

Dijagnostikovanje stanja i ponašanja rotornih bagera u cilju njihove revitalizacije

Predrag Jovančić, Dragan Ignjatović, Miloš Tanasijević, Taško Maneski



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Dijagnostikovanje stanja i ponašanja rotornih bagera u cilju njihove revitalizacije | Predrag Jovančić, Dragan Ignjatović, Miloš Tanasijević, Taško Maneski | Tehnika | 2008 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0008064>

Dijagnostikovanje stanja i ponašanja rotornih bagera u cilju njihove revitalizacije

Doc. dr *PREDRAG JOVANČIĆ*, prof. dr *DRAGAN IGNJATOVIĆ*,
doc. dr *MILOŠ TANASIJEVIĆ*, Rudarsko-geološki fakultet
Univerziteta u Beogradu, prof. dr *TAŠKO MANESKI*,
Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu

Dijagnostika stanja i ponašanja je od presudnog značaja za donošenje pravilnog stava o radu i održavanju rotornog bagera, odnosno svih komponenti bagera, od čelične konstrukcije pa do pogonskih grupa. Da bi jedan rotorni bager zadržao ili poboljšao svoje performanse u određenom vremenskom intervalu, mora proći kroz revitalizacione procese koji su bazirani na različitim dijagnostičkim metodama ispitivanja. Pojedine metode ispitivanja biće prikazane u ovom radu. Realizovano je nekoliko projekata sa aspekta rekonstrukcija i revitalizacija rotornih bagera kostolačkih kopova, zajedničkim angažovanjem RGF-a iz Beograda, odnosno Katedre za mehanizaciju i kompanije "Kostolac". Naveden je samo jedan broj izvedenih projekata koji su podigli ili u krajnjem slučaju zadržali performanse bagera u cilju što boljeg kapacitetnog i vremenskog iskorišćenja osnovne rudarske mehanizacije.

Ključne reči: dijagnostika, rotorni bager, revitalizacija.

1. Uvod

Površinski kopovi lignita u Srbiji, sa stanovišta energetskog bilansa, imaju najveće učešće u proizvodnji električne energije Elektroprivrede Srbije. U realizaciji postavljenih ciljeva održavanja kompleksnih sistema kao što su sistemi na površinskim kopovima, čiji je glavni eksponent rotorni bager, dijagnostika tehničkih sistema u poslednje vreme uzima sve veći mah. Korak dalje je sigurno dijagnostika ponašanja i stanja pogonskih grupa i čelične konstrukcije na bageru, i to u cilju revitalizacije istih. Na ovaj način se direktno utiče na vek trajanja rotornog bagera, pri čemu se takođe utiče i na performanse bagera – zadržavaju se u projektovanom opsegu ili se u određenim segmentima povećavaju, pri čemu se ne narušavaju ostale celine odnosno grupe gradnji na bageru. Revitalizacija rudarske opreme uopšte predstavlja složen, multidisciplinarni postupak koji obuhvata skup tehničkih zahvata kojima se vrši zamena svih dotrajalih ili oštećenih delova i eventualno, njihova modernizacija. Da bi se došlo do valjanih kriterijuma za procenu o neophodnosti zamene pojedinih delova opreme ili konstrukcije, neophodna su obimna dijagnostička ispitivanja. Bez obzira što radni vek rotornog bagera, kao najvažnijeg i najkompleksnijeg pojedinačnog sistema u okviru sistema za površinsku eksploataciju, direktno zavisi od trajnosti čelične konstrukcije, može se reći da su kod opreme

pogonskih sistema uspostavljeni jasniji kriterijumi o zameni ili rehabilitaciji nego kod čelične konstrukcije. Zahtev dugotrajnog praćenja i podaci koji treba da se što više približe realnim uslovima, otežavaju uspostavljanje čvrstih relacija između noseće čelične konstrukcije i njene trajnosti. Proces revitalizacije nije precizno definisan ni po obimu, ni po strukturi, niti su jasno definisane granice ovog procesa, naročito u odnosu na veće godišnje opravke. Složenost ovog procesa dolazi od složene strukture samog rotornog bagera, koji se sastoji iz određenog broja grupa gradnji, mašinske, elektro i druge opreme, pri čemu svaki ovaj deo može imati i neki svoj posebni vek. Uopšteno, revitalizacija se ustalila u našoj tehničkoj komunikaciji da označi obnavljanje (osveženje) tehničkog sistema – rotornog bagera, radi njegovog daljeg poboljšanja rada i produženja veka trajanja. Kad rotorni bager dostigne granično stanje u smislu efikasnosti različitih performansi, javljaju se dve osnovne alternative:

- otpis bagera i nabavka novog, sposobnijeg i savremenijeg, koji će postojeći zameniti, i
- preduzimanje mera revitalizacije, koje treba da dovedu bager u stanje da može u svom produženom veku da funkcioniše na potrebnom nivou, tj. sa karakteristikama koje su za korisnika prihvatljive.

Granično stanje je vrlo teško definisati. Međutim, ono se može definisati na osnovu sledećih elemenata:

- kada je bager tehnološki zastareo,
- kada je korišćenje bagera ekonomski neisplativo, jer postiže snižene radne efekte (kapacitet, pouzdanost, itd.),
- kada bager ima nedovoljnu radnu sigurnost, tj. postaje opasan u odnosu na živote posade, ili moguću veću materijalnu štetu.

Postoje i druge mogućnosti graničnog stanja, naprimer u odnosu na ekološke zahteve i drugo. Dosadašnje izvedene revitalizacije ukazivale su, principijelno, na tri faze:

- Izrada programa za revitalizaciju sa formiranjem baze podataka (prikupljanje raspoložive dokumentacije: proizvođačke – radioničke, atesti, uputstva, itd; eksploatacione – tehnološke šeme rada, pregledi dosadašnjih oštećenja, havarija, izveštaji o izvršenim ispitivanjima, registar kvarova i dr), i formiranje baze podataka;
- Utvrđivanje tehničkog stanja (defektaže) mašine, (pregled i defektaža čelične konstrukcije, mašinske i elektro opreme – ispitivanja kojima se utvrđuje stanje napona, dinamika i oscilacije u nosećoj konstrukciji, kao i pregledi kojima se utvrđuju posledice na konstrukciji izazvane različitim uzrocima), i
- Oправка ili zamena oštećenih, dotrajalih ili zamorenih delova. Sastavni deo ove faze je i modernizacija opreme.

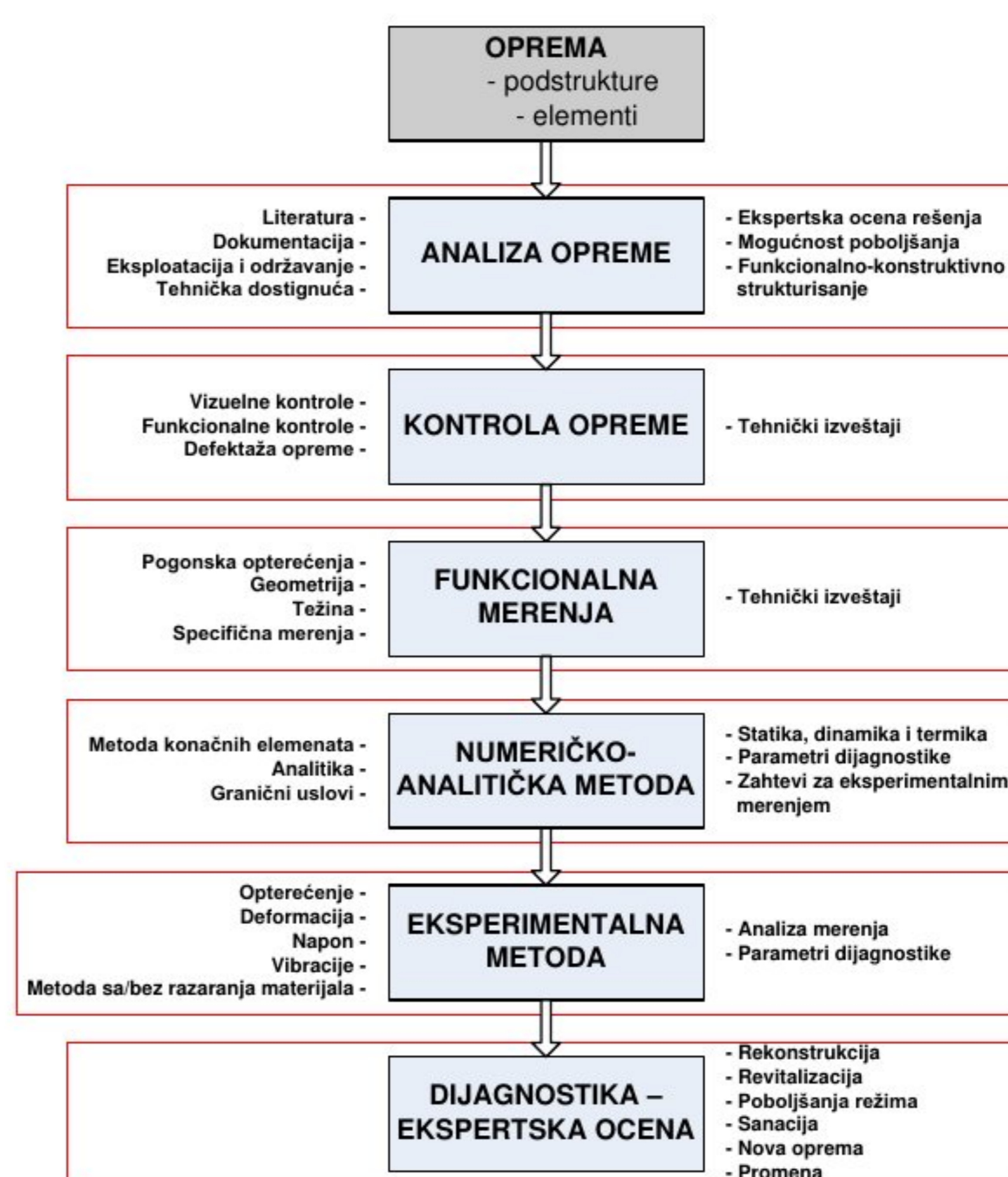
Na osnovu ovoga može se sagledati da revitalizacija nije u potpunosti standardizovana u pogledu strogo određenih procedura i stoga je veoma teško definisati revitalizaciju kao pojam. S druge strane, iz razloga tehničke komunikacije, neophodno je baratati sa pojmovima koji imaju što određeniji sadržaj. Revitalizacija sasvim sigurno nije (niti je deo) redovnog godišnjeg ili dnevnog održavanja. Ona predstavlja održavanje onih veličina koje su značajne za bager kao celinu. Ovo može biti ili pojedinačna veličina ili set veličina koje se odnose na sledeće oblasti: otklanjanje defekta/oštećenja, produžavanje radnog veka, poboljšanje performansi, poboljšanje ekonomske efikasnosti, prevencija rizika, poboljšanje ergonomske uslova, prilagođavanje radnim uslovima, prilagođavanje socijalnim standardima, prilagođavanje zakonskoj regulativi, poboljšanje mogućnosti. U većini slučajeva revitalizacija se izvodi nakon većeg oštećenja ili kvara ili manjih kvarova u većem broju, kao i pri promeni mesta rada.

Revitalizacija rotornih bagera u poslednje vreme dosta dobija na značaju, znajući da velike

kompanije koje se bave proizvodnjom ove opreme, u prvom redu TAKRAF, KRUPP i O&K, nisu napravile veliki broj novih bagera od poslednje decenije prošlog veka pa do današnjih dana, već su uglavnom usmerene ka modernizaciji, rekonstrukciji i revitalizaciji svoje opreme koja radi širom sveta. Pravac njihovog delovanja su uglavnom pogonske grupe na rotornim bagerima, pogotovo pogon radnog točka, pogon guseničnog transporta i pogon dizanja i spuštanja strele radnog točka. Ostali glavni pogoni kao što su pogon tračnih transporterata na bageru i pogon okreta gornje gradnje, manje su zastupljeni pri realizaciji projekata revitalizacije, što sigurno ne umanjuje njihov značaj pri eksploataciji i poštovanju toka materijala na bageru.

2. Metodološki pristup izradi revitalizacije rotornog bagera

Osnovni cilj primene dijagnostike ponašanja i stanja opreme rotornog bagera je njegoa revitalizacija i rekonstrukcija, koja će primenom tehničkih mera omogućiti dugotrajan siguran i ekonomičan rad u toku eksploatacije na jednom površinskom kopu. Ovakvim pristupom dolazi se do neophodnog definisanja osnovnih i posebnih zahteva, koji su sublimirani preko dijagnostike ponašanja i stanja rotornog bagera. Da bi se postavili tehnički uslovi realizacije, potrebno je definisati globalni komparativni algoritam primene dijagnostike ponašanja i stanja opreme (slika 1).



Slika 1. Komparativni algoritam dijagnostike ponašanja rotornog bagera

3. Postupci ispitivanja na rotornom bageru

Aktivnosti na rotornom bageru koje su sublimirane kroz postupke ispitivanja, definisane su preko navedene metodologije za ostvarenje revitalizacije. Osnovni postupci u pripremi revitalizacije rotornog bagera su sledeći:

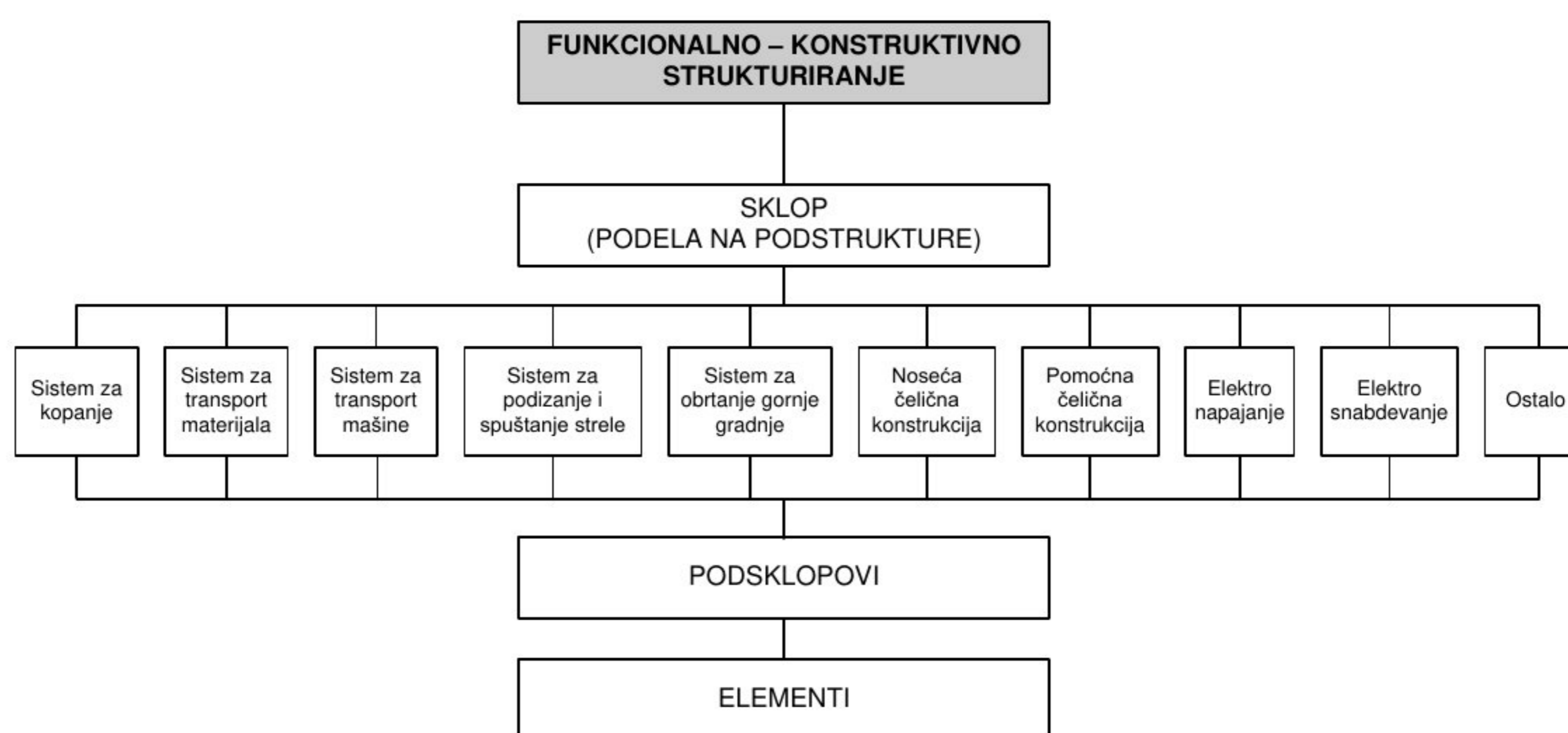
- definisanje kriterijuma za revitalizaciju (sanaciju, zamenu i/ili modernizaciju) pojedinačnih sklopova,
- utvrđivanje težine i težišta bagera (vaganje),
- geometrijsko-konstruktivna kontrola bagera,
- vizuelni pregled,
- kontrola radiksijalnog ležaja (kuglibana),
- utvrđivanje opterećenja, izrada modela i proračun metodom konačnih elemenata,
- merenje napona i ubrzanja,
- merenje (kontrola stanja) rotirajućih elemenata metodom vibrodijagnostike,
- merenje opterećenja pogona radnog točka, okreta gornje gradnje i pogona transportera, preko izmerene struje,
- kontrola odgovornih zavrtanjskih (HV) i zakovanih veza,
- merenje (ispitivanje) čeličnih užadi,
- kontrola hidrauličnog sistema – hidrocilindara,
- utvrđivanje stanja i merenje antikorozijske zaštite.

U osnovne postupke uvedena je i kontrola radiksijalnog ležaja (kuglibana) koji nije samo mašinski element, već ima i veliki strukturni i funkcionalni značaj. U narednom tekstu

navešće se pojedini postupci kroz izvedene primere, koji su bili bitni za donošenje krajnjeg stava i koji su kao takvi doprineli pravilnom i pravovremenom odlučivanju.

3.1. Definisanje kriterijuma za revitalizaciju pojedinačnih sklopova na rotornom bageru

Kriterijumi koji definišu revitalizacione postupke i dalje pravce modernizacije celina i elemenata na rotornom bageru, bazirani su na različitim, već dokazanim, dijagnostičkim metodama. Te metode se mogu, u ovom slučaju, podeliti na numeričke i eksperimentalne – obe se oslanjaju na inženjersko, ekspertsko iskustvo, ali i na određene standarde koji bliže definišu određenu problematiku. Definisanje kriterijuma pojedinačnih glavnih i pomoćnih kretanja sklopova bagera, a pogotovo elemenata i sklopova čelične konstrukcije, nisu egzaktno precizirani. Oni zavise prvenstveno od strukturnog i funkcionalnog značaja koji ima svaki pojedini sklop u odnosu na bager kao celinu, a zatim i od cene koštanja zamene, rekonstrukcije ili modernizacije. Najčešći sklopovi koji se obrađuju su pogon radnog točka, pogoni transportera na bageru, pogon obrtanja gornje gradnje sa obrtno-oslonim ležajem, kofice sa reznim elementima i pogotovo, čelična konstrukcija strele radnog točka. Ove celine i rad na njihovoj revitalizaciji i modernizaciji, u principu, definišu dalji rad rotornog bagera na površinskom kopu. Na slici 2 dato je funkcionalno-konstruktivno strukturiranje rotornog bagera.



Slika 2. Funkcionalno-konstruktivno strukturiranje rotornog bagera

Što se tiče čelične konstrukcije, koja ima najveći uticaj na životni vek rotornog bagera i

uopšte rudarskih mašina, prethodno se podrazumeva da kriterijumi uzimaju u obzir

standard DIN 22 261 koji se odnosi na velike rudarske mašine i sve odnosne standarde i propise (npr. DIN 18 800, koji se odnosi na čeličnu konstrukciju i njenu kontrolu). Osim navedenih propisa, koriste se i drugi pojedinačni propisi, kao i iskustvo u eksploataciji i održavanju rotornog bagera. Ovde svakako treba uzeti u obzir faktore koji se mogu uzeti u obzir samo probalistički, sa određenim procentom pretpostavke. To znači, da za razliku od mašinske opreme, koji su najčešći delovi, i kojima je neuporedivo lakše odrediti cenu i troškove održavanja, kod čelične konstrukcije se mora pažljivo prići i prethodno izvršiti funkcionalno strukturnu podelu i ocenu značaja sklopa ili elementa ponaosob. Tek nakon toga moguće je analizirati posledice i troškove sanacije, zamene ili modernizacije. Prilikom analize strukture konstrukcije celine rotornog bagera neophodno je podeliti opremu i konstrukciju u segmentne sisteme, grupišući delove prema dobro poznatim funkcijama, i odrediti granice sistema. Vršiti se dalja podela na podsisteme koji izvršavaju funkcije bitne za rad celog sistema. Granice sistema ne moraju da

predstavljaju fizičke granice sistema, već mogu i da se preklapaju.

3.2. Izvedeni primeri postupaka ispitivanja na rotornim bagerima

- **Merenje napona u čeličnoj konstrukciji bagera**

Pravilnim odabiranjem kritičnih mesta kao i sa ograničenim brojem mernih mesta, dolazi se do određenih rezultata i saznanja o čeličnoj konstrukciji rotornog bagera. U zavisnosti od konstrukcije i karaktera opterećenja izabrana je metoda merenja naprezanja materijala pomoću mernih traka. Osnovu za procenu rezultata merenja i merne tačke daje DIN 22261-2. Na slici 3 prikazana su merna mesta na bageru SRs400.14/1 koji je u procesu revitalizacije na PK "Drmno" – PD "TE-KO Kostolac" (prešao sa PK "Ćirikovac"). Pre procesa revitalizacije, vršeno je merenje naponskog stanja u čeličnoj konstrukciji bagera.



Slika 3. Lokacije mernih mesta: merno mesto 1 – unutrašnja strana centralnog stuba gornje gradnje (kutijasti nosač); merno mesto 2 – glavni nosač protivtega (I profil); merno mesto 3 – lamela istovarne strele (lim)

Merenje priraštaja sile na datim mernim mestima bagera obavljeno je 31.07.2007. godine na PK "Ćirikovac".

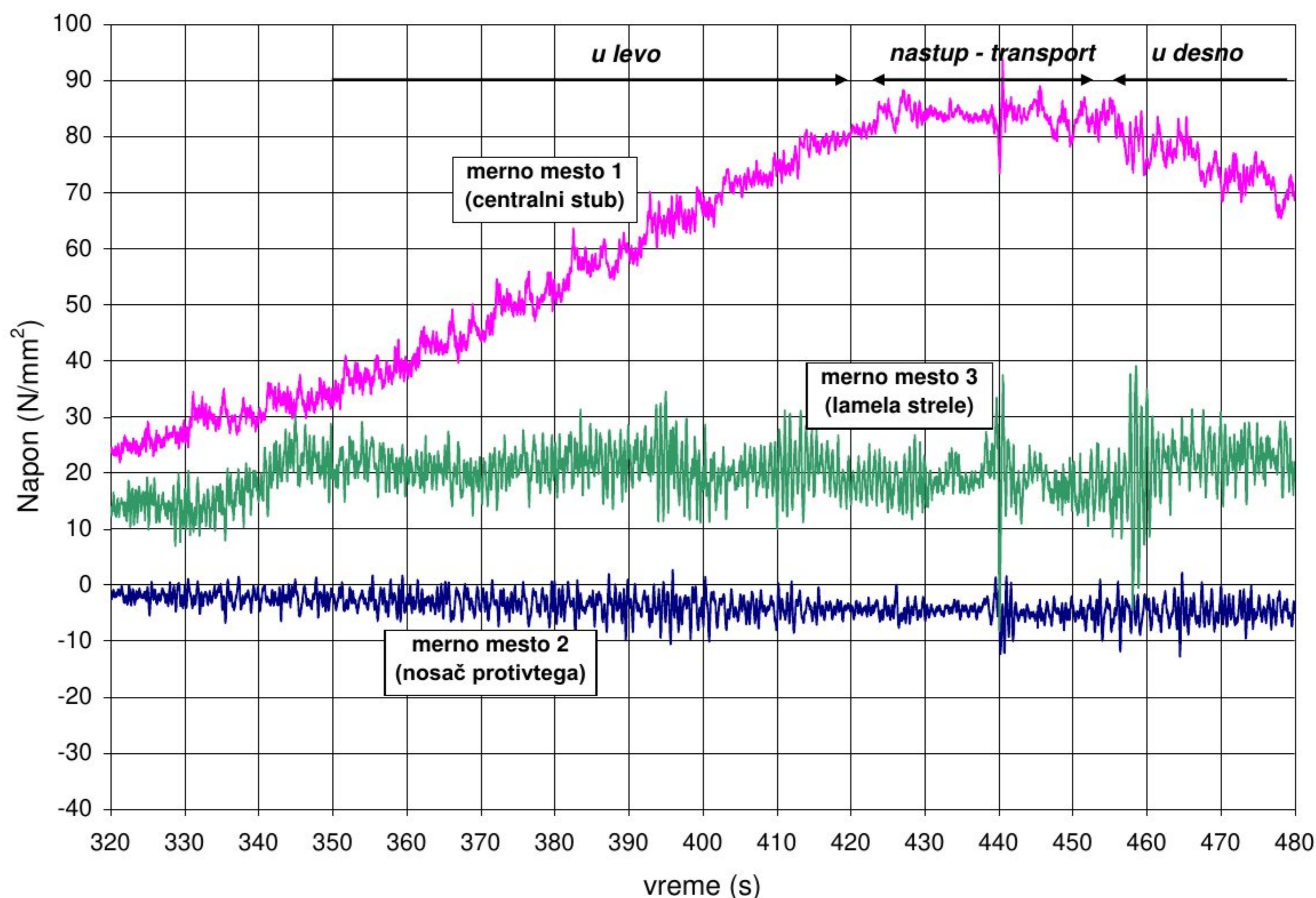
Postavljanje mernih trake na lamelama izvedeno je u opterećenom stanju bagera.

Prvo merenje je obavljeno pri procesu kopanja bagera, gde su dobijena dva signala u zavisnosti od tehnološke uslovljenosti rada bagera. Prvi signal je dobijen pri procesu kopanja, a drugi signal je dobijen takođe pri procesu

kopanja ali sa promenom reza i nastupom bagera za debljinu reza.

Drugo merenje je obavljeno pri procesu rada i pri procesu transportovanja bagera za debljinu reza (u tehnološkom procesu otkopavanja).

Na slici 4 dat je dijagram priraštaja sile (napona) za sva tri merna mesta, za drugo merenje, koji bolje oslikava stanje napona u nosećoj konstrukciji gornje gradnje rotornog bagera SRs400.14/1.



Slika 4. Dijagram napona pri procesu kopanja i transporta bagera SRs400.14/1

Najveći priraštaj napona je zabeležen na mestu centralnog stuba gornje gradnje od 93.8 N/mm^2 i to pri procesu nastupa (transporta) bagera za debljinu reza.

Kao što se vidi sa dijagrama, okretanjem gornje gradnje u levo, napon u centralnom stubu raste, dok pri okretanju u desno napon opada.

Priraštaj napona na lameli istovarne strele iznosi 39.1 N/mm^2 , dok priraštaj napona na glavnom nosaču protivtega iznosi -12.9 N/mm^2 . Sa dijagrama se vidi da na lameli i na nosaču protivtega nema velike razlike pri tehnološkim promenama rada bagera.

Znajući da bager nije imao adekvatan blok za maksimalni radni učinak, to se može zaključiti da je priraštaj napona na mestu centralnog stuba dosta visok. To znači da za dosta veće opterećenje i udare pri procesu kopanja, i napon u konstrukciji će biti dosta veći.

Zaključak ponašanja noseće čelične konstrukcije rotornog bagera SRs400 na osnovu ovih merenja:

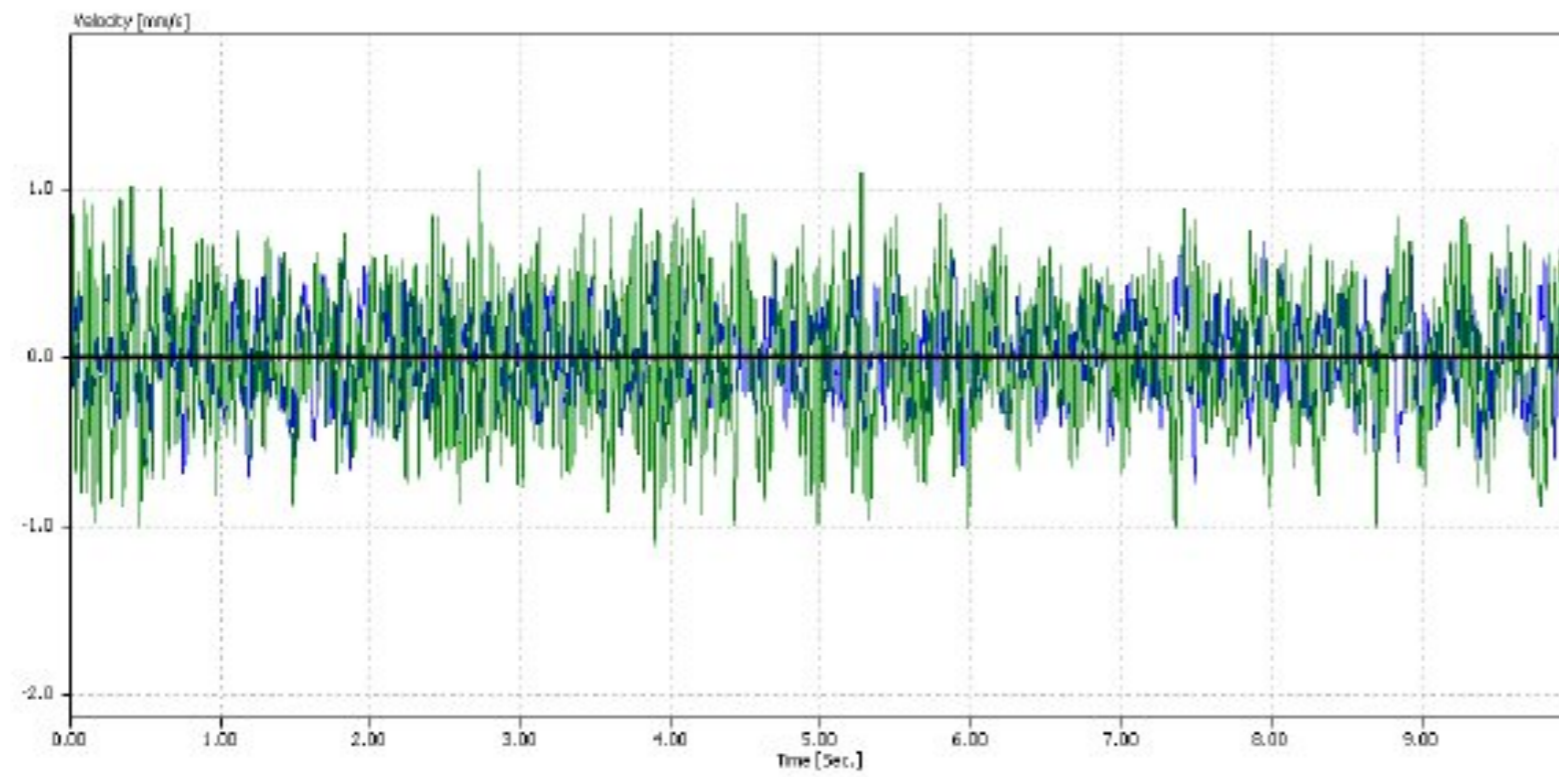
- izuzetno veliki priraštaj napona nepovoljno utiče na zamor konstrukcije,
- nepovoljno dinamičko ponašanje konstrukcije.

• *Merenje rotirajućih elemenata metodom vibrodijagnostike*

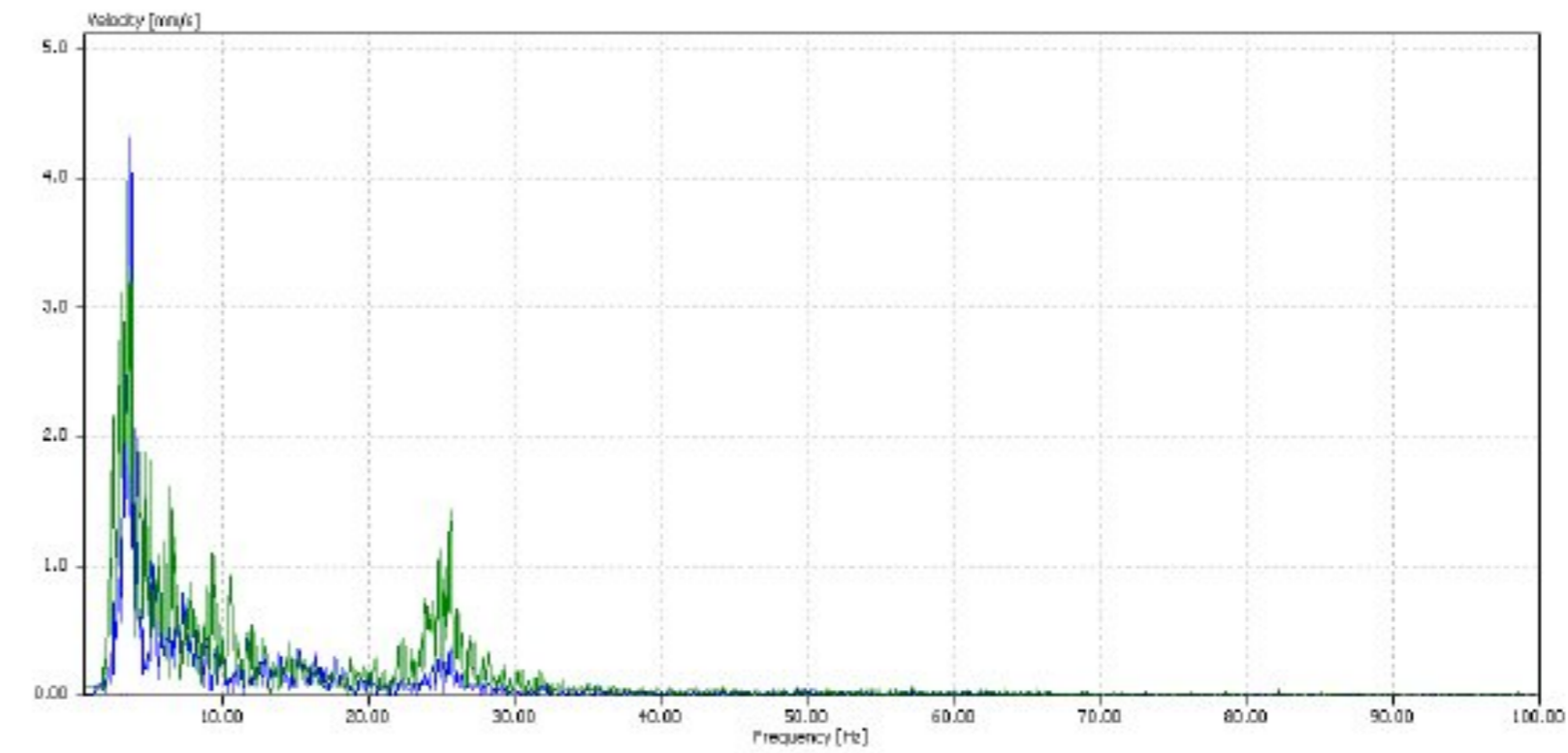
Merenje vibracija na karakterističnim tačkama, u ovom primeru pogonske grupe radnog točka bagera SRs400, vršeno je za dva slučaja: kada bager radi na prazno odnosno nije u procesu otkopavanja i kada bager radi u bloku, u sistemu odnosno kada je u procesu otkopavanja.

Karakteristično, bitno mesto za merenje je sigurno ulaz reduktora, odnosno vratilo I. Ulazno vratilo se nalazi na granici krutosti dva noseća elementa, pa samim tim služi i za detaljniju analizu, kako posledice tako i uzroka. Merenjem brzine na mestu ulaznog vratila reduktora, pri radu u prazno i pri radu pod opterećenjem, može se videti velika razlika dobijenog signala (slike 5 i 6). Sigurno je da rad ovog bagera sa aspekta procesa kopanja (problemi reznih elemenata, položaj reznih elemenata na kofici, veliki zazori u osloncima, pomeranje radnog točka u vertikalnoj ravni usled velikog zazora ležaja, povećani zazori elemenata unutar reduktora, itd.), multiplikuje dinamički odziv u ovom slučaju i 15 puta (slika 6).

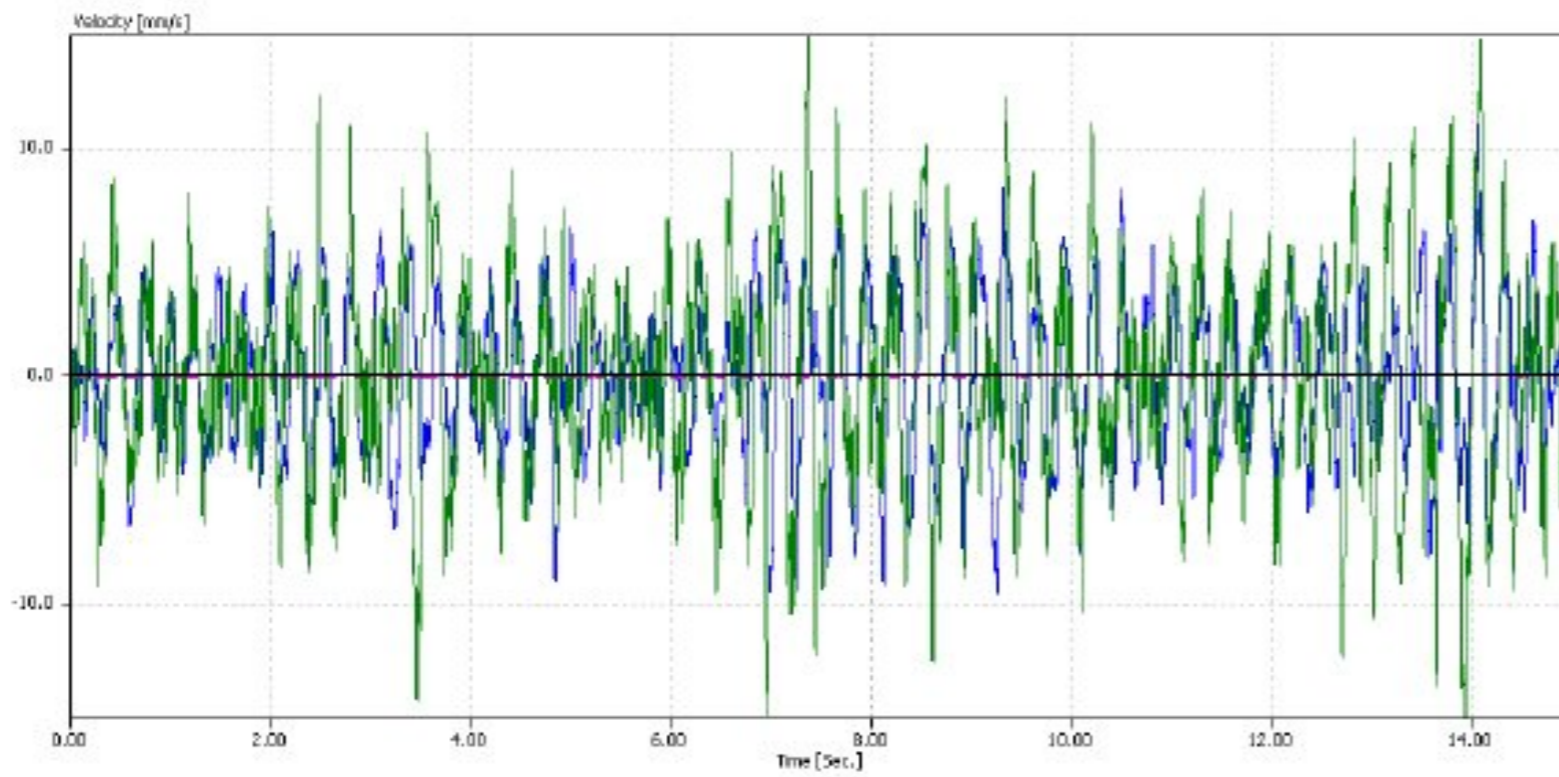
Dominantne vibracije su u poprečnom i poprečnom pravcu pa se može konstatovati da postoji visoka krutost ovog dela konstrukcije u vertikalnom pravcu, odnosno pomeranje u ovom pravcu je izuzetno malo.



Slika 5. Rad bagera SRs400 na prazno; pozicija: ulaz reduktora – brzina u vremenskom domenu



Slika 8. Rad bagera SRs400 u bloku; pozicija: ulaz reduktora – brzina u frekventnom domenu

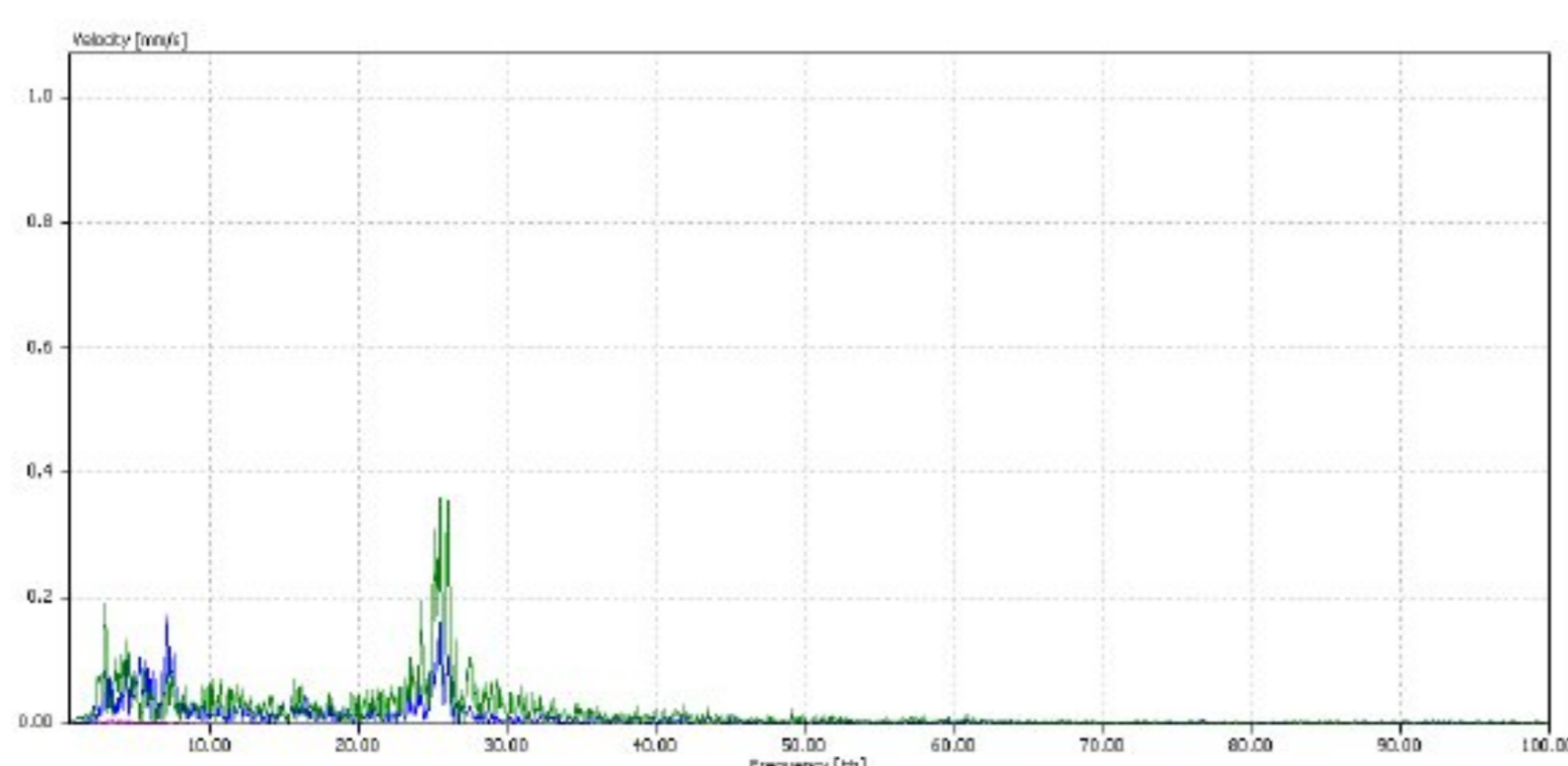


Slika 6. Rad bagera SRs400 u bloku; pozicija: ulaz reduktora – brzina u vremenskom domenu

Sličan je odnos za isto merno mesto ulaznog vratila reduktora pri merenju brzine u frekventnom domenu sa karakterističnim signalom (podužni i poprečni pravac) na 25 Hz, što je frekvencija broja obrtaja ulaznog vratila odnosno vratila rotora visoko-naponskog motora (slika 7). Ovakav oblik signala ukazuje između ostalog i na labavost spoja motora sa nosećom konstrukcijom (šape).

Može se konstatovati loše stanje noseće konstrukcije sa dinamičkim povećanjem odziva prilikom rada bagera u bloku odnosno u procesu kopanja, a što se vidi sa slike 8.

Karakteristične vibracije su u podužnom i poprečnom pravcu, gde je povećanje frekvence od 25 Hz, sa amplitude brzine od 0.35 mm/s otišlo na 1.4 mm/s, a vibracije frekvence niže od 10 Hz (karakteristično za konstrukciju, proces kopanja i male brojeve obrtaja) drastično povećane, čak i do 20 puta.



Slika 7. Rad bagera SRs400 na prazno; pozicija: ulaz reduktora – brzina u frekventnom domenu

Zaključak ponašanja sistema za kopanje na osnovu ovog merenja:

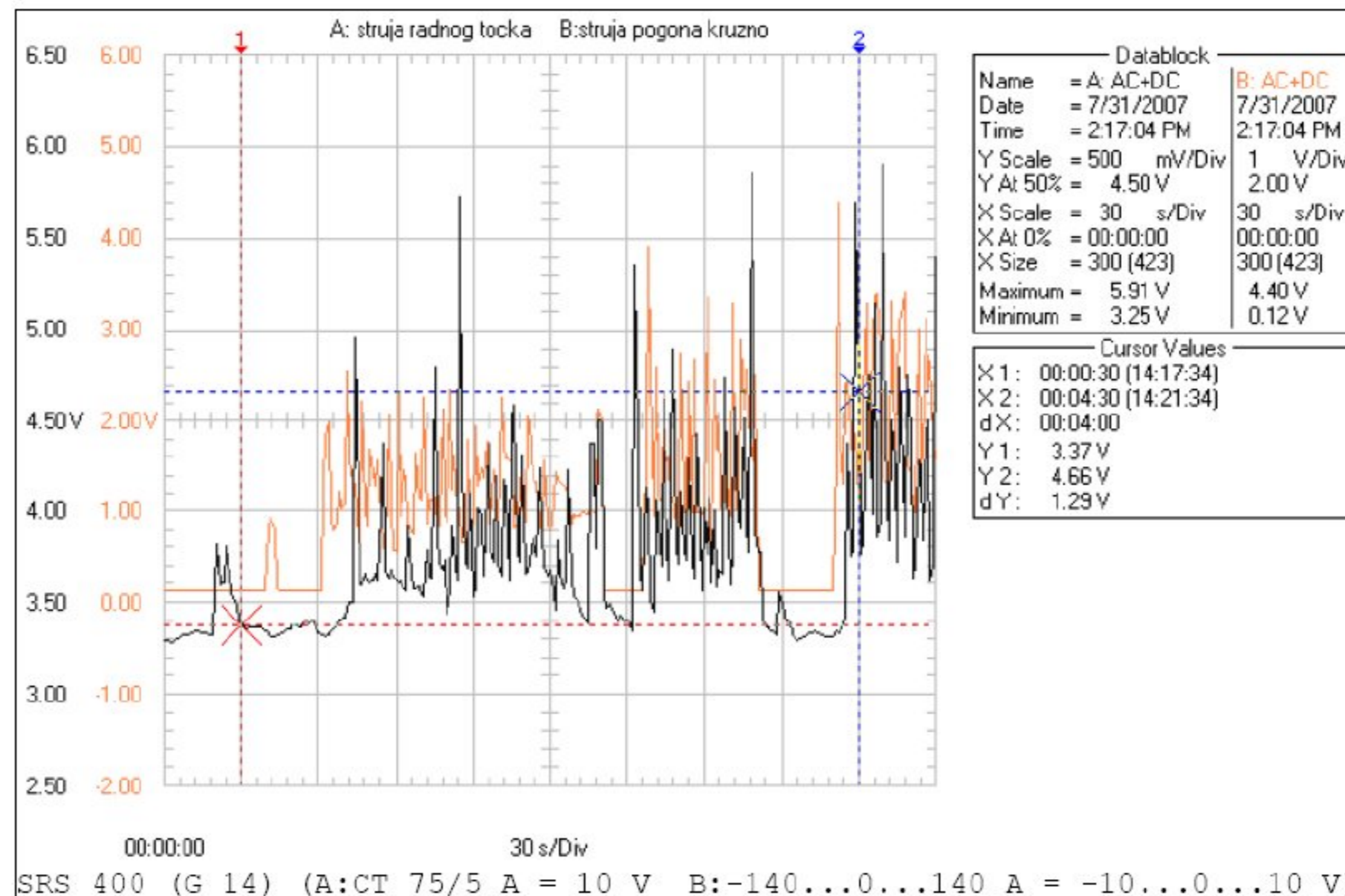
- sva ubrzanja odnosno brzine prelaze dozvoljene vrednosti, pogotovo na malim frekvencama, koje manifestuju stanje konstrukcije pogonske grupe,
- sledeće loše ponašanje se ogleda u tome što svi odzivi poseduju frekvencu od oko 25 Hz (prva pobudna frekvencija elektromotora), s tim što treba naglasiti da posebno loše ponašanje predstavlja poprečni i podužni odziv reduktora na oko 25 Hz sa visokim spektrom odziva,
- prisustvo velikih udara u sistemu za kopanje, pogotovo na mestu zadnjeg oslonca.

• **Merenje opterećenja pogona radnog točka i okreta gornje gradnje preko izmerene struje**

Merenje opterećenja pogona radnog točka i okreta gornje gradnje istovremeno, u funkciji je procesa otkopavanja odnosno utvrđivanja specifičnog otpora na kopanje, ali i stvarne snage koja se koristi pri procesu.

Elektromotori, kao motori za pogon radnog točka, izloženi su u radu promenljivom opterećenju, koje varira od opterećenja praznog hoda do maksimalnih (vršnih) opterećenja. Do ovoga dolazi zbog anizotropije materijala koji se otkopava i diskontinualnog rasporeda vedrica po obimu rotornog točka – ovo se može smatrati najčešćim uzrocima.

Ova promenljivost iziskuje poseban režim merenja snage koja se troši u procesu kopanja, a taj poseban režim je u stvari kontinualno merenje pomoću posebnog uređaja za merenje struje, određene brzine. Na slici 9 dat je jedan karakterističan dijagram merenja struje na pogonu radnog točka i na pogonu kružnog kretanja gornje gradnje bagera SRs400.



Slika 9. Dijagram merenja struje na pogonu radnog točka i na pogonu kružnog kretanja gornje gradnje

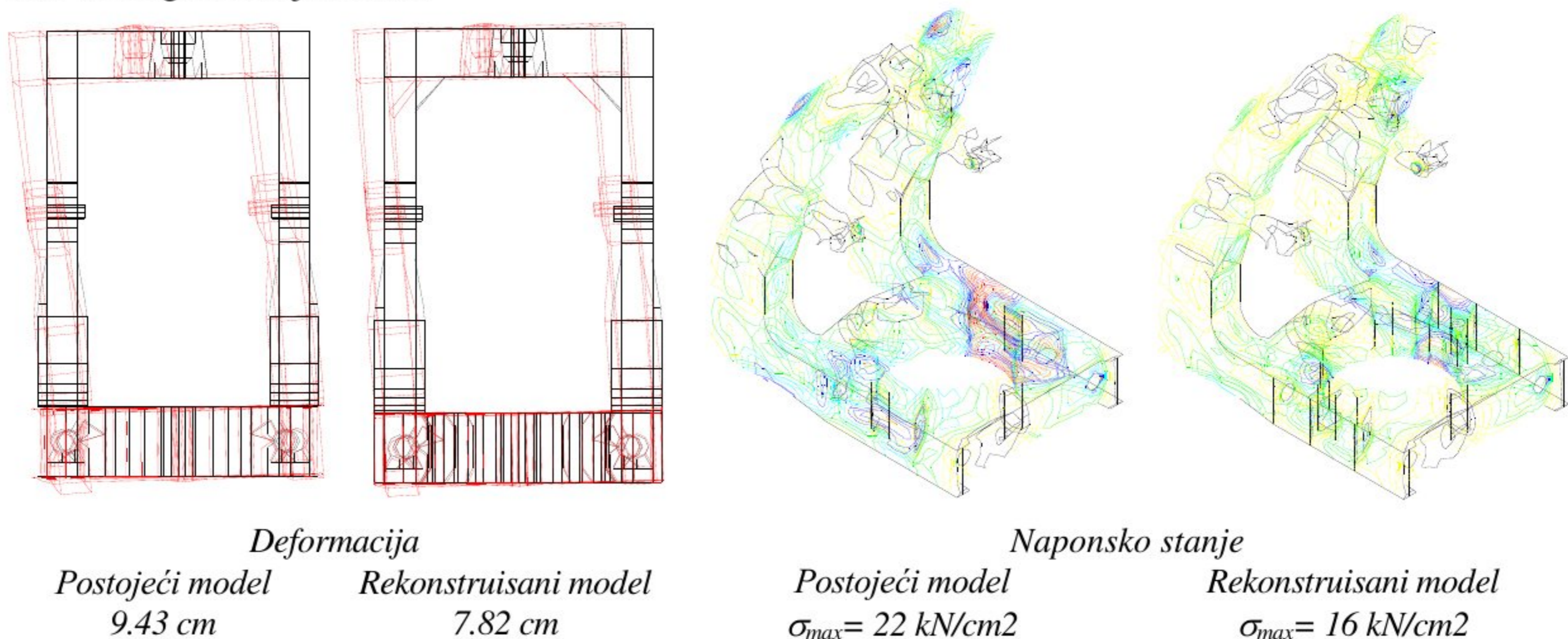
Merenjem na radnom točku, došlo se do sledećih parametara:

- maksimalni otpor na kopanje: 620 N/cm,
- srednji maksimalni otpor na kopanje se kreće u dijapazonu 520 – 620 N/cm,
- specifična rezna sila razvijena na kofici radnog točka: 910 N/cm.

Za date radne uslove, za datu, relativno malu visinu podetaže na kojoj je bager radio (2.5m), specifični otpor se kreće u granicama koje nisu predstavljale problem prilikom kopanja, sa aspekta specifične rezne sile bagera. Specifična potrošnja energije je relativno velika za performanse radnog točka i pogona bagera SRs400. Ona se kreće u dijapazonu od 0.17 do 0.23 kWh/m³ (prosečne vrednosti). Na osnovu ovoga se može konstatovati loša geometrija, položaj i broj reznih elemenata (zuba) na kofici, ali i sama geometrija kofice.

• Utvrđivanje opterećenja, izrada modela i proračun metodom konačnih elemenata

Proračun konstrukcije rotornog bagera treba da pruži odgovor da li postojeća konstrukcija ima dobro statičko i dinamičko ponašanje. Ukoliko konstrukcija nema dobro ponašanje, mogu se razmatrati dalji koraci u rekonstrukciji rotornog bagera. Na slici 10 dati su dijagrami deformacija i naponskog stanja čelične konstrukcije gornje gradnje rotornog bagera SchRs800 na PK "Drmno". Izmene koje su predviđene mogu se smatrati kao znatna poboljšanja noseće konstrukcije bagera uz napomenu da su neka rešenja trajne prirode, odnosno konačna rešenja. Datim rešenjem maksimalni napon globalno je smanjen za oko 27%, ublažena je koncentracija napona, smanjena je površina na kojoj je prisutna koncentracija napona i rasterećena je donja ploča i cilindar.



Slika 10. Dijagrami deformacija i naponskog stanja čelične konstrukcije gornje gradnje rotornog bagera SchRs800

4. Zaključak

Umesto zaključka, u narednom tekstu se navode planirani i realizovani projekti odnosno izvedene revitalizacije i rekonstrukcije na rotornim bagerima Elektroprivrede Srbije (PD "TE-KO Kostolac"), gde su korišćene dijagnostičke metode u cilju revitalizacije rotornog bagera.

- **Revitalizacija, rekonstrukcija i modernizacija bagera SRs1300.25/6 u sklopu IV BTO sistema PK "Drmno"**

Predlog rekonstrukcije bagera je obuhvatao sledeće: rekonstrukcija, modernizacija sistema za kopanje bagera SRs1300.25/6 (rekonstrukcija radnog točka, zamena reduktora i ugradnja novog frekventno regulisanog pogona), rekonstrukcija transporta bagera SRs1300.25/6



(zamena reduktora i pogona frekventno regulisanim motorima), zamena velikog obrtnog ležaja – *kugelbahn* (aktivnost ostavljena za naredni period), zamena ozubljenog venca za kružno kretanje gornje gradnje bagera (aktivnost ostavljena za naredni period), zamena pogona za kružno kretanje bagera i odlagača frekventno regulisanim pogonima (aktivnost ostavljena za naredni period), zamena kompletnog sistema upravljanja na svim mašinama na BTO sistemu – novim savremenim sistemom na bazi primene PLC-a, zamena svih otkočnika na sistemu. Najbitiniji element ove revitalizacije i modernizacije je supstitucija pogona radnog točka. Na slici 11 dat je izgled glave radnog točka pre i posle zamene, odnosno reduktor ASUG – Dessau zemenjen je reduktorom proizvođača FLENDER. Realizacija je izvedena tokom 2004. godine.



Slika 11. Pogon radnog točka rotornog bagera SRs1300.26/5 pre i posle rekonstrukcije

- **Rekonstrukcija pogona radnog točka rotornog bagera SRs2000.28/3 na PK "Drmno"**

Rešenje koje je dato, je da se umesto postojećeg reduktora za pogon rotornog točka snage 2x500 kW, koji je evidentno stvarao probleme, montira nov reduktor snage 2x670 kW, koji je istovetan kao na novom bageru SRs2000.32/5, a pokazao se kao dobro rešenje. Samim tim se postiže i kvalitetnije održavanje, jer je izvršena unifikacija reduktora za pogon rotornog točka na dva bagera: SRs2000.28/3 i SRs2000.32/5. Osnovna vizuelna razlika između ovih reduktora je dispozicija motora za pogon reduktora: kod postojećeg reduktora pogoni su sa strane, a kod novog pogoni su spređa. Analizom tehničkih parametara oba prenosnika u adekvatnim eksploatacionim uslovima, ovom izmenom znatno se uvećava

pouzdanost sistema pogona kopanja, koja je prema procenama oko 40%. Uvođenjem pomoćnog membranskog oslonca između šupljeg i punog vratila značajno se povećava pouzdanost rada vratila pri prenosu obrtnog momenta, odnosno mogućnost otkaza ovog sistema u prenosu momenta uvijanja je smanjena. Ovo je potpuno nov koncept oslanjanja reduktora na osovinu radnog točka što je prvi put primenjeno na rotornim bagerima u Srbiji. Realizacija projekta je bila 2003. godine.

- **Rekonstrukcija noseće konstrukcije bagera SchRs800 na PK "Drmno"**

Tokom rada ovog bagera od 1995. godine evidentirani su mnogobrojni nedostaci i problemi u radu koji su i inače karakteristični za ovaj tip bagera (kompaktni), a vezani su pre

svega na veliku instalisani snagu (silu kopanja) u odnosu na konstrukciju, uvođenje prevelike sile preko hidrauličnog cilindra u zonu obrtnog ležaja, loš raspored dijagonala i prevelik napon u konstrukciji. Ako se ovome doda da pri montaži bagera nisu u potpunosti ispoštovani strogi zahtevi vezani za kvalitet izrade i montaže koji su neophodni za kvalitetan rad ovih mašina, onda je jasno zbog čega su se u eksploataciji javili brojni problemi: oštećenje obrtnog ležaja gornje gradnje bagera, kidanje zavrtnja u obrtnom ležaju gornje gradnje, pucanje plašta kružne “kace”, znatna oštećenja reduktora za pogon okretanja gornje gradnje, pucanje noseće čelične konstrukcije centralnog stuba, oštećenja oba ležaja strele rotornog točka, kidanje dijagonala i dr.

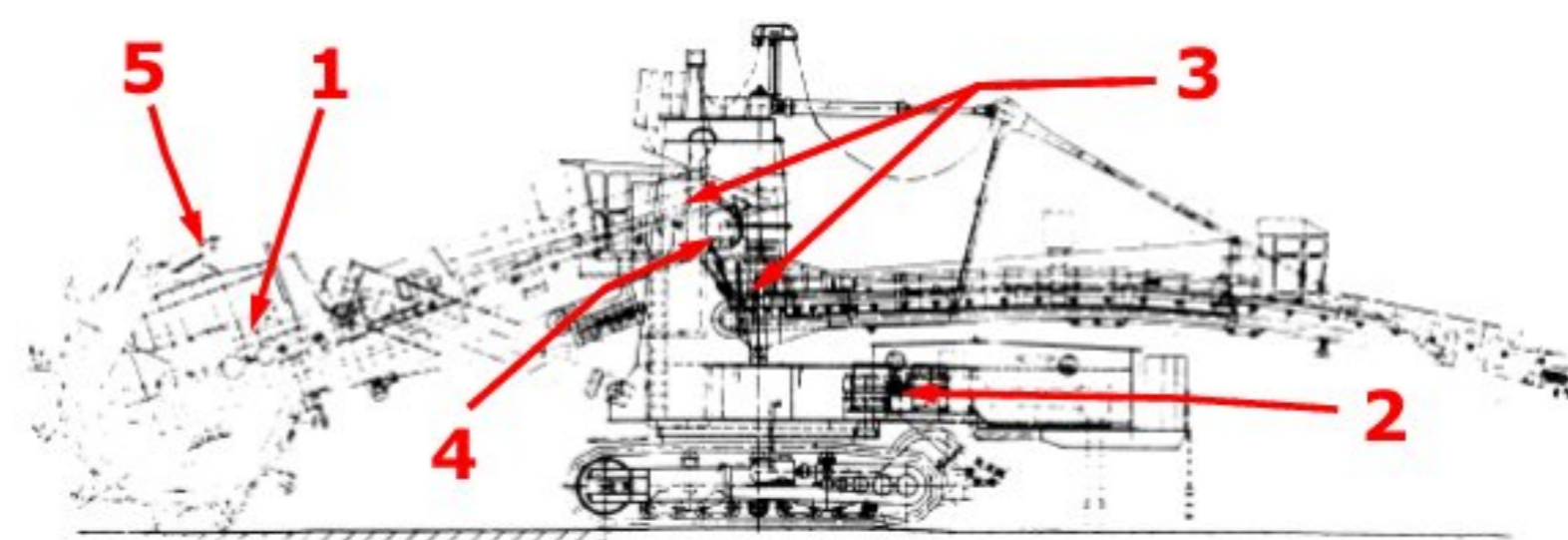
Sanacijom kritičnih pozicija, došlo se do produženja veka konstrukcije bagera, što se i pokazalo u eksploataciji. Ova rekonstrukcija je dala rešenja sanacije centralnog stuba i kace, pri čemu je maksimalni napon globalno je smanjen za oko 27%, ublažena je koncentracija napona, smanjena je površina na kojoj je prisutna koncentracija napona, i rasterećena je donja ploča i cilindar.

Realizacija projekta je bila tokom 2002. godine na PK “Drmno”.

• **Revitalizacija rotornog bagera SRs400.14/1.0(500kW) – interni broj 14 (predlog na osnovu urađenog projekta)**

Na osnovu opsežnih ispitivanja na bageru SRs400, definisani su pravci delovanja revitalizacionih postupaka (slika 12):

1. zamena starog reduktora pogona radnog točka i elemenata prenosa obrtnog momenta novim kombinovanim planetarnim reduktorom sa momentnom polugom i prilagođenim elementima;
2. sanacija oslanjanja odnosno položaja reduktora okreta gornje gradnje;
3. zamena starih reduktora pogona traka i elemenata prenosa obrtnog momenta novim, prilagođenim elementima; rekonstrukcija načina veze i oslanjanja; instalisana snaga motora 160 kW;
4. sanacija uležištenja katarke radnog točka; montaža novih kliznih ležajeva (teflon) i dovođenje sklopa u ispravno, projektovano stanje;
5. zamena kofica i reznih elemenata sa novim redizajniranim, i ostvarivanje novog načina veze sa radnim točkom.

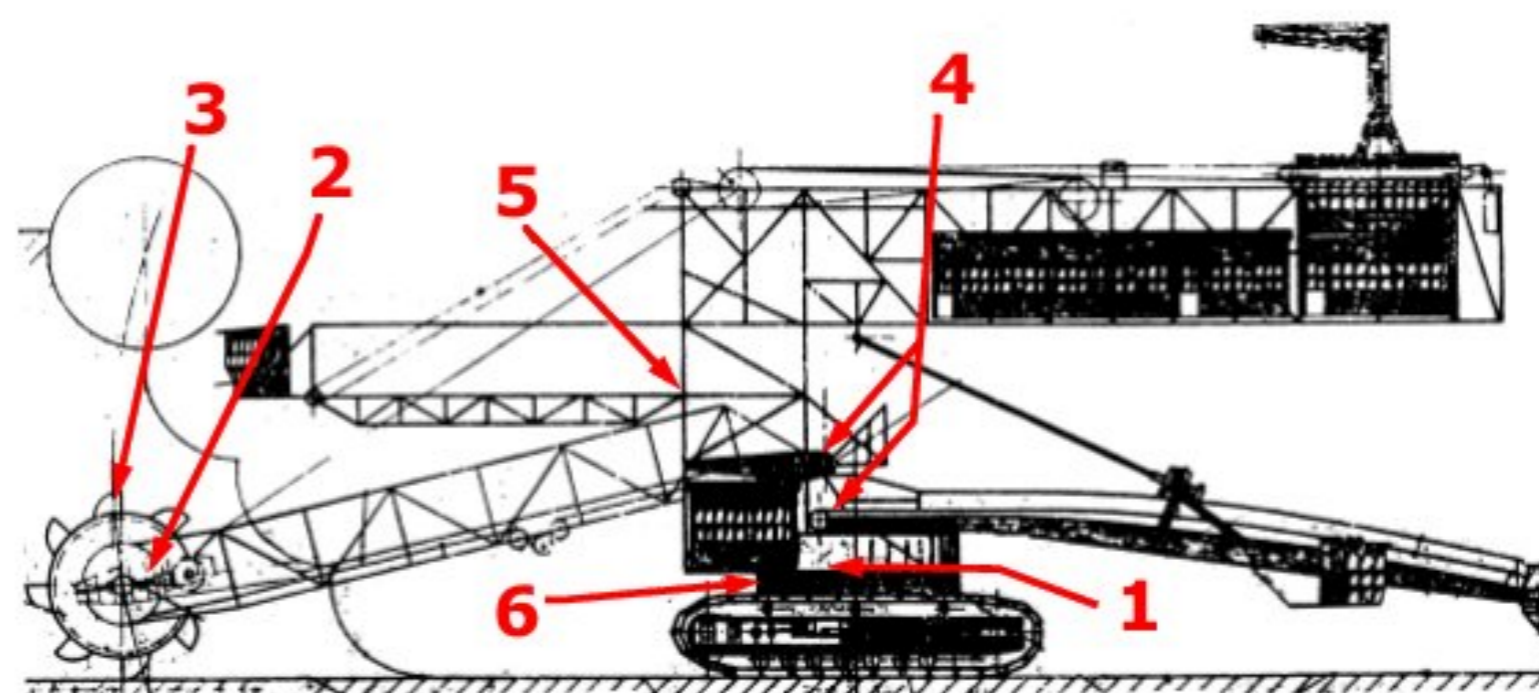


Slika 12. Pravci delovanja revitalizacionih postupaka na bageru SRs400

• **Revitalizacija rotornog bagera SRs470.20/3.0(250kW) – interni broj 12 (predlog na osnovu urađenog projekta)**

Takođe, na osnovu ispitivanja na bageru SRs470, definisani su pravci delovanja revitalizacionih postupaka (slika 13):

1. demontaža centralne osovine i rekonstrukcija uležištenja;
2. zamena starog reduktora pogona radnog točka i elemenata prenosa obrtnog momenta novim kombinovanim planetarnim reduktorom sa momentnom polugom i prilagođenim elementima;
3. zamena kofica i reznih elemenata sa novim redizajniranim, i ostvarivanje novog načina veze sa radnim točkom;
4. zamena starih reduktora pogona traka i elemenata prenosa obrtnog momenta novim, prilagođenim elementima; rekonstrukcija načina veze i oslanjanja; instalisana snaga motora 160 kW;
5. rekonstrukcija naprsline u gornjem delu (čvorišta) strele kabine bageriste;
6. zamena kuglbana (obrtno-oslonog ležaja) sklopa okreta gornje gradnje.



Slika 13. Pravci delovanja revitalizacionih postupaka na bageru SRs470

LITERATURA

- [1] Realizovani i izvedeni projekti Rudarsko-geološkog fakulteta iz Beograda, Katedre za mehanizaciju rudnika, za kompaniju PD "TE-KO Kostolac", PK "Drmno", period realizacija 2002-2007.
- [2] Jovančić, P., Ignjatović, D., Maneski, T., (2007), Behaviour diagnostics of drive units on bucket wheel excavators, Vodeći nacionalni časopis "Konstruisanje mašina" – "Journal of Mechanical Engineering Design", Vol. 10, No. 1-2007, izdavač ADEKO – Association for Design, Elements and Constructions, University of Novi Sad, faculty of Technical Sciences, str. 33-41, ISSN 1450-5401, UDK 62-1/8
- [3] Jovančić, P., Tanasijević, M., (2006), Diagnostic model of behavior on the gear-box of the bucket wheel excavator, Proceedings II International conference "Power transmissions 2006", Balkan Association for Power Transmissions, Faculty of Technical Sciences Novi Sad, Serbia, str. 239-244, ISBN 86-85211-78-6
- [4] Ignjatović, D., Jovančić, P., Maneski, T., (2006), Diagnostics of behaviour of drive units on mining machines, Mine planning and equipment selection MPES 2006, vol.1, Torino, Italy, str. 107-112, ISBN 88-901342-4-0
- [5] Jovančić, P., Tanasijević, M., (2006), Dijagnostika ponašanja pogona rotornog točka, Naučno-stručni časopis Tehnička dijagnostika, godina V, broj 3-4, Beograd, str. 17-22, ISSN 1451-1975
- [6] Jovančić, P., (2007), Dijagnostika ponašanja pogonskih grupa na rudarskim mašinama, Naučno-stručni časopis IIPP – Istraživanja i projektovanja za privredu, godina V, broj 16/2007, str. 27-32, ISSN 1451-4117, UDC 33, COBISS.SR-ID 108368396
- [7] Studija "Produžetak radnog veka osnovne opreme na površinskim kopovima uglja EPS-a – I faza Rotorni bageri", RGF Beograd, 2004.
- [8] Jovančić, P., (2007), Doktorska disertacija "Dijagnostika ponašanja pogonskih grupa na rotornom bageru u cilju njihove revitalizacije", RGF Beograd

SUMMARY

DIJAGNOSTIKOVANJE STANJA I PONAŠANJA ROTORNIH BAGERA U CILJU NJIHOVE REVITALIZACIJE

Dijagnostika stanja i ponašanja je od presudnog značaja za donošenje pravilnog stava o radu i održavanju rotornog bagera, odnosno svih komponenti bagera, od čelične konstrukcije pa do pogonskih grupa. Da bi jedan rotorni bager zadržao ili poboljšao svoje performanse u određenom vremenskom intervalu, mora proći kroz revitalizacione procese koji su bazirani na različitim dijagnostičkim metodama ispitivanja. Pojedine metode ispitivanja biće prikazane u ovom radu. Realizovano je nekoliko projekata sa aspekta rekonstrukcija i revitalizacija rotornih bagera kostolačkih kopova, zajedničkim angažovanjem RGF-a iz Beograda, odnosno Katedre za mehanizaciju i kompanije "Kostolac". Naveden je samo jedan broj urađenih poslova koji su podigli ili u krajnjem slučaju zadržali performanse bagera u cilju što boljeg kapacitetnog i vremenskog iskorišćenja osnovne rudarske mehanizacije.

Ključne reči: dijagnostika, rotorni bager, revitalizacija.