

ELEKTRANE 2010

Vrnjačka Banja 26 - 29. 10. 2010. god.

PARNE TURBINE I MOGUĆNOSTI PRODUŽENJA RADNOG VIJEKA

STEAM TURBINES AND THE POSSIBILITY OF REVITALIZATION

**Zdravko N. Milovanović, Vinko Babić*, Svetlana Dumonjić-
Milovanović****

*Univerzitet u Banjoj Luci, Mašinski fakultet Banja Luka,
Stepe Stepanovića 71, 78000 Banja Luka*
Partner inženjering Banja Luka***

1. UVOD

RADNI VIJEK POČINJE KADA JE ROĐENA IDEJA O NOVOJ PARNOJ TURBINI, A ZAVRŠAVA SE U TRENUTKU KADA JE ONA POVUČENA IZ UPOTREBE.

ANALIZA RADNOG VIJEKA PREDSTAVLJA SISTEMATIČAN I ANALITIČKI PRILAZ ZA UTVRĐIVANJE RESURSA POTREBNIH ZA PODRŠKU PROCESIMA PROJEKTOVANJA, PROIZVODNJE, KORIŠĆENJA I POVLAČENJA IZ UPOTREBE.

ANALIZA RADNOG VIJEKA JE ALAT ZA INŽENJERSTVO RADNOG VIJEKA, ČIJI SU GLAVNI CILJEVI: UTICAJ NA PROJEKTOVANJE SA ASPEKTA RADNOG VIJEKA, IDENTIFIKOVANJE I KVANTIFIKOVANJE UKUPNIH RESURSA KOJI SE ODOSE NA PROCESSE RADNOG VIJEKA, KAO I ANALITIČKO UPRAVLJANJE AKTIVNOSTIMA PROCESA RADNOG VIJEKA.

NEZAOBILAZAN DIO RADNOG VIJEKA PREDSTAVLJA I PRODUŽENJE RADNOG VIJEKA (REVITALIZACIJA), REKONSTRUKCIJA I MODERNIZACIJA PARNE TURBINE, ODNOSNO POSTUPAK PRODUŽENJA RADNOG VIJEKA OVIH OBJEKATA SA MODERNIZACIJOM I REKONSTRUKCIJOM, UZ DODATNO POBOLJŠANJE TEHNIČKO TEHNOLOŠKE, EKONOMSKE I EKOLOŠKE PRIHVATLJIVOSTI. OVAJ POSTUPAK PO SVOJOJ STRUKTURI JE IZUZETNO KOMPLEKSAN I ČESTO SE POREDI SA RANGOM REALIZACIJE NOVE PARNE TURBINE. OVAKAV SISTEMSKI I SVEOBUHVAATNI POSTUPAK NA DIJELU ILI POSTROJENJU PARNE TURBINE U CJELINI, PREDSTAVLJA NEZAOBILAZAN I LOGIČAN PROCES U RADNOM VIJEKU OBJEKTA.

Održavanje tokom radnog vijeka sistema parne turbine objedinjuje niz pratećih aktivnosti, počev od ideje i definisanja koncepta, ocjene njihove ekonomičnosti, realizacije, eksploatacije, pa sve do otpisa sistema iz upotrebe.

Osposobljavanje sistema za održavanje, kroz projektovanje na osnovama održavanja, uslovljeno je razvojem proizvodnih snaga društva i ima za cilj produženje radnog vijeka, uz ostvarivanje optimalnijih veza tehničko-tehnoloških i ekonomskih svojstava.

2. RADNI VIJEK, ODRŽAVANJE I POUZDANOST SISTEMA PARNE TURBINE

Povezanost procesa reinženjeringa na održavanju parne turbine sa osnovnom i pratećom pomoćnom opremom, s ciljem ostvarenja odgovarajućih prednosti i poboljšanja pouzdanosti sistema data je kroz slijedeće karakteristične elemente: **analiza troškova vezanih za održavanje i gotovost odnosno raspoloživost parno turbinskog sistema** (kao jedne od bitnijih karakteristika efektivnosti), **određivanje opštih aspekata vezanih za motive i opravdanost revitalizacije**, kao i **obim i definisanje najoptimalnijeg termina za realizaciju tog procesa**, [1]. Posebno treba izdvojiti uticaj karakteristika pouzdanosti i raspoloživosti objekta ovog sistema na primjenu principa reinženjeringa kroz proces održavanja parne turbine u cjelini, odnosno na sistemski pristup revitalizaciji pojedinih njegovih kapaciteta.

Sigurnost parnih turbina kao dijela složenog termoenergetskog sistema, može se razmatrati sa dva aspekta. Prvi i najvažniji aspekt je **zaštita rukovaoca (čoveka) od povreda u toku rada sistema**. Drugi aspekt je **zaštita same parne turbine od oštećenja prouzrokovanih delovanjem spoljašnjih uzroka**. Prednost u proučavanju daje se sigurnosti operatera.

Uzroci neželjenih (štetnih) događaja predstavljaju stohastičke pojave, jer su zavisni od niza određenih ali i slučajnih faktora, čije dejstvo se najčešće ne može u potpunosti sagledati. Preventivnim mjerama na neki način planiraju se aktivnosti suzbijanja i mogućih reagovanja na ovu grupu faktora.

S druge strane, sa povećanjem složenosti tehničkih sistema, kakav je parna turbina, kao prateći problem javlja se problem njihove optimalne funkcionalnosti, posebno ako se zna da takvi sistemi često mogu prouzrokovati velike ekonomske gubitke ili ugroziti bezbjednost šireg makroregiona i ljudi koji ih opslužuju.

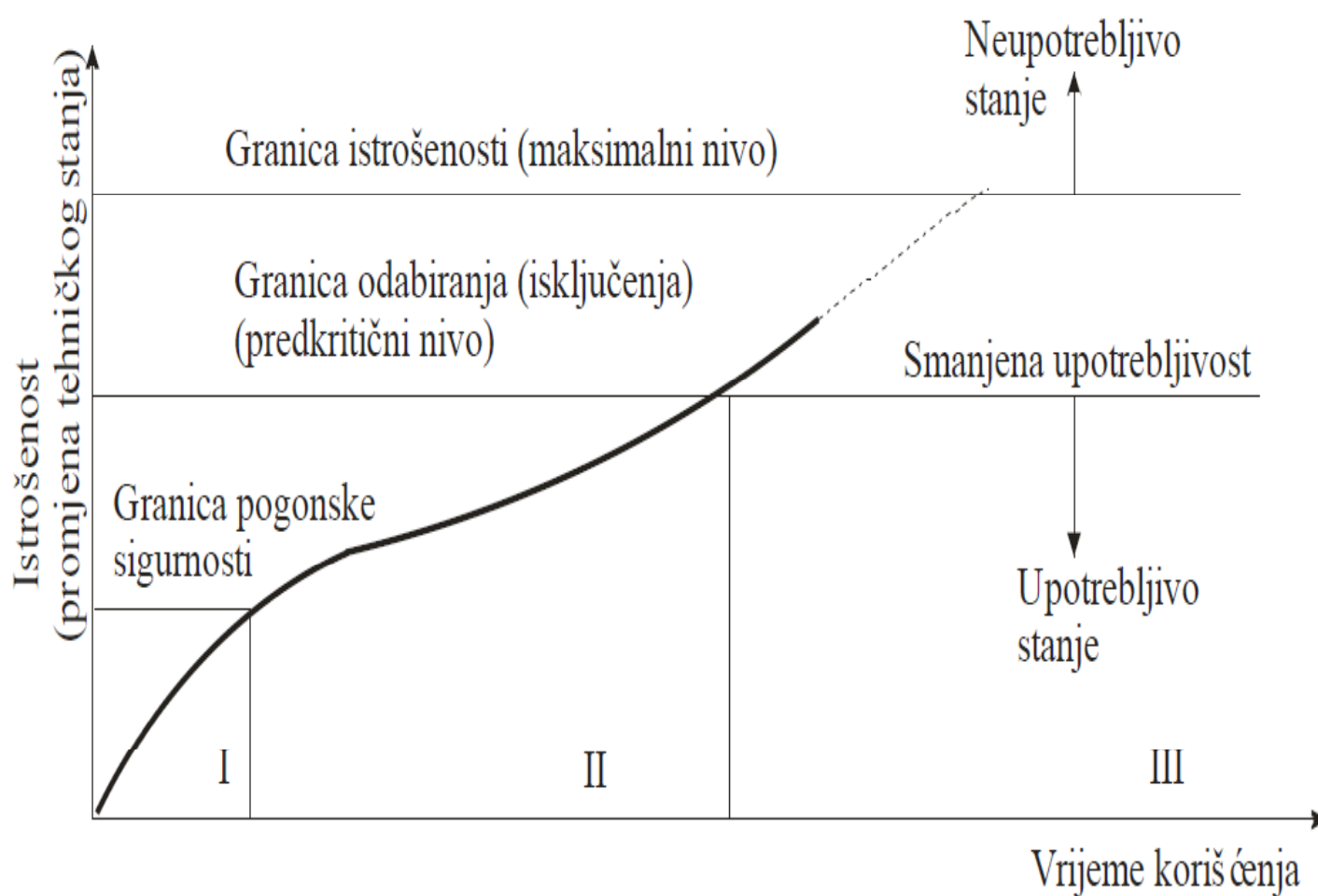
Definisanje osnovnih karakteristika pouzdanosti turbinskih postrojenja u teorijskim i praktičnim razmatranjima predstavlja polaznu osnovu za davanje prognoze ili ocjene ispravnosti sistema parne turbine u cjelini, preostalog njegovog radnog vijeka ili vijeka najkritičnijih njegovih elemenata i definisanja preventivnih korektivnih mjera i ocjenu opravljivosti, tj. određivanje vjerovatnoće da se posmatrani dio ili sistem parne turbine u cjelini dovede iz stanja u otkazu u stanje u radu u što kraćem vremenskom periodu.

2.1. Kriterijumi za utvrđivanje strategije održavanja parnih turbina

Prilikom donošenja odluke o vrsti strategije održavanja za konkretnu parnu turbinu neophodno je prethodno odrediti osnovni cilj (najčešće, minimizacija zastoja ili poboljšanje efikasnosti tokom eksploatacije, uz smanjenje gubitaka).

Kod izbora strategije održavanja potrebno je u obzir uzeti i druge parametre, od kojih se posebno ističu: rezultati analize važnosti opreme, zahtjevi za pouzdanost i raspoloživost u radu opreme, struktura uzroka oštećenja i otkaza, posljedice pojave oštećenja i otkaza, raspoloživi kadrovi i zahtjev za obezbjeđenje minimalnih troškova, [4].

- Nakon definisanja strategije održavanja (pristupa održavanju), neophodno je definisati i tehnološke procese održavanja (Maintenance Technology), s ciljem realizacije zacrtanih ciljeva odgovarajućom strategijom održavanja. Ovo podrazumijeva razradu same tehnologije održavanja, poznate principe izvođenja snimanja otkaza i samih popravki, utvrđivanje i dijagnostiku različitih parametara kojim se definiše stanje sistema parne turbine, kao i definisanje određenih reparaturnih tehnologija za popravku oštećenih dijelova, podmazivanje i antikorozivnu zaštitu i dr.
- **Samo sprovođenje održavanja prema stanju zasnovano je na kontroli tehničkog stanja u određenim vremenskim intervalima, nezavisno od stepena oštećenosti sastavnog dijela i/ili sistema u cjelini, a nakon toga, u zavisnosti od utvrđenog stanja, vrši se njegova zamjena ili opravka ili pak element ostaje i dalje u proizvodnji.** Praćenje (kontrola) tehničkog stanja sistema sa ciljem izvršenja aktivnosti održavanja može se identifikovati sa praćenjem stanja u sistemu u cilju vođenja optimalnog procesa.
- **Rezultat svake tehničke dijagnostike mora biti odluka o daljoj upotrebljivosti sastavnog elementa ili sistema u cjelini** (dio za ponovnu ugradnju, dio za popravku i ponovnu ugradnju, dio mora biti izbačen iz dalje upotrebe). Da bi se bilo kakva odluka mogla uopšte donijeti, neophodno je prije svega poznavanje dozvoljenih granica istrošenosti, a zatim i ostalih uslova datih na slici 1. Granica istrošenosti je u stvari granica između pogonske upotrebljivosti elementa ili sistema i njegove oštećenosti.



Legenda:

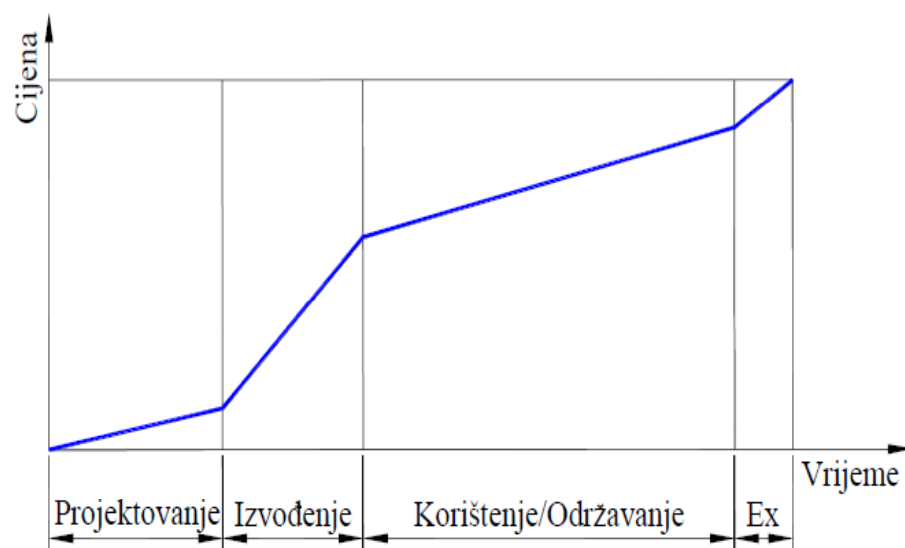
- I - Zona početne kontrole (period uhodavanja),
- II - Zona održavanja prema stanju,
- III - Zona intenzivne promjene stanja

Sl.1. Granice tehničkog sistema za prognozu ponašanja parne turbine, [5]

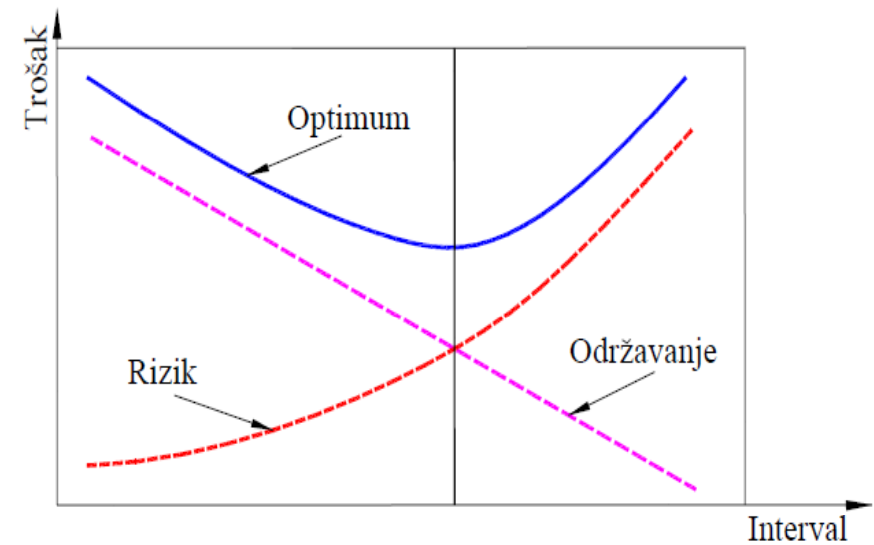
2.2. Odnos troškova i intervala održavanja

Obnavljanje pojedinih elemenata parne turbine, nakon određenih slučajnih i determinističkih intervala vremena, predstavlja zajedničku karakteristiku većine strategija održavanja. Pri tome dolazi do raščlanjavanja procesa njihovog funkcionisanja na određene cikluse, odnosno stohastički ekvivalentne intervale što se tiče dužine trajanja i pratećih direktnih troškova održavanja i indirektnih troškova (štete i gubici prouzrokovani zbog same pojave i dužine trajanja zastoja usled evidentiranog otkaza), [5]. **Troškovi u okviru radnog vijeka parne turbine predstavljani su ukupnim troškovima nastalim tokom njegovog vijeka trajanja, slika 2.** Njihov nastanak je još u fazi projektovanja i razrade projektne dokumentacije, da bi intenzivnije rasli pri samom izvođenju. **U toku korišćenja i pratećeg održavanja imaju umjereniji rast, a završavaju se isključivanjem parne turbine iz procesa rada i njegovim uklanjanjem sa mikrolokacije, uz prateće saniranje životne sredine. Troškovi zavise i od intervala održavanja, odnosno od nivoa pouzdanosti parne turbine u cjelini i usko su povezani sa mogućim rizicima.**

- **Ukoliko se intervali između pojedinih intervencija održavanja na parnoj turbini povećavaju, direktni troškovi održavanja opadaju, uz porast rizika od iznenadnih otkaza (indirektni troškovi održavanja), slika 3. Treba napomenuti da u energetske-procesnoj tehnici, intervali zavise i od nekih dodatnih zahtjeva koji nisu u direktnoj vezi sa održavanjem parne turbine (rad hijerarhijski nadređenog sistema, osiguranje proizvodnje u željenom razdoblju, izbjegavanje remontnih radova tokom zime, turistička sezona i dr.)**



Sl.2. Uticaj dijelova radnog vijeka parne turbine na troškove, [4]



Sl.3. Prikaz odnosa troškova i intervala održavanja sistema parne turbine, [5]

3. PRODUŽENJE RADNOG VIJEKA TURBINSKIH POSTROJENJA

Produženje radnog vijeka (revitalizacija) postrojenja parne turbine realizuje se najčešće paralelno sa rekonstrukcijom i modernizacijom ostalih postrojenja na elektrani, uz povišenje stepena korisnosti i nivoa pouzdanosti, kao i povećanje snage termoenergetskim postrojenjima. Pri tome, revitalizacija, rekonstrukcija i modernizacija na termoenergetskim postrojenjima su u većini slučajeva međusobno usko povezane i najčešće se izvode istovremeno.

Sam proces planiranja i sprovođenja procesa revitalizacije i same eksploatacije postrojenja u okviru višeg hijerarhijskog sistema (EES), **realizuje se sa ciljem dostizanja visokog nivoa pogonske sigurnosti, što podrazumijeva definisanje i otkrivanje mogućih izvora nepouzdanosti, uz definisanje mjera za otklanjanje i ublažavanje njihovih efekata, a kao kriterijum koristi se najčešće ekonomski kriterijum.** Rekonstrukcijom se termoenergetsko postrojenje značajno mijenja (mijenja se toplotna šema, vrše promjena funkcije rada (npr. kondenzaciona termoelektrana se mijenja u termoelektranu-toplanu, uvodi tehnološko regulisano oduzimanje i sl.), kao i promjene proistekle iz neizbježne modernizacije termoenergetskog postrojenja (povećanje tehničko-ekonomske efektivnosti proizvodnje, poboljšanje eksploatacionih karakteristika, povišenje SKD pojedinih postrojenja i sistema u cjelini, povišenje pouzdanosti i sigurnosti u eksploataciji, itd.), [5]

3.1. Metodologija ispitivanja i određivanja preostalog radnog vijeka konstruktivnih dijelova turbinskog postrojenja

U stohastičnim ponašanjima složenih tehničkih sistema sa velikim brojem sklopova, podsklopova i njihovih komponenti, kakav je sistem parne turbine, buduće stanje nije određeno samo početnim stanjem i načinom upravljanja. Zbog toga metode za procjenu optimalne pouzdanosti na bazi ekonomskog kriterijuma, dobijaju svoju ulogu u procesima projektovanja i planiranja izrade, korišćenja i održavanja sistema, kao i njegovih dijelova. Takođe, **primjena metoda teorije vjerovatnoće i matematičke statistike na bazi istorije podataka o otkazima, veoma je značajna za donošenje trajnih odluka u sistemu održavanja, što daje mogućnost pravovremenih djelovanja, uz adekvatno snižavanje troškova održavanja.**

Zamor materijala, nastao usljed postojanja visoke temperature i pritiska u toku dužeg vremenskog perioda (zamor tokom vremena), osnovni su uzrok isteku radnog vijeka konstruktivnih dijelova turbinskog postrojenja. Svakako, pri tome zamor se javlja i kao posljedica njihovog širenja za vrijeme trajanja njihovog pogona (zamor u promjeni širenja). Stacionarna opterećenja od pritiska pare, stacionarne temperature razlike, stacionarna spoljašnja opterećenja, egzistiranje centrifugalne sile i apsolutne temperature tokom pogona - elementi su zamora usljed vremena (vremensko učešće).

S druge strane, **termička opterećenja** (posebno u nestacionarnim režimima rada: pokretanje, zaustavljanje, promjena snage), uz učešće skokovitog opterećenja parnim pritiskom, predstavljaju tzv. promjenljivo učešće. Konačni stepen zamora (iscrpljenosti) dobija se prema hipotezi linearnog superponiranja oštećenja prema proširenom pravilu Palmgrena i Minera.

Da bi rad parnih turbina sa pripadajućom opremom bio uspješan, neophodno je da se njene vitalne komponente odlikuju velikom pouzdanošću u radu. Polazeći od zajedničkog baznog dijagrama za sve elemente termoelektrane za fazu prikupljanja, sistematizacije i obrade pojedinih podataka i podataka o ranijoj istoriji postrojenja (Faza I) i faze ocjene integriteta i dalje eksploatacione upotrebljivosti (Faza III), **definiše se program ispitivanja za podsistem turbinskog postrojenja iz Faze I.** Slijedi obrada i analiza podataka, kao i korelacija sa podacima iz faze I, koja determiniše Fazu II za turbinsko postrojenje, različitu u odnosu na kotlovsko postrojenje u sklopu energetske blok termoelektrane, slika 4. Postoje i šeme procjene preostalog radnog vijeka prema preporukama proizvođača (KWU - Mülheim, LMZ, ABB, SIEMENS i sl.). Da bi se obezbijedila zahtijevana pouzdanost u radu parnih turbina i izbjegli mogući zastoji zbog otkaza pojedinih njenih komponenti, neophodno je sprovođenje određenih poslova održavanja (revizije i remont) i praćenje ponašanja materijala odnosno nadzor u toku rada turbine.

- Složenost problema ocjene preostalog radnog vijeka često se ilustruje kroz davanje pregleda uzroka razaranja i lomova konstrukcijskih dijelova parne turbine, tabela 1. Pri tome se osnovni pristup proračunu ne mijenja. Dopušteni napon se određuje ma osnovu mjerodavne karakteristike materijala i stepena sigurnosti.

Tab. 1. Prikaz osnovnih uzroka oštećenja i lomova konstrukcijskih dijelova parnih turbina

Razaranje kao posljedica grešaka u preradi	Razaranja kao posljedica pogrešne konstrukcijske primjene ili neodgovarajućeg materijala	Razaranje kao posljedica pogoršavanja eksploatacijskih uslova
Greške kao posljedica pogrešnog sastava: uključci, "krte nečistoće", nepogodan materijal	Žilavi lom (prekomjerne elastične ili plastične deformacije, sakupljanje šupljina ili smicajni lom)	Preopterećenja ili nepredviđeni uslovi opterećenja
Greške kao posljedica prerade: preklopi, pregibi, šavovi, vruće prslina, povećana lokalna plastična deformacija	Zamorni lom: ciklično opterećenje, ciklična deformacija, termička opterećenja, korozioni zamor, fretting zamor, malociklični zamor	Korozija: hemijska, naponska, korozioni zamor, grafitizacija livenih gvožđa, atmosferska kontaminacija
Nepravilnosti i greške pri mašinskoj obradi, brušenju ili presovanju: žljebovi, pregoretine, šupljikavost, rubovi, prslina, krtost	Visokotemperaturno razaranje: puzanje, oksidacija, lokalno topljenje, relaksacija	Nepostojanje održavanja ili loše održavanje ili loša repartura: zavarivanje, brušenje, netačno probijanje rupa, hladno ojačavanje
Greške kao posljedica zavarivanja: poroznost, podsjecanje, zaostali naponi, neprovar, nedovoljna penetracija	Zakašnjeli statički lomovi: vodonična krtost, kaustična krtost, lagani rast prslina stimulisan agresivnom sredinom	Dezintegracija zbog: dejstva hemijskih sredstava, dejstva tečnog metala, prevlačenja na povišenim temperaturama
Nepravilnosti pri termičkoj obradi: pregrijavanje, prslina kaljenja, rast zrna, višak zaostalog austenita, razugljeničenje, taloženje	Izražena koncentracija napona svojstvena konstrukciji	Radijacione povrede (nekada je neophodno zbog ispitivanja izvršiti dekontaminaciju, što može uništiti zdrav materijal i biti uzrok razaranju)
Greške usljed površinskog otvrdnjavanja: izdvajanje karbida po granicama zrna, meko jezgro, pogrešan termički ciklus	Netačna analiza napona ili nemogućnost proračuna napona u kompleksnom dijelu	Slučajne (neočekivane) okolnosti: nenormalna radna temperatura, jake vibracije, termički šokovi
Greške usljed površinske obrade: čišćenje, prevlačenje, hemijska difuzija, vodonična krtost		

A

↓

KLASIFIKACIJA KOMONENTI I PODSISTEMA PREMA KRITIČNOSTI

Podsystem	Kritična komponenta	Utičajna komponenta
Kotao	Bojler kotla Kolektor pregrijavača i međupregrijavača Kolektor ekonomskih cijevi Uzlazni kolektor ekonomskog Spajne cijevi Cijevi pregrijavača i međupregrijavača	Električne cijevi Spajne (posebne) cijevi Dimni kanali Uređaji za otpušivanje Uređaji za opsegljivanje
Sistem cjevovoda izvan kotlovnog postrojenja	Posud od tekuće pare Posud od tople pare Napejni vod	
Parna turbina	Rotor parne turbine Kučičke parne turbine Lopatice Ventili i ulaznice	Lopatice Dijelovi Rotor parne turbine Kučičke parne turbine
Generator	Ventilo rotora parne turbine Generatorski namotaji Sistemski izolacija Sistem za hladoenje	Lemovi na namotajima Bračica Regulator napona Izolacija i zaštitivanje
Ostalo	Pregledna mreža Nedostatak goriva	Elektroenergetski sistem (EES) Kotak Transport i priprema goriva

↓

↓

DEFINISANJE PROGRAMA ISPITIVANJA IZ FAZE I, OBRADA I ANALIZA PODATAKA, KORELACIJA SA PODACIMA IZ FAZE I

Naziv podsistema: Parna turbina (PT) i turbonapojna pumpa (TNP)

Komponenta	Parovoda	Nivo kritičnosti zavor	Rizik od pojave problema	Zavor za ispitivanje	Otkrivenje	Tranzivna točevija	Korazija	Mehanička oštećenja	Errorenje	Pravilnost zavor	Emisija	Identifikacija
Kučičke ventila i parovodni sile		⊗							⊗			
Parovodi	⊗	⊗						⊗	⊗			
Napejni cjevovodni sustavi	⊗	⊗						⊗	⊗			⊗
Diskovni rotor	⊗	⊗	⊗	⊗			⊗	⊗	⊗	⊗		
Lopaticice	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
Vjevi	⊗	⊗					⊗		⊗			

Mehanički oštećenja kod komponenti parne turbine i turbonapojne pumpe

Rotor parne turbine

1. Izrada podloga za izbor lokacije ucarivanja i broja uzoraka

- pregled ugrađenih materijala, njihovih dimenzija i parametara rada radnih i projektnih grejnih površina;
- analiza otkaza parnoturbinskog postrojenja;
- detaljan pregled rezultata prethodnih ispitivanja;
- utvrđivanje kritičnih komponenti cjevovodnog sistema, kao "uskog grla" za pojavu otkaza

2. Izbor mesta da ispitivanja, sa i bez razaranja materijala

Lopaticice

1. Izrada podloga za ispitivanja

- pregled istorijata rada postrojenja;
- detaljan pregled rezultata prethodnih ispitivanja;
- pregled rezultata određivanja naponskog stanja (ako postoje);
- definisanje kritičnih elemenata sa najvećim naponskim opterećenjem (lopaticice, diskovni rotor)

2. Izbor mesta da ispitivanja, sa i bez razaranja materijala

II FAZA

↓


B

Sl. 4. Definisavanje programa ispitivanja za podsistem turbinskog postrojenja - Faza II, [5]

- Treba istaći da turbine novije konstrukcije imaju ugrađene posebne sisteme koje onemogućuju nekontrolisani start i neželjene promjene snage. Takođe, u fazi konstruisanja je već izvršeno vrednovanje očekivanog broja startovanja, sa projekcijom ponašanja materijala u prvih 100000 *h*, odnosno 200000 *h* rada.

3.2. Produženje radnog vijeka (revitalizacija), rekonstrukcija i modernizacija parno turbinskog postrojenja

- Pouzdanost, kao vjerovatnoća da će sistem ispuniti zahtjevanu funkciju u određenim vremenskom periodu nakon revitalizacije i pod određenim uslovima, ima svoja četiri bitna faktora: **vjerovatnoću, zahtjevanu funkciju, vremenske periode i radne uslove**. Smanjenje sigurnosti i pouzdanosti pogona energetske objekata usljed eksploatacije, kroz proces njihovog neminovnog starenja, a koje prati postepeno pogoršanje radnih karakteristika, zahtjeva da se oni po isteku njihovog vijeka upotrebe zaustave ili revitalizuju, [3-6].

- 
- Kao primjer mogućih radova na revitalizaciji i rekonstrukciji parne turbine data je modernizacija turbine snage 125 *MW* instalisane u TE Plomin I, instalisane 1969. godine.
 - Turbinu je proizvela poljska kompanija ZAMECH (niski pritisak) i Jugoturbina Karlovac (visoki i srednji pritisak), a po licenci engleske kompanije Associated Electrical Industry - AEI.
 - Turbina je tokom eksploatacije imala dosta problema, zbog kojih je dolazilo do većeg broja neplaniranih zastoja, smanjenja raspoloživosti i produženja planiranih remontnih radova.

- U opštem slučaju, pri traženju neispravnosti razlikuje se *test dijagnostika* (karakteriše se mogućnošću davanja specijalnih dejstava) i *funkcionalna dijagnostika* (služi za provjeru radne sposobnosti sastavnih dijelova sistema u procesu njihovog rada). Metode mjerenja pri utvrđivanju tehničkog stanja sistema, koje predstavljaju skup posebnih postupaka pri kojima se definišu odnosi nekih izmjerenih veličina, mogu biti *apsolutne* (trenutno očitavanje apsolutne vrijednosti mjerene veličine) i (određivanje odnosa mjerene i unaprijed definisane neke druge *relativne* veličine) *metode mjerenja*, *direktne* (direktno očitavanje mjerene veličine) i *indirektne* (računsko ili neko drugo određivanje mjerene veličine na bazi očitane vrijednosti mjerenja) *metode mjerenja*, *kontaktne* (mjerni instrumenti u direktnom kontaktu sa mjerenom sredinom) i *beskontaktne* (bez fizičkog dodira mjernog instrumenta sa mjerenom sredinom) *metode mjerenja*, ili *diferencijalne* (kod kojih se određene veličine mjere posebno, a zaključak o traženoj mjeri se donosi na osnovu većeg broja rezultata mjerenja) i *kompleksne* (sa istovremenim očitavanjem podataka o više parametara) *metode mjerenja*.

2.3. Definisiranje zakonitosti nastanka otkaza parnih turbina

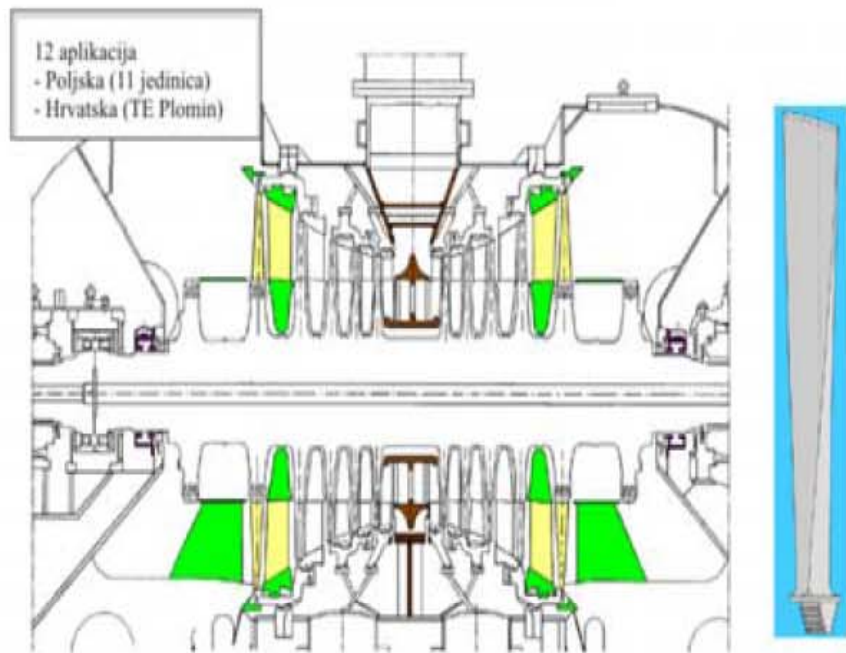
- **Otkaz sistema parne turbine se definiše kao prestanak mogućnosti nekog elementa turbine ili turbine u cjelini da vrši funkcije za koje je projektovan.** Smanjenje ili gubljenje radne sposobnosti tehničkog sistema tokom eksploatacije posljedica je dejstva različitih faktora (ugrađenih, slučajnih ili vremenskih), koji mijenjaju početne parametre sistema, izazivajući pri tome i različiti nivo oštećenja

- Determinisanje matematičkih modela obavlja se po **determinističkoj i stohastičkoj** metodi.
- Uzroci otkaza i havarija parnih turbina se najčešće dijele u tri grupe: **sistemska (ugrađeni)**, **slučajni** i **monotono djelujući ili vremenski uzroci** otkaza.
- U početnom periodu rada parne turbine obično se javljaju *sistemska ili ugrađeni otkazi sistema*, koji, pored ostalog, mogu biti: pogrešno projektovanje (loša konstrukcija sa grešakama u konstrukciji, greške kao posljedica pogrešnog izbora materijala i sl.), projektna pouzdanost, pojava projektnih napona, greške u izradi, greške nastale u montaži, greške kao posljedica podešavanja, termička obrada i zaostala termička naprezanja, propusti tehničke kontrole (nedovoljna kontrola i ispitivanje) i dr.

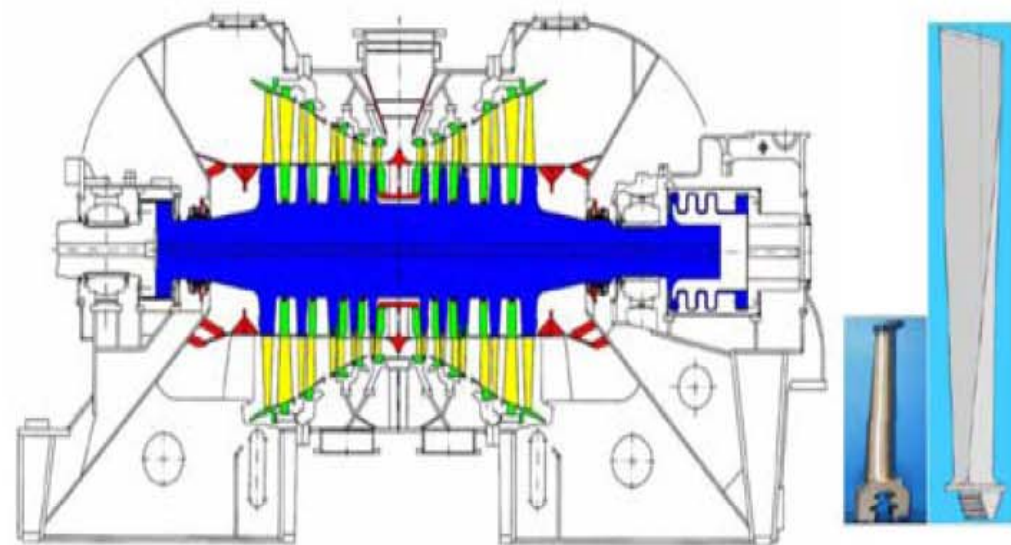
- Rezultati mnogobrojnih istraživanja i analize oštećenja na turbinama koje se nalaze u eksploataciji pokazali su podložnost češćem oštećivanju i otkazivanju (sa većom vjerovatnoćom) nekih dijelova turbine, dok je za druge elemente ta vjerovatnoća veoma mala (klasifikacija oštećenja dijelova prema kategorijama vjerovatnoće njihovog nastanka: *oštećenja sa velikom vjerovatnoćom nastanka*, zatim *oštećenja sa srednjom vjerovatnoćom nastanka* i *oštećenja sa malom vjerovatnoćom nastanka*)
- Prethodna kategorizacija je uslovnog tipa i može poslužiti osoblju samo kao *preliminarna procjena* za nabavku novih rezervnih dijelova i preduslov za definisanje pozicija na koje je potrebno obratiti veću pažnju prilikom njihovog rada

3.MJERE ZA SMANJENJE HAVARIJA I POVEĆANJE POUZDANOSTI RADA PARNIH TURBINA

- Za smanjenje neplaniranih zastoja, sprečavanje havarija i povećanje pouzdanosti u radu parne turbine neophodna je **striktna primjena propisa za osiguranje kvaliteta tokom životnog vijeka parne turbine, počev od etape pripreme i projektovanja pa sve do kraja eksploatacije i njenog povlačenja iz pogona.**
- Tokom perioda eksploatacije neizbježna je degradacija stanja kako elemenata tako i turbine u cjelini.



a) rekonstrukcija *Baumann*-ovog stupnja




b) rekonstrukcija TNP dijela, Koradi p.p. Indija
(Plomin, Hrvatska)

Sl. 6. Prikaz realizovane rekonstrukcije i modernizacije Baumann-ovog stupnja i dijela TNP turbine 120 (125) MW, (proizvođači: PLZAM, AEI, BHEL, ChTGZ) po Alstom-ovoj tehnologiji, [4]

4. GARANTNA I NORMATIVNA ISPITIVANJA TURBINSKIH POSTROJENJA

- **Svaka primopredaja kako novoizgrađenih tako i revitalizovanih turbinskih postrojenja zahtijeva sprovođenje određenih garantnih ispitivanja, s ciljem utvrđivanja stvarnih vrijednosti pogonskih parametara i dobijenih poboljšanja u slučaju revitalizacije i modernizacije parne turbine i njene prateće opreme. Takođe, povremeno se obavljaju standardom propisana normativna mjerenja, koja predstavljaju sastavni dio nadzora nad parnom turbinom u pogonu, s ciljem utvrđivanja vrijednosti njihovog stepena korisnosti (polazni podatak za normative u eksploataciji). Obavljena ispitivanja ponekad mogu biti i posljedica dobijenih naloga i instrukcija od strane termoenergetske inspekcije, prilikom obavljanja njihovih redovnih i vanrednih kontrolnih pregleda.**



Garantna i normativna ispitivanja na postrojenjima parnih turbina definisana su odgovarajućim standardima (DIN 1943, GOST 18322-78, pravilnici i uputstva i dr.), kojim se **bliže definišu pogonski i drugi uslovi pod kojima se vrše ispitivanja, kao i mjere i postupci dati za svaku od faza ispitivanja.** Izvođenje normativnih ispitivanja ima periodičan karakter.

Rezultati koji se dobijaju ovim ispitivanjima omogućavaju formiranje slike o stvarnom tehničkom stanju postrojenja prije periodičkih remonata, čime se stvaraju neophodni preduslovi za što pouzdanije planiranje potrebnih remontnih zahvata. U slučaju ako se ova ispitivanja obavljaju i nakon remonta, dobijeni njihovi rezultati predstavljaju osnovu za ocjenu kvaliteta izvršenih remontnih radova i procjenu ekonomičnosti pogona u narednom periodu (najčešće do novog kapitalnog remonta).

5. ZAKLJUČAK

Eksploatacija i održavanje parnih turbina direktno je u **funkciji načina definisanja i ostvarivanja željene efektivnosti (pouzdanosti, gotovosti i pogodnosti održavanja), kako na nivou njihovog projektovanja tako i u toku same njihove eksploatacije.**

Remontne aktivnosti, koje se sprovode u okviru sistema parne turbine zasnivaju se na instrukcijama njihovog proizvođa, uz primjenu prateće savremene dijagnostičke i kontrolne opreme, kao i osoblja posebno obučenog za izvođenje složenih operacija prilikom demontaže i montaže pojedinih turbinskih sklopova i njihovih dijelova.

Proces revitalizacije (period nakon isteka osnovnog radnog vijeka) odnosno produženje radnog vijeka za dodatnih 15 do 20 godina uglavnom prati modernizaciju i rekonstrukciju tehničkog sistema, uz poboljšanje njegove efikasnosti i poboljšanje nivoa ekološke prihvatljivosti. Po obavljenoj revitalizaciji, kod primopredaje (slično kao i kod novoizgrađenih postrojenja) neophodno je sprovesti određena garantna ispitivanja, s ciljem utvrđivanja stvarnih vrijednosti pogonskih parametara i dobijenih poboljšanja u slučaju revitalizacije i modernizacije parne turbine i njene prateće opreme. Na ovaj način se indirektno dolazi do zaključka o kvalitetu izvršenih radova ugovorenog posla sa aspekta dostizanja potrebnih radnih performansi parne turbine.

Povremeno se obavljaju standardom propisana normativna mjerenja, koja predstavljaju sastavni dio nadzora nad parnom turbinom u pogonu, s ciljem utvrđivanja vrijednosti njihovog stepena korisnosti (polazni podatak za normative u eksploataciji).



Hvala na pažnji!