparativnim metodama zaključivanja. Tehnički modul modela uključuje utvrđivanje trenutnog stanja elektromašinske opreme, stanje nosećih čeličnih konstrukcija, uticaja dinamičkog ponašanja pogonskih grupa na noseću konstrukciju dizalica, formiranje

originalnih numeričkih modela noseće konstrukcije i njihovu verifikaciju na osnovu eksperimenta in situ, što omogućava određivanje stvarnog ponašanja svih sklopova sistema dizaličnog transporta, pouzdanu prognozu njegovog reagovanja u eksploataciji, dobijanje parametara izbora i odluka, određivanje uzroka eventualnog lošeg ponašanja ili popuštanja, i ekspertsku procenu eksploatacionog veka. Takođe, tehnički modul upravljanja održavanjem sistema dizaličnog transporta treba da omogući pravovremene informacije održavaocima sistema dizaličnog transporta o neophodnosti popravke ili zamene određene komponente dizalice, pre nego što dođe do otkaza. „Menadžment“ modul modela značajne faktore određuje na osnovu predloga i provere anketnog upitnika za ocenu sistema upravljanja u preduzeću, a zatim se preko dobijanja konačnog modela „menadžment“ faktora dobija modifikacioni faktor, kojim se određuje nivo zahvata u tehničkom modulu modela.

4. Eksperimentalna provera tehničkog modula modela održavanja sistema dizaličnog transporta

U četvrtom poglavlju, shodno predloženom tehničkom modulu modela održavanja sistema dizaličnog transporta, sprovedena je eksperimentalna provera tehničkog modula modela in situ na dva sistema dizaličnog transporta na hidroelektrani „HE Đerdap 1“ u Kladovu. Prvi sistem dizaličnog transporta nalazi se na brani HE Đerdap 1, i sačinjavaju ga dve portalne dizalice nosivosti 160/50 t, a drugi se nalazi na ulaznoj građevini HE Đerdap 1, i sačinjavaju ga dve portalne dizalice – čistilice. Sprovedeno je prikupljanje podataka na terenu, izvršena je njihova analiza, kao i analiza zahteva korisnika sistema dizaličnog transporta koji se odnose na poboljšanje i modernizaciju oba sistema dizaličnog transporta. Sprovedeno je definisanje strukturno značajnih elemenata sistema dizaličnog transporta, nad kojima su primenjeni svi postupci koji su određeni u prethodno definisanom globalnom algoritmu primene dijagnostike stanja i ponašanja noseće konstrukcije i elektromašinske opreme sistema dizaličnog transporta. Primenjeni su svi postupci definisani u metodologiji utvrđivanja stanja noseće čelične konstrukcije portalne dizalice u cilju njene eventualne revitalizacije, metodologiji dijagnostike ponašanja i stanja pogonskih grupa na portalnoj dizalici u cilju eventualne revitalizacije, i u programu ispitivanja portalnih dizalica. Formirani su originalni numerički modeli noseće konstrukcije portalnih dizalica u celini, i modela svih njihovih podstruktura koji su poslužili za numerički statički i dinamički proračun, čiji su rezultati upoređeni sa rezultatima merenja istih veličina dobijenih eksperimentom in situ. Time je dokazana osnovna hipoteza da je moguće uspostaviti numerički model noseće konstrukcije validovan eksperimentom koji omogućava određivanje stvarnog ponašanja konstrukcije, i na tim osnovama formirati model održavanja prema stanju sistema dizaličnog transporta.

4.1 Eksperimentalna provera tehničkog modula održavanja sistema dizaličnog transporta na brani HE Đerdap1

Sistem dizaličnog transporta na brani „HE Đerdap 1“ Kladovo čine dve identične električne portalne dizalice nosivosti 160 / 50 t, raspona između nogu 15 m, predviđene su za rad na otvorenom prostoru. Portalne dizalice namenjene su opsluživanju hidromehaničke opreme na brani i ulaznoj građevini, montažnom bloku, i za istovar opreme iz prevodnice. Portalne dizalice izrađene su 1969 godine, prema tada važećim propisima HTZ o radu na dizalicama, dimenzionisane su prema JUS i VDE propisima, i svrstane su u laku pogonsku klasu prema JUS M.D1.020.

Osnovni delovi portalne dizalice su noseća konstrukcija dizalica, kolica dizalice sa mehanizmima za dizanje tereta, kao i voznog podstroja – mehanizama za vožnju portala.

Noseća konstrukcija portalnih dizalica sastoji se od dva glavna nosača sa gazištima, krute noge, zglobne noge, i noseće konstrukcije mehanizama za vožnju portalnih dizalica.

Kolica dizalice sastoje se od noseće ramne konstrukcije na kojoj su oslunjena dva mehanizma za dizanje: jedan glavni i jedan pomoćni.

Osnovni tehnički podaci portalnih dizalica su:

Nosivost:	glavna kuka	1600 kN
	pomoćna kuka	500 kN
Raspon portala:		15 m
Prepust kod zglobne noge:		5m
Maksimalne brzine:	dizanje glavne kuke	3,2 m/min
	dizanje pomoćne kuke	4,0 m/min
	vožnja mačke	4,0 m/min
	vožnja portala	20,0 m/min
Prenosni odnos reduktora:	glavna kuka	369
	pomoćna kuka	142
	vožnja mačke	388
	vožnja portala	149,5
Prečnik bubnja za namotavanje sajli:	glavna kuka	1500 mm
	pomoćna kuka	750 mm
Prečnik bubnja za namotavanje kabla za elektrohidraulička klešta:		800 mm
Visine dizanja:	glavna kuka	57,4 m
	pomoćna kuka	40,0 m
Upravljanje dizalicom:	iz kabine dizalice. Pri tandemskom radu upravljanje dizalicama je sa rečne dizalice	
Električno napajanje:	3x380/220 V; 50 Hz	
Način napajanja:	dizalica mačka	strujnim oduzimačima sa trolnog voda savitljivim kablovima preko kablovskih kolica
Snage elektromotora:	dizanje glavne kuke	125 kW
	dizanje pomoćne kuke	45 kW
	vožnja mačke	2,5 kW
	vožnja portala	4 x 11 kW
Meteorološki uslovi:	temperatura	-25 ÷ +45 °C
	vlažnost vazduha	50 ÷ 90 %
	brzina vetra	3 ÷ 5 m/s (max 38 m/s)

Noseća konstrukcija portalnih dizalica sastoji se od portala i dva glavna nosača kutijastog tipa. Limovi od kojih je izrađena noseća konstrukcija su kvaliteta Č.0461 po JUS C.B0.501, ili St 42.2 prema DIN 17100. Na glavnom nosaču je sa spoljnje strane smeštena pešačka staza koja je konzolno

pričvršćena, i patosana rebrastim limom. Na jednom nosaču staza je predviđena za prolaz, a na drugom za smeštaj elektroopreme. Sa spoljašnje strane staza je zaštićena ogradom izrađenom od cevi.

Glavni nosači su sa nogama portala spojeni prednapregnutim vijcima. Noge portala su takođe zavarene izvedbe, u obliku kutijastih nosača.

Ram kolica izrađen je kao zavarena kruta konstrukcija od limova, koja prenosi opterećenje bez velikih deformacija.

Glavni i pomoćni mehanizmi dizanja tereta sastoje se od sledećih elemenata: pogonski elektromotor, elastična spojnica sa kočnim kolutom, kočnica, reduktor, doboš, ležaj doboša, koturače, čelična užad.

Mehanizam za kretanje kolica sastoji se od pogonskog elektromotora, elastične spojnice sa kočnim kolutom, kočnice, reduktora, centralnog pogonskog vratila sa spojnicama, pogonskim i slobodnim točkovima.

Mehanizam za kretanje dizalice smešten je između nogu portala sa svake strane dizalice (kom. 2), i sastoji se od pogonskog elektromotora, elastične spojnice sa kočnim kolutom, kočnice, reduktora, pogonskih i slobodnih točkova. Za izravnjanje zakošenja dizalice ugrađen je specijalni uređaj – elektromotor za podešavanje.

Elastične spojnice, i elastične spojnice sa kočnim kolutima su livene konstrukcije, sa elastičnim gumenim umetcima. Kod spojnice sa kočnim kolutom pogonski deo spojnice izliven je zajedno sa kolutom.

Kočnice su sa dve papuče, zavarene izvedbe. Papuče su pomerljive u svom ležištu što olakšava podešavanje. Obloge papučica su izrađene od ferodo-azbesta. Funkciju kočenja obavljaju kočne opruge koje ili prigradene kočnici, ili su ugrađene u elektrohidraulični potiskivač. Funkciju otkočivanja obavlja elektrohidraulični potiskivač.

Doboši su zavarene izvedbe od čeličnog lima i livenog čelika. Na obodu doboša narezani su zavojni levi i desni žlebovi za namotavanje čelične užadi na obe strane doboša u jednom sloju. Pogon doboša vrši se preko zupčanika direktno sa reduktora. Doboš je uležišten na kotrljajnim ležištima. Na doboš je pričvršćen lančanik za pogon krajnje sklopke koja automatski isključuje pogon elektromotor kada kuka stigne do najniže ili najviše granice.

Gornja i donja koturača sastoje se od koturova na kotrljajnim ležištima, koji su montirani na nosače. Specijalna kuka nosivosti 160 t izvedena je prema projektu „Gidrostalprojekta” tadašnjeg SSSR, dok je jednostruka kuka nosivosti 50 t kovana od čelika Č.1330 prema JUS C.B9.021.

Kućišta reduktora su potpuno zatvorene konstrukcije sa svim potrebnim poklopcima, odušcima i mazalicama. Kućišta su tavarene izvedbe. Zupčanici su koso evolventno ozubljeni sa uglom dodirnice 20°, izrađeni su od legiranog čelika, termički obrađeni, dok su mali zupčanici brušeni. Osovine su izrađene od kvalitetnog čelika za osovine, sa brušenim sedištima za ležajeve i zupčanike. Sva ležišta reduktora su kotrljajna.

Točkovi kolica i dizalice okreću se na kotrljajnim valjkastim ležajima. Izrađeni su od specijalnog legiranog livenog čelika. Površina naleganja točkova je plameno kaljena.

Kabl doboš koji je ugrađen na kolicima dizalice služi za napajanje elektrohidrauličnog urešaja koji služi za rad sa klještima. Kabl doboš dobija pogon od doboša glavne kuke tako da se kabl diže ili spušta jednakom brzinom kao i glavna kuka. Kabl doboš ima uređaj kojim se može isključiti njegov pogon kada kuka 160 t ne radi sa klještima.

Kabina rukovaoca smeštena je u krutoj nozi portala. Izrađena je od savijenog lima karoserijske izvedbe. Kabina je zatvorena staklenim prozorima u gumenim okvirima, snabdevena je stolicom i alarmnim zvonom.

Kada je dizalica van pogona, ili kada duva orkanski vetar, upotrebljavaju se sidrena klješta za fiksiranje dizalice za šinu. Sidrena klješta su smeštena sa svake strane dizalice. Stezanje klješta obavlja se automatski, elektrohidrauličnim uređajem sa vremenskom zadržkom.

TEŽINE ELEMENATA PORTALNE DIZALICE

Glavni nosači:	53,5 t
Zglobna noga:	38,0 t
Kruta noga:	53,0 t
Kolica dizalice:	54,0 t
Protivteg:	46,0 t
Kabina:	2,9 t
Donji podstroj:	17,8 t
Elektrooprema:	6,1 t
UKUPNO:	244,5 t

Sistem dizaličnog transporta na brani HE Đerdap1 u Kladovu prikazan je na slici 4.1.1.



Slika 4.1.1 Sistem dizaličnog transporta na brani HE Đerdap 1, Kladovo

4.1.1. Mehanizam za glavno dizanje portalnih dizalica 160/50 t

U cilju utvrđivanja stanja mehanizama za glavno dizanje portalnih dizalica (rečna i obalna) 160/50 t najpre je sprovedena detaljna vizuelna kontrola stanja svih podsklopova i elemenata ovih mehanizama. Od suštinskog značaja za ispravno funkcionisanje mehanizama za glavno dizanje su: pogonski motor sa spojnicom i kočnicom, reduktor, doboš, gornja koturača sa koturom za izravnanje, uže, donja koturača sa zahvatnim uređajem, kao i mehanizam i doboš za napajanje zahvatnog uređaja. Podloge neophodne za ocenu potrebnih radova za poboljšanje stanja ovih mehanizama prikazane su na slici 4.1.1.1, na kojoj su uporedno prikazani karakteristični elementi mehanizma za glavno dizanje rečne i obalne portalne dizalice.

Rečna



Obalna





Slika 4.1.1.1 Stanje karakterističnih elemenata mehanizama glavnog dizanja obe portalne dizalice

Vizuelnom kontrolom mehanizama za glavno dizanje rečne i obalne portalne dizalice zaključujemo da je mehanizam za glavno dizanje rečne portalne dizalice je u lošijem stanju nego što je isti mehanizam kod obalne dizalice. Ipak, potreban nivo radova za sanaciju ovih mehanizama sa aspekta vizuelne kontrolne isti je za obe dizalice. Potrebno je izvođenje sledećih radova za poboljšanje rada mehanizama dizanja:

- Čišćenje kućišta reduktora mehanizma za glavno dizanje spolja.

- Kod doboša mehanizma za glavno dizanje treba izvršiti njegovo odmašćivanje, zatim odmašćivanje i podmazivanje ležaja doboša, kao i zamenu mazalice ležaja doboša jer nema vidljivih tragova njenog korišćenja i ispravnosti funkcionisanja podmazivanja ležaja doboša.
- Kod mehanizma i doboša za napajanje zahvatnog uređaja treba izvršiti čišćenje spolja.
- Treba izvršiti zamenu užadi i njihovo zamašćivanje.

Na veoma važnim podsklopovima mehanizma za glavno dizanje tereta – gornjim koturačama sa koturima za izravnjanje, kao i donjim koturačama sa zahvatnim uređajima nije bilo moguće izvršiti vizuelnu kontrolu stanja elemenata, kao ni bilo koju vrstu funkcionalnih ispitivanja zbog nemogućnosti prilaza istim. S obzirom na značaj ovih elemenata za ispravan i siguran rad dizalica, predlaže se da, prilikom izvođenja radova na sanaciji i modernizaciji obe portalne dizalice, se obavezno sprovedu sledeći radovi:

- Gornja koturača sa koturom za izravnjanje: potrebno je izvršiti demontažu i ponovnu montažu svih koturova, odmašćivajne i pranje svih elemenata koturova, kao i odmašćivanje, pranje i podmazivanje svih ležajeva. Potrebno je izvršiti kontrolu stanja i funkcionalne ispravnosti ležajeva, i nakon toga izvršiti njihovu eventualnu zamenu na osnovu procene izvođača radova. Takođe, potrebno je izvršiti zamenu svih mazalica radi poboljšanja funkcije podmazivanja.
- Kod donje koturače sa zahvatnim uređajem potrebno je takođe izvršiti demontažu i ponovnu montažu svih koturova, odmašćivajne i pranje svih elemenata koturače, kao i odmašćivanje, pranje i podmazivanje svih ležajeva. Potrebno je izvršiti kontrolu stanja i funkcionalne ispravnosti ležajeva, i nakon toga izvršiti njihovu eventualnu zamenu na osnovu procene izvođača radova.

Nakon vizuelne metode izvršena je provera projektovanih parametara elektromotora i reduktora mehanizama za glavno dizanje portalnih dizalica analitičkim proračunom.

Na osnovu izvršenog analitičkog proračuna konstatujemo da nije potrebna zamena reduktora sa aspekta potrebne snage za ispravno funkcionisanje. Radi potvrde ispravnosti proračuna urađeno je i funkcionalno merenje pogonske snage motora za dizanja glavne kuke.

Merenja snage elektromotora pogona dizanja glavne kuke izvršena su sa neopterećenom glavnom kukom, sa opterećenjem na glavnom mehanizmu za podizanje tereta od 9 t, kao i sa opterećenjem od 73 t. Merene veličine su napon napajanja, kao i jačina struje, a snaga je proračunata na osnovu izmerenih veličina. Rezultati merenja prikazani su u tabeli 4.1.1.1.

Tabela 4.1.1.1

Težina tereta	Vrsta pogona	IZMERE NE VELIČINE		
		Napon [V]	Struja [A]	P [KW]
Bez tereta	Kuka 160t	400	57,7	33,9
Sa teretom 9 t	Kuka 160t	400	64,7	38
Sa teretom 73 t	Kuka 160t	400	104	61,2

Na osnovu prikazanih rezultata, uz pretpostavku da se snaga linearno menja sa povećanjem opterećenja, možemo zaključiti da bi za podizanje tereta od 160 t bilo utrošeno 106,9 kW, čime se potvrđuje ispravnost analitičkog proračuna.

Na osnovu izvršenih vizuelnih kontrola, analitičke metode proračuna, kao i izvedenih funkcionalnih merenja pogonske snage, možemo konstatovati sledeće:

- Potrebno je ugraditi nov elektromotor snage 132 kW sa frekventno regulisanom brzinom podizanja tereta koja ostaje ista i iznosi 3,2 m/min.
 - S obzirom na već konstatovanu činjenicu da reduktor pogonskog mehanizma za dizanje glavne kuke ostaje isti, neophodno je da izvođač izvrši radove na prilagođavanju izlaznog vratila novog elektromotora, i ulaznog otvora na postojećoj spojnici sa reduktorom koja treba da ostane ista.
- Vibrodiagnostika ležaja reduktora je izvršena samo na rečnoj dizallici. Ona je izvedena sa opremom SKF i to paralelno na 10 mernih mesta. Detaljan izveštaj dat je u prilogu C. Na osnovu merenja vibracija možemo zaključiti da je ceo sklop reduktora (ležajevi, zupčanici, vratila i dr.) u dopuštenim granicama po pitanju vibracija, odnosno svi njegovi elementi rade ispravno, nijedan nije oštećen. Iz

razloga dobrog ponašanja reduktora rečne dizalice koja je mnogo više bila u eksploataciji od obalne, merenje vibracija obalne dizalice nije obavljeno.

4.1.2. Mehanizam za pomoćno dizanje

Podloge neophodne za ocenu potrebnih radova za poboljšanje stanja ovih mehanizama prikazane su na slici 4.1.2.1, na kojoj su uporedno prikazani karakteristični elementi mehanizama za pomoćno dizanje rečne i obalne portalne dizalice.

Rečna

Obalna



Slika 4.1.2.1 Stanje karakterističnih elemenata mehanizama pomoćnog dizanja obe portalne dizalice

Na osnovu vizuelne kontrole mehanizama za pomoćno dizanje rečne i obalne portalne dizalice zaključujemo da je mehanizam za pomoćno dizanje rečne portalne dizalice je u lošijem stanju nego što je isti mehanizam kod obalne dizalice. Ipak, potreban nivo radova za sanaciju ovih mehanizama sa aspekta vizuelne kontrolne isti je za obe dizalice. Predlaže se izvođenje istih radova kao i kod glavnih mehanizama za dizanje tereta. Nakon vizuelne metode izvršena je provera projektovanih parametara elektromotora i reduktora mehanizama za pomoćno dizanje portalnih dizalica analitičkim proračunom. Na osnovu izvršenog analitičkog proračuna konstatuje se da nije potrebna zamena reduktora sa aspekta potrebne snage za ispravno funkcionisanje. Radi potvrde ispravnosti proračuna urađeno je i funkcionalno merenje pogonske snage motora za dizanja pomoćne kuke.

Merenja snage elektromotora pogona dizanja glavne kuke izvršena su sa neopterećenom glavnom kukom, i sa opterećenjem na glavnom mehanizmu za podizanje tereta od 9 t. Meren je napon napajanja, kao i jačina struje, a snaga je proračunata na osnovu izmerenih veličina. Rezultati merenja prikazani su u tabeli 4.1.2.1.

Tabela 4.1.2.1

		IZMERE NE VELIČINE		
Težina tereta	Vrsta pogona	Napon [V]	Struja [A]	P [KW]
Bez tereta	Kuka 50t	400	21,96	12,9
Sa teretom 9t	Kuka 50t	400	26,8	15,8

Na osnovu izvršenih vizuelnih kontrola, analitičke metode proračuna, kao i izvedenih funkcionalnih merenja pogonske snage, može se konstatovati sledeće:

- Potrebno je ugraditi nov elektromotor snage 55 kW sa frekventno regulisanom brzinom podizanja tereta koja ostaje ista i iznosi 4 m/min.

-S obzirom na već konstatovanu činjenicu da reduktor pogonskog mehanizma za dizanje pomoćne kuke ostaje isti, neophodno je da izvođač izvrši radove na prilagođavanju izlaznog vratila novog elektromotora, i ulaznog otvora na postojećoj spojnici sa reduktorom koja treba da ostane ista.

Vibrodiagnostika ležaja reduktora je izvršena samo na rečnoj dizalici. Ona je izvedena sa opremom SKF i to paralelno na 10 mernih mesta. Detaljan izveštaj dat je u prilogu C. Na osnovu merenja vibracija možemo zaključiti da je ceo sklop reduktura (ležajevi, zupčanici, vratila i dr.) pomoćnog mehanizma za dizanje tereta u dopuštenim granicama po pitanju vibracija. Reduktor pomoćnog dizanja ima izraženije amplitude oscilovanja u odnosu na reduktor glavnog dizanja, što ukazuje da je više časova bio u eksploataciji. Iz razloga dobrog ponašanja reduktora rečne dizalice koja je mnogo više bila u eksploataciji od obalne, merenje vibracija obalne dizalice nije obavljeno.

4.1.3. Kolica mehanizama za dizanje

Kolica mehanizma za dizanje obe dizalice sastoje se od sledećih sastavnih podsklopova i elemenata: noseća konstrukcija kolica (glavni nosači kutijastog preseka, čeonu nosači sa točkovima), točkovi (4 komada), elektromotor sa reduktorom i spojnicama, centralno pogonsko vratilo, i kućica kolica (sastoji se od poda, nosača zidova, nosača krova, zidova sa otvorima, i krova). Za utvrđivanje stanja svih opisanih elemenata kolica najpre je sprovedena vizuelna kontrola stanja noseće konstrukcije, njenih veza, i opreme kolica. Karakteristična zapažanja prikazana su na slici 4.1.3.1, na kojoj su uporedno prikazane iste pojave na obe dizalice – rečnoj i obalnoj.

Rečna



Obalna





Slika 4.1.3.1 Stanje karakterističnih elemenata mehanizama kretanja kolica obe portalne dizalice

Na osnovu vizuelne kontrole stanja noseće konstrukcije kolica mehanizama za dizanje na obe dizalice (rečna i obalna), zaključujemo da je stanje glavnih nosača i čeonih nosača sa točkovima zadovoljavajuće, te na njima nije potrebno preduzimati radove na sanaciji, a ukoliko postoji mogućnost korisno je uraditi AKZ zaštitu noseće konstrukcije spolja. Takođe, vizuelnom kontrolom zaključujemo da je stanje vijčanih i zavarenih veza na elementima noseće konstrukcije kolica mehanizama za dizanje na obe dizalice zadovoljavajuće, te nije potrebno preduzimati radove na sanaciji – poboljšanju navedenih veza. Centralna pogonska vratila kolica mehanizama za dizanje na obe dizalice su izuzetno zaprljana, s tim što je stanje lošije kod rečne dizalice. Na slici 4.1.3.2 prikazani su rezultati vizuelne kontrole uležištenja točkova kolica, i izmereni su zazori u ležajevima točkova.



Slika 4.1.3.2 Kontrola ležajeva točkova kolica rečne i obalne dizalice

Na osnovu sprovedenih kontrola utvrđeno je da su zazori ležajeva u točkovima kolica u dopuštenim granicama, kao i da su buričasta kotrljajna tela u ležajevima u dopuštenom položaju u odnosu na prstenove ležajeva. Zaključujemo da nije potrebno sprovesti dodatne radove na sanaciji uležištenja točkova kolica. Takođe, na osnovu vizuelne kontrole točkova kolica, kao i ispitivanja tvrdoće točkova, zaključujemo da nisu potrebni dodatni radovi na točkovima.

Na slikama 4.1.3.3 i 4.1.3.4 prikazana su zapažanja utvrđena vizuelnom kontrolom kućice kolica mehanizama za dizanje koja veoma nepovoljno utiču na funkcionalnost rada mehanizama za dizanje tereta, i to kod obe portalne dizalice. Na slici 4.1.3.3 prikazano je uočeno i veoma izraženo habanje oba užeta o podnu konstrukciju kućice kolica, izuzev promena mazalica na svim točkovima, jer su postojeće van funkcije. Zaključujemo da je neophodno izvršiti rekonstrukciju poda na mestima prolaska oba užeta kroz pod proširivanjem postojećih otvora.



Slika 4.1.3.3 Habanje (dodirivanje) užeta o konstrukciju poda kućice

Na slici 4.1.3.4 prikazano je stanje konstrukcije kućica kolica mehanizama za dizanje na obe portalne dizalice.





Slika 4.1.3.4 Stanje konstrukcije kućica kolica mehanizama za dizanje na obe portalne dizalice

Na osnovu izvršenog vizuelnog pregleda zaključujemo da je stanje i unutrašnjosti i spoljašnosti konstrukcije kućica obe dizalice loše. Takođe, zaključujemo da kućice nisu funkcionalno rešene u smislu položaja ulaza u kućice, položaja otvora na kućicama, male visine kućica, čime je onemogućeno otvaranje poklopaca reduktora. Konstatuje se i da su konstrukcije kućica značajno zahvaćene korozijom bez mogućnosti popravke u smislu izvođenja odgovarajuće AKZ zaštite. Na osnovu navedenog, predlaže se izrada nove kućice koja će eliminisati postojeće funkcionalne nedostatke.

4.1.4. Mehanizam za kretanje dizalice

Mehanizmi za kretanje obe dizalice sastoje se od sledećih sastavnih podsklopova i elemenata: noseća konstrukcija koja se sastoji od “čeonih” nosača sa točkovima, točkovi (ukupno 8 točkova po svakoj dizalici, odnosno po 4 točka na krutoj i zgloboj nozi), dve razdvojene pogonske grupe – elektromotori sa reduktorom, kočnicom i spojnicom (ukupno dva kompleta po dizalici, odnosno po jedan na svakoj nozi dizalice), i nezavisnim kočionim sistemom – kleštima, koja služe za zadržavanje kрана u stanju mirovanja – neradnom stanju pri dejstvu udara vetra. Za utvrđivanje stanja svih opisanih elemenata mehanizama za pogon vožnje portalnih dizalica najpre je sprovedena vizuelna kontrola stanja noseće konstrukcije, njenih veza, i opreme mehanizama. Karakteristična zapažanja prikazana su na slici 4.1.4.1, na kojoj su uporedno prikazane iste pojave na obe dizalice – rečnoj i obalnoj.

Rečna



Obalna





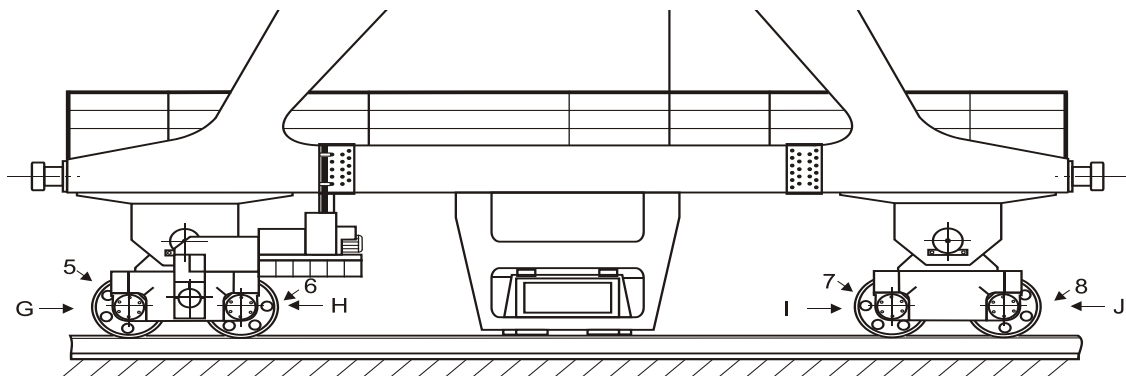
Slika 4.1.4.1 Stanje karakterističnih elemenata mehanizama kretanja rečne i obalne portalne dizalice

Vizuelnim pregledom utvrđeno je da je stanje mehanizama za kretanje kрана bitno različito kod rečnog i kod obalnog kрана. Možemo konstatovati da je bolje stanje mehanizama za vožnju kod obalne portalne dizalice.

Kod rečne portalne dizalice vizuelnim pregledom utvrđeno je postojanje prsline na nepogonskom točku uzvodno ka obali, što je prikazano na slici 4.1.4.2. Iz tog razloga je izvršeno ispitivanje eksperimentalnom metodom – ispitivanje magnetnim česticama dela gazne površine i venca točka u zoni prsline što je prikazano na slici 4.1.4.3 – točak broj 7.



Slika 4.1.4.2 Stanje karakterističnih elemenata mehanizama kretanja kolica obe portalne dizalice



Slika 4.1.4.3 Mesta ispitivanja magnetnim česticama površine točkova

Prilikom ispitivanja ustanovljene su linijske indikacije na obodu točka sa unutrašnje i spoljašnje strane. Sa unutrašnje strane linijska indikacija prostire se duž cele visine oboda, a na spoljašnjoj strani dužina linijske indikacije je 60 mm. Pored navedenih indikacija na spoljašnjoj strani točka prisutna je grupa linijskih indikacija dužine od 2 – 12 mm, a na unutrašnjoj strani grupa linijskih indikacija dužine 2 – 4 mm. Ocena ove greške je da ona nije prihvatljiva, pa se zbog toga može konstatovati da je na rečnoj dizalici potrebno izvršiti sanaciju pucanja točka 7 na uzvodnoj strani rečne dizalice. Vizuelnom kontrolom točkova portalnih dizalica zaključujemo da je potrebno izvršiti zamenu svih mazalica, jer sistem podmazivanja nije u funkciji.

Na slici 4.1.4.4 prikazana je vizuelna kontrola uležištenja točkova kolica, i izmereni su zazori u ležajevima točkova.





Slika 4.1.4.4 Kontrola ležajeva točkova

Vizuelnom kontrolom utvrđeno je da su svi ležajevi proizvođača SKF, izuzev dva koji se nalaze na točkovima obalne portalne dizalice: jednog koji je proizvođača FAG, i drugog proizvođača ZKL. Nakon izvršenih merenja zazora i veličina izlaska buričastih elemenata iz ležajeva, konstatuje se: Svi ležajevi proizvođača SKF su u odličnom stanju. Zazori u svim ležajevima su u dopuštenim granicama. Kod ležajeva drugih proizvođača konstatujemo sledeće nedostatke:
FAG: Obalna dizalica, nepogonska rečna klackalica, uzvodni ležaj–izašli buričasti elementi za 4 mm.
ZKL: Obalna dizalica, nepogonska rečna klackalica, nizvodni ležaj–postoje risevi na gaznoj površini. Ovi nedostaci su prihvatljivi za dalju eksploataciju dizalice, pa u tom smislu nije potrebna njihova zamena.

Posle vizuelne kontrole stanja mehanizama za pogon kretanja portalnih dizalica izvršeno je funkcionalno merenje opterećenja točkova portalnih dizalica, što je prikazano na slici 4.1.4.5. Rezultati merenja opterećenja točkova poslužiće za tačno određivanje težine portalnih dizalica.





Slika 4.1.4.5 Merenje opterećenja točkova

Korišćena je oprema proizvođača Enerpack - hidrocilindri sa ručnim uvođenjem pritiska. Svaki oslonac dizalice je nezavisno podizan sa dva cilindra istovremeno (unutrašnja i spoljašnja strana jednog od četiri oslonca dizalice). Izmereni su srednji pritisci u hidrocindrima pri podizanju ležajeva točkova bez težine kolica sa mehanizmima za podizanje tereta, a na osnovu njih je izračunata ukupna težina dizalice koja iznosi 2544 kN.

Vizuelnom kontrolom pogonskih zupčanika utvrđeno je da su na rečnoj dizalici zupci veoma pohabani, što je prikazano na slici 4.1.4.6. Stanje pogonskih zupčanika na obalnoj dizalici je korektno.



Slika 4.1.4.6 Pohabanost dva pogonska zupčanika na rečnoj dizalici, nizvodna obalna strana

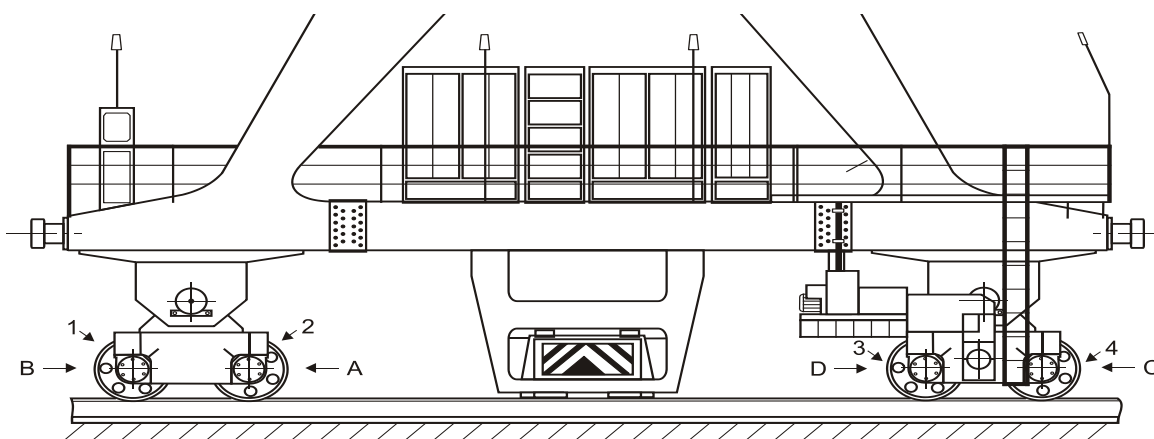
Rezultati vizuelne kontrole stanja pogonskih zupčanika portalnih dizalica ukazuju da je potrebno izvršiti dodatne radove na njihovoj sanaciji, i to samo kod rečne dizalice. Potrebno je izvršiti sledeće radove kod pogonskih točkova sa pogonskim zupčanicima, kao i kod gonjenih točkova koji takođe imaju zupčanike koji nisu u funkciji, i koji su u dobrom stanju: izvršiti demontažu pogonskih točkova sa pohabanim zupčanicima (2 kom) na nizvodnoj strani rečne dizalice, kao i demontažu ispravnih zupčanika kod gonjenih točkova (2 kom). Nakon toga treba izvršiti zamenu pohabanih zupčanika sa ispravnim zupčanicima sa gonjenih točkova, i izvršiti montažu rekonstruisanih pogonskih točkova. Kod gonjenih točkova sa uležištenjima potrebno je izraditi distantne čaure (2 kom) na mestima skinutih zupčanika prema originalnoj tehničkoj dokumentaciji točkova i zupčanika dizalice, i izvršiti montažu distantnih čaura na mestima skinutih zupčanika.

Vizuelnom kontrolom točkova i pogonskih zupčanika portalnih kranova utvrđene su određene nepravilnosti. Pojava prsline kod jednog točka obalne dizalice, kao i pohabanost zubaca pogonskih zupčanika na rečnoj dizalici, usloveli su neophodnost dodatnih ispitivanja točkova i zupčanika. Iz tog

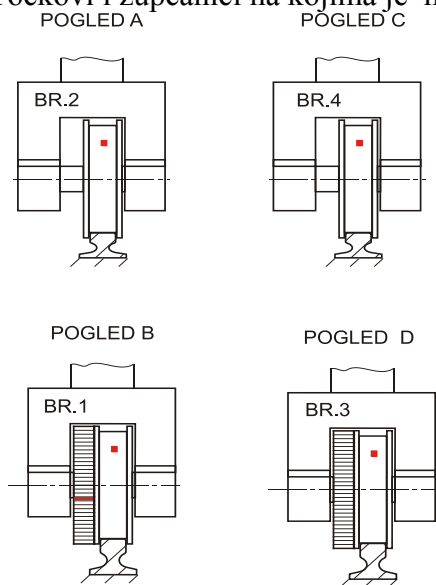
razloga izvršena su sledeća ispitivanja metodama bez razaranja: merenje tvrdoće na gaznim površinama točkova portalnih dizalica, kao i merenje tvrdoće rezervnih pogonskih zupčanika na obe dizalice. Na slici 4.1.4.7 prikazani su točkovi i zupčanici na kojima su sprovedena merenja tvrdoće. Na slikama 4.1.4.3, 4.1.4.8, 4.1.4.9, i 4.1.4.10 prikazane su skice sa oznakama točkova i zupčanika i lokacijama na kojima je izvršeno merenje tvrdoće. Oznake na slikama su iste za obe dizalice.



Slika 4.1.4.7 Merenje tvrdoće točkova i zupčanika

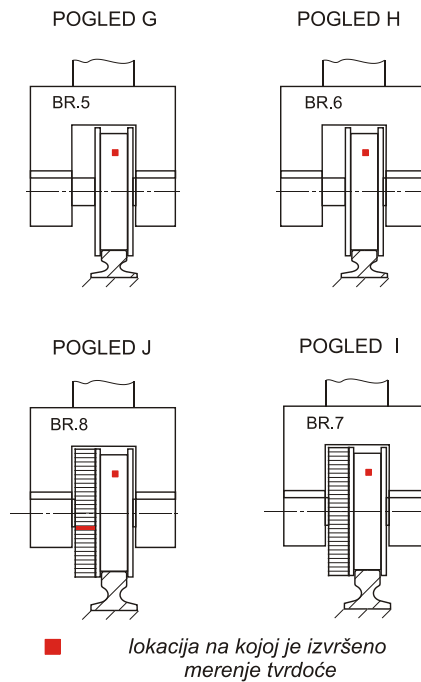


Slika 4.1.4.8 Točkovi i zupčanici na kojima je merena tvrdoća



■ Lokacija na kojoj je izvršeno merenje tvrdoće

Slika 4.1.4.9 Lokacije merenja tvrdoće



Slika 4.1.4.10 Lokacije merenja tvrdoće

Rezultati merenja tvrdoće točkova i rezervnih pogonskih zupčanika prikazani su u tabeli 4.1.4.1.

Tabela 4.1.4.1 Rezultati merenja tvrdoće točkova i rezervnih pogonskih zupčanika

OBALNA DIZALICA	
Predmet merenja	Srednja vrednost tvrdoće [HRC]
Točak broj 1	53
Točak broj 2	54
Točak broj 3	52,8
Točak broj 4	49,8
Točak broj 5	52,2
Točak broj 6	53
Točak broj 7	53,3
Točak broj 8	49,3
Zupčanik na točku broj 1	218,3
Zupčanik na točku broj 8	221,6
REČNA DIZALICA	
Predmet merenja	Srednja vrednost tvrdoće [HRC]
Točak broj 1	52,3
Točak broj 2	52
Točak broj 3	52,3
Točak broj 4	47,2
Točak broj 5	55,3
Točak broj 6	52,3
Točak broj 7	54,6
Točak broj 8	51,5
Zupčanik na točku broj 1	255
Zupčanik na točku broj 8	252,6

Rezultati merenja tvrdoće pokazuju da je stanje točkova portalnih dizalica kao i rezervnih pogonskih zupčanika korektno, te da u smislu tvrdoće ispunjavaju sve zahteve za siguran rad.

Vizuelnom kontrolom ustanovljen je različit položaj točkova rečne dizalice na šini u odnosu na položaj točkova obalne dizalice na šini. Naime, obodi na nizvodnoj strani točkova na rečnoj dizalici dodiruju šinu po kojoj se kreću, dok kod obalne dizalice postoji mali zazor u odnosu na šinu, što je prikazano na slici 4.1.4.11.



Slika 4.1.4.11 Položaj točkova na šini

Vizuelnom kontrolom izvršeno je utvrđivanje stanja kočionog sistema koji ima ulogu da zadrži dizalicu na šinama u neradnom stanju, tj. da spreči njeno bočno pomeranje-podizanje pod uticajem vetra. Stanje kočionih sistema – klješta za parkiranje i rečne i obalne dizalice prikazano je na slici 4.1.4.12. Vizuelnom kontrolom utvrđeno je da su kočioni sistemi – klješta za parkiranje kod obe dizalice u lošem stanju. Neophodno je da se izvrši sanacija prslina u zavarenim spojevima elementa za zabavljanje klješta (greda ispod rasponki nogu) prikazanim na slici 4.1.4.12, kao i sanacija deformisanog lima rasponke nogu na mestu prihvata opterećenja sa klješta na donji lim donjeg horizontalnog nosača (rasponka) nogu kрана. Pored navedenih sanacija potrebno je kočioni sistem dovesti u ispravno tehničko stanje (hvatač uvek mora da obuhvati šinu, što sada nije slučaj).





Slika 4.1.4.12 Kočioni sistem – klješta za parkiranje dizalice

Nakon vizuelne kontrole podsklopova i elemenata konstrukcije i opreme mehanizama za kretanje portalnih dizalica, kao i nakon izvršenih funkcionalnih merenja i eksperimentalnih metoda utvrđivanja stanja vitalnih elemenata mehanizama za vožnju dizalica, sprovedena je provera projektovanih parametara elektromotora i reduktora mehanizama za kretanje portalnih dizalica analitičkim proračunom, koji je prikazan u prilogu C.

Na osnovu izvršenog proračuna zaključujemo sledeće:

1. Postojeći elektromotori nisu dobro izabrani, jer potrebna snaga prevazilazi vrednost nominalne snage izabranih elektromotora, pa je potrebno usvojiti nove elektromotore .

2. Uslov ispravnosti izbora reduktora nije ispunjen, pa je potrebno promeniti reduktore.

Radi potvrde ispravnosti proračuna urađeno je i funkcionalno merenje pogonske snage motora za kretanje dizalica. Merenja snage elektromotora pogona za kretanje portalnih dizalica izvršena su sa neopterećenom glavnom kukom, sa opterećenjem na glavnom mehanizmu za podizanje tereta od 9 t, kao i sa opterećenjem na glavnom mehanizmu za podizanje tereta od 73 t. Merene veličine su napon napajanja, kao i jačina struje, a snaga je proračunata prema izmerenim vrednostima. Rezultati merenja prikazani su u tabeli 4.1.4.2.

Tabela 4.1.4.2 Rezultati merenja

Težina tereta	Vrsta pogona	IZMERE NE VELIČINE		
		Napon [V]	Struja [A]	P [KW]
Bez tereta	Portal Nizvodna noga	400	21,6	12,7
	Portal Uzvodna noga	400	21,42	12,6
Sa teretom 9 t	Portal Nizvodna noga	400	21,93	12,9
	Portal Uzvodna noga	400	21,8	12,8
Sa teretom 73 t	Portal Nizvodna noga	400	24,06	14,1
	Portal Uzvodna noga	400	23,83	14

Na osnovu izvršene analitičke metode proračuna, kao i izvedenih funkcionalnih merenja pogonske snage, možemo konstatovati da je potrebno je ugraditi nove elektromotore snage 22,5 kW sa frekventno regulisanim brzinama kretanja dizalica koja ostaje ista i iznosi 20 m/min, i potrebno je ugraditi nove reduktore, kao i prilagoditi postojeću konstrukciju sa novim sklopom motora i reduktora.

Na osnovu svega iznetog, uzimajući u obzir i ekonomski kriterijum smanjenja investicije prilikom sprovođenja modernizacije portalnih dizalica, predlaže se uvođenje jedinstvenog sklopa motor-reduktor vertikalne izvedbe na oba pogonska točka i kod rečne i kod obalne portalne dizalice. Novi

pogonski sklop motor-reduktor treba da ostvari frekventno regulisanu brzinu kretanja dizalica 20 m/min, i treba da ostvari nominalnu snagu od 22,5 kW po svakoj pogonskoj grupi (ukupno dve na svakoj dizalici). Reduktori treba da budu odgovarajućeg prenosnog odnosa da na izlaznom vratilu obezbede broj obrtaja točka od $n_t = 6,37$ o/min.

4.1.5. Glavni nosači portalne dizalice

Glavni nosači portalnih dizalica su zavarene izvedbe od čeličnih limova kvaliteta S275. Unutrašnjost glavnih nosača je ispunjena horizontalnim i vertikalnim ukrucenjima – rebrima, čime se sprečavaju izbočavanja limova. Na glavnim nosačima su postavljene šine za kretanje kolica. Sastavni delovi glavnih nosača su i pešačke platforme – gazišta radi servisiranja kolica sa mehanizmima dizanja.

Rečna



Obalna





Slika 4.1.5.1 Stanje konstrukcije glavnih nosača rečne i obalne portalne dizalice

Najpre je sprovedena vizuelna kontrola stanja spoljašnjosti i unutrašnjosti glavnih nosača portalnih dizalica, što je pokazano na slikama 4.1.5.1 i 4.1.5.2, gde su uporedno prikazana karakteristična mesta na rečnoj i obalnoj portalnoj dizalici. Na slici 4.1.5.3 prikazano je stanje šina glavnih nosača, njihovih veza za gornje pojaseve glavnih nosača, stanje pešačkih staza – gazišta, kao i stanja veznih nosača – rasponki koji spajaju dva glavna nosača portalnih dizalica na prepustima. Na slici 4.1.5.4 prikazane su veze poprečnih veznih nosača sa glavnim nosačima i veze glavnih nosača sa nogama portalnih dizalica.



Slika 4.1.5.2 Unutrašnjost glavnih nosača portalnih dizalica





Slika 4.1.5.3 Šina na glavnom nosaču, poprečni vezni nosač dva glavna nosača i gazišta



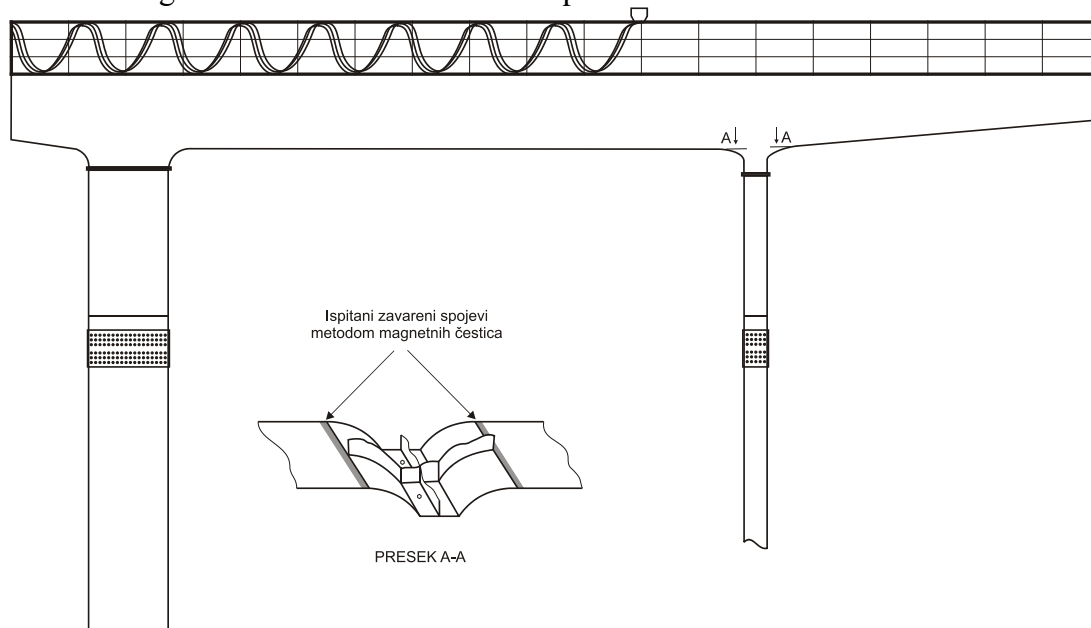
Slika 4.1.5.4. Veze poprečnih nosača sa glavnim nosačima i veza glavnih nosača sa nogama dizalica

Na osnovu vizuelne kontrole stanja čelične konstrukcije glavnih nosača zaključujemo da je noseća konstrukcija glavnih nosača kod obe dizalice uglavnom u korektnom stanju, da postoje određeni nedostaci, i da je za njihovo otklanjanje potrebno izvršiti AKZ zaštitu spoljašnjosti konstrukcije glavnih nosača i rasponki. Unutrašnjost glavnih nosača portalnih dizalica je u dobrom stanju, nije potrebno izvoditi AKZ zaštitu, neophodno je samo izbaciti sav materijal iz nosača iznad krute noge. Takođe, potrebno je izvesti zaptivanje glavnih nosača na mestima otvora za kablove. Stanje gornjih pojaseva glavnih nosača dizalica ispod šina po kojima se kreću kolica je veoma loše. Zbog toga je potrebno najpre izvršiti podizanje šina i nakon toga popuna AKZ zaštita gornjih

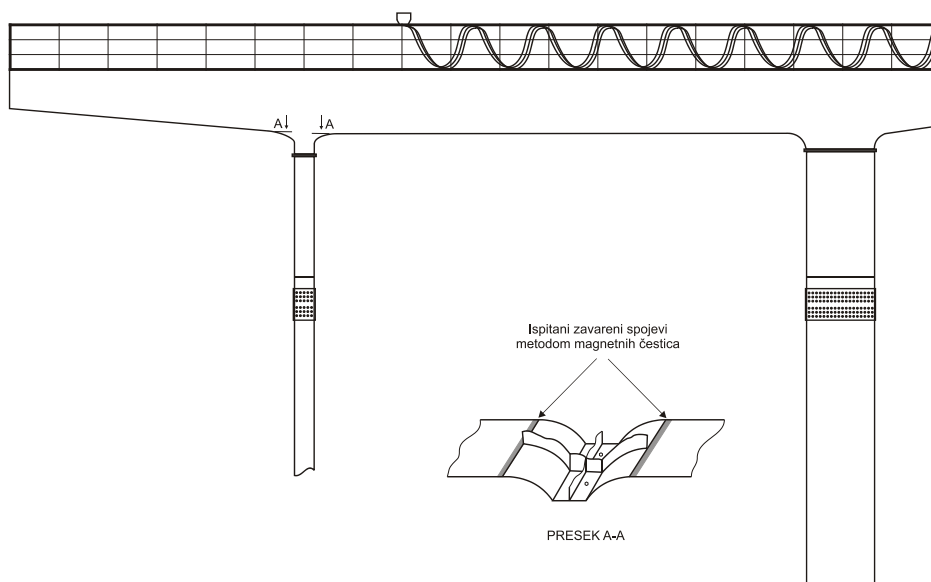
pojaseva nosača. Nakon toga potrebno je izvršiti ponovno postavljanje šina na glavne nosače, vodeći računa o njihovoj nivelaciji koja mora biti izvršena u skladu sa propisima, u kojima su tačno definisana dopuštena odstupanja gornjih ivica šina po pravcu i po visinama.

Vizuelnom kontrolom vijčanih veza rasponki sa glavnim nosačima, kao i vijčanih veza glavnih nosača sa krutim nogama, ustanovljena je korektnost navedenih vijčanih spojeva. Izvršena je i vizuelna kontrola zavarenih spojeva na glavnim nosačima kojom nisu utvrđene nepravilnosti ovih spojeva. S obzirom da se radi o veoma odgovornim spojevima, dodatno su izvršena ispitivanja zavarenih spojeva magnetnim česticama.

Ispitivana mesta na glavnim nosačima obe dizalice prikazana su na slikama 4.1.5.5 i 4.1.5.6.



Slika 4.1.5.5 Mesta ispitivanja zavarenih spojeva na glavnim nosačima portalnih dizalica



Slika 4.1.5.6 Mesta ispitivanja zavarenih spojeva na glavnim nosačima portalnih dizalica

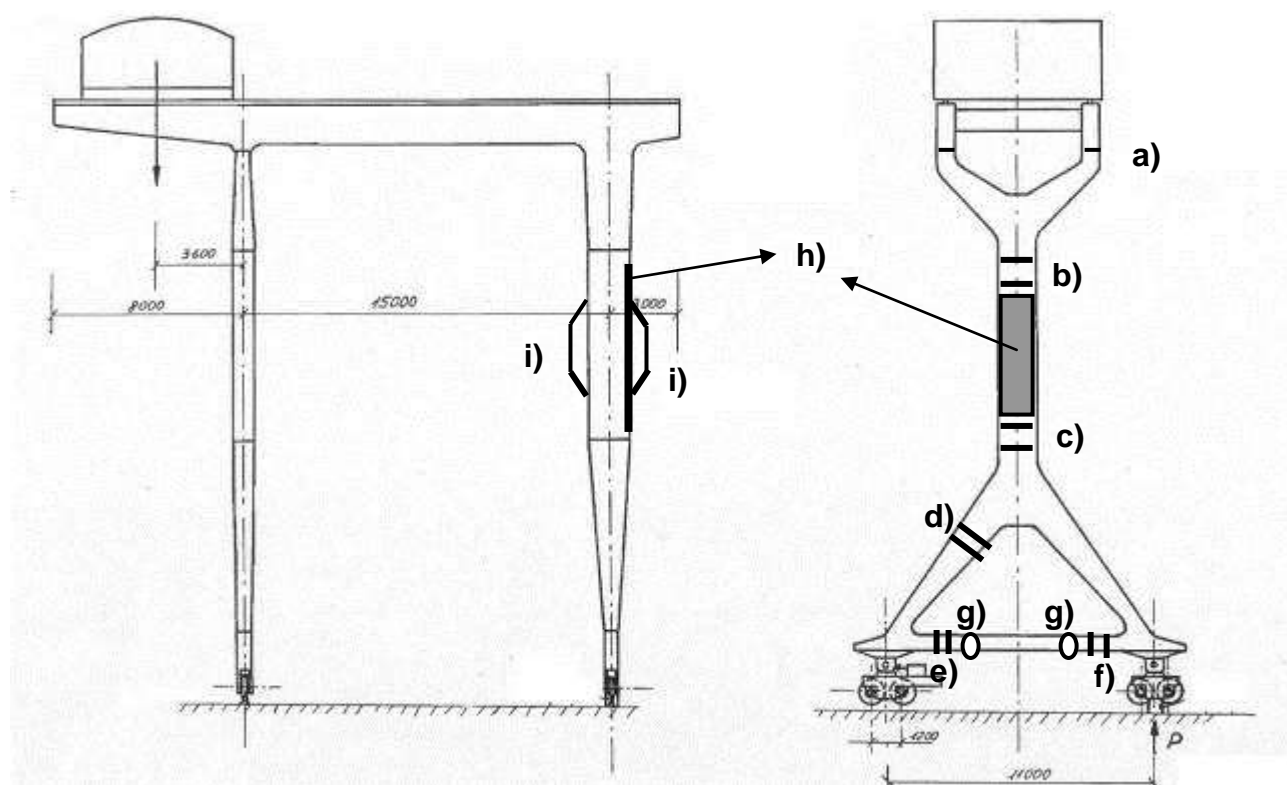
Rezultati ispitivanja zavarenih spojeva magnetnim česticama potvrdile su nalaze vizuelne kontrole da u ispitanim zavarenim spojevima nema grešaka.

Vizuelnom kontrolom gazišta sa ogradom i stepeništa ustanovljeno je nezadovoljavajuće stanje po pitanju spoja sa nosećom konstrukcijom dizalice i korozije. Gazišta i stepeništa moraju biti odvojena od noseće konstrukcije dizalice da bi izbeglo zadržavanje vode i nečistoće što dalje utiče na

nedozvoljenu koroziju noseće konstrukcije dizalice. Iz navedenih razloga potrebno je izvršiti zamenu postojećih gazišta i ograde novim, uz ostvaljanje zazora do noseće konstrukcije.

4.1.6. Kruta noga

Krute noge rečne i obalne portalne dizalice izvedene su kao zavarene konstrukcije od čeličnih limova kvaliteta S355. Unutrašnjost čeličnih konstrukcija krutih nogu sastoji se od velikog broja zavarenih ukrućenja – rebara, kojima se skraćuju velike dužine izvijanja, i na taj način sprečava bočno izvijanje limova. Takođe, u krutoj nozi se nalazi smeštena i kabina rukovaoca dizalice. Shematski prikaz krute noge portalne dizalice prikazan je na slici 4.1.6.1., na kojoj su označena karakteristična mesta (spojevi) kojima je posvećena posebna pažnja prilikom analize stanja konstrukcije.



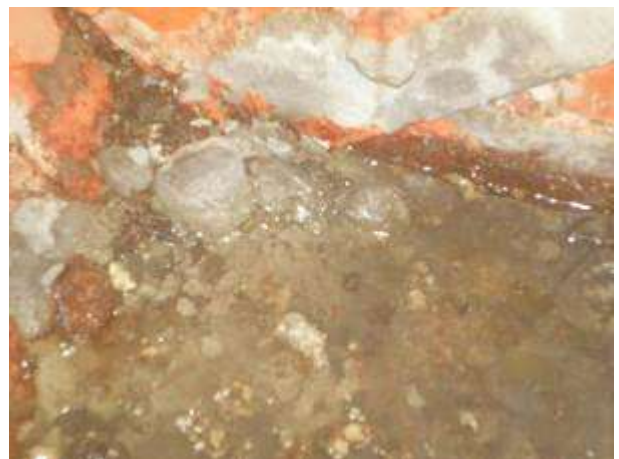
Slika 4.1.6.1 Shematski prikaz krute noge portalnih dizalica

U cilju utvrđivanja stanja čelične konstrukcije nogu portalnih dizalica, najpre je sprovedena vizuelna kontrola stanja spoljašnosti i unutrašnjosti konstrukcije nogu. Na slikama 4.1.6.2, i 4.1.6.3 prikazano je stanje unutrašnjosti krutih nogu na mestima vijčane veze “d” rečne i obalne portalne dizalice respektivno. Na slici 4.1.6.4 prikazano je uporedno stanje spoljašnosti karakterističnih elemenata na vijčanim vezama “b” i “c” na rečnoj i obalnoj portalnoj dizalici.

Na slici 4.1.6.5 prikazana je unutrašnjost središnjeg dela krute noge kod rečne i obalne dizalice. Na slici 4.1.6.6 prikazana je kabina dizalice, dok su na slici 4.1.6.7 prikazane vijčane veze “e , f” , i poklopci “g” na obe portalne dizalice.



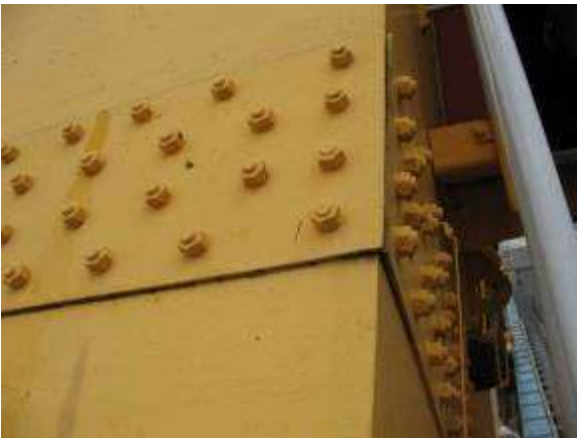
Slika 4.1.6.2 Stanje konstrukcije krute noge na mestu veze "d" iznutra, rečna dizalica





Slika 4.1.6.3 Stanje konstrukcije krute noge na mestu veze "d" iznutra, obalna dizalica





Slika 4.1.6.4 Stanje spoljašnosti karakterističnih elemenata na vijčanim vezama "b" i "c"



Slika 4.1.6.5 Unutrašnjost konstrukcije središnjeg dela krute noge



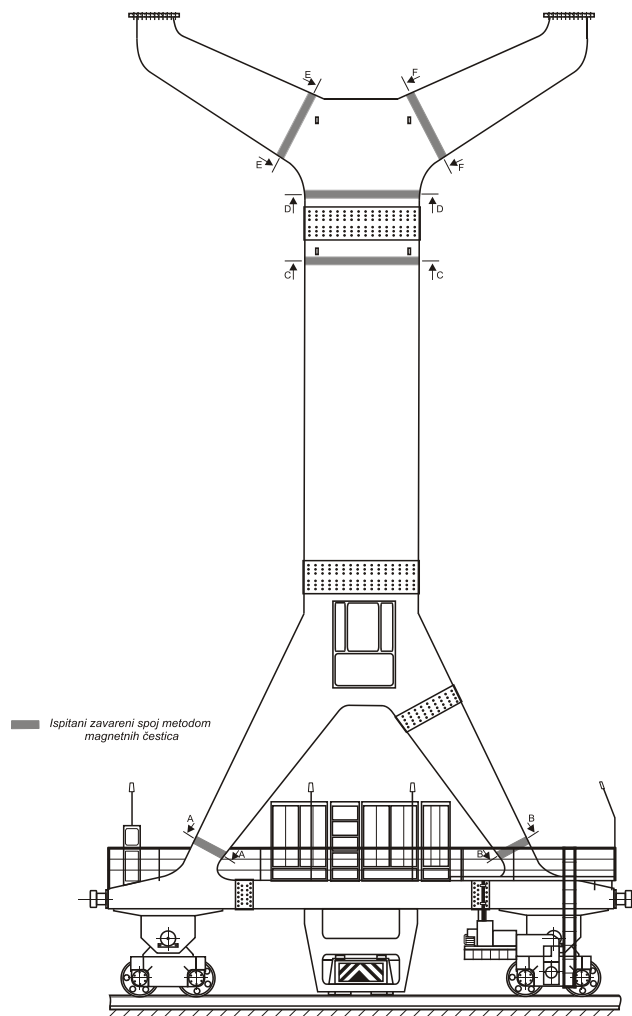
Slika 4.1.6.6 Kabina rukovaoca





Slika 4.1.6.7 Stanje vijčanih veza “e , f” i poklopaca “g”

Zapažanja proistekla iz vizuelne kontrole stanja spoljašnosti i unutrašnjosti noseće konstrukcije krutih nogu rečne i portalne dizalice definišu potrebne radove na sanaciji istih. Zaključuje se da je neophodno očistiti, odmastiti i izvršiti AKZ zaštitu iznutra svih površina u zoni stepeništa, jer je njihovo sadašnje stanje nezadovoljavajuće. Potrebno je takođe izvršiti uklanjanje vode, čišćenje i AKZ zaštitu iznutra svih površina u zoni iznad postavljenog betonskog kontratega. Za produžavanje eksploatacionog veka čelične konstrukcije krutih nogu portalnih dizalica veoma je važno trajno eliminisati zadržavanje vode na sedlu noge. Način rešavanja ovog problema treba da definiše izvođač radova prema kriterijumu minimalnih troškova. U skladu sa obimom radova na modernizaciji portalnih dizalica potrebno je izvršiti i spoljašnju AKZ zaštitu nosećih konstrukcija krutih nogu. Na osnovu vizuelne kontrole vijčanih spojeva delova nosećih čeličnih konstrukcija krutih nogu portalnih dizalica, zaključuje se da je neophodno izvršiti čišćenje veza “b”, “c”, “d”, “e”, i “f” sa obe strane, kao i njihovu AKZ zaštitu. Kod vijčanih veza “b”, “c”, i “d”, potrebno je izvršiti zaptivanje, i to na način da se oko veznih ploča izvede spoljašnji zaptivni zavareni spoj, čime se sprečava dalje prodiranje vode i vazduha u unutrašnjost nogu, čime se pospešuje povećanje korozije čelične konstrukcije. Kod vijčanih veza “e”, i “f” potrebno je izvesti spoljašnji noseći zavareni spoj oko cele konture veze, koji će istovremeno imati i funkciju zaptivnog spoja. Vizuelnom kontrolom poklopaca na nosećim konstrukcijama krutih nogu portalnih dizalica ustanovljeno je da je neophodno ukloniti polomljene vijke na poklopcima “g”, a zatim izvršiti rekonstrukciju vijčane veze poklopaca na mestima “g”, na način da se umesto veze sa 4 vijka uvede veza sa 8 vijaka. Potrebno je izvršiti zaptivanje navedenih poklopaca gumom. Zavareni spojevi delova noseće čelične konstrukcije krutih nogu portalnih kranova kontrolisani su vizuelnom metodom. Iako nisu uočene nepravilnosti, uzimajući u obzir činjenicu da se radi o veoma odgovornim vezama na čeličnoj konstrukciji dizalica, izvršeno je ispitivanje magnetnim česticama zavarenih spojeva delova konstrukcije krutih nogu portalnih dizalica. Ispitivana mesta na konstrukcijama krutih nogu rečne i portalne dizalice prikazana su na slici 4.1.6.8.

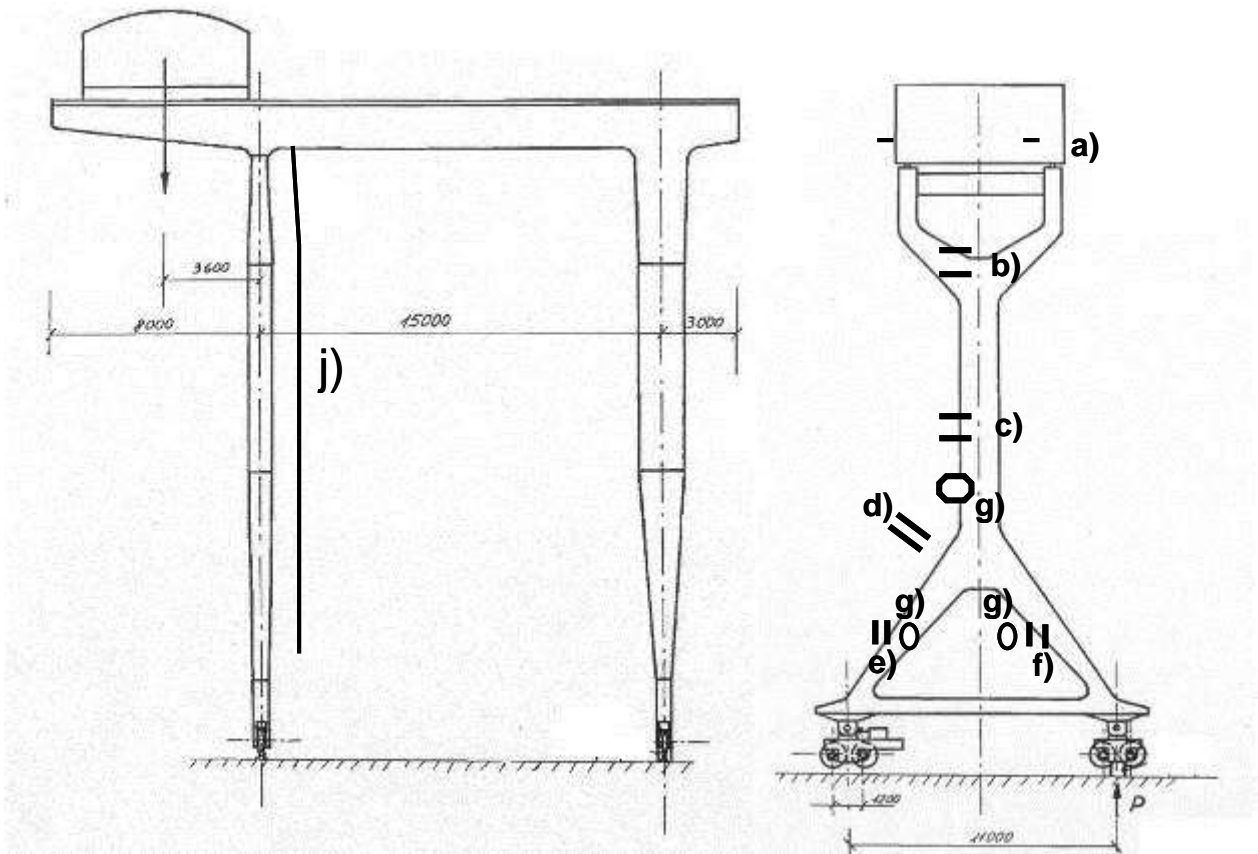


Slika 4.1.6.8 Mesta ispitivanja zavarenih spojeva krute noge portalnih dizalica

Rezultati ispitivanja zavarenih spojeva magnetnim česticama potvrdile su nalaze vizuelne kontrole da u ispitanim zavarenim spojevima nema grešaka. Vizuelnom kontrolom kabine rukovaoca utvrđeno je da je stanje kabina na obe dizalice veoma loše, i da je prilikom radova na modernizaciji portalnih dizalica potrebno izvršiti njihovu demontažu, izradu (nabavku) novih kabina, i njihovu ugradnju na mestima starih kabina. Vizuelnom kontrolom gazišta sa ogradom predviđenih za pristup elementima krutih nogu prilikom servisiranja, definiše se potreba za demontažom postojećih gazišta i ograda, i izradom i ugradnjom novih gazišta sa ogradom.

4.1.7. Zglobna noga

Zglobne noge rečne i obalne portalne dizalice izvedene su kao zavarene konstrukcije od čeličnih limova kvaliteta S355. Unutrašnjost čeličnih konstrukcija zglobnih nogu sastoji se od velikog broja zavarenih ukrućenja – rebara, kojima se skraćuju velike dužine izvijanja, i na taj način sprečava bočno izvijanje limova. Takođe, u zglobnoj nozi na mestu veze sa glavnim nosačem nalazi se sferno ležište. Shematski prikaz zglobne noge portalne dizalice prikazan je na slici 4.1.7.1, na kojoj su označena karakteristična mesta (spojevi) kojima je posvećena posebna pažnja prilikom analize stanja konstrukcije.



Slika 4.1.7.1 Shematski prikaz zglobne noge portalnih dizalica

Rečna



Obalna



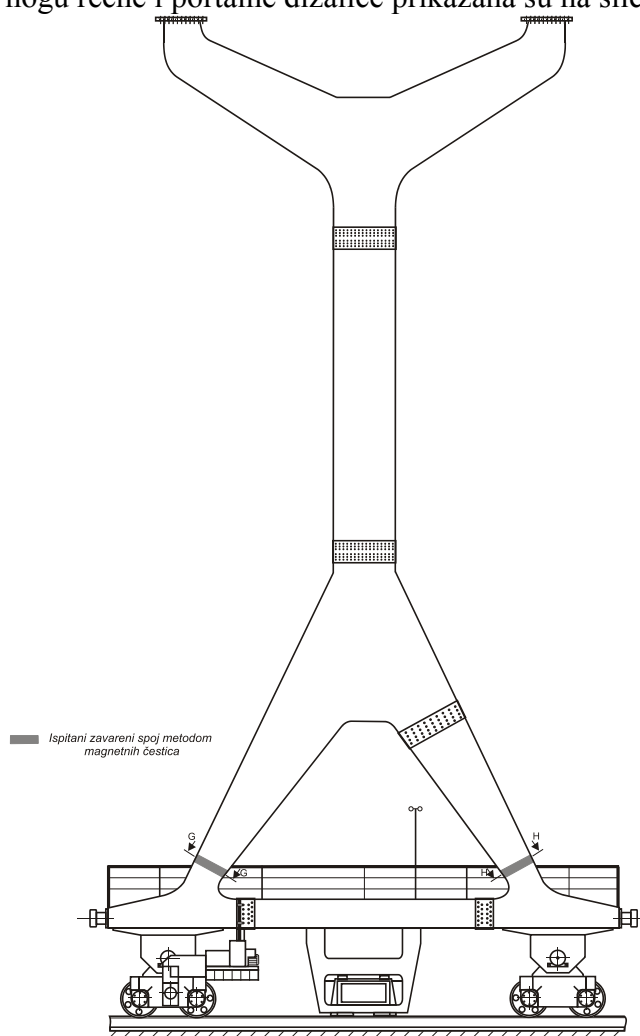
Slika 4.1.7.2 Stanje konstrukcije zglobnih nogu rečne i obalne portalne dizalice

U cilju utvrđivanja stanja čelične konstrukcije zglobnih nogu portalnih dizalica, najpre je sprovedena vizuelna kontrola stanja spoljašnosti i unutrašnjosti konstrukcije nogu, kao i stanja njihovih veza. Na slici 4.7.7.2 prikazano je spoljašnje stanje karakterističnih elemenata konstrukcije zglobnih nogu rečne i obalne dizalice respektivno. Zapažanja proistekla iz vizuelne kontrole stanja spoljašnosti nosećih konstrukcija zglobnih nogu rečne i portalne dizalice definišu potrebne radove na sanaciji istih. U skladu sa obimom radova na modernizaciji portalnih dizalica potrebno je izvršiti i spoljašnju AKZ zaštitu nosećih konstrukcija zglobnih nogu.

Na osnovu vizuelne kontrole vijčanih spojeva delova nosećih čeličnih konstrukcija zglobnih nogu portalnih dizalica, zaključuje se da je neophodno izvršiti čišćenje veza "b", "c", "d", "e", i "f" sa obe strane, kao i njihovu AKZ zaštitu. Kod vijčanih veza "b", "c", i "d", potrebno je izvršiti zaptivanje, i to na način da se oko veznih ploča izvede spoljašnji zaptivni zavareni spoj, čime se sprečava dalje

prodiranje vode i vazduha u unutrašnjost nogu, čime se pospešuje povećanje korozije čelične konstrukcije. Kod vijčanih veza “e”, i “f” potrebno je izvesti spoljašnji noseći zavareni spoj oko cele konture veze, koji će istovremeno imati i funkciju zaptivnog spoja.

Vizuelnom kontrolom poklopaca na nosećim konstrukcijama zglobnih nogu portalnih dizalica ustanovljeno je da je neophodno ukloniti polomljene vijke na poklopcima “g”, a zatim izvršiti rekonstrukciju vijčane veze poklopaca na mestima “g”, na način da se umesto veze sa 4 vijka uvede veza sa 8 vijaka. Potrebno je izvršiti zaptivanje navedenih poklopaca gumom. Zavareni spojevi delova noseće čelične konstrukcije zglobnih nogu portalnih kranova kontrolisani su vizuelnom metodom. Iako nisu uočene nepravilnosti, uzimajući u obzir činjenicu da se radi o veoma odgovornim vezama na čeličnoj konstrukciji dizalica, izvršeno je ispitivanje magnetnim česticama zavarenih spojeva delova konstrukcije krutih nogu portanih dizalica. Ispitivana mesta na konstrukcijama zglobnih nogu rečne i portalne dizalice prikazana su na slici 4.1.7.3.



Slika 4.1.7.3 Mesta ispitivanja zavarenih spojeva zglobnih nogu

Rezultati ispitivanja zavarenih spojeva magnetnim česticama potvrdile su nalaze vizuelne kontrole da u ispitanim zavarenim spojevima nema grešaka. Vizuelnom kontrolom noseće konstrukcije zglobne noge utvrđena su oštećenja na spoljašnjoj nizvodnoj strani, koja su nastala usled udaranja donje koturače i tereta. Potrebno je zaštititi ovu površinu radi sprečavanja njenog daljeg oštećenja. Zaštitu izvesti na sledeći način:

- nije potrebno ispravljati deformisan lim,
- izvršiti AKZ zaštitu zglobne noge, i zaštititi spoljašnju nizvodnu stranu zglobne noge sa lakom podkonstrukcijom od fiberglas gazišta.

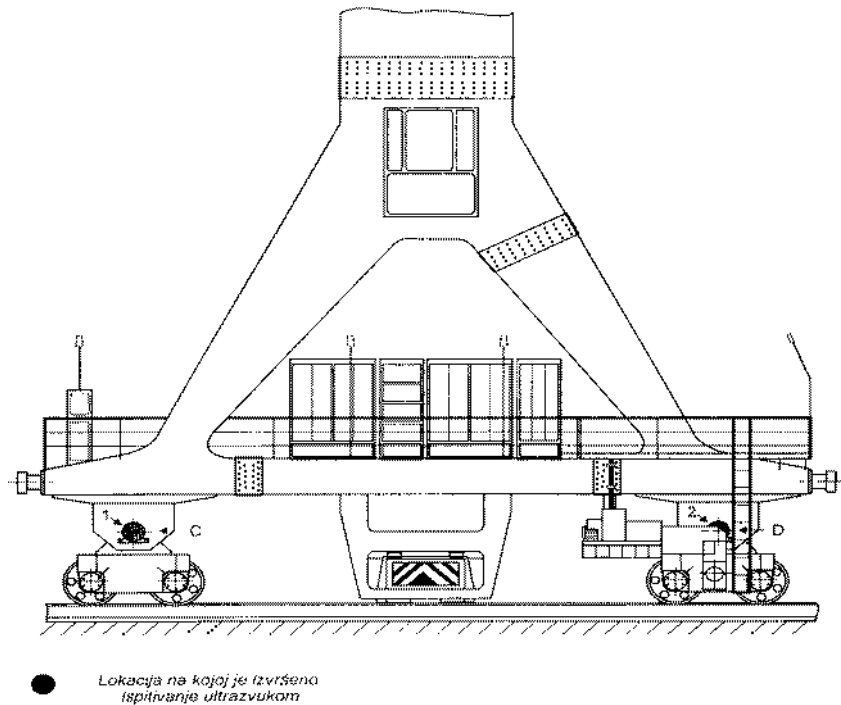
4.1.8. Veze konstrukcije nogu dizalice sa konstrukcijom mehanizama za vožnju dizalice

Veza konstrukcije nogu portalne dizalice sa konstrukcijom mehanizama za vožnju dizalica sastoji se od osovina koja se oslanja u uškama nogu dizalica, i donjim uškama mehanizma za vožnju dizalice. Ovaj podsklop izdvojen je kao posebna celina portalne dizalice, jer su vizuelnom kontrolom uočene ozbiljne nepravilnosti u njegovom funkcionisanju, što je kasnije potvrđeno i eksperimentalnim metodama istraživanja: merenjem naponskog stanja kritičnih preseka, ultrazvučnim ispitivanjem osovina, i na kraju sprovođenje proračuna numeričkom metodom konačnih elemenata. Na slici 4.1.8.1 prikazani su rezultati vizuelne kontrole stanja ovog podsklopa.



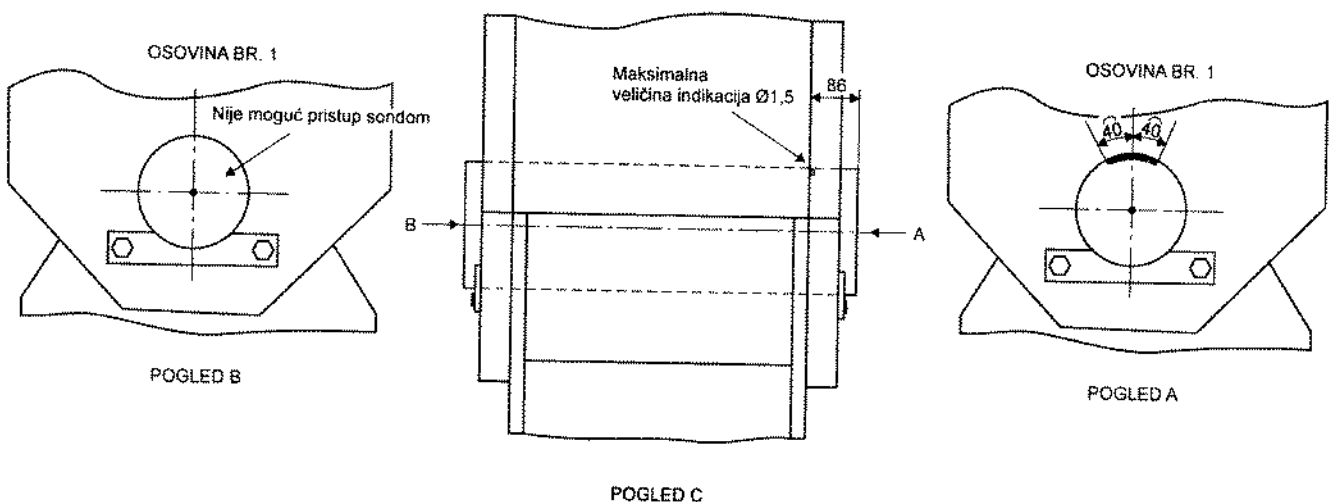
Slika 4.1.8.1 Stanje konstrukcije sklopa veze nogu portala i konstrukcije mehanizama vožnje dizalica

Vizuelnom kontrolom ustanovljeno je da su veze noseće konstrukcije nogu dizalice sa nosećom konstrukcijom mehanizama za vožnju i na rečnoj i na obalnoj dizalici u lošem stanju, pa je radi dijagnostike stvarnog stanja, i definisanja potrebnih radova na sanaciji ovog podsklopa sproveden analitički proračun osovina i uški, kao i proračun elemenata podsklopa numeričkom metodom konačnih elemenata. Nakon sprovedene vizuelne kontrole, kao i sprovođenja proračuna analitičkim i numeričkim metodama, sprovedeno je ispitivanje bez razaranja – ultrazvučno ispitivanje osovina $\varnothing 220 \times 740$ mm u montiranom stanju sa dostupnih površina.

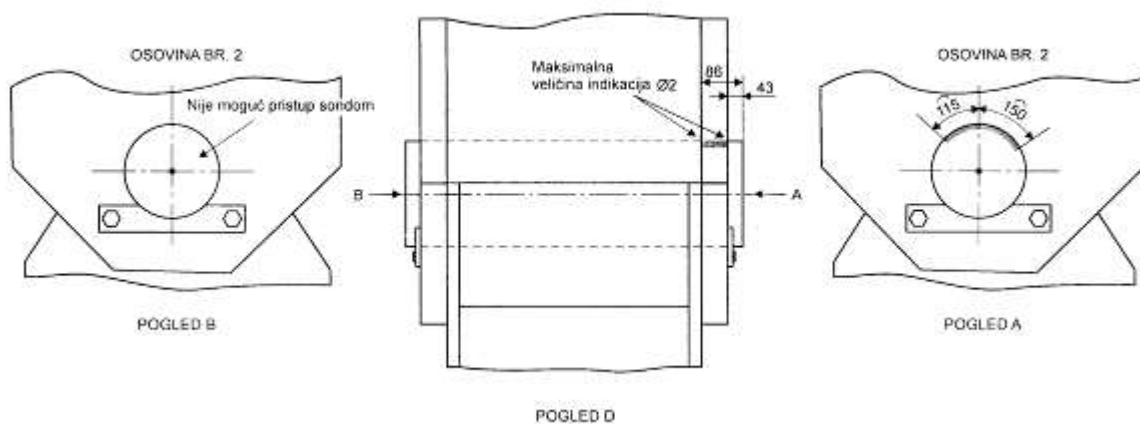


Slika 4.1.8.2 Lokacije ultrazvučnog ispitivanja osovina mehanizama za kretanje krute noge obalne portalne dizalice

Na slici 4.1.8.2 prikazana su merna mesta na krutoj nozi obalne portalne dizalice, a na slikama 4.1.8.3 i 4.1.8.4 prikazani su rezultati merenja na osovina 1 i 2.

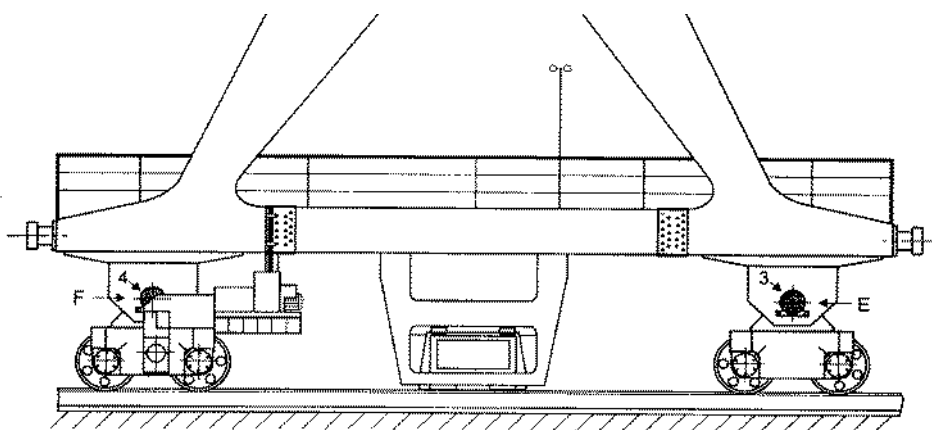


Slika 4.1.8.3 Rezultati merenja na osovini 1



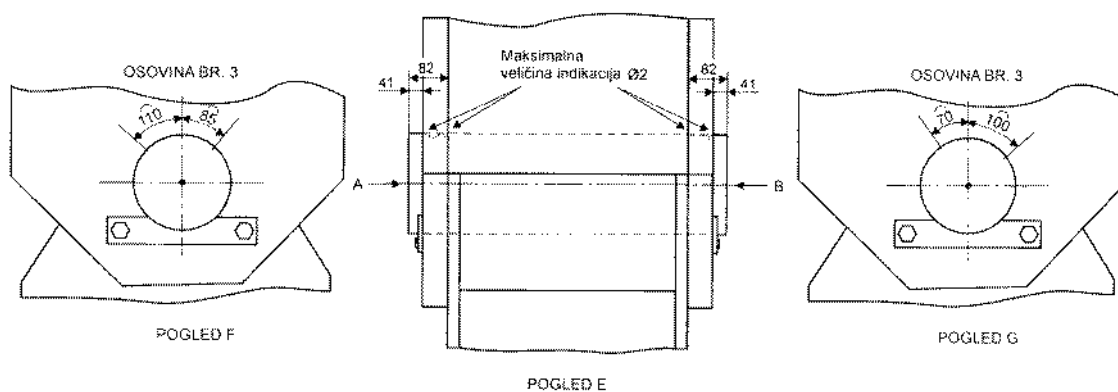
Slika 4.1.8.4 Rezultati merenja na osovini 2

Na slici 4.1.8.5 prikazana su merna mesta na zglobojnoj nozi obalne portalne dizalice, a na slikama 4.1.8.6 i 4.1.8.7 prikazani su rezultati merenja na osovina 3 i 4.

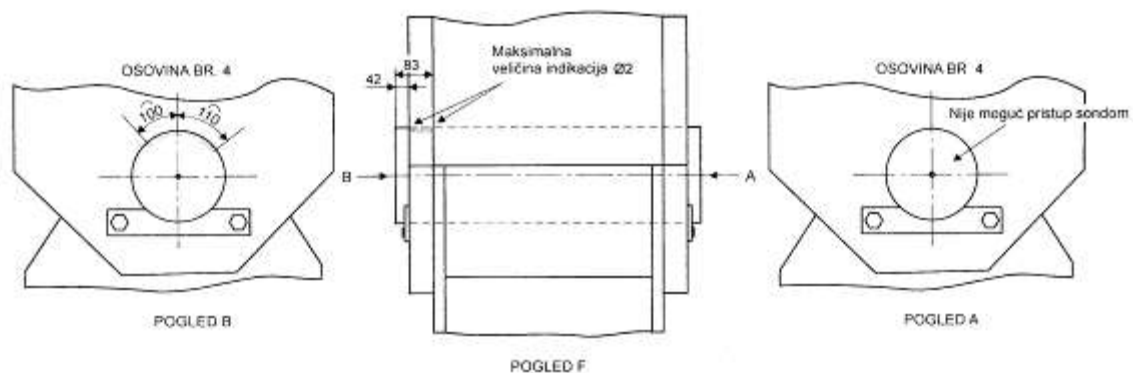


● Lokacija na kojoj je izvršeno ispitivanje ultrazvukom

Slika 4.1.8.5 Lokacije ultrazvučnog ispitivanja osovina mehanizama za kretanje zglobojne noge obalne dizalice

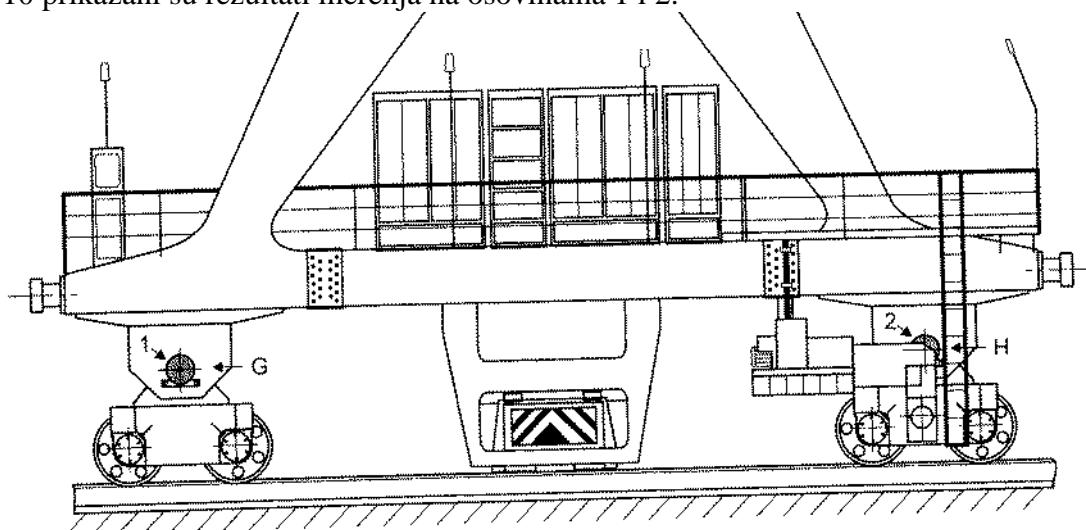


Slika 4.1.8.6 Rezultati merenja na osovini 3



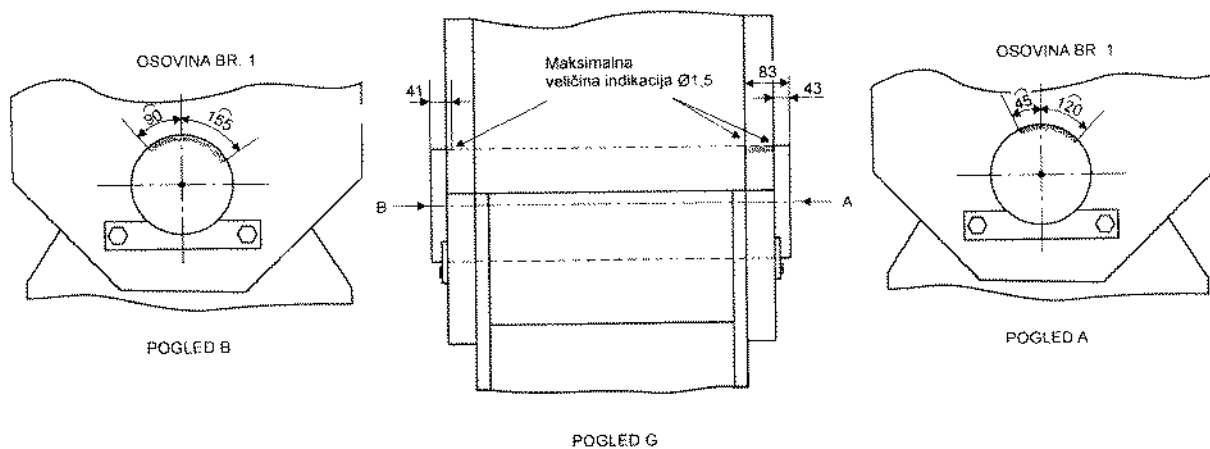
Slika 4.1.8.7 Rezultati merenja na osovini 4

Na slici 4.1.8.8 prikazana su merna mesta na krutoj nozi rečne portalne dizalice, a na slikama 4.1.8.9 i 4.1.8.10 prikazani su rezultati merenja na osovina 1 i 2.

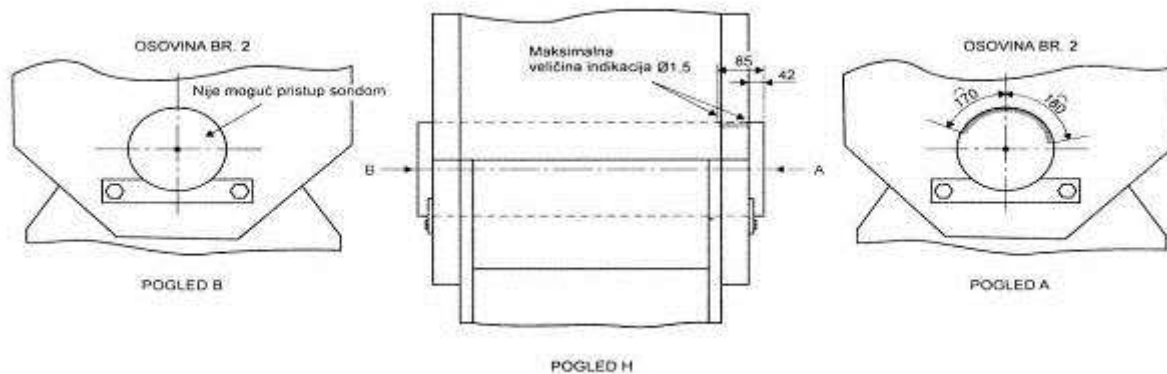


● Lokacija na kojoj je izvršeno ispitivanje ultrazvukom

Slika 4.1.8.8 Lokacije ultrazvučnog ispitivanja osovina mehanizama za kretanje krute noge rečne portalne dizalice

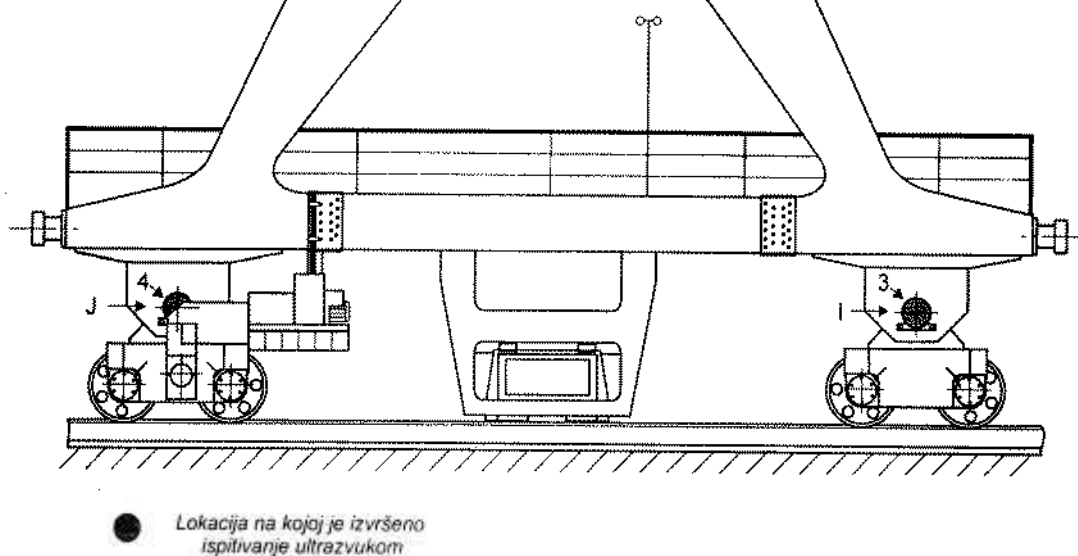


Slika 4.1.8.9 Rezultati merenja na osovini 1

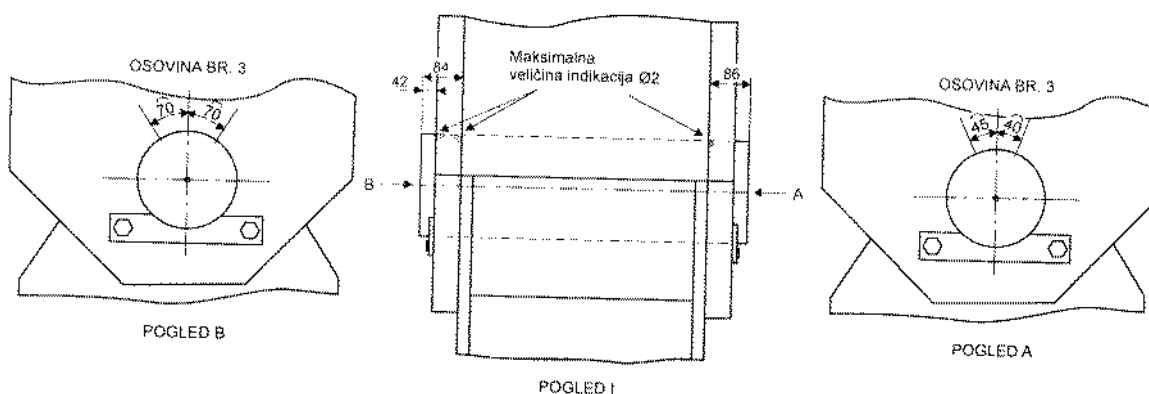


Slika 4.1.8.10 Rezultati merenja na osovini 2

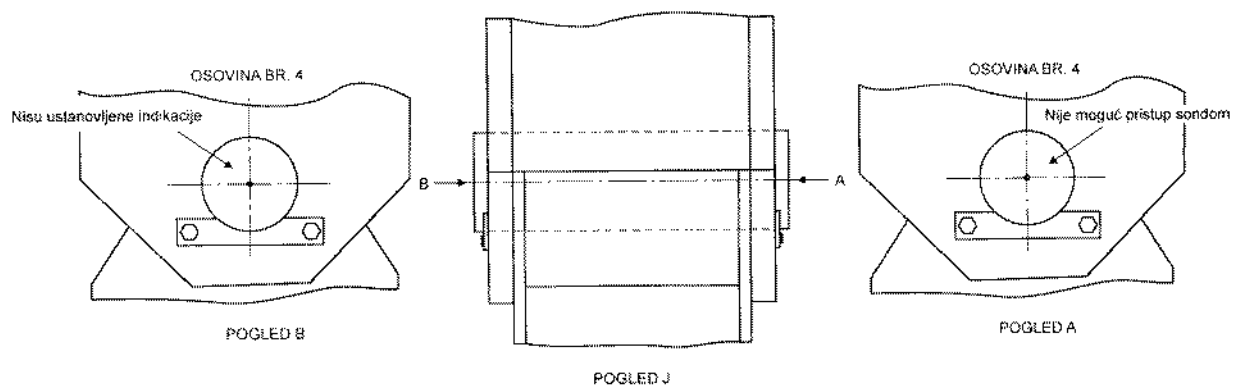
Na slici 4.1.8.11 prikazana su merna mesta na zgubnoj nozi rečne portalne dizalice, a na slikama 4.8.8.12 i 4.1.8.13 prikazani su rezultati merenja na osovinama 3 i 4.



Slika 4.8.8.11 Lokacije ultrazvučnog ispitivanja osovina mehanizama za kretanje zgubne noge rečne dizalice



Slika 4.1.8.12 Rezultati merenja na osovini 3



Slika 4.1.8.13 Rezultati merenja na osovini 4

Ultrazvučnim ispitivanjem osovina sa dostupnih čeonih površina, na svim osovinama izuzev na osovini br. 4 na rečnoj dizalici, ustanovljeni su nedozvoljeni efekti linijskog karaktera. Defekti su prisutni na dubini oko 40 mm i oko 80 mm, mereno od čeonih površina. Dužina nedozvoljenih efekata je od 80 – 350 mm, a veličina od $\varnothing 1,2$ - $\varnothing 2$ mm. Defekti su prisutni na obodnom delu osovina i prostiru se od spoljašnje cilindrične površine ka središtu.

Rezultati vizuelnog ispitivanja veze nosećih konstrukcija nogu i nosećih konstrukcija mehanizama za kretanje portalnih dizalica, rezultati analitičkog i numeričkog proračuna, kao i rezultati ultrazvučnog ispitivanja osovina ovih veza, ukazuju da je potrebno izvršiti rekonstrukciju sve četiri veze na rečnoj i obalnoj portalnoj dizalici. Navedeni zaključak definiše i sve radove potrebne za izvođenje ove sanacije.

Rekonstrukcija veze podrazumeva sledeće:

- izbacivanje osovinice iz ležišta veze,
- izrada novih osovina istih dimenzija i materijala kao postojeće,
- povećanje prečnika otvora uški nogu dizalice na licu mesta za ugradnju nove čaure,
- izrada nove čaure od termički otvrdnutog čelika,
- ugradnja nove čaure u prošireni otvor uški nogu dizalice pothlađivanjem čaure,
- usecanje žljeba donje uške mehanizma za vožnju dizalica na licu mesta, radi smanjivanja dodirne površine sa osovnicom.

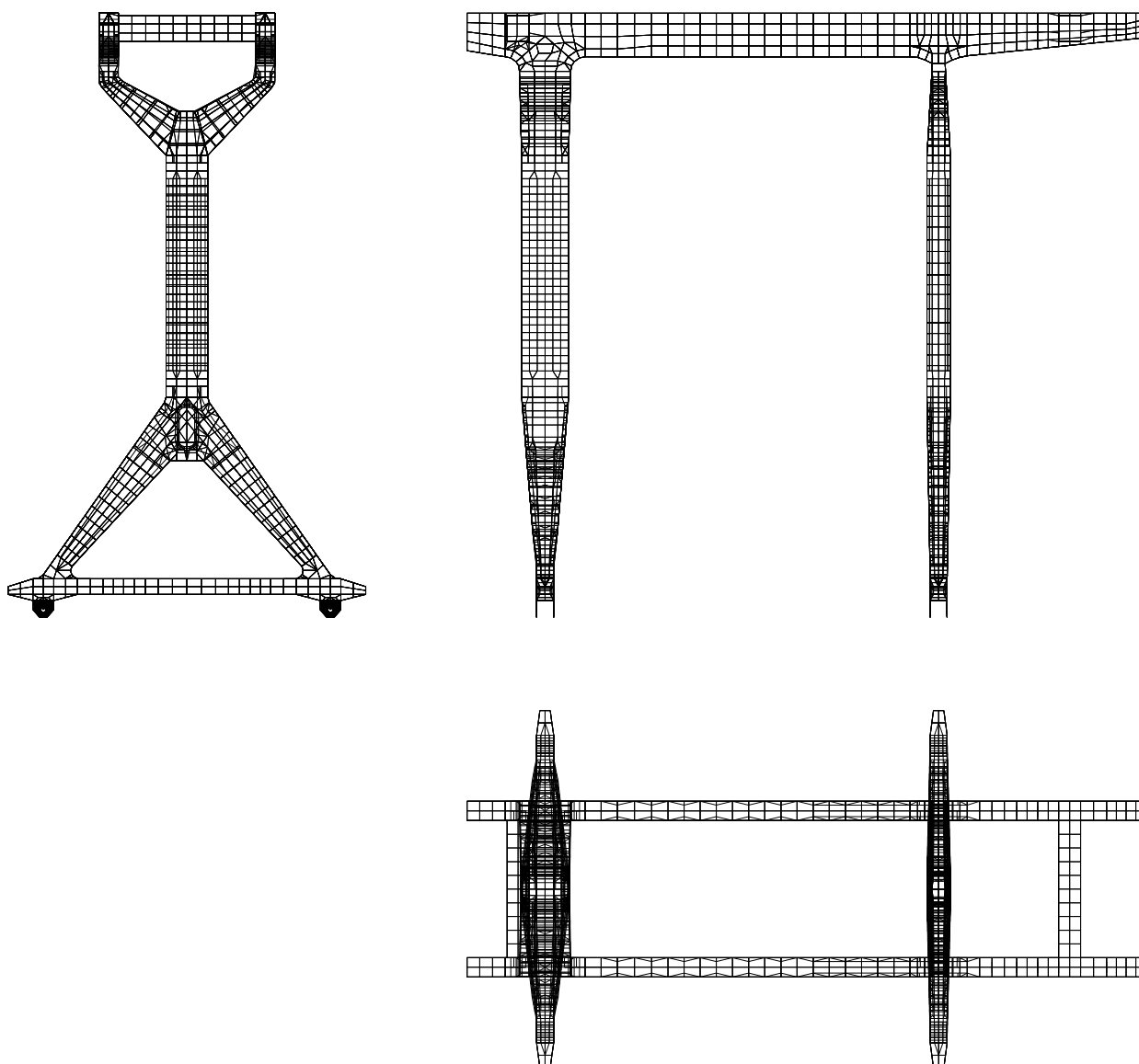
4.1.9. Proračun noseće konstrukcije portalne dizalice metodom konačnih elemenata

Urađen je statički i dinamički proračun nosećih konstrukcija portalnih dizalica korišćenjem softvera KOMIPS (Maneski, 1998). Statički proračun obuhvata tri slučaja opterećenja i to:

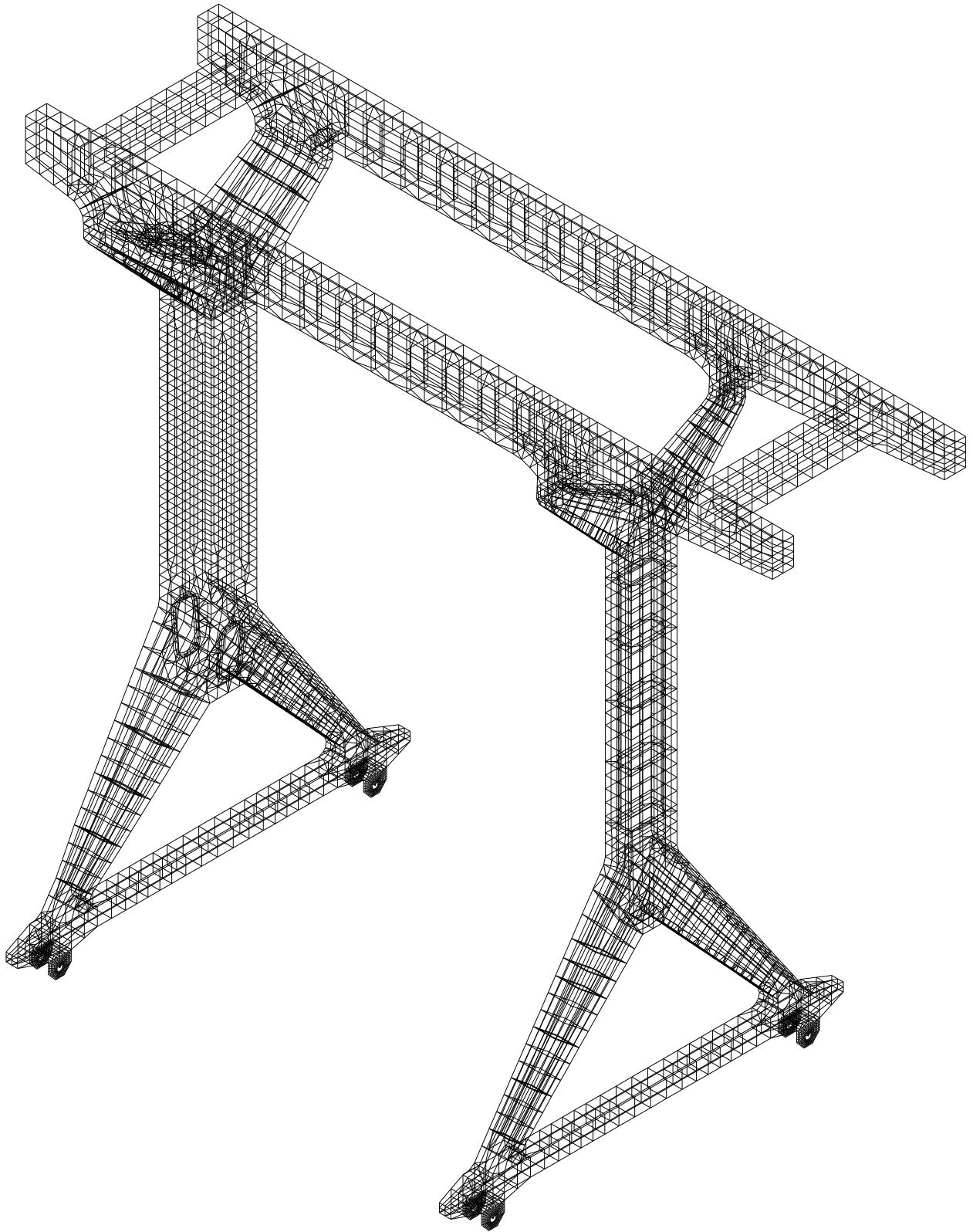
- samo vertikalno koncentrisano opterećenje veličine $4 \times 375 = 1500$ kN,
- horizontalno površinsko opterećenje od vetra veličine 150 kN ($1,5 \text{ kN/m}^2 \times 100\text{m}^2$) u uzvodno-nizvodnom pravcu,
- horizontalno površinsko opterećenje od vetra u iznosu od 150 kN ($1,5 \text{ kN/m}^2 \times 100\text{m}^2$) u obalno-rečnom pravcu.

Dinamički proračun obuhvata određivanje sopstvenih oscilacija i glavnih oblika oscilovanja.

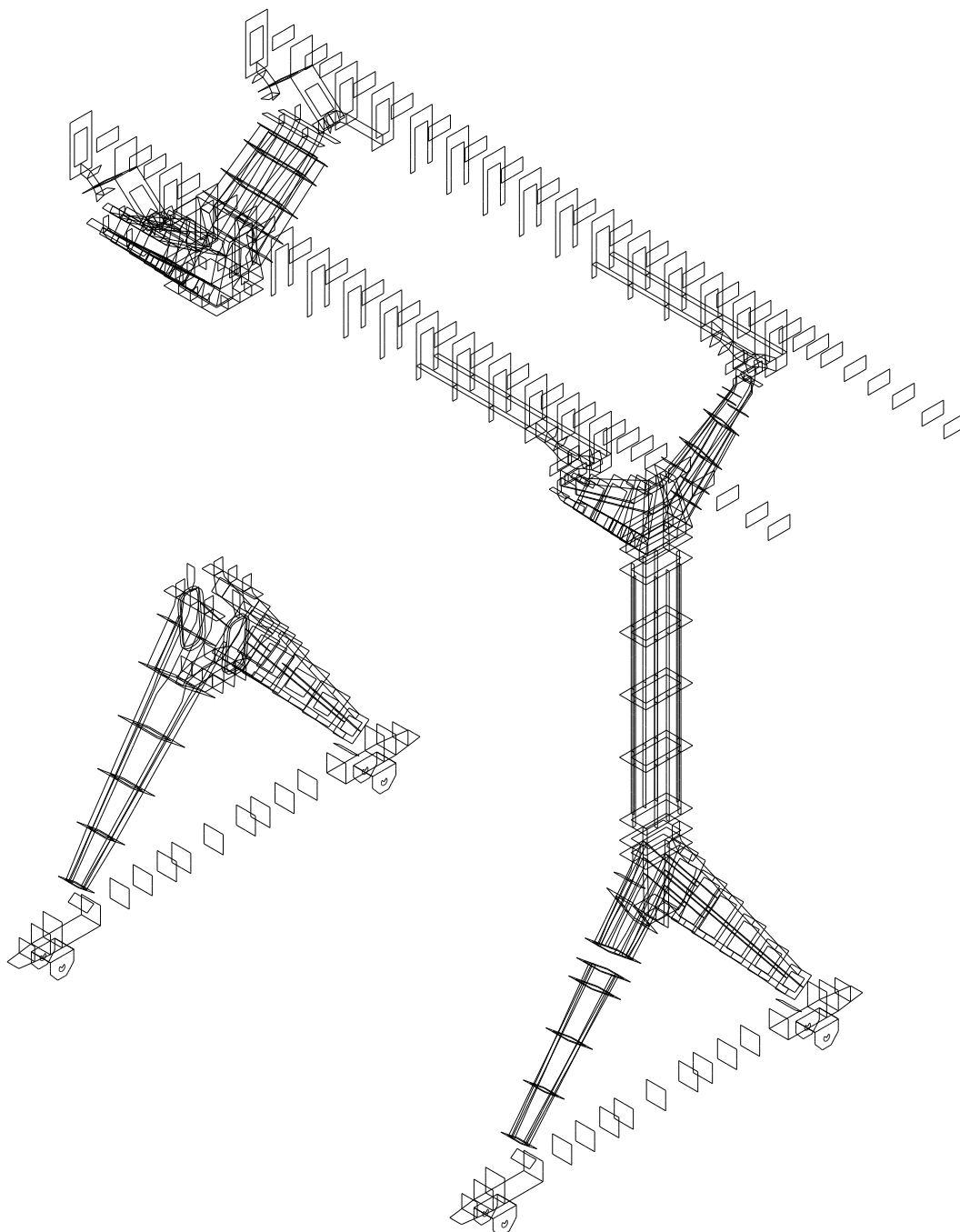
Sledi prikaz računskog modela statičkog i dinamičkog proračuna sa rezultatima proračuna. Računski model se sastoji od 8658 čvornih tačaka, 349 linijskih elemenata, i 9686 elemenata tipa ploča.



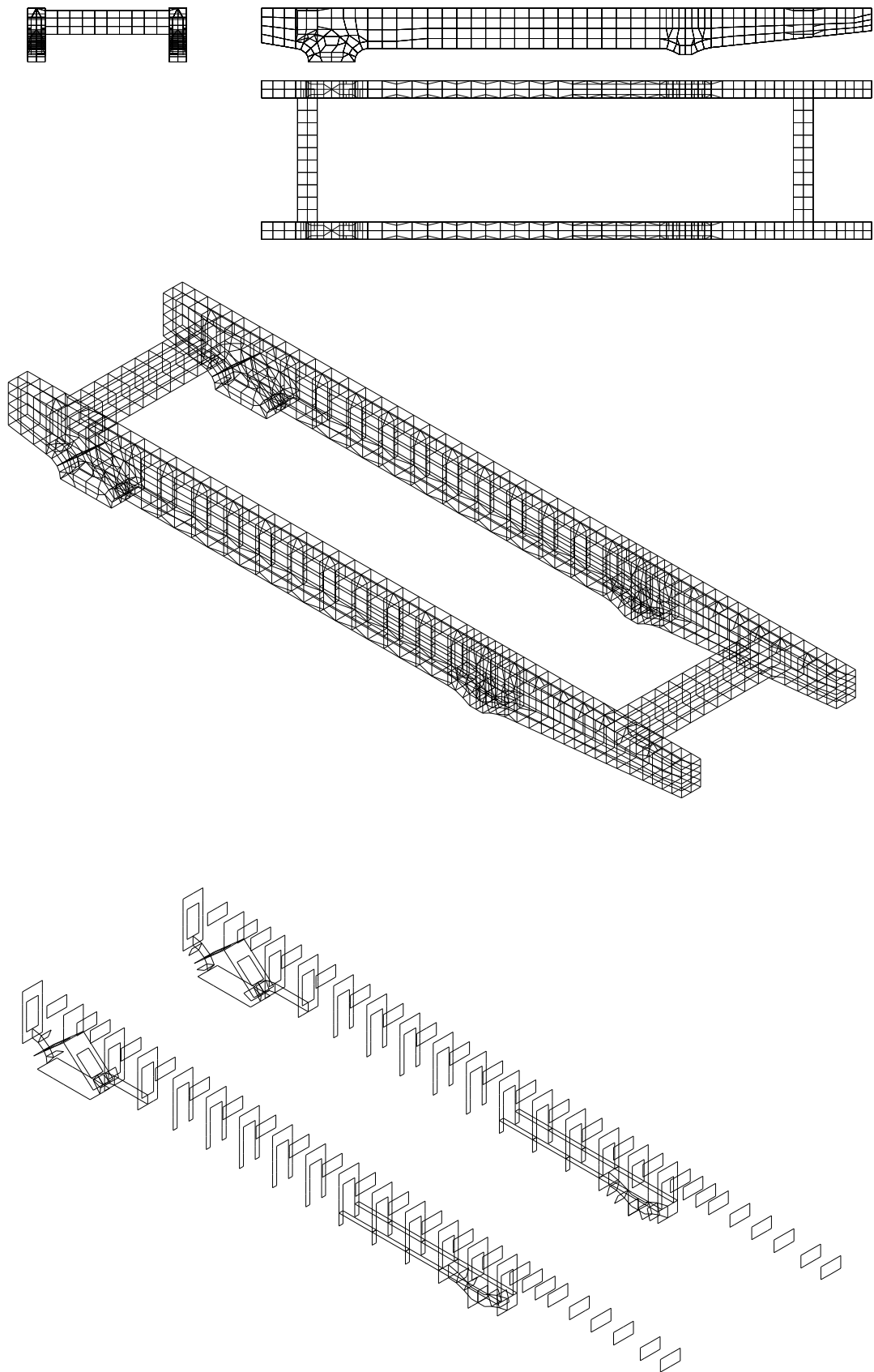
Slika. 4.1.9.1 Geometrija računskog modela u tri projekcije



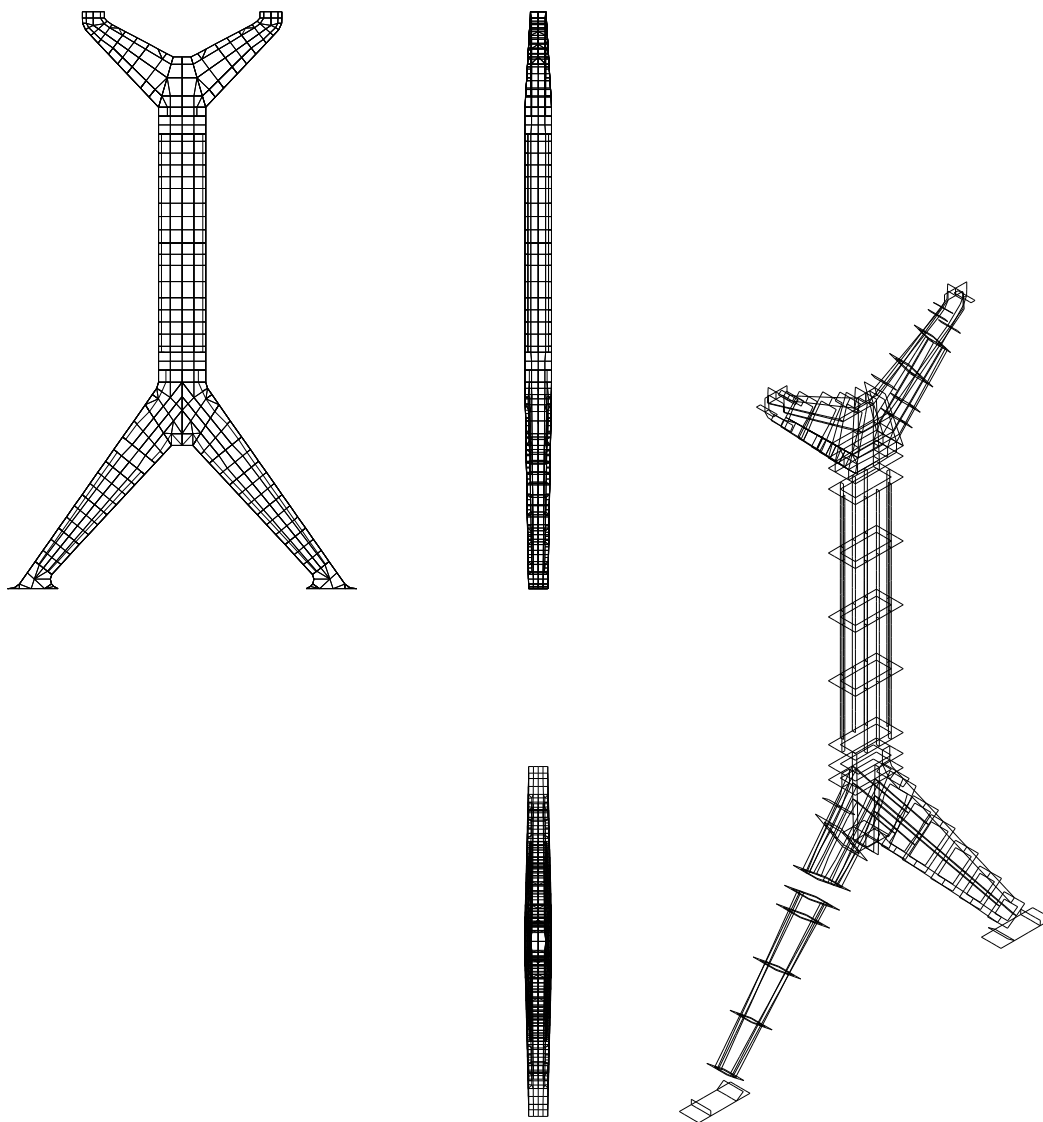
Slika. 4.1.9.2 Geometrija računskog modela u izometriji



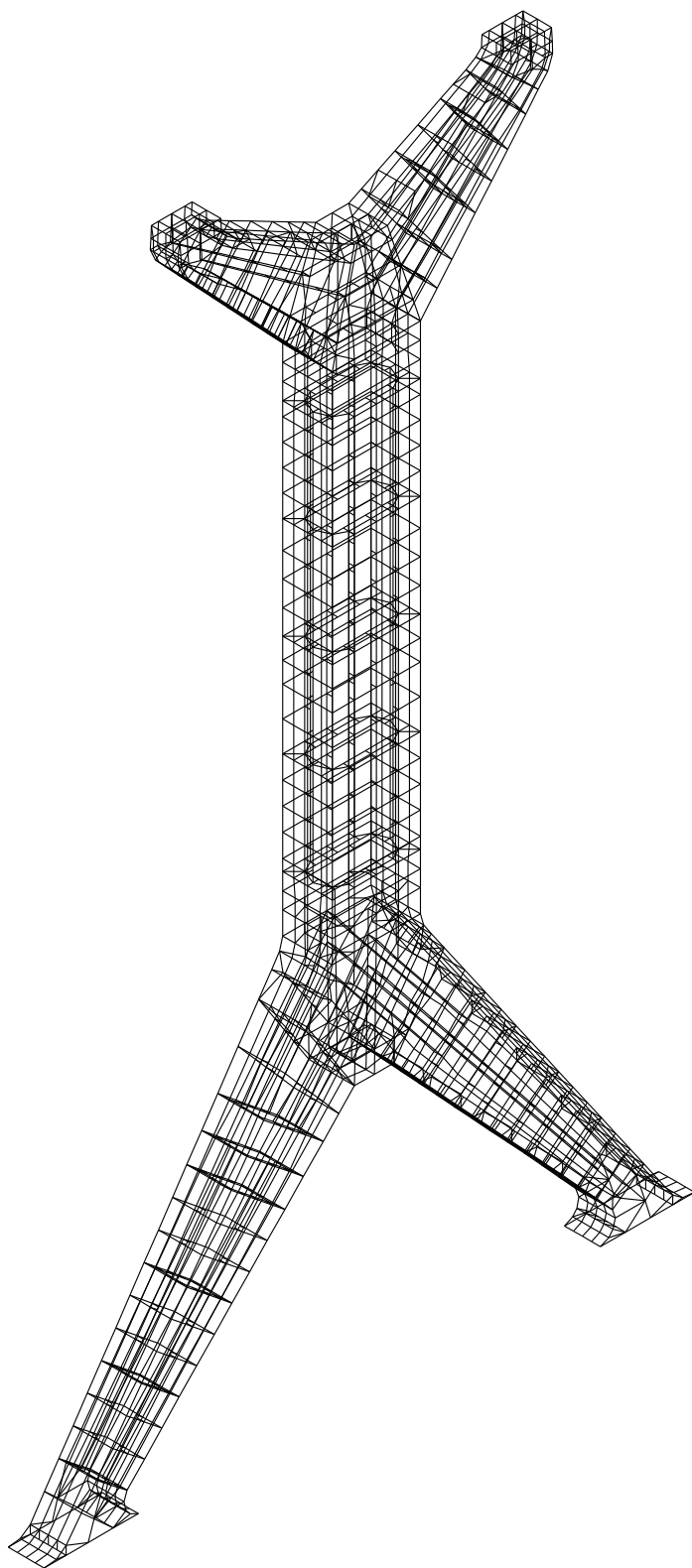
Slika 4.1.9.2a Geometrija rebara u modelu u izometriji



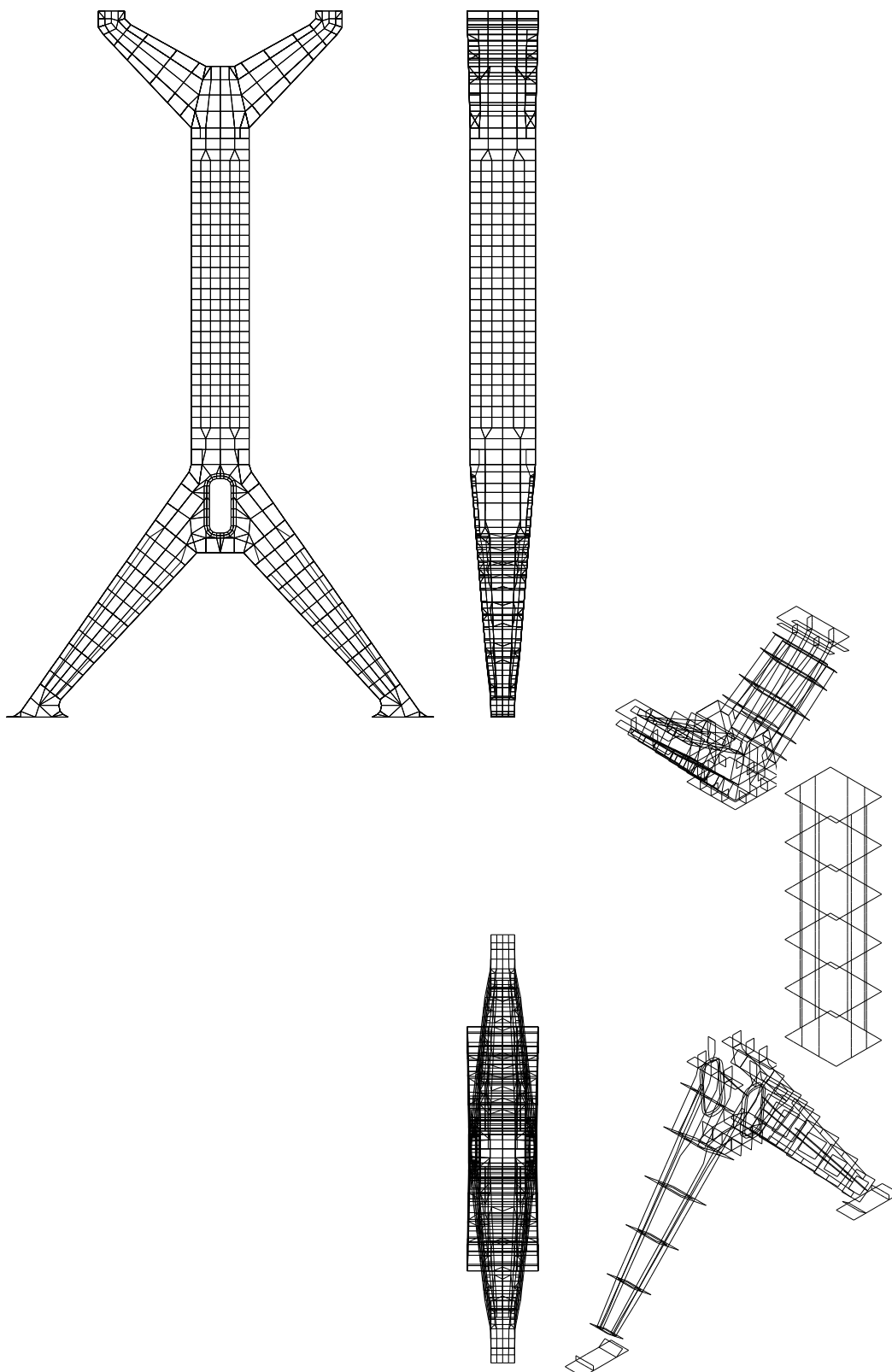
Slika 4.1.9.2b Geometrija glavnih nosača u tri projekcije i izometriji i rebara u izometriji



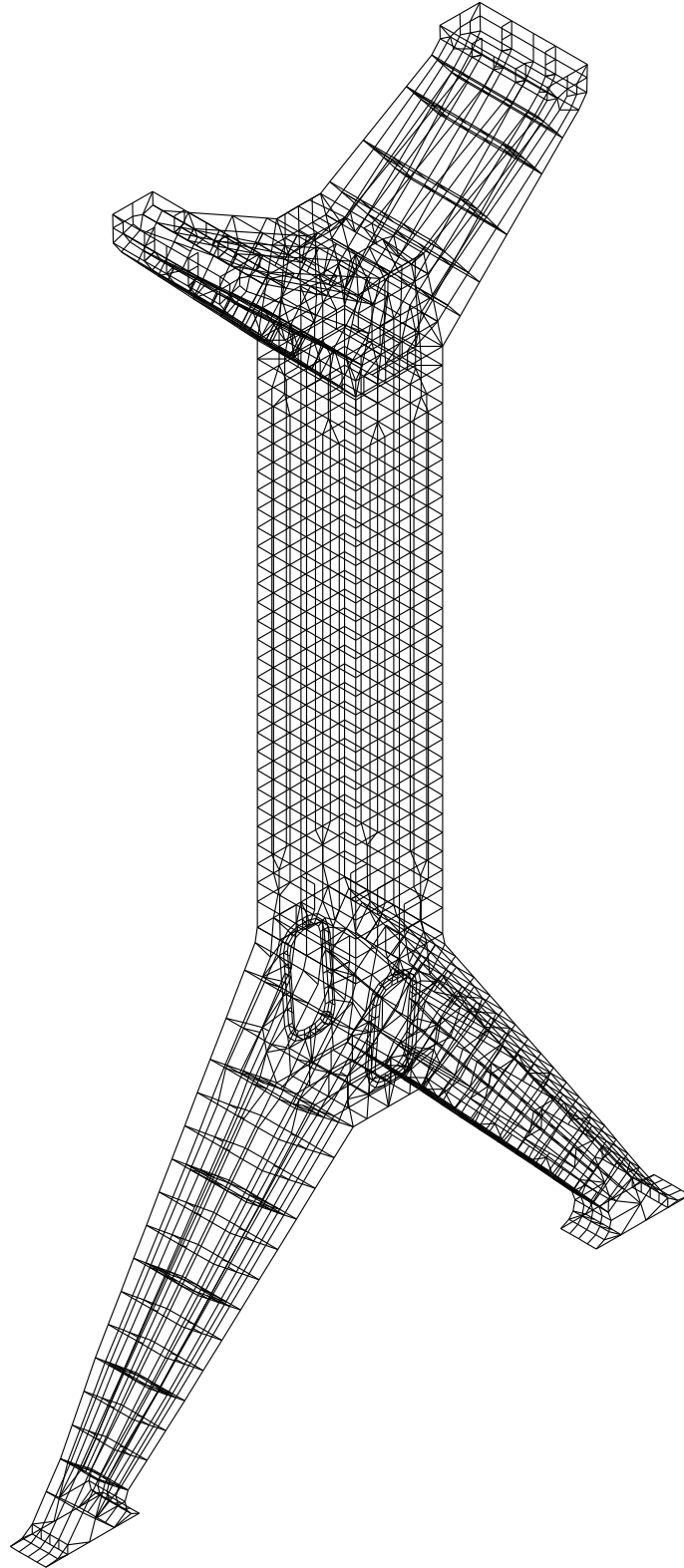
Slika 4.1.9.2c Geometrija zglobne noge u tri projekcije i rebara u izometriji



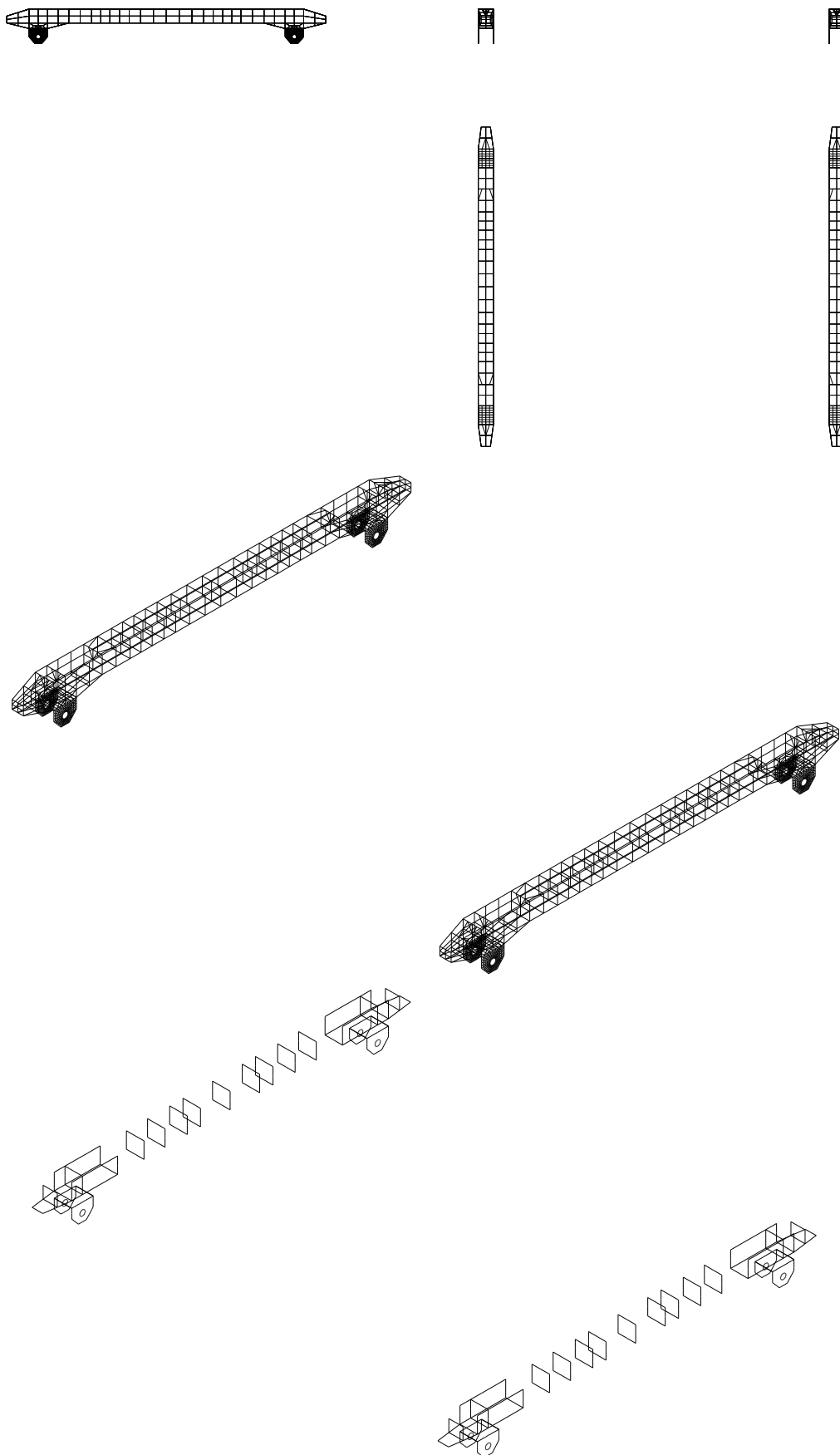
Slika 4.1.9.2d Geometrija zglobne noge u izometriji



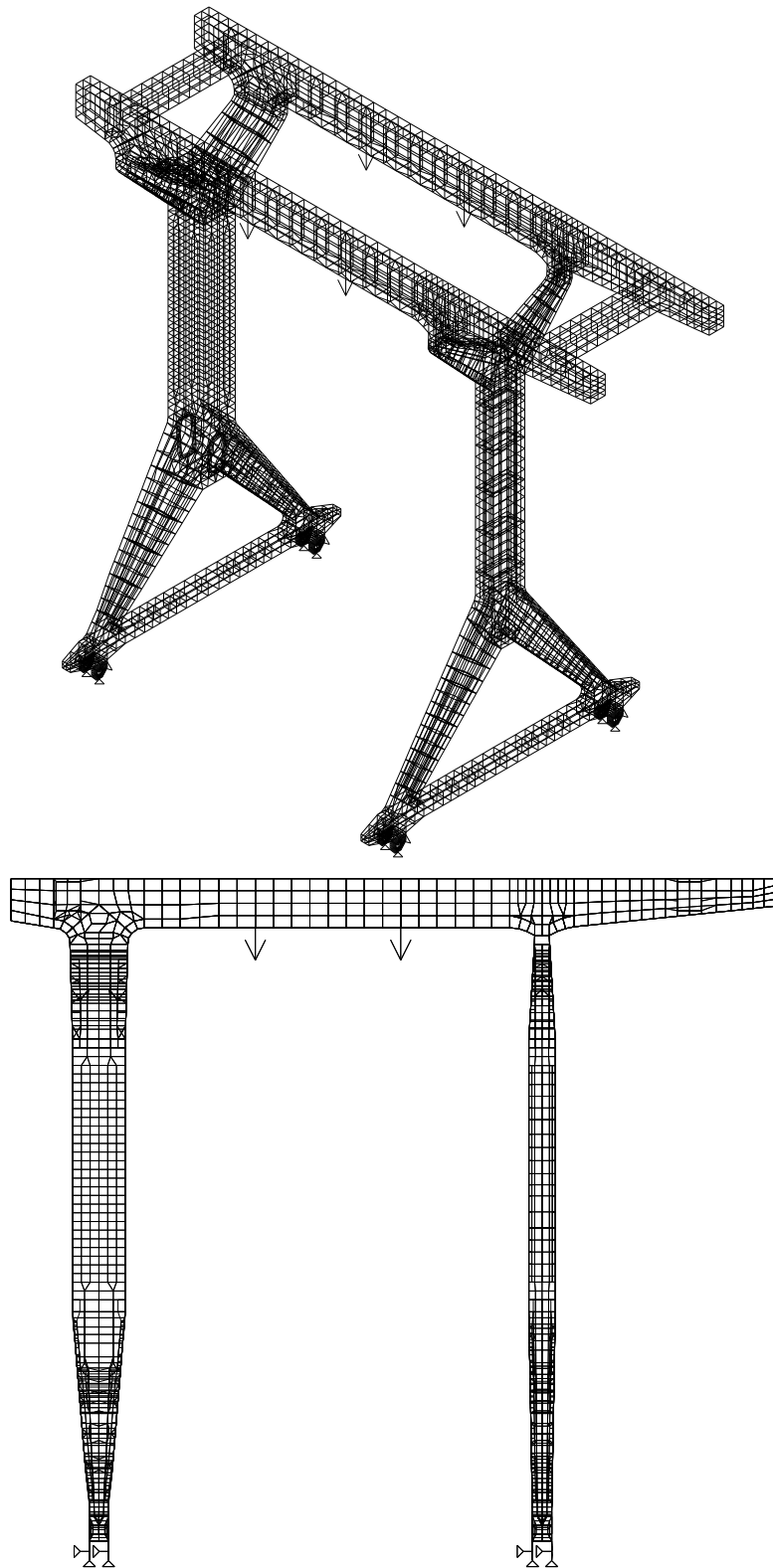
Slika 4.1.9.2e Geometrija krute noge u tri projekcije i rebara u izometriji



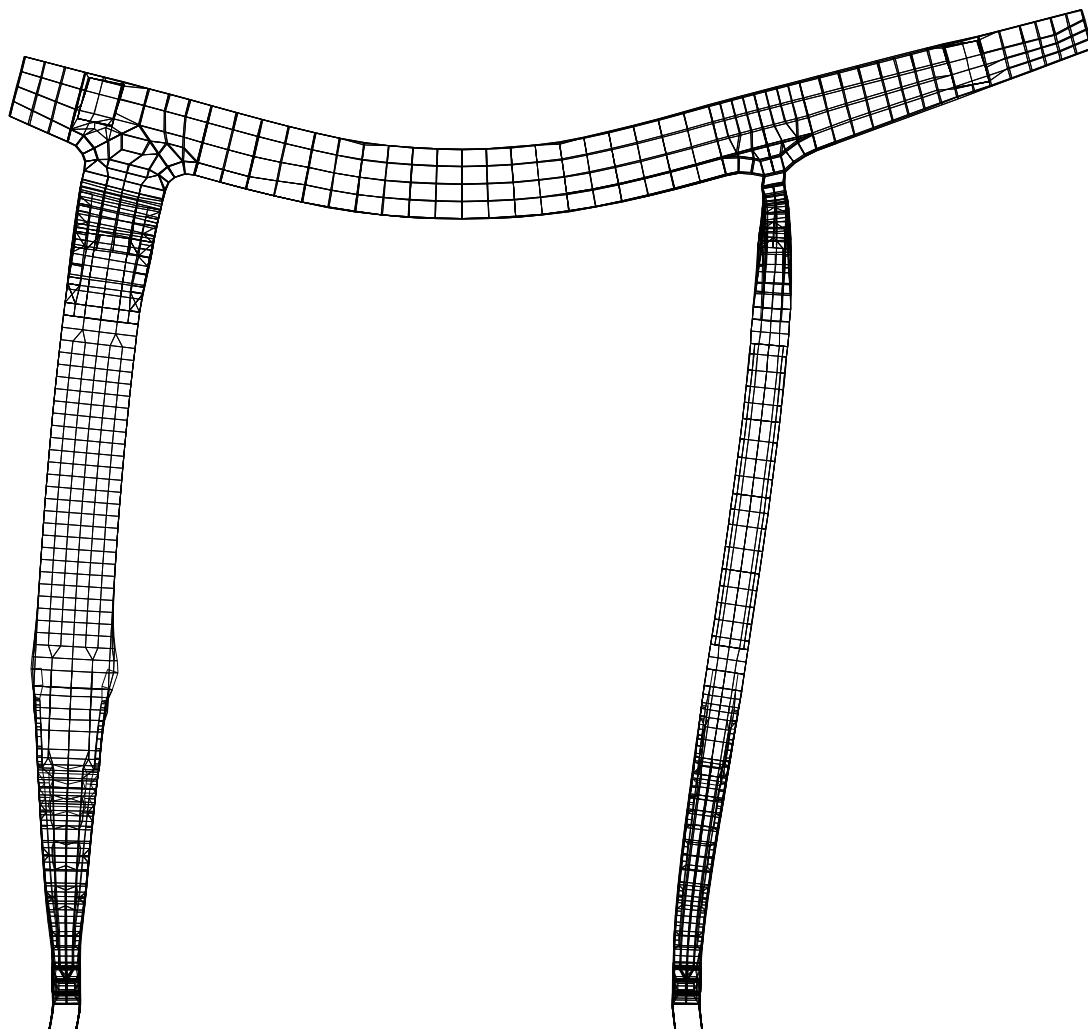
Slika 4.1.9.2f Geometrija krute noge u izometriji



Slika 4.1.9.2g Geometrija rasponki zglobne i krute noge u tri projekcije i izometriji i rebara u izometriji



Slika. 4.1.9.3 Vertikalno koncentrisano opterećenje konstrukcije dizalice veličine 1500 kN



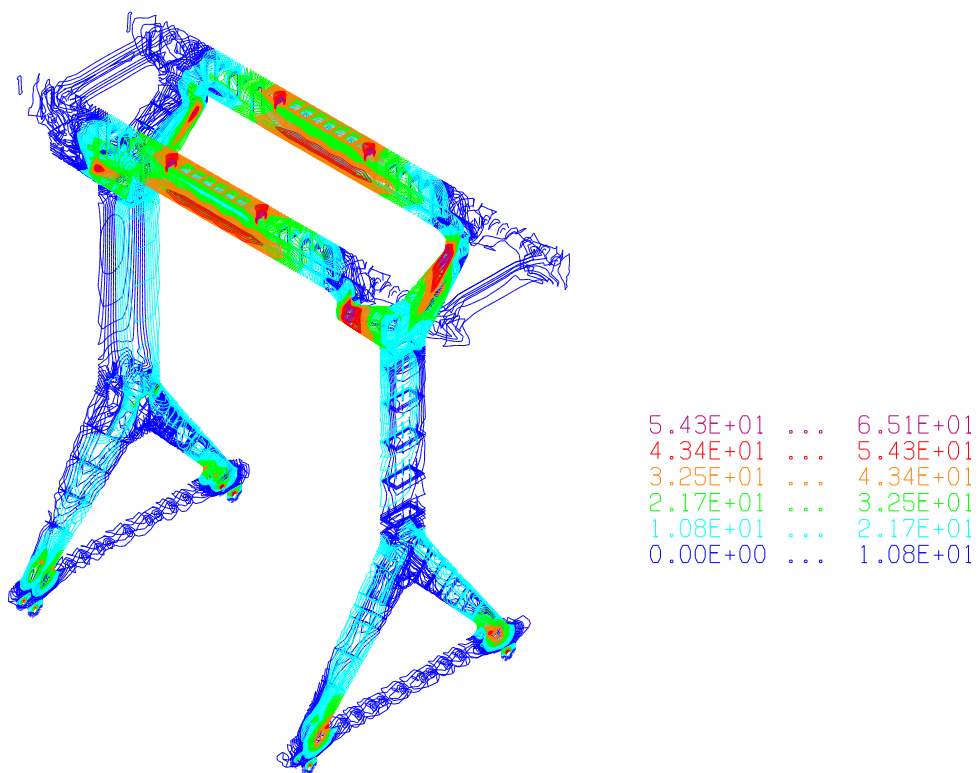
$$f_{\max}^{\text{verikalno}} = 10 \text{ mm}$$

$$f_{\max}^{\text{ukupno}} = 13,5 \text{ mm}$$

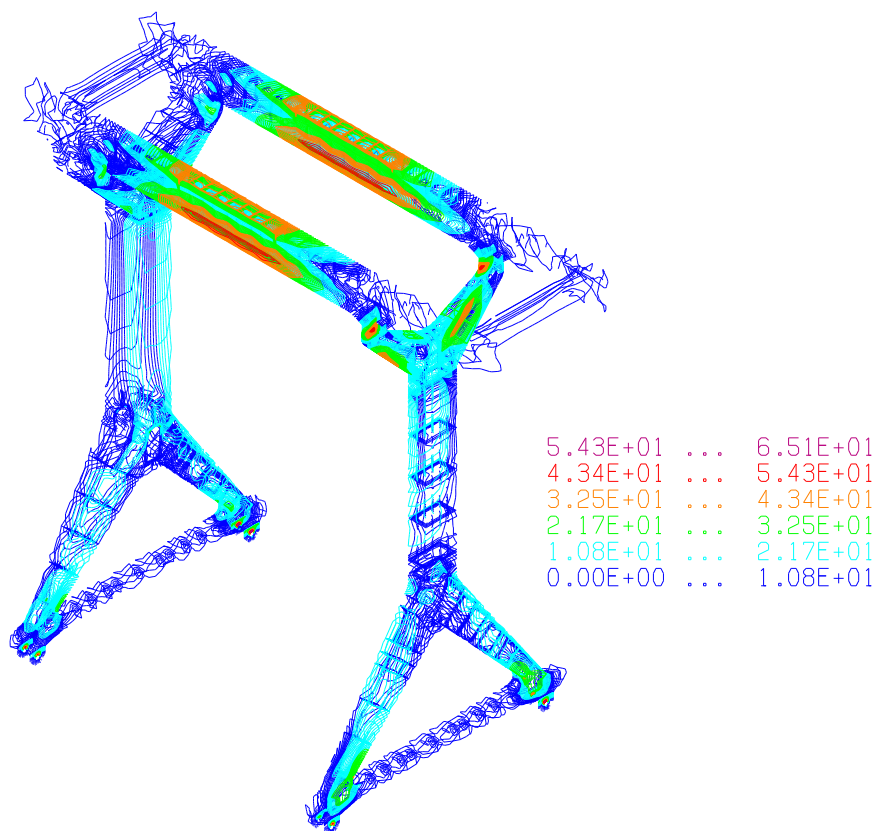
Sl. 4.1.9.4 Deformacija konstrukcije dizalice usled prvog slučaja opterećenja

Sledi prikaz naponskog polja konstrukcije dizalice usled prvog slučaja opterećenja.

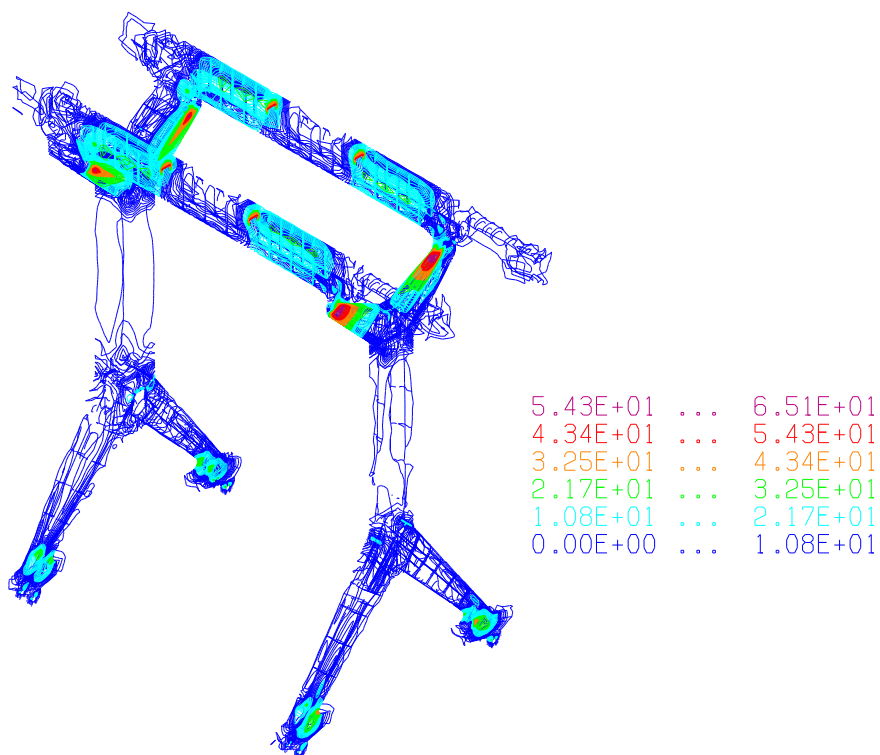
Zbog analize ponašanja konstrukcije dizalice prikazana su naponska polja ekvivalenih napona, kao i naponska polja odvojenih komponenta napona (normalni, smicanje, membranski, savojni) i energije deformisanja (ukupna energija deformisanja, gustina energije).



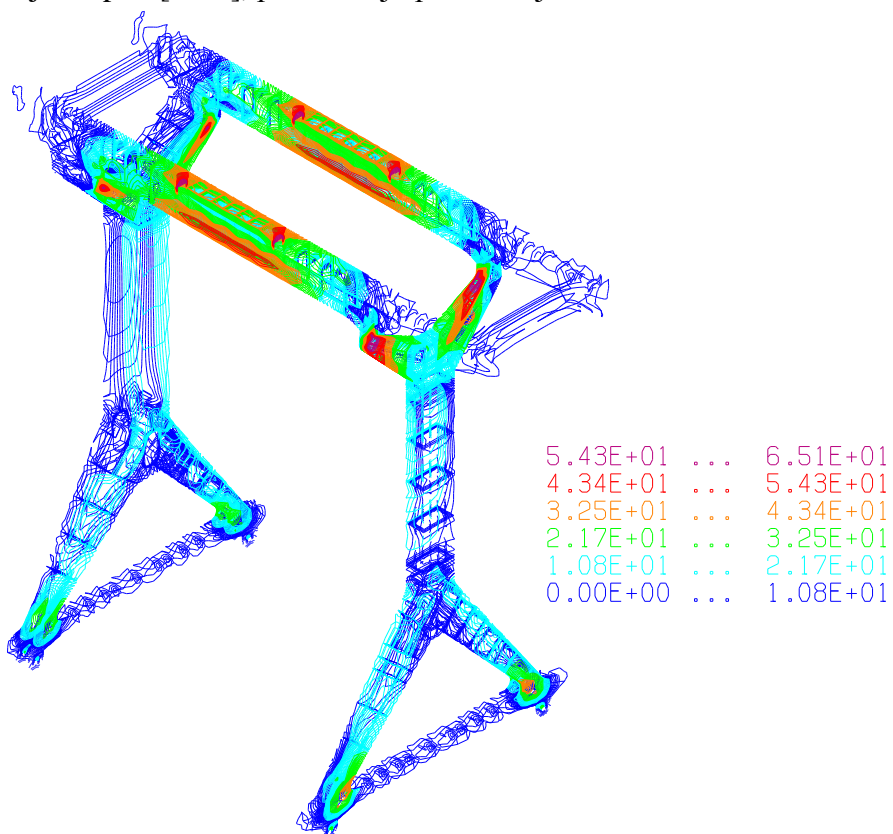
Slika 4.1.9.5 Ekvivalentni von Messes-Huber-Henky napon [MPa], prvi slučaj opeterećenja – vertikalno 1500 kN



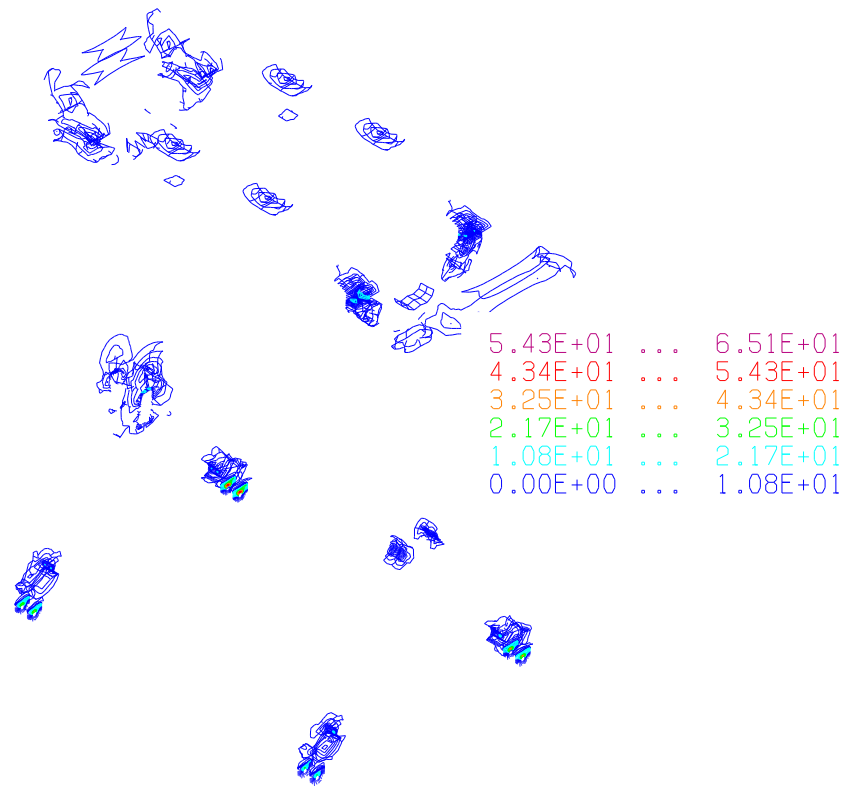
Slika 4.1.9.6 Normalni napon [MPa], prvi slučaj opeterećenja – vertikalno 1500 kN



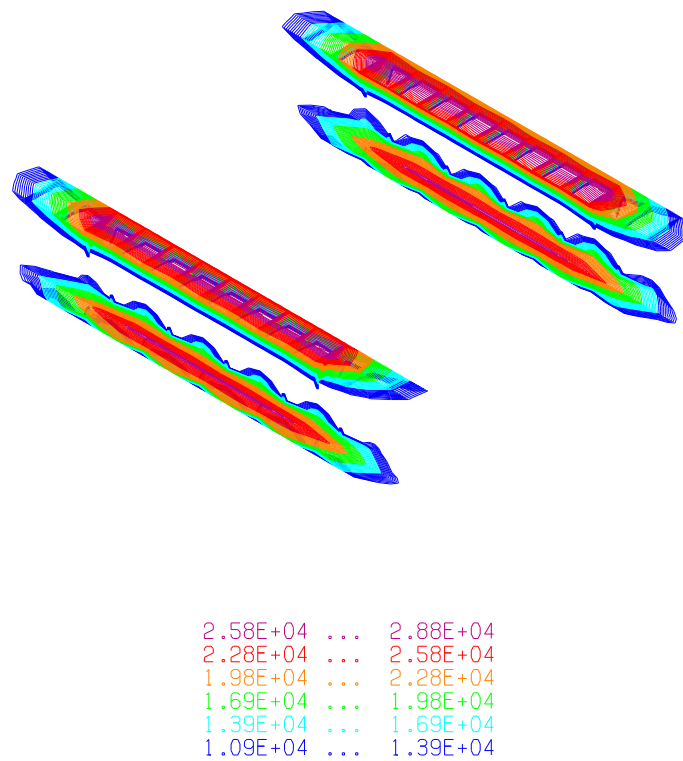
Slika. 4.1.9.7 Smicajni napon [MPa], prvi slučaj opeterećenja – vertikalno 1500 kN



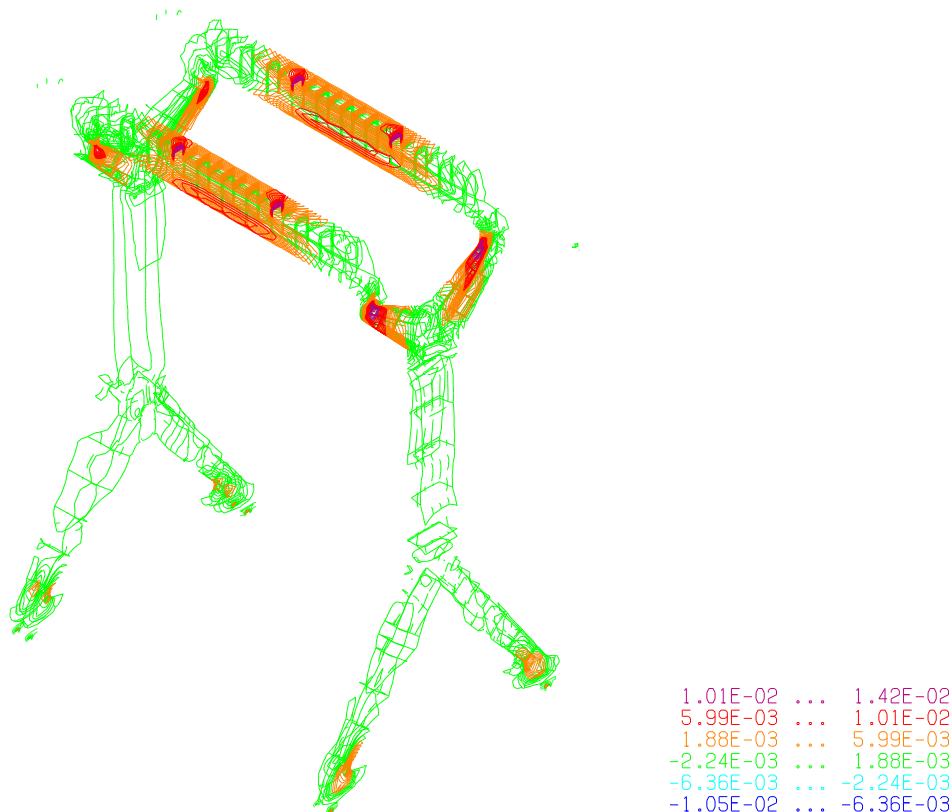
Slika. 4.1.9.8 Membranski napon [MPa], prvi slučaj opeterećenja – vertikalno 1500 kN



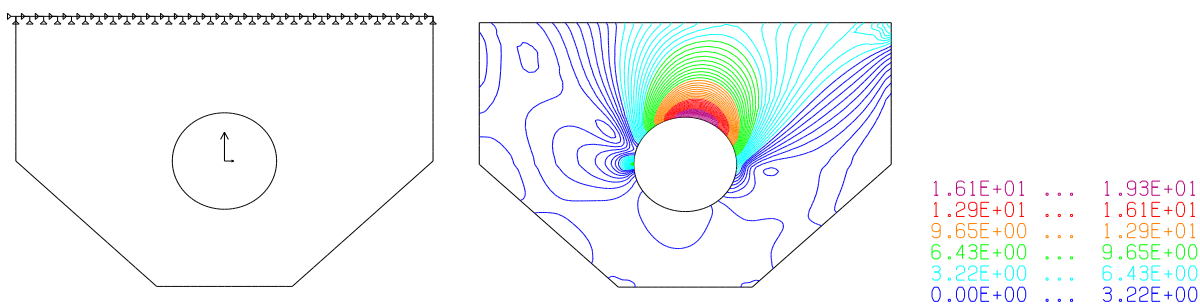
Slika 4.1.9.9 Savojni napon [MPa], prvi slučaj opterećenja – vertikalno 1500 kN



Slika 4.1.9.10 Energija deformisanja [Nmm], prvi slučaj opterećenja – vertikalno 1500 kN

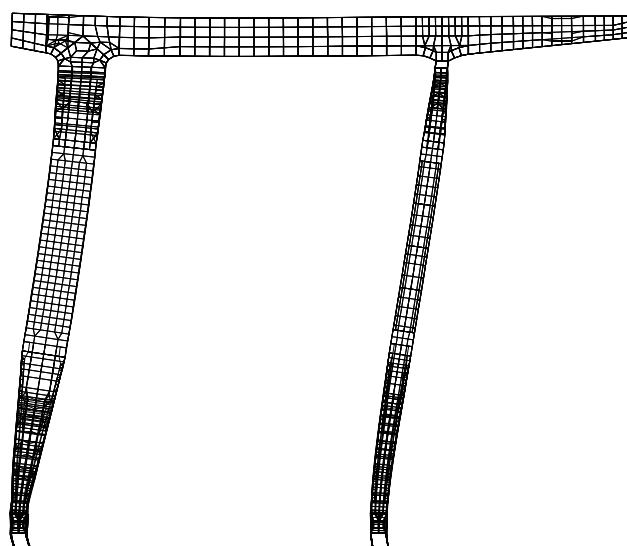


Slika 4.1.9.11 Gustina energije deformisanja [Nmm/mm³], prvi slučaj opterećenja
 Osnovni zaključak proračuna u prvom slučaju opterećenja je da je nivo napona nizak. To znači da je konstrukcija dizalice do sada bila eksploatisana u povoljnom naponskom polju. Oblik geometrije nogu izazvao je dopunsko naprezanje nogu sa prisustvom koncentracije napona u gornjem i donjem delu nogu ka glavnim nosačima i rasponkama nogu. Sledi analiza napona u uškama oslonaca dizalice.

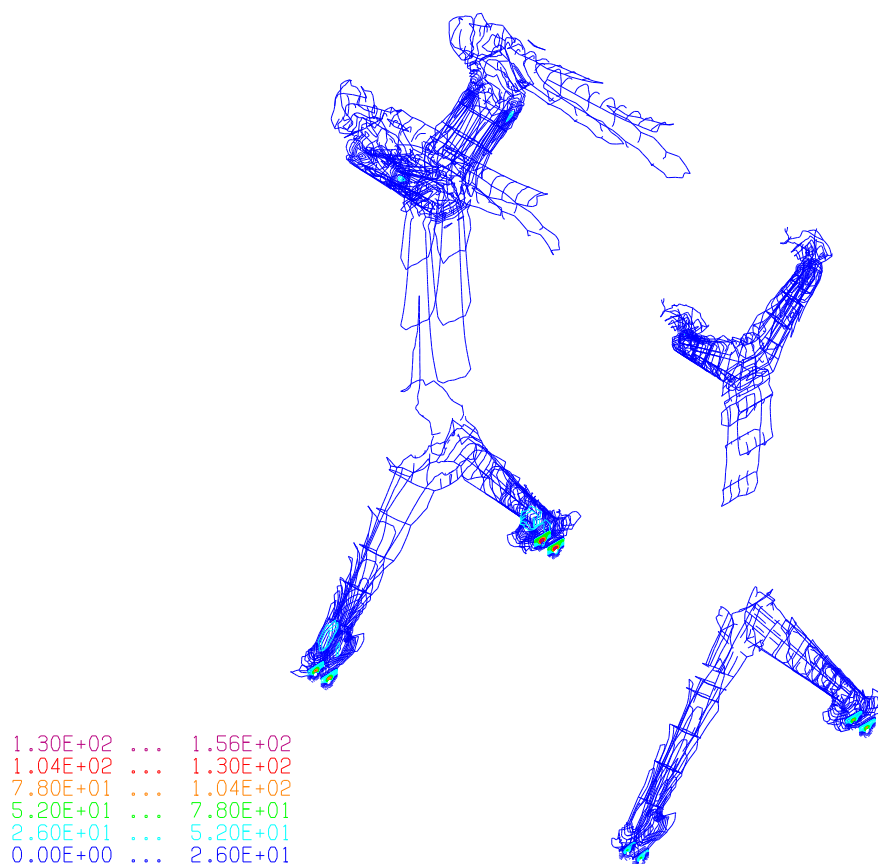


Slika 4.1.9.12 Naponsko stanje [MPa] uške nogu pod jediničnim opterećenjem 100 kN
 Preračunat napon u uški od celokupnog vertikalnog opterećenja iznosi: $(1500/8)/100 \cdot 19,3 = 36$ MPa. Vidimo da ovako izračunati napon u uški znatno manji od napona u uški pri proračunu sa celim modelom konstrukcije dizalice (oko 60 MPa). Višu vrednost napona potvrdiće sprovedeno merenje napona. To znači da uške trpe dopunsko opterećenje savijanja koje ne treba da bude prisutno. Ovo dopunsko opterećenje je izazvano lošim stanjem sklopa osovnicu-uške, što potvrđuje konstatovani zaključak o stanju sklopa.

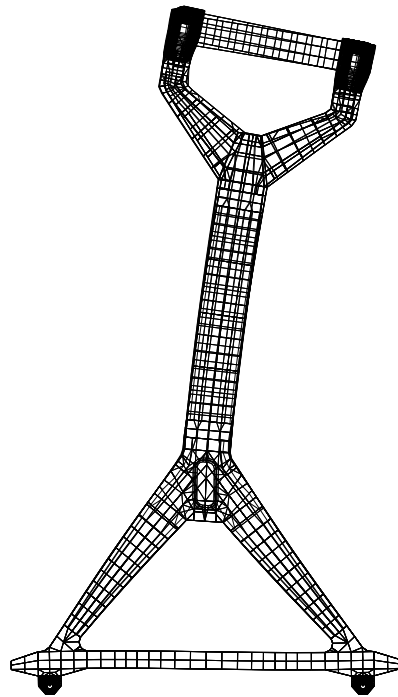
Sledi proračun uticaja vetra u pravcu uzvodno-nizvodno i obala-reka. Usvojeno je kontinualno opterećenje vetra u iznosu do 1,5 kN/m² (maksimalno mogući vetar).



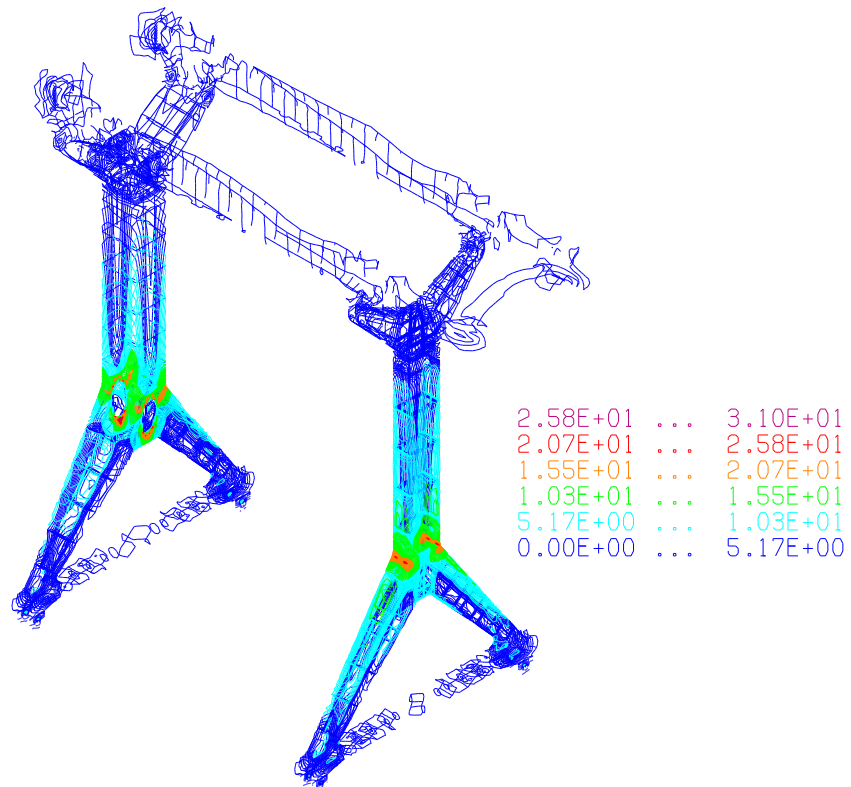
Slika 4.1.9.13 Deformacija konstrukcije dizalice za slučaj horizontalnog površinskog opterećenja od vetra u iznosu od 150 kN ($1,5 \text{ kN/m}^2 \times 100 \text{ m}^2$) u uzvodno-nizvodnom pravcu, $f_{\text{max}}^{\text{vetar}} = 22,7 \text{ mm}$



Slika 4.1.9.14 Ekvivalentni napon konstrukcije dizalice [MPa] za slučaj horizontalnog površinskog opterećenje od vetra u iznosu od 150 kN ($1,5 \text{ k N/m}^2 \times 100 \text{ m}^2$) u uzvodno-nizvodnom pravcu. Najopterećeniji deo konstrukcije dizalice jesu uške oslanjanja.



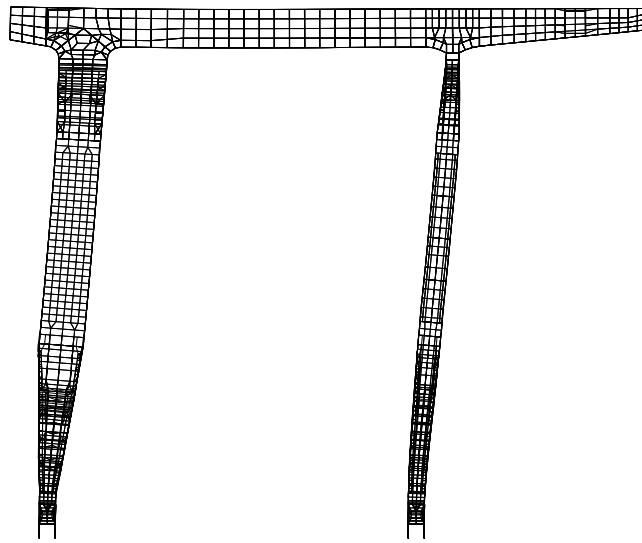
Slika 4.1.9.15 Deformacija konstrukcije dizalice za slučaj horizontalnog površinskog opterećenja od vetra u iznosu od 150 kN ($1,5 \text{ kN/m}^2 \times 100\text{m}^2$) u obalno-rečnom pravcu



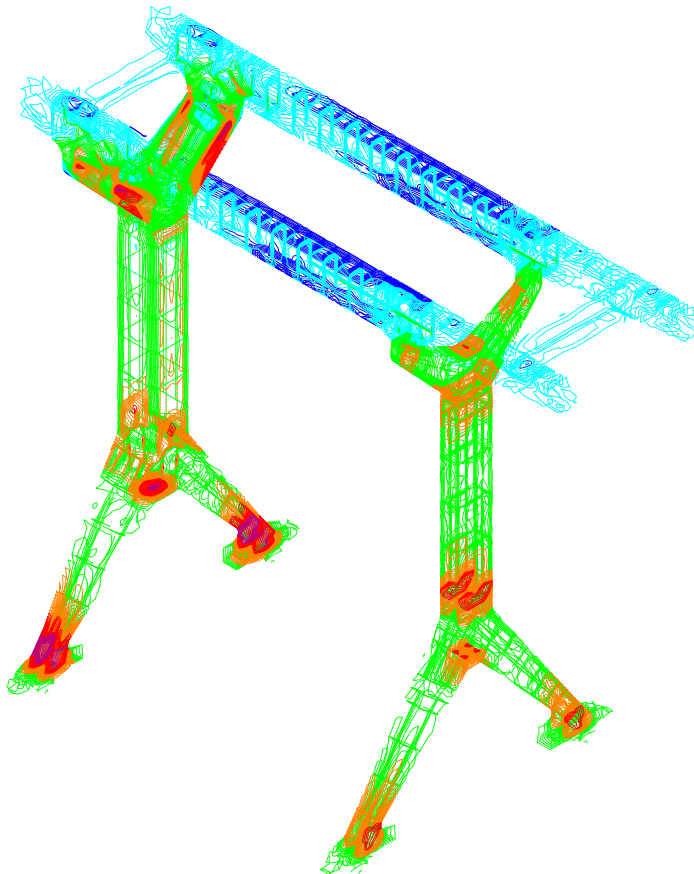
Slika 4.1.9.16 Ekvivalentni napon konstrukcije dizalice [MPa] za slučaj horizontalnog površinskog opterećenja od vetra u iznosu od 150 kN ($1,5 \text{ kN/m}^2 \times 100\text{m}^2$) u obalno-rečnom pravcu

Ovo opterećenje nema značajniji uticaj na konstrukciju dizalice.

Sledi prikaz dinamičkog proračuna. Pored glavnog oblika oscilovanja, dat je prikaz raspodele razlike potencijalne i kinetičke energije ($E_p - E_k$) koja nam daje pogodna mesta za redizajniranje konstrukcije za potrebe poboljšanja ponašanja (povećanje frekvence i smanjenja amplitude oscilovanja), odnosno pokazuje nam slaba mesta na konstrukciji.

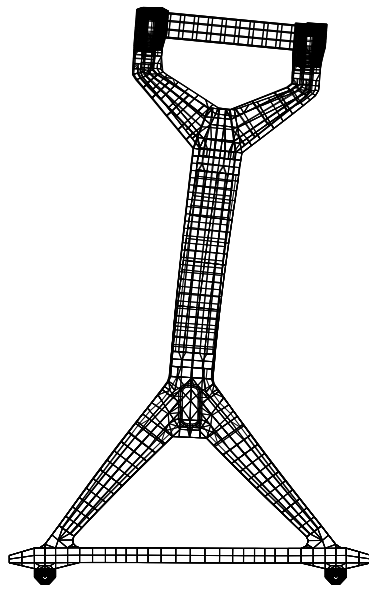


$f_{01} = 1,9 \text{ Hz}$

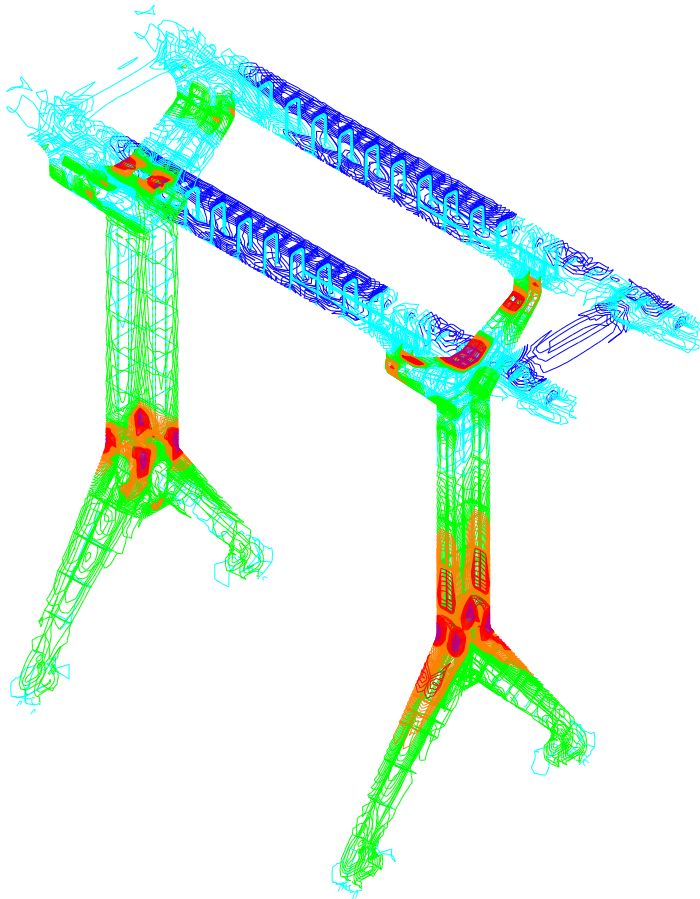


5.69E-02	...	7.83E-02
3.55E-02	...	5.69E-02
1.41E-02	...	3.55E-02
-7.32E-03	...	1.41E-02
-2.87E-02	...	-7.32E-03
-5.01E-02	...	-2.87E-02

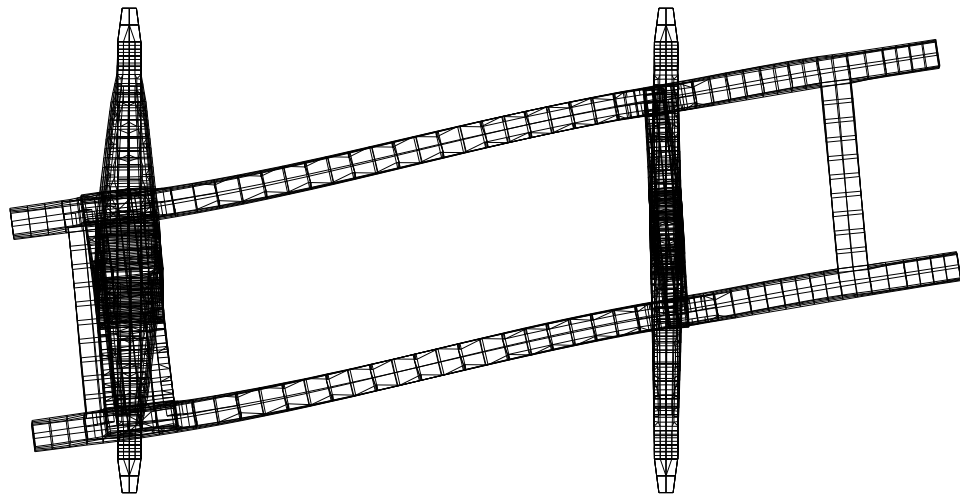
Slika 4.1.9.17 Raspodela razlike potencijalne i kinetičke energije u prvom glavnom obliku oscilovanja – savijanje horizontalnom podužnom silom u vertikalnoj podužnoj ravni



$f_{02} = 3,2 \text{ Hz}$

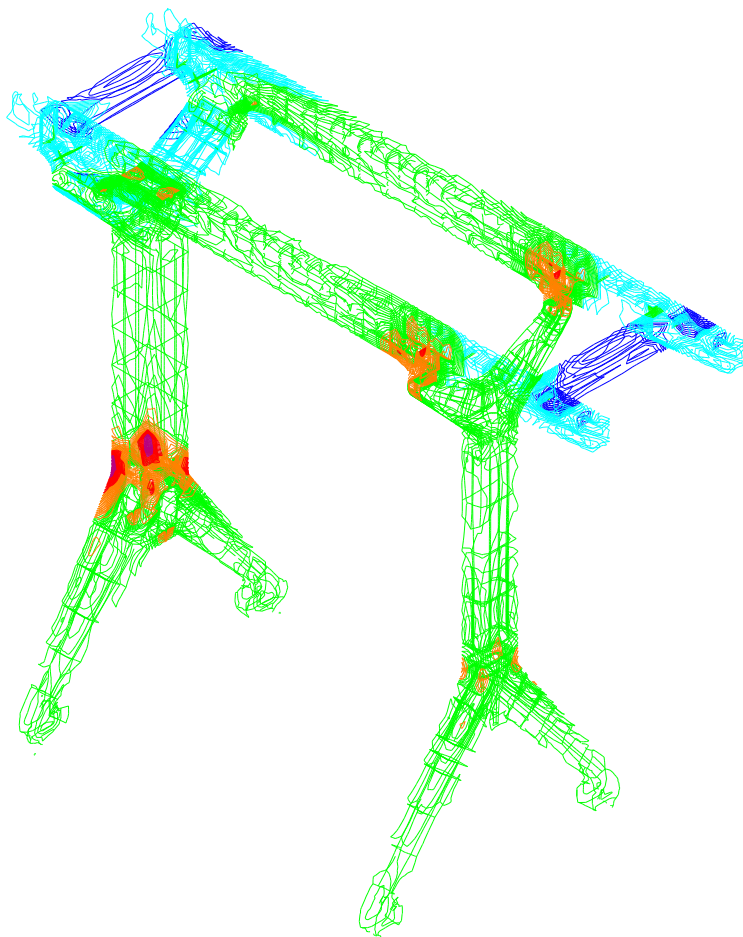


Slika 4.1.9.18 Raspodela razlike potencijalne i kinetičke energije u drugom glavnom obliku oscilovanja – savijanje horizontalnom poprečnom silom u vertikalnoj poprečnoj ravni



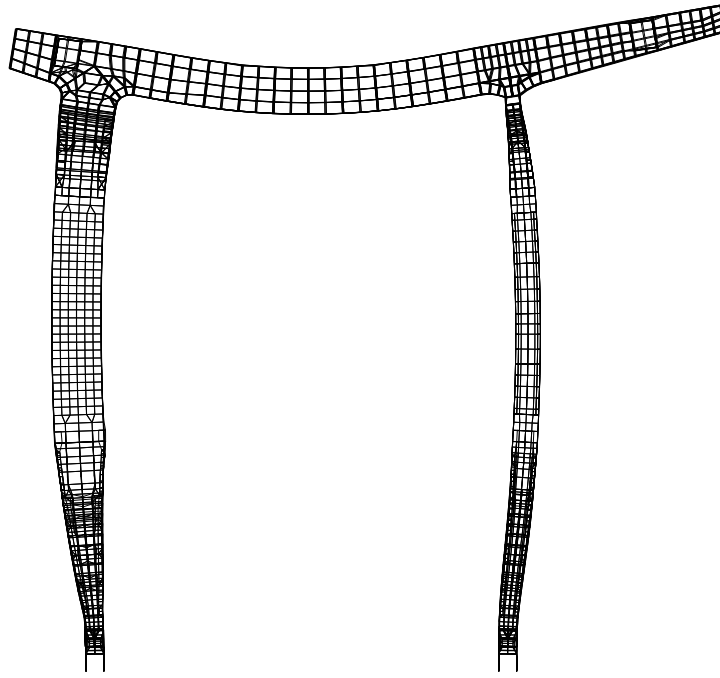
Hz

$f_{03}=5$

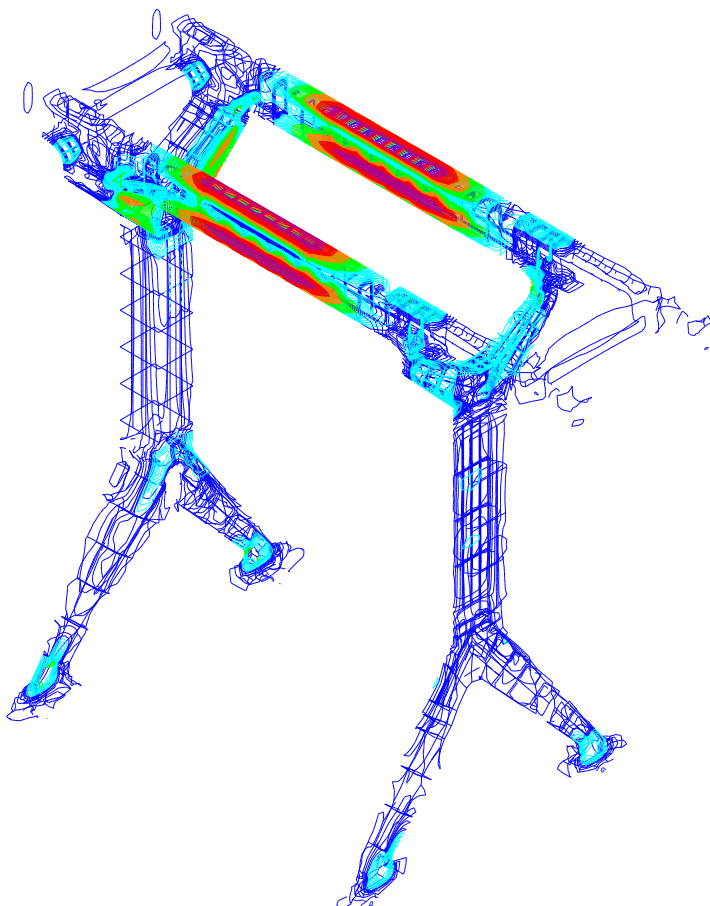


6.06E-01	...	8.27E-01
3.85E-01	...	6.06E-01
1.64E-01	...	3.85E-01
-5.70E-02	...	1.64E-01
-2.78E-01	...	-5.70E-02
-4.99E-01	...	-2.78E-01

Slika 4.1.9.19 Raspodela razlike potencijalne i kinetičke energije u trećem glavnom obliku oscilovanja – uvijanje oko verikalne ose

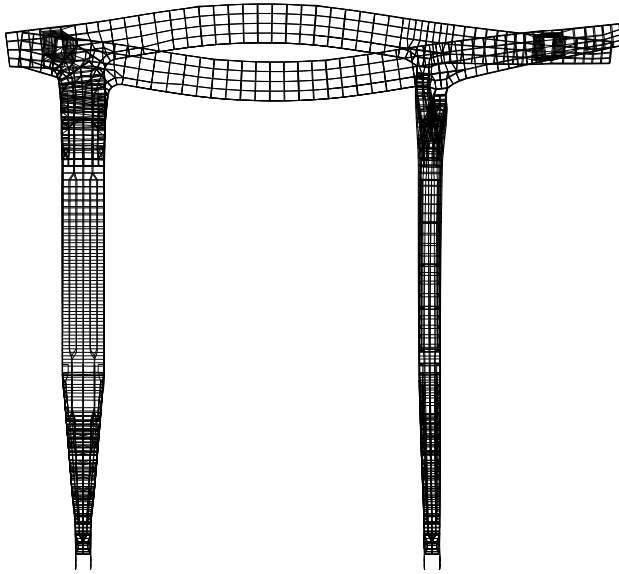


$f_{04} = 8,6 \text{ Hz}$

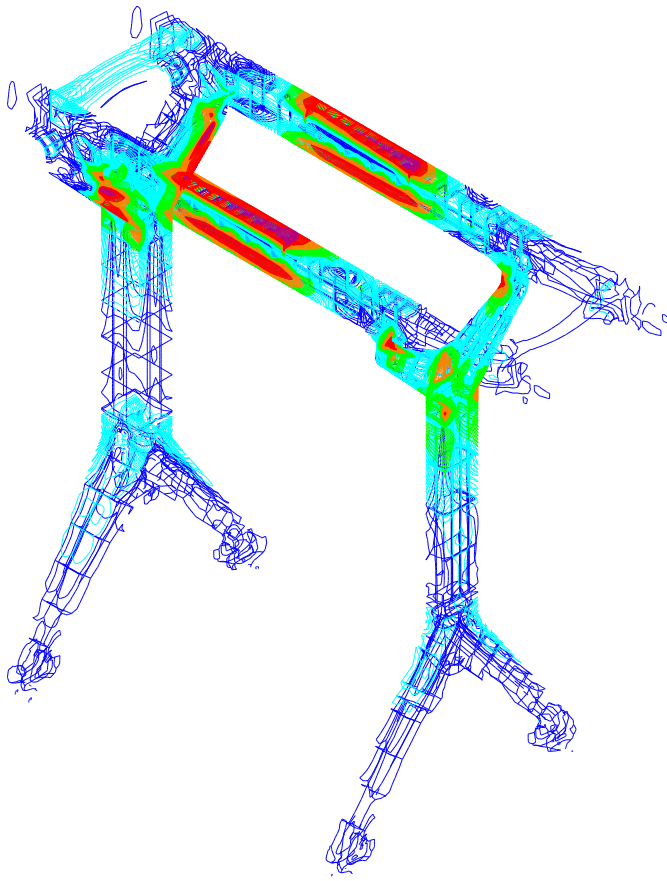


2.33E+00	...	2.86E+00
1.81E+00	...	2.33E+00
1.28E+00	...	1.81E+00
7.60E-01	...	1.28E+00
2.35E-01	...	7.60E-01
-2.90E-01	...	2.35E-01

Slika 4.1.9.20 Raspodela razlike potencijalne i kinetičke energije u četvrtom glavnom obliku oscilovanja – paralelno savijanje glavnih nosača vertikalnom silom u vertikalnoj podužnoj ravni



$f_{05} = 9,5 \text{ Hz}$



Slika 4.1.9.21 Raspodela razlike potencijalne i kinetičke energije u petom glavnom obliku oscilovanja – naizmenično savijanje glavnih nosača vertikalnom silom u vertikalnoj podužnoj ravni

Osnovni zaključak je da su sopstvene frekvence konstrukcije dizalice dosta visoke, odnosno ne ulaze u korelaciju sa frekvencijama vetra. Prva tri najvažnija oblika oscilovanja nam daju ista slaba mesta konstrukcije dizalice, a to su obe noge dizalice.

4.1.10. Merenje napona i deformacija noseće konstrukcije portalne dizalice

Merenje napona je izvršeno tenzometrijskim mernim trakama relativne deformacije, pa time i napona. Merna oprema je firme HBM, Nemačka, model Spider8.

Merna mesta merenja napona su:

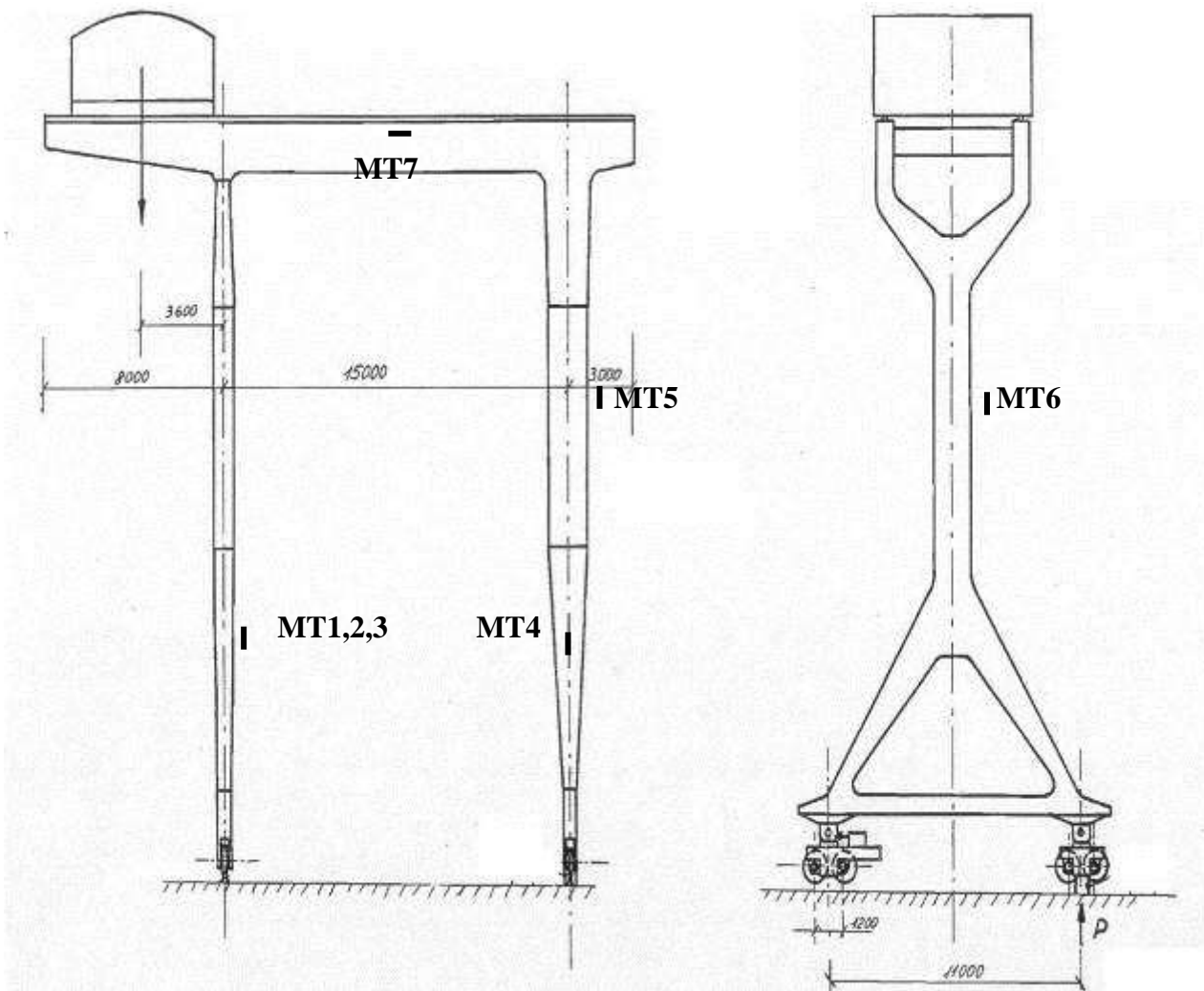
- MT1 – zglobna noga, rečna dizalica, rečna unutrašnja uška
- MT2 – zglobna noga, rečna dizalica, rečna spoljašnja uška
- MT3 – zglobna noga, rečna dizalica, obalna unutrašnja uška
- MT4 – kruta noga, rečna dizalica, rečna unutrašnja strana
- MT5 – kruta noga, rečna dizalica, stub, unutrašnja nizvodna strana
- MT6 – kruta noga, rečna dizalica, stub, unutrašnja obalna strana
- MT7 – glavni nosač, rečna dizalica, sredina nosača, unutrašnja rečna strana.

Na narednim slikama prikazana su merna mesta MT1 do MT7 i njihove pozicije na dizalici.



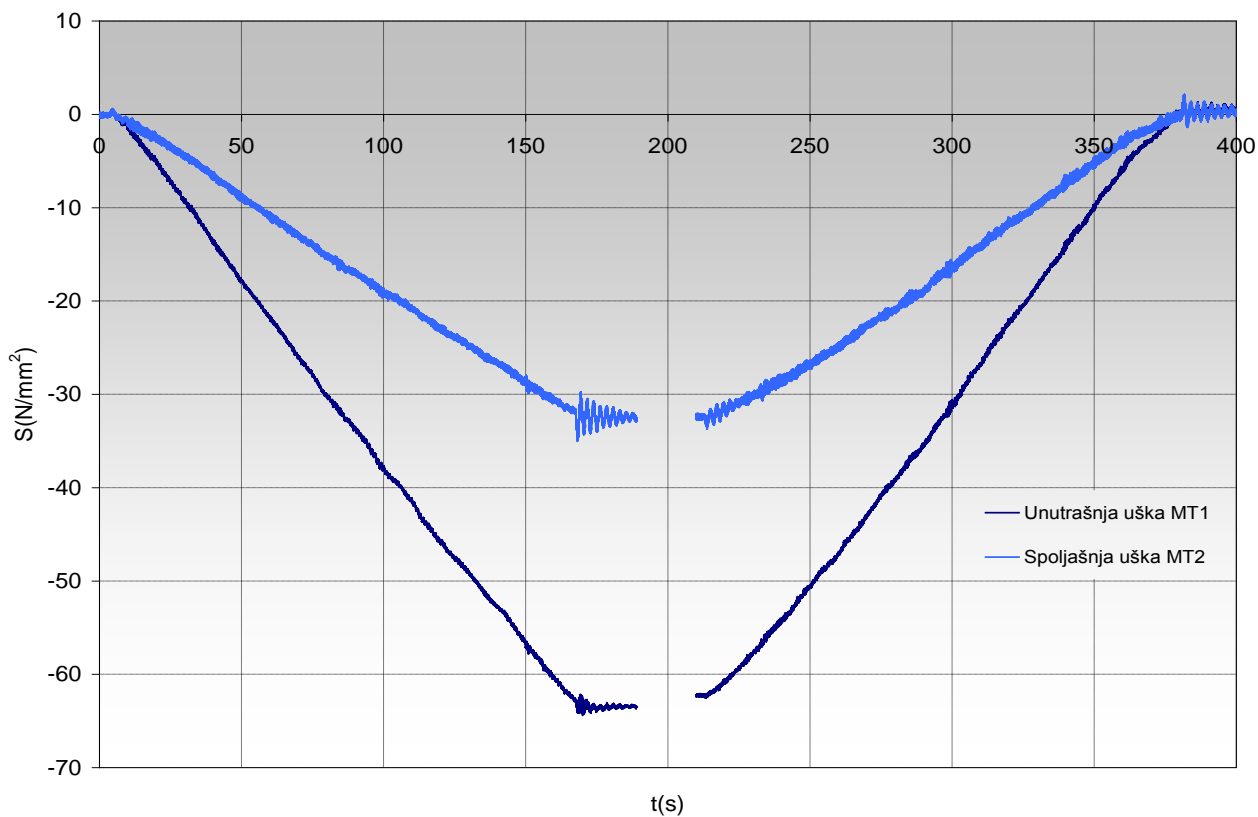
Slika 4.1.10.1 Merna oprema, merna mesta MT1, MT5, MT6 i MT7

Merne trake MT1, MT2, MT3 i MT4 su postavljene na istim pozicijama na odgovarajućim uškama. Deformacija dizalice je utvrđena geometarskim merenjem.

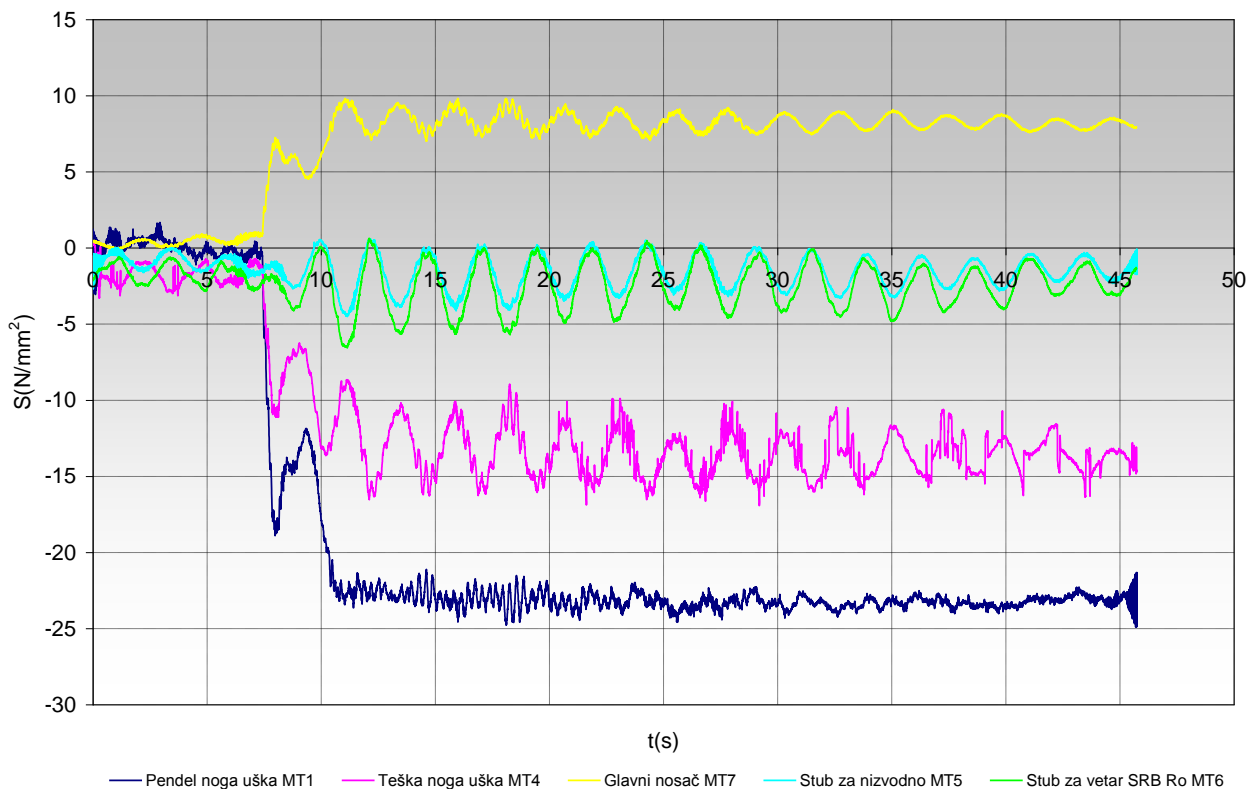


Slika 4.1.10.2 Merna oprema, merna mesta MT1 - MT7

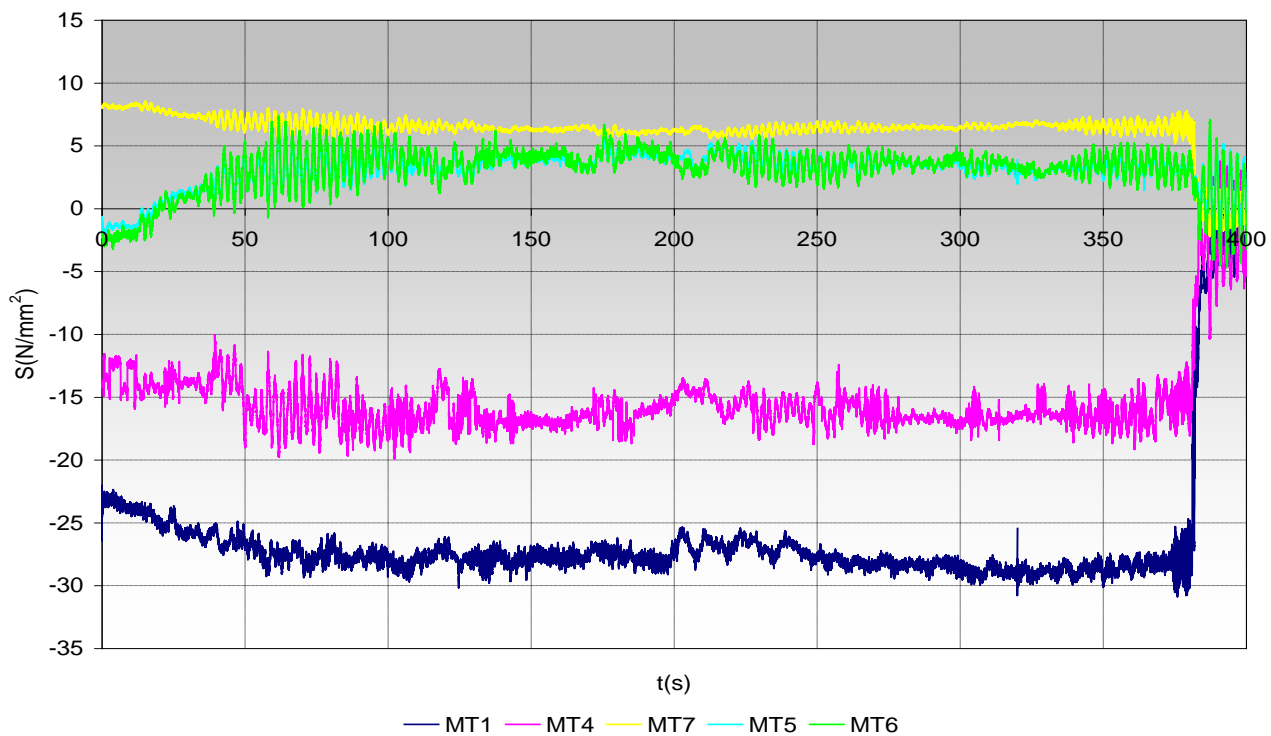
Sledi prikaz rezultata izvedenog merenja.



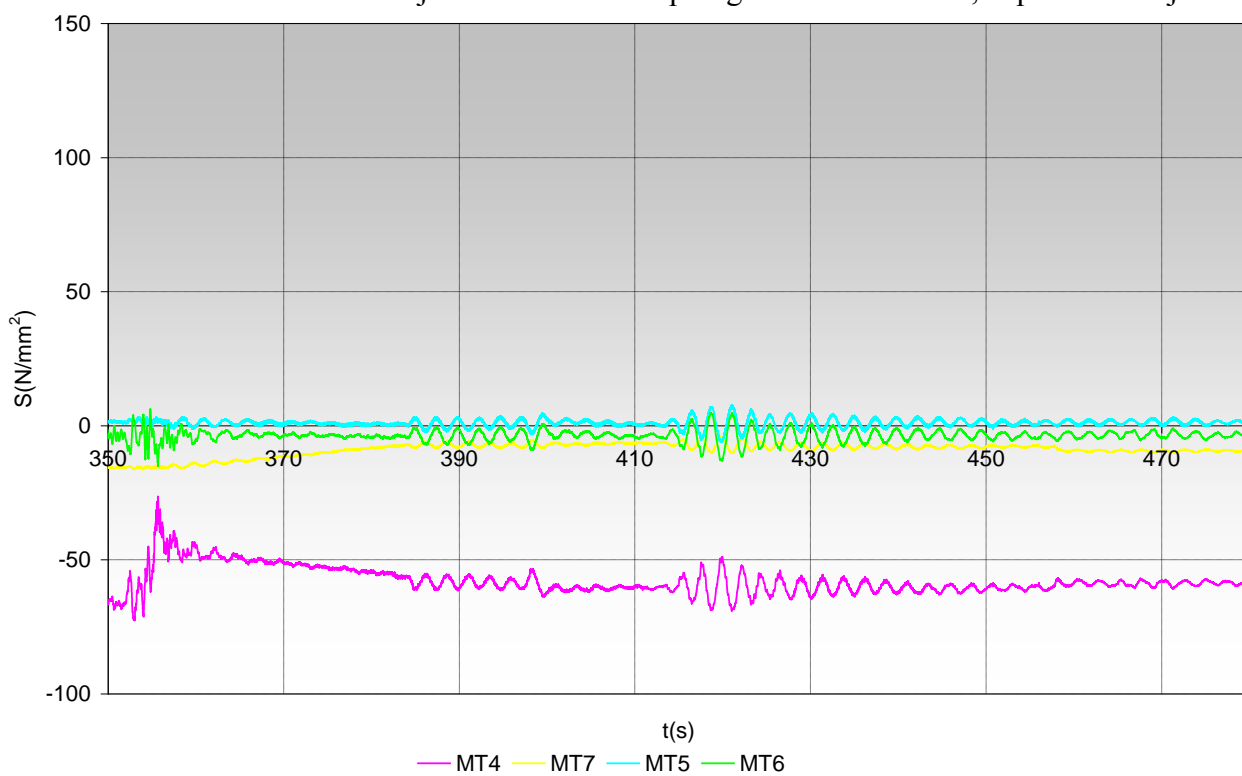
Slika 4.1.10.3 k0 - prilazak kolica (520 kN) od krute ka zglobnoj nozi, zglobna noga, rečna dizalica, rečna uška, naponsko stanje



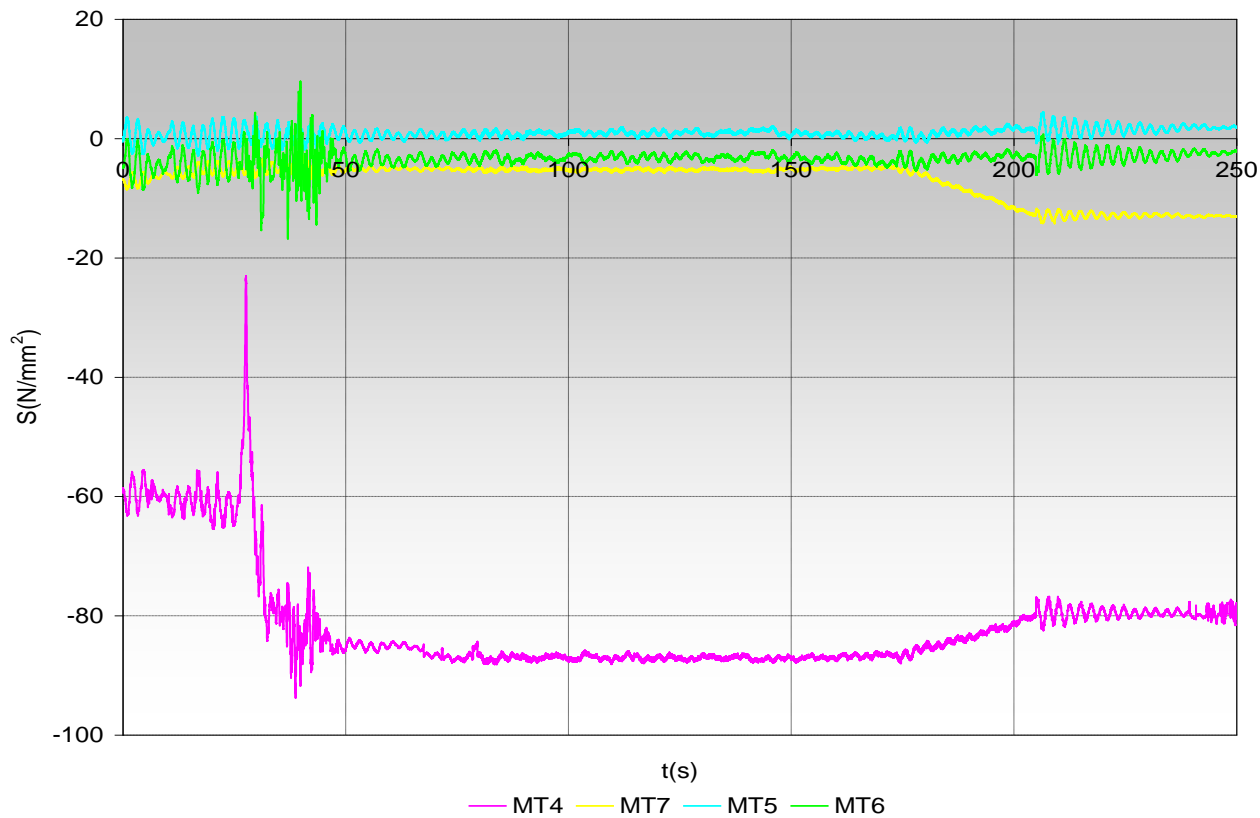
Slika 4.1.10.4 k1 – podizanje zatvarača (90 kN), dizanje i kočenje sa teretom, rečna dizalica, naponsko stanje



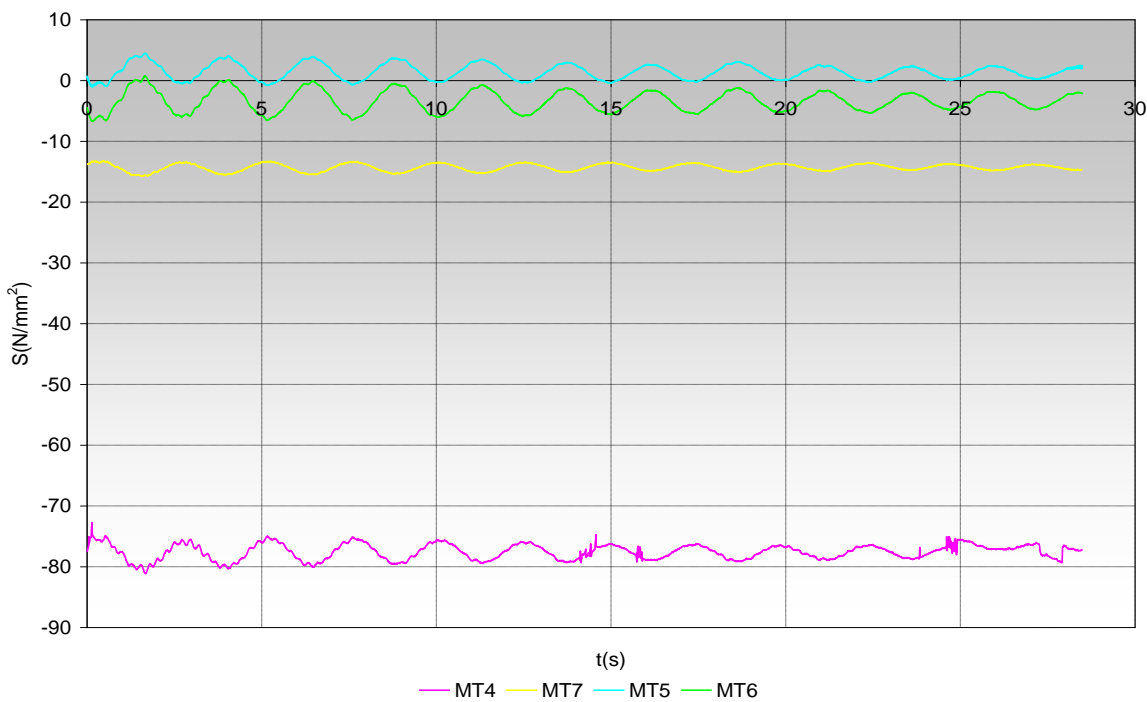
Slika 4.1.10.5 k2 – kretanje rečne dizalice sa podignutim zatvaračem, naponsko stanje



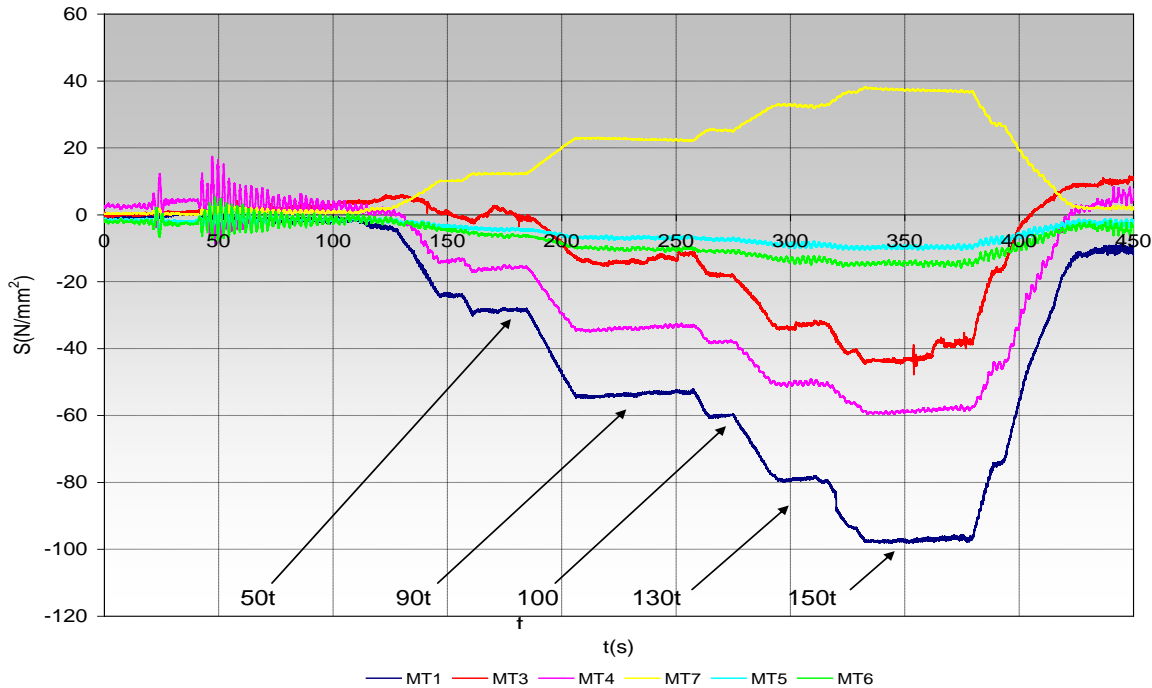
Slika 4.1.10.6 k3 – kretanje rečne dizalice po šini, naponsko stanje



Slika 4.1.10.7 k4 – kretanje rečne dizalice po šini, naponsko stanje



Slika 4.1.10.8 k5 – pulsiranje vetra, rečna dizalica, naponsko stanje



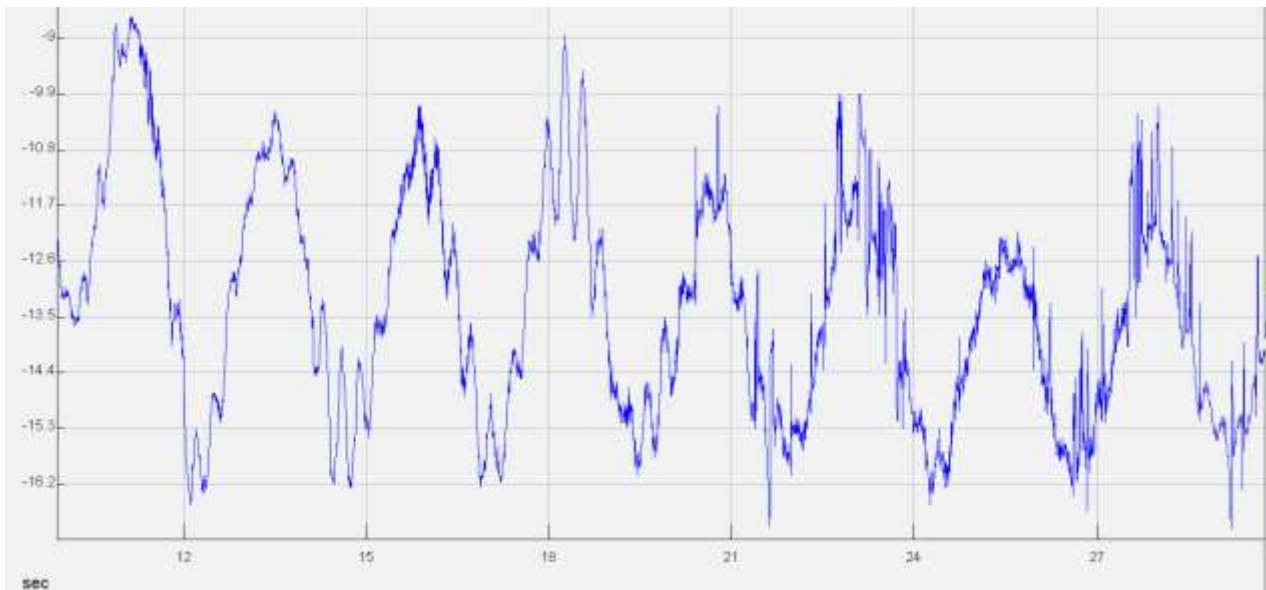
Slika 4.1.10.9 k9 – opterećenje rečne dizalice hidrocilindrom do 1500 kN, naponsko stanje
 Na prikazanim dijagramima možemo uočiti da su naponi u uškama najbitniji. Relativne relacije između napona u uškama su sledeće:

- $MT2 = MT1/2$
- $MT3 = MT1/2,5$
- $MT4 = MT1/1,7$

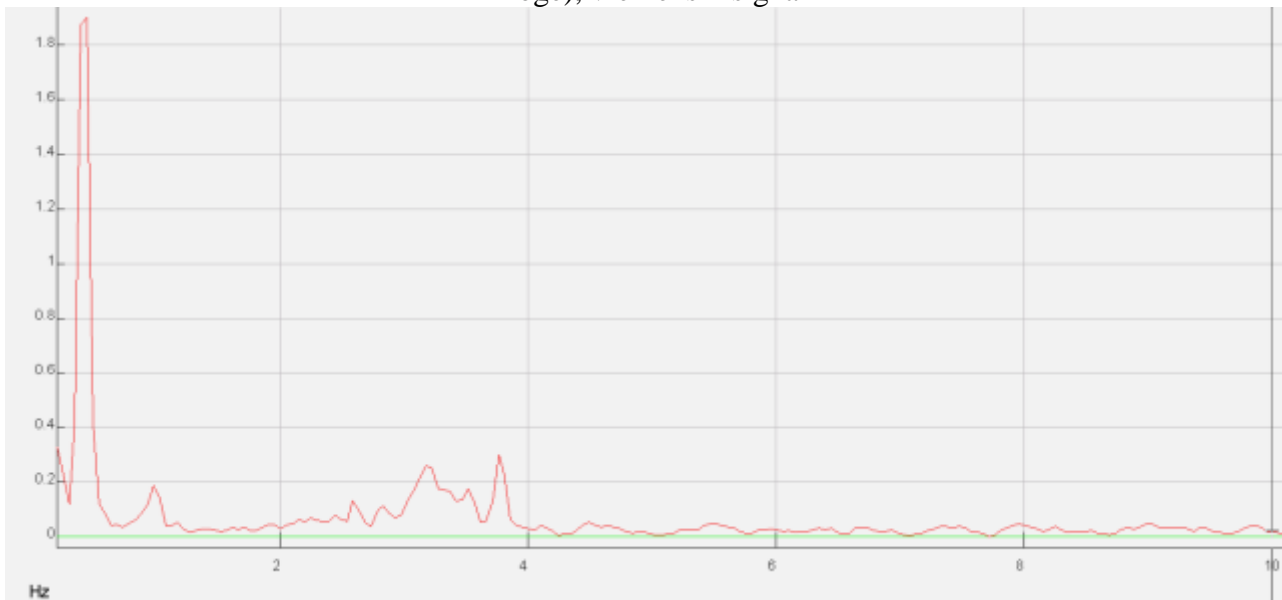
Razlika u izmerenim vrednostima napona po uškama nam ukazuje na nepravilnu i nesimetričnu raspodelu opterećenja po uškama. To nam ukazuje da sklop osovinica-uške nije korektan.

Na osnovu merenja, a za slučaj da kolica budu uz zglobnu nogu, i da dizalica podiže teret od 150 t, napon na mernom mestu MT1 bi iznosio: $64+100*5/3 = 220$ MPa (slike 4.1.10.3 k0, i 4.1.10.9 k9). Ova vrednost napona je velika. Uticaj ovog napona se vidi na uškama i osovinicama na kojima je merenjem ultrazvukom utvrđeno oštećenje. Ovo mesto se mora u revitalizaciji poboljšati.

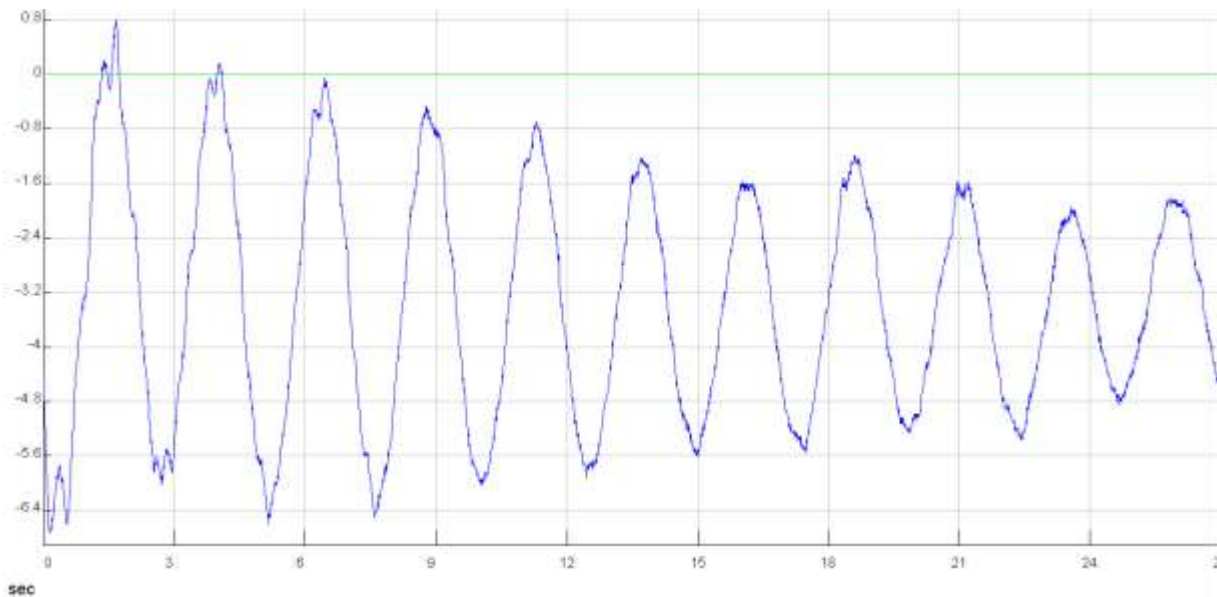
U nastavku sledi prikaz izdvojenih signala merenja u vremenskom i frekventnom domenu. Za vreme merenja je bio prisutan jak vetar. Na dijagramima vidimo da je frekvencija vetra bila 0,44 Hz, i ona će se uporediti sa sopstvenim frekvencama dizalice dobijenim numeričkim proračunom, putem primene metode konačnih elemenata.



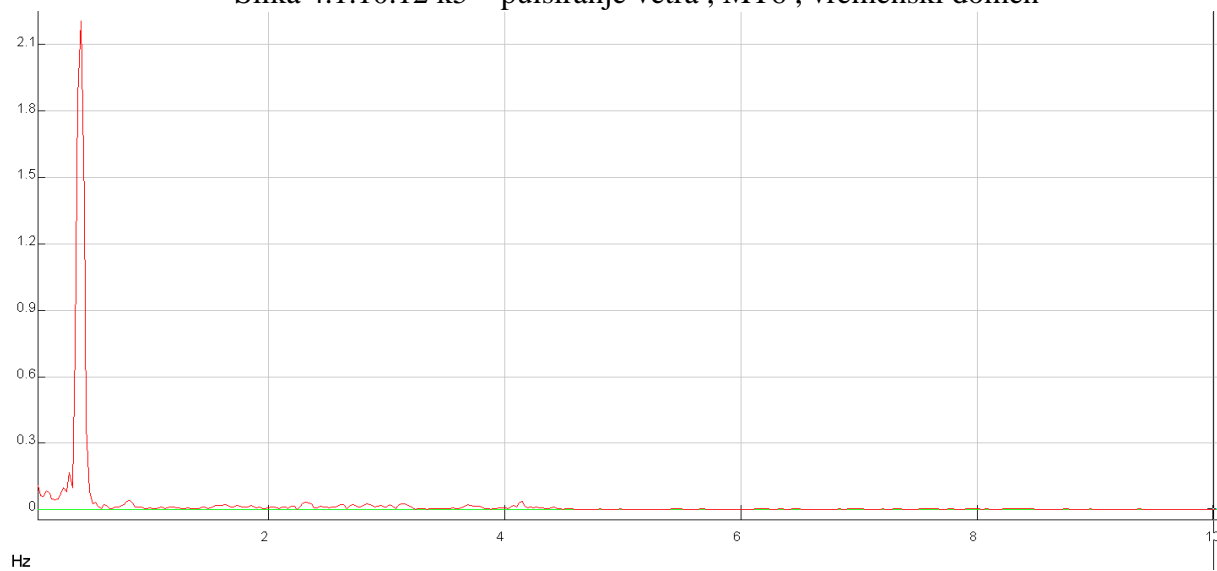
Slika 4.1.10.10 k1 – podizanje zatvarača (90 kN), dizanje i kočenje sa teretom, MT4 (uška krute noge), vremenski signal



Slika 4.1.10.11 k1 – podizanje zatvarača (90 kN), dizanje i kočenje sa teretom, MT4 (uška krute noge), frekventni domen, frekvencija vetra 0,44 Hz



Slika 4.1.10.12 k5 – pulsiranje vetra , MT6 , vremenski domen



Slika 4.1.10.13 k5 – pulsiranje vetra , MT6 , frekventni domen, frekvencija vetra 0,44 Hz

Rezultati geodetskog merenja ugiba portalnih dizalica pod opterećenjem od 160 t sa hidrocilindrom prikazani su u nastavku teksta.



Slika 4.1.10.14 dijagram ugiba obalne strane rečne dizalice



Slika 4.1.10.15 dijagram ugiba rečne strane rečne dizalice

Zaključujemo da su rezultati merenja ugiba i numeričkog proračuna ugiba saglasni.

4.1.11. Poređenje numeričkog proračuna i eksperimenta

Poređenje rezultata proračuna i merenja napona pri opterećenju hidrocilindrom od 1500 kN (slika 4.1.10.9 k9) prikazano je u tabeli 4.1.11.1.

Tabela 4.1.11.1

	Napon [MPa]	
	Merenje	Proračun
MT1 – zglobna noga, rečna dizalica, rečna unutrašnja uška	98	60
MT3 – zglobna noga, rečna dizalica, obalna unutrašnja uška	44	
(MT1+MT3) / 2	71	
MT4 – kruta noga, rečna dizalica, rečna unutrašnja strana	60	60
MT5 – kruta noga, rečna dizalica, stub, unutrašnja nizvodna strana	10	10
MT6 – kruta noga, rečna dizalica, stub, unutrašnja obalna strana	15	14
MT7 – glavni nosač, rečna dizalica, sredina nosača, unutrašnja rečna strana	38	38

Izmereni naponi [MPa] u uškama zglobne noge sa teretom kolica u iznosu od 520 kN su:

MT1 – zglobna noga, rečna dizalica, rečna unutrašnja uška	64
MT2 – zglobna noga, rečna dizalica, rečna spoljašnja uška	32

Možemo zaključiti da imamo veliku saglasnost rezultata proračuna i merenja. Takođe, možemo zaključiti da izmereni nejednak i veći napon na uškama zglobne noge, ukazuje da navedeni sklop uški-osovnica nije korektno projektovan i izveden.

4.1.12. Ispitivanje materijala od koga je izrađena čelična konstrukcija portalnih dizalica

Za ispitivanje materijala uzet je uzorak čeličnog lima trouglastog oblika sa nosača pogonskog motora za kretanje dizalice.

Na uzetom uzorku čeličnog lima izvršena su sledeća ispitivanja:

1. određivanje hemijskog sastava
2. određivanje zateznih osobina i
3. određivanje energije udara na sobnoj temperaturi i na -20°C.

Cilj ispitivanja je provera materijala i ocena štanja materijala.

Iz uzorkovanog komada čeličnog lima uzeta je pločica veličine 30 x 30 x 10 mm za hemijsku analizu materijala. Sam postupak analize rađen je na kvantometru. Rezultati određivanja hemijskog sastava su dati u tabeli 4.1.12.1.

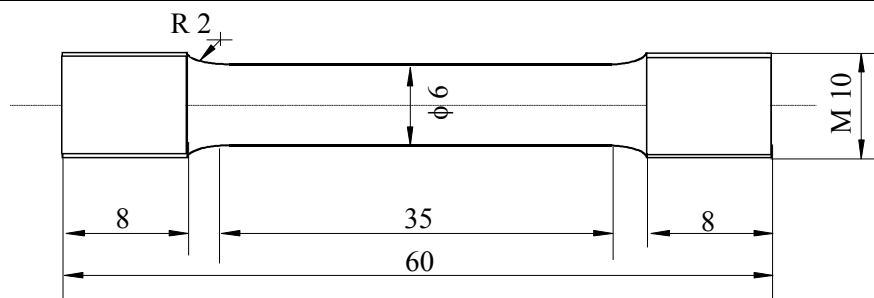
Tabela 4.1.12.1 Hemijski sastav dostavljenog uzorka

Oznaka uzorka	% mas.					
	C	Si	Mn	P	S	N
Čelični lim	0,15	0,37	0,72	0,021	0,012	0,003

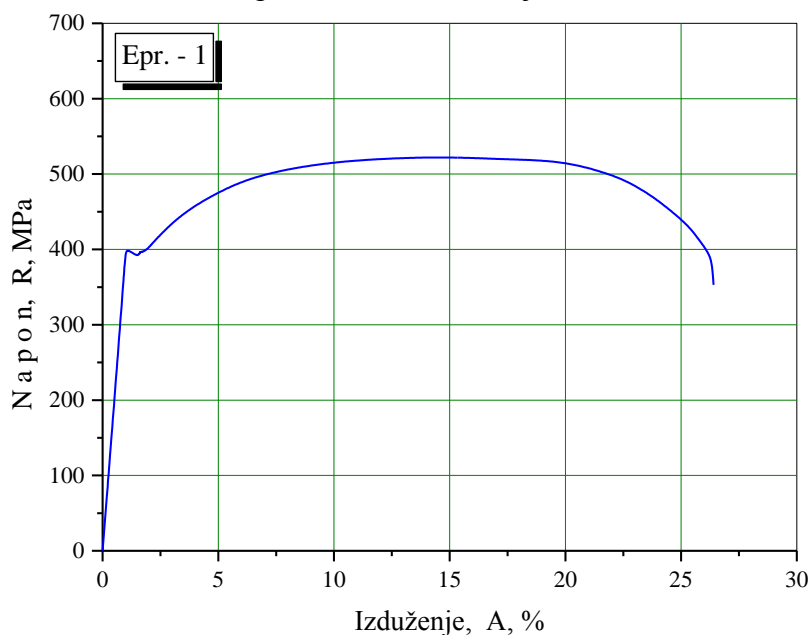
Zatezna ispitivanja epruveta izvađenih iz dostavljenog uzorka čeličnog lima su rađena u cilju određivanja zateznih karakteristika materijala. Sam postupak ispitivanja kao i geometrija epruvete, slika 4.1.12.1, je definisana standardom EN 10002-1. Ispitivanje je urađeno na savremenoj elektromehaničkoj kidalici u kontroli opterećenja. Izduženje je registrovano pomoću ekstenzometra čija je tačnost bila $\pm 0,001$ mm. Rezultati određivanja zateznih osobina epruveta izvađenih iz uzorka čeličnog lima su navedeni u tabeli 4.1.12.2. Izgled dijagrama napon - izduženje dobijen ispitivanjem epruvete oznake Epr. - 1 prikazan je na slici 4.1.12.2.

Tabela 4.1.12.2 Rezultati određivanja zateznih osobina dostavljenog uzorka čeličnog lima

Oznaka epruvete	Gornji napon tečenja, R_{eH} , MPa	Donji napon tečenja, R_{eL} , MPa	Zatezna čvrstoća R_m , MPa	Izduženje A, %
Epr. - 1	398	393	523	26.4
Epr. - 2	402	392	532	27.2
Epr. - 3	394	388	327	29.1

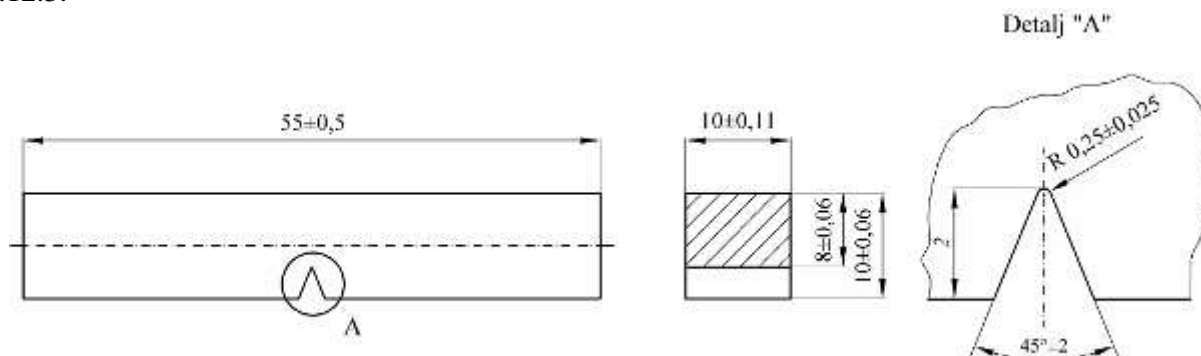


Slika 4.1.12.1 Epruveta za određivanje zateznih osobina



Slika 4.1.12.2 Dijagram napon - izduženje Epr. - 1

Udarne ispitivanja epruveta izvađenih iz dostavljenog uzorka čeličnog lima rađena su na sobnoj temperaturi i na -20°C , a u cilju određivanja ukupne energije udara, kao i komponenti energije stvaranja prsline i energije širenja prsline. Postupak ispitivanja, kao i oblik i dimenzije epruvete, prikazane na slici 4.1.12.3, definisan je standardom SRPS EN 10045-1, odnosno ASTM E23-95. Samo ispitivanje je rađeno na instrumentiranom Šarpi klatnu 150/300 J. Rezultati ispitivanja epruveta izvađenih iz uzorkovanog komada čeličnog lima i ispitanih na sobnoj temperaturi i na -20°C su prikazani u tabeli 4.1.12.3.



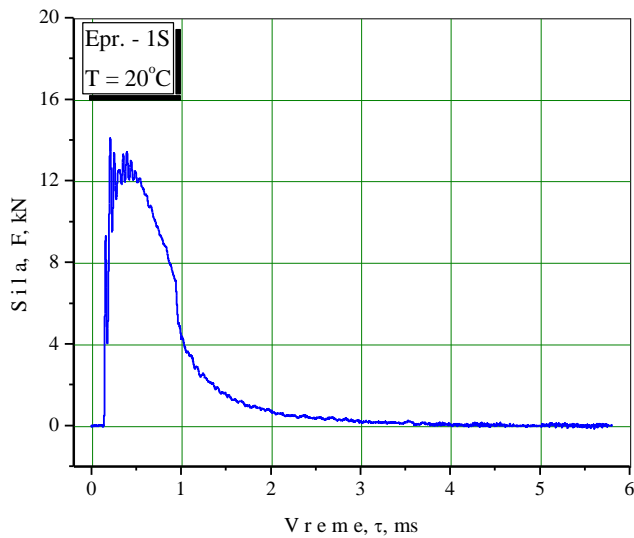
Slika 4.1.12.3 Oblik i dimenzije standardne epruvete za ispitivanje metodom po Šarpiju sa V-zarezom

Tabela 4.1.12.3 Rezultati udarnih ispitivanja dostavljenog uzorka čeličnog lima

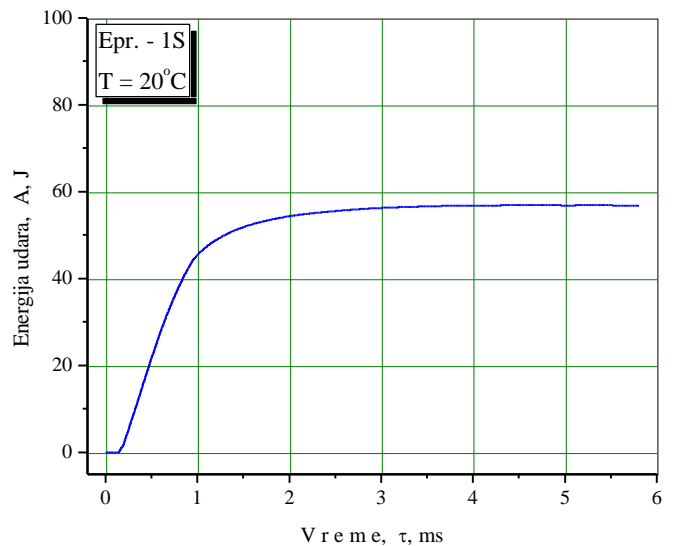
Oznaka epruvete	Temperatura ispitivanja, $^{\circ}\text{C}$	Ukupna energija udara, A_{uk} , J	Energija stvaranja prsline, A_I , J	Energija širenja prsline, A_P , J
Epr-1S	20	57	21	36
Epr-2S		47	20	27
Epr-3S		35	18	17
Epr-1N	-20	16	12	4
Epr-2N		14	11	3
Epr-3N		19	13	6

Ispitivanjem na instrumentiranom klatnu sa osciloskopom su dobijeni dijagrami sila - vreme i energija - vreme, koji su omogućili analizu uticaja temperature na ukupnu energiju udara A_{uk} , i njene komponente, energiju stvaranja prsline A_I i energiju širenja prsline A_P .

Tipični dijagrami sila - vreme i energija - vreme dobijeni ispitivanjem Šarpi epruveta izvađenih iz dostavljenog uzorka čeličnog lima prikazani su na slici 4.1.12.4 za eprvetu oznake Epr-1S ispitivanu na sobnoj temperaturi, i slici 4.1.12.5 za eprvetu oznake Epr-1N ispitivanu na -20°C . Ostali dijagrami ispitivanja nisu prikazani jer pokazuju sličan karakter ponašanja materijala.

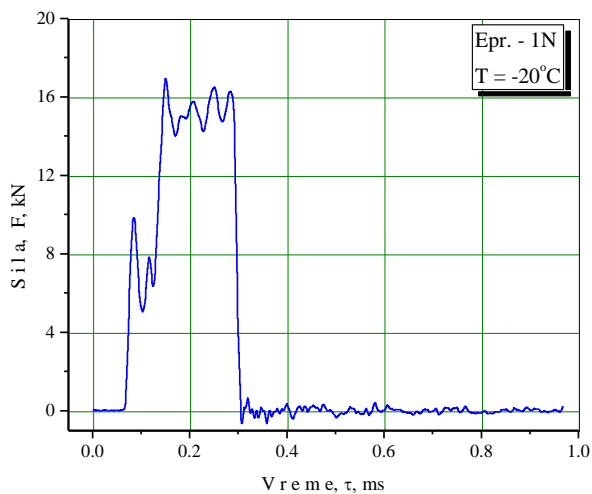


a) sila - vreme

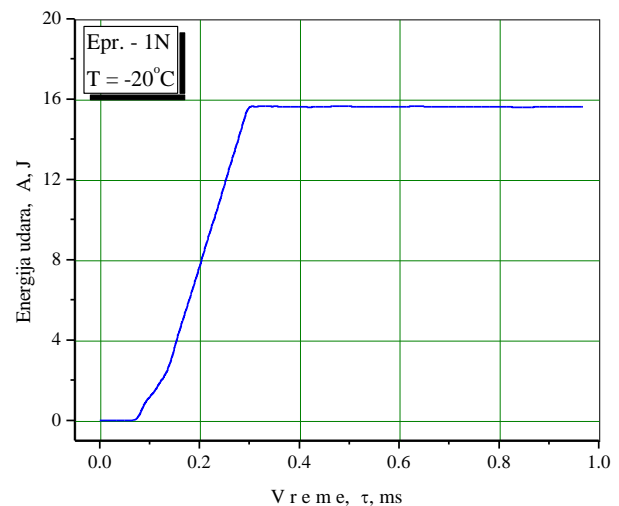


b) energija – vreme

Slika 4.1.12.4 Dijagrami dobijeni udarnim ispitivanjem epruvete Epr-1S



a) sila – vreme



b) energija – vreme

Slika 4.1.12.5 Dijagrami dobijeni udarnim ispitivanjem epruvete Epr-1N

Na osnovu urađenog hemijskog sastava i određenih mehaničkih osobina dostavljenog uzorka čeličnog lima može se konstatovati sledeće:

1. Hemijski sastav ispitivanog uzorka odgovara hemijskom sastavu čelika oznake Č.0481 (Č.0561) prema standardu SRPS C.B0.500 (SRPS EN 10025).
2. Mehaničke osobine (zatezne i udarne osobine) zadovoljavaju standardom propisane vrednosti za čelik oznake Č.0481 (Č.0561) prema standardu SRPS C.B0.500 (SRPS EN 10025).

Generalno, ispitivani uzorak čeličnog lima u potpunosti zadovoljava standardom propisane vrednosti za čelik oznake Č.0481 (Č.0561) prema standardu SRPS C.B0.500 (SRPS EN 10025).

4.2 Eksperimentalna provera tehničkog modula održavanja sistema dizaličnog transporta na ulaznoj građevini HE Đerdap1

Sistem dizaličnog transporta na ulaznoj građevini „HE Đerdap 1” Kladovo čine dve identične portalne dizalice – čistilice nosivosti 25 t, raspona između nogu 4m, koje opslužuju rešetke ulazne građevine HE Đerdap 1, kao i vodeni prostor neposredno ispred rešetke. Sistem dizaličnog transporta na ulaznoj građevini HE Đerdap 1 u Kladovu prikazan je na slici 4.2.1.



Slika 4.2.1 Sistem dizaličnog transporta na ulaznoj građevini HE Đerdap 1

Portalne dizalice izrađene su 1969 godine, prema tada važećim propisima HTZ o radu na dizalicama, dimenzionisane su prema JUS i VDE propisima, i svrstane su u laku pogonsku klasu prema tadašnjem JUS M.D1.020.

Osnovni delovi portalne dizalice su noseća konstrukcija dizalice, kolica dizalice sa mehanizmom za dizanje tereta, kao i voznog podstroja – mehanizama za vožnju portala.

Noseća konstrukcija portalnih dizalica sastoji se od dva glavna nosača sa gazištima, i dve identične noge izvedene u obliku ćiriličnog slova P, kao i noseće konstrukcije mehanizama za vožnju portalnih dizalica.

Kolica dizalice sastoje se od noseće ramne konstrukcije na kojoj je oslonjen polužni mehanizam u obliku slova A sa koturovima koji predstavlja deo mehanizma dizanja, kao i mehanizam za horizontalno pomeranje kolica koji se sastoji od pogonske grupe, zavojnog vretena i navrtke, čijim se okretanjem ostvaruje pomeranje kolica dizalica. Pogonski doboš za dizanje tereta zajedno sa elektromotorom i reduktorom nalazi se smešten u kućici unutar nogu dizalice, u kojoj je smeštena i kompletna elektrooprema dizalice.

Osnovni tehnički podaci portalnih dizalica su:

Nosivost:		250 kN
Raspon portala:		4 m
Prepust:		4 m
Brzine radnih kretanja:	dizanje	14/28 m/min
	vožnja mačke	0,8 m/min
	vožnja portala	15/30 m/min
Prenosni odnos reduktora:	dizanje	82
	vožnja mačke	16,2
	vožnja portala	110,2
Visine dizanja:	ispod kote 72,50 m	43,3 m
	iznad kote 72,50 m	8,2 m
	ukupno	51,5 m
Uređaj za čišćenje:	hidraulički grajfer tipa „POLIP“	
Upravljanje dizalicom:	iz kabine dizalice.	
Električno napajanje:	3x380/220 V; 50 Hz	
Način napajanja:	pomoću elastičnog kabla, utikačke kutije postavljene na sredini fronta koji svaka od čistilica opslužuje.	
Snage elektromotora:	dizanje 25 t	sa ručnim preklapanjem
	dizanje 12,5 t	80 kW
	vožnja mačke	3,4 kW

	vožnja portala	2 x 7/5 kW
Meteorološki uslovi:	temperatura	-25 ÷ +45 °C
	vlažnost vazduha	50 ÷ 90 %
	brzina vetra	3 ÷ 5 m/s (max 38 m/s)

Noseća konstrukcija portalnih dizalica sastoji se od portala i dva glavna nosača kutijastog tipa. Limovi od kojih je izrađena noseća konstrukcija su kvaliteta Č.0461 po JUS C.B0.501, ili St 42.2 prema DIN 17100. Na glavnim nosačima je sa spoljnje strane smeštena pešačka staza koja je konzolno pričvršćena, i patosana rebrastim limom. Sa spoljašnjih strana staze su zaštićene ogradom izrađenom od cevi.

Glavni nosači su sa nogama portala spojeni prednapregnutim vijcima. Noge portala su takođe zavarene izvedbe, u obliku kutijastih nosača.

Ram kolica izrađen je kao zavarena kruta konstrukcija od limova, koja prenosi opterećenje bez velikih deformacija.

Glavni mehanizmi dizanja tereta sastoje se od sledećih elemenata: pogonski elektromotor, elastična spojnica sa kočnim kolutom, kočnica, reduktor, doboš, ležaj doboša, koturače, čelična užad.

Mehanizam za kretanje kolica sastoji se od pogonskog elektromotora, elastične spojnice sa kočnim kolutom, kočnice, reduktora, zavojnim vretenom i navrtkom, čijim se obrtanjem ostvaruje pomeranje kolica sa točkovima.

Mehanizam za kretanje dizalice izveden je sa dva nezavisna centralna pogona koji se sastoje od po jednog elektromotora, centralnog reduktora, i po još jednog reduktora na svakom točku dizalice. Iz centralnog reduktora izlazi centralno vratilo sa spojnicama, koje se pruža prema redutorima koji se nalaze na točkovima dizalice. Pogoni su postavljeni na naspramnim stranama čeonih nosača dizalice (obalskoj i rečnoj), u pravcu Dunava.

Elastične spojnice, i elastične spojnice sa kočnim kolutima su livene konstrukcije, sa elastičnim gumenim umetcima. Kod spojnica sa kočnim kolutom pogonski deo spojnice izliven je zajedno sa kolutom.

Kočnice su sa dve papuče, zavarene izvedbe. Papuče su pomerljive u svom ležištu što olakšava podešavanje. Obloge papuča su izrađene od ferodo-azbesta. Funkciju kočenja obavljaju kočne opruge koje su ili prigradene kočnici, ili su ugrađene u elektrohidraulični potiskivač. Funkciju otkočivanja obavlja elektrohidraulični potiskivač.

Doboši su zavarene izvedbe od čeličnog lima i livenog čelika. Na obodu doboša narezani su zavojni levi i desni žlebovi za namotavanje čelične užadi na obe strane doboša u jednom sloju. Pogon doboša vrši se preko zupčanika direktno sa reduktora. Doboš je uležišten na kotrljajnim ležištima. Pogon doboša za kabl je ostvaren reduktorskim prenosom od vratila doboša za dizanje. Brzina spuštanja kabla je ista kao i brzina spuštanja organa za vešanje. Pogon doboša za kabl ima sigurnosni uređaj koji sprečava kidanje kabla u slučaju da se isti zakači za bilo kakav predmet u niši rešetke, a takođe i

uređaj pomoću koga se doboš za kabl može isključiti iz pogona kada dizalica radi bez uređaja za čišćenje – grajfera.

Gornja i donja koturača sastoje se od koturova na kotrljajnim ležištima, koji su montirani na nosače. Kućišta reduktora su potpuno zatvorene konstrukcije sa svim potrebnim poklopcima, odušcima i mazalicama. Kućišta su zavarene izvedbe. Sva ležišta reduktora su kotrljajna.

Točkovi kolica i dizalice okreću se na kotrljajnim valjkastim ležajima. Izrađeni su od specijalnog legiranog livenog čelika. Površina naleganja točkova je plameno kaljena.

Kabl doboš koji je ugrađen na čenim nosačima dizalice služi za napajanje dizalice.

Kabina rukovaoca smeštena je na nozi portala uz prepust. Izrađena je od savijenog lima karoserijske izvedbe. Kabina je zatvorena staklenim prozorima u gumenim okvirima, snabdevena je stolicom i alarmnim zvonom. U komandnoj kabini dizalice ugrađena je aparatura za komandovanje radom grajfera, jer su na grajferima postavljeni uređaji za proizvodnju ulja pod pritiskom i elektromotori.

Na dizalici je rele opterećenja koji će mehanizam za dizanje isključiti iz pogona čim opterećenje pređe veličinu od 25 % iznad nominalnog (pri dizanju), odnosno čim opterećenje na organu za vešanje bude iznosilo 1,0 t pri spuštanju tereta. Najmanje opterećenje pri spuštanju iznosi 1,7 t – težina grajfera tipa „POLIP”.

Graničnici krajnjih položaja predviđeni su za krajnje položaje organa za vešanje, krajnje položaje hoda mačke, i krajnje položaje hoda dizalice. U kabini dizalice postavljeni su i pokazivači položaja organa za vešanje. Predviđeno je i blokiranje koje će sprečiti sudare dizalica.

Kada je dizalica van pogona, ili kada duva orkanski vetar, upotrebljavaju se sidrena klješta za fiksiranje dizalica za šinu. Sidrena klješta su smeštena sa svake strane dizalice. Stezanje klješta obavlja se automatski, elektrohidrauličnim uređajem sa vremenskom zadržskom.

Težine elemenata portalne dizalice - čistilice

Noseća konstrukcija sa opremom:	43 t
Protivteg:	30 t
UKUPNO:	73 t

4.2.1. Mehanizam za dizanje

U cilju utvrđivanja stanja mehanizama za dizanje portalnih dizalica najpre je sprovedena detaljna vizuelna kontrola stanja svih podsklopova i elemenata ovih mehanizama. Od suštinskog značaja za ispravno funkcionisanje mehanizama za dizanje su: pogonski motor sa spojnicom i kočnicom, reduktor, doboš, gornja koturača, kotur za izravnjanje, uže, donja koturača sa zahvatnim uređajem, sistemi koturova na polužnom mehanizmu, polužni mehanizam, kao i mehanizam i doboš za napajanje pogona doboša. Podloge neophodne za ocenu potrebnih radova za poboljšanje stanja ovih mehanizama prikazane su na slici 4.2.1.1, na kojoj su uporedno prikazani karakteristični elementi mehanizma za dizanje rečne i obalne portalne dizalice - čistilice.

Obalna

Rečna







Slika 4.2.1.1 Vizuelna kontrola stanja mehanizama za dizanje rečne i obalne čistilice

Na osnovu vizuelne kontrole mehanizama za dizanje rečne i obalne portalne dizalice – čistilice zaključujemo da su mehanizmi za dizanje obe portalne dizalice – čistilice u približno istom stanju. Potreban nivo radova za sanaciju ovih mehanizama sa aspekta vizuelne kontrolne isti je za obe dizalice. Predlaže se izvođenje sledećih radova:

- Čišćenje kućišta reduktora mehanizama za dizanje spolja.
- Kod doboša mehanizama za dizanje treba izvršiti njegovo odmašćivanje, zatim odmašćivanje i podmazivanje ležaja doboša, kao i zamenu mazalice ležaja doboša ukoliko se za to ukaže potreba prilikom otvaranja i kontrole iste.
- Kod doboša za napajanje pogona doboša treba izvršiti čišćenje spolja.
- Treba izvršiti zamenu užadi i njihovo zamašćivanje.

Na veoma važnim podsklopovima mehanizama za dizanje tereta – gornjim koturačama sa koturima za izravnjanje, kao i donjim koturačama sa zahvatnim uređajima, i prevojnim koturovima na polužnom mehanizmu nije bilo moguće izvršiti vizuelnu kontrolu stanja elemenata, kao ni bilo koju vrstu funkcionalnih ispitivanja zbog nemogućnosti prilaza istim. S obzirom na značaj ovih elemenata za ispravan i siguran rad dizalica, smatramo da je neophodno da se prilikom izvođenja radova na sanaciji i modernizaciji obe portalne dizalice - čistilice obavezno sprovedu sledeći radovi:

- Gornja koturača sa koturom za izravnjanje, kao i prevojni koturovi: potrebno je izvršiti demontažu i ponovnu montažu svih koturova, odmašćivajne i pranje svih elemenata koturova, kao i odmašćivanje, pranje i podmazivanje svih ležajeva. Potrebno je izvršiti kontrolu stanja i funkcionalne ispravnosti ležajeva, i nakon toga izvršiti njihovu eventualnu zamenu na osnovu procene Izvođača radova. Takođe, potrebno je izvršiti kontrolu, i po potrebi zamenu svih mazalica radi poboljšanja funkcije podmazivanja.
- Kod donje koturače sa zahvatnim uređajem potrebno je takođe izvršiti demontažu i ponovnu montažu svih koturova, odmašćivajne i pranje svih elemenata koturače, kao i odmašćivanje, pranje i podmazivanje svih ležajeva. Potrebno je izvršiti kontrolu stanja i funkcionalne ispravnosti ležajeva, i nakon toga izvršiti njihovu eventualnu zamenu na osnovu procene izvođača radova.

Nakon vizuelne metode izvršena je provera projektovanih parametara elektromotora i reduktora mehanizama za dizanje portalnih dizalica analitičkim proračunom.

Radi provere ispravnosti proračuna urađeno je i funkcionalno merenje pogonske snage motora za dizanje tereta. Merenja snage elektromotora pogona dizanja izvršena su na obalnoj dizalici, za slučaj neopterećenog mehanizma za dizanje, kao i sa opterećenjem od 10,94 t, dok je na rečnoj čistilici obavljeno samo merenje bez tereta. Izmerene su veličine napona napajanja, kao i jačina struje, a snaga je proračunata na osnovu izmerenih veličina.

Rezultati merenja prikazani su u tabeli 4.2.1.1.

Tabela 4.2.1.1

	OBALNA	IZMERE NE VELIČINE		
Težina tereta	Vrsta pogona	Napon [V]	Struja [A]	P [KW]
Bez tereta	Kuka dole	380	35	18,4
Sa teretom 10,94 t	Kuka dole	380	140	73,7
Bez tereta	Kuka gore	380	40	21,1
Sa teretom 10,94 t	Kuka gore	380	122	64,2
	REČNA	IZMERE NE VELIČINE		
Bez tereta	Kuka dole	380	33	17,4
Bez tereta	Kuka gore	380	40	21,1

Na osnovu prikazanih rezultata, uz pretpostavku da se snaga linearno menja sa povećanjem opterećenja, možemo zaključiti da bi za podizanje tereta od 12,5 t pri većoj brzini bilo utrošeno 77 kW, čime se potvrđuje ispravnost analitičkog proračuna, i izbora motora. Na ovom mestu moramo konstatovati sledeće utvrđene činjenice. Projekat dizalice urađen od strane isporučioaca dizalice “METALNA” Maribor navodi dve brzine dizanja pri nosivostima od 25 t 14 m/min, a pri nosivostima 12,5 t 28 m/min. Upravljanje dizanjem i spuštanjem tereta izvedeno je sa četiri brzine. Kod obalne dizalice, prilikom pogona na dole ne rade prva i četvrta brzina, dok se prilikom podizanja tereta od 10,94 t u prvoj i drugoj brzini pojavilo propadanje tereta, tj. mehanizam za podizanje ne može da podigne teret od 10,94 t u prve dve brzine. Kod rečne dizalice, prilikom pogona na dole ne rade prva i druga brzina. Problem je u načinu vezivanja elektro komponenti i mora biti rešen u glavnom elektrotehničkom projektu.

Na osnovu izvršenih vizuelnih kontrola, analitičke metode proračuna, kao i izvedenih funkcionalnih merenja pogonske snage, možemo konstatovati da je postojeći pogonski sistem mehanizma za dizanje čistilica ispravno izabran i u ispravnom je stanju. Predlažemo da se prilikom revitalizacije ne menja postojeći pogonski sistem za dizanje zbog činjenice da se sa postojećim grajferom tipa “POLIP” ne može podizati teret teži od 5 t. Vibrodijagnostika ležaja reduktora je izvršena na obalnoj i rečnoj dizalici. Ona je izvedena sa opremom National Instrument (USA) i Mikroelektronika Beograd. Detaljan izveštaj biće prikazan u prilogu C. Na osnovu merenja vibracija možemo zaključiti da je ceo sklop reduktora (ležajevi, zupčanici, vratila i dr.) u dopuštenim granicama po pitanju vibracija, odnosno svi njegovi elementi nemaju oštećenja.

4.2.2. Kolica mehanizma za dizanje

Kolica mehanizma za dizanje obe dizalice sastoje se od sledećih sastavnih podsklopova i elemenata: noseća konstrukcija kolica (glavni nosači kutijastog preseka, čeonni nosači sa točkovima), točkovi (4 komada), elektromotor sa reduktorom i spojnicama, i centralno zavojno vreteno sa navrtkom. Za utvrđivanje stanja svih opisanih elemenata kolica najpre je sprovedena vizuelna kontrola stanja noseće konstrukcije, njenih veza, i opreme kolica. Karakteristična zapažanja prikazana su na slici 4.2.2.1, na kojoj su uporedno prikazane iste pojave na obe dizalice – rečnoj i obalnoj.

Obalna



Rečna



Slika 4.2.2.1 Stanje karakterističnih elemenata konstrukcije kolica rečne i obalne dizalice – čistilice

Na osnovu vizuelne kontrole stanja noseće konstrukcije kolica mehanizama za dizanje na obe dizalice (rečna i obalna), zaključujemo da je stanje glavnih nosača i čeonih nosača sa točkovima zadovoljavajuće, te na njima nije potrebno preduzimati radove na sanaciji, a neophodno je uraditi AKZ zaštitu noseće konstrukcije spolja. Takođe, vizuelnom kontrolom zaključujemo da je stanje vijčanih i zavarenih veza na elementima noseće konstrukcije kolica mehanizama za dizanje na obe dizalice zadovoljavajuće, te nije potrebno preduzimati radove na sanaciji – poboljšanju navedenih veza, izuzev već navedene AKZ zaštite, pre koje je neophodno izvršiti čišćenje veznih mesta. Nakon toga, potrebna je detaljna provera svih vijčanih veza, i, ukoliko se za tim ukaže potreba, pristupi

zamenu eventualno oštećenih vijaka. Centralna zavojna vretena sa navrtkama na obe dizalice su izuzetno zaprljana. Prilikom izvođenja radova na modernizaciji portalnih dizalica – čistilica, potrebno je očistiti oba centralna zavojna vretena. Kontrola ležajeva točkova kolica portalnih dizalica – čistilica nije izvršena prilikom vizuelnog pregleda zbog nemogućnosti pristupa točkovima. Prilikom radova na revitalizaciji dizalica potrebno je izvršiti demontažu točkova, kontrolu ležajeva, i prema potrebi treba izvršiti zamenu eventualno neispravnih ležajeva točkova. Nakon vizuelne kontrole podsklopova i elemenata konstrukcije i opreme smeštene na kolicima mehanizama za dizanje tereta sprovedena je provera projektovanih parametara elektromotora i reduktora mehanizama za kretanje kolica portalnih dizalica - čistilica analitičkim proračunom.

Radi potvrde ispravnosti proračuna urađeno je i funkcionalno merenje pogonske snage motora za kretanje dizalica. Merenja snage elektromotora pogona kretanja kolica izvršena su na obalnoj dizalici, za slučaj neopterećene dizalice, kao i sa opterećenjem od 10,94 t, dok je na rečnoj čistilici obavljeno samo merenje bez tereta. Izmerene su veličine napona napajanja, kao i jačina struje, a snaga je proračunata na osnovu izmerenih veličina. Rezultati merenja prikazani su u tabeli 4.2.2.1.

Tabela 4.2.2.1 Rezultati merenja

	OBALNA	IZMERE NE VELIČINE		
Težina tereta	Vrsta pogona	Napon [V]	Struja [A]	P [KW]
Bez tereta	Kolica uzvodno	380	3,2	1,68
Sa teretom 10,94 t	Kolica uzvodno	380	3,3	1,74
Bez tereta	Kolica nizvodno	380	3,2	1,68
Sa teretom 10,94 t	Kolica nizvodno	380	3,3	1,68
	REČNA	IZMERE NE VELIČINE		
Bez tereta	Kolica uzvodno	380	3,2	1,68
Bez tereta	Kolica nizvodno	380	3,2	1,68

Na osnovu izmerene jačine struje pri pokretanju opterećene dizalice sa 10,94 t, uz pretpostavku da se snaga linearno menja sa povećanjem opterećenja, možemo zaključiti da bi za pokretanje kolica pod punim opterećenjem od 25 t bilo potrebno 3,6 kW, što potvrđuje saglasnost sa proračunom i izborom pogonske grupe. Na osnovu izvršenih vizuelnih kontrola, analitičke metode proračuna, kao i izvedenih funkcionalnih merenja pogonske snage, možemo konstatovati da je postojeći pogonski sistem mehanizma za pogon vožnje kolica čistilica ispravno izabran, i u ispravnom je stanju.

4.2.3. Mehanizam za kretanje dizalice

Mehanizmi za kretanje obe dizalice – čistilice, sastoje se od sledećih sastavnih podsklopova i elemenata: noseća konstrukcija koja se sastoji od “čeonih” nosača sa točkovima, točkovi (ukupno 4 točka po svakoj dizalici), dve razdvojene pogonske grupe – elektromotori sa reduktorom, kočnicom i spojnicom (ukupno dva kompleta po dizalici), i nezavisnim kočionim sistemom – kleštima, koja služe za zadržavanje krana u stanju mirovanja – neradnom stanju pri dejstvu udara vetra. Za utvrđivanje stanja svih opisanih elemenata mehanizama za pogon vožnje portalnih dizalica, najpre je sprovedena vizuelna kontrola stanja noseće konstrukcije, njenih veza, i opreme mehanizama. Karakteristična zapažanja prikazana su na slici 4.3.3.1, na kojoj su uporedno prikazane iste pojave na obe čistilice – rečnoj i obalnoj.

Obalna



Rečna



Slika 4.2.3.1 Vizuelna kontrola stanja elemenata pogonskih mehanizama za vožnju čistilica

Vizuelnim pregledom utvrđeno je da je stanje mehanizama za kretanje čistilice približno isto i kod rečne i kod obalne dizalice. Kao što se na slici 4.2.3.1 može videti, oba pogona vožnje kod svake čistilice su centralna, sa elektromotorom i centralnim reduktorom smeštenim na sredini raspona kрана. Iz centralnog reduktora se na obe strane pružaju dva centralna pogonska vratila sa spojnicama, koji prenose obrtni moment prema točkovima čistilica. Na mestima svakog točka postoji po jedan vertikalni reduktor u koji ulazi svako centralno vratilo. Stanje ovih elemenata vizuelno je zadovoljavajuće.

Na slici 4.2.3.2 prikazani su elementi napajanja električnom energijom portalnih kranova – čistilica. Elementi napajanja sastoje se od elektromotora za pogon namotavanja kabla koji ima snagu od 24/10 kW, i koji pokreće kabl doboš na koji se namotava (odmotava) napojni fleksibilni kabl. Prilikom vizuelnog pregleda, kao i u toku probnog rada čistilica, primećeno je da se fleksibilni kabl često uvrće, zaglavljuje, tj. zateže se, spada sa koturova, što ukazuje na zahtev za rekonstrukciju, ili još bolje, potpunu zamenu sistema napajanja portalnih dizalica – čistilica.



Slika 4.2.3.2 Napajanje čistilica

Na slici 4.2.3.3 prikazana je vizuelna kontrola uležištenja točkova kolica, prilikom koje su izmereni zazori u ležajevima točkova.

Obalna



Rečna



Slika 4.2.3.3 Provera ležajeva točkova

Vizuelnom kontrolom utvrđeno je da su svi ležajevi proizvođača FAG. Nakon izvršenih merenja zazora i veličina izlaska buričastih elemenata iz ležajeva, konstatujemo da su svi ležajevi u odličnom stanju. Zazori u svim ležajevima su u dopuštenim granicama. Kvalitet i stanje ležajeva je prihvatljivo za dalju eksploataciju dizalice, pa u tom smislu nije potrebna njihova zamena.

Posle vizuelne kontrole stanja mehanizama za pogon kretanja portalnih dizalica, izvršeno je merenje opterećenja točkova portalnih dizalica - čistilica, što je prikazano na slici 4.2.3.4. Merenje je izvršeno

dinamometrima firme HBM, Nemačka, i akvizicijaja rezultata sa uređajem Compact DAQ firme National Instrument, USA. Rezultati merenja opterećenja točkova poslužice za tačno određivanje težine portalnih dizalica.

Obalna



Rečna

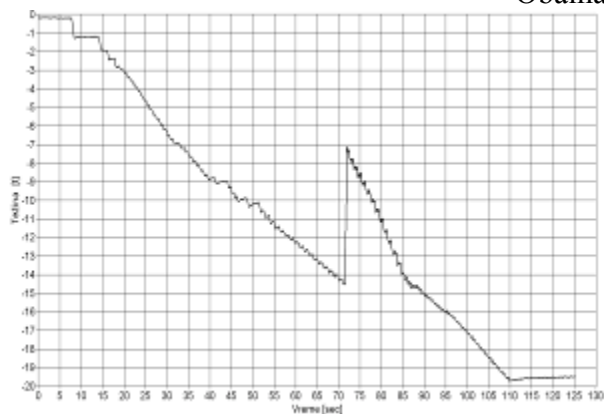


Slika 4.2.3.4 Merenje opterećenja točkova

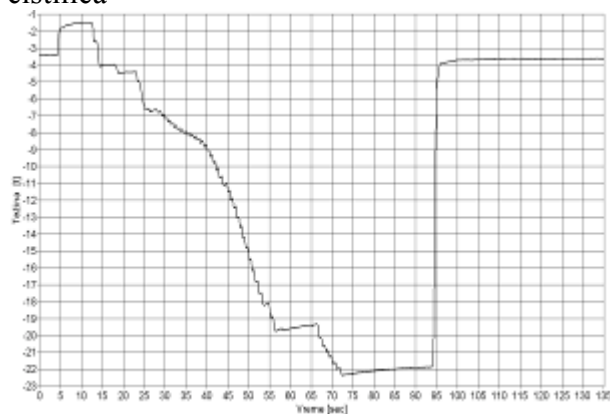
Oprema koja je korišćena je oprema proizvođača Enerpack - hidrocilindri sa ručnim uvođenjem pritiska.

Rezultati merenja opterećenja točkova portalnih kranova prikazani su na sledećim dijagramima, na slici 4.2.3.5 za obalnu dizalicu, a na slici 4.2.3.6 za rečnu čistilicu.

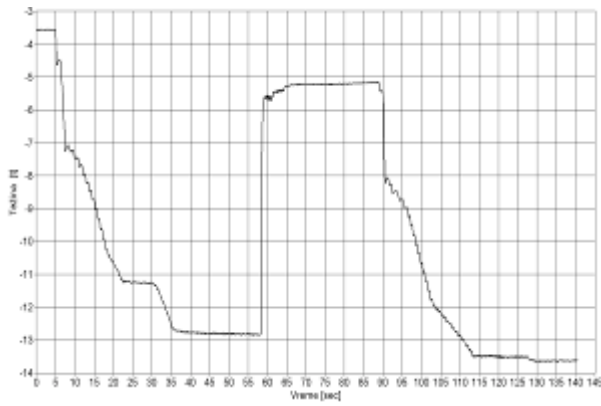
Obalna čistilica



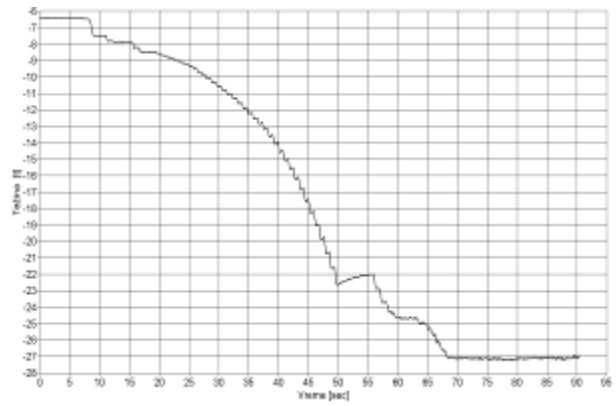
1-Srbija, nizvodno



2-Rumunija, nizvodno

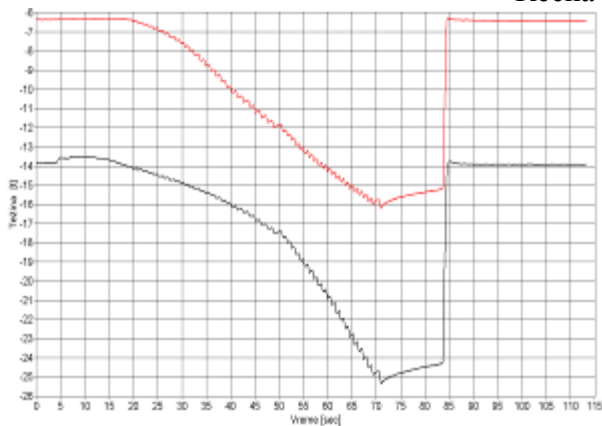


3-Rumunija, uzvodno

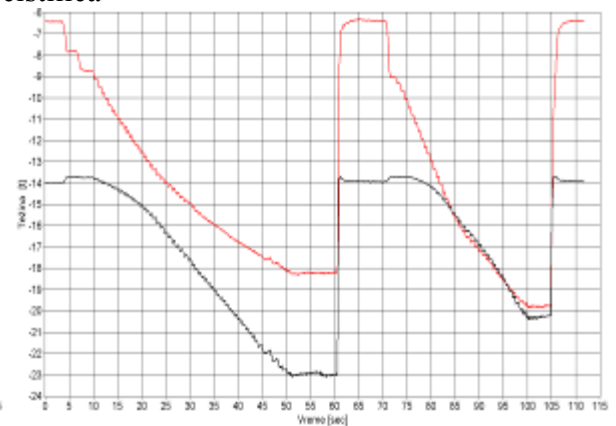


4-Srbija, uzvodno

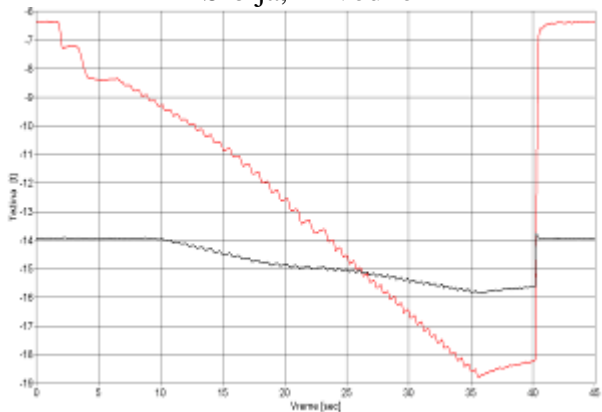
Slika 4.2.3.5 Dijagrami merenja opterećenja na točkovima, obalna čistilica
Rečna čistilica



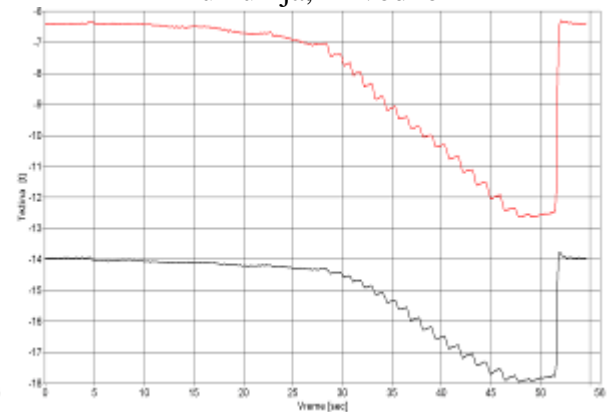
1-Srbija, nizvodno



2-Rumunija, nizvodno



3-Rumunija, uzvodno



4-Srbija, uzvodno

Slika 4.2.3.6 Dijagrami merenja opterećenja na točkovima, rečna čistilica

Rezultati merenja prikazani su i u tabeli 4.2.3.1.

Tabela 4.2.3.1

Težine na točkovima (t)	Obalna	Rečna
1-Srbija, nizvodno	19,5	22
2-Rumunija, nizvodno	18,5	22,5
3-Rumunija, uzvodno	9,2	14
4-Srbija, uzvodno	21,5	10
SUMA	68,7	68,5

Rezultati merenja pokazuju da su obe portalne dizalice – čistilice istih težina, kao i da su izmerene težine portalnih dizalica – čistilica približno odgovarajuće projektovanim. Poredeći veličine opterećenja po točkovima kod obalne i rečne čistilice, primećuju se razlike u raspodeli opterećenja. Ova razlika naročito je izražena kod točkova na uzvodnoj strani obe dizalice. Navedene razlike u opterećenjima po točkovima na pogonskim stranama dizalica kao posledicu imaju nejednak utrošak snage na pogonima iste dizalice, što uzrokuje pojavu zakošenja dizalica, a samim tim i otežano funkcionisanje prilikom premeštanja i neopterećenih i opterećenih dizalica.

Nastala razlika u pritiscima na točkove može se objasniti sledećim razlozima:

1. Prilikom izrade i/ili montaže dizalica došlo je do odstupanja u projektovanoj geometriji, i dužinama pojedinih elemenata nogu dizalica. Na taj način dolazi do pomeranja težišta težina elemenata konstrukcije dizalica, i kao posledica toga i do preraspodele opterećenja po točkovima dizalica.
2. Kranska staza dizalica sa kranskom šinom ima odstupanja po visini i pravcu, pa u zavisnosti od položaja dizalica takođe dolazi do preraspodele opterećenja po točkovima.

Vizuelnom kontrolom točkova portalnih kranova - čistilica utvrđeno je da su oni u zadovoljavajućem stanju. Vizuelnom kontrolom izvršeno je utvrđivanje stanja kočionog sistema koji ima ulogu da zadrži dizalicu na šinama u neradnom stanju, tj. da spreči njeno bočno pomeranje-podizanje pod uticajem vetra. Stanje kočionih sistema – klješta za parkiranje i rečne i obalne dizalice prikazano je na slici 4.2.3.1. Vizuelnom kontrolom utvrđeno je da su kočioni sistemi – klješta za parkiranje kod obe dizalice u funkcionalnom stanju. Prilikom izvođenja radova na revitalizaciji dizalica potrebno je izvršiti njihov remont. Nakon vizuelne kontrole podsklopova i elemenata konstrukcije i opreme mehanizama za kretanje portalnih dizalica, kao i nakon izvršenih funkcionalnih merenja i eksperimentalnih metoda utvrđivanja stanja vitalnih elemenata mehanizama za vožnju dizalica, sprovedena je provera projektovanih parametara elektromotora i reduktora mehanizama za kretanje portalnih dizalica analitičkim proračunom. Na osnovu izvršenog proračuna može se konstatovati sledeće:

3. Postojeći elektromotori nisu dobro izabrani, jer potrebna snaga prevazilazi vrednost nominalne snage izabranih elektromotora, pa je potrebno usvojiti nove elektromotore .
4. Uslov ispravnosti izbora reduktora je na granici dopuštenih vrednosti, pa je potrebno promeniti reduktore.

Radi potvrde ispravnosti analitičkog proračuna, sprovedeno je i funkcionalno merenje pogonske snage motora za kretanje dizalica. Merenja snage elektromotora pogona kretanja kolica izvršena su na obalnoj dizalici, za slučaj neopterećene dizalice, kao i sa opterećenjem od 10,94 t, dok je na rečnoj čistilici obavljeno samo merenje bez tereta. Izmerene su veličine napona napajanja i jačina struje, a snaga je proračunata na osnovu izmerenih vrednosti. Rezultati merenja prikazani su u tabeli 4.2.3.2.

Tabela 4.2.3.2

Težina tereta	OBALNA	IZMERE NE VELIČINE		
	Vrsta pogona	Napon [V]	Struja [A]	P [KW]
Bez tereta	Motor obalni, obe brzine	380	6,6	3,82
Bez tereta	Motor rečni – mala brzina	380	24	12
Bez tereta	Motor rečni – velika brzina	380	13	7,53
Sa teretom 10,94 t	Motor obalni, obe brzine	380	6,8	3,94
Sa teretom 10,94 t	Motor rečni – mala brzina	380	24	12
Sa teretom 10,94 t	Motor rečni – velika brzina	380	13	7,53
	REČNA	IZMERE NE VELIČINE		
Bez tereta	Motor obalni, obe brzine	380	6,8	3,94
Bez tereta	Motor rečni – mala brzina	380	7,2	3,6
Bez tereta	Motor rečni - velika brzina	380	6,5	3,76

Na osnovu izvršene analitičke metode proračuna, kao i izvedenih funkcionalnih merenja pogonske snage, može se konstatovati sledeće:

Izmerene veličine jačine struje na rečnoj dizalici bez tereta su saglasne sa proračunom snage elektromotora. Izmerene vrednosti jačina struja na obalnoj dizalici su neobjašnjive. Nominalna jačina struje na ugrađenim elektromotorima iznosi 15,3 A (podatak upisan na pločicu elektromotora od strane proizvođača), dok je u razvodnom ormanu dizalice samo na mestu rečnog motora obalne dizalice ugrađen osigurač jačine 24 A. Na svim drugim motorima pogona vožnje čistilice ugrađeni su osigurači jačine 16A.

Na osnovu svega iznetog, smatramo da je postojeće stanje neodrživo, predlaže se uvođenje jedinstvenog sklopa motor-reduktor vertikalne izvedbe na svakom točku i kod rečne i kod obalne portalne dizalice - čistilice. Novi pogonski sklop motor-reduktor treba da ostvari frekventno regulisanu brzinu kretanja dizalica 32 m/min, i treba da ostvari nominalnu snagu od 5 kW po svakoj pogonskoj grupi (ukupno četiri na svakoj dizalici). Reduktori treba da budu odgovarajućeg prenosnog odnosa da na izlaznom vratilu obezbede broj obrtaja točka od $n_t=14,55$ o/min.

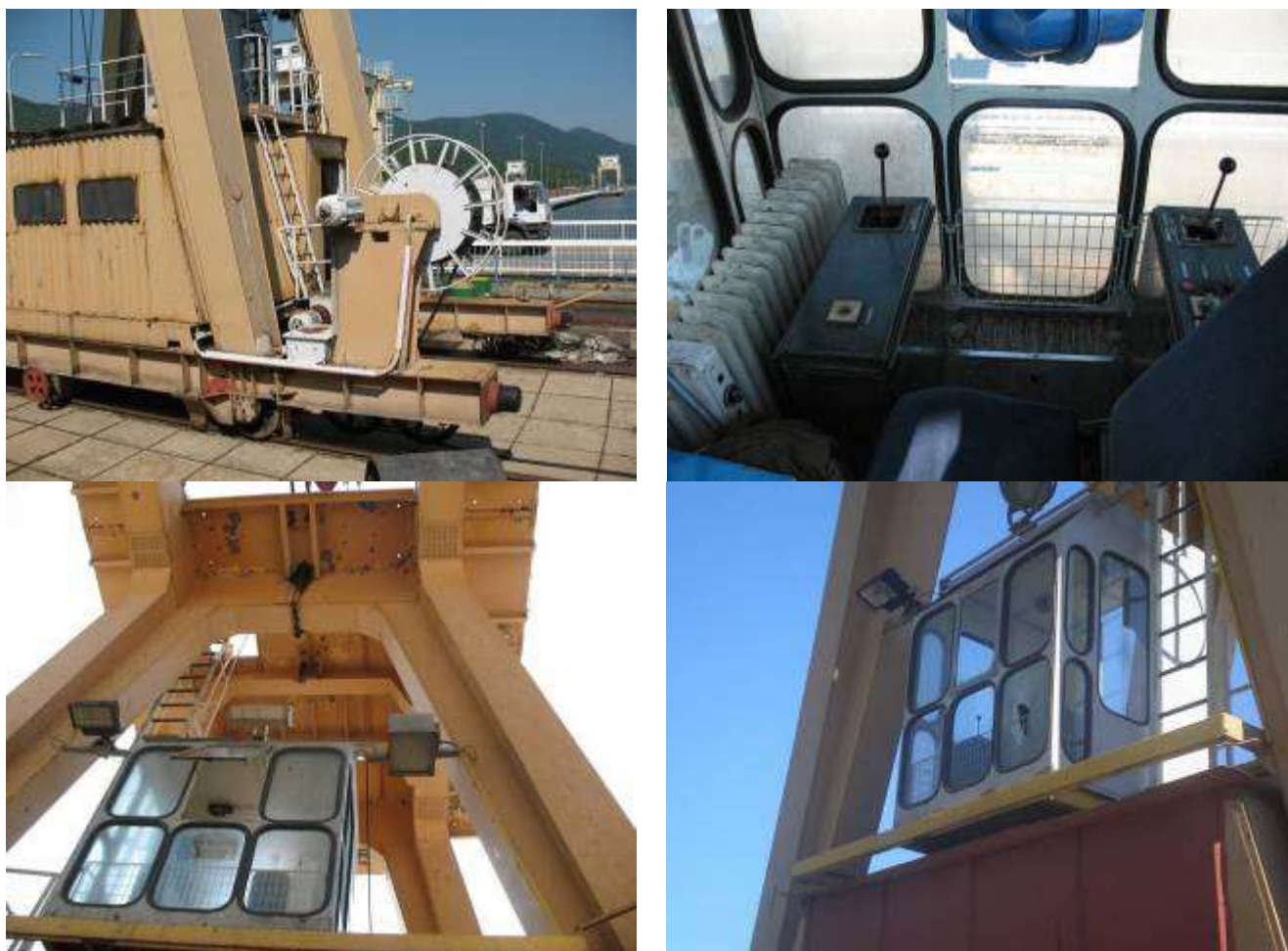
4.2.4. Noseća konstrukcija portalne dizalice - čistilice

Glavni nosači portalnih dizalica su zavarene izvedbe od čeličnih limova kvaliteta S275. Unutrašnjost glavnih nosača je ispunjena horizontalnim i vertikalnim ukrućenjima – rebrima čime se sprečavaju izbočavanja limova. Na glavnim nosačima su postavljene šine za kretanje kolica. Sastavni delovi glavnih nosača su i pešačke platforme – gazišta radi servisiranja kolica sa mehanizmima dizanja.

Rečna + Obalna







Slika 4.2.4.1 Vizuelna kontrola stanja nosećih konstrukcija čistilica

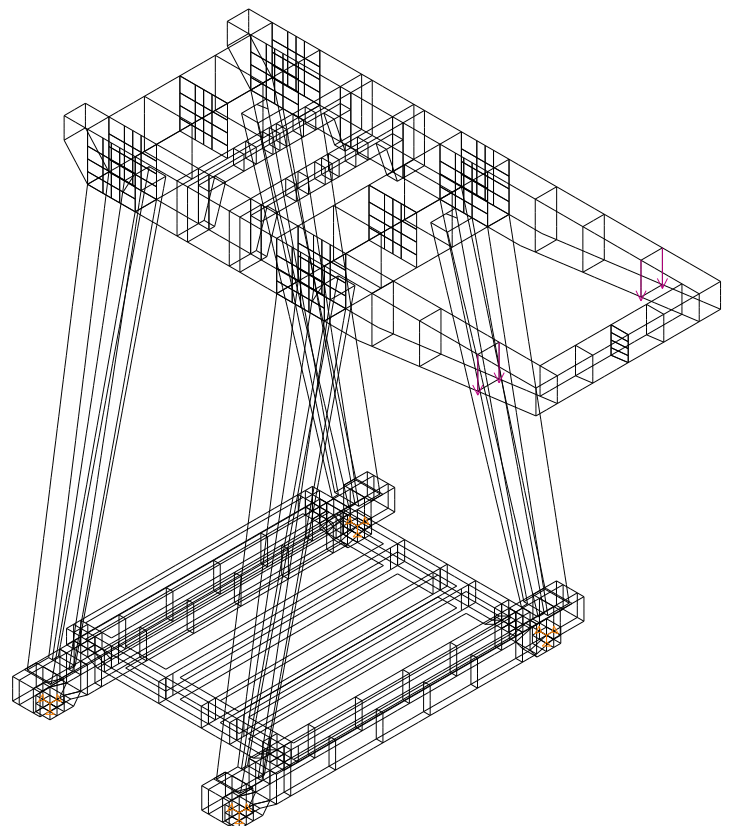
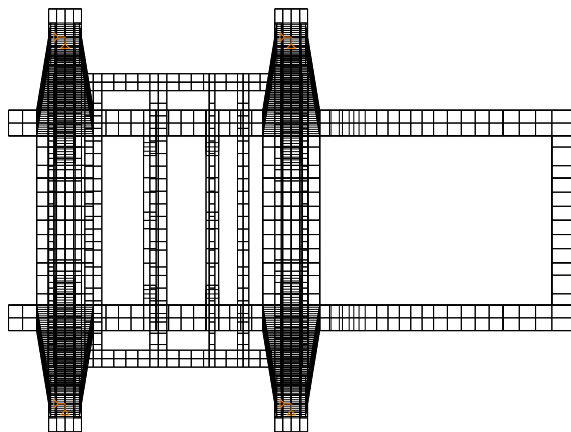
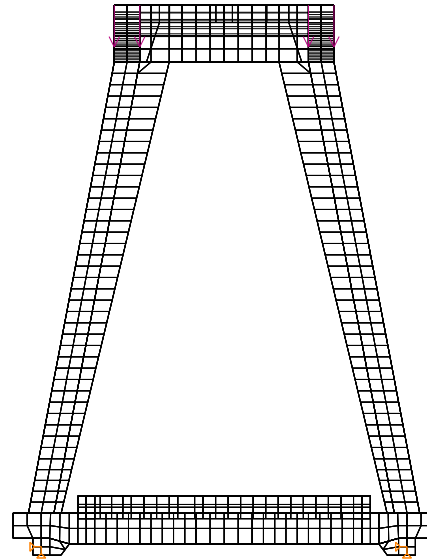
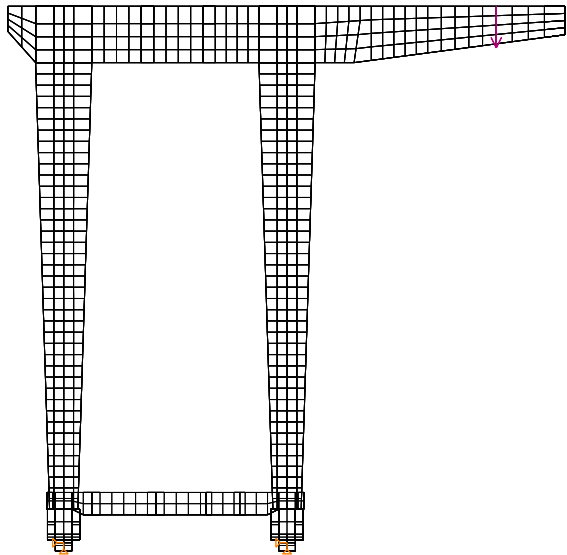
Najpre je sprovedena vizuelna kontrola stanja spoljašnjosti noseće konstrukcije portalnih dizalica, što je pokazano na slici 4.2.4.1. Vizuelnom kontrolom svih vijčanih veza na nosećoj konstrukciji konstatovana je njihova ispravnost.

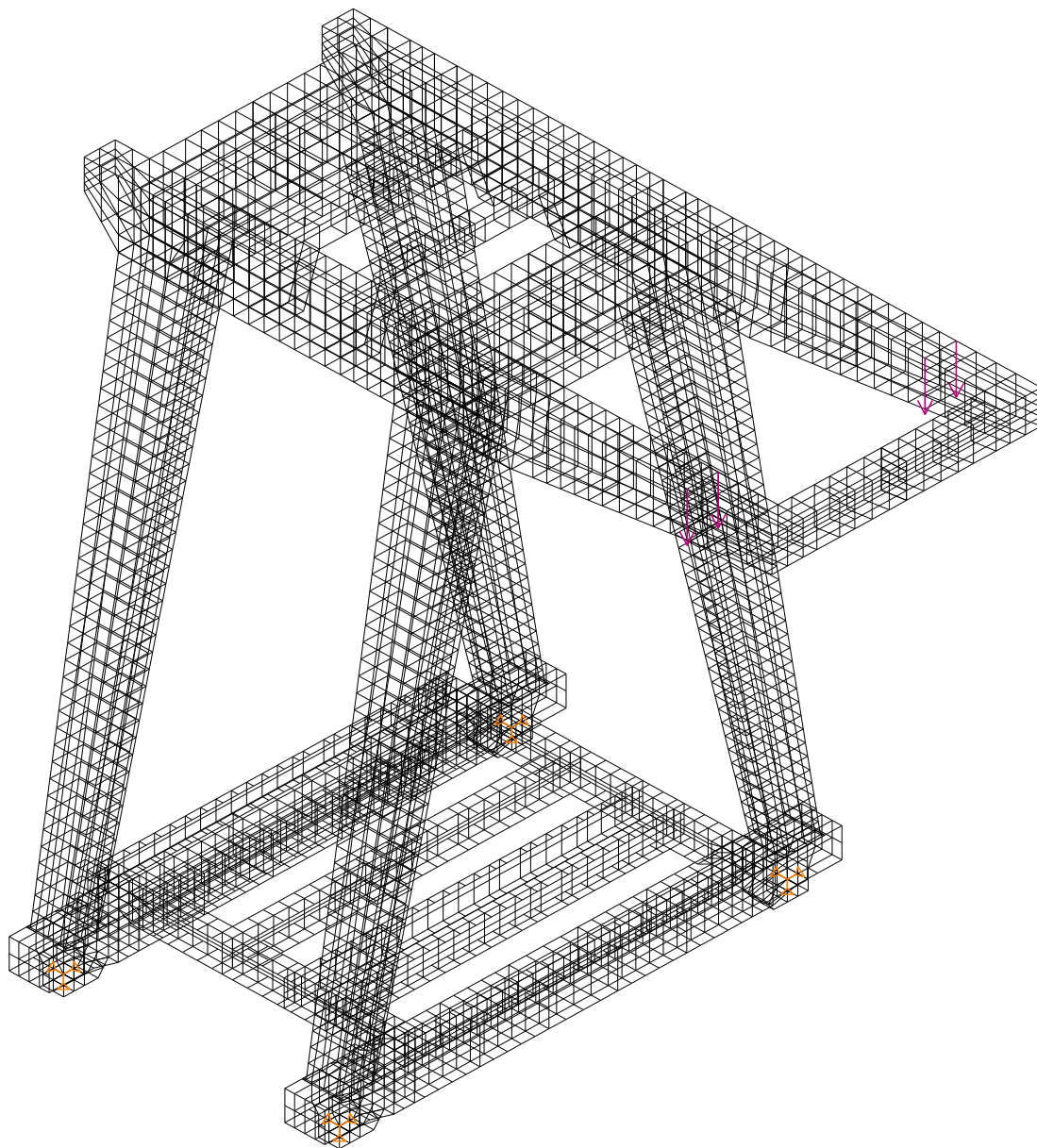
Izvršena je i vizuelna kontrola zavarenih spojeva na nosećoj konstrukciji kojom nisu utvrđene nepravilnosti ovih spojeva. Kabina rukovaoca je tehnički ispravna, pregledna i na dobroj poziciji. Na osnovu vizuelne kontrole stanja čelične konstrukcije noseće konstrukcije, zaključujemo da je noseća konstrukcija kod obe dizalice uglavnom u korektnom stanju, da postoje određeni nedostaci, i da je za njihovo otklanjanje potrebno izvršiti AKZ zaštitu spoljašnjosti cele čelične konstrukcije. Obim ovih radova treba da je u skladu sa obimom svih radova na modernizaciji dizalica. Sve poklopce na nosećoj konstrukciji potrebno je dovesti u ispravno stanje (izvršiti korektno zaptivanje).

4.2.5. Proračun noseće konstrukcije portalne dizalice – čistilice metodom konačnih elemenata

Urađen je statički i dinamički proračun noseće konstrukcije čistilica. Statički proračun obuhvata slučaj opterećenja dizalice teretom od 25 t.

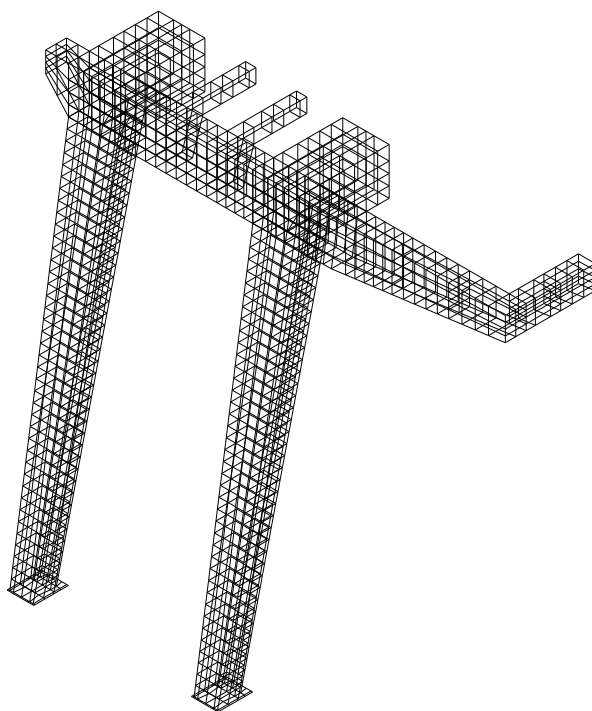
Dinamički proračun obuhvata određivanje prve tri sopstvene oscilacije i glavne oblike oscilovanja. Sledi prikaz računskog modela statičkog i dinamičkog proračuna, sa rezultatima proračuna.



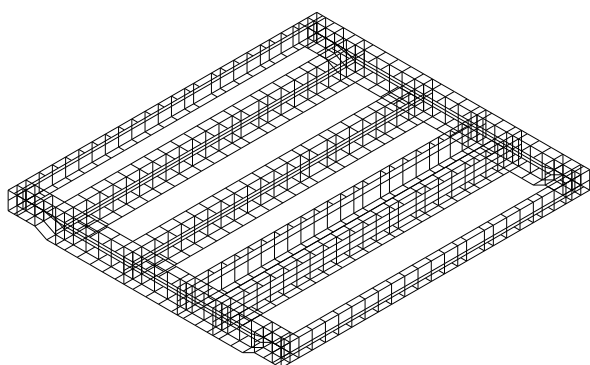


Ukupno vertikalno opterećenje iznosi 250000 N

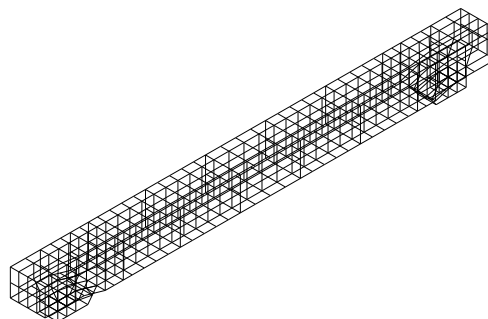
Slika 4.2.5.1 Računski model proračuna konstrukcije čistilice



Noge i glavni nosač



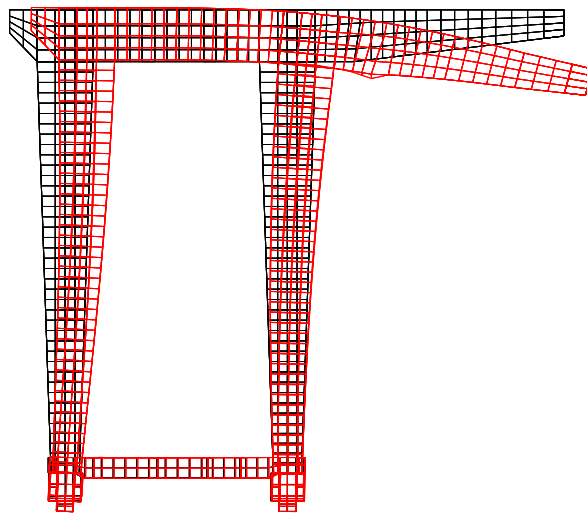
Noseća konstrukcija pogonskih grupa



čeonni nosač

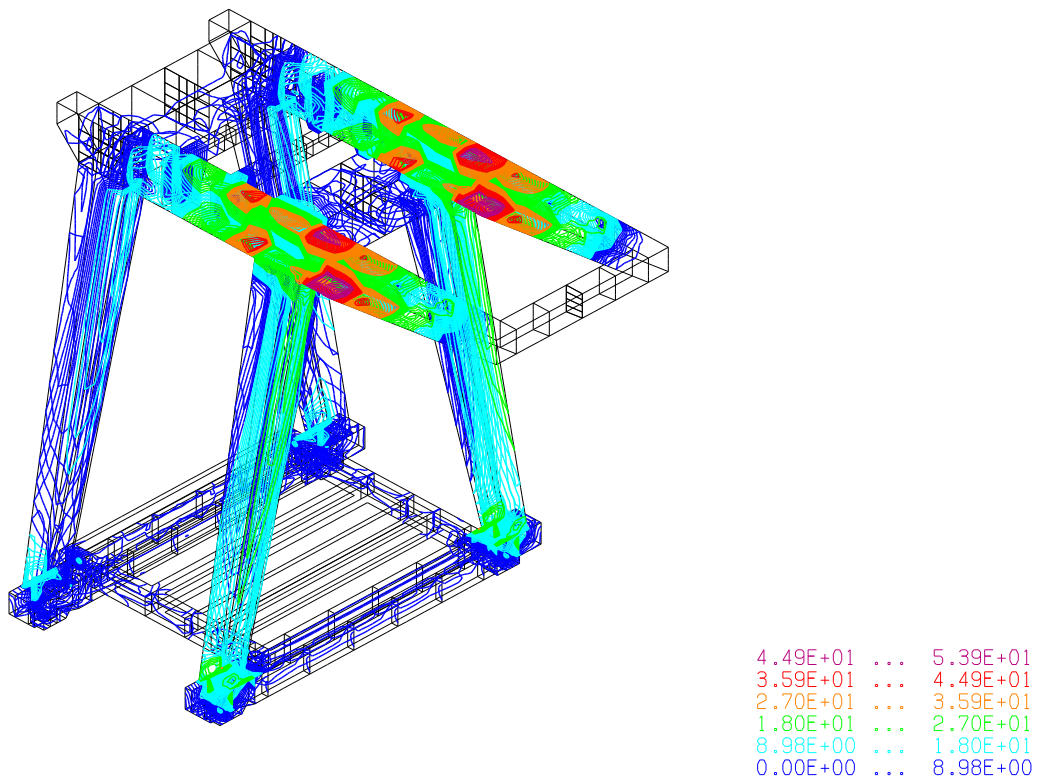
Slika 4.2.5.2 Podstrukture modela čistilice

Proračun je urađen metodom konačnih elemenata korišćenjem numeričkog programa KOMIPS (Maneski, 1998). Računski model je generisan sa 6442 čvorne tačke i 7108 površinska konačna elementa tanke ploče. Deformacija konstrukcije dizalice u vertikalnoj ravni prikazana je na slici 5.3. Maksimalna deformacija (ugib) noseće konstrukcije na kraju prepusta u vertikalnom pravcu pod dejstvom opterećenja od 25 t iznosi -8,6 mm. Odnos dužine prepusta i maksimalne deformacije iznosi 465 što predstavlja veoma povoljan parametar, odnosno da je konstrukcija dizalice veoma dobro dimenzionisana.

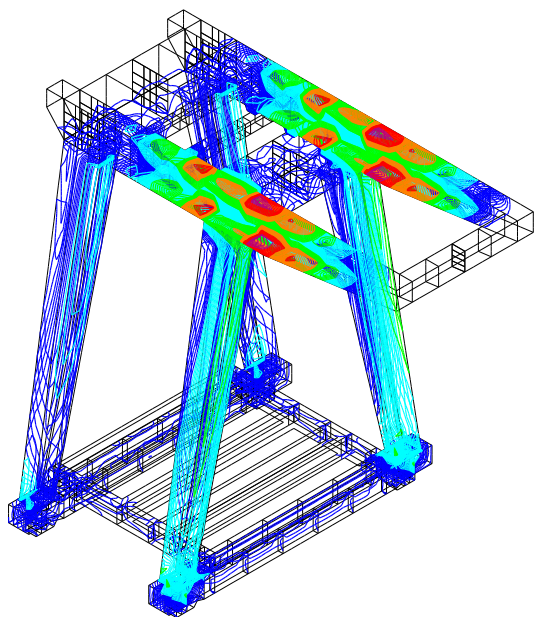


Slika 4.2.5.3 Deformacija konstrukcije čistilice – $f_{\max} = 9,3$ mm (prostorni ugib)

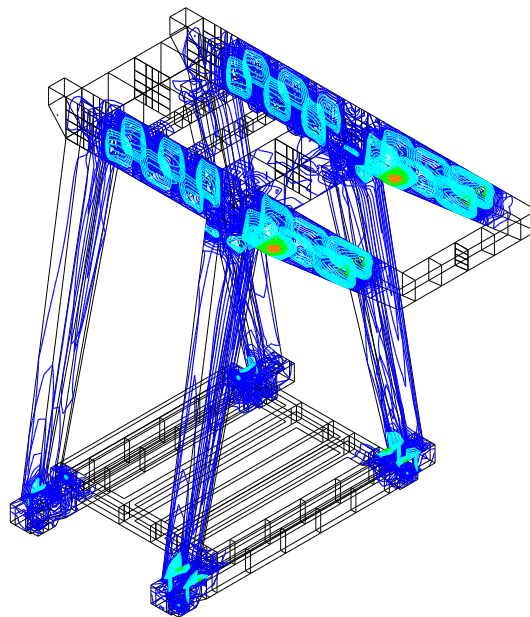
Na slikama 4.2.5.4 do 4.2.5.6 prikazana su naponska polja ekvivalentnih napona, analize napona, i energije deformisanja. Makismalni ekvivalentni napon iznosi 53,9 MPa što je daleko ispod dopuštene vrednosti za materijal od koga je izrađena dizalica (183 MPa). Takođe, struktura vrste napona je veoma povoljna. Prisutni su u najvećoj meri normalni membranski naponi. Najveći naponi se nalaze na glavnom nosaču konstrukcije dizalice na mestima veza sa prepustom.



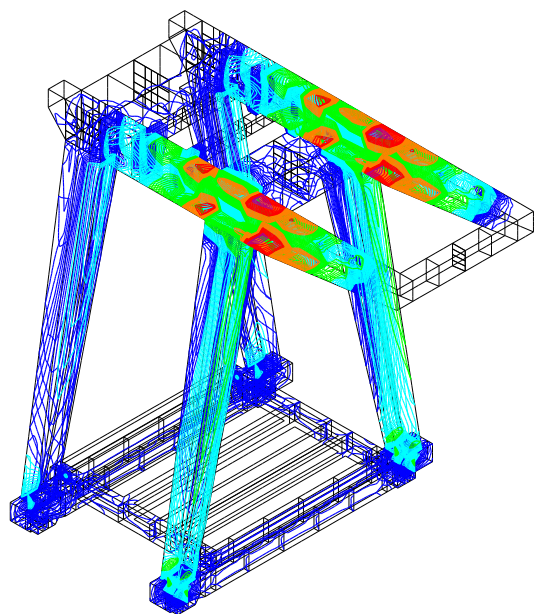
Slika 4.2.5.4 Naponsko polje ekvivalentnih napona [Mpa]



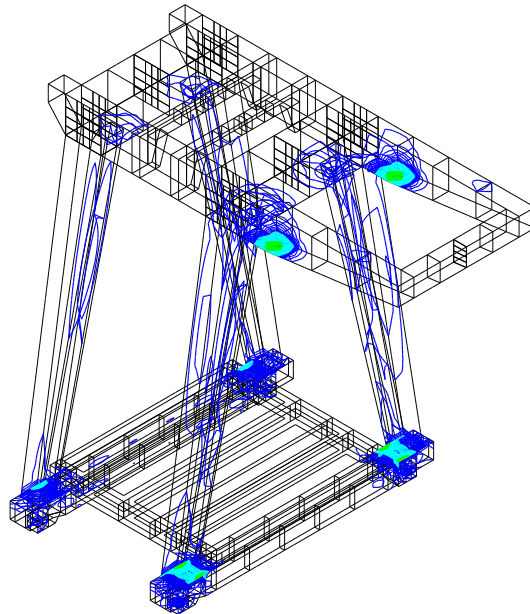
Normalni napon



Smicajni napon



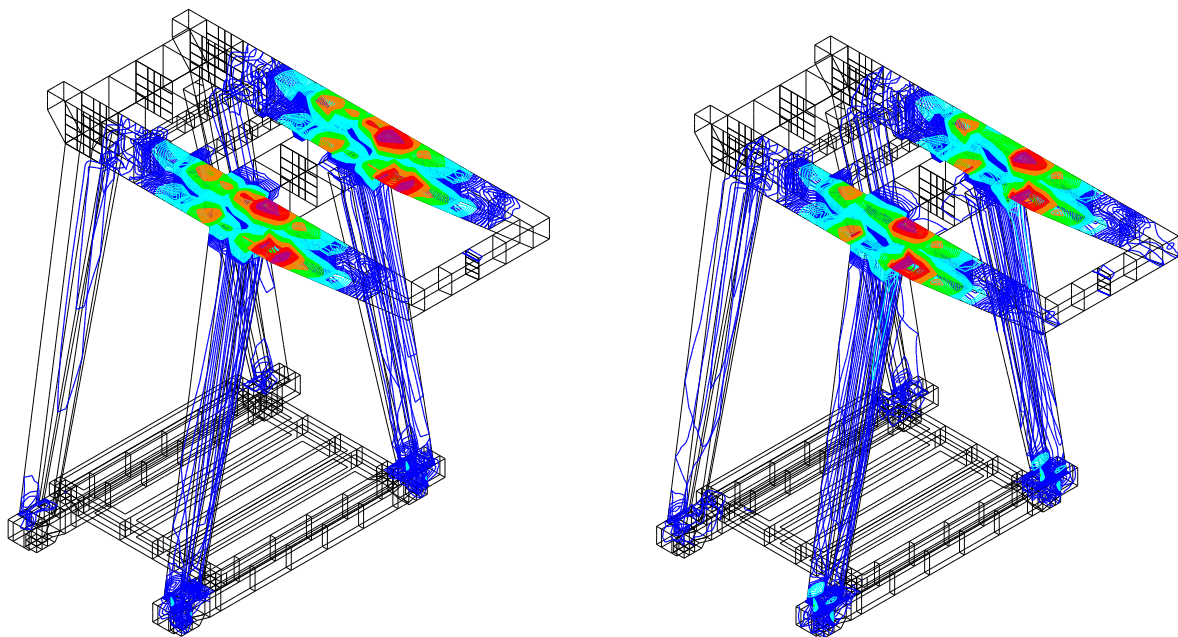
Membranski napon



Savojni napon

4.49E+01	...	5.39E+01
3.59E+01	...	4.49E+01
2.70E+01	...	3.59E+01
1.80E+01	...	2.70E+01
8.98E+00	...	1.80E+01
0.00E+00	...	8.98E+00

Slika 4.2.5.5 Raspodela komponentnih napona po strukturi konstrukcije čistilice [Mpa]



2.31E+03 ... 2.76E+03
 1.86E+03 ... 2.31E+03
 1.41E+03 ... 1.86E+03
 9.59E+02 ... 1.41E+03
 5.08E+02 ... 9.59E+02
 5.70E+01 ... 5.08E+02

5.22E-03 ... 6.27E-03
 4.16E-03 ... 5.22E-03
 3.10E-03 ... 4.16E-03
 2.05E-03 ... 3.10E-03
 9.89E-04 ... 2.05E-03
 -6.72E-05 ... 9.89E-04

Energija deformisanja [Nmm]

Gustina energije deformisanja [Nmm/mm²]

Slika 4.2.5.6 Energije deformisanja

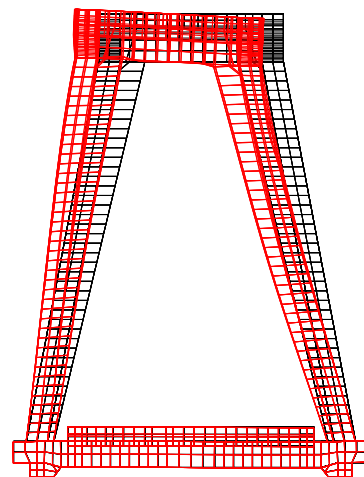
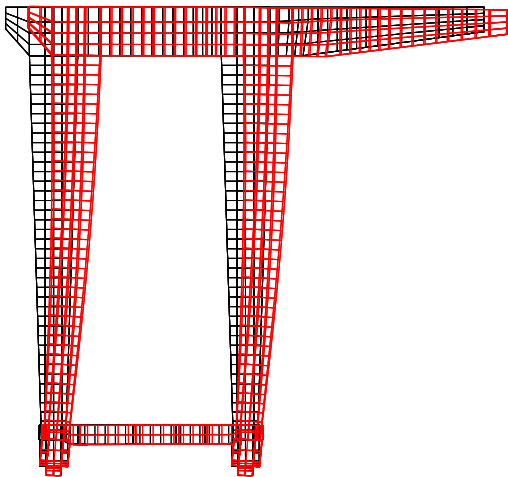
Rezultati proračuna pokazuju da je naponsko-deformaciono polje noseće konstrukcije čistilica veoma povoljno.

Glavni oblici oscilovanja konstrukcije dizalice (dinamički proračun) prikazani su na slici 4.2.5.7.

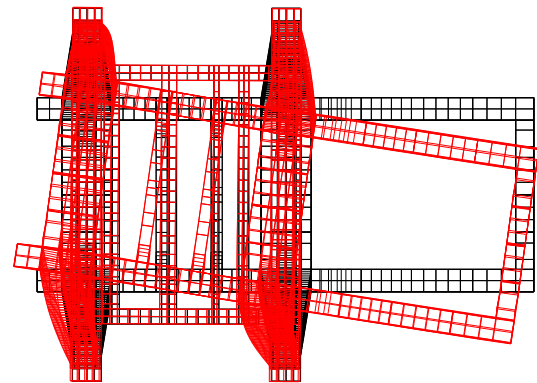
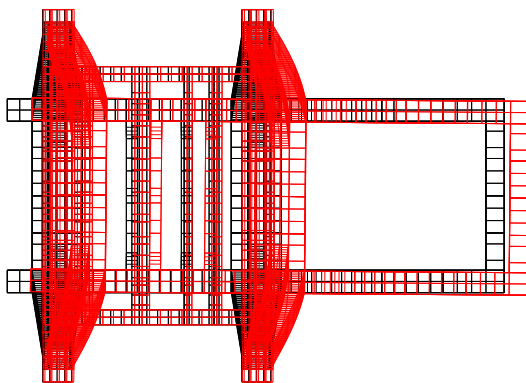
Prvi oblik oscilovanja predstavlja savijanje konstrukcije dizalice u vertikalnoj ravni paralelno sa rekom Dunav.

Drugi oblik oscilovanja predstavlja savijanje konstrukcije dizalice u vertikalnoj ravni upravno na reku Dunav.

Treći oblik oscilovanja konstrukcije dizalice predstavlja njeno uvijanje oko vertikalne ose.



Drugi glavni oblik oscilovanja $f_{02} = 1,43$ Hz



Prvi glavni oblik oscilovanja $f_{02} = 0,84$ Hz

Treći glavni oblik oscilovanja $f_{02} = 2,53$ Hz

Slika 4.2.5.7 Prva tri glavna oblika oscilovanja

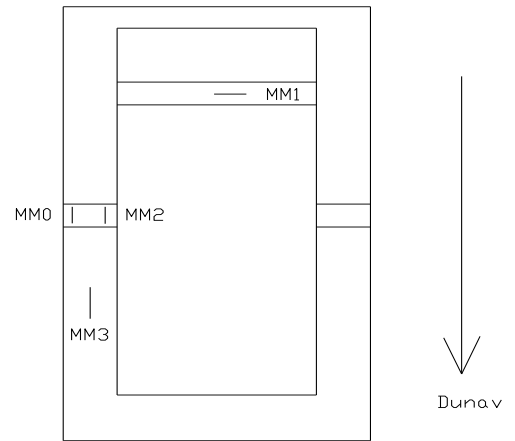
Dinamičko ponašanje konstrukcije čistilica je očekivano. Prvi glavni oblik oscilovanja je nepovoljan, jer je u opsegu delovanja vetra, povoljnost je što ona osciluje duž reke Dunav a najjači vetrovi duvaju poprečno na reku.

Sprovedeni statički i dinamički proračun konstrukcije dizalice nam ukazuje da su noseće konstrukcije dizalice – čistilica veoma dobro dimenzionisane. Takođe, možemo zaključiti da konstrukcije dizalice mogu u dužem vremenskom periodu biti eksploatisane bez bilo kakvih dodatnih intervencija.

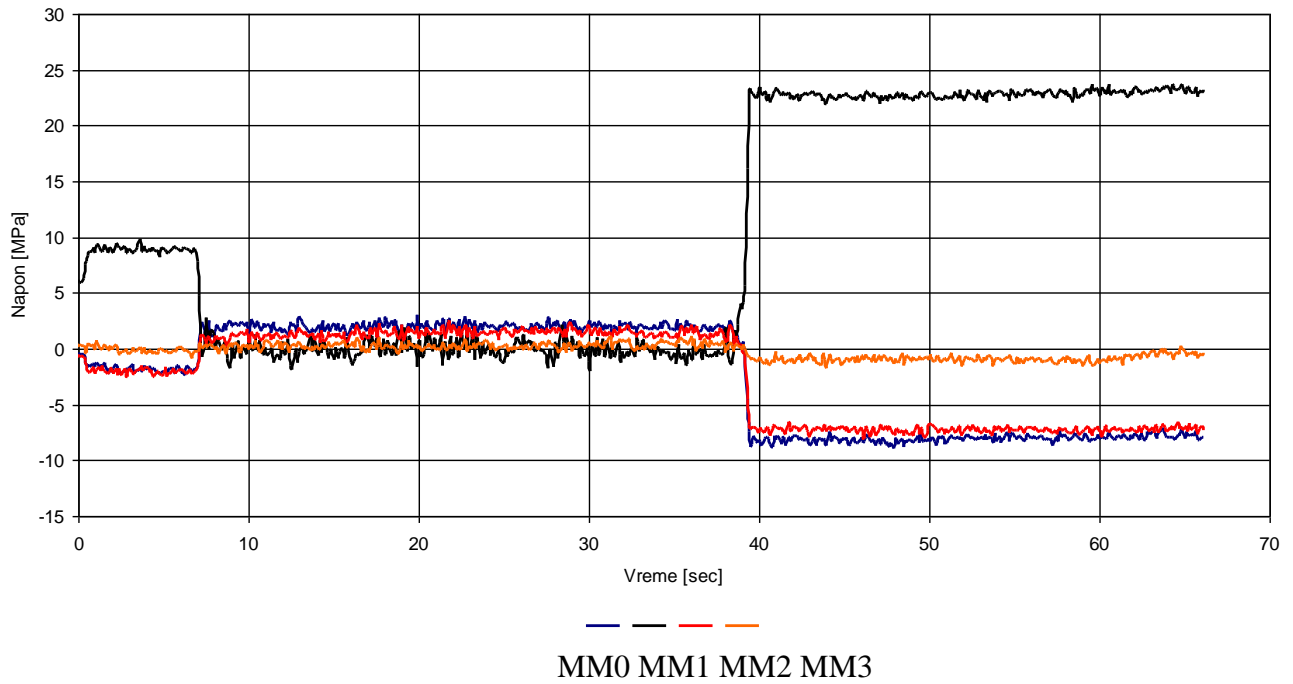
4.2.6. Merenje napona i deformacija noseće konstrukcije portalne dizalice - čistilice

Merenje napona je izvršeno tenzonometrijskim mernim trakama relativne deformacije, pa time i napona. Merna oprema je firme National Instrument (USA) i merne trake firme HBM (Nemačka). Merenje napona je obavljeno samo na obalnoj dizalici na sledećima mestima (slika 4.2.6.1):

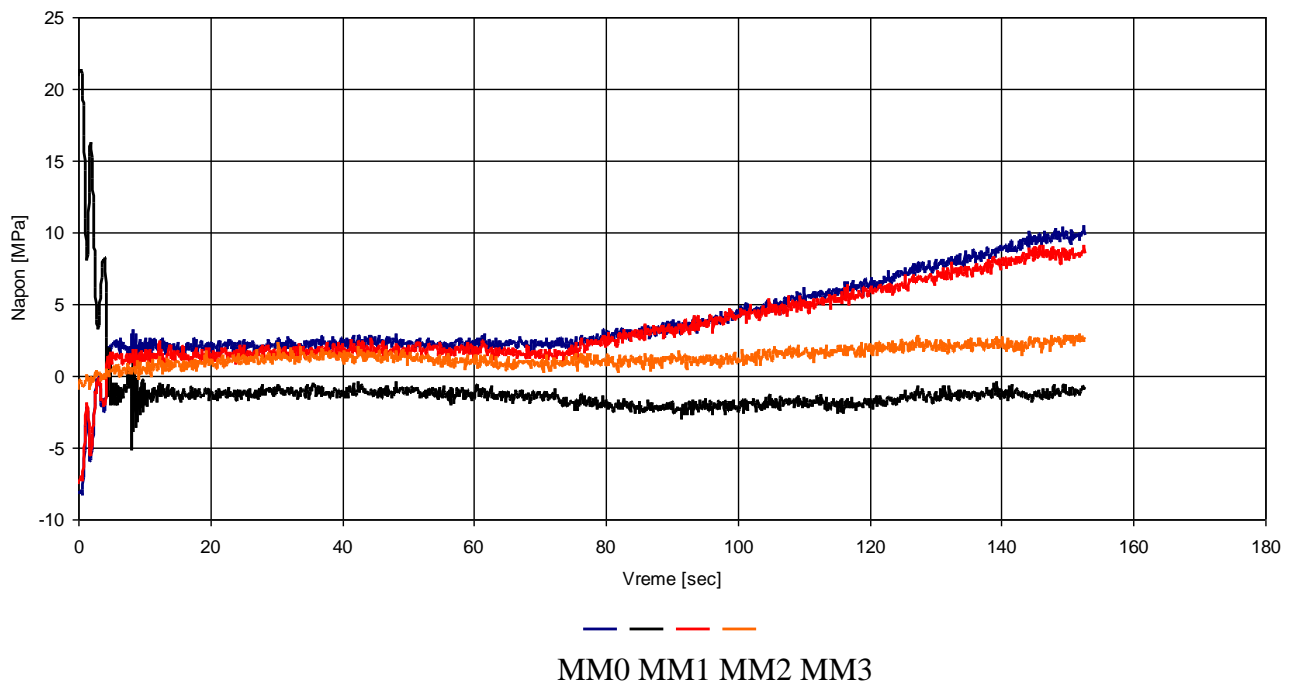
- MM0 – glavni nosač nad prepustom sa unutrašnje strane
- MM1 – sredina poprečnog nosača kolica
- MM2 – glavni nosač nad prepustom sa spoljašnje strane
- MM3 – sredina glavnog nosača između nogu



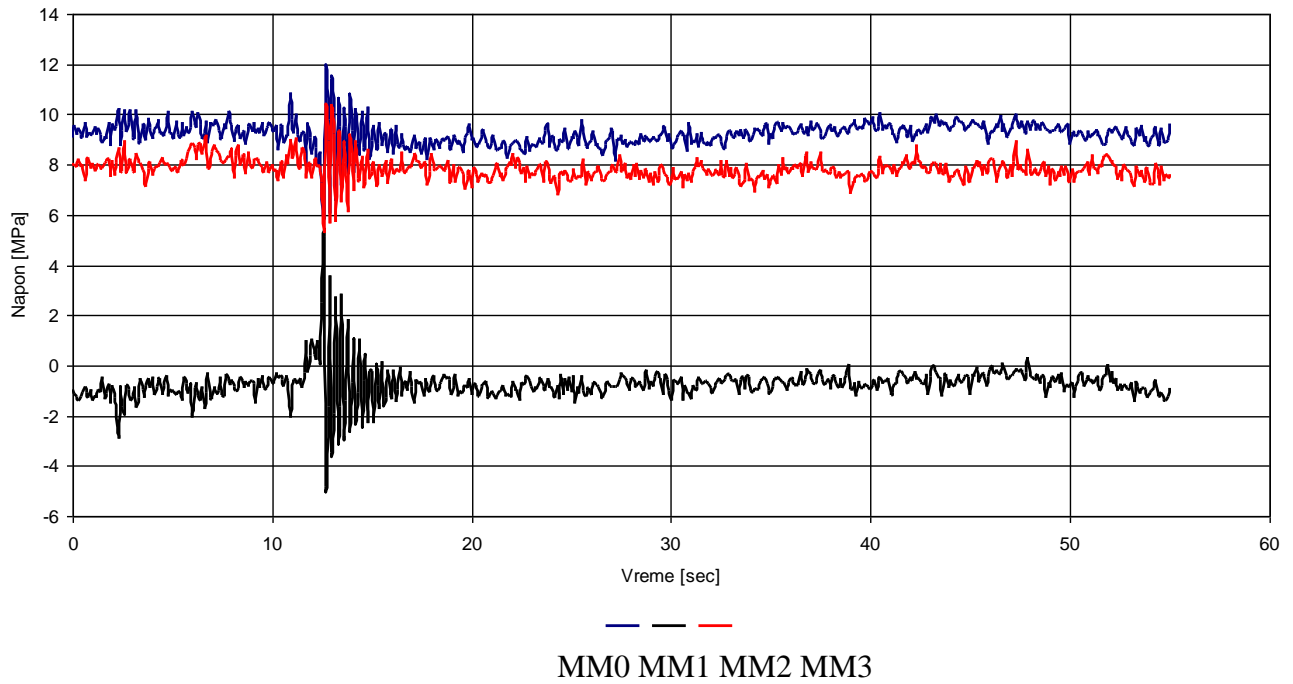
Slika 4.2.6.1 Merna oprema, merna mesta MM0, MM1, MM2 i MM3



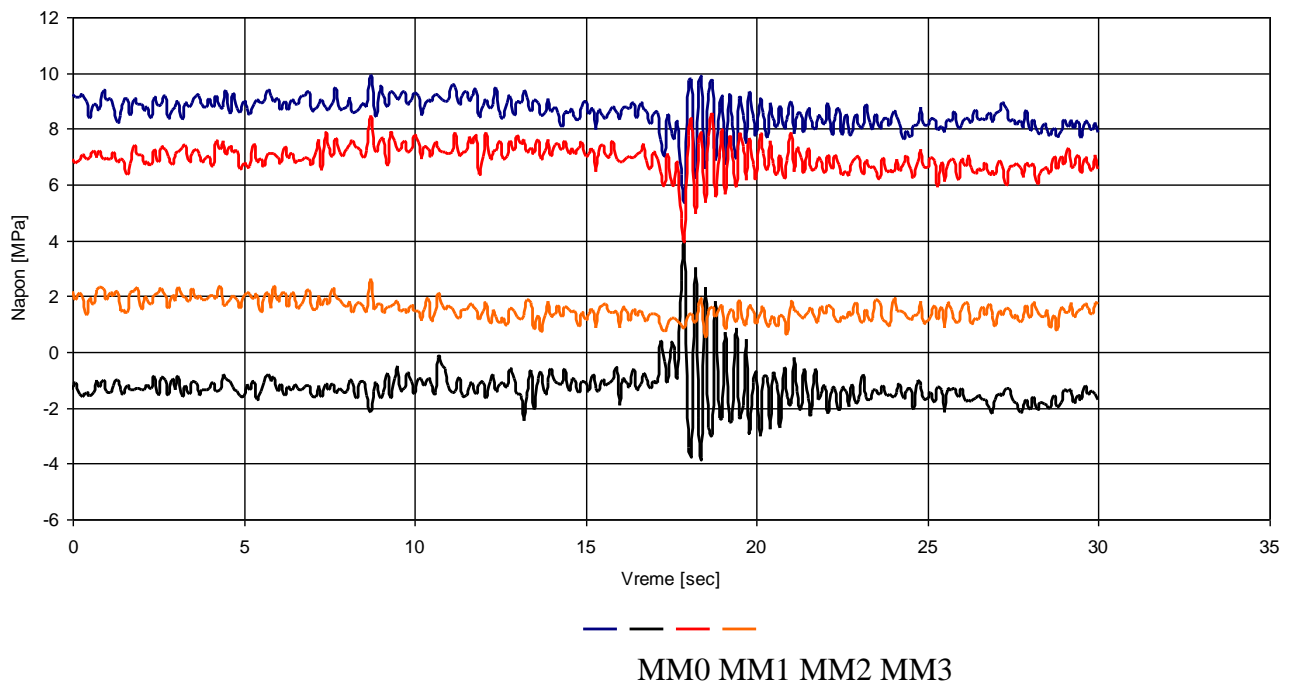
Slika 4.2.6.2a Merenje naponskog stanja u procesu vezivanja tereta od 10,94 t i njegovo podizanje



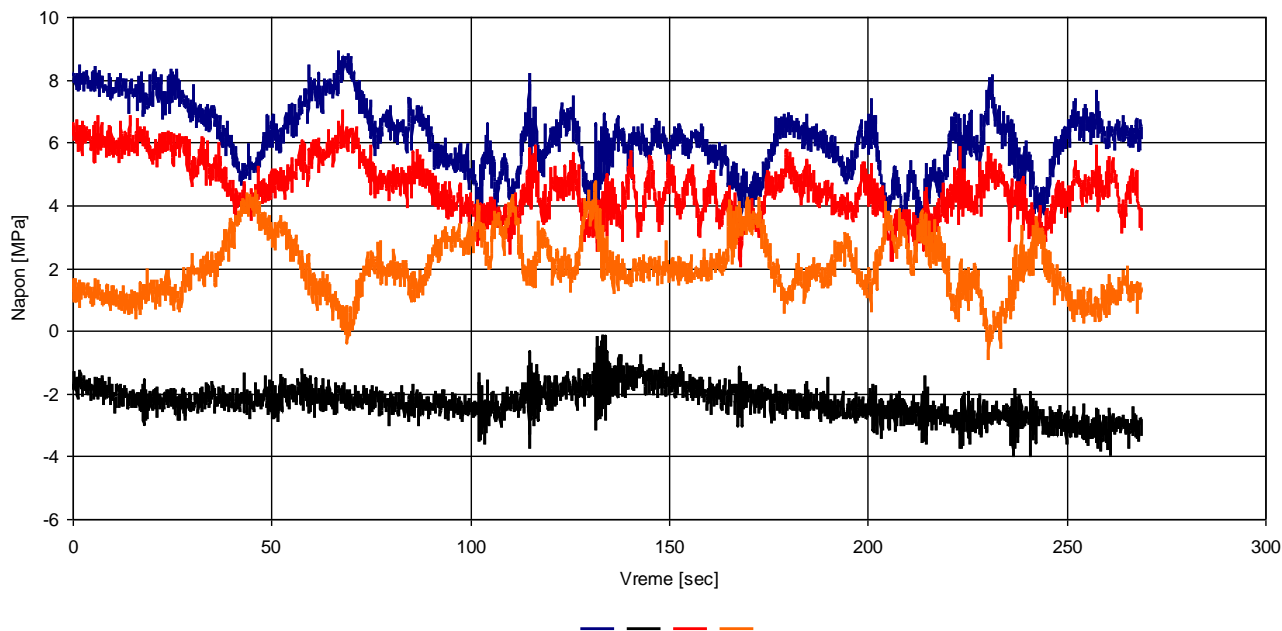
Slika 4.2.6.2b Merenje naponskog stanja u procesu rasterećenja dizalice i vožnja kolica



Slika 4.2.6.2c Merenje naponskog stanja u vožnji dizalice bez opterećenja ka Rumuniji i kočenju

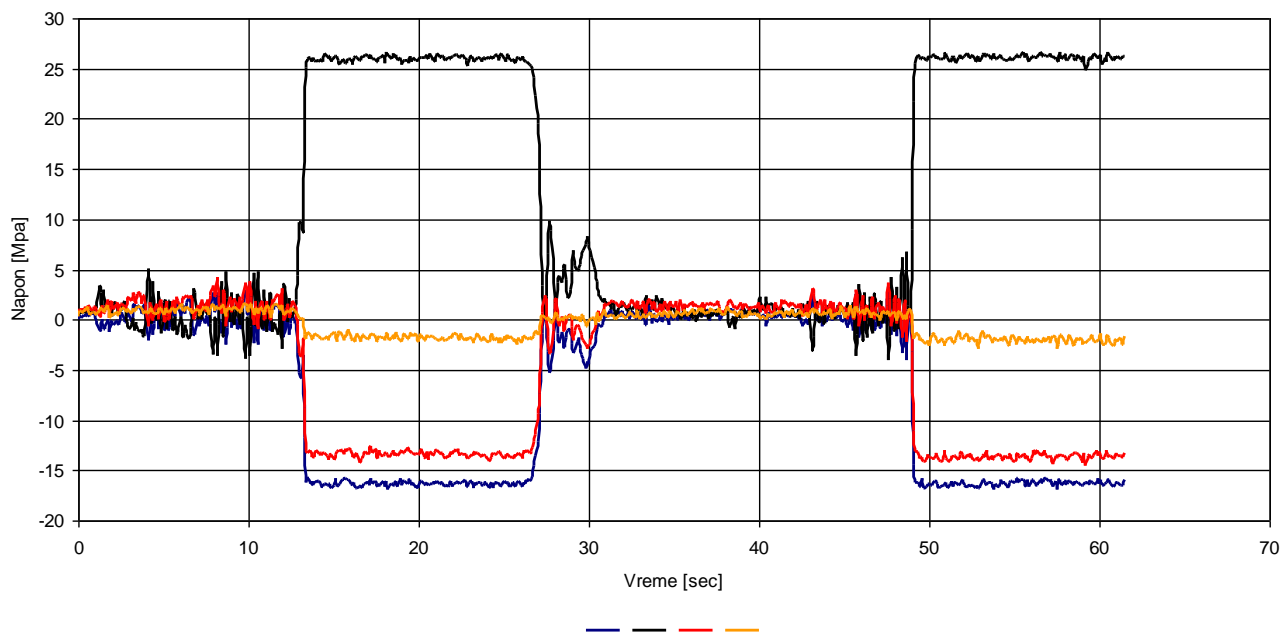


Slika 4.2.6.2d Merenje naponskog stanja u procesu vožnje dizalice bez opterećenja ka Srbiji i kočenju



MM0 MM1 MM2 MM3

Slika 4.2.6.2e Merenje naponskog stanja u procesu vožnje dizalice bez opterećenja na poziciji deformisanih šina



MM0 MM1 MM2 MM3

Slika 4.2.6.2f Merenje naponskog stanja u procesu vožnje kolica, opterećenja, vožnje opterećene dizalice, spuštanja tereta sa kočenjem
Slika 4.2.6.2 Rezultati merenja napona

Izmerene vrednosti napona potvrđuju nizak nivo naponskog stanja u konstrukciji dizalice.

4.2.7. Poređenje numeričkog proračuna i eksperimenta

Poređenje rezultata proračuna i merenja napona pri opterećenju sa teretom od 10,94 t, preračunato na 25 t, prikazani su u tabeli 4.2.7.1. Možemo zaključiti da postoji velika saglasnost rezultata proračuna i merenja.

Tabela 4.2.7.1

Vrednost napona [MPa]	proračun	merenje - preračunato sa 10,94 na 25 t
MMO	35	36,6
MM1	-	59,4
MM2	29	30
MM3	10	6
σ_{\max} glavnog nosača	53,9	-

Rezultati merenja potvrđuju zaključak dobijen proračunom da je noseća konstrukcija dizalice predimenzionisana. Merno mesto 1 nije prisutno u proračunu pošto kolica nisu modelirana. Lokacija maksimalnog napona na glavnom nosaču nije bila poznata pre izvršenih merenja, odnosno na tom mestu na konstrukciji nije izvršeno merenje.

4.3.1 Zaključna razmatranja

U četvrtom poglavlju, shodno predloženom tehničkom modulu modela održavanja sistema dizaličnog transporta, sprovedena je eksperimentalna provera tehničkog modula modela in site na dva sistema dizaličnog transporta na hidroelektrani „HE Đerdap 1“ u Kladovu. Prvi sistem dizaličnog transporta nalazi se na brani HE Đerdap 1, i sačinjavaju ga dve portalne dizalice nosivosti 160/50 t, a drugi se nalazi na ulaznoj građevini HE Đerdap 1, i sačinjavaju ga dve portalne dizalice – čistilice. Prikazan je postupak utvrđivanja stanja svih elemenata pogonskih grupa i noseće konstrukcije na svim portalnim dizalicama koje sačinjavaju sisteme dizaličnog transporta, kao i rezultati svih ispitivanja i proračuna koji su na njima sprovedeni, u cilju potvrđivanja hipoteza koje su postavljene u drugom poglavlju ovog rada.

Najvažniji zadatak u metodologiji utvrđivanja stanja noseće čelične konstrukcije portalnih dizalica je formiranje modela noseće konstrukcije portalne dizalice u celini, i modela svih njenih podstruktura, nakon čega se sprovodi statički i dinamički proračun modela konstrukcije. Nezavisno od proračuna modela konstrukcije, sprovedena su eksperimentalna merenja in situ napona i deformacije na svim portalnim dizalicama ona sistema dizaličnog transporta. Na slikama 4.1.10.14 i 4.1.10.15 prikazane su izmerene vrednosti ugiba konstrukcija portalnih dizalica koje sačinjavaju sistem dizaličnog transporta na brani HE Đerdap 1 pod dejstvom statičkog opterećenja veličine 150 t, a na slici 4.1.9.4 prikazana je vrednost ugiba postavljenog modela konstrukcije koja je dobijena statičkim proračunom. Pokazuje se velika saglasnost proračunatog i izmerenih vrednosti ugiba. U tabeli 4.1.11.1 prikazane su vrednosti naponskih stanja u karakterističnim presecima noseće konstrukcije portalnih dizalica koje su izmerene eksperimentalnim merenjima in situ, i one koje su dobijene proračunom postavljenog modela noseće konstrukcije na odgovarajućim mestima. Poređenjem prikazanih vrednosti takođe se konstatuje velika saglasnost proračuna a eksperimenta, dok su objašnjeni razlozi određene nesaglasnosti rezultata kod uški osovina za vezu čelične konstrukcije nogu dizalica i pogonskih grupa za vožnju dizalica. Poređenje rezultata proračuna postavljenog modela konstrukcije portalnih dizalica čistilica koje sačinjavaju sistem dizaličnog transporta na ulaznoj građevini HE Đerdap 1, i izmerenih vrednosti dobijenih eksperimentom in situ, prikazano je u tabeli 4.2.7.1, gde se takođe može konstatovati njihova velika saglasnost. Na ovaj način je

dokazana osnovna hipoteza H_0 da je moguće uspostaviti numerički model noseće konstrukcije validovan eksperimentom, koji omogućava određivanje stvarnog ponašanja konstrukcije, pa na tim osnovama formirati model održavanja prema stanju sistema dizaličnog transporta.

Analizom stanja i funkcionalnosti svih pogonskih grupa i elemenata noseće konstrukcije portalnih dizalica oba sistema dizaličnog transporta, pokazuje se da najviše problema postoji kod mehanizama za vožnju portalnih dizalica. Utvrđeno je da je kod svih mehanizama za vožnju sve četiri dizalice, u izboru snage elektromotora i reduktora napravljena greška, i da snage potrebne za pogon vožnje dizalica usvojene u projektu (i ugrađene na dizalice) nisu dovoljne za ispravno funkcionisanje dizalica. U tabeli 4.1.4.2 prikazane su izmerene vrednosti eksperimentom in situ jačine struje i napona koji se javljaju kod pogona za vožnju portalnih dizalica na brani HE Đerdap, i na osnovu njih određene vrednosti potrebnih snaga elektromotora za pogone vožnje dizalica. Iste veličine kod mehanizama vođnje portalnih dizalica na ulaznoj građevini prikazane su u tabeli 4.2.3.2. Eksperimentom in situ su na taj način određene dinamičke veličine pogonskih grupa koje predstavljaju pobudu konstrukcije, i istovremeno je pokazano da je snaga pogonskih grupa za vožnju dizalica nedovoljna za stvarna opterećenja koja pogonske grupe moraju da savladaju, zbog čega se i javljaju problemi u funkcionisanju portalnih dizalica koji su opisani u ovom poglavlju (konstatovane prsline na tokovima, pohabani zubi pogonskih zupčanika, dodatne deformacije u vezama konstrukcije nogu dizalica i mehanizama za vožnju dizalica). Sa druge strane, najbolje se ponašaju mehanizmi za vožnju kolica, i pogonske grupe mehanizama dizanja na svim portalnim dizalicama oba sistema dizaličnog transporta. Rezultati izmerenih veličina jačine struje i napona na navedenim pogonskim grupama za dizanje i vožnju kolica prikazana su u tabelama 4.1.1.1 i 4.1.2.1 za sistem dizaličnog transporta na brani, odnosno 4.2.1.1 i 4.2.2.1 za sistem dizaličnog transporta na ulaznoj građevini. Za navedene mehanizme su na taj način eksperimentom in situ određene dinamičke veličine koje predstavljaju pobudu konstrukcije, i istovremeno je pokazano da je izabrana snaga pogonskih grupa za vožnju kolica i dizanje tereta dovoljna za stvarna opterećenja koja pogonske grupe moraju da savladaju, što se direktno odražava na bolje ponašanje i pogonskih grupa i konstrukcije dizalica. Na ovaj način je dokazana prva pomoćna hipoteza H_1 da ispravan rad sistema dizaličnog transporta kao celine direktno zavisi od interakcije pogonske grupe i noseće konstrukcije, i da je moguće eksperimentalno odrediti dinamičke veličine pogonskih grupa koje predstavljaju pobudu konstrukcije.

Sastavni deo metodologije utvrđivanja stanja noseće čelične konstrukcije portalnih dizalica koje čine sistem dizaličnog transporta je utvrđivanje odziva noseće konstrukcije dizalica na dejstva pobude. U ovom poglavlju je izvršeno merenje eksperimentom in situ sledećih odziva nosećih konstrukcija portalnih dizalica: naponsko stanje elementima noseće konstrukcije, deformacije (ugibi) noseće konstrukcije, i oscilovanje elemenata noseće konstrukcije portalnih dizalica. Izmerene vrednosti prikazane su za portalne dizalice na brani i ulaznoj građevini HE Đerdap 1, i prikazane su u na slikama 4.1.10.1 – 4.1.10.15 za sistem dizaličnog transporta na brani, i 4.2.6.1 i 4.2.6.2 za sistem portalnih dizalica na ulaznoj građevini HE Đerdap 1. Na slici 4.1.4.5 prikazano je merenje opterećenja tokova portalne dizalice na brani HE Đerdap1, a na slikama 4.2.3.5 i 4.2.3.6, i u tabeli 4.2.3.1 prikazani su rezultati merenja opterećenja na točkovima portalnih dizalica na ulaznoj građevini He Đerdap 1. Prikazani rezultati ukazuju na sledeće zaključke. Kod portalnih dizalica na brani izmerene veličine opterećenja po točkovima dizalica su očekivani, i jednaki projektovanim, i ne utiču na loše ponašanje pogonskih grupa za vožnju dizalica. Sa druge strane, izmerene veličine naponskog stanja u uškama oslonaca noseće konstrukcije dizalice (mesta veze konstrukcije dizalica sa konstrukcija pogonskih grupa za vožnju) su znatno veće od projektovanih (kao i veličina koje se dobijaju proračunom modela), i direktno utiču na loše ponašanje mehanizama za vožnju portalnih dizalica. Zaljučak je da se ova veza kod portalnih dizalica mora rekonstruisati, uz istovremenu ugradnju novih odgovarajućih motora i reduktora. Kod portalnih dizalica na ulaznoj građevini HE

Đerdap 1 izmerene vrednosti opterećenja po točkovima dizalica pokazuju neravnu raspodelu opterećenja po točkovima koja ne može biti objašnjena projektantskim rešenjem. Neravnomernost raspodele opterećenja po točkovima mogla je nastati ili greškama u izradi i/ili montaži dizalice, čime je moglo doći do promene težišta dizalice u odnosu na projektovano stanje, ili zbog odstupanja po visini i pravcu kranske šine, zbog čega u zavisnosti od položaja dizalice dolazi do preraspodele opterećenja po točkovima. Na ovaj način dokazana je pomoćna hipoteza H2 da su odzivi noseće konstrukcije merljive veličine koje na direktan ili indirektan način utiču na funkcionisanje sistema dizaličnog transporta u realnim uslovima eksploatacije.

Analizirajući stanja elemenata pogonskih grupa mehanizama za dizanje i vožnju kolica i dizalice, kao i stanja noseće konstrukcije portalnih dizalica na brani HE Đerdap 1, možemo videti da su ona prilično različita. Naime, na osnovu vizuelne kontrole utvrđeno je da je stanje mehanizama za dizanje tereta, kao i mehanizama za vožnju rečne portalne dizalice znatno lošije od stanja istih mehanizama kod obalne dizalice. Rezultati vizuelne kontrole potvrđeni su rezultatima merenja eksperimentom in situ parametara navedenih mehanizama. Dakle, sistem dizaličnog transporta na brani HE Đerdap 1 sačinjavaju dve identične portalne dizalice (identična projektna rešenja, identična oprema, identična montaža, iste godine postavljene i puštene u rad, iste poslove obavljaju), čija se trenutna stanja značajno razlikuju. Ova činjenica nas upućuje na zaključak da je rečna dizalica mnogo više korišćena nego obalna, da su navedeni mehanizmi imali veće vreme rada, veći broj ciklusa, a možda i oštiji spektar opterećenja koje je prenosila. Dalje, možemo zaključiti da kod sistema dizaličnog transporta sa većim brojem identičnih dizalica i/ili identičnim mehanizmima, obavezno mora biti obavljena vizuelna kontrola svih dizalica i mehanizama, a zatim na osnovu procene stanja odrediti broj dizalica i/ili mehanizama na kojima treba sprovesti dodatna merenja. Takođe, možemo zaključiti da korisnik sistema dizaličnog transporta koji se sastoji od više identičnih dizalica treba da vodi računa o planskom i uravnoteženom korišćenju svih identičnih dizalica, kako ne bi došlo do situacije da se troškovi održavanja na jednoj ili više dizalica pojave ranije nego što je potrebno.

Nakon svih postupaka za određivanje stanja mehanizama i noseće konstrukcije dizalica definisanih u poglavlju 3, kao i sprovedenih eksperimentalnih istraživanja in situ prikazanim u ovom poglavlju, možemo zaključiti da se, kod sistema dizaličnog transporta koji sačinjavaju portalne dizalice, najviše problema u eksploataciji javlja kod pogonskih mehanizama za vožnju dizalica, kao i u elementima noseće konstrukcije portalnih dizalica na mestima veze sa nosećom konstrukcijom mehanizama za vožnju dizalice. Ovaj zaključak je potvrđen kod oba ispitivana sistema dizaličnog transporta i to kod sve četiri dizalice. Sa druge strane, pogonski mehanizmi za vožnju kolica mehanizama za dizanje tereta pokazuju najbolje stanje, i kod njih skoro da nema problema u eksploataciji. Daljim istraživanjima u ovoj oblasti trebalo bi proveriti ovaj zaključak.

5. Eksperimentalna provera “menadžment” modula modela održavanja sistema dizaličnog transporta

U petom poglavlju, shodno predloženom „menadžment“ modulu modela, formiran je „menadžment“ modul, predložen anketni upitnik sa 85 faktora, i sprovedeni su prikupljanje podataka na terenu i analiza prikupljenih podataka. Primenom metoda statističke analize (faktorska i analiza pouzdanosti) predloženi upitnik je redukovan, tako da su ostala samo značajna pitanja dovoljno visoke pouzdanosti i validnosti, pa je na taj način formiran originalan, validan i pouzdan model za procenu sistema upravljanja pri održavanju sistema dizaličnog transporta, koji sadrži 12 poglavlja i 69 faktora. Korelaciona analiza promenljivih u modulu, takodje, indukuje niz zaključaka. Tako, možemo zaključiti da je posvećenost rukovodstva preduslov uspešnosti preduzeća sa aspekta održavanja, kao i da umanjuje troškove obuka u određenoj meri, dok obučenost održavaoca i rukovaoca implicira moguće pojednostavljenje propisanih procedura rada. Informacije o bezbednosti procesa neophodno je prikupljati neovisno od obučenosti kadrova. Isto važi i za sprovođenje analize rizika, upravljanje promenama, operativne procedure, zaštitu na radu i procedure provere mašinske ispravnosti.

5.1 Uvodna razmatranja

Kako standard IEC 50 (191) održavanje definiše kao kombinaciju svih tehničkih i administrativnih/upravljačkih aktivnosti, uključujući aktivnosti nadzora u cilju zadržavanja ili vraćanja jedinice (elementa, entiteta, objekta) u stanje u kojem ona može obavljati zahtevanu funkciju, u model održavanja moraju biti uključeni i „menadžment“ faktori.

Thien i dr. (2007) takodje ističu značaj procene „menadžment faktora“, konstatujući da mere na polju bezbednosti i zdravlja na radu imaju izvestan uticaj na integritet opreme, i predlažu izvesne modifikacije pristupa definisanog u API 581 (2000) standardu dokazujući opravdanost izmena na primeru jednog cevovoda.

Noori i Price (2006) konstatuju da procedura po API 581 (2000) standard nije primenjiva za sve vrste postrojenja i opreme, ističući primer kotlova, poput nedostatka podataka o frekvencijama otkaza, intervalima inspekcije i dr.

Slično iskustvima Noori i Price (2006) i Thien i dr. (2007), koji predlažu izmene i na polju primene za specifičnu procesnu opremu, smatramo da sistemi dizaličnog transporta zahtevaju značajnu izmenu upitnika predloženog u API 581 (2000).

5.2 Postavka “Menadžment” modula modela održavanja sistema dizaličnog transporta

Inicijalni istraživački instrument koji opisuje „menadžment“ modul modela održavanja sistema dizaličnog transporta kreiran je na osnovu razmatranja u prethodnim poglavljima, postavljenih hipoteza istraživanja i API 581 standarda. Istraživački instrument obuhvata sve napred opisane značajne dimenzije, a sa API 581 (2000) podudara se samo prvi deo (Vodjstvo i administracija u standardu). Najveći deo pitanja u anketi preuzet je ili napravljen prema navodima mnogobrojnih prethodnih istraživanja i na osnovu mišljenja anketiranih eksperta u oblasti (što je od velikog značaja u istraživanjima ovog tipa prema Madu, 1998). Instrument se sastoji od 85 pitanja, grupisanih u 12 celina. Instrument je napravljen u skladu sa preporukama Courage i Baxter-a [17], što znači da:

- Anketa sadrži propratno pismo u hederu u kome su objašnjeni cilj i svrha istraživanja;
- Anketa sadrži kontakt informaciju - vizit kartu;
- U anketi je minimiziran broj pitanja za koja je potrebno upisati odgovor rečima (samo za delatnost preduzeća i radno mesto osobe koja dostavlja podatke;
- Pitanja su lako razumljiva;
- Pitanja su grupisana po konceptualnim celinama;
- Pitanja ne sadrže više od 20 reči i
- Anketa je anonimna.

Eventualnim nedostatkom instrumenta može se smatrati njegova dužina – anketa se prostire na više strana A4 formata, što za ispitanike nije malo, pogotovu, obzirom na situaciju u domaćim preduzećima. Međutim, 12 grupa promenljivih mora biti opisano sa najmanje 60 pitanja (što zahteva statistička analiza podataka–5 pitanja po grupi promenljivih), a ako se uzme u obzir i moguća redukcija broja pitanja statističkim metodama, taj broj dalje raste. Ovde treba istaći da istraživanja sličnog tipa, obično sadrže 78-150 pitanja (Motwani, 2001, Tari, 2001 i sl.), pa u tom smislu instrument u ovom radu, koji sadrži 85 pitanja, može biti smatran adekvatnim.

U anketi su najvećim delom korišćena pitanja sa skalom. Likertova skala je danas najčešće korišćena skala (Courage i Baxter-a (2005).

Pošto je uspostavljen, istraživački instrument prosleđen je petorici eksperata iz uže oblasti nauke i struke da bi potencijalno nejasne ili neadekvatne tvrdnje bile izostavljene iz upitnika (preporuka Madu-a, 1998). Po dobijanju potvrdnog odgovora eksperata za kompletan upitnik usledilo je njegovo dalje distribuiranje.

Upitnik, sa propratnom pismom, izgleda na sledeći način:

Poštovana gospodo,

anketa je anonimna i biće korišćena u istraživanju u okviru doktorske disertacije pod nazivom `Model upravljanja održavanjem sistema dizaličnog transporta`. Predmet istraživanja ove disertacije podrazumeva kompleksno teorijsko-eksperimentalno istraživanje pri postavi modela održavanja sistema dizaličnog transporta, koji treba da uključuje analizu i procenu dinamičkog ponašanja noseće konstrukcije i uticaj sistema maenadžmenta. U anketi je potrebno popuniti prazna polja davanjem ocene od 0 do maksimalne ponudjene, tj. Molim Vas da upisete broj bodova u kolonu `stvarni rezultati`, ako je poznat maksimalni broj bodova dat u koloni `mogući rezultati`. Unapred zahvalan za Vaše vreme i trud, za dodatna pitanja na raspolaganju

mr Aleksandar Brkić
Inovacioni centar Mašinskog fakulteta
Kraljice Marije 16
11000 Beograd
e-mail: aleksandardjbrkic@gmail.com

ANKETA

1. Broj zaposlenih u preduzeću je
2. Koji sistemi menadžmenta su sertifikovani u Vašem preduzeću prema standardima menadžmenta (ISO 9000,14000,18000 i dr:)?
3. Zaposlen sam na radnom mestu i imam godina iskustva u struci.

RUKOVODSTVO I ADMINISTRACIJA

Rukovodstvo se smatra najvažnijim u implementaciji i održavanju efekata postignutih kroz proces upravljanja bezbednošću sistema dizaličnog transporta kao sastavni deo upravljanja bezbednošću celog procesa.

1	Pitanje	Mogući rezultati	Stvarni rezultati
1.1	Da li organizacija na nivou preduzeća ili na nivou Vaše organizacione jedinice ima definisanu ulogu (posvećenost) rukovodstva u politici upravljanja bezbednosti procesa?	10	
1.2	Da li je politika upravljanja bezbednošću procesa:		
	a. Osnov za pisanje priručnika?	2	
	b. Dostupna svim zaposlenima, pa su svi upoznati sa politikom?	2	
	c. Osnova procedura i uputstava.	2	
	d. Uključena u sve glavne programe obuke?	2	
	e. Korišćena na drugi način? (Opiši)	2	
1.3.	Da li su odgovornosti za bezbednost procesa i zaštitu zdravlja radnika jasno definisane u opisu svakog rukovodećeg radnog mesta?	10	
1.4	Da li godišnji ciljevi u oblasti bezbednosti procesa i zaštite zdravlja radnika utvrđeni za sve rukovodioce i da li se oni koriste za ocenu njihovog na godišnjem nivou?	15	
1.5	Koji procenat rukovodećeg kadra je učestvovao na kursovima obuke, konferencijama ili seminarima o „Upravljanju bezbednošću procesa“ u poslednje tri godine?	10 % x 10 (npr 60% ocena 6))	
1.6	Da li postoji Odbor za bezbednost procesa ili nešto slično?	5	
	a. Da li su članovi Odbora predstavnici iz različitih organizacionih celina i različitog stepena obrazovanja ?	5	
	b. Da li se Odbor sastaje redovno i evidentira da li su preporuke Odbora sprovedene?	5	

UKUPNO POENA

70

INFORMACIJE O BEZBEDNOSTI SISTEMA DIZALIČNOG TRANSPORTA

2	Pitanje	Mogući rezultat	Stvarni rezultat
2.1	Da li postoje specifikacije svih materijala (delova, tereta) koji se prenose sistemom dizaličnog transporta?	5	
	a. Da li je maksimum zaliha na stanju za svaki od svih materijala (delova, tereta) koji se prenose sistemom dizaličnog transporta definisan?	3	
	b. Da li je prethodna informacija raspoloživa zaposlenima u održavanju i rukovaocima?	3	
2.2	Da li procedure za menadžment kvalitetom i u praksi obezbeđuju da se svi materijali (delova, tereta) koji se prenose sistemom dizaličnog transporta transportuju u prvom trenutku raspoloživosti:	20	
2.3	Da li je blok dijagram ili pojednostavljen dijagram toka procesa dostupan rukovaocu sistemom dizaličnog transporta?	4	
2.4	Da li je šema procesa raspoloživa svim učesnicima u sistemu dizaličnog transporta?	2	
2.5	Da li je oprema sistema dizaličnog transporta proizvedena u skladu sa važećim standardima i da li poseduje potrebnu dokumentaciju?	20	
2.6	Da li je dokumentovano da je projektovanje, održavanje, kontrolisanje i atestiranje opreme sistema dizaličnog transporta obavljeno na bezbedan način?	4	
2.7	Da li oprema sistema dizaličnog transporta poseduje sledeća dokumenta (ateste):		
	a. Materijal od kojeg su proizvedeni	1	
	b. Oznaka i primenjeni standard	1	
	c. Električnu specifikaciju (specifikaciju elektroopreme)	2	

	d. Projektna dokumentacija	1	
	e. Propisi i standardi po kojima su proizvedene sigurnosne i bezbednosne komponente sistema dizaličnog transporta	5	
2.8	Da li procedure obezbeđuju da osobe odgovorne za upravljanje procesom sistema dizaličnog transporta imaju upotrebno znanje o bezbednosti procesa u skladu sa svojim odgovornostima?	4	
2.9	Da li se napred navedena dokumenta čuvaju i arhiviraju na za to određenom mestu?	5	

UKUPNO POENA

80

ANALIZA RIZIKA

3	Pitanje	Mogući rezultat	Stvarni rezultat
3.1	Koji procenat svih jedinica uključenih u transport materijala (delova, tereta) ima opštu Analizu rizika za sistem dizaličnog transporta?	10 (npr 60% ocena 6))	
3.2	Da li je uspostavljen redosled prioriteta za izvođenje buduće analize rizika za sistem dizaličnog transporta?	5	
	Da li uspostavljen redosled prioriteta upućuje na sledeće faktore?		
	1. Količina toksičnosti, zapaljivosti ili eksplozivnosti materijala koji se prenosi sistemom dizaličnog transporta.	5	
	2. Broj ljudi čija je bezbednost ugrožena u procesu dizaličnog transporta uključivši i one neposredno na lokaciji i van nje.	8	
3.3	Da li se analiza rizika upravljanja bezbednošću sistema dizaličnog transporta izvodi u skladu sa sledećim:	40	
	a. Opasnosti procesa	7	

	b. Pregled prethodnih izveštaja o incidentima.	9	
	c. Inženjersko i administrativno upravljanje opasnostima i njihovim međusobnim relacijama	4	
	d. Posledice inženjerske ili administrativne greške	4	
	e. Položaj postrojenja	5	
	f. Ergonomska prilagodjenost sistema dizaličnog transporta rukovaocima	6	
	g. Procena rizika Kinney metodom u Aktu o proceni rizika.	5	
3.4	Da li je analiza rizika vodjena od strane osobe koja je prošla kroz obuku za korišćene metode?	12	
3.5	Nakon što su utvrđene opasnosti procesa, da li se za detaljniju anлізу koriste kvantitativne i/ili kvalitativne tehnike?	20	

UKUPNO POENA

100

UPRAVLJANJE PROMENAMA

4.	Pitanje	Mogući rezultat	Stvarni rezultat
4.1	Da li je propisan postupak za sistem dizaličnog transporta koja se mora poštovati uvek kada se nova komponenta dodaje ili dolazi do promena u postojećem sistemu dizaličnog transporta (promena nosivosti, brzina kretanja, pogonskih faktora i sl.)?	10	
	Da li je jasno definisana odgovorna osoba za sprovođenje navedenog postupka?	6	
4.2	Da li su sledeće značajne promene u radnim procedurama (početni ili završni redosled, organizacione promene, itd...) uključene u prethodno navedni postupak?	14	
4.3	Da li je jasno razumljivo šta čini „privremenu promenu“ u radu sistema dizaličnog transporta i da li je definisan postupak upravljanja „privremenom	5	

	promenom“?		
4.4	Da li procedure upravljanja promenama zahtevaju sledeće akcije svaki put kada dodje do promena u procesu?		
	a. Zahteva odgovarajuću Analizu opasnosti procesa za tu jedinicu	5	
	b. Ažurira sve radne procedure na koje ima uticaja	4	
	c. Ažurira sve programe održavanja na koje ima uticaja	4	
	d. Modifikuje šeme procesa idruga informacije o bezbednosti	4	
	e. Obaveštava sve zaposlene u procesu i održavanju koji rade u oblasti promene i obezbeđuje potrebnu obuku	3	
	f. Obaveštava sve podugovarače kojih se tiče promena	3	
4.5	Kada se promene naprave u radnom procesu i/ili radnim procedurama da li postoje pisane procedure koje zahtevaju da uticaj tih promena na opremu ili materijal konstrukcije treba biti razmatran radi određivanja kada one izazivaju bilo kakvo povećanje stepena oštećenja ili mogućeg loma različitih mehanizama u opremi	12	
4.6	Kada se oprema sistema dizaličnog transporta ili materijal konstrukcije istog promeni kroz zamenu ili postupke održavanja da li postoji sistem koji će formalno da razmatra svaku promenu radi sigurnosti upotrebe novog materijala ili opreme?	10	

UKUPNO POENA

80

OPERATIVNE PROCEDURE

5.	Pitanje	Mogući rezultati	Stvarni rezultati
5.1	Da li su pisane radne procedure dostupne zaposlenima u operativi i održavanju u svim jedinicama?	10	
	Da li radne procedure jasno definišu odgovornost svakog zaposlenog za rad u svojoj oblasti?	5	

5.2	Da li su sledeće operacije obuhvaćene standardnim procedurama rada		
	a. Početno uključivanje	2	
	b. Normalni rad	2	
	c. Normalno obustavljanje rada	2	
	d. Hitno obustavljanje rada	5	
	f. Ponovno startovanje	2	
	g. Bezbednost sistema i njegovih funkcija	3	
5.3	Da li je sledeće opisano u standardnim procedurama rada sa aspekta bezbednosti i zdravlja na radu?		
	a. Osobine i opasnost materijala (delova, tereta) koji se prenosi	3	
	b. Preventivne mere koje uključuju zaštitnu opremu i dozvole za bezbedno izvodjenje radova	4	
	c. Kontrolne mere koje moraju biti primenjene u slučaju fizičkog kontakta	3	
5.4	Da li sustandardne procedure rada napisane na jasan, koncizan i razumljiv način?	10	
5.5	Da li postoji adekvatna procedura razmene informacija između smena operatera dizalica?	10	
5.6	Koliko često se radne procedure formalno razmatraju radi osiguranja da odražavaju trenutnu radnu praksu i sprovodi potrebno ažuriranje? (Izaberi jedan odgovor)		
	- Najmanje jednom godišnje, ili ako se promena pojavi	11	
	- Svake dve godine	5	
	- Samo kada se pojavi krupna promena	2	
	- Nema uspostavljenog rasporeda	0	
5.7	Koliko često se radi procena usaglašenosti radne prakse i procedura? (Izaberi jedan odgovor)		
	- Svakih 6 meseci	8	
	- Godišnje	4	

	- Svake tri godine	2	
	- Ne radi se	0	

UKUPNO POENA

80

ZAŠTITA NA RADU

6.	Pitanje	Mogući rezultati	Stvarni rezultati
6.1	Da li su razvijeni i primenjeni postupci za bezbedan rad, kako bi zaposleni i izvodjači radova upravljali rizikom tokom rada ili održavanja za sledeće:		
	a. Radovi pri kojima se razvija toplota.	2	
	b. Privremeni prekid procesa zbog montaže ili demontaže sredstava dizaličnog transporta.	2	
	c. Ulaz u ogradjeni prostor iznad koga se vrši montaža ili demontaža dizalice.	2	
	d. Pristup sredstvima dizaličnog transporta ekipama za izvodjenje montažno-demontažnih radova, održavaocima dizalica i ispitivačima.	2	
	e. Ulaz za vozila izvodjača radova.	2	
	f. Procedure ulaska i rukovanja autodizalicama za montažu- demontažu dizalične opreme.	2	
	g. Periodično kontrolisanje i održavanje sredstava dizaličnog transporta.	2	
6.2	Da li postupci koji obezbeđuju bezbednost na radu navedeni u 6.1 zahtevaju radni nalog ili dozvolu za započinjanje aktivnosti?		
	Ako je tako, da li procedura uključuje sledeće?	10	
	a. Zapisi koji u predstavljaju dokaz o izvršenju procedure.	1	

	b. Uputstva za rad i bezbednost na radu.	1	
	c. Proceduru odjave po završetku posla	1	
6.3	Koliko često služba ili pojedinac zadužen za bezbednost i zdravlje na radu se sprovodi evaluaciju usaglašenosti radnih postupaka sa propisanim procedurama? (Odaberi jedno)		
	Svaka 3 meseca	10	
	Svakih 6 meseci	6	
	Godišnje	4	
	Ne radi se	0	
6.4	Da li postoji procedura revizije procedure izdavanja radnih naloga vezano za sistem dizaličnog transporta najmanje jedanput u tri godine?	10	
6.5	Da li su izvedena istraživanja kako bi se utvrdilo jesu li radna okruženja u skladu sa ergonomskim zahtevima i standardima?	5	
	Ako su neuskладjenosti evidentirane u prošlosti, da li su korigovane?	3	

UKUPNO POENA

55

OBUKA

7.	Pitanje	Mogući rezultat	Stvarni rezultat
7.1	Postoji li pisana procedura koja definiše obaveznu obuku u procedurama bezbednosti na radu i radnim postupcima koju će svaki novozaposleni rukovaoc i održavaoc sistema dizaličnog transporta proći?	20	
7.2	Postoji li pisana procedura koja definiše količinu i sadržaj obuke vezane za radno mesto rukovaoca sistemom dizaličnog transporta, kao dopuna opštoj obuci definisanoj u 7.1?	20	

7.3	Da li procedura opisana pod 7.2 zahteva da u obuku bude uključeno i sledeće:		
	a. Specifičnost procesa koji opslužuje sistem dizaličnog transporta sa aspekta bezbednosnih i zdravstvenih rizika.	4	
	b. Obuka u oblasti specifičnosti rada konkretnog sistema dizaličnog transporta (specifičnosti različitih proizvođača dizalica).	4	
	c. Obuka, na licu mesta, u procedurama za slučaj opasnosti.	4	
	d. Radnim postupcima koji obezbeđuju bezbednost na radu.	3	
	e. Odgovarajuće osnovne veštine za rukovaoce i održavaoce sistema dizaličnog transporta.	3	
7.4	Po okončanju obuke rukovaoca i održavaoca sistema dizaličnog transporta, koji se metod koristi za utvrđivanje da li zaposleni poznaje prezentirane informacije? (Odaberi jedno)		
	Test radnog učinka i pregled zapisa o obavljenim postupcima.	15	
	Samo test radnog učinka.	10	
	Mišljenje nadređenog.	6	
	Bez utvrđivanja.	0	
7.5	Koliko često se rukovaocima i održavaocima sistema dizaličnog transporta obnavlja obuka? (Izaberi jedno)		
	Najmanje jedanput u 3 godine	15	
	Samo kada se vrše velike procesne promene	10	
	Nikada	0	

7.6	Koliko prosečno traje obuka za svakog rukovaoca, odnosno održavaoca sistema dizaličnog transporta? (Izaberi jedno)		
	11 dana /god. ili više	10	
	8-10 dana/god.	7	
	4-7 dana/god.	5	
	2-3 dana/god.	3	
	Manje od 2 dana/god.	0	
7.7	a. Da li je izbor programa obuka za rukovaoce, odnosno održavaoce sistema dizaličnog transporta u skladu sa njihovim potrebama?	8	
	b. Da li su potrebe za obukom periodično analizirane i unapredjene?	4	
7.8	Da li je sledeće uključeno u formalne programe obuke rukovaoca, odnosno održavaoca sistema dizaličnog transporta?		
	a. Kvalifikacije instruktora su utvrdjene i dokumentovane za svakog instruktora ponaosob.	5	
	b. Pisani planovi obuke su analizirani i odobreni, kako bi se osiguralo potpuno obuhvatanje teme.	5	
	c. Pored teorijske sprovodi se i praktična obuka na realnom sistemu dizaličnog transporta.	5	
	d. Svi zapisi o sprovedenoj obuci za svakog zaposlenog se čuvaju u procedurama propisanom roku.	5	

UKUPNO POENA

130

MAŠINSKA ISPRAVNOST

8.	Pitanje	Mogući	Stvarni
----	---------	--------	---------

		rezultat	rezultat
8.1	Da li plan periodičnih kontrolisanja uključuje sledeće:		
	a. Svi elementi svih sistema dizaličnog transporta koji podležu periodičnom kontrolisanju su identifikovani?	2	
	b. Zaduženja za sprovođenje periodičnog kontrolisanja su dodeljena?	2	
	c. Utvrđeni su periodi za kontrolisanje svih elemenata sistema dizaličnog transporta.	2	
	d. Metodologija periodičnog kontrolisanja svih elemenata svih sistema dizaličnog transporta je definisana?	2	
	e. Zapisi o izvršenom periodičnom kontrolisanju svih elemenata svih sistema dizaličnog transporta su definisani?	2	
8.2	Da li plan periodičnog kontrolisanja, iz 8.1, uključuje vizuelni pregled svih elemenata svih sistema dizaličnog transporta?	7	
8.3	Da li je plan periodičnog kontrolisanja predvideo detaljno kontrolisanje noseće čelične konstrukcije sistema dizaličnog transporta najmanje svakih pet godina?	10	
8.4	Da li je svaki noseći deo i svaka bezbednosna komponenta sistema dizaličnog transporta kontrolisan u vremenskim periodima definisanim u 8.1, da bi se identifikovali uzroci pogoršanja stanja ili otkaza?	5	
	a. Da li postoje zapisi o tome koji bi poslužili za definisanje programa preventivnog održavanja?	3	
	b. Da li se pomenuti zapisi koriste za analizu vremenskih perioda periodičnih pregleda definisanih u 8.1.	3	
8.5	Da li se sprovodi merenje dimenzija (širina, visina, debljina) kritičnih poprečnih preseka nosećih konstrukcija sistema dizaličnog transporta?	3	
	a. Lokacije kritičnih preseka određuje se prema:		

	1. maksimalnom opterećenju konstrukcije	2	
	2. stanju istrošenosti konstrukcije bez obzira na mesto max. opterećenja (korozija, prsline....)	2	
	b. Da li su lokacije za merenje dimenzija jasno naznačene u projektnoj dokumentaciji.	1	
	c. Da li su metode merenja debljine savremene?	1	
	d. Da li se rezultati merenja koriste za predviđanje preostalog radnog veka i prilagodjavanje učestalosti budućih periodičnih kontrolisanja?	2	
8.6	Da li postoji pisana procedura o promenama u metodologiji odnosno vremenskim periodima kontrolisanja.	5	
8.7	Da li se sve inspekcije, testovi, popravke ili zamene na opremi sistema dizaličnog transporta odmah dokumentuju?	4	
	Da li dokumentacija uključuje sve navedene informacije? 1. Datum inspekcije, testa, popravke ili zamene 2. Ime osobe koja je izvršila inspekciju, test, popravku ili zamene 3. Identifikaciju opreme nad kojom je izvršena inspekcija, test, popravka ili zamena 4. Opis inspekcija , testova, popravki ili zamena 5. Rezultate inspekcije 6. Preporuke na osnovama rezultata inspekcije, testa, popravke ili zamene	3	
8.8	Da li postoji pisana procedura kojom se zahteva da se svi utvrđeni nedostaci na opremi sistema dizaličnog transporta otklone na bezbedan način u što kraćem vremenu.	5	
	a. Ako su defekti otkriveni, da li se odluka o nastavku rada opreme donosi na osnovu jasne i dokumentovane tehničke procene radne bezbednog rada?	3	
8.9	Postoji li kompletan, ažuriran centralni registar sa svim informacijama o programima periodičnog kontrolisanja i pripadajućim zapisima i izveštajima o kontrolisanju?	3	

	Da li su informacije iz registra dostupne svima koji rade u okviru procesa?	2	
8.10	Da li su svi zaposleni koji rade na održavanju opreme sistema dizaličnog transporta obučeni za kontrolisanje procesa i procenu rizika?	5	
8.11	Da li su svi zaposleni koji rade na održavanju opreme sistema dizaličnog transporta obučeni u svim postupcima primenljivim na njihove radne zadatke, kako bi se osiguralo da oni svoje zadatke mogu obaviti na bezbedan i efikasan način?	5	
8.12	Da li su instruktori licencirani za držanje obuke u skladu sa važećim pravilnicima i standardima.	5	
8.13	Da li postoje procedure za obuku izvodjača radova na sistema dizaličnog transporta pre nego što počnu radovi?	5	
8.14	Da li postoji program preventivnog održavanja opremesistema dizaličnog transporta?	6	
	Da li taj program preventivnog održavanja zadovoljava sledeće kriterijume:		
	a. Svi elementi sistema dizaličnog transporta koji su kritični sa stanovišta bezbednosti su nabrojani.	2	
	b. Postoje zapisi o sprovođenju programa preventivnog održavanja.	2	
	c. Posao se obavlja u propisanim rokovima.	1	
8.15	Da li postoje procedure koje obezbeđuju instaliranje i održavanje sistema dizaličnog transporta koje obezbeđuju:		
	a. Dokaz da je ugrađen projektovani materijal.	1	
	b. Dokaz da je ugrađena oprema izradjena prema projektu i atestirana prema važećim propisima i standardima.	2	
	c. Dokaze da se održavanje opreme sistema dizaličnog transporta provodi u skladu sa važećim propisima i standardima?	1	
	d. Dokaz da postoji spisak svih rezervnih delova opreme za sistem dizaličnog transporta.	1	

8.16	<p>Postoji li stalna i progresivna evidencija za sve dizalice, koja uključuje <u>sve</u> navedeno?</p> <p>a. Izveštaj proizvođača o poštovanju važećih propisa sa spiskom sve isporučene opreme podacima i proizvođačkim atestima vitalnih nosećih i bezbednosnih komponenti opreme sistema dizaličnog transporta</p> <p>b. Identifikacioni broj</p> <p>c. Rezultati svih kontrolisanja, popravki, promena, ponovnih procena koje su se desile tokom eksploatacije sistema dizaličnog transporta</p>	5	
8.17	<p>Da li su procedure za održavanje sistema dizaličnog transporta dovoljne da obezbede da su sve popravke ili zamene elemenata sistema dizaličnog transporta u skladu sa važećim propisima prema kojima je oprema proizvedena, kao i prema propisima o bezbednosti i zdravlju na radu.</p>	5	

UKUPNO POENA

120

BEZBEDNOSNA PROCEDURA PRE POČETKA PROJEKTA

9.	Pitanje	Mogući rezultati	Stvarni rezultati
9.1	<p>Da li politika preduzeća zahteva Analizu rizika za sistem dizaličnog transporta u razvojnoj ili predprojektnoj fazi prilikom nabavke novih sistema dizaličnog transporta i/ili generalnog remonta (značajne modifikacije) postojećeg sistema dizaličnog transporta.</p>	10	
9.2	<p>Da li postoji pisana procedura pre početka nabavke novih ili značajno modifikovanih postojećih sistema dizaličnog transporta.</p>	10	
	<p>Pisana procedura zahteva ispunjenje sledećih uslova pre početka nabavke novih ili značajno modifikovanih postojećih sistema dizaličnog transporta:</p>		
	<p>a. Postoji pisana procedura za određivanje broja radnih ciklusa na sat koje treba da ostvari novo/remontovano postrojenje dizaličnog transporta.</p>	10	
	<p>b. Postoji pisana procedura za određivanje vremena rada u toku 24 sata novog/remontovanog sistema dizaličnog transporta.</p>	10	

	c. Postoji pisana procedura za određivanje maksimalnog i minimalnog tereta koji će biti transportovan novog/remontovanog sistema dizaličnog transporta.	5	
	d. Postoji pisana procedura za određivanje prosečne nosivosti po ciklusu novog/remontovanog sistema dizaličnog transporta.	10	
	e. Postoji pisana procedura koja na osnovu prethodne tri procedure propisuje zahtevanu pogonsku klasu mehanizma dizanja tereta novog/remontovanog sistema dizaličnog transporta.	10	
	f. Postoji pisana procedura za određivanje brzine vožnje novog/remontovanog sistema dizaličnog transporta.	5	
	g. Postoji pisana procedura za određivanje sistema upravljanja (kabina, daljinsko upravljanje, upravljanje sa poda) novog/remontovanog sistema dizaličnog transporta.	5	
	h. Postoji pisana procedura za određivanje uslova rada (temperatura, vlažnost, zprašenost, eksplozivna sredina) novog/remontovanog sistema dizaličnog transporta.	5	
	i. Postoji pisana procedura za definisanje potrebnog broja mehanizama za dizanje tereta i njihov način rada (jedan ili više mehanizama za dizanje, režimi rada svaki nezavisno ili tandem) kod novog/remontovanog sistema dizaličnog transporta.	5	
	j. Postoji pisana procedura o zahtevima za novu/postojeću kransku stazu na kojoj će biti instaliran novi/remontovani sistem dizaličnog transporta.	5	
9.3	Da li postoji pisana procedura koja zahteva da sva isporučene oprema mora biti pregledana pre početka rada uz potvrdu da je ona isporučena prema ponudi proizvođača.	10	
	a. Da li procedura zahteva formalno pisanje izveštaja o pregledu u svakoj odgovarajućoj fazi proizvodnje ili podizanja konstrukcije?	5	
	b. Da li procedura podrazumeva korektivni postupak u slučaju neusaglašenosti (praćenje do dovođenja opreme u predviđeno stanje)?	5	
9.4	Postoji pisana procedura za puštanje isporučene oprema novog/remontovanog sistema dizaličnog transporta u rad da bi se utvrdilo:		

	a. da svi mehanički uređaji rade u skladu sa važećim propisima/standardima.	5	
	b. da svi upravljački uređaji rade u skladu sa važećim propisima/standardima.	5	
	c. da sve elektrokomponente rade u skladu sa važećim propisima/standardima	5	
	d. da sve bezbednosne komponente (granični prekidači svih mehanizama, uređaji protiv sudaranja, kočioni uređaji i sl.) rade u skladu sa važećim propisima/standardima	5	
9.5	Da li postoji procedura da se napravi zapisnik o primopredaji novog/ remontovanog sistema dizaličnog transporta i uputi rukovodstvu postrojenja..	5	

UKUPNO POENA

135

ISPITIVANJE INCIDENTNIH SITUACIJA INSTALIRANOG SISTEMA DIZALIČNOG TRANSPORTA

10	Pitanje	Mogući rezultat	Stvarni rezultat
10.1	Da li postoji procedura za istraživanje uzroka incidentnih situacija / nezgoda?	10	
	Da li procedura zahteva primenu zaključaka istraživanja da bi se predupredili novi slični incidenti?	5	
10.2	Da li procedura zahteva da tim za ispitivanje uključuje:		
	a. Člana obučenog za tehnike istraživanja incidenata.	3	
	b. Člana detaljno upoznatog sa procesom rada sistema dizaličnog transporta.	3	
10.3	Da li postoji zapis o nezgodama / incidentima koji uključuje sledeće informacije?		
	a. Datum incidenta	1	
	b. Datum početka ispitivanja incidenta	1	

	c. Opis incidenta	5	
	d. Utvrđene uzroke incidenta	5	
	e. Vrednovanje potencijalnih opasnosti i verovatnoća učestalosti pojavljivanja	5	
	f. Preporuke potrebne za prevenciju incidenta	5	
10.4	Da li se na osnovu istorije otkaza vidi da se primenjuju predviđene procedure za ispitivanje incidenata sistema dizaličnog transporta.	5	
10.6	Da li je adekvatno osoblje (inženjeri, rukovaoci dizalicama...) uključeno u analizu incidenata/nezgoda koji su nastali zbog otkaza komponenata opreme sistema dizaličnog transporta, au cilju otkrivanja uzroka otkaza.	10	
10.7	Da li su svi izveštaji o ispitivanju incidenata/ nezgoda dostavljeni isporučiocima sistema dizaličnog transporta i da li postoji pisana procedura kojom se isporučioци obavezuju da dokažu da incident nije nastupio njihovom greškom.	7	
10.8	Da li su svi izveštaji o incidentima jednog sistema dizaličnog transporta u poslednjih godinu dana prosledjeni svim ostalim organizacionim celinama koje koriste isti ili sličan sistem dizaličnog transporta.	4	
10.9	Da li procedura ispitivanja incidenata zahteva da se njihovi nalazi uključe u buduće analize rizika.	6	

UKUPNO POENA

75

ISPORUČIOCI/UGOVARAČI

11	Pitanje	Mogući rezultat	Stvarni rezultat
11.1	Da li procedura odabira isporučioца sistema dizaličnog transporta pre dodeljivanja ugovora uključuje sledeće:		
	a. Utvrđivanje postojanja licenciranih inženjera za projektovanje, izvodjenje i bezbednost i zdravlje na radu, koji su stalno zaposlenih kod potencijalnog isporučioца	3	
	b. Dokaze o finansijskom kapacitetu potencijalnog isporučioца (promet ostvaren na poslovima isporuke	3	

	sistema dizaličnog transporta, pozitivan finansijski bilans na godišnjem nivou)		
	c. Dokaze o iskustvu i znanju potrebnom za bezbedno i pravovremeno izvršenje posla (referenc liste isporučenih sistema dizaličnog transporta)	3	
	d. Dokaze da je potencijalni isporučilac domaći proizvođač registrovan za obavljanje datih delatnosti ili ovlašćeni partner inostranog proizvođača opreme.	3	
11.2	Da li je isporučilac sistema dizaličnog transporta pismeno obavešten pre početka isporuke i montaže o:		
	a. Svim eventualnim potencijalnim opasnostima u proizvodnom procesu naručioca	2	
	b. O bezbednosnim procedurama prilikom montaže u postrojenjima naručioca	2	
	c. O procedurama za ulazak i boravak na objektu	2	
	d. O mogućnostima promene svih procedura u slučaju opasnosti	2	
11.3	Da li su predviđeni sastanci sa isporučiocem opreme sistema dizaličnog transporta pre početka radova da bi se utvrdio ukupno ugovoren obim posla, s kao i sve aktivnosti koje proizilaze iz njega uz sagledavanje zahteva bezbednosti i kvaliteta kao i osiguranje bezbednosti i zdravlja na radu svih zaposlenih kod naručioca i isporučioća.	3	
11.4	Ukoliko se utvrdi da zaposleni kod isporučioća ne poštuju zahtevane mere bezbednosti i zdravlja na radu u objektu naručioca, da li postoji pisana procedura kojom naručioc obavezuje isporučioća da postupi po njegovim primedbama.	5	
11.5	Da li postoji pisana procedura kojom se svi zaposleni isporučioća novih ili zaposleni koji rade na održavanju postojećeg sistema dizaličnog transporta obavezuju da poštuju sve zahteve bezbednosti i zdravlja na radu pri izvođenju radova.	7	

UKUPNO

35

OCENE SISTEMA MENADŽMENTA

12.	Pitanje	Mogući rezultat	Stvarni rezultat
12.1	Koliko često organizaciona jedinica zadužena za bezbednost i zdravlje na radu sprovodi ocenjivanje sistema upravljanja bezbednošću sistema dizaličnog transporta? (Izaberi jedan)		
	Svake godine	10	
	Svake tri godine	7	
	Nije uradjen	0	
12.2	Da li je razvijeni akcioni plan zadovoljava potrebe indikovane zadnjom ocenom?	10	
12.3	Da li je tim za ocenu sistema upravljanja bezbednošću sistema dizaličnog transporta uključuje osoblje sa sledećim karakteristikama:		
	a. Poznavaoi tehnike ocenjivanja upravljanja bezbednošću sistema dizaličnog transporta	5	
	b. Poznavaoi procesa koji se ocenjenjuje.	5	
12.4	Da li su dubina ocene i sveobuhvatnost odgovarajući za sistem dizaličnog transporta?	10	

UKUPNO

40

5.3 Provera “Menadžment” modula modela održavanja sistema dizaličnog transporta

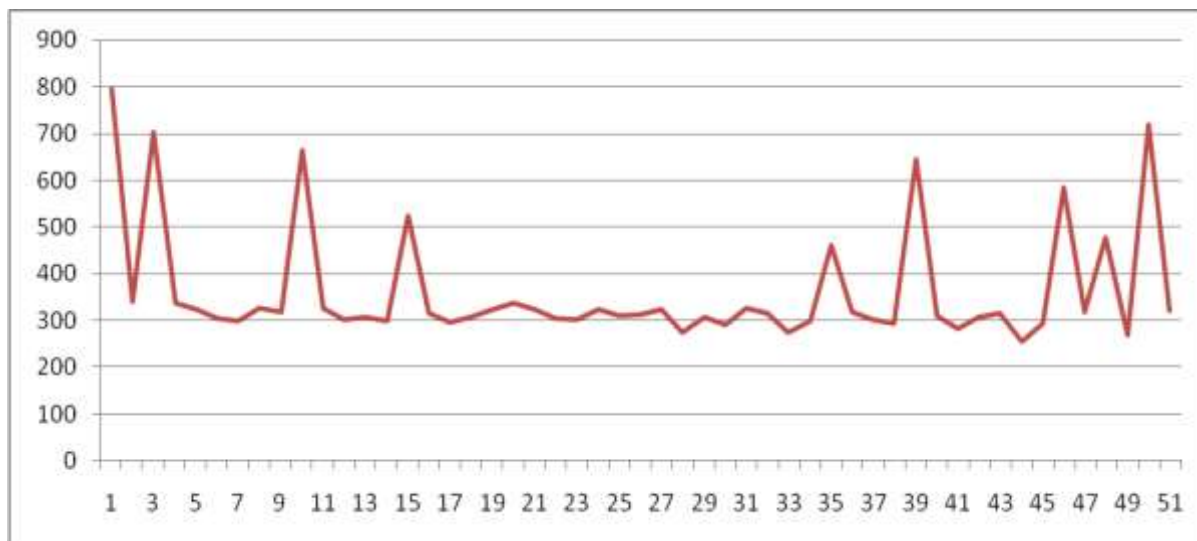
Anketni upitnik je poslat e-mailom u 60 preduzeća u Srbiji, koja koriste sistem dizaličnog transporta. Iako zvaničan podatak nije dostupan, populacija preduzeća sa sistemom dizaličnog transporta, prema mišljenju autora ankete i petorice anketiranih eksperata, nije značajno veća. Nakon tri slanja ankete (startno slanje i dva podsećanja-molbe da se anketiranje sprovede), tokom tri meseca, odgovorilo je 51 preduzeće (sa prosečno 122 zaposlena). Primetan je neočekivano visok odziv na anketu, 85%, što pokazuje vrlo visok stepen zainteresovanosti anketiranih za rešavanje problema u sistemu dizaličnog transporta.

Srednji broj zaposlenih u anketiranim preduzećima je 159,85 sa standardnom devijacijom 247,12. Anketu su popunjavali iskusni zaposleni, sa prosečno 18,25 godina radnog iskustva, sa pozicijom kao na Slici 5.1. Anketirana preduzeća poseduju sertifikat ISO 9000 u 73%, ISO 14000 u 47% i ISO 18000 u 51% slučajeva, dok 42% preduzeća ističe da ima integrisan menadžment sistem za sva tri

standarda. Preduzeće sa najmanjim skorom „menadžment faktora“ ima 256, a preduzeće sa najvišim skorom 795 prikupljenih bodova, što ukazuje na vrlo različite pristupe upravljanju rizikom i održavanjem sistema dizaličnog transporta u domaćoj industriji (slika 5.2). Standardna devijacija iznosi 129,053.



Slika 5.1 Pozicija anketiranih



Slika 5.2 Zbirni rezultati „menadžment“ faktora za 51 preduzeće

pitanje	srednja vrednost	standardna devijacija
1.1	5,263	1,939
1.2	6,474	1,073
1.3	5,158	1,803
1.4	5,368	2,629
1.5	2,263	1,939
1.6	10,684	3,267
2.1	1,474	2,318
2.2	2,842	4,180
2.3	0,895	2,514
2.4	0,211	0,419
2.5	15,526	1,577
2.6	2,895	0,567
2.7	6,842	1,385
2.8	2,053	0,780
2.9	2,158	1,068
3.1	0,421	1,835
3.2	0,579	2,524
3.3	6,895	7,400
3.4	5,000	1,667
3.5	4,895	2,807
	17,789	14,650
4.1	1,421	4,260
4.2	1,158	3,484
4.3	0,158	0,688
4.4	2,105	6,385
4.5	1,474	4,611
4.6	0,737	2,232
5.1	8,895	2,401
5.2	13,789	2,200
5.3	6,053	1,353

pitanje	srednja vrednost	standardna devijacija
5.4	5,947	0,848
5.5	4,158	1,740
5.6	0,684	2,540
5.7	3,526	0,964
6.1	8,947	1,929
6.2	5,737	3,229
6.3	5,000	1,826
6.4	0,316	1,376
6.5	5,789	0,918
7.1	17,842	4,717
7.2	17,789	3,489
7.3	15,526	4,074
7.4	13,316	2,810
7.5	13,211	2,820
7.6	0,526	2,294
7.7	7,789	0,918
7.8	16,947	1,177
8.1	4,842	2,267
8.2	6,421	1,742
8.3	5,053	2,068
8.4	6,895	2,158
8.5	2,526	1,837
8.6	0,158	0,688
8.7	4,474	1,577
8.8	0,526	1,611
8.9	0,368	1,212
8.10	2,211	0,713
8.11	2,947	0,848
8.12	0,421	1,305
8.13	0,421	1,305

pitanje	srednja vrednost	standardna devijacija
8.14	3,579	1,261
8.15	0,526	1,577
8.16	2,842	0,898
8.17	0,474	1,429
9.1	4,737	1,284
9.2	5,158	15,507
9.3	1,105	3,635
9.4	1,895	5,714
9.5	0,474	1,429
10.1	1,053	3,223
10.2	0,368	1,116
10.3	7,632	4,536
10.4	1,421	5,113
10.5	4,947	2,147
10.6	2,895	1,100
10.7	0,158	0,688
10.8	0,474	1,429
11.1	1,053	3,223
11.2	3,421	1,677
11.3	2,053	0,405
11.4	2,947	0,848
11.5	5,053	0,780
12.1	1,053	3,153
12.2	0,947	2,857
12.3	0,842	2,609
12.4	0,789	2,371

Tabela 5.1 Deskriptivna statistika po pitanjima u anketi

poglavlje	naziv	Srednja vrednost	Standardna devijacija	Maksimalna vrednost
1 – 6 pitanja	Rukovodstvo i administracija	35,211	7,185	70
2 – 9 pitanja	Informacije o bezbednosti sistema dizaličnog transporta	34,895	10,759	80
3 – 5 pitanja	Analiza rizika	17,789	14,650	100
4 – 6 pitanja	Upravljanje promenama	7,053	21,167	80
5 – 7 pitanja	Operativne procedure	43,053	6,629	80
6 – 5 pitanja	Zaštita na radu	25,789	5,381	55
7 – 8 pitanja	Obuka	102,947	9,652	130
8 – 17 pitanja	Mašinska ispravnost	44,684	19,102	120
9 – 5 pitanja	Bezbednosna procedura pre početka projekta	13,368	26,538	135
10 – 8 pitanja	Ispitivanje incidentnih situacija instaliranog sistema dizaličnog transporta	18,947	17,681	75
11 – 5 pitanja	Isporučioc/ugovarači	14,526	6,450	35
12 – 4 pitanja	Ocene sistema menadžmenta	3,632	10,940	40
Ukupno				1000

Tabela 5.2. Deskriptivna statistika po poglavljima u anketi

Kako istraživački instrument (anketa) u ovom radu razmatra višedimenzionalne pojave, čije opisivanje zahteva veći broj, merljivih (manifestnih) promenljivih. Prirodno je težiti da se međuzavisne promenljive analiziraju zajedno (kao entitet u celini) i istovremeno, a jedna od viševarijantnih tehnika za tu analizu podataka je faktorska analiza.

5.3.1 Faktorska analiza faktora “menadžment” modula modela održavanja sistema dizaličnog transporta

Prevažodni cilj faktorske analize je sažimanje informacija sadržanih u originalnim promenljivim u manji skup novih kompozitnih dimenzija uz minimalan gubitak informacija, odnosno zadržavanje dovoljnog broj informacija. Shodno tome, jedan od glavnih razloga za primenu faktorske analize je zakon „štednje“ ili parsimonije, koji omogućava da se veći broj promenljivih objasni pomoću što manjeg skupa promenljivih, bez značajnog gubitka informacija (Hair i dr., 1998). Cilj faktorske analize takodje je i izbor faktora, koji opisuju konstrukt, što treba da se zasniva na prethodnim istraživanjima, ukoliko ona postoje, a poželjna je i potvrda predloženih faktora od strane nekoliko eksperata (Gorusch, 1974). Osnovni cilj faktorske analiza ima dva cilja nižeg nivoa: a) redukovanje dimenzionalnosti originalnog prostora postupcima faktorizacije i b) utvrđivanje povezanosti konstrukata i faktora koji ga opisuju. Veličina uzorka potrebna za faktorsku analizu je najmanje 50, a poželjno je 100 i više jedinica posmatranja (Gorusch, 1974, Hair i dr., 1998). U interpretaciji faktorske analize veoma je značajno razmatranje ukupne varijanse promenljivih objašnjeno sa zadržanim komponentama, dok komunalitet pojedine promenljive govori o tome koliko je varijanse određene promenljive objašnjeno sa zadržanim komponentama (faktorima) (Statsoft, 1995). Takodje, ako se grupe faktora jasno ne prepoznaju metodom glavnih komponenata, neophodno ih je transformisati, tj. rotirati faktore da bi postigli nezavisnost faktora. Postoji različiti načini rotacije, a osnovna podela je na ortogonalne (“quartimax, varimax, equimax”) i kose, zavisno od toga da li su faktori nekorelirani (ortogonalni) ili korelirani (kosi) (Gorusch, 1974).

U ovom radu će najpre biti sprovedena eksplorativna faktorska analiza u cilju smanjenja dimenzionalnosti prostora, uz primenu „varimax“ rotacije, kada je potrebno.

Opterećenje faktora predstavlja korelaciju konstrukta sa faktorom koji ga opisuje, tako da veće opterećenje faktora znači da faktor bolje opisuje konstrukt. Za veličinu uzorka u ovom istraživanju (51) nivo faktora od 0.70 smatra se značajnim za snagu testa 0.80 i nivo značajnosti 0.05 uz pretpostavku da greške pretpostavljaju dvostruku vrednost konvencionalnog koeficijenta korelacije (Hair i dr., 1998).

Rezultati sprovedene faktorske analize prikazani su u Tab. 5.3-5.14.

Tabela 5.3 Opterećenja faktora - Poglavlje 1

Opterećenja faktora(Varimax raw) Metoda: Glavne komponente(Značajna opterećenja >.7)		
	Factor - 1	Factor - 2
1.1	0,909497	0,230833
1.2	0,227385	0,566211
1.3	0,849636	0,366442
1.4	0,365379	0,816443
1.5	-0,036865	0,915199
1.6	-0,933099	0,130197
Objašnjena varijansa	2,606306	2,029278
Udeo u ukupnoj varijansi	0,434384	0,338213

Podaci u Tab. 5.3 pokazuju da se pitanja prvog poglavlja grupišu u dva faktora, pri čemu jedino pitanje 1.2 (politika upravljanja bezbednošću kao osnov drugih dokumenata u sistemu menadžmenta) nema dovoljno visoko opterećenje.

Tabela 5.4 Opterećenja faktora - Poglavlje 2

Opterećenja faktora(Varimax raw) Metoda: Glavne komponente(Značajna opterećenja >.7)			
	Factor - 1	Factor - 2	Factor - 3
2.1	0,932388	0,162289	-0,067395
2.2	0,928299	0,155074	-0,049631
2.3	0,094616	0,095604	-0,919284
2.4	0,661305	-0,260175	0,114805
2.5	0,048842	0,790782	0,163401
2.6	0,134577	0,796303	-0,168190
2.7	0,503601	0,242001	0,495185
2.8	0,176224	0,888192	-0,087432
2.9	0,579501	0,447346	0,061708
Objašnjena varijansa	2,818349	2,434220	1,176918
Udeo u ukupnoj varijansi	0,313150	0,270469	0,130769

Podaci u Tab. 5.4 pokazuju da se pitanja drugog poglavlja grupišu u tri faktora, pri čemu pitanja 2.4, 2.7 i 2.9 nemaju dovoljno visoko opterećenje.

Tabela 5.5 Opterećenja faktora - Poglavlje 3

Opterećenja faktora(Varimax raw) Metoda: Glavne komponente(Značajna opterećenja >.7)		
	Factor - 1	Factor - 2
3.1	0,708941	0,690404
3.2	0,711230	0,689226
3.3	0,972503	-0,053287
3.4	-0,153936	0,967565
3.5	0,976820	0,064421
Objašnjena varijansa	2,932082	1,894862
Udeo u ukupnoj varijansi	0,586416	0,378972

Podaci u Tab. 5.5 pokazuju da se pitanja trećeg poglavlja grupišu u dva faktora, pri čemu sva pitanja imaju dovoljno visoko opterećenje.

Tabela 5.6 Opterećenja faktora - Poglavlje 4

Opterećenja faktora(Unrotated) Metoda: Glavne komponente(Značajna opterećenja >.7)	
	Factor - 1
4.1	-0,990131
4.2	-0,997229
4.3	-0,573989
4.4	-0,978122
4.5	-0,937118
4.6	-0,984219
Objašnjena varijansa	5,107888
Udeo u ukupnoj varijansi	0,851315

Podaci u Tab. 5.6 pokazuju da se pitanja četvrtog poglavlja grupišu u dva faktora, pri čemu jedino pitanje 4.3 (privremene promene i upravljanje njima) nema dovoljno visoko opterećenje.

Tabela 5.7 Opterećenja faktora - Poglavlje 5

Opterećenja faktora(Varimax raw) Metoda: Glavne komponente(Značajna opterećenja >.7)			
	Factor - 1	Factor - 2	Factor - 3
5.1	0,603466	0,718823	0,038640
5.2	-0,844236	0,032621	0,022427
5.3	0,673271	0,635590	0,250555
5.4	0,106187	-0,929676	-0,006745
5.5	0,176354	0,151918	0,829971
5.6	0,876739	0,062526	0,266594
5.7	0,100634	-0,073197	0,738026
Objašnjena varijansa	2,351374	1,818391	1,369425
Udeo u ukupnoj varijansi	0,335911	0,259770	0,195632

Podaci u Tab. 5.7 pokazuju da se pitanja petog poglavlja grupišu u tri faktora, pri čemu jedino pitanje 5.3 (standardne procedure rada) nema dovoljno visoko opterećenje.

Tabela 5.8 Opterećenja faktora - Poglavlje 6

Opterećenja faktora(Varimax raw) Metoda: Glavne komponente(Značajna opterećenja >.7)		
	Factor - 1	Factor - 2
6.1	0,546611	0,653971
6.2	0,408182	0,700055
6.3	-0,827243	-0,153028
6.4	0,855590	0,018667
6.5	-0,090517	0,895467
Objašnjena varijansa	1,898219	1,740586
Udeo u ukupnoj varijansi	0,379644	0,348117

Podaci u Tab. 5.8 pokazuju da se pitanja šestog poglavlja grupišu u dva faktora, pri čemu jedino pitanje 6.1 (postupci za bezbedan rad) nema dovoljno visoko opterećenje.

Tabela 5.9 Opterećenja faktora - Poglavlje 7

Opterećenja faktora(Varimax raw) Metoda: Glavne komponente(Značajna opterećenja >.7)				
	Factor - 1	Factor - 2	Factor - 3	Factor - 4
7.1	0,929408	0,008166	0,034114	0,096470
7.2	0,000638	0,034128	-0,011918	-0,978436
7.3	0,732736	0,231880	0,011259	-0,287517
7.4	0,507288	-0,006249	0,243766	-0,159610
7.5	0,560966	0,026737	0,711255	0,109242
7.6	-0,189653	-0,805648	0,024743	0,147727
7.7	-0,064470	-0,020750	0,946446	-0,029381
7.8	-0,035923	0,863806	0,007354	0,052514
Objašnjena varijansa	2,014142	1,451414	1,463164	1,112163
Udeo u ukupnoj varijansi	0,251768	0,181427	0,182895	0,139020

Podaci u Tab. 5.9 pokazuju da se pitanja sedmog poglavlja grupišu u četiri faktora, pri čemu jedino pitanje 7.4 (provera obučenosti nakon obuke rukovaoca i održavaoca) nema dovoljno visoko opterećenje.

Tabela 5.10 Opterećenja faktora - Poglavlje 8

Opterećenja faktora(Varimax raw) Metoda: Glavne komponente(Značajna opterećenja >.7)			
	Factor - 1	Factor - 2	Factor - 3
8.1	0,760282	0,379542	-0,089478
8.2	0,029292	0,038445	0,903326
8.3	0,718909	0,402049	-0,106168
8.4	0,497155	0,495512	-0,132482
8.5	0,917341	0,295830	0,012656
8.6	0,159129	0,915116	0,033322
8.7	0,657029	0,056787	0,102311

8.8	0,962032	0,202920	0,028480
8.9	0,644791	0,712496	0,028126
8.1	0,039716	0,943991	0,000694
8,110000	0,421084	0,343369	0,444918
8,120000	0,976915	-0,010254	0,018910
8,130000	0,984833	0,020594	0,024734
8,140000	0,315407	0,193296	-0,531668
8,150000	0,970128	0,141053	0,033527
8,160000	0,413692	0,525910	0,353762
8,170000	0,878534	0,427561	0,030454
Objašnjena varijansa	8,069406	3,555909	1,474959
Udeo u ukupnoj varijansi	0,474671	0,209171	0,086762

Podaci u Tab. 5.10 pokazuju da se pitanja osmog poglavlja grupišu u tri faktora, pri čemu pitanja 8.4, 8.7, 8.11 i 8.16 nemaju dovoljno visoko opterećenje.

Tabela 5.11 Opterećenja faktora - Poglavlje 9

Opterećenja faktora(Unrotated) Metoda: Glavne komponente(Značajna opterećenja >.7)	
	Factor - 1
9.1	-0,779116
9.2	-0,936769
9.3	-0,973871
9.4	-0,972996
9.5	-0,981734
Objašnjena varijansa	4,343506
Udeo u ukupnoj varijansi	0,868701

Podaci u Tab. 5.11 pokazuju da se pitanja devetog poglavlja grupišu u jedan faktor, gde sva pitanja imaju dovoljno visoko opterećenje.

Tabela 5.12 Opterećenja faktora - Poglavlje 10

Opterećenja faktora(Varimax raw) Metoda: Glavne komponente(Značajna opterećenja >.7)		
	Factor - 1	Factor - 2
10.1	0,908204	0,374172
10.2	0,964765	0,171371
10.3	0,859704	0,289482
10.4	0,636330	0,727179
10.5	0,872064	0,130890
10.6	0,111489	0,840722
10.7	0,305721	0,886343
10.8	0,861332	0,421805
Objašnjena varijansa	4,507897	2,469431
Udeo u ukupnoj varijansi	0,563487	0,308679

Podaci u Tab. 5.12 pokazuju da se pitanja desetog poglavlja grupišu u dva faktora, gde sva pitanja imaju dovoljno visoko opterećenje.

Tabela 5.13 Opterećenja faktora - Poglavlje 11

Opterećenja faktora(Varimax raw) Metoda: Glavne komponente(Značajna opterećenja >.7)		
	Factor - 1	Factor - 2
11.1	0,919867	0,294043
11.2	0,340239	0,838121
11.3	0,947886	-0,171691
11.4	0,497102	0,687764
11.5	-0,302732	0,892906
Objašnjena varijansa	2,199163	2,088687
Udeo u ukupnoj varijansi	0,439833	0,417737

Podaci u Tab. 5.13 pokazuju da se pitanja jedanaestog poglavlja grupišu u dva faktora, pri čemu samo pitanje 11.4, vezano za istoriju otkaza, nema dovoljno visoko opterećenje.

Tabela 5.14 Opterećenja faktora - Poglavlje 12

Opterećenja faktora(Unrotated) Metoda: Glavne komponente(Značajna opterećenja >.7)	
	Factor - 1
12.1	-0,976463
12.2	-0,985412
12.3	-0,981245
12.4	-0,995823
Objašnjena varijansa	3,879022
Udeo u ukupnoj varijansi	0,969755

Podaci u Tab. 5.14 pokazuju da se pitanja dvanaestog poglavlja grupišu u jedan faktor, gde sva pitanja imaju dovoljno visoko opterećenje.

Sveukupno posmatrano, faktorska analiza pokazala je da iz upitnika mogu biti izuzeta sledeća pitanja 1.2,2.4,2.7,2.9, 4.3,5.3,6.1,7.4,8.7, 8.11,8.16, 11.4 i 11.5 (nisu boldovana Tab. 5.3-5.14).

5.3.2 Analiza pouzdanosti “Menadžment” modula modela održavanja sistema dizaličnog transporta

Pouzdanost skale Cronbach α opisuje stepen konzistentnosti između višestrukih merenja promenljive koeficijentom i izračunava se prema formuli (Hair i dr, 1998):

$$\alpha = \left(\frac{k}{k-1} \right) \cdot \left[1 - \sum \frac{s_i^2}{s_{sum}^2} \right], \text{ gde je:}$$

s_i^2 - varijansa za k individualnih merenja,

s_{sum}^2 - varijansa za sumu svih merenja,

Donja granica prihvatljivosti za koeficijent Cronbach α je 0.70 kako predlaže Nunnally, mada mnogi autori koriste i nižu od 0.60, a standardizovan koeficijent α predstavlja pouzdanost kada su vrednosti za sve dimenzije standardizovane (z transformisane), i izračunava se prema formuli (Hair i dr, 1998):

$$\alpha_{st} = \frac{k \cdot \bar{r}}{1 + (k - 1) \cdot \bar{r}}, \text{ gde je:}$$

k – broj dimenzija u skali,

\bar{r} - srednja korelacija između dimenzija.

Rezultati analize pouzdanosti prikazani su u Tab. 5.15-5.26.

Tabela 5.15 Pouzdanost skale Cronbach alpha - Poglavlje 1

Srednja vrednost=27,7451 Std.Dv.=5,48030 N:51 Cronbach alpha: ,14099 Standardizovano alpha: ,477939 Prosečna korelacija.: ,176886					
	Srednja vrednost - po izbacivanju	Varijansa - po izbacivanju	StDv. - po izbacivanju	Korelacija	Alpha - po izbacivanju
1.1	22,27451	26,82660	5,179440	-0,085073	0,000000
1.3	22,47059	24,64129	4,964000	0,121636	0,000000
1.4	22,49020	15,54402	3,942591	0,561568	0,000000
1.5	25,70588	16,83506	4,103055	0,702309	0,000000
1.6	18,03922	37,25336	6,103553	-0,499034	0,809473

Analiza u Tab 5.15 pokazuje da se izbacivanjem pitanja 1.6 (vezanog za odbor za bezbednost) koeficijent pouzdanosti skale Cronbach alfa za prvo poglavlje povećava na željenu vrednost veću od 0,70, tj. 0,81.

Tabela 5.16 Pouzdanost skale Cronbach alpha - Poglavlje 2

Srednja vrednost=24,9412 Std.Dv.=7,16495 N:51 Cronbach alpha: ,631442 Standardizovano alpha: ,734036 Prosečna korelacija.: ,441773					
	Srednja vrednost - po izbacivanju	Varijansa - po izbacivanju	StDv. - po izbacivanju	Korelacija	Alpha - po izbacivanju
2.1	23,68627	30,21530	5,496845	0,791455	0,412489
2.2	22,58824	19,41869	4,406664	0,629097	0,476905
2.3	24,07843	42,66051	6,531502	0,095651	0,694935
2.5	9,52941	42,60208	6,527027	0,255523	0,623015
2.6	21,98039	46,56824	6,824093	0,395192	0,620397
2.8	22,84314	43,70088	6,610664	0,567599	0,586147

Analiza u Tab 5.16 pokazuje da se izbacivanjem pitanja 2.3 (blok dijagram ili dijagram toka procesa) pouzdanost skale za drugo poglavlje povećava na željenih 0,69.

Tabela 5.17 Pouzdanost skale Cronbach alpha - Poglavlje 3

Srednja vrednost=17,4706 Std.Dv.=12,5369 N:51 Cronbach alpha: ,694815 Standardizovano alpha: ,857567 Prosečna korelacija.: ,745512					
	Srednja vrednost - po izbacivanju	Varijansa - po izbacivanju	StDv. - po izbacivanju	Korelacija	Alpha - po izbacivanju
3.1	17,15686	122,2891	11,05844	0,855794	0,613417
3.2	17,05882	113,2318	10,64104	0,845022	0,576467

3.3	10,01961	43,1957	6,57234	0,629620	0,810524
3.4	13,11765	147,2803	12,13591	0,042004	0,755575
3.5	12,52941	104,7197	10,23327	0,889676	0,535035

Analiza u Tab 5.17 pokazuje da za treće poglavlje postoji adekvatna pouzdanost skale, bliska 0,70.

Tabela 5.18 Pouzdanost skale Cronbach alpha - Poglavlje 4

Srednja vrednost=9,39216 Std.Dv.=21,3083 N:51 Cronbach alpha: ,968991 Standardizovano alpha: ,990903 Prosečna korelacija.: ,965079					
	Srednja vrednost - po izbacivanju	Varijansa - po izbacivanju	StDv. - po izbacivanju	Korelacija	Alpha - po izbacivanju
4.1	7,372549	278,7827	16,69679	0,984340	0,949721
4.2	7,784314	307,6594	17,54022	0,981338	0,956255
4.4	6,803922	230,3145	15,17612	0,981815	0,962456
4.5	7,274510	263,6893	16,23851	0,945708	0,957340
4.6	8,333333	355,0457	18,84266	0,964326	0,977913

Analiza u Tab 5.18 pokazuje da za četvrto poglavlje ankete postoji adekvatna pouzdanost skale, veća od 0,70.

Tabela 5.19 Pouzdanost skale Cronbach alpha - Poglavlje 5

Srednja vrednost=36,2745 Std.Dv.=4,83768 N:51 Cronbach alpha: ,7565 Standardizovano alpha: ,7789 Prosečna korelacija.: ,41011					
	Srednja vrednost - po izbacivanju	Varijansa - po izbacivanju	StDv. - po izbacivanju	Korelacija	Alpha - po izbacivanju
5.1	27,19608	13,56940	3,683666	0,624813	0,613417
5.2	22,49020	30,44598	5,517788	0,818651	0,810524
5.4	30,80392	25,41253	5,041085	0,581878	0,576467
5.5	32,31372	14,21530	3,770319	0,776462	0,755575
5.6	35,62745	11,44944	3,383703	0,563255	0,535035
5.7	32,94118	21,07497	4,590748	0,666211	0,613417

Analiza u Tab 5.19 pokazuje da za peto poglavlje postoji adekvatna pouzdanost skale, veća od 0,70.

Tabela 5.20 Pouzdanost skale Cronbach alpha - Poglavlje 6

Srednja vrednost=16,8824 Std.Dv.=4,53276 N:51 Cronbach alpha: ,74942 Standardizovano alpha: ,7852 Prosečna korelacija.: ,3804					
	Srednja vrednost - po izbacivanju	Varijansa - po izbacivanju	StDv. - po izbacivanju	Korelacija	Alpha - po izbacivanju
6.2	10,68627	4,01922	2,004800	0,577458	0,558967
6.3	12,11765	24,73126	4,973053	0,775211	0,766112
6.4	16,64706	17,91465	4,232570	0,573255	0,545892
6.5	11,19608	14,51057	3,809275	0,676211	0,623477

Analiza u Tab 5.20 pokazuje da za šesto poglavlje ankete postoji adekvatna pouzdanost skale, veća od 0,70.

Tabela 5.21 Pouzdanost skale Cronbach alpha - Poglavlje 7

Srednja vrednost=84,7451 Std.Dv.=12,8122 N:51 Cronbach alpha: ,465711 Standardizovano alpha: ,331863 Prosečna korelacija.: ,075211					
	Srednja vrednost - po izbacivanju	Varijansa - po izbacivanju	StDv. - po izbacivanju	Korelacija	Alpha - po izbacivanju
7.1	67,19608	95,7262	9,78398	0,449922	0,276114
7.2	68,31373	130,9212	11,44208	0,033223	0,553212
7.3	69,70588	94,8743	9,74034	0,552707	0,218041
7.5	72,78432	107,5417	10,37023	0,448725	0,300451
7.6	84,37255	170,9789	13,07589	-0,278587	0,645304
7.7	77,78432	145,4633	12,06082	0,207420	0,440817
7.8	68,31373	155,8624	12,48448	0,013608	0,489143

Analiza u Tab 5.21 pokazuje da se izbacivanjem pitanja 7.6 (trajanje obuke za rukovaoce/održavaoce) pouzdanost skale za sedmo poglavlje povećava na vrednost 0,65.

Tabela 5.22 Pouzdanost skale Cronbach alpha - Poglavlje 8

Srednja vrednost=28,6667 Std.Dv.=15,5829 N:51 Cronbach alpha: ,929338 Standardizovano alpha: ,932354 Prosečna korelacija.: ,643401					
	Srednja vrednost - po izbacivanju	Varijansa - po izbacivanju	StDv. - po izbacivanju	Korelacija	Alpha - po izbacivanju
8.1	23,58824	187,3795	13,68866	0,755907	0,922393
8.2	22,47059	234,3668	15,30904	0,008780	0,948362
8.3	23,56863	187,8139	13,70452	0,793065	0,920144
8.5	25,98039	188,6859	13,73630	0,960632	0,913050
8.6	28,56863	230,8727	15,19450	0,461595	0,932165
8.8	27,82353	185,5571	13,62193	0,960785	0,912561
8.9	28,21569	209,5809	14,47691	0,849505	0,921153
8.10	26,62745	230,1945	15,17216	0,356162	0,932758
8.12	27,96078	195,5279	13,98313	0,878221	0,916825
8.13	27,88235	191,4763	13,83750	0,897287	0,915603
8.14	25,41176	224,9873	14,99958	0,276468	0,935730
8.15	27,86275	189,0204	13,74847	0,935832	0,913938
8.17	28,03922	197,0965	14,03911	0,971316	0,914882

Analiza u Tab 5.22 da pokazuje za osmo poglavlje ankete postoji adekvatna pouzdanost skale, veća od 0,70.

Tabela 5.23 Pouzdanost skale Cronbach alpha - Poglavlje 9

Srednja vrednost=17,0980 Std.Dv.=27,9201 N:51 Cronbach alpha: ,756777 Standardizovano alpha: ,960453 Prosečna korelacija.: ,878862					
---	--	--	--	--	--

	Srednja vrednost - po izbacivanju	Varijansa - po izbacivanju	StDv. - po izbacivanju	Korelacija	Alpha - po izbacivanju
9.1	12,17647	711,9492	26,68238	0,660569	0,772391
9.2	10,09804	160,2061	12,65725	0,909478	0,856285
9.3	15,19608	554,1185	23,53972	0,918035	0,654552
9.4	14,52941	487,7001	22,08393	0,955009	0,599850
9.5	16,39216	680,3168	26,08288	0,974767	0,747343

Analiza u Tab 5.23 pokazuje da za deveto poglavlje ankete postoji adekvatna pouzdanost skale, veća od 0,70.

Tabela 5.24 Pouzdanost skale Cronbach alpha - Poglavlje 10

Srednja vrednost=19,7059 Std.Dv.=15,7560 N:51 Cronbach alpha: ,889347 Standardizovano alpha: ,940875 Prosečna korelacija.: ,726901					
	Srednja vrednost - po izbacivanju	Varijansa - po izbacivanju	StDv. - po izbacivanju	Korelacija	Alpha - po izbacivanju
10.1	18,23529	154,3368	12,42324	0,958385	0,840187
10.2	19,19608	212,4321	14,57505	0,903735	0,877141
10.3	11,80392	142,4713	11,93614	0,832600	0,868521
10.4	18,31373	144,2153	12,00897	0,842688	0,864456
10.5	14,54902	192,6005	13,87806	0,752565	0,868946
10.6	17,00000	226,5098	15,05024	0,469243	0,894917
10.7	19,58824	230,9481	15,19698	0,683474	0,895653
10.8	19,25490	210,7782	14,51820	0,943090	0,875073

Analiza u Tab 5.24 pokazuje da za deseto poglavlje ankete postoji adekvatna pouzdanost skale, veća od 0,70.

Tabela 5.25 Pouzdanost skale Cronbach alpha - Poglavlje 11

Srednja vrednost=12,2157 Std.Dv.=6,33503 N:51 Cronbach alpha: ,621887 Standardizovano alpha: ,621701 Prosečna korelacija.: ,349012					
	Srednja vrednost - po izbacivanju	Varijansa - po izbacivanju	StDv. - po izbacivanju	Korelacija	Alpha - po izbacivanju
11.1	10,54902	9,07113	3,011831	0,728521	0,328304
11.2	8,86275	25,80469	5,079832	0,622350	0,445633
11.3	9,70588	28,52134	5,340537	0,514563	0,520382
11.5	7,52941	36,28835	6,023981	0,072677	0,709173

Analiza u Tab 5.25 pokazuje da se izbacivanjem pitanja 11.5 (trajanje obuke za rukovaoce/održavaoce) pouzdanost skale za jedanaesto poglavlje povećava na vrednost 0,71.

Tabela 5.26 Pouzdanost skale Cronbach alpha - Poglavlje 12

Srednja vrednost=5,56863 Std.Dv.=12,2528 N:51 Cronbach alpha: ,988465 Standardizovano alpha: ,989586 Prosečna korelacija.: ,963925					
	Srednja vrednost - po izbacivanju	Varijansa - po izbacivanju	StDv. - po izbacivanju	Korelacija	Alpha - po izbacivanju
12.1	4,254902	86,11149	9,279628	0,957796	0,988151

12.2	4,137255	81,09880	9,005487	0,973739	0,983905
12.3	4,078432	79,48404	8,915382	0,966292	0,986829
12.4	4,235294	85,74856	9,260052	0,992786	0,979931

Analiza u Tab 5.26 pokazuje da za dvanaesto poglavlje ankete postoji adekvatna pouzdanost skale, veća od 0,70.

Shodno napred navedenom, pitanja koja mogu povećati pouzdanost skale do potrebnog nivoa u Tab. 5.15-5.26 nisu boldovana, jer imaju koeficijent Cronbach Alfa koji povećava pouzdanost skale, tako da je upitnik analizom pouzdanosti umanjen za još 4 pitanja (1.6, 2.3, 7.6 i 11.5).

5.3.3 Konačna forma “Menadžment” modul modela održavanja sistema dizaličnog transporta

Konačna forma “Menadžment” modula modela održavanja sistema dizaličnog transporta sadrži 16 pitanja manje od početnih 85, što znači da ima 69 pitanja.

Tabela 5.27. Pitanja koja se izbacuju iz ankete

1	Pitanje	Mogući rezultati	Stvarni rezultati
1.2	Da li je politika upravljanja bezbednošću procesa:		
	a. Osnov za pisanje priručnika?	2	
	b. Dostupna svim zaposlenima, pa su svi upoznati sa politikom?	2	
	c. Osnova procedura i uputstava.	2	
	d. Uključena u sve glavne programe obuke?	2	
	e. Korišćena na drugi način? (Opiši)	2	

INFORMACIJE O BEZBEDNOSTI SISTEMA DIZALIČNOG TRANSPORTA

2	Pitanje	Mogući rezultat	Stvarni rezultat
2.3	Da li je blok dijagram ili pojednostavljen dijagram toka procesa dostupan rukovaocu sistemom dizaličnog transporta?	4	
2.4	Da li je šema procesa raspoloživa svim učesnicima u sistemu dizaličnog transporta?	2	
2.10	Da li se napred navedena dokumenta čuvaju i arhiviraju na za to odredjenom mestu?	5	

UPRAVLJANJE PROMENAMA

4.	Pitanje	Mogući rezultat	Stvarni rezultat
4.3	Da li je jasno razumljivo šta čini „privremenu promenu“ u radu sistema dizaličnog transporta i da li je definisan postupak upravljanja „privremenom promenom“?	5	

OPERATIVNE PROCEDURE

5.	Pitanje	Mogući rezultati	Stvarni rezultati
5.3	Da li je sledeće opisano u standardnim procedurama rada sa aspekta bezbednosti i zdravlja na radu?		
	a. Osobine i opasnost materijala (delova, tereta) koji se prenosi	3	
	b. Preventivne mere koje uključuju zaštitnu opremu i dozvole za bezbedno izvođenje radova	4	
	c. Kontrolne mere koje moraju biti primenjene u slučaju fizičkog kontakta	3	

ZAŠTITA NA RADU

6.	Pitanje	Mogući rezultati	Stvarni rezultati
6.1	Da li su razvijeni i primenjeni postupci za bezbedan rad, kako bi zaposleni i izvođači radova upravljali rizikom tokom rada ili održavanja za sledeće:		
	a. Radovi pri kojima se razvija toplota.	2	
	b. Privremeni prekid procesa zbog montaže ili demontaže sredstava dizaličnog transporta.	2	
	c. Ulaz u ogradjeni prostor iznad koga se vrši montaža ili demontaža dizalice.	2	

	d. Pristup sredstvima dizaličnog transporta ekipama za izvodjenje montažno-demontažnih radova, održavaocima dizalica i ispitivačima.	2	
	e. Ulaz za vozila izvodjača radova.	2	
	f. Procedure ulaska i rukovanja autodizalicama za montažu- demontažu dizalične opreme.	2	
	g. Periodično kontrolisanje i održavanje sredstava dizaličnog transporta.	2	

OBUKA

7.	Pitanje	Mogući rezultat	Stvarni rezultat
7.4	Po okončanju obuke rukovaoca i održavaoca sistema dizaličnog transporta, koji se metod koristi za utvrđivanje da li zaposleni poznaje prezentirane informacije? (Odaberi jedno)		
	Test radnog učinka i pregled zapisa o obavljenim postupcima.	15	
	Samo test radnog učinka.	10	
	Mišljenje nadređenog.	6	
	Bez utvrđivanja.	0	
7.6	Koliko prosečno traje obuka za svakog rukovaoca, odnosno održavaoca sistema dizaličnog transporta? (Izaberi jedno)		
	11 dana /god. ili više	10	
	8-10 dana/god.	7	
	4-7 dana/god.	5	
	2-3 dana/god.	3	
	Manje od 2 dana/god.	0	

MAŠINSKA ISPRAVNOST

8.	Pitanje	Mogući rezultat	Stvarni rezultat
8.4	Da li je svaki noseći deo i svaka bezbednosna komponenta sistema dizaličnog transporta kontrolisana u vremenskim periodima definisanim u 8.1, da bi se identifikovali uzroci pogoršanja stanja ili otkaza?	5	
	a. Da li postoje zapisi o tome koji bi poslužili za definisanje programa preventivnog održavanja?	3	
	b. Da li se pomenuti zapisi koriste za analizu vremenskih perioda periodičnih pregleda definisanih u 8.1.	3	
8.7	Da li se sve inspekcije, testovi, popravke ili zamene na opremi sistema dizaličnog transporta odmah dokumentuju?	4	
	Da li dokumentacija uključuje sve navedene informacije? <ul style="list-style-type: none"> • Datum inspekcije, testa, popravke ili zamene • Ime osobe koja je izvršila inspekciju, test, popravku ili zamene • Identifikaciju opreme nad kojom je izvršena inspekcija, test, popravka ili zamena • Opis inspekcija, testova, popravki ili zamena • Rezultate inspekcije • Preporuke na osnovama rezultata inspekcije, testa, popravke ili zamene 	3	
8.11	Da li su svi zaposleni koji rade na održavanju opreme sistema dizaličnog transporta obučeni u svim postupcima primenljivim na njihove radne zadatke, kako bi se osiguralo da oni svoje zadatke mogu obaviti na bezbedan i efikasan način?	5	
8.16	Postoji li stalna i progresivna evidencija za sve dizalice, koja uključuje sve navedeno? <ul style="list-style-type: none"> a. Izveštaj proizvođača o poštovanju važećih propisa sa spiskom sve isporučene opreme podacima i proizvođačkim atestima vitalnih nosećih i bezbednosnih komponenti opreme sistema dizaličnog transporta b. Identifikacioni broj c. Rezultati svih kontrolisanja, popravki, promena, ponovnih procena koje su se dogodile tokom eksploatacije sistema dizaličnog transporta 	5	

ISPORUČIOCI/UGOVARAČI

11	Pitanje	Mogući rezultat	Stvarni rezultat
11.4	Ukoliko se utvrdi da zaposleni kod isporučioaca ne poštuju zahtevane mere		

	bezbednosti i zdravlja na radu u objektu naručioca, da li postoji pisana procedura kojom naručilac obavezuje isporučioaca da postupi po njegovim primedbama.	5	
11.5	Da li postoji pisana procedura kojom se svi zaposleni isporučioaca novih ili zaposleni koji rade na održavanju postojećeg sistema dizaličnog transporta obavezuju da poštuju sve zahteve bezbednosti i zdravlja na radu pri izvodjenju radova.	7	

Preporuka za dalja istraživanja je da koriste istraživački instrument prikazan u Prilogu B, u kome se ne nalaze faktori koji nisu zadovoljili u analizi pouzdanosti i validnosti promenljivih. Konačno, preporučeni upitnik ima 115 poena manje, odnosno maksimum je 885 i sadrži samo pitanja koja su validna i dovoljno pouzdane skale.

5.4 Korelaciona analiza faktora “menadžment” modula modela održavanja sistema dizaličnog transporta

Za pitanja grupisana po poglavljima “menadžment” modula modela održavanja sistema dizaličnog transporta sprovedena je korelaciona analiza u cilju izvodjenja zaključaka o povezanosti faktora “menadžment” modula (Tab. 5.28).

Tabela 5.28 Korelaciona analiza po poglavljima “menadžment” modula modela održavanja sistema dizaličnog transporta

Korelaciona analiza														
Značajne korelacije za $p < ,05000$ bold oznaka, N=51														
	Sr.vre.	St.dev.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	18,039	6,164	1,0000	0,8334	0,9063	0,8380	0,7393	0,7259	-0,3112	0,8614	0,8464	0,9210	0,8127	0,8122
2	30,686	7,371	0,8334	1,0000	0,9248	0,5851	0,7433	0,4819	-0,2418	0,6007	0,5798	0,7759	0,5487	0,5034
3	17,470	12,536	0,9063	0,9248	1,0000	0,7819	0,8314	0,6485	-0,2675	0,7821	0,7709	0,9172	0,7397	0,7080
4	9,392	21,308	0,8380	0,5851	0,7819	1,0000	0,6624	0,8585	-0,2514	0,9841	0,9876	0,9430	0,9777	0,9778
5	36,274	4,837	0,7393	0,7433	0,8314	0,6624	1,0000	0,4976	-0,1547	0,6700	0,6412	0,7646	0,6194	0,5879
6	16,882	4,532	0,7259	0,4819	0,6485	0,8585	0,4976	1,0000	-0,1559	0,8743	0,8774	0,8099	0,8493	0,8769
7	84,372	13,206	-0,3112	-0,2418	-0,2675	-0,2514	-0,1547	-0,1559	1,0000	-0,1964	-0,3138	-0,3419	-0,3106	-0,3207
8	28,666	15,582	0,8614	0,6007	0,7821	0,9841	0,6700	0,8743	-0,1964	1,0000	0,9837	0,9331	0,9600	0,9731
9	17,098	27,920	0,8464	0,5798	0,7709	0,9876	0,6412	0,8774	-0,3138	0,9837	1,0000	0,9409	0,9803	0,9929
10	19,705	15,756	0,9210	0,7759	0,9172	0,9430	0,7646	0,8099	-0,3419	0,9331	0,9409	1,0000	0,9109	0,9075
11	7,529	6,083	0,8127	0,5487	0,7397	0,9777	0,6194	0,8493	-0,3106	0,9600	0,9803	0,9109	1,0000	0,9796
12	5,647	12,417	0,8122	0,5034	0,7080	0,9778	0,5879	0,8769	-0,3207	0,9731	0,9929	0,9075	0,9791	1,0000

Rezultati iz Tabele 5.28. ukazuju na sledeće:

- Aktivnosti rukovodstva i administracije su korelirani sa svim drugim poglavljima ankete, veza je pozitivna, jaka ili vrlo jaka u svim slučajevima, osim za obuku rukovaoca i održavaoca gde je negativna i slabija, što znači da veća posvećenost rukovodstva implicira manje obuke zaposlenih;
- Obuka rukovaoca i održavaoca nije značajno korelirana sa sledećim poglavljima: informacije o bezbednosti sistema dizaličnog transporta, analiza rizika, upravljanje promenama, operativne procedure, zaštita na radu i mašinska ispravnost. Obuka je značajno korelirana sa bezbednosnom procedurom, ispitivanjem incidentnih situacija i ocenama sistema menadžmenta i te veze su negativne, tj. suprotnog smera, što znači da bolja obučenos rukovaoca i održavaoca implicira

manje formalne procedure bezbednosnih provera i ispitivanja incidentnih situacija, kao i manju kritičnost u oceni sistema upravljanja bezbednošću.

- Sva ostala poglavlja povezana su značajno i pozitivno. Veze su najčešće vrlo jake ili jake, osim u sledećim slučajevima: informacije o bezbednosti povezane su vezom srednje jačine sa upravljanjem promenama, zaštitom na radu, bezbednosnom procedurom, ispitivanjem incidentnih situacija i ocenom sistema upravljanja, kao i operativne procedure koje su na isti način povezane sa zaštitom na radu i ocenom sistema menadžmenta.

5.5 Zaključna razmatranja

Kako Thien i dr. (2007) i Noori i Price (2006) konstatuju i predlažu, procedura po API 581 (2000) standardu nije široko primenjiva, ali bi korisne modifikacije iste mogle doneti koristi i na drugim poljima petrohemijskih postrojenja, ali i drugih tehničkih sistema.

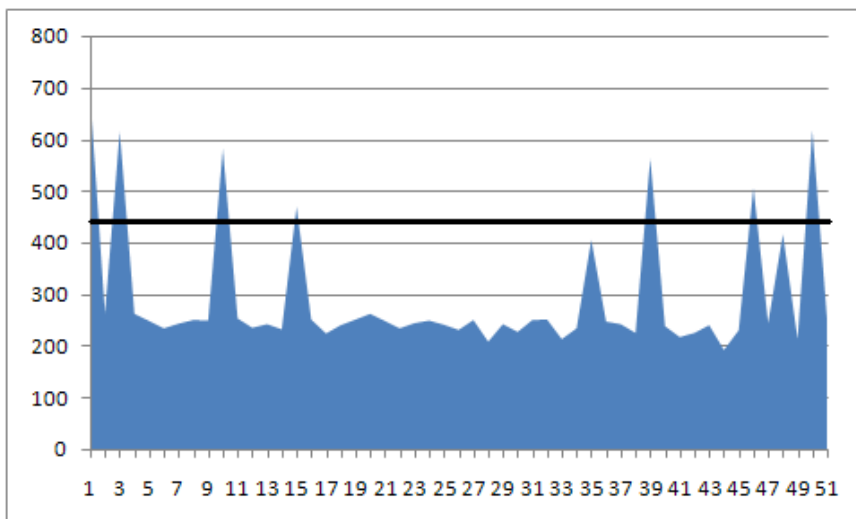
Tako je u ovom poglavlju postavljen inicijalni istraživački instrument, koji opisuje „menadžment“ modul modela održavanja sistema dizaličnog transporta. Isti je kreiran na osnovu raspoložive literature, postavljenih hipoteza istraživanja, mišljenja eksperta u oblasti i API 581 standarda. Istraživački instrument podudaran je sa API 581 (2000) u prvom delu - poglavlju (Vodjstvo i administracija u standardu), dok je preostalih 11 poglavlja istog naslova, ali tematski različite sadržine. Inicijalni instrument, koji sadrži 85 pitanja, grupisanih u 12 celina, upućen je preduzećima. Pristigao je 51 odgovor, uglavnom od strane preduzeća srednje veličine i najčešće sa nekim od sertifikata menadžment sistema, dok su anketu popunjavali iskusna, tehnički obrazovana lica. Prikupljeni podaci podvrgnuti su faktorskoj analizi, analizi pouzdanosti i korelacionoj analizi. Faktorska i analiza pouzdanosti doprinele su povećanju validnosti i pouzdanosti istraživačkog instrumenta, tako da konačan istraživački upitnik sadrži 69 pitanja i 885 maksimalnih poena.

Konačno, korelaciona analiza je pokazala veze između 12 „menadžment“ faktora značajnih za sistem dizaličnog transporta, pa je tako moguće izvesti sledeće zaključke. Skoro svi faktori „menadžmenta“ su u međuzavisnosti, osim obuke rukovaoca i održavaoca koja nije povezana sa informacijama o bezbednosti sistema dizaličnog transporta, analizom rizika, upravljanjem promenama, operativnim procedure, zaštitom na radu i mašinskom ispravnnošću. Aktivnosti rukovodstva i administracije su korelirani značajno i pozitivno sa svim drugim faktorima, a veća posvećenost rukovodstva implicira porast svih faktora, ali i manju potrebu za obukom rukovaoca i dizaličara i obrnuto. Obuka je značajno negativno korelirana sa bezbednosnom procedurom, ispitivanjem incidentnih situacija i ocenama sistema menadžmenta, što znači da bolja obučenost rukovaoca i održavaoca implicira manje formalne procedure bezbednosnih provera i ispitivanja incidentnih situacija, kao i manju kritičnost u oceni sistema upravljanja bezbednošću.

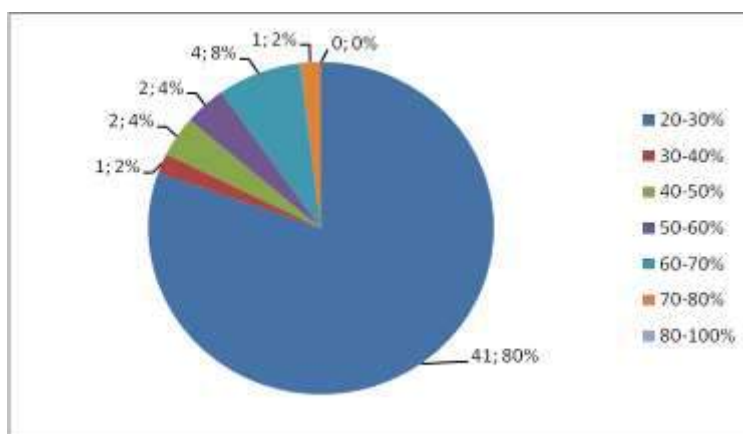
Konačno, možemo zaključiti da je posvećenost rukovodstva preduslov uspešnosti preduzeća sa aspekta održavanja, kao i da umanjuje troškove obuka u određenoj meri. Zatim, obučenost održavaoca i rukovaoca implicira moguće pojednostavljenje propisanih procedura rada. Informacije o bezbednosti procesa neophodno je prikupljati neovisno od obučenosti kadrova. Isto važi i za sprovođenje analize rizika, upravljanje promenama, operativne procedure, zaštitu na radu i procedure provere mašinske ispravnosti.

Konačno, na ovaj način je potvrđeno da je uključivanjem uticaja menadžment faktora u model održavanja sistema dizaličnog transporta, koji sadrži metodologiju za procenu stanja i utvrđivanje ponašanja konstrukcije zasnovane na riziku, moguće uticati na uzrok tog ponašanja, a ne na posledicu (potvrđena je hipoteza H3).

Interesantno je primetiti da po konačnom upitniku anketirana preduzeća imaju u proseku 291 od mogućih 885 poena. Prema API 581 (2008), američka preduzeća petrohemijske industrije u proseku imaju više od polovine mogućih poena pri procena sistema menadžmenta bezbednosti procesa, dok skor od 1000 označava izvrsnost na polju rizika. Tako, prema prikupljenim podacima na terenu, na slici 5.3 možemo videti da je svega 7 od 51 preduzeća (13,7%) u uzorku ima više od polovine mogućih poena (442,5 od mogućih 885).



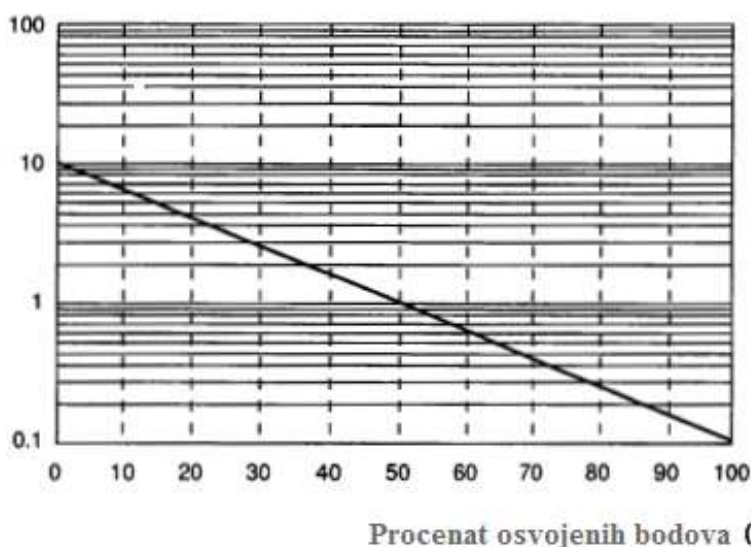
Slika 5.3 Rezultati konačne ankete u odnosu na polovinu maksimalnih poena



Slika 5.4 Rezultati konačne ankete prema procentu maksimalnih poena

Na osnovama procenta osvojenih bodova za sistem menadžmenta bezbednosti procesa može se izračunati modifikacioni faktor, kojim se koriguje proizvod generičke frekvencije opreme i tehničkog faktora procesne opreme, koji sadrži podfaktor tehničkog modula, podfaktor okruženja, mehanički i procesni podfaktor. Dijagram procene modifikacionog faktora zavisno od procenta osvojenih bodova za sistem menadžmenta bezbednosti procesa dat u API 581 (2000) može se primeniti i za sistem dizaličnog transporta.

Modifikacioni faktor



Slika 5.5 Procena modifikacionog faktora zavisno od procenta osvojenih bodova za sistem menadžmenta bezbednosti procesa (API 581,2000)

Na slici 5.4 vidimo da 80% domaćih preduzeća ima skor između 20-30% maksimalnog broja poena, što prema slici 5.5 ukazuje na modifikacioni faktor između 4 i 5, što znači da rezultate tehničkog modula treba pojačati tom vrednošću. Skor od 30-40% ima svega 2% preduzeća i njima odgovara modifikacioni faktor između 2 i 4. Vrednosti između 40 i 50% ima 4% preduzeća, i ona nose modifikacioni faktor između 1 i 2., dok takodje 4% preduzeća ima 50 do 60 procentni skor i modifikacioni faktor između 0,7 i 1. Uzorak ima i 8% preduzeća sa skorom između 60 i 70% i modifikacionim faktorom između 0,4 i 0,7. Svega 1 preduzeće (2% uzorka) ima modifikacioni faktor manji od 0,2.

Može se zaključiti da tabela za određivanje modifikacionog faktora izgleda na sledeći način:

Procenat osvojenih poena „menadžment“ faktora	Modifikacioni faktor
0-10	10...7,5
11-20	7,5...5
21-30	5...4
31-40	4...2
41-50	2...1
51-60	1...0,7
61-70	0,7...0,4
71-80	0,4...0,2
81-90	0,2...0,05
91-100	0,05...0,000001

Tabela 5.29 Preporuke za određivanje modifikacionog faktora zavisno od procenta osvojenih poena „menadžment“ faktora

6. Zaključna razmatranja i predlog daljih istraživanja

U ovom poglavlju, nakon sumiranja rezultata i zaključaka prethodnih poglavlja, izvedeni su zaključci doktorske disertacije i dati mogući smerovi daljeg istraživanja.

6.1 Zaključna razmatranja

Poslednjih godina sve veća pažnja se pridaje tehnikama održavanja na bazi rizika, dok se metode tehničke dijagnostike, takodje razvijaju iz dana u dan, i implementiraju u sve većem obimu. Ključ uspešnog menadžmenta rizikom su rano planiranje i agresivna implementacija. Dobro planiranje omogućava organizovani, sveobuhvatni i iterativni proces identifikacije i procene rizika, a zatim adekvatnog reagovanja. Na polju regulative u oblasti inspekcije na bazi rizika Evropa značajno kasni za Amerikom. Metode tehničke dijagnostike, sa druge strane, pružaju značajne mogućnosti, ali nose značajne troškove. Navedeno je logična posledica činjenice da je potencijal funkcije održavanja kao generatora profita tek nedavno shvaćen, dok porast stalne kompleksnosti tehničkih sistema dovodi do stalnog raskoraka u razvoju modela održavanja i napretka tehnologije u praksi. Primetan je podatak da je, globalno posmatrano, literatura po pitanju prognostičkih modela održavanja veoma limitirana, iako je potreba za njima sve veća poslednjih godina. Dizalice, kao grupa najšire primenjenih sredstava u rukovanju materijalima, posebno su interesantni primeri sa aspekta modeliranja kompleksnih slučajeva, jer se relativno često dešava da konstruktivna rešenja ne predstavljaju i optimalna, što je kod sistema dizaličnog transporta još izraženije. Stoga ne iznadjuju procene Neitzel-a i dr. (2001) da dizalice učestvuju sa čak jednom trećinom u svim smrtnim slučajevima pojedinih grana industrije. Kako, nezavisno od raspoloživosti velikog broja dijagnostičkih procedura i inspekcije zasnovane na riziku, razvoj modela održavanja konkretnih tehničkih sistema van polja nuklearne i petrohemijske industrije ne napreduje dovoljno brzo, predmet ovog rada - postavka i potvrda dovoljno tačnog i dovoljno jednostavnog modela održavanja sistema dizaličnog transporta za širu industrijsku primenu, predstavlja opravdanu sinergetsku potrebu nauke i industrije danas.

Podaci o stanju sistema dizaličnog transporta, skoro po pravilu, u industrijskim preduzećima u Srbiji, nisu ažurno prikupljeni, čuvani niti analizirani. Održavanje prema stanju sa kontrolom nivoa pouzdanosti, koje uključuje sakupljanje, obradu i analizu podataka o nivou pouzdanosti sastavnih delova sistema, u realnom vremenu, stoga nije moguće i predstavlja početno ograničenje pri postavci modela u okviru ove disertacije. Mišljenja smo da situacija nije značajno drugačija i u velikom broju sistema van okvira naše zemlje, tako da je model primenjiv u širokim okvirima, pa čak i tamo gde su navedeni podaci dostupni.

Tako, novopostavljen model održavanja sistema dizaličnog transporta, shodno zaključcima prvog poglavlja i ciljevima navedenim u drugom poglavlju, sadrži dva modula - tehnički i „menadžment“ modul, koji su detaljno opisani u trećem poglavlju disertacije. Tehnički modul modela uključuje utvrđivanje trenutnog stanja elektromašinske opreme, i stanje nosećih čeličnih konstrukcija, uticaja dinamičkog ponašanja pogonskih grupa na noseću konstrukciju dizalica, formiranje originalnih dinamičkih numeričkih modela noseće konstrukcije i njihovu verifikaciju na osnovu eksperimenta in situ, što omogućava određivanje stvarnog ponašanja svih sklopova sistema dizaličnog transporta, pouzdanu prognozu njegovog reagovanja u eksploataciji, dobijanje parametara izbora i odluka, i određivanje uzroka eventualnog lošeg ponašanja ili popuštanja, i na taj način omogućava pravovremene informacije održavaocima sistema dizaličnog transporta o neophodnosti popravke ili zamene određene komponente dizalice, pre nego što dođe do otkaza. Tehnički modul modela održavanja sistema dizaličnog transporta zasniva se na dijagnostici stanja i ponašanja pogonskih mehanizama za dizanje tereta, za vožnju kolica mehanizma dizanja

tereta, i za vožnju dizalice, kao i dijagnostici stanja i ponašanja nosećih čeličnih konstrukcija portalnih dizalica. Kako primena tehničkog modula može da nosi značajne troškove, uloga „menadžment“ modula modela je da, na osnovu ocene upravljačkog sistema, odredi nivo zahvata tehničkog modula koji je neophodno sprovesti. Tako, „menadžment“ modul, imajući u vidu da je velika prednost i značajna karakteristika pouzdanih sistema osim tehničke ispravnosti i svest njihovih zaposlenih o mogućim otkazima i ljudskim greškama, uključuje aspekte kulture bezbednosti, kao važne komponente za sistem održavanja. Eksperimentalna provera modela, zahtevala je primenu zahtevnih analitičkih, numeričkih i statističkih metoda, i prikazana je u četvrtom i petom poglavlju, da bi konačno bio dobijen model, veoma je jednostavan za primenu od strane održavaoca, koji pri tome uopšte ne zahteva poznavanje matematičkih modela, poput drugih, danas raspoloživih modela održavanja. Ponudjen model uključuje modeliranje zasnovano na riziku, shodno oceni „menadžment“ faktora, i na tim osnovama definiše zahteve za dijagnostičkim metodama, kroz tehnički modul modela. Kombinovanjem savremenih metoda, bez neophodnih podataka o istoriji otkaza, novopredloženim modelom, dobija se dovoljno tačna procena stanja sistema dizaličnog transporta i određuje zahvat postupaka održavanja.

U četvrtom poglavlju, shodno predloženom tehničkom modulu modela održavanja sistema dizaličnog transporta, sprovedena je eksperimentalna provera tehničkog modula modela in site na dva sistema dizaličnog transporta na hidroelektrani „HE Đerdap 1“ u Kladovu (prvi sistem dizaličnog transporta sačinjavaju dve portalne dizalice nosivosti 160/50 t, a drugi dve portalne dizalice – čistilice). Sprovedeno je prikupljanje podataka na terenu i definisanje strukturno značajnih elemenata sistema dizaličnog transporta, nad kojima su primenjeni svi postupci koji su određeni u prethodno definisanom globalnom algoritmu primene dijagnostike stanja i ponašanja noseće konstrukcije i elektromašinske opreme sistema dizaličnog transporta. Primenjeni su svi postupci definisani u metodologiji utvrđivanja stanja noseće čelične konstrukcije portalne dizalice u cilju njene eventualne revitalizacije, metodologiji dijagnostike ponašanja i stanja pogonskih grupa na portalnoj dizalici u cilju eventualne revitalizacije, i u programu ispitivanja portalnih dizalica. Formirani su originalni numerički modeli noseće konstrukcije portalnih dizalica u celini, i modela svih njihovih podstruktura koji su poslužili za numerički statički i dinamički proračun, čiji su rezultati upoređeni sa rezultatima merenja istih veličina dobijenih eksperimentom in site. Time je dokazana osnovna hipoteza (H_0) da je moguće uspostaviti numerički model noseće konstrukcije validovan eksperimentom koji omogućava određivanje stvarnog ponašanja konstrukcije, i na tim osnovama formirati model održavanja prema stanju sistema dizaličnog transporta.

U četvrtom poglavlju, shodno predloženom tehničkom modulu modela održavanja sistema dizaličnog transporta, sprovedena je eksperimentalna provera tehničkog modula modela in situ na dva sistema dizaličnog transporta na hidroelektrani „HE Đerdap 1“ u Kladovu. Postupak utvrđivanja stanja svih elemenata pogonskih grupa i noseće konstrukcije na svim portalnim dizalicama koje sačinjavaju sisteme dizaličnog transporta, kao i rezultati svih ispitivanja i proračuna koji su na njima sprovedeni, u cilju potvrđivanja hipoteza koje su postavljene u drugom poglavlju ovog rada, prikazani su detaljno. Nezavisno od proračuna modela konstrukcije, sprovedena su eksperimentalna merenja in situ napona i deformacije na svim portalnim dizalicama ona sistema dizaličnog transporta i na taj način je dokazana osnovna hipoteza H_0 da je moguće uspostaviti numerički model noseće konstrukcije validovan eksperimentom, koji omogućava određivanje stvarnog ponašanja konstrukcije, pa na tim osnovama formirati model održavanja prema stanju sistema dizaličnog transporta. Daljom analizom stanja i funkcionalnosti svih pogonskih grupa i elemenata noseće konstrukcije portalnih dizalica oba sistema dizaličnog transporta, pokazuje se da najviše problema postoji kod mehanizama za vožnju portalnih dizalica. Sa druge strane, najbolje se ponašaju mehanizmi za vožnju kolica, i pogonske grupe

mehanizama dizanja na svim portalnim dizalicama oba sistema dizaličnog transporta. Za navedene mehanizme su eksperimentom in situ određene dinamičke veličine koje predstavljaju pobudu konstrukcije, i istovremeno je pokazano da je izabrana snaga pogonskih grupa za vožnju kolica i dizanje tereta dovoljna za stvarna opterećenja koja pogonske grupe moraju da savladaju, što se direktno odražava na bolje ponašanje i pogonskih grupa i konstrukcije dizalica. Na ovaj način je dokazana i prva pomoćna hipoteza H1 da ispravan rad sistema dizaličnog transporta kao celine direktno zavisi od interakcije pogonske grupe i noseće konstrukcije, i da je moguće eksperimentalno odrediti dinamičke veličine pogonskih grupa koje predstavljaju pobudu konstrukcije. Izvršeno je i merenje eksperimentom in situ sledećih odziva nosećih konstrukcija portalnih dizalica: naponsko stanje elementima noseće konstrukcije, deformacije (ugibi) noseće konstrukcije, i oscilovanje elemenata noseće konstrukcije portalnih dizalica. Kod portalnih dizalica na brani izmerene veličine opterećenja po tačkovima dizalica su očekivani, i jednaki projektovanim, i ne utiču na loše ponašanje pogonskih grupa za vožnju dizalica. Sa druge strane, izmerene veličine naponskog stanja u uškama oslonaca noseće konstrukcije dizalice (mesta veze konstrukcije dizalica sa konstrukcija pogonskih grupa za vožnju) su znatno veće od projektovanih (kao i veličina koje se dobijaju proračunom modela), i direktno utiču na loše ponašanje mehanizama za vožnju portalnih dizalica. Kod portalnih dizalica na ulaznoj građevini HE Đerdap 1 izmerene vrednosti opterećenja po tačkovima dizalica pokazuju neravnu raspodelu opterećenja po tačkovima koja ne može biti objašnjena projektantskim rešenjem. Na ovaj način dokazana je pomoćna hipoteza H2 da su odzivi noseće konstrukcije merljive veličine koje na direktan ili indirektan način utiču na funkcionisanje sistema dizaličnog transporta u realnim uslovima eksploatacije.

U petom poglavlju, shodno predloženom „menadžment“ modulu modela, formiran je anketni upitnik sa 85 faktora, i sprovedeni su prikupljanje podataka na terenu i analiza prikupljenih podataka na uzorku veličine 51 (51 sistem dizaličnog transporta). Primenom metoda statističke analize (faktorska i analiza pouzdanosti) predloženi upitnik je redukovan, tako da su ostala samo značajna pitanja dovoljno visoke pouzdanosti i validnosti, pa je na taj način formiran originalan, validan i pouzdan model za procenu sistema upravljanja pri održavanju sistema dizaličnog transporta, koji sadrži 12 poglavlja i 69 faktora, sa maksimalno 885 sadržanih poena. Takođe, neočekivano visok odziv na anketu, pokazuje vrlo visok stepen zainteresovanosti anketiranih za rešavanje problema u sistemu dizaličnog transporta. Srednji broj zaposlenih u anketiranim preduzećima je 159,85 sa standardnom devijacijom 247,12, što navodi na zaključak da je odgovorio veliki broj srednjih preduzeća u uzorku gde su bile zastupljena preduzeća svih veličina (mala, srednja i velika po kriterijumu broja zaposlenih). Anketu su popunjavali iskusni kadrovi, sa prosečno 18,25 godina radnog iskustva, sa pozicijom u oblasti održavanja. Anketirana preduzeća poseduju sertifikat ISO 9000 u 73%, ISO 14000 u 47% i ISO 18000 u 51% slučajeva, dok 42% preduzeća ističe da ima integrisan menadžment sistem za sva tri standarda. Logična posledica istog je da imaju politiku bezbednosti i standardne procedure, koji se kasnije eliminišu iz ankete. Obuka zaposlenih je faktor čije vrednosti su po pravilu najbliže maksimalnim, što je takođe posledica primenjenih sistema menadžmenta. Preduzeće sa najmanjim skorom „menadžment faktora“ ima 256, a preduzeće sa najvišim skorom 795 prikupljenih bodova, što ukazuje na vrlo različite pristupe upravljanju rizikom i održavanjem sistema dizaličnog transporta u domaćoj industriji. Standardna devijacija broja poena prikupljenih u oceni sistema upravljanja iznosi 129,053.

Analogno činjenici da američka preduzeća petrohemijske industrije u proseku osvajaju okvirno polovinu poena na pitanjima API ankete za ocenu sistema upravljanja (API 581, 2008), možemo zaključiti i sledeće o sistemima dizaličnih transporta domaćih preduzeća:

- Rukovodjenje i administracija su ocenjeni u granicama očekivanja (35,11 od 70 poena),

- Nivo informacija o bezbednosti sistema dizaličnog transporta je nezantno ispod očekivanja (34,89 od 80 poena),
- Sprovođenje analize rizika je na jako niskom nivou (17,78 od 100 poena),
- Upravljanje promenama je na jako niskom nivou (7,05 od 80 poena),
- Zaštita na radu je blizu granica očekivanja (25,79 od 55 poena),
- Obuka zaposlenih je iznad granica očekivanja (102,95 od 120 poena),
- Bezbednosna procedura pre početka projekta je na izuzetno niskom nivou (13,37 od 135 poena),
- Ispitivanje incidentnih situacija instaliranog sistema dizaličnog transporta je na jako niskom nivou (18,95 od 75 poena),
- Isporučioci/ugovarači su blizu granica očekivanja (14,53 od 35 poena), i
- Ocene sistema menadžmenta je na jako niskom nivou (3,63 od 40 poena).

Shodno navedenom, mogu uslediti i preporuke domaćim preduzećima koja poseduju sisteme dizaličnog transporta za intenzivnije i kvalitetnije sprovođenje analize rizika, bolje upravljanje promenama, sprovođenje bezbednosne procedure pre početka projekta, uvođenje procedure ili intenzivnije ispitivanje incidentnih situacija i uvođenje ili intenziviranje ocenjivanja sistema menadžmenta bezbednošću.

Korelaciona analiza promenljivih u modulu, takodje, indukuje niz zaključaka. Tako, možemo zaključiti da je posvećenost rukovodstva preduslov uspešnosti preduzeća sa aspekta održavanja, kao i da umanjuje troškove obuka u određenoj meri, dok obučenosť održavaoca i rukovaoca implicira moguće pojednostavljenje propisanih procedura rada. Informacije o bezbednosti procesa neophodno je prikupljati neovisno od obučenosťi kadrova. Isto važi i za sprovođenje analize rizika, upravljanje promenama, operativne procedure, zaštitu na radu i procedure provere mašinske ispravnosti. Konačno, na ovaj način je potvrđeno da je uključivanjem uticaja menadžment faktora u model održavanja sistema dizaličnog transporta, koji sadrži metodologiju za procenu stanja i utvrđivanje ponašanja konstrukcije zasnovane na riziku, moguće uticati na uzrok tog ponašanja, a ne na posledicu, čime je potvrđena i treća hipoteza H3.

Konačno, nakon svih navedenih zaključaka nižeg nivoa, možemo zaključiti da je potrebno prvo sprovesti analizu "menadžment" faktora, i to na različitim organizacionim nivoima, anketiranjem i rukovodećeg kadra u održavanju i samih održavaoca i rukovaoca. Nakon toga, dolazi se do srednje vrednosťi ukupnog broja bodova, te se može dobiti vrednosť modifikacionog faktora zavisno od procenta osvojenih bodova, a prema tabeli 5.29. Vrednosť modifikacionog faktora upućuje na sledeće zaključke, tj. procedure procene tehničkog faktora:

- Korisnici sistema dizaličnog transporta sa manje od 50% osvojenih bodova i sa vrednošću modifikacionog faktora većom od 1, treba da sprovedu postupak procene tehničkog faktora u celini (slika 3.2);
- Korisnici sistema dizaličnog transporta sa 51 do 66,67% osvojenih bodova i sa vrednošću modifikacionog faktora između 1 i 0,5, treba da sprovedu postupak procene tehničkog faktora koji sadrži vizuelnu kontrolu stanja konstrukcije i mehanizama dizalica i statički i dinamički proračun modela konstrukcije dizalica formiran na način prikazan u poglavljima 3 i 4; dok
- Korisnici sistema dizaličnog transporta sa više od 66,68% osvojenih bodova i sa vrednošću modifikacionog faktora manjom od 0,51, treba da sprovedu postupak procene tehničkog faktora koji sadrži samo vizuelnu kontrolu, na osnovu koje se dalje procenjuju aktivnosťi održavanja.

6.2 Predlog daljih istraživanja

Dati zaključci ukazuju i na koristi od ovog istraživanja i za akademsku zajednicu i za stručnjake u industriji, pa tako, obzirom na zainteresovanost za učešće u anketi, očekujemo da predložen model primenimo, u saradnji sa stručnjacima iz industrije u kompanijama koje koriste sisteme dizaličnog transporta (u oblastima proizvodnje električne energije, valjaonicama, proizvodnji čelika, nafte i gasa, velikim skladišno-distributivnim centrima, brodogradnji i dr.).

Navedeni zaključci ukazuju i na moguće pravce daljeg istraživanja u okviru akademske zajednice. Dalja primena ovog modela može (ali ne mora) na budućim, većim uzorcima dodatno smanjiti istraživački instrument za „menadžment“ faktor, što ne bi uticalo na modifikacioni faktor i naše preporuke tehničkog modula. Zatim, moguće je u nekim budućim istraživanjima sprovesti dalju razradu za tehnički modul i izvršiti ponderisanje po značaju pojedinih mehanizama, što bi bilo moguće na nakon tehničke analize većeg, statistički značajnog broja dizaličnih sistema.

Konačno, korišćenjem interneta i savremenih mobilnih komunikacionih tehnologija bi predložena metodologija mogla biti prilagodjena daljinski upravljano održavanju, koje bi tada moglo biti korišćeno i u edukaciji kao laboratorija za studente domaćih univerziteta.

Literatura

1. Adamović, Ž. (1991). Tehnička dijagnostika u mašinstvu. Naučna knjiga, Beograd.
2. Adamović, Ž., & Golubović, D. (1999). Totalno održavanje tehničkih sistema. Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin" Univerziteta u Novom Sadu, Novi Sad.
3. Adamović, Ž., Radovanović, L., & Radojević, M. (2008). New maintenance models on the basis of technical diagnostic. Tehnička dijagnostika, 7(3), 29-35.
4. Al-Najjar, B. (2007). The lack of maintenance and not maintenance which costs: a model to describe and quantify the impact of vibration-based maintenance on company's business. International Journal of Production Economics, 107(1), 260-273.
5. American Petroleum Institute, 1990. "Management of Process Hazards," API Recommended Practice 750, First Edition, Washington, D.C.
6. American Petroleum Institute, 2000. Risk-Based Inspection, Base Resource Document, API 581. API Publishing Services, Washington, DC.
7. American Petroleum Institute, 2008. Risk-Based Inspection, Base Resource Document, API 581. API Publishing Services, Washington, DC.
8. Aneziris, O. N., Papazoglou, I. A., Mud, M. L., Damen, M., Kuiper, J., Baksteen, H., ... & Oh, J. (2008). Towards risk assessment for crane activities. Safety Science, 46(6), 872-884.
9. Apeland, S., & Scarf, P. A. (2003). A fully subjective approach to modelling inspection maintenance. European Journal of Operational Research, 148(2), 410-425.
10. Badia, F. G., Berrade, M. D., & Campos, C. A. (2002). Optimal inspection and preventive maintenance of units with revealed and unrevealed failures. Reliability Engineering & System Safety, 78(2), 157-163.
11. Bareiß, J., Buck, P., Matschecko, B., Jovanovic, A., Balos, D., & Perunicic, M. (2004). RIMAP demonstration project. Risk-based life management of piping system in power plant Heilbronn. International journal of pressure vessels and piping, 81(10), 807-813.
12. Baruah, P., & Chinnam*, R. B. (2005). HMMs for diagnostics and prognostics in machining processes. International Journal of Production Research, 43(6), 1275-1293.
13. Beavers, J. E., Moore, J. R., Rinehart, R., & Schriver, W. R. (2006). Crane-related fatalities in the construction industry. Journal of Construction Engineering and Management, 132(9), 901-910.
14. Brkic, A. D., Maneski, T., Ignjatovic, D., Jovancic, P. D., & Brkic, V. K. S. (2014). Diagnostics Of Bucket Wheel Excavator Discharge Boom Dynamic Performance and its Reconstruction. Eksploatacja i Niezawodnosc-Maintenance and Reliability, (2), 188-197.
15. Brockerhoff, G. (1995). Qualitätsorientierte Instandhaltung und prozeßorientiertes Qualitätsmanagement. Aachener Beiträge zu Humanisierung und Rationalisierung, 16.
16. Campbell & Jardine (2001). Maintenance Excellence - Optimizing Life Cycle Decisions, Eastern Hemisphere Distribution, Basel, Switzerland
17. Courage C., Baxter K., (2005), Understanding Your Users: A Practical Guide to User Requirements Methods, Tools and Techniques, Morgan Kaufmann
18. Čala, I. (2005). Trendovi u održavanju tehničkih sustava, Bilten Društva održavalaca tehničkih sistema, 2(6), 4-9.
19. Daničić, D., (2004), Metodologija ispitivanja konstrukcije bagera u cilju utvrđivanja stanja za njihovu revitalizaciju, magistarska teza, Rudarsko – geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, 2004.
20. Darley, PM, Liang, J (2008) CraneModernization - Why andHow?, TOCASIA2008.
21. DepartmentofLaborOccupationalSafety andHealth; Administration 29 CFRPart 1926; CranesandDerricksinConstruction; FinalRule; Monday, August 9, 2010
22. Dhillon, B. S. (2002). Engineering maintenance: a modern approach. CRC Press.

23. Duffuaa, S. O., Ben-Daya, M., Al-Sultan, K. S., & Andijani, A. A. (2001). A generic conceptual simulation model for maintenance systems. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 7(3), 207-219.
24. Dorđević, P., Kirin, S., Sedmak, A., & Džindo, E. (2011). Risk analysis in structural integrity. *Integritet i vek konstrukcija*, 11(2), 134-138.
25. ESPRiT Course #4a (2009) "RBI Risk Based Inspection – Petrol", DEG-Project "ESPRiT - Enhancing Industrial Safety, Environmental Protection and Risk Management in Serbia by means of dedicated Training, Education and Technology Transfer" Stuttgart.
26. Fang, Y., Dixon, W. E., Dawson, D. M., & Zergeroglu, E. (2003). Nonlinear coupling control laws for an underactuated overhead crane system. *Mechatronics, IEEE/ASME Transactions on*, 8(3), 418-423.
27. Geibig, K. F. (1999). *Instandhaltungsmanagement im Fokus der Liberalisierung. Optimiertes Instandhaltungsmanagement.*
28. Ghasemi, A., Yacout, S., & Ouali, M. S. (2007). Optimal condition based maintenance with imperfect information and the proportional hazards model. *International Journal of Production Research*, 45(4), 989-1012.
29. Ghosal, S., Misra, D., Saha, T. K., Chakravorty, D., Chaudhuri, B. (2008). Failure Analysis of Stackers-cum-Reclaimer in Ore Handling Plant. *J Fail. Anal. And Preven.*, 8: 564-571.
30. Gjerdrum, D., Gallagher, A., & Peter, M. (2011). The New International Standard on the Practice of Risk Management—A Comparison of ISO 31000: 2009 and the COSO ERM Framework. *Risk management*, (31), 8-13.
31. Gorus R., (1974), *Factor Analysis*, W.B. Saunders Company, Philadelphia
32. Guldenmund, F. W. (2000). The nature of safety culture: a review of theory and research. *Safety science*, 34(1), 215-257.
33. Hadžikadunić, F., Vukojević, D., Vukojević, N., (2007) Ocjena Kvaliteta Ponašanja Dizaličnih Mašina Analizom Redukovanih Numeričkih Modela - Estimation of Behaviour Quality of Cranes By Analysis of Reduced Numerical Models. 5. Naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem "KVALITET 2007", Neum, B&H, 227-232.
34. Hair J., Anderson R., Tatham R., Black W., (1998), *Multivariate Data Analysis*, 5th edition, Prentice Hall Edition, London
35. Harrison, A. (1998). On the appropriate use of dynamic stress models for conveyor design. *Bulk Solids Handling*, 18 (6): 677-680.
36. Health and safety Queensland (2006) Tower Crane Compliance Campaign 2005, report, Queensland Government, Department of Industrial relations
37. Hubbard, D. W. (2009). *The failure of risk management: why it's broken and how to fix it.* John Wiley and Sons.
38. International Electrotechnical Commission, 1990. IEC 50-191, International electrotechnical vocabulary; Chapter 191: 'Dependability and quality of service'
39. Irvine, M. (1994). Dynamic loading on bucketwheel reclaimers. *Int. J. Impact Engng*, 15 (3): 281-296.
40. ISO 31000:2009 (2009) *Risk management—Principles and Guidelines.* International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
41. Janjić, A., (2007) Strategija za održavanje distributivnih mreža korišćenjem dekomponovanih faktora rizika, doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.
42. Jeremić, B., Todorović, P., Mačužić, I., Koković, V., *Tehnička dijagnostika*, Mašinski fakultet u Kragujevcu, 2006.
43. Jovančić, P., Ignjatović, D., Tanasijević, M., Maneski, T. (2011). Load – bearing steel structure diagnostics on bucket wheel excavator, for the purpose of failure prevention. *Engineering Failure Analysis*, 18: 1203-1211.

44. Jovanovic, A. (2003), Risk-based inspection and maintenance in power and process plants in Europe, *Nuclear Engineering and Design*, 226(2): 165–182.
45. Jovanović, A. & Auerkari, P. (2002). Practical determination of probability of failure (PoF) and corresponding risks in RIMAP project. u: *PrevIng. Sistemska analiza šteta u privredi, osiguranje i preventivno inženjerstvo*, 11-12.
46. Jovanović, B., & Vasiljević, D. (2006). Toward the fourth generation of maintenance systems. *Tehnička dijagnostika*, 5(1), 45-49.
47. Kelly A., (1991). *Managing Maintenance Resources*, Butterworth-Heinemann, Elsevier, Oxford, UK.
48. Kelly, A., & Eastburn, K. (1982). Terotechnology. a modern approach to plant engineering. *IEE Proceedings A (Physical Science, Measurement and Instrumentation, Management and Education, Reviews)*, 129(2), 131-136.
49. Klarin, M., Ivanović, G., Stanojević, P., & Raičević, R. (1994). Principi terotehnoških postupaka. *Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd*.
50. Klarin, M., Misita, M., & Spasojević-Brkić, V. (2008). Actual maintenance management tendencies: Risk based maintenance. *Tehnička dijagnostika*, 7(3), 17-22.
51. Kulba, B.B., Stanković, M., Savić, S., (1999), *Primena Petri-mreže za modeliranje rizičnih događaja, Preventivni inženjering, godina VII, broj 2, Dunav Preving, Beograd, str. 23-36*
52. Lee, J., Ni, J., Djurdjanovic, D., Qiu, H., & Liao, H. (2006). Intelligent prognostics tools and e-maintenance. *Computers in industry*, 57(6), 476-489.
53. Ličen, H., & Zuber, N. (2007). Prediktivno održavanje rotirajuće opreme na bazi merenja i analize mehaničkih vibracija. *Tehnička dijagnostika*, 6(1), 13-20.
54. Madu C., (1998), An empirical assessment of quality: research considerations, *International journal of Quality science*, 3(4), 348-355.
55. Maneski, T. *KOMIPS Kompjutersko modeliranje i projektovanja struktura, Monografija, Mašinski fakultet, Univerzitete u Beogradu, 1998, ISBN 86-7083-319-0.*
56. Maneski T., (2005). Structure Behaviour Analysis and Diagnostic, *FME Transactions*, 33, 89-95.
57. Mobley, R. K. (2002). *An introduction to predictive maintenance*. Butterworth-Heinemann.
58. Motwani J., (2001), Critical factors and performance measures of TQM, *The TQM Magazine*, Vol. 13, No.4, pp. 292-300.
59. Moubray, J. (1997). *Reliability-centered maintenance*. Industrial Press Inc.
60. Neitzel, R. L., Seixas, N. S., & Ren, K. K. (2001). A review of crane safety in the construction industry. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 16(12), 1106-1117.
61. Noori, S. A., & Price, J. W. (2006). A risk approach to the management of boiler tube thinning. *Nuclear engineering and design*, 236(4), 405-414.
62. Nuttall, A., Lodewijks. (2007). Dynamics of Multiple Drive Belt Conveyor Systems. Part. Part. *Syst. Charact.*, 24: 365-369.
63. Panayiotou, N. A., Ponis, S. T., & Gayialis, S. P. (2009). Designing an industrial maintenance system: a proposed methodological framework. *International Journal of Information Technology and Management*, 8(4), 361-381.
64. Pinto, A., Nunes, I. L., & Ribeiro, R. A. (2011). Occupational risk assessment in construction industry—Overview and reflection. *Safety Science*, 49(5), 616-624.
65. Pratt, S. G., Kisner, S. M., & Moore, P. H. (1997). Machinery-related fatalities in the construction industry. *American journal of industrial medicine*, 32(1), 42-50.
66. Ravikumar, M., Chattopadhyay, A. (1999). Integral analysis of conveyor pulley using finite element method. *Computers and Structures*, 71: 303-332.
67. Reason, J. (2000). Human error: models and management. *BMJ*, 320(7237), 768-770.
68. Riis, J., Luxhoj, J. and Thorsteinsson, U. (1997). A situational maintenance model. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 14(4), 349-366.

69. Rusinski, E., Czmochowski, J. (2001). The Modal Analysis of the Superstructure of an Excavator Type SchRs-800. *Surface Mining Braunkohle & Other Minerals*, 53 (3): 319-324.
70. Rusinski, E., Czmochowski, J., Illuk, A., Kowalczyk, M. (2010). An analysis of the causes of a BWE counterweight boom support fracture. *Engineering Failure Analysis*, 17: 179-191.
71. Rusinski, E., Czmochowski, J., Moczko, P. (2007a). Failure reasons investigations of a dumping conveyor breakdown. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 23 (1): 75-78.
72. Rusinski, E., Czmochowski, J., Moczko, P. (2007b). Investigations of causes of dumping conveyor breakdown. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 24 (1): 267-274.
73. Rusinski, E., Harnatkiewicz, P., J., Kowalczyk, M., Moczko, P. (2010). Examination of the causes of a bucket wheel fracture in a bucket wheel excavator. *Engineering Failure Analysis*, 17: 1300-1312.
74. Rusinski, E., Moczko, P., Czmochowski, J. (2008). Numerical and experimental analysis of a mine's loader boom crack. *Automation in Construction*, 17: 271-277.
75. Sertyesilisik, B., Tunstall, A., & McLouglin, J. (2010). An investigation of lifting operations on UK construction sites. *Safety Science*, 48(1), 72-79.
76. SB "Glossary of Terms Used in Terotechnology BS 3811: 1993." British Standards Institution Publishing Limited, London ISBN 58022484.8 (1993).
77. StatSoft, Inc., (1995), STATISTICA for Windows /w. 5.0/, Computer program manual, Tulsa, OK: Statsoft, Inc.
78. Suruda, A., Egger, M., Liu, D., & Stat, M. (1997). Crane-related deaths in the US construction industry, 1984-94. Center to Protect Workers' Rights.
79. Swanson, L. (2001). Linking maintenance strategies to performance. *International Journal of Production Economics*, 70(3), 237-244.
80. Taylor, J. C., & Thomas Iii, R. L. (2003). Toward measuring safety culture in aviation maintenance: The structure of trust and professionalism. *The International Journal of Aviation Psychology*, 13(4), 321-343.
81. Tien, S. W., Hwang, W. T., & Tsai, C. H. (2007). Study of a risk-based piping inspection guideline system. *ISA transactions*, 46(1), 119-126.
82. Todorović, J. (2003). Upravljanje održavanjem na bazi rizika. *Journal of Applied Engineering Science*, 1(1), 23-32.
83. Todorović, P., & Brković, A. (2008) Primena savremenih metoda tehničke dijagnostike u cilju identifikacije opasnosti i štetnosti na radnom mestu application of modern technical diagnostics methods for identification of hazards in the workplace, CQM, D88-D94.
84. Van den Heuvel, B. (2001). Selection of Maintenance and Diagnosis Strategies for High – Capacity Equipment and Belt Conveyors. *Surface Mining Braunkohle & Other Minerals*, 53 (3): 329-346.
85. Vlahinić, S., & Belak, D. (2005). Razvoj koncepta terotehnologije. *Pomorstvo: Scientific Journal of Maritime Research*, 19(1), 79-87.
86. Voskresenski, V., (2006) Efekti i ograničenja upravljanja održavanjem na bazi rizika, magistarska teza, Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin.
87. Waeyenbergh, G., & Pintelon, L. (2002). A framework for maintenance concept development. *International Journal of Production Economics*, 77(3), 299-313.
88. Xie, L.Y., James, M. N., Zhao, Y. X., Qian, W. X. (2010). Fatigue Life Reliability Analysis of Belt Conveyor Driving Drums Based on FEM. *Advanced Materials Research*, 118-120: 492-496.
89. Zavodni, O., Nojbert, J., & Arnold, E. (2009). Aktuelni pravci automatizacije dizalica-smernice za budućnost. *FME Transactions*, 37(4), 167-174.
90. Zhao, S. S., Guo, B. J., Yang, X. (2010). Development of On-line Automatic Monitoring System for the Steel Belt Conveyor. *Key Engineering Materials*, 455: 462-466.

PRILOG

Prilog A

UPITNIK ZA EVALUACIJU SISTEMA UPRAVLJANJA (API 581:2000)

O P Š T E

Sekcija	Naziv	Pitanje	Poeni
1.	Vodjstvo i administracija	6	70
2.	Informacije o bezbednosti procesa	10	80
3.	Analiza rizika	9	100
4.	Upravljanje promenama	6	80
5.	Operativne procedure	7	80
6.	Zaštita na radu	7	85
7.	Obuka	8	100
8.	Mašinska ispravnost	20	120
9.	Bezbedonosna procesna analiza pre početka projekta	5	60
10.	Sigurnosna intervencija	6	65
11.	Ispitivanje incidentnih situacija	9	75
12.	Ugovarači	5	45
13.	Ocene sistema menadžmenta	4	40
	U k u p n o	101	1000

ANKETA

Molimo Vas da upišete broj bodova u kolonu `stvarni rezultati`, ako je poznat maksimalni broj bodova dat u koloni `mogući rezultati`.

RUKOVODSTVO I ADMINISTRACIJA

Rukovodstvo se smatra najvažnijim u implementaciji i održavanju efekata postignutih kroz proces upravljanja bezbednošću sistema dizaličnog transporta kao sastavni deo upravljanja bezbednošću celog procesa.

1	Pitanje	Mogući rezultati	Stvarni rezultati
1.1	Da li organizacija na nivou preduzeća ili na nivou Vaše organizacione jedinice ima definisanu ulogu (posvećenost) rukovodstva u politici upravljanja bezbednosti procesa?	10	
1.2	Da li je politika upravljanja bezbednošću procesa:		
	a. Osnov za pisanje priručnika?	2	

	b. Dostupna svim zaposlenima, pa su svi upoznati sa politikom?	2	
	c. Osnova procedura i uputstava.	2	
	d. Uključena u sve glavne programe obuke?	2	
	e. Korišćena na drugi način? (Opišite)	2	
1.3.	Da li su odgovornosti za bezbednost procesa i zaštitu zdravlja radnika jasno definisane u opisu svakog rukovodećeg radnog mesta?	10	
1.4	Da li godišnji ciljevi u oblasti bezbednosti procesa i zaštite zdravlja radnika utvrđeni za sve rukovodioce i da li se oni koriste za ocenu njihovog na godišnjem nivou?	15	
1.5	Koji procenat rukovodećeg kadra je učestvovao na kursevima obuke, konferencijama ili seminarima o „Upravljanju bezbednošću procesa“ u poslednje tri godine?	% x 10	
1.6	Da li postoji Odbor za bezbednost procesa ili nešto slično?	5	
	a. Da li su članovi Odbora predstavnici iz različitih organizacionih celina i različitog stepena obrazovanja ?	5	
	b. Da li se Odbor sastaje redovno i evidentira da li su preporuke Odbora sprovedene?	5	

UKUPNO POENA

70

INFORMACIJE O BEZBEDNOSTI SISTEMA DIZALIČNOG TRANSPORTA

2	Pitanje	Mogući rezultat	Stvarni rezultat
2.1	Da li postoje specifikacije svih materijala (delova, tereta) koji se prenose sistemom dizaličnog transporta?	5	
	a. Da li je Maximum zaliha na stanju za svaki od svih materijala (delova, tereta) koji se prenose sistemom dizaličnog transporta definisan?	3	
	b. Da li je prethodna informacija raspoloživa zaposlenima u održavanju i rukovaocima?	3	

2.3	Da li je „up-to-date“ pisana informacija odmah raspoloživa u jedinici tako da:		
	a. Sažima hemijski proces	3	
	b. Navodi gornje i donje granice bezbednosti za npr. temperaturu, pritisak, protok i sastav?	3	
	c. Navodi posledice prekoračenja preporučenih ograničenja.	3	
2.4	Da li je blok dijagram tokova ili pojednostavljen dijagram toka procesa dostupan radi pružanja pomoći operateru da razume proces?	5	
2.5	Da li je P&IDs raspoloživ svim jedinicama na mestu?	10	
2.6	Da li je oprema konstruisana je u skladu sa primenljivim standardima i da li poseduje potrebnu dokumentaciju?	8	
2.7	Da li je identifikovana sva postojeća oprema (projektovana i konstruisana u skladu sa standardima) koja više nije u opštoj upotrebi?	4	
	Da li je dokumentovano da će projektovanje, održavanje, inspekcija i testiranje takve opreme biti obavljeno na bezbedan način?	4	
2.8	Da li oprema poseduje dokumenta koja uključuju sledeće:		
	a. Materijal od kojeg su napravljeni	1	
	b. Šifru i primenjeni standard	1	
	c. Električnu klasifikaciju	1	
	d. Projektna dokumentacija i projektna baza	1	
	e. Projekat ventilacije	1	
	f. Bezbednost sistema, uključujući povezivanje, detekcije i savladavanje sistema	1	
2.9	Da li procedure na posmatranom mestu obezbeđuju da svaki pojedinac sa odgovornošću za upravljanje procesom ima radno znanje o bezbednosti procesa u skladu sa svojim odgovornostima?	5	

2.10	Da li se sakupljene dokumentovane informacije o Bezbednosti Procesa čuvaju u postrojenju kao referenca?	8	
------	---	---	--

UKUPNO POENA

80

ANALIZA RIZIKA

3	Pitanje	Mogući rezultat	Stvarni rezultat
3.1	Koji procenat svih procesnih jedinica koje rukuju sa opasnim hemikalijama ima opštu Analizu rizika (Process Hazard Analysis PHA) u poslednjih pet godina?	%*10	
3.2	Da li je uspostavljen redosled prioriteta za izvodjenje buduće PHAs?	5	
	Da li uspostavljen redosled prioriteta upućuje na sledeće faktore?		
	1. Količina toksičnosti, zapaljivosti ili eksplozivnosti materijala na posmatranom mestu.	1	
	2. Nivo toksičnosti ili reaktivnosti materijala.	1	
	3. Broj ljudi u za hitne intervencije u postrojenju uključivši i one na lokaciji i van nje.	1	
	4. Kompleksnost procesa.	1	
	5. Stroge radne uslove ili uslove koji mogu da izazovu koroziju ili eroziju.	1	
3.3	Da li se analiza rizika izvodi u skladu sa:		
	a. Opasnošću procesa	2	
	b. Pregledom prethodnih izveštaja o incidentima / akcidentima.	2	
	c. Inženjerska i administrativna kontrola primenljiva na opasne slučajeve i njihove međusobne relacije	2	
	d. Posledice inženjerske ili administrativne greške	2	
	e. Položaj postrojenja	2	

	f. Ljudski faktor	2	
	g. Kvalitativna evaluacija moguće bezbednosti i posledica po zdravlje od gubitka kontrole na zaposlene.	2	
3.4	Na osnovu najskorije izvedene PHA:		
	a. Da li je tim lider iskusan u tehnikama zbog kojih je zaposlen?	3	
	b. Da li je tim lider dobio opštu obuku zato što je tu zaposlen?	3	
	c. Da li je najmanje jedan član tima ekspert u procesu koji se analizira?	3	
	d. Da li su sve discipline predstavljene timu ili su iznete kao što je potrebno tokom analize?	3	
	e. Da li je bio bar jedan član tima osoba koja nije učestvovala u originalnom projektovanju postrojenja?	3	
3.5	Da li je opšti sistem na mestu odmah upućuje otkrića i preporuke PHA radi osiguranja da preporuke budu rešene na vreme i na kao što piše u dokumentima?	8	
	a. Ako je tako, da li je utvrđen raspored za implementaciju?	3	
	b. Da li sistem zahteva da odluke koje se tiču preporuka u PHA i status implementacije budu razmatrane sa svim zaposlenima u operativi, održavanju i ostalima kojima su povezani?	3	
3.6	Da li je metodologija korišćena u prethodnoj PHA i / ili planiranoj budućoj PHAs odgovarajuće u odnosu na kompleksnost procesa?	10	
3.7	Da li je PHAs vodjena od strane osobe koja je prošla kroz obuku svih metoda koji se koriste?	12	
3.8	Na osnovu najskorije izvedene PHA da je prosečna ocena analize odgovarajuće za kompleksnost sistema koji se analizira?	10	
	Nakon što je utvrđena opasnost procesa, da li su verovatnoća i scenariji		

3.9	posledica loma ocenjeni korišćenjem kvantitativnih ili kvalitativnih tehnika?	5	
-----	---	---	--

UKUPNO POENA

100

UPRAVLJANJE PROMENAMA

4.	Pitanje	Mogući rezultat	Stvarni rezultat
4.1	Da li postrojenje ima pisanu proceduru za Upravljanje promenama koja se mora poštovati uvek kada se novo postrojenje dodaje ili dolazi do promena u procesu?	9	
	Da li je autorizacija procedura jasno definisana i na odgovarajućem nivou?	5	
4.2	Da li sledeći tipovi „promena“ dovode do primene procedura za Upravljanje promenama?		
	a. Fizičke promene u postrojenju, druge osim zamene u vrsti (proširenje, modifikacija opreme, revizija instrumenata ili alart sistema, itd.	4	
	b. Promene u hemijskim procesima (katalizatori, rastvarači, itd...)	4	
	c. Promene u stanju procesa (radna temperatura, pritisak, proizvodna cena, itd.).	4	
	d. Značajne promene u radnim procedurama (početni ili završni redosled, organizacione promene, itd...)	4	
4.3	Da li je jasno razumljivo šta čini „privremenu promenu“ u postrojenju?	5	
	a. Da li se Upravljanje promenama tiče privremenih promena isto kao trajnih promena?	4	
	b. Da li se stavke instirane kao „privremene“ prate tako da se osigura da se one uklone posle određenog vremena ili reklasifikuju kao trajne?	5	
4.4	Da li procedure Upravljanja promenama posebno zahtevaju sledeće akcije svaki put kada dodje do promena u procesu?		
	a. Zahteva odgovarajuću Analizu opasnosti procesa za tu jedinicu	3	

	b. Ažurira sve radne procedure na koje ima uticaja	3	
	c. Ažurira sve programe održavanja na koje ima uticaja i planove inpekcija	3	
	d. Modifikuje P&IDs, izjave o operativnim granicama, zapise o bezbednosti materijala, i druge informacije o bezbednosti	3	
	e. Obaveštava sve zaposlene u procesu i održavanju koji rade u oblasti promene i obezbeđuje potrebnu obuku	3	
	f. Obaveštava sve kontraktore kojih se tiče promena	3	
	g. Razmatra efekat predložene promene na sva zasebna, ali medjusobno povezana postrojenja	3	
4.5	Kada se promene naprave u procesu ili radnim procedurama da li postoje pisane procedure koje zahtevaju da uticaj tih promena na opremu ili materijal konstrukcije treba biti razmatran radi određivanja kada one izazivaju bilo kakvo povećanje stepena oštećenja (propadanja) ili će rezultirati lomom različitih mehanizama u opremi	10	
4.6	Kada se oprema ili materijal konstrukcije promeni kroz zamenu ili postupke održavanja da li postoji sistem koji će formalno da razmatra svaku metaluršku promenu radi osiguranja da je nov materijal održiv za proces?	5	

UKUPNO POENA

80

OPERATIVNE PROCEDURE

5.	Pitanje	Mogući rezultati	Stvarni rezultati
5.1	Da li su pisane radne procedure dostupne za zaposlene u operativi i održavanje u svim jedinicama?	10	
	Da li radne procedure jasno definišu položaj svakog zaposlenog odgovornog za rad u svakoj oblasti primene?	5	
5.2	Da li su sledeća razmatranja obuhvaćena i obim Standardnim Radnim Procesurama (Standard Operating Procedures SOPs)?		
	a. Početno uključivanje	2	
	b. Normalne (kao i hitne) operacije	2	

	c. Normalno gašenje / zatvaranje	2	
	d-1 Hitno gašenje - zatvaranje	2	
	d-2 Da li je definisana pozicija osobe ili osoba zaduženih za početak ovih procedura?	2	
	e. Koraci potrebni za ispravnost ili izbegavanje devijacija od radnih ograničenja i posledica devijacija	2	
	f. Ponovno uključenje	2	
	g. Bezbednost sistema i njegovih funkcija	2	
5.3	Da li posledice bezbednosti i posledica po zdravlje su uzete u obzir i svim SOPs za hemikalije koje se koriste u procesu?		
	a. Osobine i opasnost hemikalija Uputstva za rad postrojenja	3	
	b. Mere opreza neophodne za prevenciju eksplozija uključiv kontrolu i zaštitnu opremu zaposlenih? Dozvole za sigurno izvodjenje radova	4	
	c. Kontrolne mere koje moraju biti primenjene u slučaju fizičkog kontakta u pojedinim slučajevima	3	
5.4	Da li je SOPs u postrojenju napisan jasno i koncizno da bi bio razumljiv za korisnike?	10	
5.5	Da li postoji adekvatna procedura razmene informacija između radnih smena?	10	
5.6	Koliko često se radne procedure formalno razmatraju radi osiguranja da odražavaju trenutnu radnu praksu i potrebno ažuriranje? (Izaberite jedan odgovor)		
	- Najmanje jednom godišnje, ili ako se promena pojavi	11	
	- Svake dve godine	6	
	- Samo kada se pojavi krupna promena	3	
	- Nema uspostavljenog rasporeda	0	
5.7	Koliko često se objektivne evaluacije rade na nivou podržavanja pisanim procedurama? (Izaberite jedan odgovor)		
	- Svakih 6 meseci	8	
	- Godišnje	4	
	- Svake tri godine	2	

	- Ne radi se	0	
--	--------------	---	--

UKUPNO POENA

80

ZAŠTITA NA RADU I ZAŠTITA OD POŽARA

6.	Pitanje	Mogući rezultati	Stvarni rezultati
6.1	Da li su razvijeni i primenjeni postupci koji obezbeđuju siguran rad, kako bi zaposleni i izvodjači mogli da vrše kontrolu rizika tokom rada ili održavanja uključujući i:		
	a. Radove pri kojima se razvija, ili za koje je potrebna toplota.	2	
	b. Procedure pri prekidu linije.	2	
	c. Blokiranje / Označavanje.	2	
	d. Ulaz u ograničeni prostor.	2	
	e. Otvaranje procesne opreme ili cevovoda	2	
	f. Ulaz u postrojenje ekipa za održavanje, izvodjača, laboratorijskog ili drugog pomoćnog personala	2	
	g. Ulaz za vozila	2	
	h. Dizalice	2	
	i. Rukovanje naročito opasnim materijalima (toksičnim radioaktivnim, itd.).	2	
	j. Inspekcija ili održavanje opreme na radu.	2	
6.2	Da li postupci koji obezbeđuju sigurnost u radu navedeni u 6.1 zahtevaju radni nalog ili dozvolu pre započinjanja aktivnosti?	10	
	Ako je tako, da li procedura uključuje sledeće?		
	a. Formulare koji adekvatno pokrivaju datu oblast	1	

	b. Jasne instrukcije koje naznačuju broj izdatih kopija, i primaoca svake kopije	1	
	c. Autoritet potreban za izdavanje	1	
	d. Proceduru odjave po završetku posla	1	
	e. Proceduru za produžetak ili ponovno izdavanje naloga nakon promene smene.	1	
6.3	Da li je obezbedjena obuka za osobe koje izdaju svaki od navedenih naloga?	10	
6.4	Da li su zaposleni, kojih se tiču navedeni nalozi i zahtevi, obučeni u oblasti naloga i proceduralnih zahteva?	10	
6.5	Koliko često se sprovodi nezavisna procena (od strane Odseka za zaštitu na radu, ili slične grupe), koji rezultate saopštavaju odgovarajućem rukovodstvu, da bi se utvrdio nivo saglasnosti sa zahtevima za radnim nalogima i specijalizovanim procedurama za najvažnije jedinice u okviru organizacije? (Odaberi jedno)		
	Svaka 3 meseca	8	
	Svakih 6 meseci	4	
6.6	Godišnje	2	
	Ne radi se	0	
	Da li postoji procedura po kojoj se sve procedure izdavanja radnih naloga proveravaju i unapređuju prema zahtevima najmanje jedanput u tri godine?	10	
	Da li podaci ukazuju da se ove provere rade na vremenskoj osnovi? Ne	5	
6.7	Da li su izvedena istraživanja kako bi se utvrdilo jesu li radna okruženja u skladu sa ergonomskim standardima?	4	
	Ili nije bilo nedostataka, ili, ako ih je bilo, da li su korigovani?	3	

UKUPNO POENA

85

OBUKA

7.	Pitanje	Mogući rezultat	Stvarni rezultat
7.1	Postoji li pisana procedura koja definiše opštu obuku na licu mesta u sigurnosnim procedurama, radnim postupcima, itd, koju će novozaposleni proći?	10	
7.2	Postoji li pisana procedura koja definiše količinu i sadržaj obuke specifično vezane za radno mesto, kao dopuna opštoj obuci definisanoj u 7.1 koju će zaposleni novopostavljen na dato radno mesto proći pre preuzimanja svojih dužnosti?	10	
7.3	Da li procedura opisana pod 7.2 zahteva da u obuku bude uključeno i sledeće:		
	a. Pregled procesa i njenogi specifični sigurnosni i zdravstveni rizici	3	
	b. Obuka u svim operativnim procedurama	3	
	c. Obuka, na licu mesta, u procedurama za slučaj opasnosti.	3	
	d. Naglasak na temama vezanim za sigurnost, kao što su radni nalozi, važnost blokiranja i drugih sigurnosnih sistema, itd.	3	
	e. Radnim postupcima koji obezbeđuju sigurnost	3	
	f. Odgovarajuće osnovne veštine	3	
7.4	Po okončanju obuke operativnog osoblja, koji se metod koristi za utvrđivanje da li zaposleni razume prezentirane informacije? (Odaberi jedno)		
	Test radnog učinka praćen dokumentovanim posmatranjem	10	
	Samo test radnog učinka	7	
	Mišljenje instruktora	3	
	Bez utvrđivanja	0	
7.5	Koliko često se operativnom osoblju pruža formalna obuka u obnavljanju znanja? (Izaberite jedno)		

	Najmanje jedanput u 3 godine	10	
	Samo kada se vrše velike procesne promene	5	
	Nikada	0	
7.6	Koliko je prosečna obuka za svakog operativnog zaposlenog godišnje, prosek za sve nivoe? (Izaberite jedno)		
	15 dana /god. Ili više	10	
	11-14 dana/god.	7	
	7-10 dana/god.	5	
	3-6 dana/god.	3	
	Manje od 3 dana/god.	0	
7.7	Postoji li sistematski pristup (tj. analiza rada zaposlenih, analiza zadataka, itd.) identifikaciji potrebne obuke zaposlenih u postrojenju, uključujući i programe obuke navedene pod 7.1. i 7.2.?	4	
	a. Da li su uspostavljeni programi obuke za identifikovane potrebe?	4	
	b. Da li su potrebe za obukom periodično analizirane i unapredjene?	4	
7.8	Da li je sledeće uključeno u formalne programe obuke u okviru fabrike?		
	a. Kvalifikacije instruktora su utvrđene i dokumentovane za svakog instruktora ponaosob.	5	
	b. Pisani nastavni planovi, koji se koriste, su analizirani i odobreni, kako bi se osiguralo potpuno obuhvatanje teme. Postoji za visoku stručnu spremu i Pravilnik o pripravnicima	5	
	c. Pomoć u obuci i simulatori se koriste kad je potrebno	5	

	da bi se osigurala praktična obuka		
	d. Podaci o svakom polazniku, kada je prošao obuku i način verifikacije da li je obuka shvaćena, se čuvaju.	5	

UKUPNO POENA

100

MAŠINSKA ISPRAVNOST

8.	Pitanje	Mogući rezultat	Stvarni rezultat
8.1	Da li je razvijeni pisani plan inspekcija jedinica, koji uključuje sledeće elemente:		
	a. Sva oprema koja zahteva inspekciju je identifikovana?	2	
	b. Dužnosti za izvođenje inspekcija su dodeljene?	2	
	c. Učestalosti akcija su određene?	2	
	d. Metode i lokacije inspekcija su određene?	2	
	e. Zahtevi oko inspeksijskih izveštaja su definisani?	2	
8.2	Da li inspeksijski plan, pomenut u 8.1, uključuje propisani, spoljašnji, vizuelni program kontrole za sve jedinice?	2	
	a. Da li su svi navedeni faktori uključeni u program vizuelne inspekcije: stanje spoljašnjosti opreme, izolacija, boja / spoljna obloga, podupirači i dodaci; i identifikacija mehaničkih oštećenja, korozije, vibracija, curenja ili neodgovarajućih komponenti ili popravki?	1	
	b. Na osnovu plana inspekcija pomenutog u 8.1, da li su svi sudovi pod pritiskom u okviru postrojenja podvrgnuti takvoj vizuelnoj kontroli, najmanje svakih 5 godina?	2	
	c. Na osnovu ovog plana inspekcija, da li su svi sistemi cevovoda kroz koje prolaze isparljive, zapaljive materije, otrovne materije, kiseline i baze i druge slične materije, podvrgnuti takvoj vizuelnoj kontroli, najmanje svakih 5 godina?	2	

8.3	Na bazi plana inspekcija, da li su svi sudovi pod pritiskom podvrgnuti proveru unutrašnjosti, ili detaljnoj inspekciji uz korišćenje odgovarajućih tehnika ispitivanja, bez razaranja, najmanje svakih deset godina?	5	
8.4	Da li je svaki pojedinačni deo opreme proveren od strane odgovarajućeg personala, da bi se identifikovali uzroci pogoršanja stanja ili otkaza?	5	
	a. Da li su ove informacije upotrebljene da bi se odredio metod inspekcije, lokacije i učestalosti i program preventivnog održavanja?	1	
	b. Da li su određene granice neispravnosti, uzimajući u obzir sposobnost za rad?	1	
8.5	Da li se koristi propisan program merenja debljine cevi cevovoda i sudova pod pritiskom?	3	
	a. Kada su lokacije za merenje debljine određene		
	1. Da li su mogućnosti i posledice otkaza bitan faktor?	1	
	2. Da li se u obzir uzimaju lokalna korozija i erozija?	1	
	b. Da li su lokacije za merenje debljine jasno naznačene na crtežima za inspekciju i na sudovima ili cevovodima, kako bi se obezbedilo ponavljanje merenja na tačno istim lokacijama?	2	
	c. Da li su metode merenja debljine savremene?	2	
	d. Da li se rezultati koriste za predviđanje preostalog radnog veka i prilagođavanje učestalosti budućih inspekcija?	2	
8.6	Da li je maksimalni dozvoljeni radni pritisak (MDRP) određen za sve sisteme cevovoda, koristeći primenljive propise i trenutne uslove rada?	3	
	Da li su proračuni MDRP-a ažurirani nakon svakog merenja debljine, koristeći poslednju debljinu zida i brzinu korozije?	2	
8.7	Postoji li pisana procedura koja zahteva odgovarajući nivo revizije i odobrenja, pre bilo kakve promene u učestalosti inspekcija, ili metoda i procedura testiranja? Ovo je zahtevano u odgovarajućoj proceduri ali nam nedostaje sistemski prilaz u povezivanju rezultata merenja i promena u učestalosti, metodama...	5	
8.8	Da li su razvijene odgovarajuće liste provera, i da li se koriste?	3	

	zahtevaju specijalne veštine ili tehnike jedinstvene za datu jedinicu ili postrojenje, kako bi ti radnici bili u stanju da posao izvedu na siguran način?	5	
8.16	Da li je uspostavljen raspored inspekcija ili testiranja ispusnih ventila u jedinici?	3	
	a. Da li se raspored poštuje?	1	
	b. Da li su sve inspekcije i popravke potpuno dokumentovane?	1	
	c. Da li je sve popravke izvršilo osoblje potpuno obučeno i iskusno u održavanju ispusnih ventila? Da.	1	
8.17	Da li program preventivnog održavanja, koji se koristi za postrojenje, zadovoljava sledeće kriterijume?		
	a. Svi elementi koji su kritični sa stanovišta sigurnosti, kao i druga ključna oprema, kao što su table sa osiguračima i rotaciona oprema, su pojedinačno nabrojani.	1	
	b. Koriste se liste za proveru i liste za inspekciju?	1	
	c. Posao se obavlja na vreme.	1	
	d. Program se kontinuirano modifikuje na bazi povratne informacije na osnovu inspekcija.	1	
	e. Popravke se identifikuju, prate i kompletiraju kao rezultat programa preventivnog održavanja.	1	
8.18	Da li postrojenje obuhvata siguran program izgradnje i održavanja, kako bi se obezbedilo:		
	a. Korišćenje odgovarajućih materijala za gradnju?	1	
	b. Procedure izrade i kontrole su odgovarajući?	1	
	c. Oprema se održava u skladu sa propisima i standardima?	1	
	d. Prirubnice su pravilno postavljene i pričvršćene.	1	
	e. Materijali za zamenu i održavanje su pravilno	1	

	specificirani, provereni i smešteni?		
8.19	Postoji li stalna i progresivna evidencija za sve sudove pod pritiskom, koja uključuje sve navedeno? a. Izveštaj proizvođača o podacima i drugim evidencijama važnih podataka b. Identifikacioni brojevi suda c. Informacije o ispusnom ventilu d. Rezultati svih inspekcija, popravki, promena, ponovnih procena koje su se desile do danas.	5	
8.20	Da li su sistemi, koji se koriste, kao što su pisani zahtevi, odjava nadzornika, dovoljni da osiguraju da se sve popravke i promene na sudovima pod pritiskom ili cevovodu izvrše u skladu sa propisima prema kojima je oprema napravljena, ili prema propisima o popravkama i inspekcijama u radu?	5	

UKUPNO POENA

120

BEZBEDNOSNA PROCEDURA PRE POČETKA PROJEKTA

9.	Pitanje	Mogući rezultati	Stvarni rezultati
9.1	Da li politika kompanije zahteva formalno bezbedonosnu analizu (PHA) u razvojnoj ili predprojektnom stadijumu za sve razvojne projekte, konstrukcije ili generalno modifikovane projekte	10	
9.2	Da li postoji pisana procedura koja se zahteva za sve od sledećih slučajeva koji moraju da se primene pre početka stvaranja novih ili značajno modifikovanih postrojenja.	2	
	a. Postoji pisana procedura za sprovođenje posla.	2	
	b. Uradjena je obuka za sve osobe koje su uključene u proces.	2	
	c. Adekvatne procedure su postavljene za popravku, inspekciju bezbedonosnu i hitnu intervenciju.	2	
	d. Bilo koji preporučeni rezultati iz formalne bezbedonosno procesne analize (PHA) je kompletan i završen.	2	
9.3	Da li postoji pisana procedura koja zahteva da sva oprema mora biti pregledana pre početka rada u kojoj se potvrđuje da je ona instalirana prema projektu specifikacijama ili prema preporukama proizvođača.	10	
	a. Da li procedura zahteva formalno pisanje		

	izveštaja o pregledu u svakoj odgovarajućoj fazi proizvodnje ili podizanja konstrukcije?	5	
	b. Da li procedura podrazumeva korektivni postupak i praćenje do ispravke kada se nadju razlike?	5	
9.4	Da li u početnoj sigurnosnoj proceduri se zahteva fizička provera da bi se potvrdilo		
	a. Curenje mehaničkih uređaja (spojeva) pre uvođenja opasnih hemikalija u proces.	5	
	b. Pravičan rad svih kontrolnih uređaja pre početka rada.	5	
	c. Pravične instrukcije i rad svih bezbedonosnih uređaja (sigurnosnih ventila, blokatora, detektora curenja, itd.)	5	
9.5	Da li postoji zahtev da se formalni dokument o kompletnim stavkama iz poglavlja 9 pre početka posla jednom kopijom uputi rukovodstvu postrojenja.	5	

UKUPNO POENA

60

SIGURNOSNA INTERVENCIJA

10	Pitanje	Mogući rezultati	Stvarni rezultati
10.1	Da li postrojenje ima sigurnosni plan u pisanoj formi koju obuhvata sve verovatne opasne situacije?	10	
10.2	Da li postoji zahtev za formalni pregled i dopune sigurnosnog plana po zadatom rasporedu?	5	
	a. Da li rukovodioci za promenu procedure u postrojenju predviđaju i zahtev za moguću promenu sigurnosnog plana postrojenja?	2	
	b. Kao rezultati svih novih (PHA) pregleda da li imaju mogućnost da se uvedu novo identifikovane opasne situacije sa potrebnim promenama u sigurnosnom planu postrojenja?	2	
10.3	Da li sigurnosni plan uključuje sledeće stavke?		

	a. Proceduru da je jedna osoba kao koordinator u situacijama opasnosti ima jasan iskaz o svojoj odgovornosti.	2	
	b. Procedure napuštanja postrojenja u slučaju opasnosti i plan evakuacije	2	
	c. Procedure koje trebaju biti ispoštovane od strane zaposlenih koji ostaju da obavljaju kritične fabričke poslove pre nego što se evakuiraju	2	
	d. Procedura za prebrojavanja svih zaposlenih posle hitne evakuacije	2	
	e. Spasilačke i medicinske dužnosti za one zaposlene koji su za to zaduženi.	2	
	f. Stvari kojima se daje prednost u izveštavanju (požar i stalna opasnost)	2	
	g. Procedure za kontrolu opasnih materija	2	
	h. Plan za potragu i spašavanje	2	
	i. Proceduru za ponovni ulazak (povratak)	2	
10.4	Da li je centar za slučaj opasnosti adekvatan, unapred određen za fabriku?	5	
	Da li ima sledećih minimalnih resursa		
	1. Izvor energije za slučaj opasnosti - Alternativni	2	
	2. Odgovarajući uređaj za komunikaciju	2	
	3. Kopije svih važnih dokumenata i informacija na nivou preduzeća za slučaj opasnosti.	2	
10.5	Da li su određene osobe koje mogu biti kontaktirane za davanje daljih informacija ili objašnjenja dužnosti u slučaju opasnosti?	5	
	Da li je lista imena postavljena na svim odgovarajućim mestima (kontrolna soba, sigurnosna kancelarija, centar za slučaj opasnosti, itd.)?	2	
10.6	Da li se regularna obuka sprovodi na sagledava i pojačava tj. unapređenje plana za hitne situacije?	10	

UKUPNO POENA

65

ISPITIVANJE INCIDENTNIH SITUACIJA

11	Pitanje	Mogući rezultat	Stvarni rezultat
11.1	Da li postoji pisani incident / nezgoda procedura ispitivanja koja uključuje i nezgodu i prethodno opisano stanje?	10	
	Da li procedura zahteva nalaženja i preporuke za ispitivanje nezgode za pravilno rešavanje i sprovodi ih odmah?	5	
11.2	Da li procedura zahteva da tim za ispitivanje uključuje:		
	a. Člana obučenog za tehničke incidente - ispitivanje	3	
	b. Nekoga ko je detaljno upoznat sa procesom.	3	
11.3	Naznačiti gde procedura ispitivanja zahteva istraživanje sledećih činjenica od strane ovlašćenog supervizora sa rezultatima sačuvanim na standardnoj formi		
	a. Požar i eksplozije	2	
	b. Gubitak imovine na zadatom ili utvrđenom nivou	2	
	c. Sve nepredvidjene povrede i neuobičajene bolesti	2	
	d. Ispitivanje opasnih supstanci	2	
	e. Ostale incidente / nezgode ili opasne situacije	2	
11.4	Da li postoji standardna forma za nezgode / incidente ispitivanje koje uključuje sledeće informacije?		
	a. Datum incidenta	2	
	b. Datum početka ispitivanja	2	
	c. Opis incidenta	2	
	d. Istaknute uzroke incidenta	2	

	e. Vrednovanje potencijalnih opasnosti i verovatnoća učestalosti pojavljivanja	2	
	f. Preporuke potrebne za prevenciju	2	
11.5	Na osnovu pregleda podataka iz pogona, do kojeg stepena izgleda da se predviđene procedure za ispitivanje incidenta prate	5	
11.6	Ako je do incidenta / nezgode došlo zbog kvara komponenti ili dela opreme, da li su odgovarajuća inspekcija ili inženjeri zahtevali da budu uključeni u analizu kvara da bi se otkrili uslovi ili problemi koji dovode do kvara.	10	
11.7	Da li su svi izveštaji o ispitivanju pregledani od strane svih ljudi čiji posao ima veze sa incidentom, uključujući ugovorom vezane zaposlene?	5	
11.8	U zadnjih godinu dana, da li su svi eventualni izveštaji prebačeni na ostala mesta na kojima se obavlja sličan posao u kompaniji?	6	
11.9	Da li procedura incidentnih ispitivanja ili analiza opasnih procesa zahteva da se odgovarajući izveštaji pregledaju?	6	

UKUPNO POENA

75

ISPORUČIOCI/UGOVARAČI

12	Pitanje	Mogući rezultat	Stvarni rezultat
12.1	Da li procedura odabira isporučioaca uključuje sledeće pre dodeljivanje ugovora		
	a. Pregled ugovorenog sigurnosnog i zdravstvenog programa	3	
	b. Pregled ugovorenog prethodnog stanja gubitaka (lista gubitaka)	3	
	c. Pregled dokumentacije o iskustvu i znanju neophodnom za realno očekivano izvodjenje posla bezbedno i efikasno (referenc lista sa tehničko tehnološkim i iskorišćenjem potencijala za dalji posao).	3	
12.2	Pre početka posla, da li su isporučilac i njegovi radnici upozoreni u pisanoj formi o:		
	a. Sve eventualne potencijalne opasnosti u procesu i za vreme rada ugovorača	2	

	b. Sigurnosne procedure u postrojenju gde se izvodi posao ugovorača	2	
	c. Ulazno / pristupne kontrole	2	
	d. Sve moguće promene za planove u slučaju opasnosti	2	
12.3	Sve pripreme radnje i sastanke održane sa ugovoračem da bi se pregledao ukupan ugovoren posao i aktivnosti, zajedno sa kompanijskim zahtevima za bezbednost, osiguranim kvalitetom i izvodjenje radova	9	
12.4	Da li su periodične ocene navedenih radova izvedene, tako da zaposleni ugovorača svojim zaposlenim daje odgovarajuće instrukcije, trening i nadzor koji se zahteva da bi se obezbedilo da ugovaračev zaposleni prihvati sve procesne bezbedonosne mere za siguran rad?	9	
12.5	Da li su svi ugovorači koji izvode popravke, radove, ili generalne opravke ili specijalističke radove pokriveni svim procedurama o kojima se govori u ovom segmentu?	10	

UKUPNO

45

OCENE SISTEMA MENADŽMENTA

13.	Pitanje	Mogući rezultat	Stvarni rezultat
13.1	Koliko često se formalna pisana ocena sprovodi za ocenu sistema upravljanja bezbednošću? (Izaberite jedan)		
	Svake godine	10	
	Svake tri godine	7	
	Nije uradjen	0	
13.2	Da li je akcioni plan razvienda bi se ostvarile programske potrebe kao što je predvidjeno zadnjom ocenom (pregledom)?	10	
13.3	Zasnovano na zadnjoj utvrđenoj oceni da li je tim za ocenu uključio ljude sa sledećim karakteristikama:		

	a. Formalno obučene i tehnički pripremljene za ocenjivane	5	
	b. Sa velikim znanjem procesa koji je ocenjen	5	
13.4	Zasnovanu na pregledu zadnje ocene, da li je dubina ocene i sveobuhvatnost odgovarajuća za proces (sistem)?	10	

UKUPNO POENA

47

Prilog B

Konačna forma upitnika za ocenu menadžment faktora modela održavanja sistema dizaličnog transporta

Propratno pismo ima sledeći sadržaj:

Poštovana gospodo,

anketa je anonimna i biće korišćena u istraživanju u okviru doktorske disertacije pod nazivom 'Model upravljanja održavanjem sistema dizaličnog transporta'. Predmet istraživanja ove disertacije podrazumeva kompleksno teorijsko-eksperimentalno istraživanje pri postavci modela održavanja sistema dizaličnog transporta, koji treba da uključuje analizu i procenu dinamičkog ponašanja noseće konstrukcije i uticaj sistema menadžmenta. U anketi je potrebno popuniti prazna polja davanjem ocene od 0 do maksimalne ponudjene, tj. Molim Vas da upisete broj bodova u kolonu 'stvarni rezultati', ako je poznat maksimalni broj bodova dat u koloni 'mogući rezultati'. Unapred zahvalan za Vaše vreme i trud, za dodatna pitanja na raspolaganju

mr Aleksandar Brkić
Inovacioni centar Mašinskog fakulteta
Kraljice Marije 16
11000 Beograd
e-mail: aleksandardjbrkic@gmail.com

ANKETA

4. Broj zaposlenih u preduzeću je
5. Koji sistemi menadžmenta su sertifikovani u Vašem preduzeću prema standardima menadžmenta (ISO 9000,14000,18000 i dr:)?
.....
6. Zaposlen sam na radnom mestu i imam godina iskustva u struci.

RUKOVODSTVO I ADMINISTRACIJA

Rukovodstvo se smatra najvažnijim u implementaciji i održavanju efekata postignutih kroz proces upravljanja bezbednošću sistema dizaličnog transporta kao sastavni deo upravljanja bezbednošću celog procesa.

1	Pitanje	Mogući rezultati	Stvarni rezultati
1.1	Da li organizacija na nivou preduzeća ili na nivou Vaše organizacione jedinice ima definisanu ulogu (posvećenost) rukovodstva u politici upravljanja bezbednosti procesa?	10	

1.2.	Da li su odgovornosti za bezbednost procesa i zaštitu zdravlja radnika jasno definisane u opisu svakog rukovodećeg radnog mesta?	10	
1.3	Da li godišnji ciljevi u oblasti bezbednosti procesa i zaštite zdravlja radnika utvrđeni za sve rukovodioce i da li se oni koriste za ocenu njihovog na godišnjem nivou?	15	
1.4	Koji procenat rukovodećeg kadra je učestvovao na kursevima obuke, konferencijama ili seminarima o „Upravljanju bezbednošću procesa“ u poslednje tri godine?	10 % X 10 (npr 60% ocena 6))	
1.5	Da li postoji Odbor za bezbednost procesa ili nešto slično?	5	
	a. Da li su članovi Odbora predstavnici iz različitih organizacionih celina i različitog stepena obrazovanja ?	5	
	b. Da li se Odbor sastaje redovno i evidentira da li su preporuke Odbora sprovedene?	5	

UKUPNO POENA

70

INFORMACIJE O BEZBEDNOSTI SISTEMA DIZALIČNOG TRANSPORTA

2	Pitanje	Mogući rezultat	Stvarni rezultat
2.1	Da li postoje specifikacije svih materijala (delova, tereta) koji se prenose sistemom dizaličnog transporta?	5	
	a. Da li je maksimum zaliha na stanju za svaki od svih materijala (delova, tereta) koji se prenose sistemom dizaličnog transporta definisan?	3	
	b. Da li je prethodna informacija raspoloživa zaposlenima u održavanju i rukovaocima?	3	
2.2	Da li procedure za menadžment kvalitetom i u praksi obezbeđuju da se svi materijali (delova, tereta) koji se prenose sistemom dizaličnog transporta transportuju u prvom trenutku raspoloživosti:	20	

2.3	Da li je oprema sistema dizaličnog transporta proizvedena u skladu sa važećim standardima i da li poseduje potrebnu dokumentaciju?	20	
2.4	Da li je dokumentovano da je projektovanje, održavanje, kontrolisanje i atestiranje opreme sistema dizaličnog transporta obavljeno na bezbedan način?	4	
2.5	Da li oprema sistema dizaličnog transporta poseduje sledeća dokumenta (ateste):		
	a. Materijal od kojeg su proizvedeni	1	
	b. Oznaka i primenjeni standard	1	
	c. Električnu specifikaciju (specifikaciju elektroopreme)	2	
	d. Projektna dokumentacija	1	
	e. Propisi i standardi po kojima su proizvedene sigurnosne i bezbednosne komponente sistema dizaličnog transporta	5	
2.6	Da li procedure obezbeđuju da osobe odgovorne za upravljanje procesom sistema dizaličnog transporta imaju upotrebno znanje o bezbednosti procesa u skladu sa svojim odgovornostima?	4	

UKUPNO POENA

80

ANALIZA RIZIKA

3	Pitanje	Mogući rezultat	Stvarni rezultat
3.1	Koji procenat svih jedinica uključenih u transport materijala (delova, tereta) ima opštu Analizu rizika za sistem dizaličnog transporta?	10 (npr 60% ocena 6))	

3.2	Da li je uspostavljen redosled prioriteta za izvodjenje buduće analize rizika za sistem dizaličnog transporta?	5	
	Da li uspostavljen redosled prioriteta upućuje na sledeće faktore?		
	1. Količina toksičnosti, zapaljivosti ili eksplozivnosti materijala koji se prenosi sistemom dizaličnog transporta.	5	
	2. Broj ljudi čija je bezbednost ugrožena u procesu dizaličnog transporta uključivši i one neposredno na lokaciji i van nje.	8	
3.3	Da li se analiza rizika upravljanja bezbednošću sistema dizaličnog transporta izvodi u skladu sa sledećim:	40	
	a. Opasnosti procesa	7	
	b. Pregled prethodnih izveštaja o incidentima.	9	
	c. Inženjersko i administrativno upravljanje opasnostima i njihovim međusobnim relacijama	4	
	d. Posledice inženjerske ili administrativne greške	4	
	e. Položaj postrojenja	5	
	f. Ergonomska prilagodjenost sistema dizaličnog transporta rukovaocima	6	
	g. Procena rizika Kinney metodom u Aktu o proceni rizika.	5	
3.4	Da li je analiza rizika vodjena od strane osobe koja je prošla kroz obuku za korišćene metode?	12	
3.5	Nakon što su utvrđene opasnosti procesa, da li se za detaljniju analizu koriste kvantitativne i/ili kvalitativne tehnike?	20	

UKUPNO POENA

100

UPRAVLJANJE PROMENAMA

4.	Pitanje	Mogući rezultat	Stvarni rezultat
4.1	Da li je propisan postupak za sistem dizaličnog transporta koja se mora poštovati uvek kada se nova komponenta dodaje ili dolazi do promena u postojećem sistemu dizaličnog transporta (promena nosivosti, brzina kretanja, pogonskih faktora i sl.)?	10	
	Da li je jasno definisana odgovorna osoba za sprovođenje navedenog postupka?	6	
4.2	Da li su sledeće značajne promene u radnim procedurama (početni ili završni redosled, organizacione promene, itd...) uključene u prethodno navedni postupak?	14	
4.3	Da li procedure upravljanja promenama zahtevaju sledeće akcije svaki put kada dodje do promena u procesu?		
	a. Zahteva odgovarajuću Analizu opasnosti procesa za tu jedinicu	5	
	b. Ažurira sve radne procedure na koje ima uticaja	4	
	c. Ažurira sve programe održavanja na koje ima uticaja	4	
	d. Modifikuje šeme procesa idruga informacije o bezbednosti	4	
	e. Obaveštava sve zaposlene u procesu i održavanju koji rade u oblasti promene i obezbeđuje potrebnu obuku	3	
	f. Obaveštava sve podugovarače kojih se tiče promena	3	
4.4	Kada se promene naprave u radnom procesu i/ili radnim procedurama da li postoje pisane procedure koje zahtevaju da uticaj tih promena na opremu ili materijal konstrukcije treba biti razmatran radi određivanja kada one izazivaju bilo kakvo povećanje stepena oštećenja ili mogućeg loma različitih mehanizama u opremi	12	

4.5	Kada se oprema sistema dizaličnog transporta ili materijal konstrukcije istog promeni kroz zamenu ili postupke održavanja da li postoji sistem koji će formalno da razmatra svaku promenu radi sigurnosti upotrebe novog materijala ili opreme?	10	
-----	---	----	--

UKUPNO POENA

80

OPERATIVNE PROCEDURE

5.	Pitanje	Mogući rezultati	Stvarni rezultati
5.1	Da li su pisane radne procedure dostupne zaposlenima u operativi i održavanju u svim jedinicama?	10	
	Da li radne procedure jasno definišu odgovornost svakog zaposlenog za rad u svojoj oblasti?	5	
5.2	Da li su sledeće operacije obuhvaćene standardnim procedurama rada		
	a. Početno uključivanje	2	
	b. Normalni rad	2	
	c. Normalno obustavljanje rada	2	
	d. Hitno obustavljanje rada	5	
	f. Ponovno startovanje	2	
	g. Bezbednost sistema i njegovih funkcija	3	
5.3	Da li sustandardne procedure rada napisane na jasan, koncizan i razumljiv način?	10	
5.4	Da li postoji adekvatna procedura razmene informacija između smena operatera dizalica?	10	
5.5	Koliko često se radne procedure formalno razmatraju radi osiguranja da odražavaju trenutnu radnu praksu i sprovodi		

	potrebno ažuriranje? (Izaberi jedan odgovor)		
	- Najmanje jednom godišnje, ili ako se promena pojavi	11	
	- Svake dve godine	5	
	- Samo kada se pojavi krupna promena	2	
	- Nema uspostavljenog rasporeda	0	
5.6	Koliko često se radi procena usaglašenosti radne prakse i procedura? (Izaberi jedan odgovor)		
	- Svakih 6 meseci	8	
	- Godišnje	4	
	- Svake tri godine	2	
	- Ne radi se	0	

UKUPNO POENA

80

ZAŠTITA NA RADU

6.	Pitanje	Mogući rezultati	Stvarni rezultati
6.1	Da li postupci koji obezbeđuju bezbednost na radu navedeni u 6.1 zahtevaju radni nalog ili dozvolu za započinjanje aktivnosti?		
	Ako je tako, da li procedura uključuje sledeće?	10	
	a. Zapisi koji u predstavljaju dokaz o izvršenju procedure.	1	
	b. Uputstva za rad i bezbednost na radu.	1	
	c. Proceduru odjave po završetku posla	1	
6.2	Koliko često služba ili pojedinac zadužen za bezbednost i zdravlje na radu se sprovodi evaluaciju usaglašenosti radnih postupaka sa propisanim procedurama? (Odaberi jedno)		

	Svaka 3 meseca	10	
	Svakih 6 meseci	6	
	Godišnje	4	
	Ne radi se	0	
6.3	Da li postoji procedura revizije procedure izdavanja radnih naloga vezano za sistem dizaličnog transporta najmanje jedanput u tri godine?	10	
6.4	Da li su izvedena istraživanja kako bi se utvrdilo jesu li radna okruženja u skladu sa ergonomskim zahtevima i standardima?	5	
	Ako su neuskладjenosti evidentirane u prošlosti, da li su korigovane?	3	

UKUPNO POENA

55

OBUKA

7.	Pitanje	Mogući rezultat	Stvarni rezultat
7.1	Postoji li pisana procedura koja definiše obaveznu obuku u procedurama bezbednosti na radu i radnim postupcima koju će svaki novozaposleni rukovaoc i održavaoc sistema dizaličnog transporta proći?	20	
7.2	Postoji li pisana procedura koja definiše količinu i sadržaj obuke vezane za radno mesto rukovaoca sistemom dizaličnog transporta, kao dopuna opštoj obuci definisanoj u 7.1?	20	
7.3	Da li procedura opisana pod 7.2 zahteva da u obuku bude uključeno i sledeće:		
	a. Specifičnost procesa koji opslužuje sistem dizaličnog transporta sa aspekta bezbednosnih i zdravstvenih rizika.	4	

	b. Obuka u oblasti specifičnosti rada konkretnog sistema dizaličnog transporta (specifičnosti različitih proizvođača dizalica).	4	
	c. Obuka, na licu mesta, u procedurama za slučaj opasnosti.	4	
	d. Radnim postupcima koji obezbeđuju bezbednost na radu.	3	
	e. Odgovarajuće osnovne veštine za rukovaoce i održavaoce sistema dizaličnog transporta.	3	
7.5	Koliko često se rukovaocima i održavaocima sistema dizaličnog transporta obnavlja obuka? (Izaberi jedno)		
	Najmanje jedanput u 3 godine	15	
	Samo kada se vrše velike procesne promene	10	
	Nikada	0	
7.5	Koliko prosečno traje obuka za svakog rukovaoca, odnosno održavaoca sistema dizaličnog transporta? (Izaberi jedno)		
	11 dana /god. ili više	10	
	8-10 dana/god.	7	
	4-7 dana/god.	5	
	2-3 dana/god.	3	
	Manje od 2 dana/god.	0	

7.6	b. Da li je izbor programa obuka za rukovaoce, odnosno održavaoce sistema dizaličnog transporta u skladu sa njihovim potrebama?	8	
	b. Da li su potrebe za obukom periodično analizirane i unapredjene?	4	
7.7	Da li je sledeće uključeno u formalne programe obuke rukovaoca, odnosno održavaoca sistema dizaličnog transporta?		
	a. Kvalifikacije instruktora su utvrđene i dokumentovane za svakog instruktora ponaosob.	5	
	b. Pisani planovi obuke su analizirani i odobreni, kako bi se osiguralo potpuno obuhvatanje teme.	5	
	c. Pored teorijske sprovodi se i praktična obuka na realnom sistemu dizaličnog transporta.	5	
	d. Svi zapisi o sprovedenoj obuci za svakog zaposlenog se čuvaju u procedurama propisanom roku.	5	

UKUPNO POENA

130

MAŠINSKA ISPRAVNOST

8.	Pitanje	Mogući rezultat	Stvarni rezultat
8.1	Da li plan periodičnih kontrolisanja uključuje sledeće:		
	a. Svi elementi svih sistema dizaličnog transporta koji podležu periodičnom kontrolisanju su identifikovani?	2	
	b. Zaduženja za sprovođenje periodičnog kontrolisanja su dodeljena?	2	
	c. Utvrđeni su periodi za kontrolisanje svih elemenata sistema	2	

	dizaličnog transporta.		
	d. Metodologija periodičnog kontrolisanja svih elemenata svih sistema dizaličnog transporta je definisana?	2	
	e. Zapisi o izvršenom periodičnom kontrolisanju svih elemenata svih sistema dizaličnog transporta su definisani?	2	
8.2	Da li plan periodičnog kontrolisanja, iz 8.1, uključuje vizuelni pregled svih elemenata svih sistema dizaličnog transporta?	7	
8.3	Da li je plan periodičnog kontrolisanja predvideo detaljno kontrolisanje noseće čelične konstrukcije sistema dizaličnog transporta najmanje svakih pet godina?	10	
8.4	Da li se sprovodi merenje dimenzija (širina, visina, debljina) kritičnih poprečnih preseka nosećih konstrukcija sistema dizaličnog transporta?	3	
	a. Lokacije kritičnih preseka određuje se prema:		
	1. maksimalnom opterećenju konstrukcije	2	
	2. stanju istrošenosti konstrukcije bez obzira na mesto max. opterećenja (korozija, prsline....)	2	
	b. Da li su lokacije za merenje dimenzija jasno naznačene u projektnoj dokumentaciji.	1	
	c. Da li su metode merenja debljine savremene?	1	
	d. Da li se rezultati merenja koriste za predviđanje preostalog radnog veka i prilagodjavanje učestalosti budućih periodičnih kontrolisanja?	2	
8.5	Da li postoji pisana procedura o promenama u metodologiji odnosno vremenskim periodima kontrolisanja.		

		5	
8.7	Da li postoji pisana procedura kojom se zahteva da se svi utvrđeni nedostaci na opremi sistema dizaličnog transporta otklone na bezbedan način u što kraćem vremenu.	5	
	a. Ako su defekti otkriveni, da li se odluka o nastavku rada opreme donosi na osnovu jasne i dokumentovane tehničke procene radne bezbednog rada?	3	
8.8	Postoji li kompletan, ažuriran centralni registar sa svim informacijama o programima periodičnog kontrolisanja i pripadajućim zapisima i izveštajima o kontrolisanju?	3	
	Da li su informacije iz registra dostupne svima koji rade u okviru procesa?	2	
8.9	Da li su svi zaposleni koji rade na održavanju opreme sistema dizaličnog transporta obučeni za kontrolisanje procesa i procenu rizika?	5	
8.10	Da li su instruktori licencirani za držanje obukeu skladu sa važećim pravilnicima i standardima.	5	
8.11	Da li postoje procedure za obuku izvodjača radova na sistema dizaličnog transporta pre nego što počnu radovi?	5	
8.12	Da li postoji program preventivnog održavanja opremesistema dizaličnog transporta?	6	
	Da li taj program preventivnog održavanja zadovoljava sledeće kriterijume:		
	a. Svi elementi sistema dizaličnog transporta koji su kritični sa stanovišta bezbednosti su nabrojani.	2	
	b. Postoje zapisi o sprovođenju programa preventivnog održavanja.	2	
	c. Posao se obavlja u propisanim rokovima.	1	
8.13	Da li postoje procedure koje obezbeđuju instaliranje i		

	održavanje sistema dizaličnog transporta koje obezbeđuju:		
	a. Dokaz da je ugrađen projektovani materijal.	1	
	b. Dokaz da je ugrađena oprema izradjena prema projektu i atestirana prema važećim propisima i standardima.	2	
	c. Dokaze da se održavanje opreme sistema dizaličnog transporta provodi u skladu sa važećim propisima i standardima?	1	
	d. Dokaz da postoji spisak svih rezervnih delova opreme za sistem dizaličnog transporta.	1	
8.14	Da li su procedure za održavanje sistema dizaličnog transporta dovoljne da obezbede da su sve popravke ili zamene elemenata sistema dizaličnog transporta u skladu sa važećim propisima prema kojima je oprema proizvedena, kao i prema propisima o bezbednosti i zdravlju na radu.	5	

UKUPNO POENA

120

BEZBEDNOSNA PROCEDURA PRE POČETKA PROJEKTA

9.	Pitanje	Mogući rezultati	Stvarni rezultati
9.1	Da li politika preduzeća zahteva Analizu rizika za sistem dizaličnog transporta u razvojnoj ili predprojektnoj fazi pri nabavci novih sistema dizaličnog transporta i/ili generalnog remonta (značajne modifikacije) postojećeg sistema dizaličnog transporta.	10	
9.2	Da li postoji pisana procedura pre početka nabavke novih ili značajno modifikovanih postojećih sistema dizaličnog transporta.	10	
	Pisana procedura zahteva ispunjenje sledećih uslova pre početka nabavke novih ili značajno modifikovanih postojećih sistema dizaličnog transporta:		

	a. Postoji pisana procedura za određivanje broja radnih ciklusa na sat koje treba da ostvari novo/remontovano postrojenje dizaličnog transporta.	10	
	b. Postoji pisana procedura za određivanje vremena rada u toku 24 sata novog/remontovanog sistema dizaličnog transporta.	10	
	c. Postoji pisana procedura za određivanje maksimalnog i minimalnog tereta koji će biti transportovan novog/remontovanog sistema dizaličnog transporta.	5	
	d. Postoji pisana procedura za određivanje prosečne nosivosti po ciklusu novog/remontovanog sistema dizaličnog transporta.	10	
	e. Postoji pisana procedura koja na osnovu prethodne tri procedure propisuje zahtevanu pogonsku klasu mehanizma dizanja tereta novog/remontovanog sistema dizaličnog transporta.	10	
	f. Postoji pisana procedura za određivanje brzine vožnje novog/remontovanog sistema dizaličnog transporta.	5	
	g. Postoji pisana procedura za određivanje sistema upravljanja (kabina, daljinsko upravljanje, upravljanje sa poda) novog/remontovanog sistema dizaličnog transporta.	5	
	h. Postoji pisana procedura za određivanje uslova rada (temperatura, vlažnost, zapašenost, eksplozivna sredina) novog/remontovanog sistema dizaličnog transporta.	5	
	i. Postoji pisana procedura za definisanje potrebnog broja mehanizama za dizanje tereta i njihov način rada (jedan ili više mehanizama za dizanje, režimi rada svaki nezavisno ili tandem) kod novog/remontovanog sistema dizaličnog transporta.	5	
	j. Postoji pisana procedura o zahtevima za novu/ postojeću kransku stazu na kojoj će biti instaliran novi/remontovani sistem dizaličnog transporta.	5	
9.3	Da li postoji pisana procedura koja zahteva da sva isporučene oprema mora biti pregledana pre početka rada uz potvrdu da je ona isporučena prema ponudi proizvođača.	10	
	a. Da li procedura zahteva formalno pisanje izveštaja o pregledu u svakoj odgovarajućoj fazi proizvodnje ili podizanja konstrukcije?	5	

	b. Da li procedura podrazumeva korektivni postupak u slučaju neusaglašenosti (praćenje do dovodjenja opreme u predvidjeno stanje)?	5	
9.4	Postoji pisana procedura za puštanje isporučene oprema novog/remontovanog sistema dizaličnog transporta u rad da bi se utvrdilo:		
	a. da svi mehanički uređjaji rade u skladu sa važećim propisima/standardima.	5	
	b. da svi upravljački uređjaji rade u skladu sa važećim propisima/standardima.	5	
	c. da sve elektrokomponente rade u skladu sa važećim propisima/standardima	5	
	d. da sve bezbednosne komponente (granični prekidači svih mehanizama, uređjaji protiv sudaranja, kočioni uređjaji i sl.) rade u skladu sa važećim propisima/standardima	5	
9.5	Da li postoji procedura da se napravi zapisnik o primopredaji novog/ remontovanog sistema dizaličnog transporta i uputi rukovodstvu postrojenja..	5	

UKUPNO POENA

135

ISPITIVANJE INCIDENTNIH SITUACIJA INSTALIRANOG SISTEMA DIZALIČNOG TRANSPORTA

10	Pitanje	Mogući rezultat	Stvarni rezultat
10.1	Da li postoji procedura za istraživanje uzroka incidentnih situacija / nezgoda?	10	
	Da li procedura zahteva primenu zaključaka istraživanja da bi se predupredili novi slični incidenti?	5	
10.2	Da li procedura zahteva da tim za ispitivanje uključi:		

	a. Člana obučenog za tehnike istraživanja incidenata.	3	
	b. Člana detaljno upoznatog sa procesom rada sistema dizaličnog transporta.	3	
10.3	Da li postoji zapis o nezgodama / incidentima koji uključuje sledeće informacije?		
	a. Datum incidenta	1	
	b. Datum početka ispitivanja incidenta	1	
	c. Opis incidenta	5	
	d. Utvrđene uzroke incidenta	5	
	e. Vrednovanje potencijalnih opasnosti i verovatnoća učestalosti pojavljivanja	5	
	f. Preporuke potrebne za prevenciju incidenta	5	
10.4	Da li se na osnovu istorije otkaza vidi da se primenjuju predviđene procedure za ispitivanje incidenata sistema dizaličnog transporta.	5	
10.6	Da li je adekvatno osoblje (inženjeri, rukovaoci dizalicama...) uključeno u analizu incidenata/nezgoda koji su nastali zbog otkaza komponenata opreme sistema dizaličnog transporta, au cilju otkrivanja uzroka otkaza.	10	
10.7	Da li su svi izveštaji o ispitivanju incidenata/ nezgoda dostavljeni isporučiocima sistema dizaličnog transporta i da li postoji pisana procedura kojom se isporučioци obavezuju da dokažu da incident nije nastupio njihovom greškom.	7	
10.8	Da li su svi izveštaji o incidentima jednog sistema dizaličnog transporta u poslednjih godinu dana prosledjeni svim ostalim organizacionim celinama koje koriste isti ili sličan sistem dizaličnog transporta.	4	
10.9	Da li procedura ispitivanja incidenata zahteva da se njeni nalazi uključue u buduće analize rizika.	6	

ISPORUČIOCI/UGOVARAČI

11	Pitanje	Mogući rezultat	Stvarni rezultat
11.1	<p>Da li procedura odabira isporučioaca sistema dizaličnog transporta pre dodeljivanja ugovora uključuje sledeće:</p> <p>a. Utvrđivanje postojanja licenciranih inženjera za projektovanje, izvodjenje i bezbednost i zdravlje na radu, koji su stalno zaposlenih kod potencijalnog isporučioaca</p> <p>b. Dokaze o finansijskom kapacitetu potencijalnog isporučioaca (promet ostvaren na poslovima isporuke sistema dizaličnog transporta, pozitivan finansijski bilans na godišnjem nivou)</p> <p>c. Dokaze o iskustvu i znanju potrebnom za bezbedno i pravovremeno izvršenje posla (referenc liste isporučenih sistema dizaličnog transporta)</p> <p>d. Dokaze da je potencijalni isporučilac domaći proizvođač registrovan za obavljanje datih delatnosti ili ovlašćeni partner inostranog proizvođača opreme.</p>	3	
11.2	<p>Da li je isporučilac sistema dizaličnog transporta pismeno obavешten pre početka isporuke i montaže o:</p> <p>a. Svim eventualnim potencijalnim opasnostima u proizvodnom procesu naručioaca</p> <p>b. O bezbednosnim procedurama prilikom montaže u postrojenjima naručioaca</p> <p>c. O procedurama za ulazak i boravak na objektu</p> <p>d. O mogućnostima promene svih procedura u slučaju opasnosti</p>	2	
11.3	<p>Da li su predviđjeni sastanci sa isporučiocem opreme sistema dizaličnog transporta pre početka radova da bi se utvrdio</p>	3	

	ukupno ugovoren obim posla, s kao i sve aktivnosti koje proizilaze iz njega uz sagledavanje zahteva bezbednosti i kvaliteta kao i osiguranje bezbednosti i zdravlja na radu svih zaposlenih kod naručioca i isporučioaca.		
--	---	--	--

UKUPNO

35

OCENE SISTEMA MENADŽMENTA

12.	Pitanje	Mogući rezultat	Stvarni rezultat
12.1	Koliko često organizaciona jedinica zadužena za bezbednost i zdravlje na radu sprovodi ocenjivanje sistema upravljanja bezbednošću sistema dizaličnog transporta? (Izaberi jedan)		
	Svake godine	10	
	Svake tri godine	7	
	Nije uradjen	0	
12.2	Da li je razvijeni akcioni plan zadovoljava potrebe indikovane zadnjom ocenom?	10	
12.3	Da li je tim za ocenu sistema upravljanja bezbednošću sistema dizaličnog transporta uključuje osoblje sa sledećim karakteristikama:		
	a. Poznavaoi tehnike ocenjivanja upravljanja bezbednošću sistema dizaličnog transporta	5	
	b. Poznavaoi procesa koji se ocenjenjuje.	5	
12.4	Da li su dubina ocene i sveobuhvatnost odgovarajući za sistem dizaličnog transporta?	10	

UKUPNO

40

Prilog C

IZVEŠTAJ

Vibrodiagnostika reduktora portalne dizalice

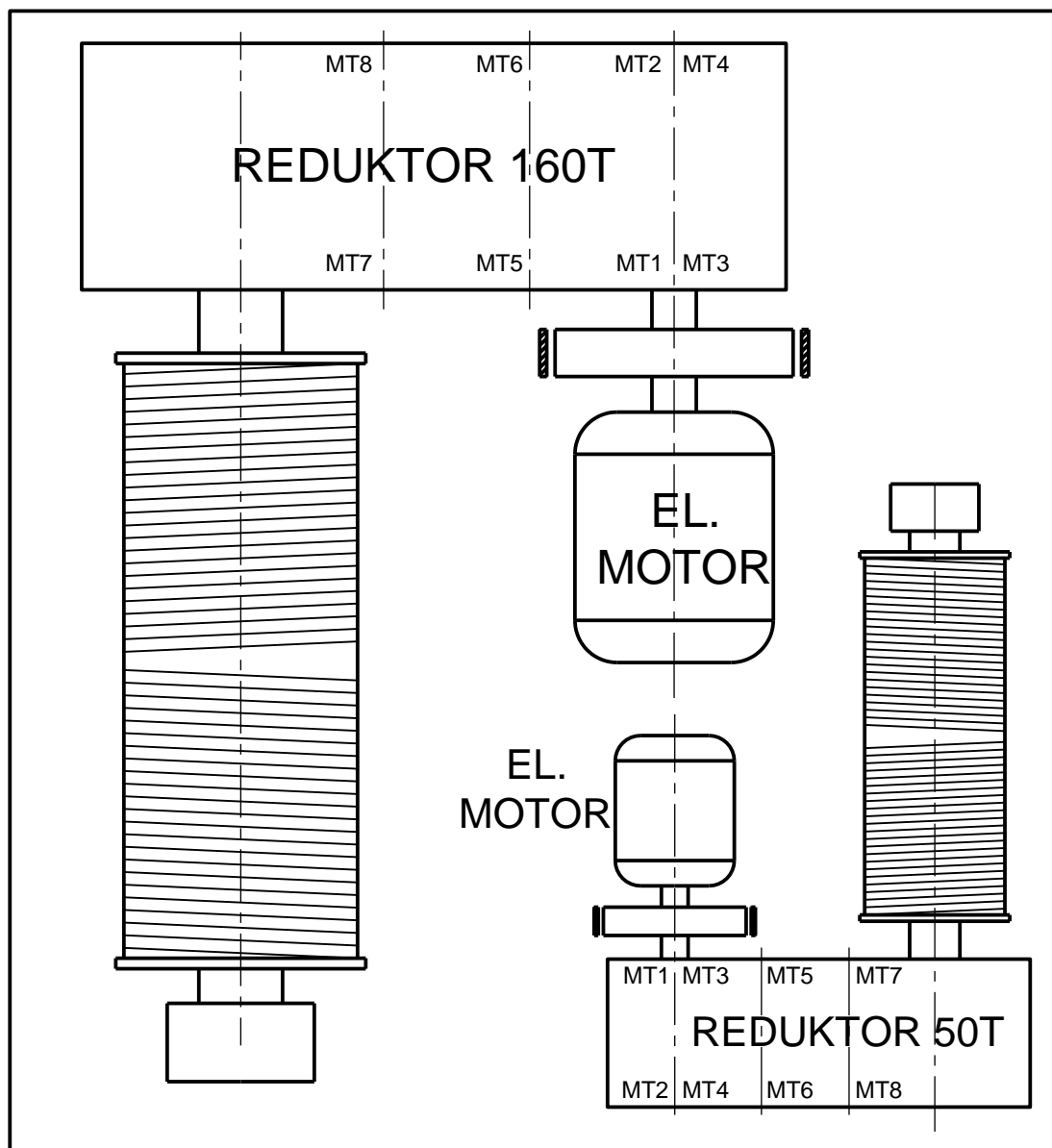
S a d r ž a j

1. Prikaz postrojenja	3
2. Program merenja.....	4
3. Procena stanja	5
4. Zaključak.....	5
5. Rezultati merenja Reduktor 160T (Bez opterećenja)	6
6. Rezultati merenja Reduktor 160T (Opterećenje 39.5 t)	12
7. Rezultati merenja Reduktor 50T (Bez opterećenja)	18
8. Rezultati merenja Reduktor 50T (Opterećenje 9.5 t).....	24

Prikaz postrojenja

Merenja su izvedena na dva reduktora „rečne“ portalne dizalice (Slika 1):

- a) **Reduktor velike dizalice 160T**
- b) **Reduktor male dizalice 50T**



Slika. 1 – Dispozicija reduktora



Slika 2 – Izgled postrojenja

Program merenja

Merenja na postrojenju izvedena su praćenjem apsolutnih vibracija (V_{RMS} [mm/s]) saglasno proceduri propisanoj standardom **ISO 10816**. Merna mesta su locirana na kućištu ležaja mašina, a pravci merenja su horizontalno (H) za merne tačke MT1 i MT2, vertikalno (V) za preostale tačke.

Merenja na oba postrojenja izvedeno je u dva radna režima:

- 1 – Pod opterećenjem (39.5 t za 160T i 9.5 t za 50T)
- 2 – Bez opterećenja

Merni instrumenti

A. **MASCON16, SKF** – Digitalni 16-to kanalni vibroanalizator

Piezoelektrični davači

Notebook

ProCon – Software

Procena stanja i preporuke

Globalni kriterijumi za procenu dinamičkog stanja postrojenja korišćeni su iz relevantnih ISO standarda:

ISO 10816 – «*Mechanical vibration – Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts*»

Prema tom standardu REDUKTOR 50T spada u klasu II, dok REDUKTOR 160T spada u klasu III.

- | | |
|---|-------------------------------|
| ▪ Granica kvaliteta A/B – 1.8 mm/s | • A – nova mašina |
| • Granica kvaliteta B/C – 4.5 mm/s | • B – prihvatljivo |
| ▪ Granica kvaliteta C/D – 11.2 mm/s, | • C – uslovan rad kratkoročno |
| | • D – neprihvatljivo |

Merenjem i analizom apsolutnih vibracija na ležajevima oba reduktora utvrđeno je da je stanje kontrolisanih postrojenja **VRLO DOBRO**.

Analizom spektra na reduktoru 50T, pri opterećenju od 9.5t, uočeni su prvi znakovi oštećenja zubaca. S obzirom da je intenzitet signala izuzetno nizak može se zaključiti da su oštećenja neznatna.

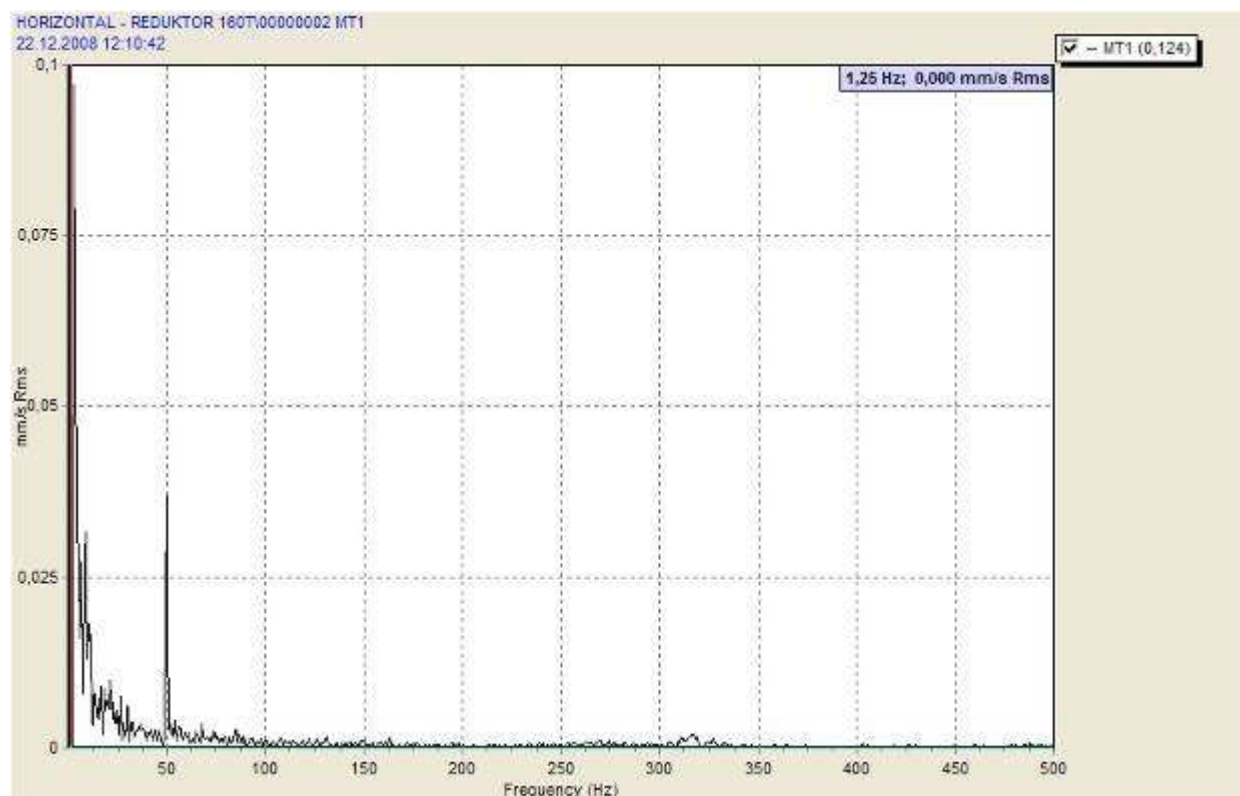
Zaključak

Može se zaključiti da je ukupno dinamičko ponašanje oba reduktora **vrlo dobro**.

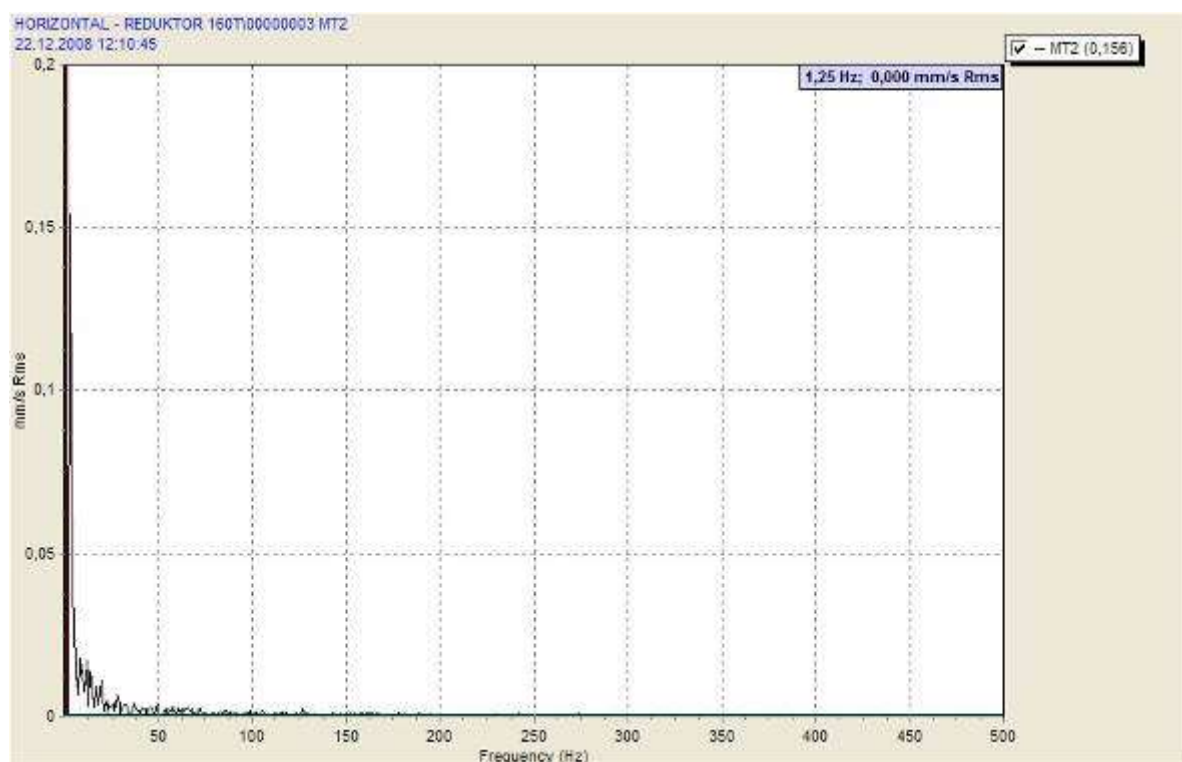
Rezultati merenja - REDUKTOR 160T – bez opterećenja

VIBRACIJE <i>izveštaj o mernim rezultatima</i>		V 202/08
V1.	OPŠTI PODACI	
	Korisnik: HE ĐERDAP	Datum:
	Lokacija: KLADOVO	Telefon:
V2.	PODACI O POSTROJENJU	
	Vrsta opreme: ¹⁾ REDUKTOR	Klasa: ²⁾ III
	Proizvođač: LITOSTROJ	Oznaka:
	Nominalna snaga: 115 kW	Brzina: 980 o/min
	Ostali podaci: R30/213V-369a	
V3.	PODACI O MERNOJ OPREMI	
	Instrument: MASCON 16	Proizvođač/oznaka: SKF
	Tip davača: Piezoelektrični	Klasa davača: ³⁾ A
	Ostali podaci:	
V4.	SKICA POSTROJENJA ³⁾	

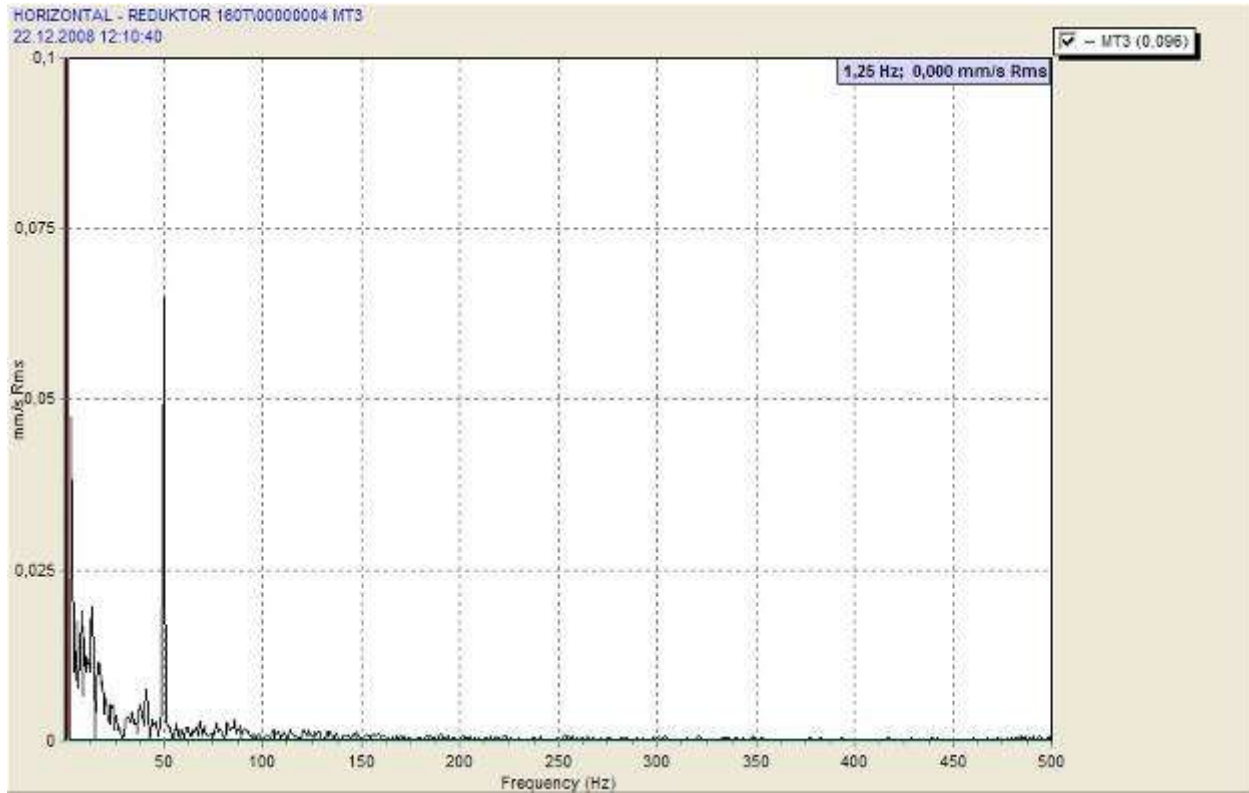
- 1) agregat (elektro, SUS motor...), pumpa, ventilator, kompresor, turbina (parna, gasna)...
- 2) saglasno ISO klasifikaciji (ISO 10816)
- 3) A tačnost $\pm 10\%$ opseg $10 \div 1000$ Hz, $\pm 20\%$ opseg $2 \div 10$ Hz, B drugi nivo tačnosti
Oznake mernih tačaka (1,2,3...), orijentacija sistema osa



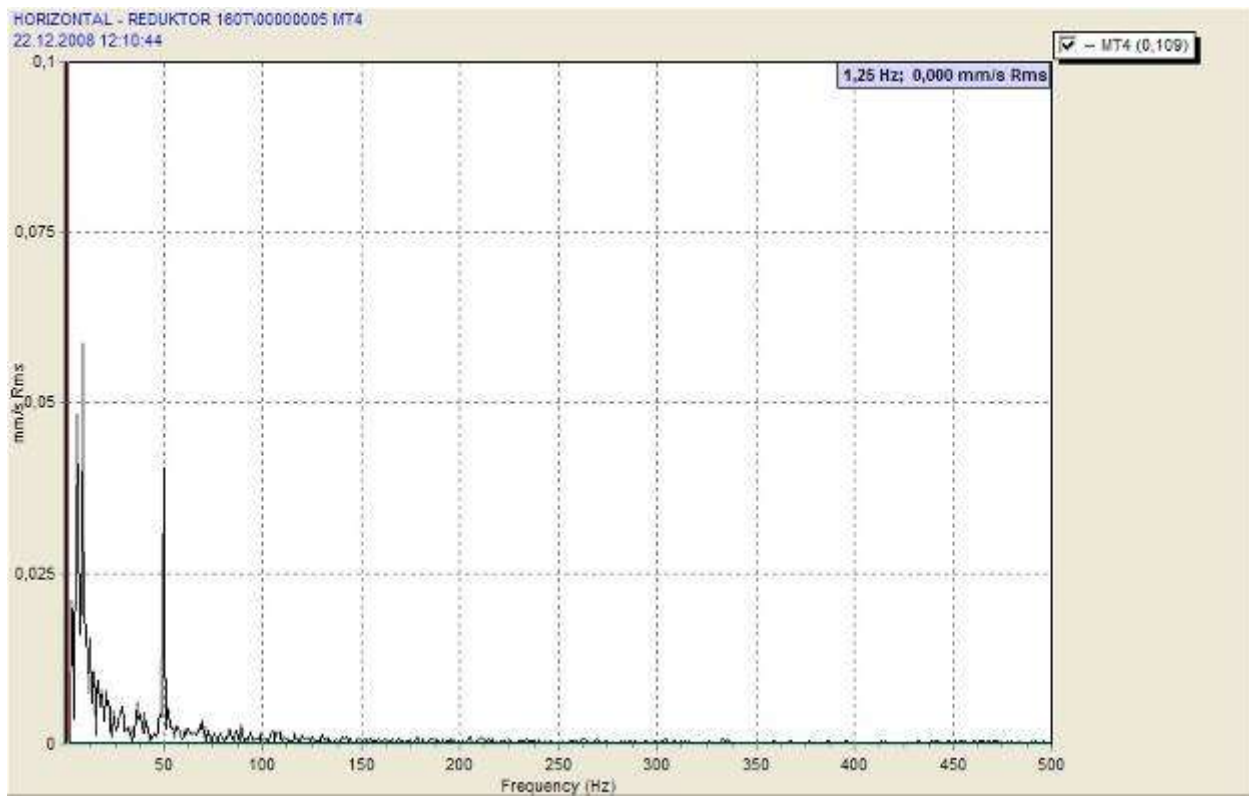
MT1



MT2



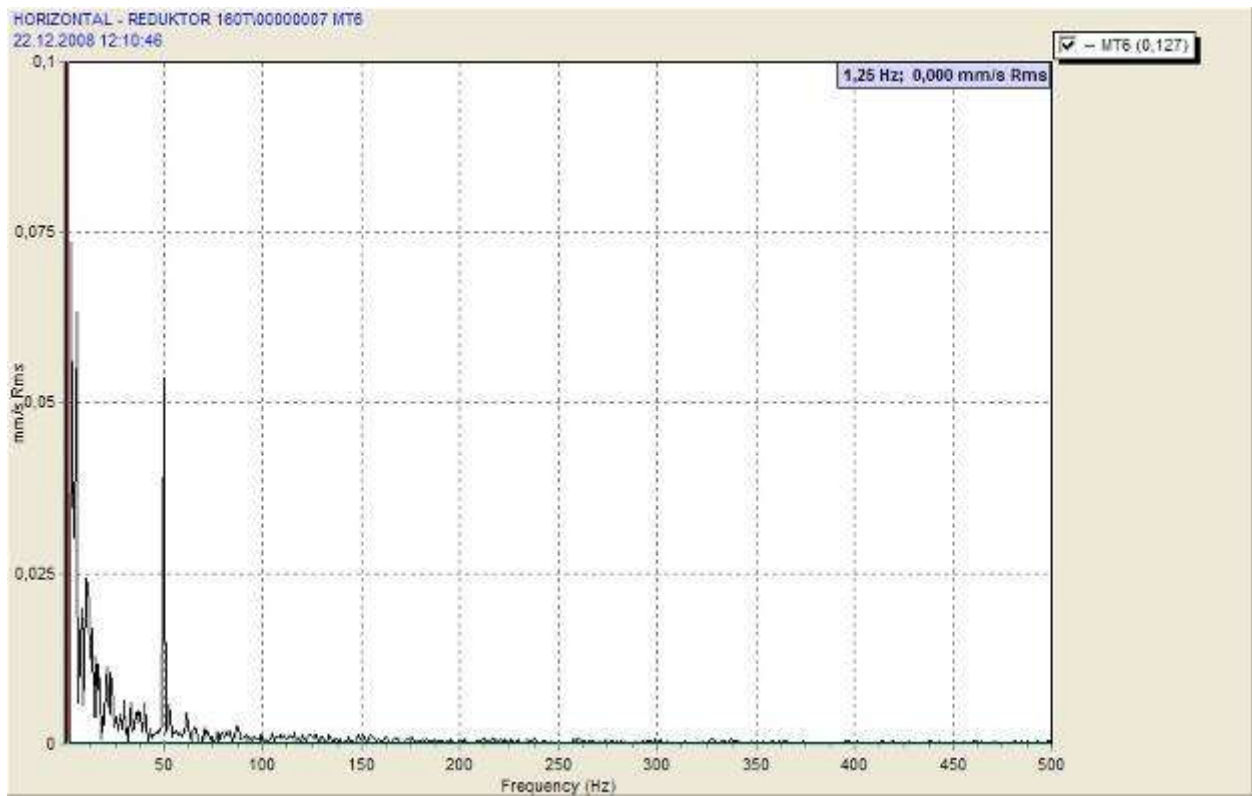
MT3



MT4



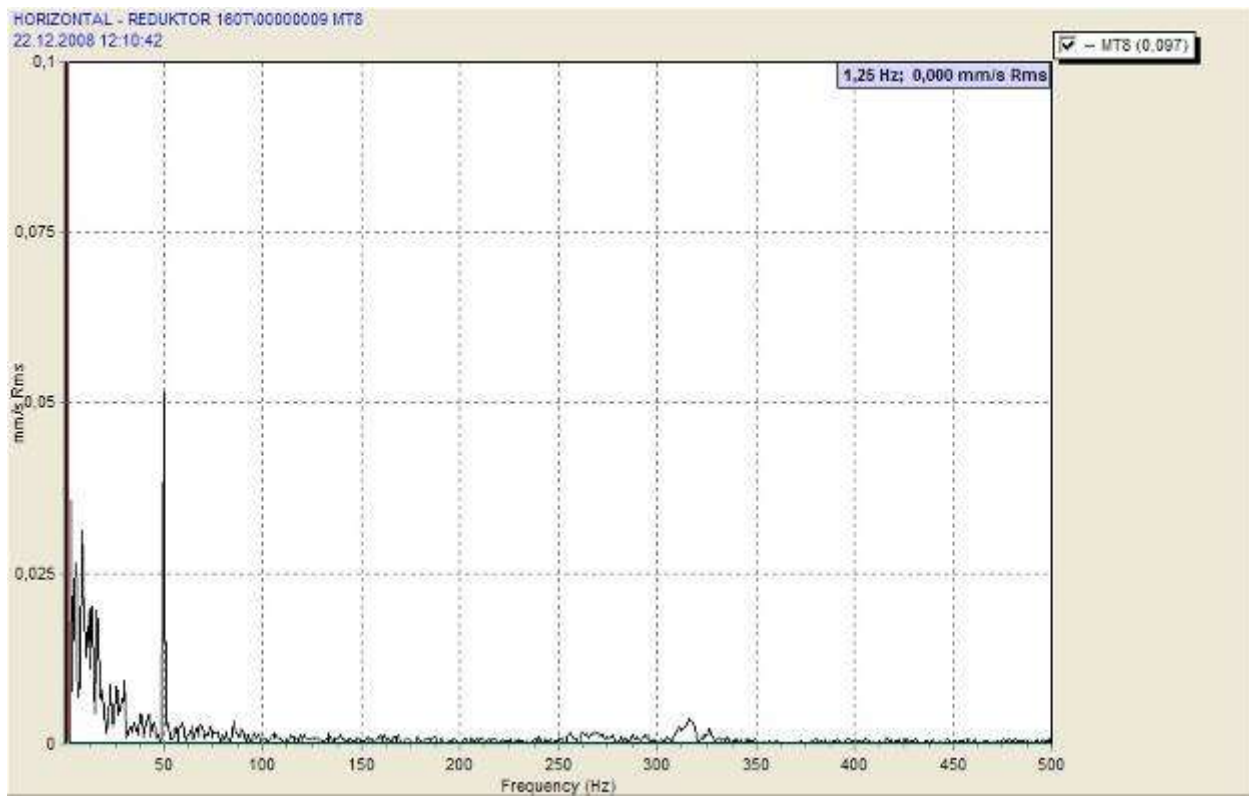
MT5



MT6

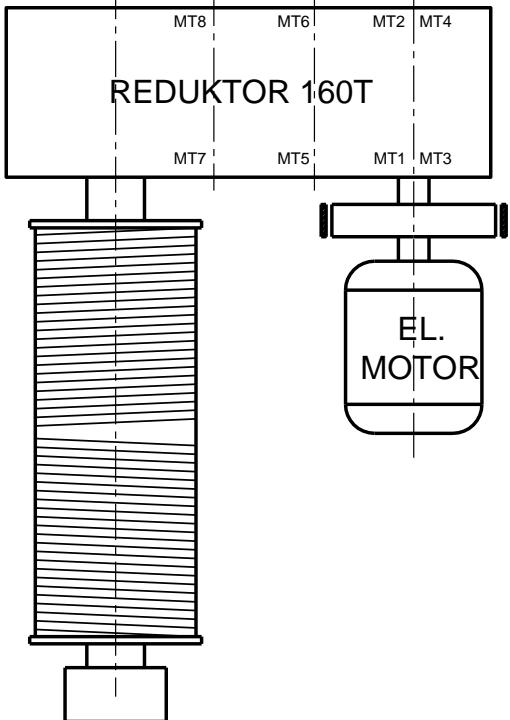


MT7

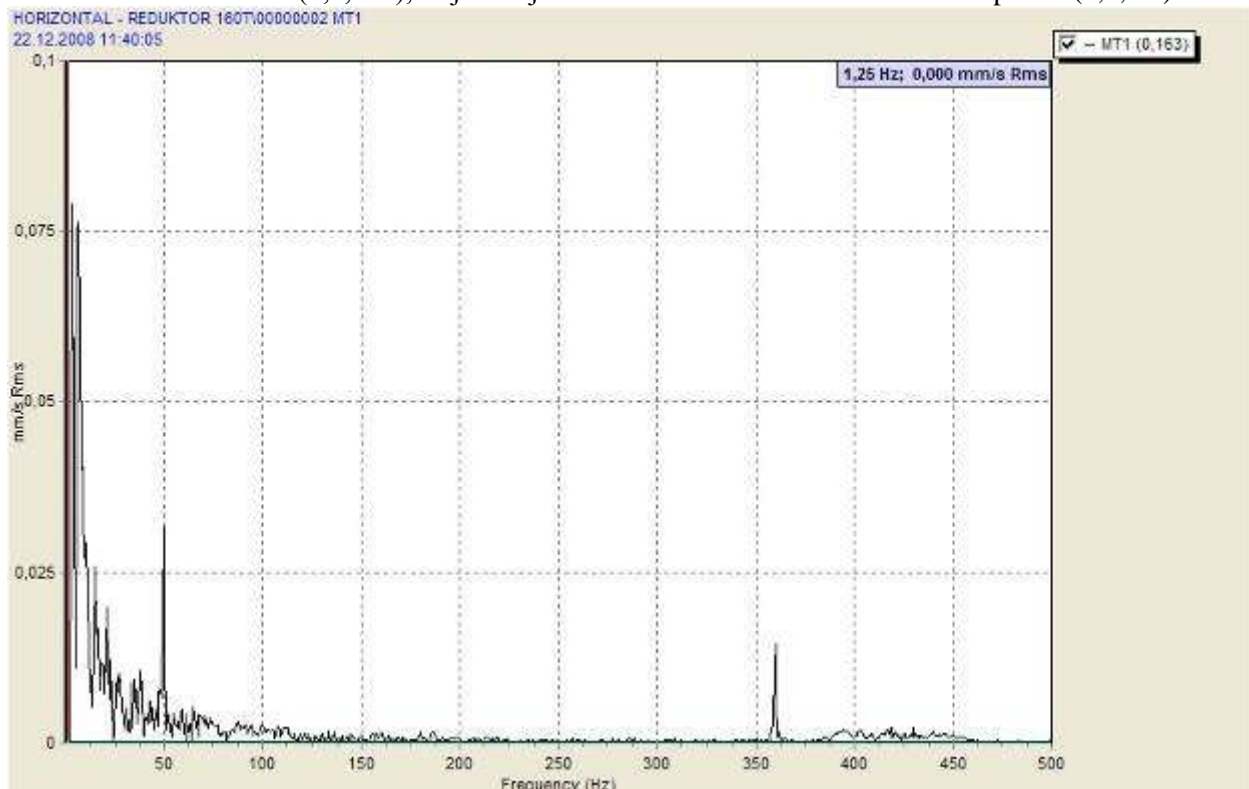


MT8

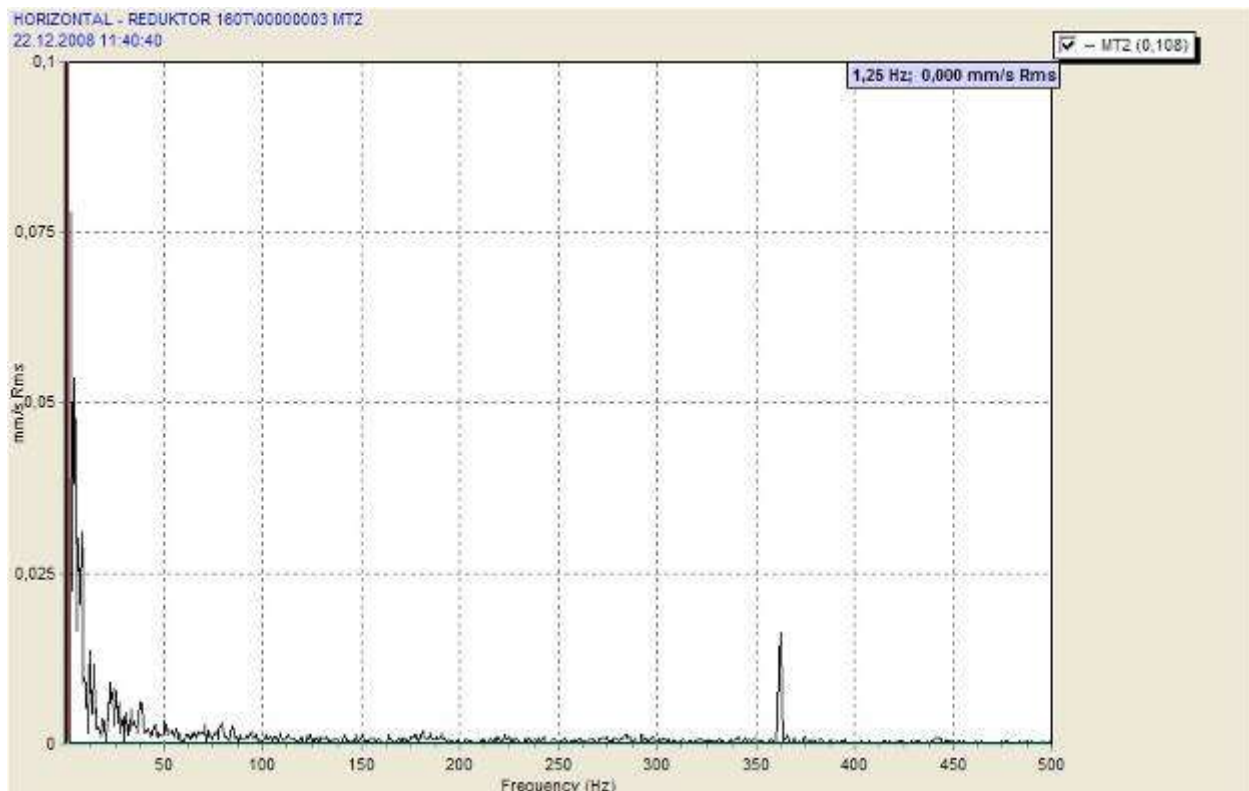
Rezultati merenja - (REDUKTOR 160T – Opterećenje m=39.5 t)

	VIBRACIJE - izveštaj o mernim rezultatima	V 202/08
V1.	OPŠTI PODACI	
	Korisnik: HE ĐERDAP	Datum:
	Lokacija: KLADOVO	Telefon:
V2.	PODACI O POSTROJENJU	
	Vrsta opreme: ¹⁾ REDUKTOR	Klasa: ²⁾ III
	Proizvođač: LITOSTROJ	Oznaka:
	Nominalna snaga: 115 kW	Brzina: 980 o/min
	Ostali podaci: R30/213V-369a	
V3.	PODACI O MERNOJ OPREMI	
	Instrument: MASCON 16	Proizvođač/oznaka: SKF
	Tip davača: Piezoelektrični	Klasa davača: ³⁾ A
V4.	SKICA POSTROJENJA ³⁾	
		

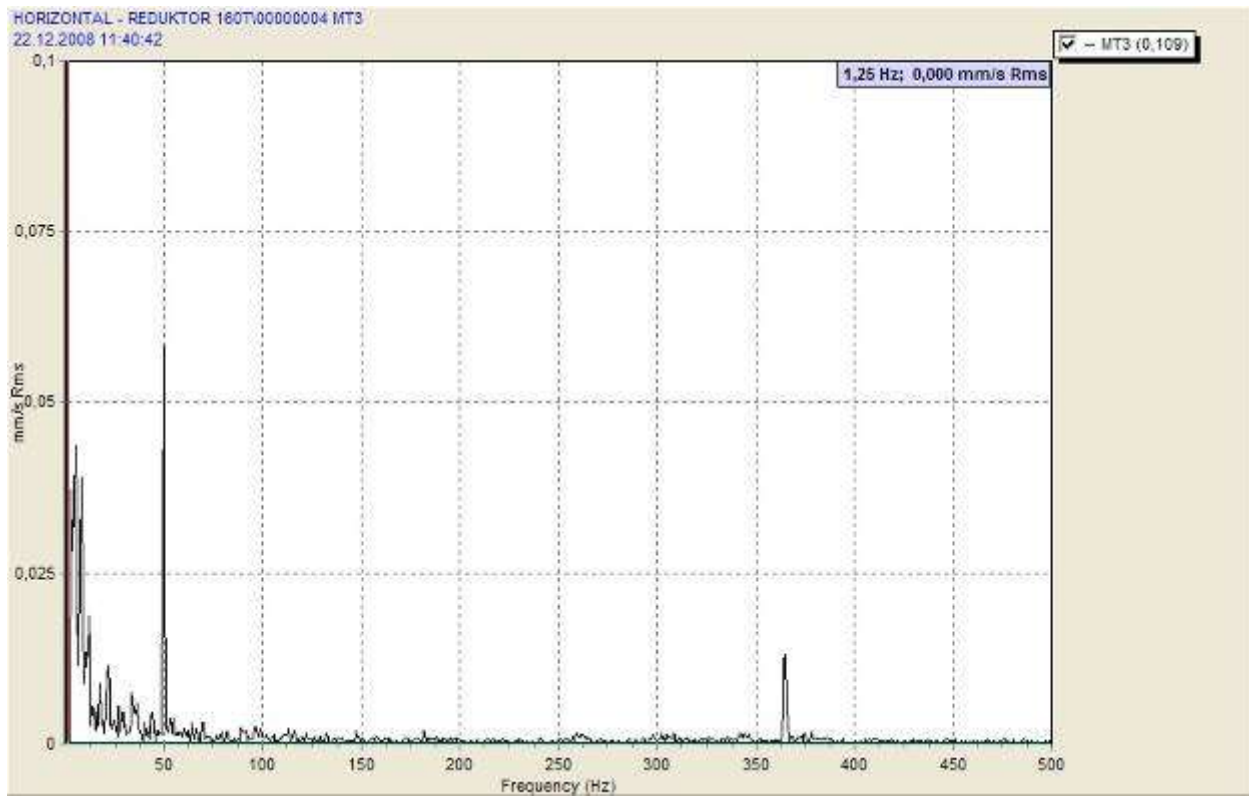
- 1) agregat (elektro, SUS motor...), pumpa, ventilator, kompresor, turbina (parna, gasna)...
 - 2) saglasno ISO klasifikaciji (ISO 10816)
 - 3) A tačnost $\pm 10\%$ opseg $10 \div 1000$ Hz, $\pm 20\%$ opseg $2 \div 10$ Hz, B drugi nivo tačnosti
- Oznake mernih tačaka (1,2,3...), orijentacija sistema osa / Marks of the measured points (1,2,3...)



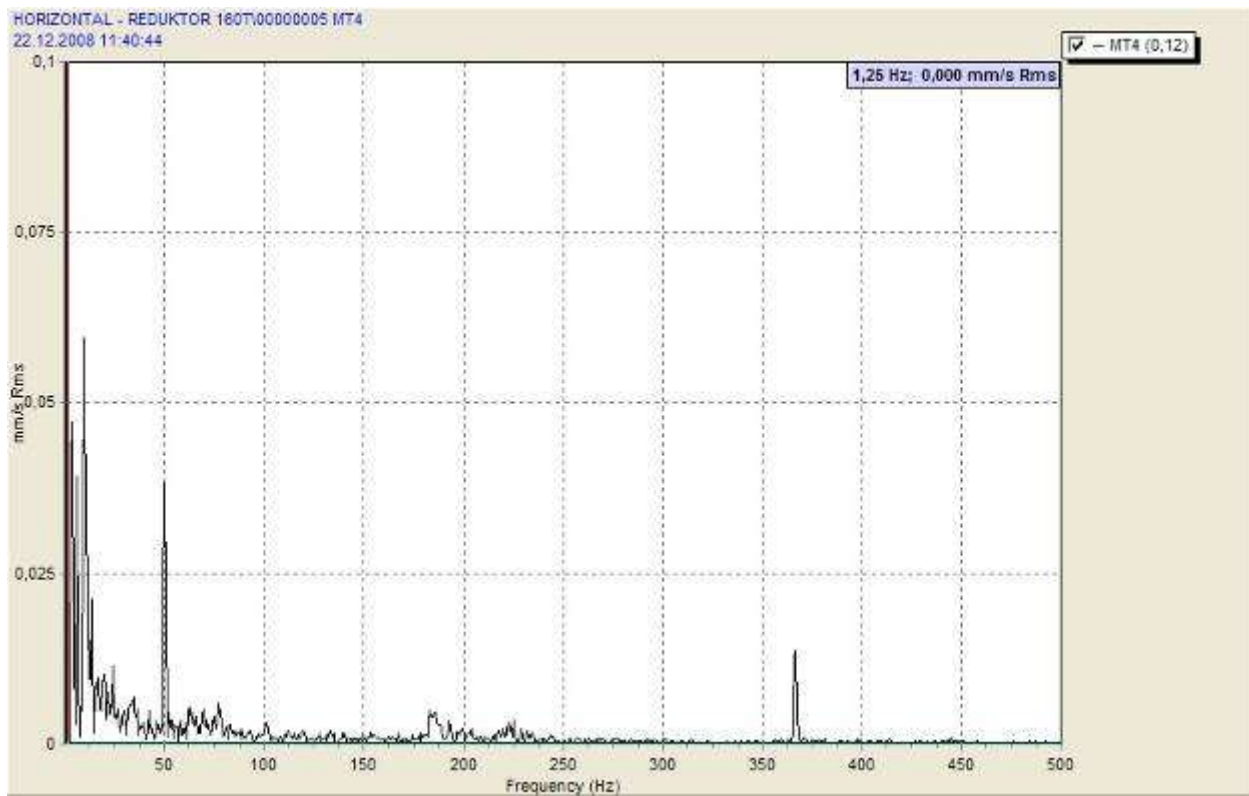
MT1



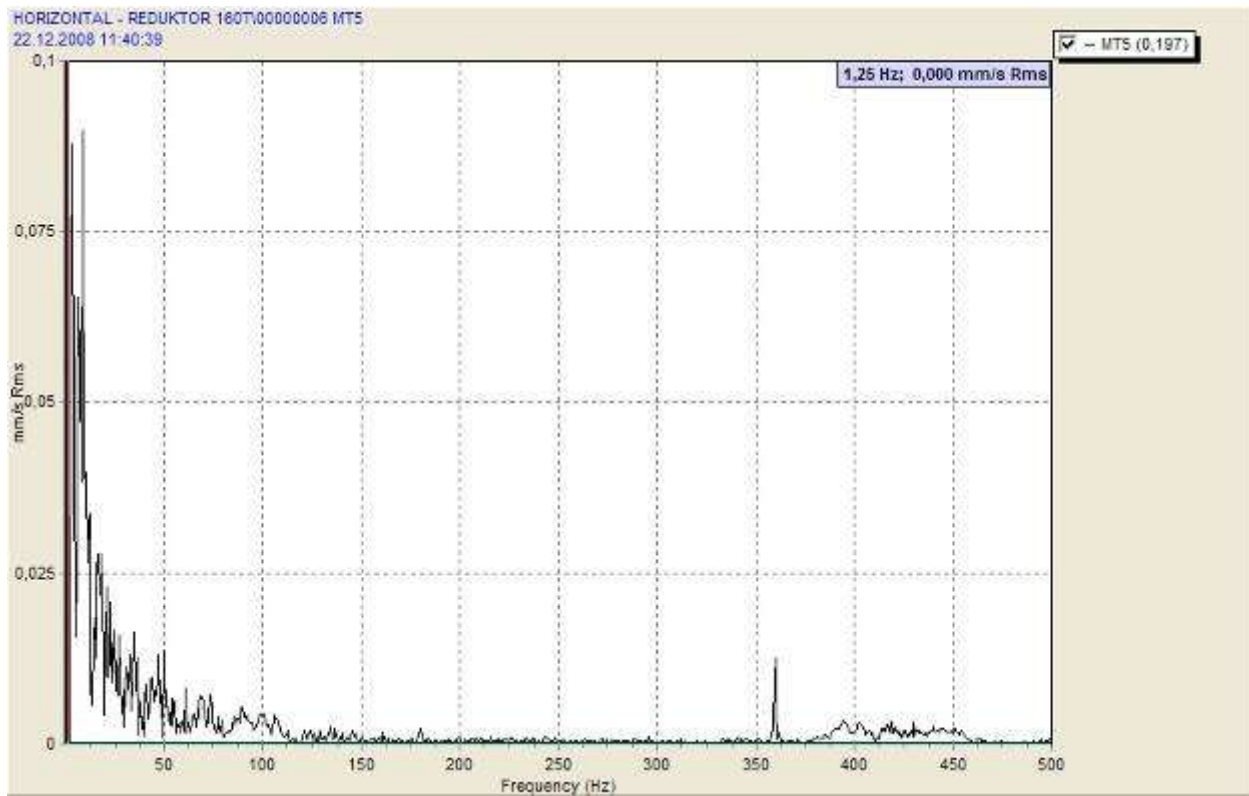
MT2



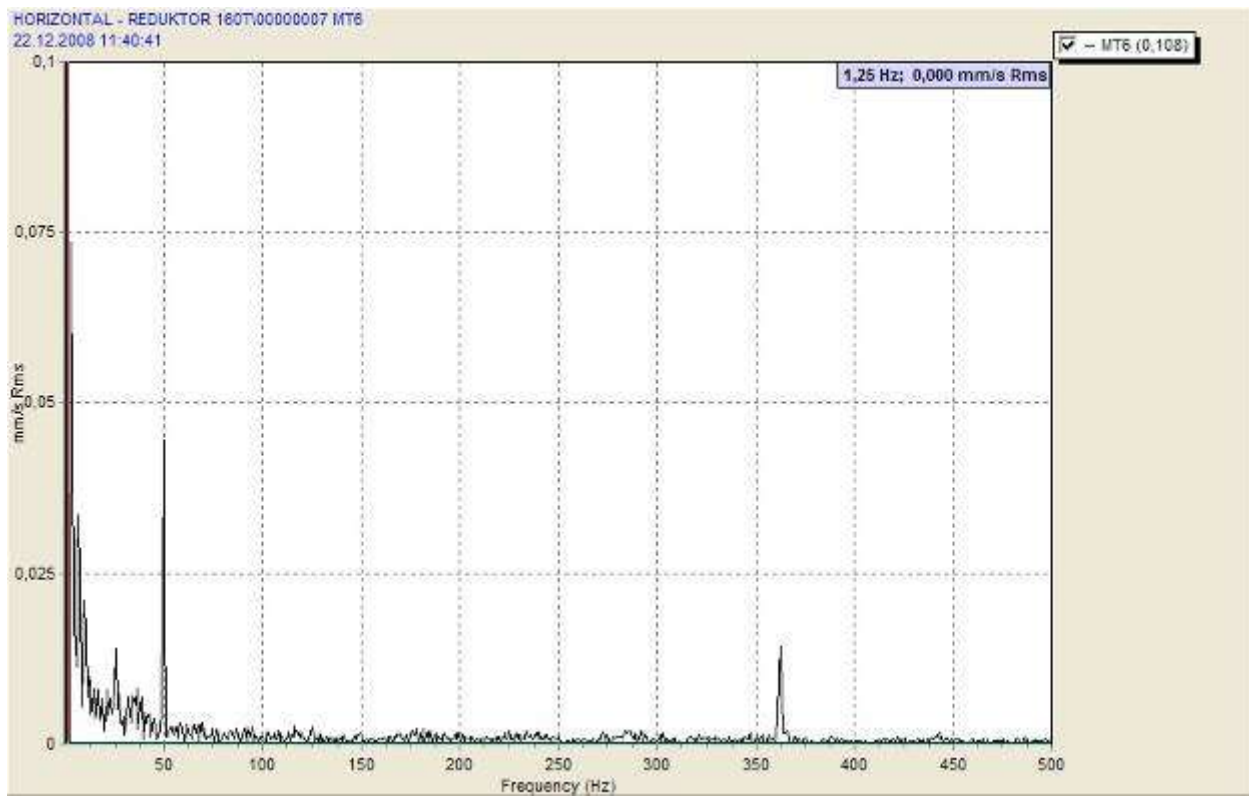
MT3



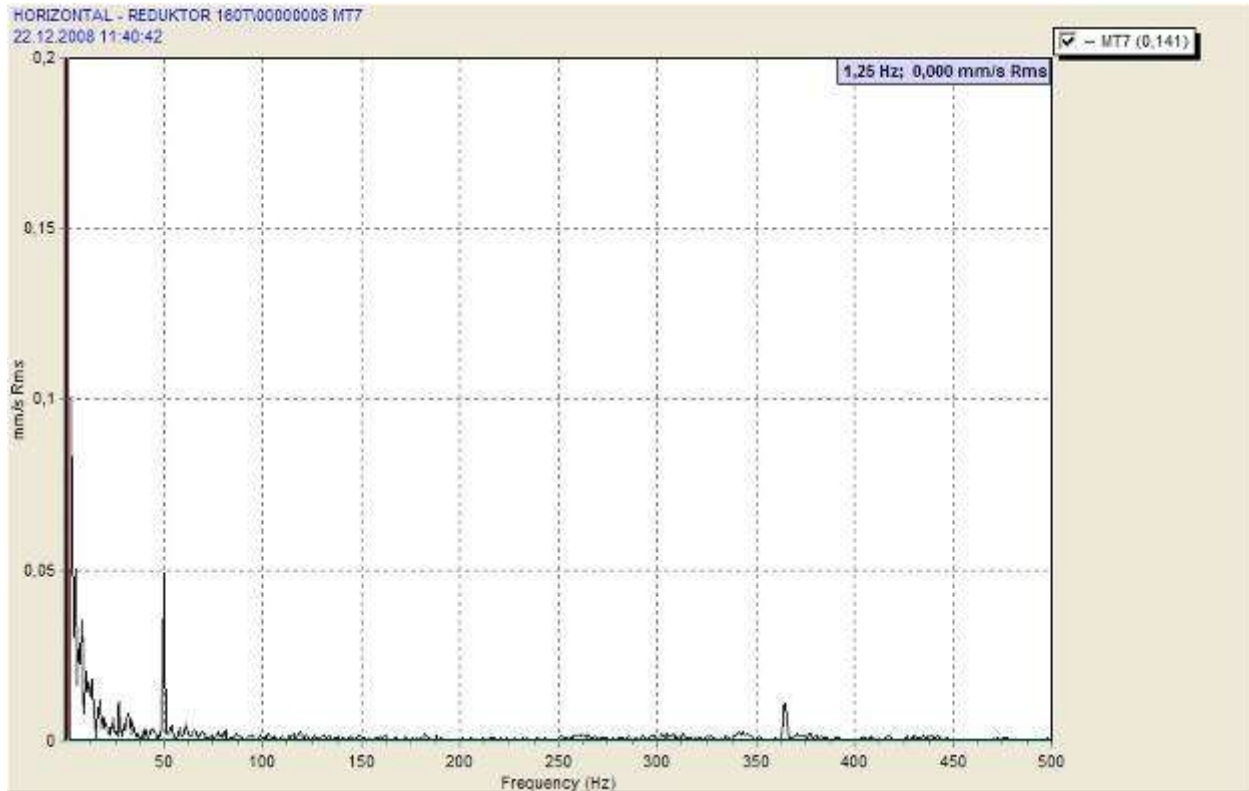
MT4



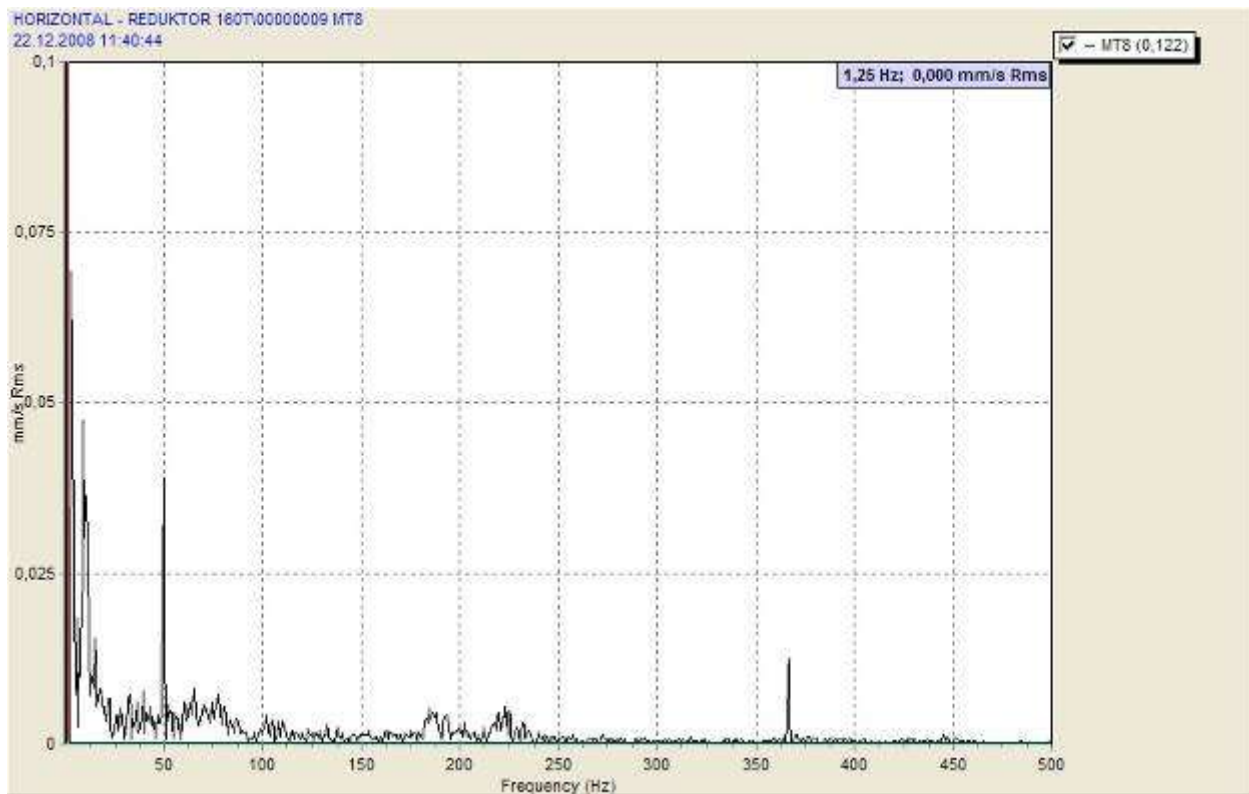
MT5



MT6



MT7

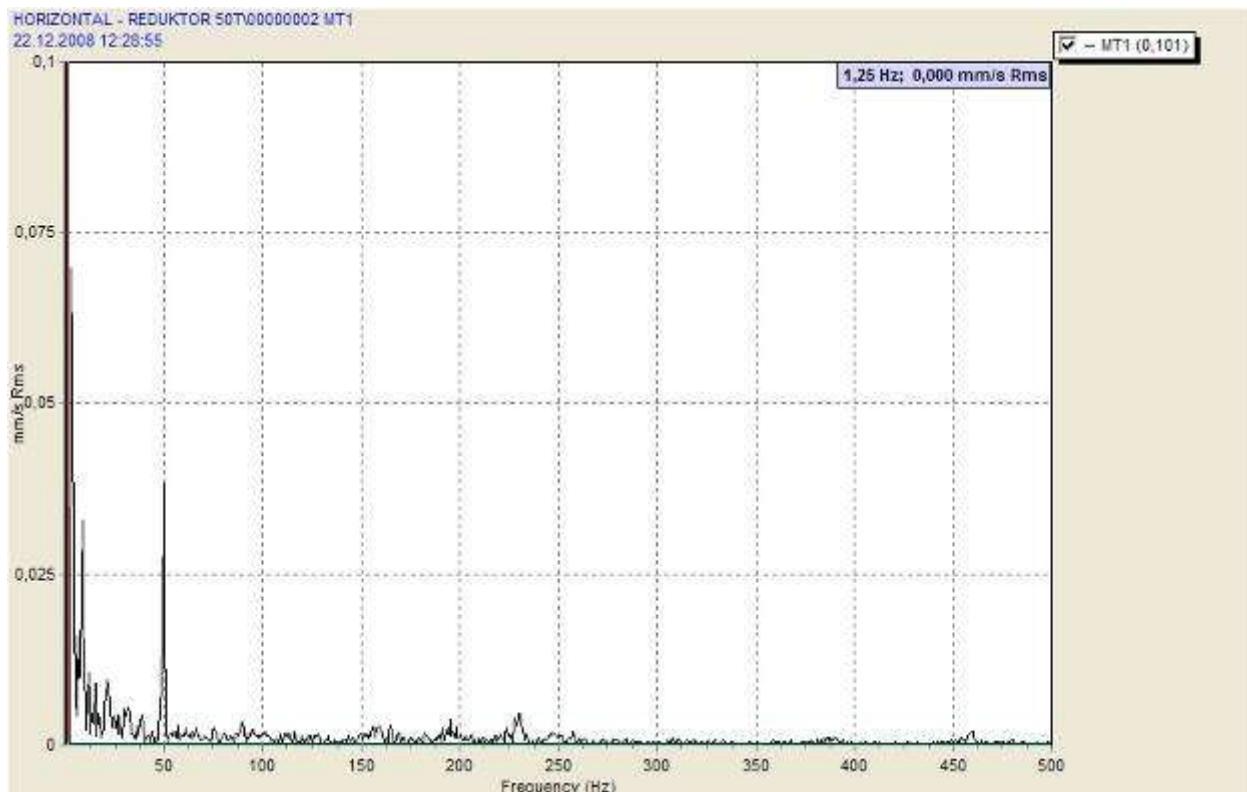


MT8

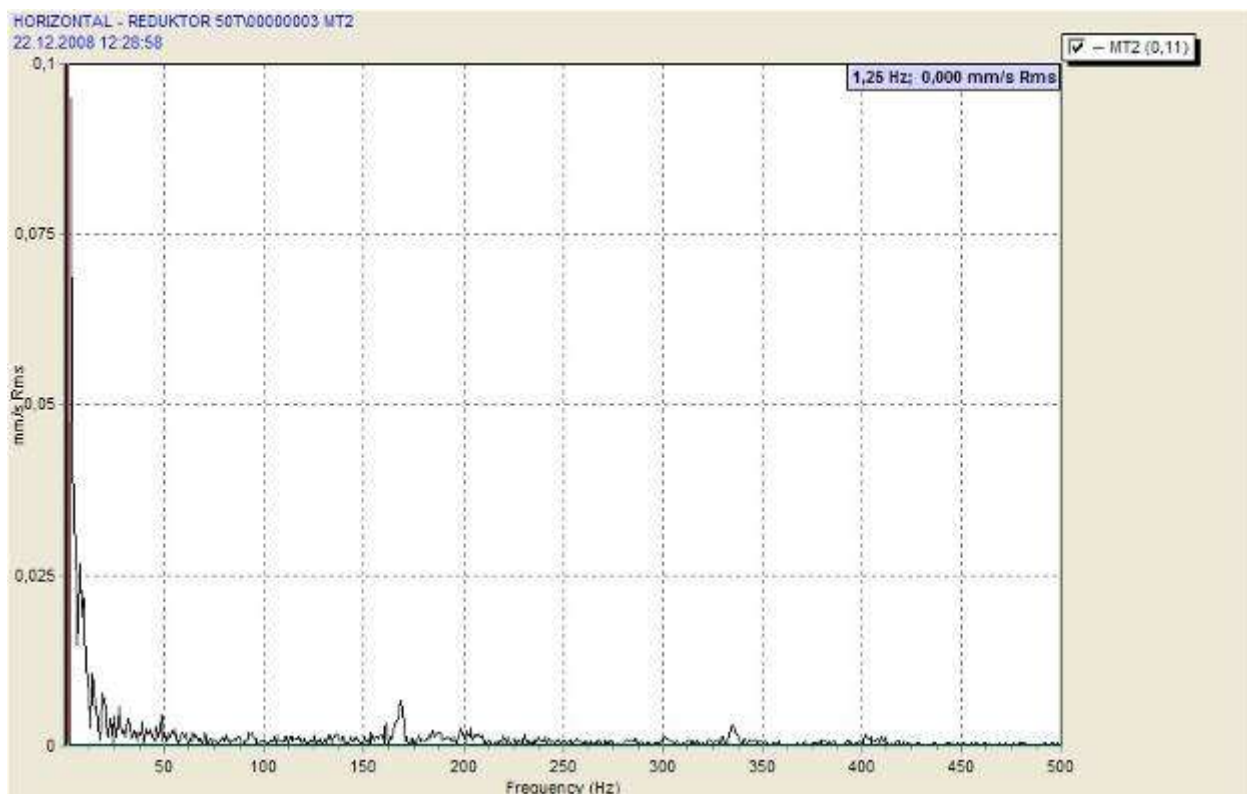
Rezultati merenja - REDUKTOR 50T – Bez opterećenja

VIBRACIJE <i>izveštaj o mernim rezultatima</i>		V 202/08
V1.	OPŠTI PODACI	
	Korisnik: HE ĐERDAP	Datum:
	Lokacija: KLADOVO	Telefon:
V2.	PODACI O POSTROJENJU	
	Vrsta opreme: ¹⁾ REDUKTOR 50T	Klasa: ²⁾ II
	Proizvođač: LITOSTROJ	Oznaka:
	Nominalna snaga: 45 kW	Brzina: 970 o/min
	Ostali podaci: MAC15/107v-142a	
V3.	PODACI O MERNOJ OPREMI	
	Instrument: MASCON 16	Proizvođač/oznaka: SKF
	Tip davača: Piezoelektrični	Klasa davača: ³⁾ A
	Ostali podaci:	
V4.	SKICA POSTROJENJA ³⁾	
	Strana	1/1

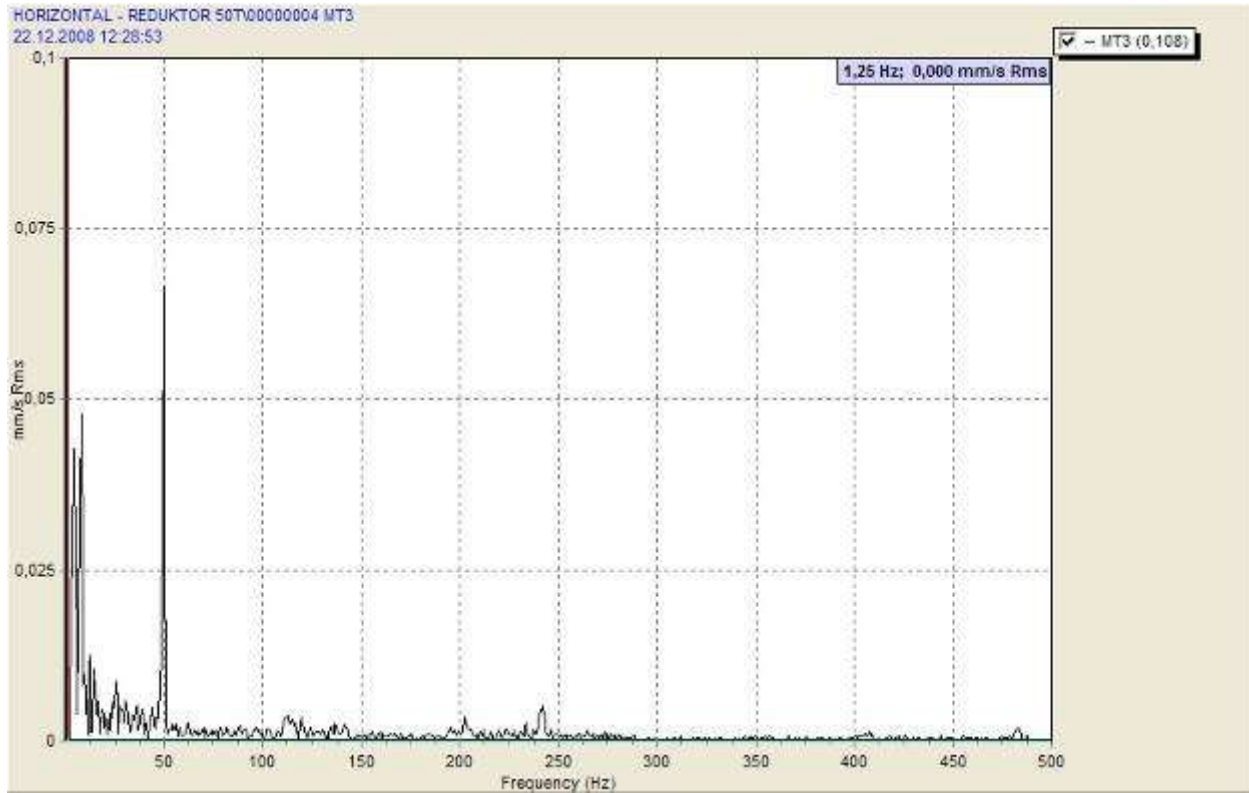
- 1) agregat (elektro, SUS motor...), pumpa, ventilator, kompresor, turbina (parna, gasna)...
- 2) saglasno ISO klasifikaciji (ISO 10816)
- 3) A tačnost $\pm 10\%$ opseg $10 \div 1000$ Hz, $\pm 20\%$ opseg $2 \div 10$ Hz, B drugi nivo tačnosti
Oznake mernih tačaka (1,2,3...), orijentacija sistema osa / Marks of the measured points (1,2,3...)



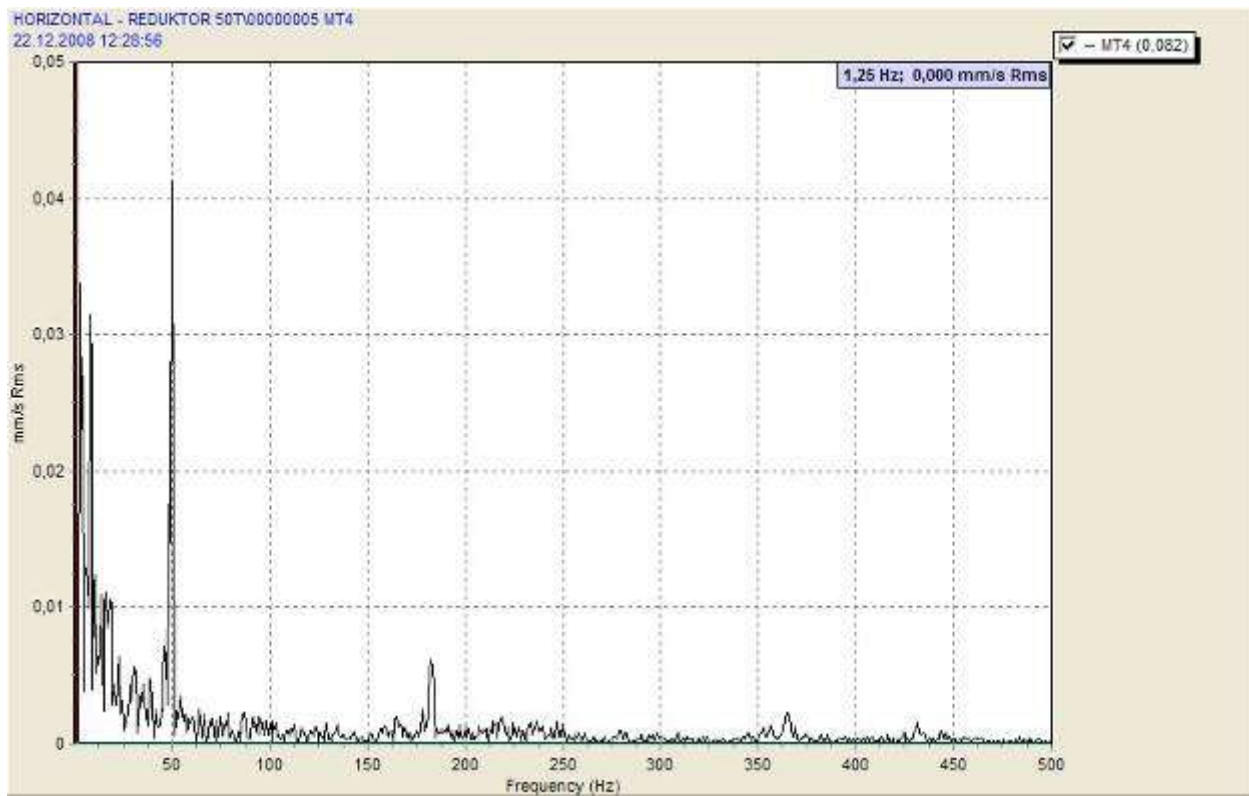
MT1



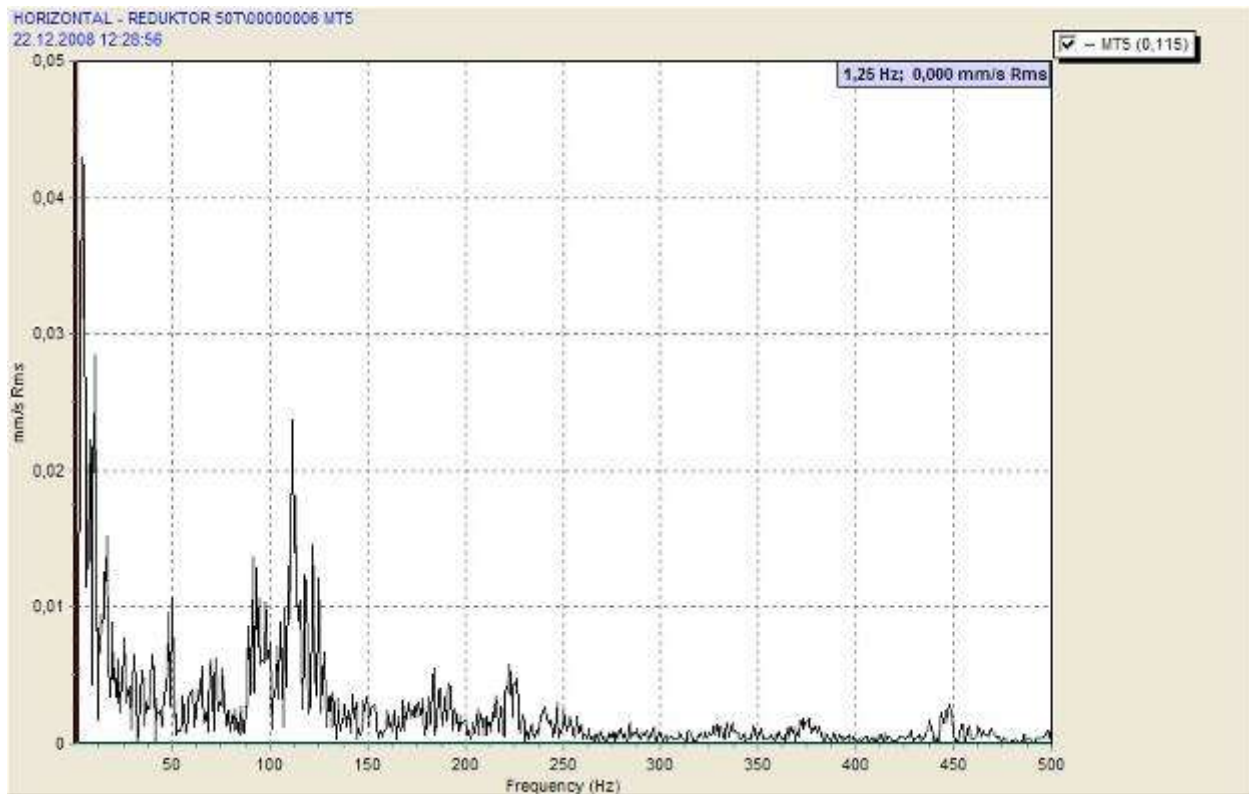
MT2



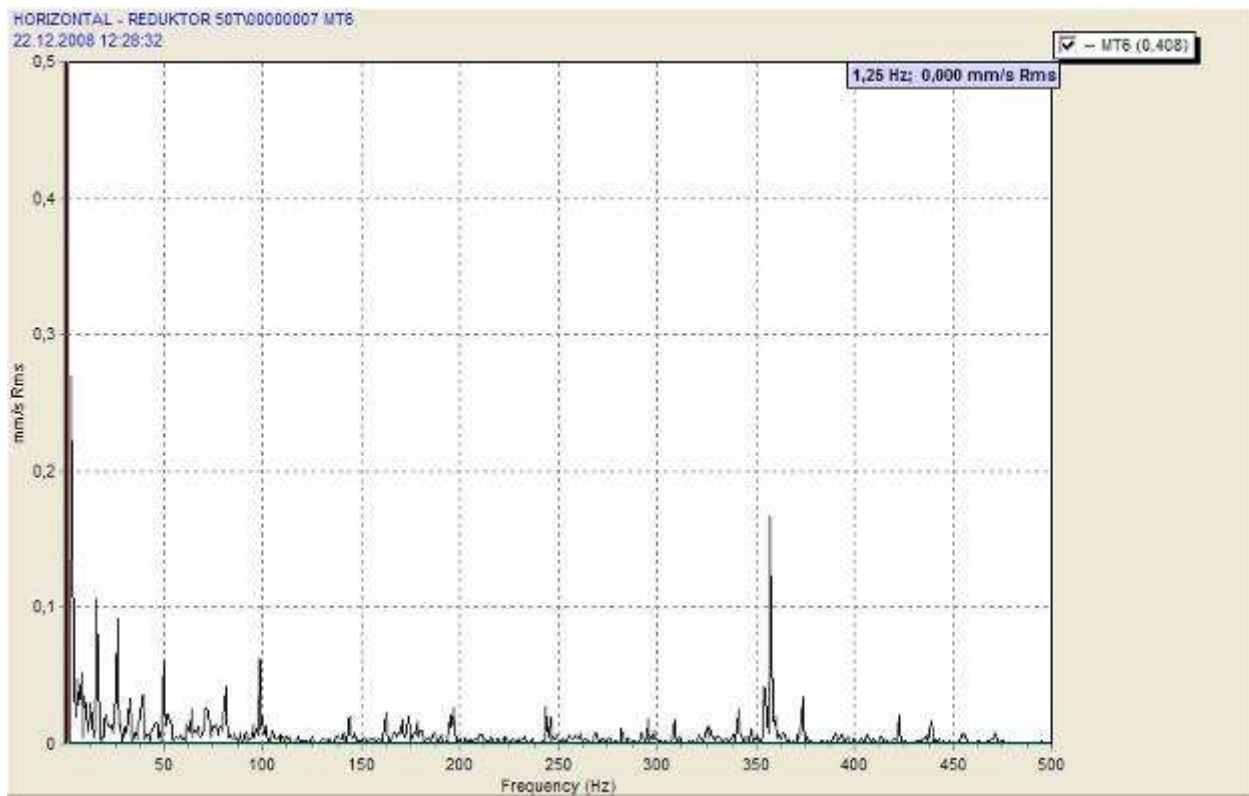
MT3



MT4



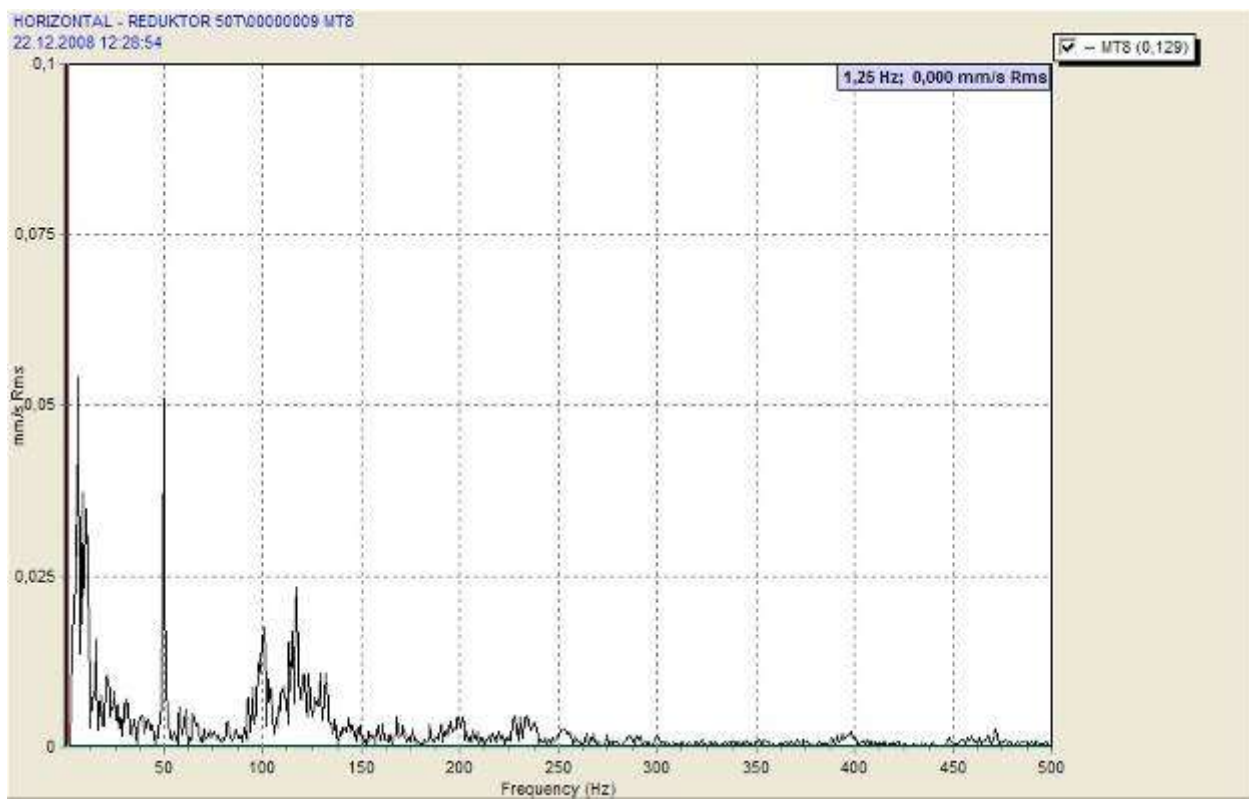
MT5



MT6

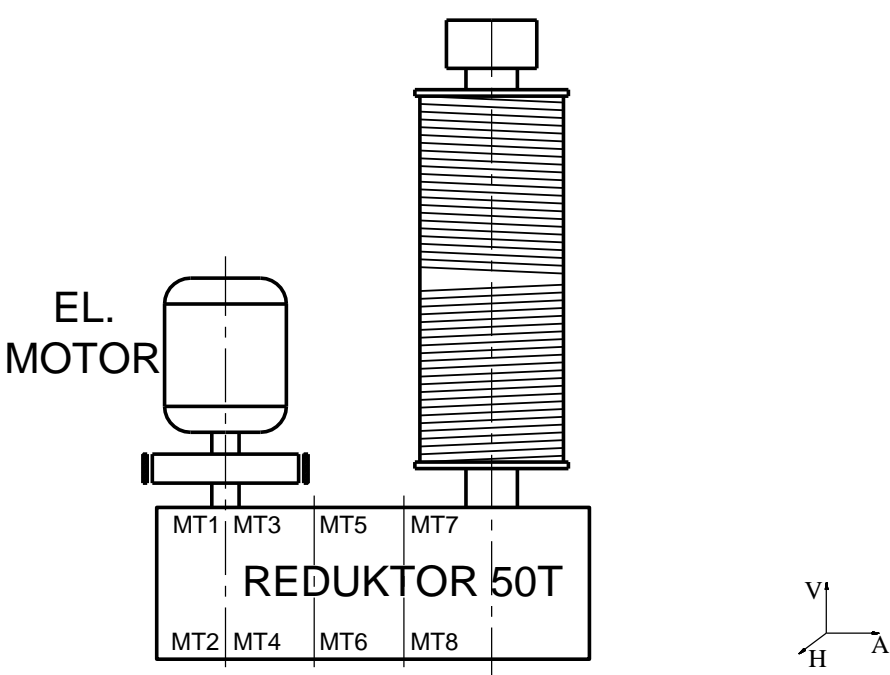


MT7

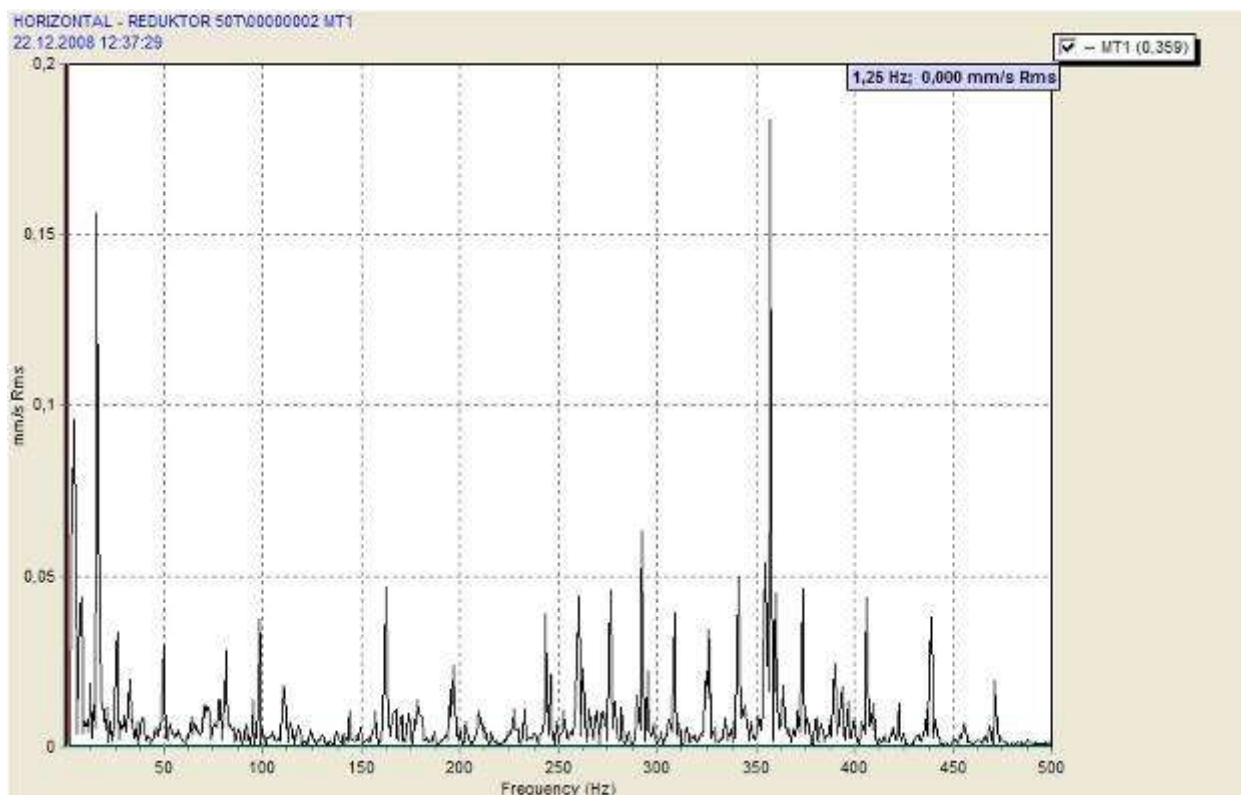


MT8

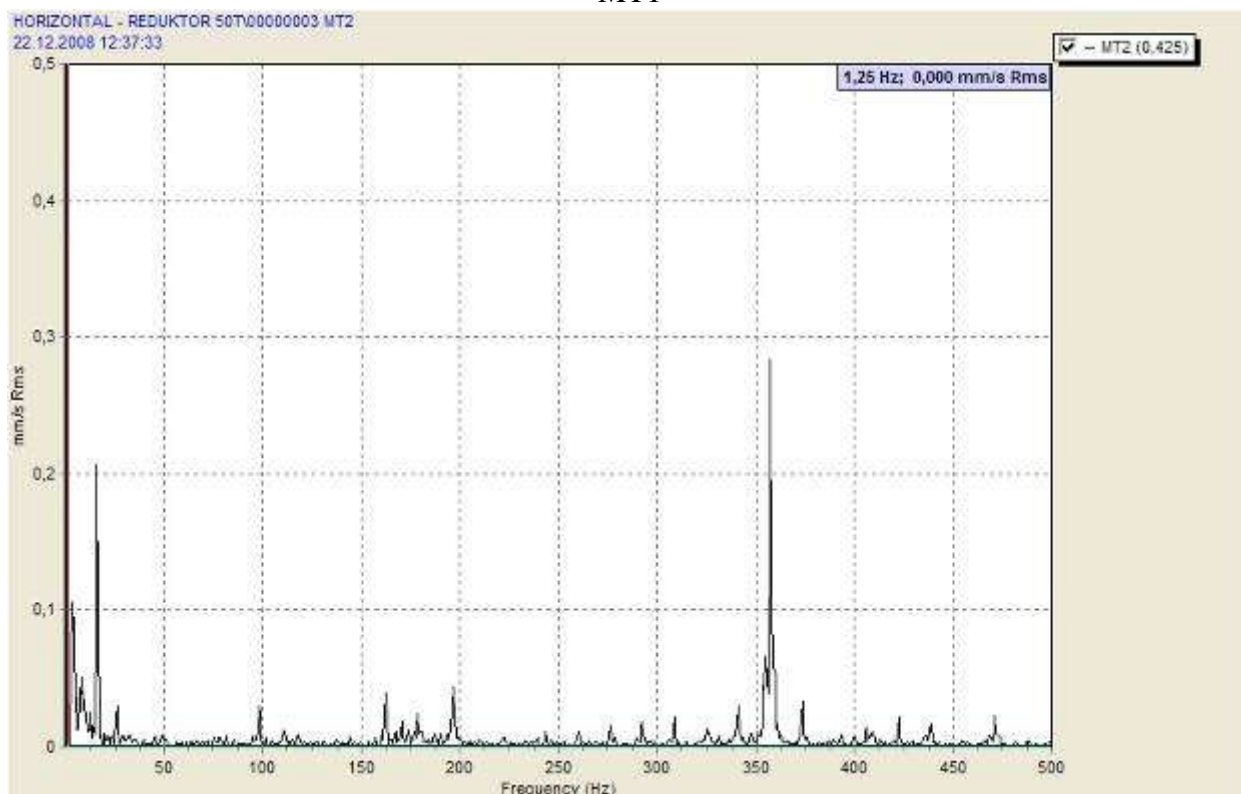
Rezultati merenja - REDUKTOR 50T – Opterećenje m=9.5t

VIBRACIJE <i>izveštaj o mernim rezultatima</i>		V 202/08
V1.	OPŠTI PODACI	
	Korisnik: HE ĐERDAP	Datum:
	Lokacija: KLADOVO	Telefon:
V2.	PODACI O POSTROJENJU	
	Vrsta opreme: ¹⁾ REDUKTOR 50T	Klasa: ²⁾ II
	Proizvođač: LITOSTROJ	Oznaka:
	Nominalna snaga: 45 kW	Brzina: 970 o/min
	Ostali podaci: MAC15/107v-142a	
V3.	PODACI O MERNOJ OPREMI	
	Instrument: MASCON 16	Proizvođač/oznaka: SKF
	Tip davača: Piezoelektrični	Klasa davača: ³⁾ A
	Ostali podaci:	
V4.	SKICA POSTROJENJA ³⁾	
		
	Strana	1/1

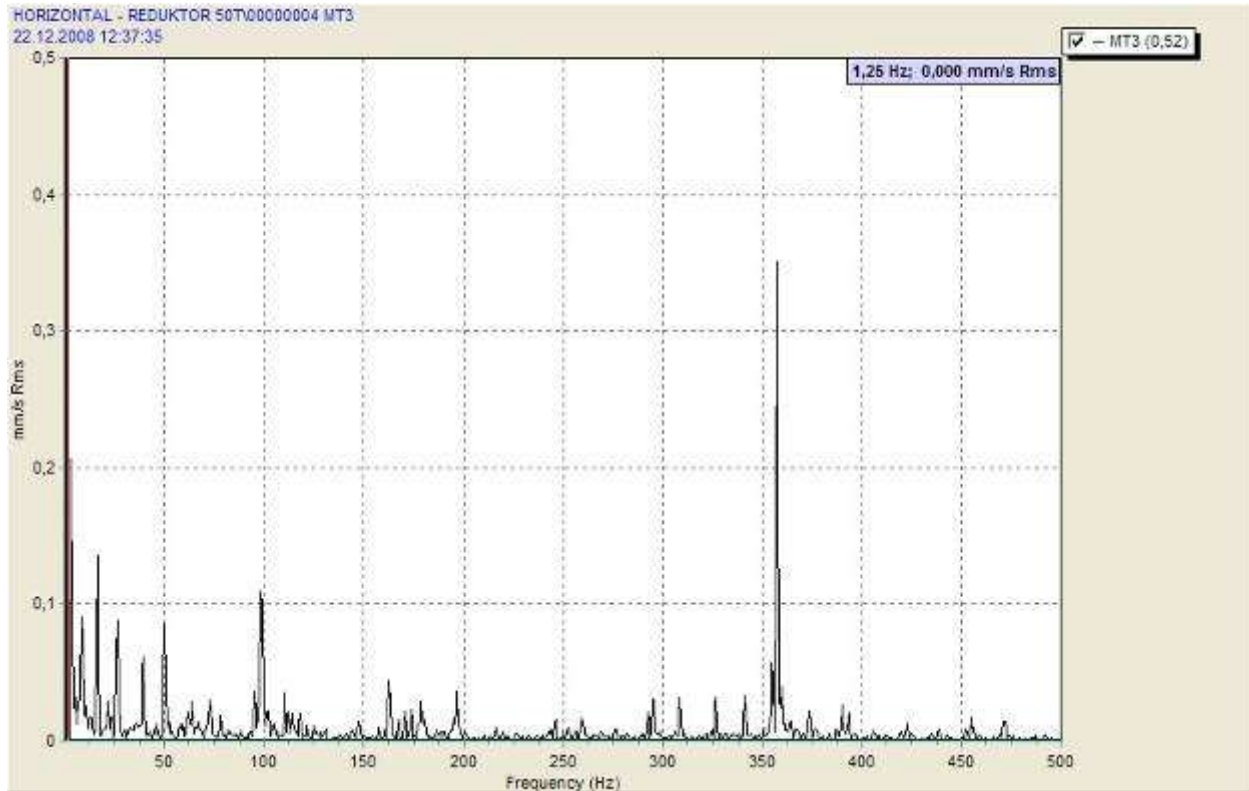
- 1) agregat (elektro, SUS motor...), pumpa, ventilator, kompresor, turbina (parna, gasna)...
- 2) saglasno ISO klasifikaciji (ISO 10816)
- 3) A tačnost $\pm 10\%$ opseg $10 \div 1000$ Hz, $\pm 20\%$ opseg $2 \div 10$ Hz, B drugi nivo tačnosti
Oznake mernih tačaka (1,2,3...), orijentacija sistema osa / Marks of the measured points (1,2,3...)



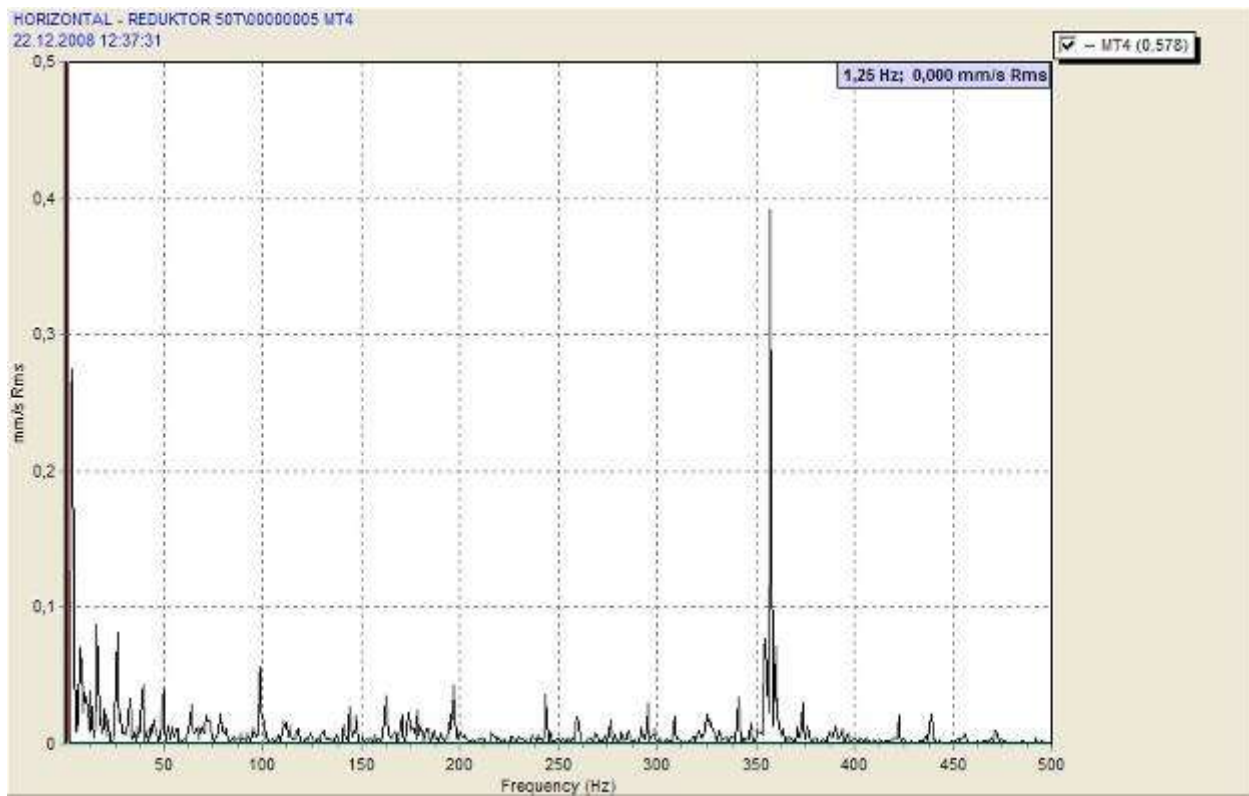
MT1



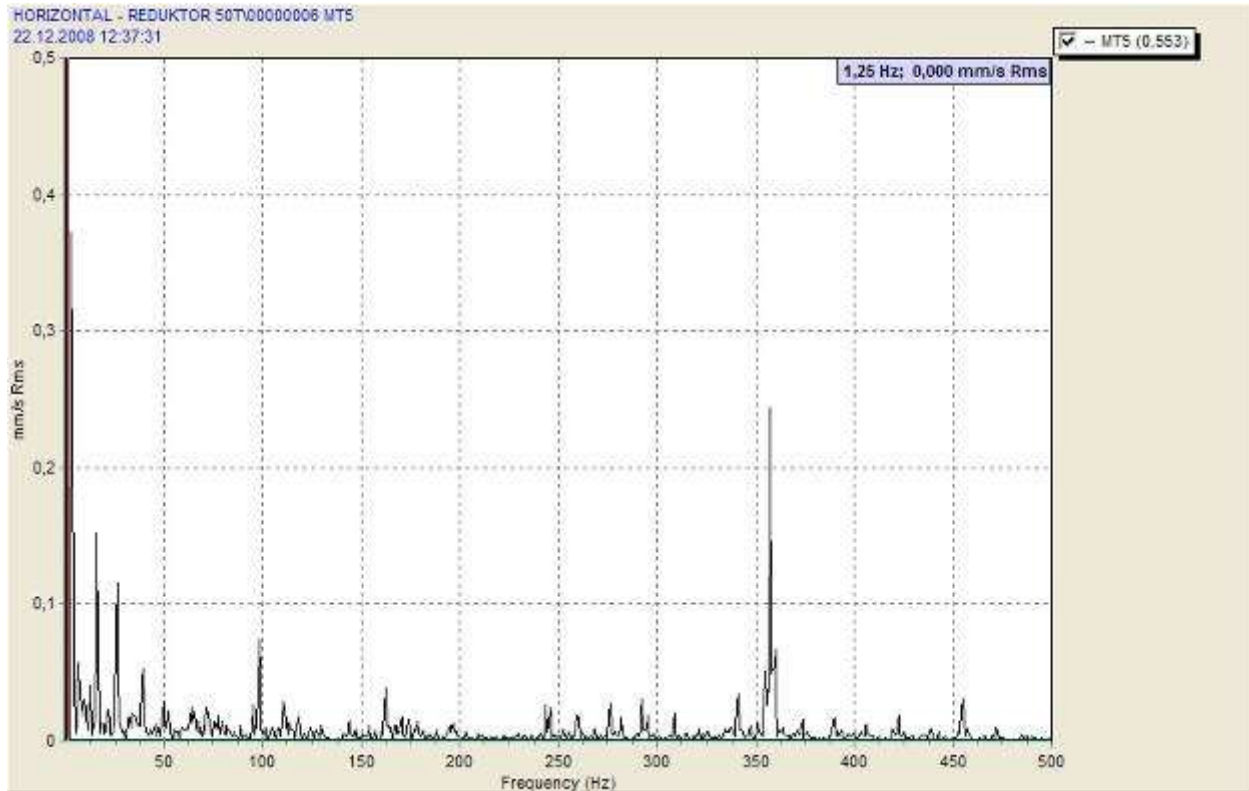
MT2



MT3



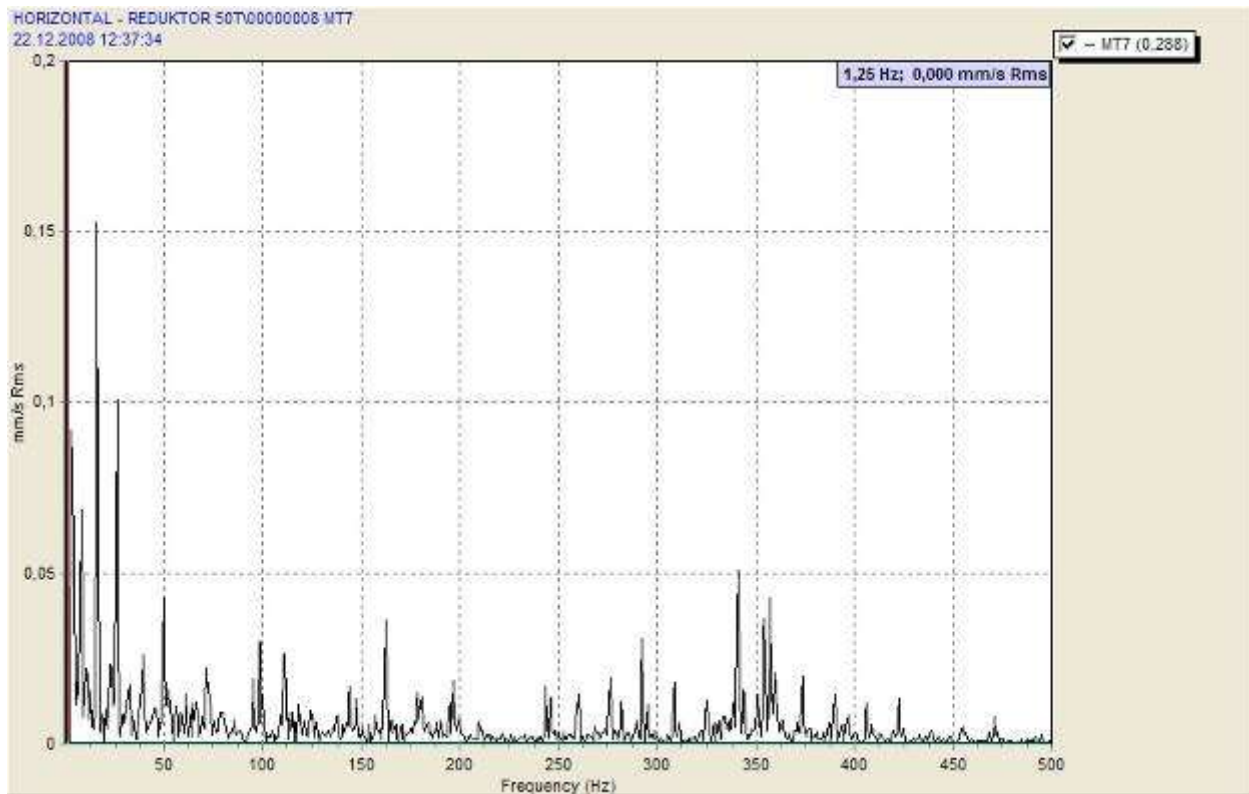
MT4



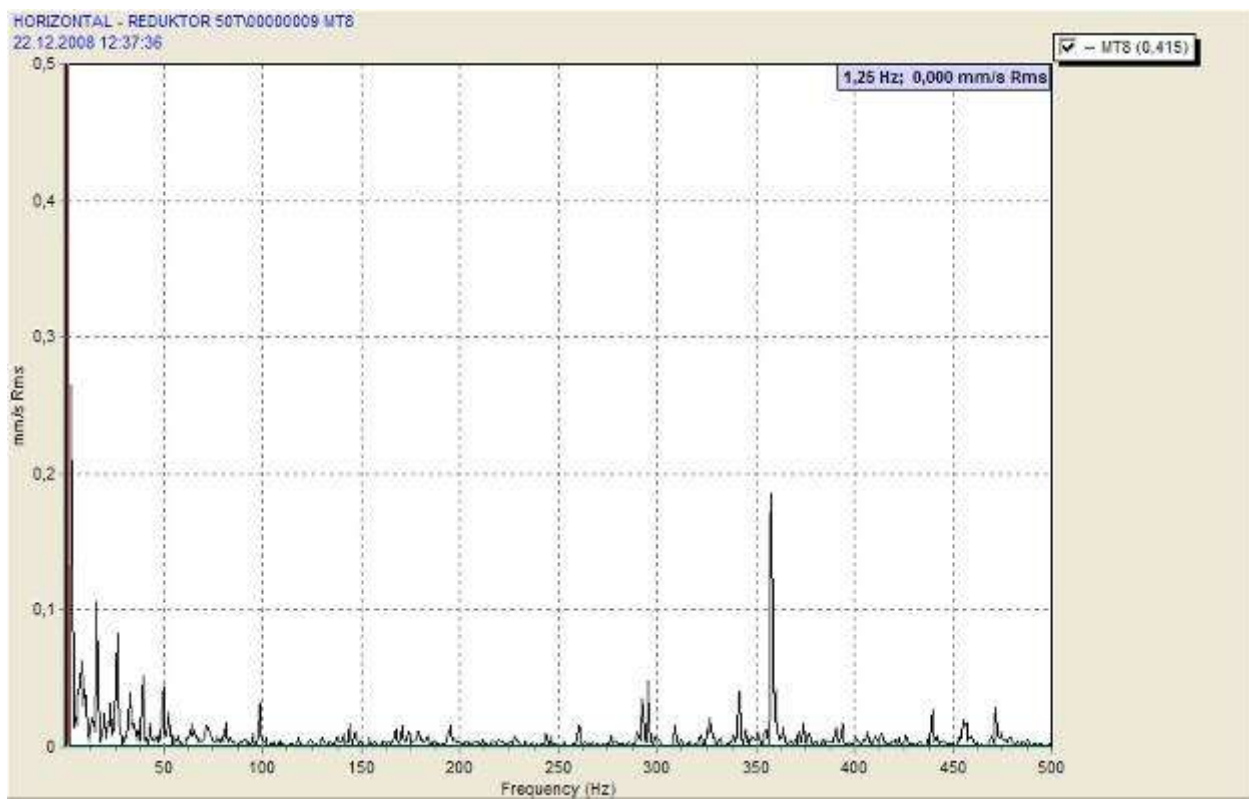
MT5



MT6



MT7



MT8

Vibrodijagnostika pogonskih grupa portalnih dizalica čistilica

Merenje vibracija pogonskih grupa na mestu njihovih ležajeva vršeno je opremom National Instrument (USA) i Mikroelektronike (Beograd) sa industrijskim senzorima ubrzanja firme PCB model 603C01.

Merenje vibracija pogonske grupe za dizanje tereta

Na slici 2.1 prikazana su mesta merenja vibracija na pogonskog grupi za dizanje tereta na obe dizalice.



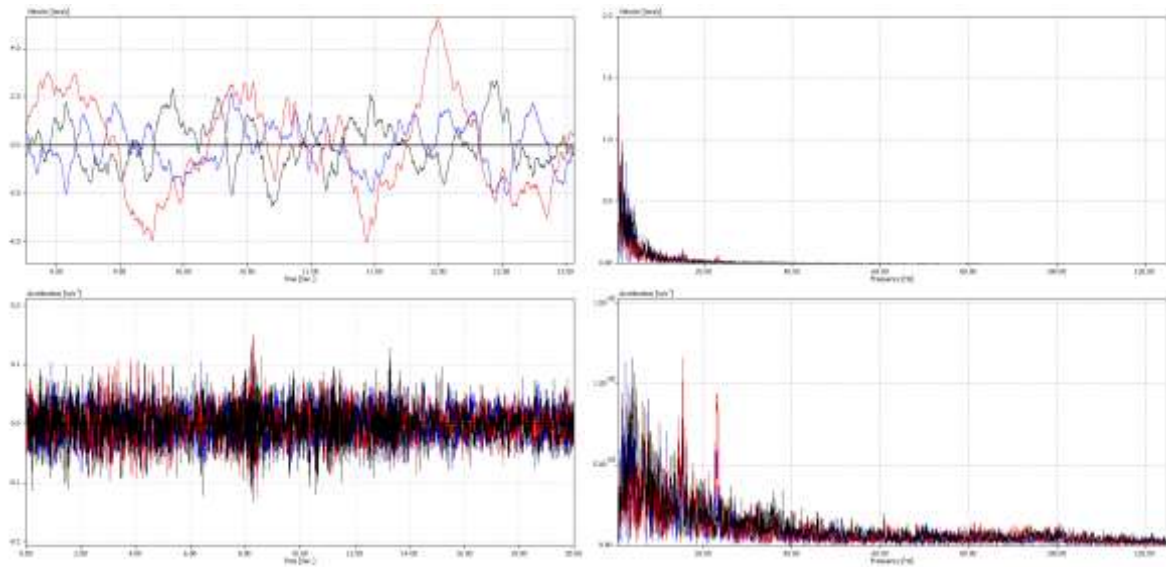
Slika 2.1.

Rezultati merenja vibracija na pogonskim grupama za dizanje tereta (obalna i rečna dizalica) prikazani su na slici 2.2. Rezultat merenja predstavlja ubrzanje i brzinu vibracija u vremenskom i frekventnom domenu.

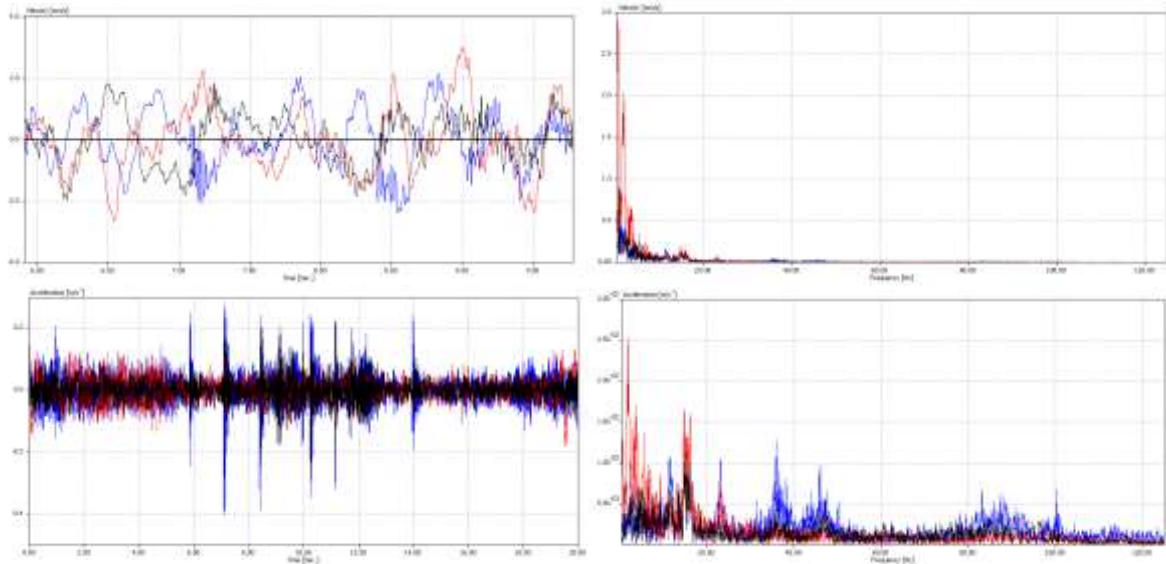
Vibracije (ubrzanje i brzina vibracije) pri stacionarnom režimu rada pri dizanju tereta merene su u tri pravca i prikazani su u vremenskom i frekventnom domenu (slika 2.2). Tri pravca predstavljaju:

- crvena boja - vertikalni pravac
- crna boja - poprečni paralelno sa rekom
- plava boja - poprečni upravno na reku

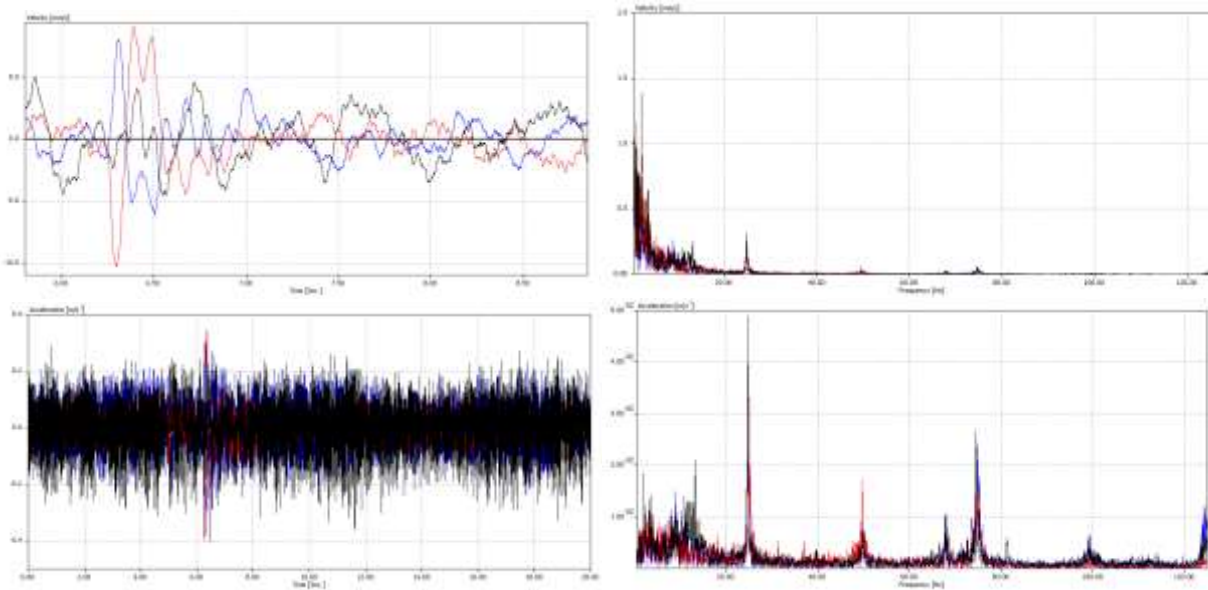
Nestacionarni režim rada (delom i sa stacionarnim) prikazan je samo u vremenskom domenu (slika 2.3).



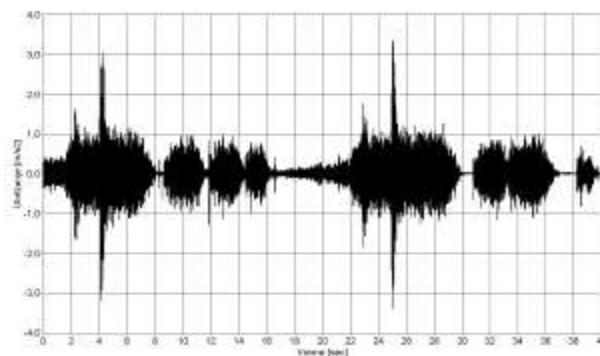
Obalna - ležaj elektromotora do reduktora



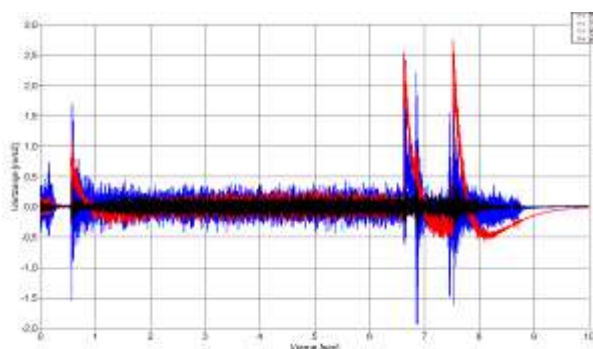
Obalna - ulazni ležaj reduktora



Slika 2.2 Rečna - ležaj elektromotora do reduktora



Obalna - ulazni ležaj reduktora



Rečna - ležaj elektromotora do reduktora, ulazni ležaj reduktora, drugi i treći ležaj reduktora
Slika 2.3

Na osnovu izvršenih merenja možemo konstatovati da su vibracije u stacionarnom režimu rada elemenata pogonske grupe sistema za dizanje u preporučenim dozvoljenim granicama.

Nestacionarni režimi rada (start, promena brzina, kočenje) prouzrokuju povećane vrednosti ubrzanja.

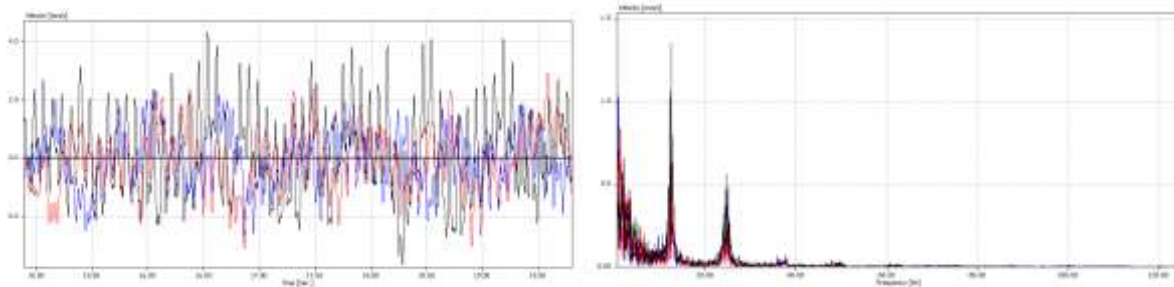
Navedeni rezultat ukazuje na neophodnost detaljne kontrole motora i reduktora za dizanje tereta prilikom izvođenja revitalizacije dizalica.

Merenje vibracija pogonskih grupa za vožnju dizalice

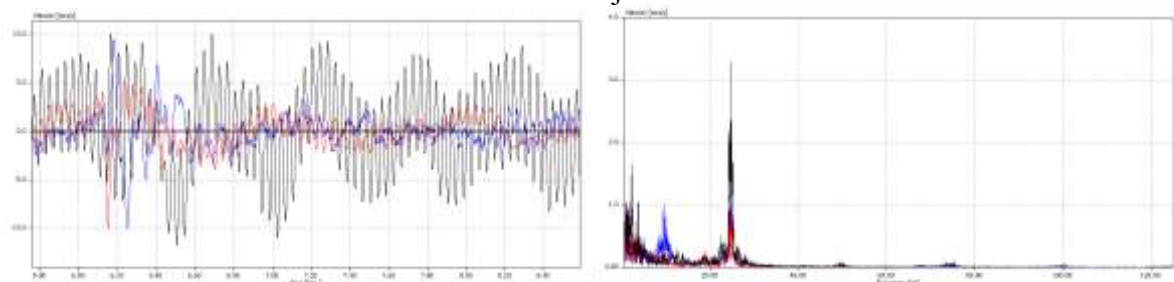
Rezultati merenja vibracija na pogonskim grupama za vožnju dizalica (obalna i rečna dizalica) prikazani su na slici 2.4. Rezultat merenja predstavlja brzina vibracija u vremenskom i frekventnom domenu.

Brzina vibracija pri stacionarnom kretanju dizalica merene su u tri pravca i prikazani su u vremenskom i frekventnom domenu (slika 2.4). Tri pravca predstavljaju:

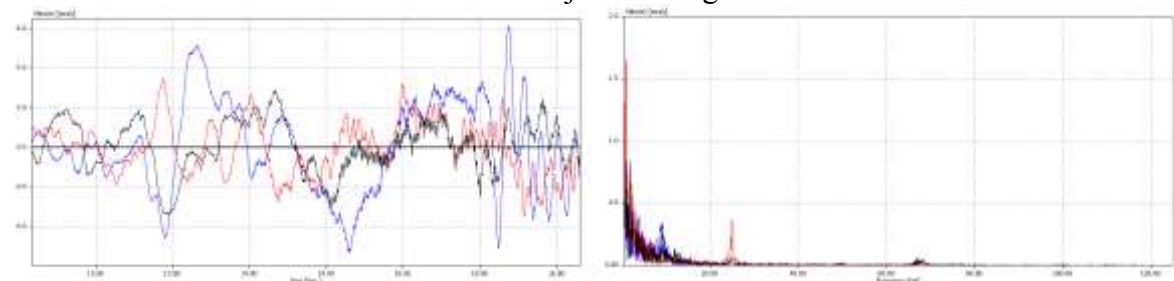
- crvena boja - vertikalni pravac
- crna boja - poprečni paralelno sa rekom
- plava boja - poprečni upravno na reku



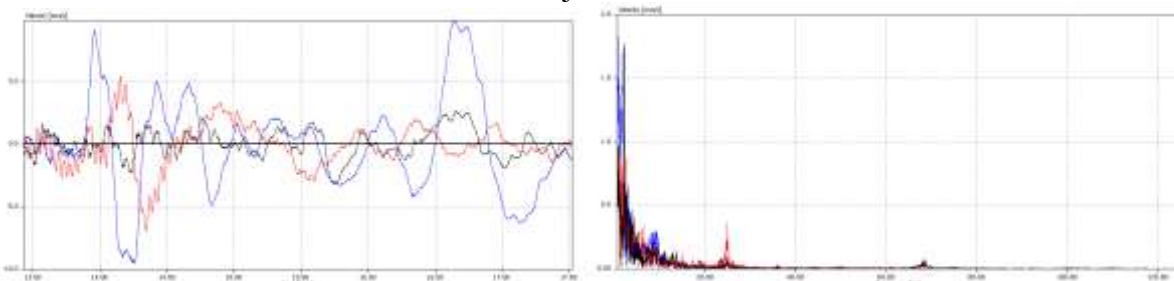
Obalna - izlazni ležaj elektromotora 1



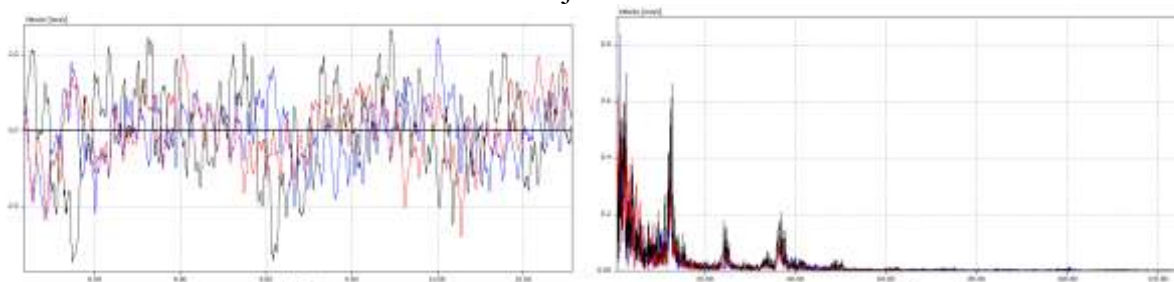
Obalna - ulazni ležaj centralnog reduktora 1



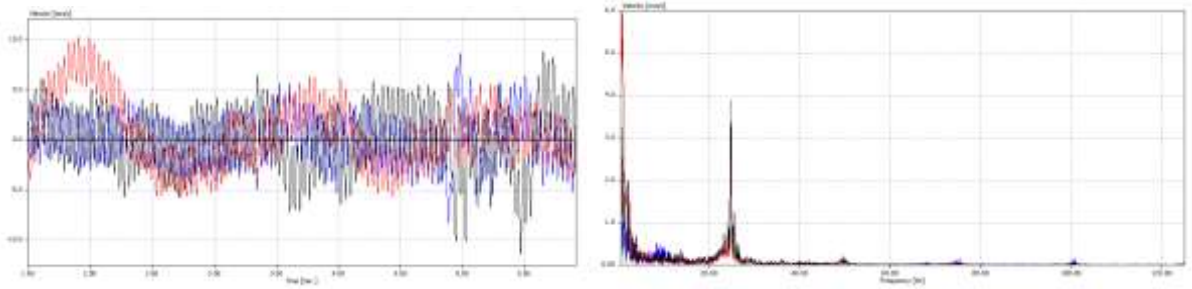
Obalna - ulazni ležaj reduktora kod točka 1a



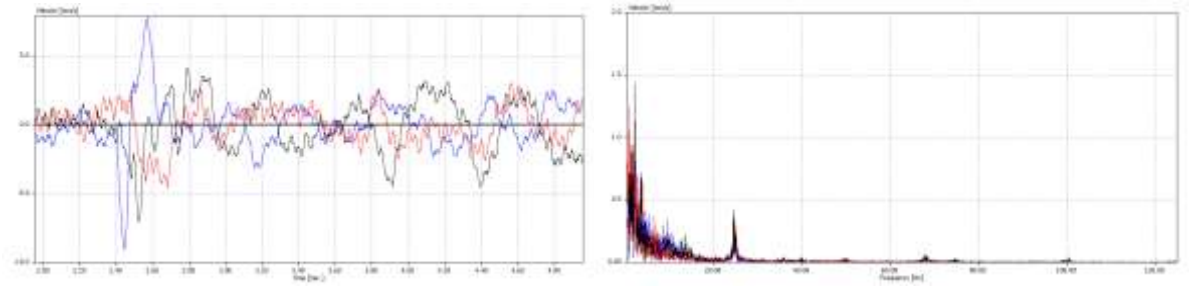
Obalna - ulazni ležaj reduktora kod točka 1b



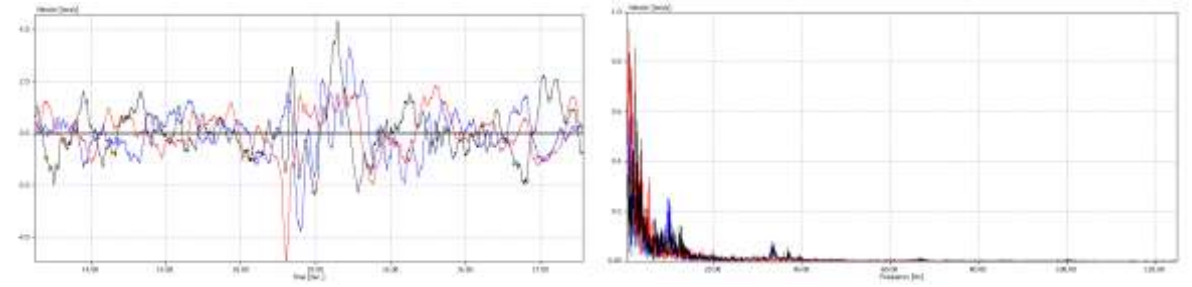
Obalna - izlazni ležaj elektromotora 2



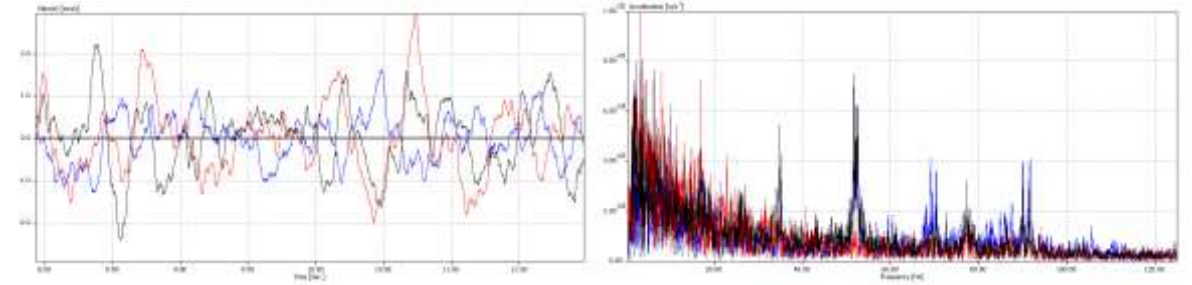
Obalna - ulazni ležaj centralnog reduktora 2



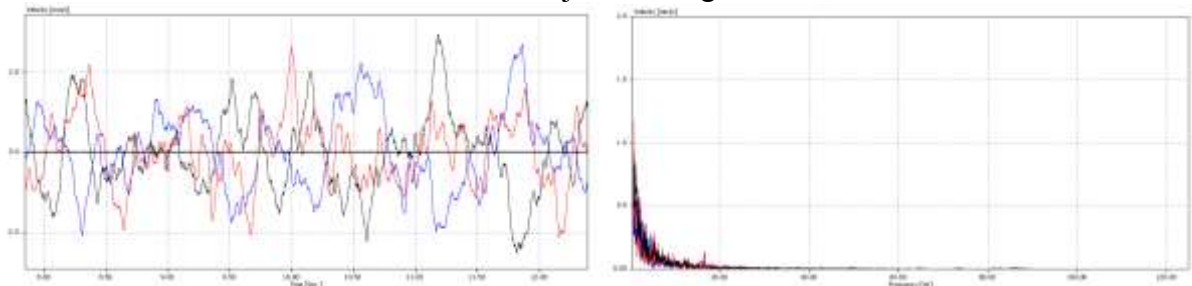
Obalna - ulazni ležaj reduktora kod točka 2a



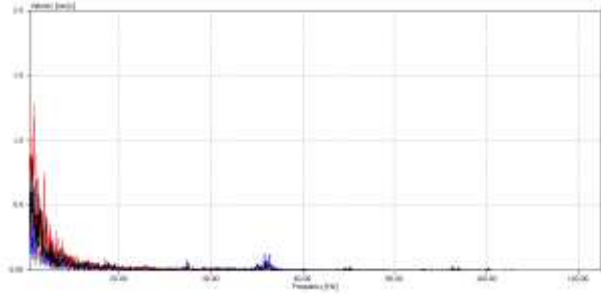
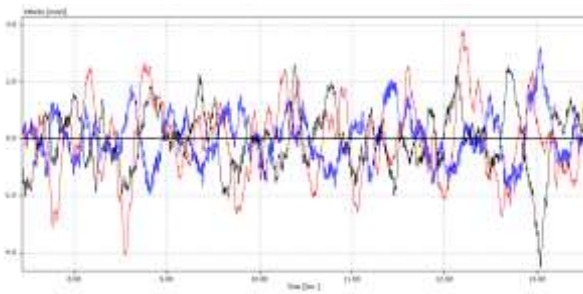
Obalna - ulazni ležaj reduktora kod točka 2b



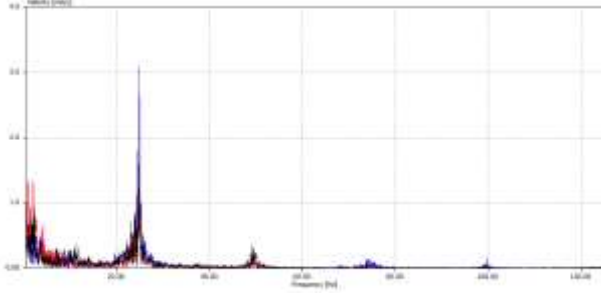
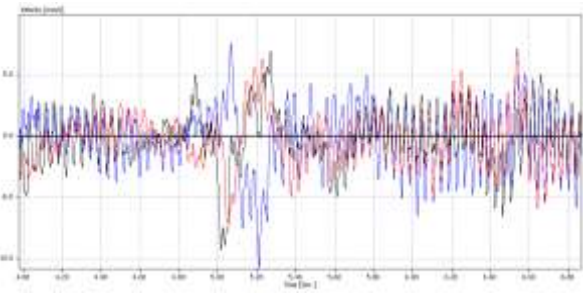
Rečna - ulazni ležaj centralnog reduktora 1



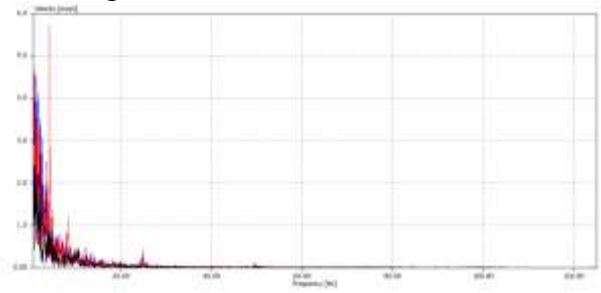
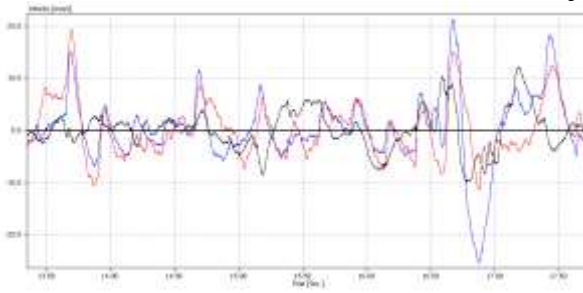
Rečna - ulazni ležaj reduktora kod točka 1a



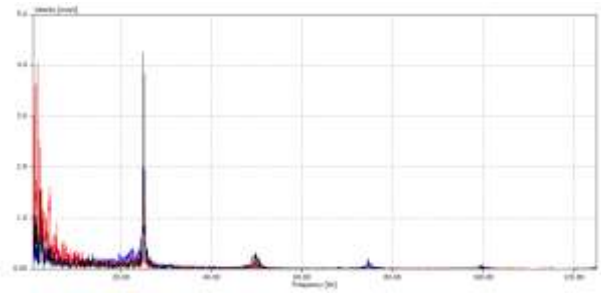
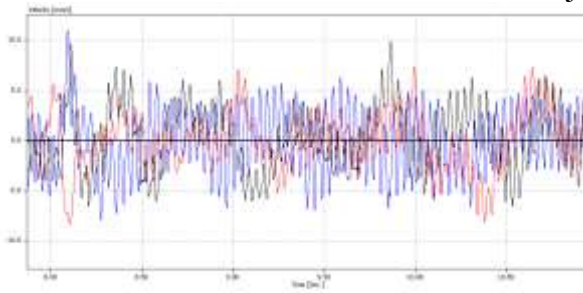
Rečna - ulazni ležaj reduktora kod točka 1b



Rečna - ulazni ležaj centralnog reduktora 2



Rečna - ulazni ležaj reduktora kod točka 2a



Rečna - ulazni ležaj reduktora kod točka 2b

Slika 2.4

Na osnovu svih izmerenih vrednosti vibracija svih elemenata pogonskih grupa za vožnju obe dizalice zaključujemo da su sve izmerene veličine iznad dopuštenih vrednosti.

Ovo potvrđuje rezultate proračuna motora i reduktora, izmerene veličine struja motora, što nedvosmisleno ukazuje na potrebu zamene celokupnih pogonskih sistema na obe dizalice.

Biografija kandidata

Mr Aleksandar Đ. Brkić, dipl. maš. inž. rođen je 27. oktobra 1966. godine u Beogradu, gde je završio osnovnu školu "Vladislav Ribnikar" 1981. godine. Srednje obrazovanje stekao je u VIII Beogradskoj gimnaziji, kao i u Matematičkoj gimnaziji u kojoj je maturirao 1985. godine. Iste godine upisao je Mašinski fakultet i otišao na odsluženje vojnog roka. Po povratku sa odsluženja vojnog roka 1986. godine počinje sa redovnim pohađanjem studija. Na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu diplomirao je 1992. godine sa prosečnom ocenom 8.71, i ocenom 10 na diplomskom radu iz premeta Transportne mašine, na odseku za Mašinske konstrukcije i mehanizaciju. Radni odnos zasnovao je na Katedri za Mehanizaciju Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu 01.01.1993. godine, gde je u zvanjima asistenta - pripravnika i asistenta učestvovao u izvođenju nastave (vežbi) iz sledećih predmeta:

- Transportne mašine;
- Metalne konstrukcije;
- Transportni uređaji;
- Projektovanje dizalica;
- Transportni uređaji i Fabrička postrojenja;
- Projektovanje transportnih sistema;
- Tehničko crtanje sa nacrtom geometrijom.

Magistarsku tezu pod nazivom "Prilog identifikaciji dinamičkog ponašanja građevinske stubne dizalice u režimu rada mehanizma za dizanje tereta" odbranio je na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu 27.11.1996. godine.

U zvanje asistenta izabran je 01.04.1997. godine. U zvanje asistenta ponovo izabran u oktobru 2001. godine, pa zatim u oktobru 2005. godine, i oktobru 2009. godine. U toku naučnog rada i stručnog usavršavanja u Institutu i na Katedri za mehanizaciju Mašinskog fakulteta u Beogradu, mr Aleksandar Brkić bavio se istraživanjem iz sledećih oblasti:

- a) modeliranjem nosećih metalnih struktura transportnih mašina;
- b) proučavanjem dinamičkog ponašanja transportnih mašina - dizalica u periodima njihovog nestacionarnog kretanja, sa posebnom analizom uticaja na ponašanje nosećih struktura dizalica;
- c) problemima vezanim za kretanje materijala uređajima za neprekidni transport, a naročito problemima prilikom gravitacionog transporta;
- d) projektovanjem i konstruisanjem dizalica, transportera, putničkih liftova i žičara i
- e) istraživanjem u oblasti industrijskog menadžmenta.

Od 2012. godine zaposlen je u Inovacionom centru Mašinskog fakulteta u Beogradu. U dosadašnjem naučno - istraživačkom radu objavio je kao autor ili koautor više od 70 naučnih radova u zemlji i inostranstvu. Učestvovao je kao saradnik u realizaciji 8 istraživačkih projekata finansiranih od strane MPNTR. Autor je i odgovorni projektant preko 180 glavnih mašinskih projekata, rađenih za potrebe privrede, od kojih je više od 170 izvedeno.

Mr Aleksandar Brkić, dipl. maš. inž. ima položen stručni ispit (ovlašćenje za samostalno projektovanje) iz oblasti mehanizacije (transportni uređaji, transportne mašine), kao i licencu odgovornog projektanta transportnih sredstava, skladišta i mašinskih konstrukcija i tehnologije. Takođe, uspešno se koristi sledećim programskim paketima: windows i DOS operativnim sistemima, microsoft Office programima, kao i paketima SAP, SUPERSAP, i KOMIPS. Mentor je i ispitivač na stručnim ispitima Inženjerske komore Srbije. Tehnički ekspert je Akreditacionog tela Srbije za oblast mašina i liftova. Govori francuski i engleski jezik, služi se ruskim jezikom.

Pogovor

Svako autorsko delo je uvek bez sumnje barem malim delom i kolektivno delo. Tako i izrada ove doktorska disertacije svakako ne bi bila moguća bez podrške i pomoći različitih osoba.

Pre svih, veliku zahvalnost dugujem mentoru prof. dr Milivoju Klarinu za savete koje mi je pružio prilikom mnogih ličnih nedoumica koje su se javljale tokom izrade ove disertacije, kao i za jasnu viziju koju je imao prilikom prijave ove disertacije. Ipak, najveću zahvalnost mu dugujem zbog ljudskog, rekao bih prijateljskog odnosa prema meni još od mojih studentskih dana, i zbog toga što mi nije dozvolio da odustanem, a hteo sam.

Zahvalnost dugujem svim članovima Komisije za ocenu i odbranu ove disertacije, prof. dr Zvonku Sajfertu, prof. dr Iliji Ćosiću, i prof. dr Milanu Nikoliću za davanje korisnih sugestija prilikom izrade ove disertacije, i za veliku efikasnost prilikom pregleda disertacije, i pisanja Izveštaja o završetku disertacije.

Prof. dr Gradimiru Ivanoviću zahvaljujem se na tome što je uvek verovao u mene, i što me je, u sadejstvu sa mojim mentorom, “naterao” da uradim ovu disertaciju.

Zahvaljujem se i prof. dr Tašku Maneskom za nesebičnu pomoć i podršku pri izradi ove disertacije, kao i za zajedničke provedene dane i noći na terenu prilikom ispitivanja dizalica na HE Đerdap 1. Bez njega, i kolege Dragana Krstića ove disertacije ne bi bilo.

Pomoć prijatelja uvek je neophodna. Imao sam sreću da su neki od mojih prijatelja istovremeno na značajnim pozicijama u uspešnim kompanijama koje koriste sisteme dizaličnog transporta. Ne želim da navodim nazive kompanija, ali njihova imena moram da spomenem. Zahvaljujem se gospodi Aleksandru Čelebiću, Trivunu Vučetiću, Željku Didanoviću, i Miloradu Sofroniću na podršci i pomoći prilikom izrade ove disertacije.

Na kraju, a moglo je biti i na početku, najveće hvala Vesni i Marku, oni znaju zašto.

Ovaj rad posvećujem Đorđu i Mariji