

**PRILOG KVALITETU PROJEKTOVANJA VIŠEKOMORNIH
POSUDA ZA TEČNA GORIVA**

**CONTRIBUTION TO THE MULTI-CHAMBER FUEL-TANKS
QUALITY DESIGN**

mr. Fadil Islamović, dipl.inž.
Unsko-sanski kanton
Bihać

mr. Nedeljko Vukojević, dipl.inž.
Mašinski fakultet u Zenici
Zenica

dr. Dušan Vukojević, dipl.inž.
Mašinski fakultet u Zenici
Zenica

dr. Sato Olević, dipl.inž.
Mašinski fakultet u Zenici
Zenica

Ključne riječi: višekomorni rezervoar, kvalitet projektovanja, algoritam.

REZIME:

Višekomorni rezervoari za tečna goriva, zbog sve veće potrebe za skladištenjem više vrsta goriva na jednom mjestu, sve su prisutniji na tržištu. Postojeći standardi, koji tretiraju problematiku projektovanja i izrade jednokomornih rezervoara, ne daju nikakve preporuke vezane za razvoj i izradu nove konstrukcije višekomornih rezervoara, kao ni za rekonstrukciju jednokomornih u višekomorne rezervoare. Ovim radom se želi ukazati na ograničene mogućnosti primjene standardnih proračuna tankozidnih posuda i na konstrukcioni aspekt koji se ne može zanemariti. U tom smislu sprovedena su opsežna ispitivanja i analize koje su imale za cilj razvoj algoritma za projektovanje i izradu višekomornih rezervoara za tečna goriva i koji bi trebao poslužiti kao kvalitativna dopuna postojećim standardima koji tretiraju ovu problematiku.

Key words: multi-chamber fuel-tanks, design quality, algorithm

ABSTRACT:

Due to an increasing need to store different types of fuel at one place, multi-chamber fuel-tanks are more and more present in the market. The existing standards treating problems of designing and manufacturing one-chamber fuel-tanks give no instructions either for development and manufacturing of a new multi-chamber fuel-tank constructions or for reconstruction of one-chamber to multi-chamber fuel-tanks. This paper intends to show limited possibilities in applying standard calculation related to thin-wall fuel-tanks as well as designing characteristics, which cannot be neglected. In that respect, there were carried out extensive experiments and analyses aiming to develop algorithm for designing and manufacturing multi-chamber fuel-tanks for liquid fuel. This algorithm can serve as quality contribution to existing standards treating this problemacy.

1. UVOD

Posude za tečna goriva velikih zapremina (rezervoari) u posljednje vrijeme dobijaju sve veći značaj zbog niza ekonomskih prednosti. Dosadašnji način projektovanja, a samim tim i izrade posuda velikih gabarita, na našim područjima bio je dosta heterogeno postavljen, što znači da izbor i proračun, kao i provjera sigurnosti nisu bili unificirani. Kod istraživanja i postavljanja algoritma za projektovanje i izradu višekomornih posuda za tečna goriva moraju se uvažiti i specifičnosti vezane za situaciju na ovim prostorima:

- najveći broj posuda za tečna goriva je jednokomorni,
- posude su rađene od strane raznih proizvođača,
- standardi i projekti po kojima su rađene posude nisu usaglašeni,
- osnovni materijal i zavareni spojevi nisu ujednačeni.

Iz tih razloga se polazi od razvoja konstrukcije izrađene prema propisima definisanim u standardima: API, DIN, JUS, EN, ISO (standardi BAS još nisu usvojeni).

Model dobijen proračunom prema važećim međunarodnim propisima i standardima treba da posluži kao osnovni model, gdje se kroz jednu širu analizu napona i deformacija proračunava i definiše višekomorna posuda sa četiri pregrade.

Postojeći standardi koji tretiraju ovu problematiku velikim dijelom daju opštu regulativu, međutim sam konstruktor u datim zakonskim okvirima, kao i proizvođač imaju vrlo odgovornu funkciju, jer je moguće napraviti niz propusta čije posljedice mogu biti katastrofalne. Iz tih razloga, pored već poznatih rješenja osnovne konstrukcije plašta i dna, nameće se i problem izrade pregradnih zidova posude za tečna goriva. Ovdje se postavlja problem dopunskih napona i deformacija izazvanih vertikalnim pregradama koje u uslovima neravnomjerne napunjenosti rezervoara i raznih spoljnih uticaja stvaraju sasvim novo stanje napona na mjestima spojeva pregrade sa osnovnom konstrukcijom. Kod rješavanje navedene problematike postavljaju se dva osnovna zadatka:

1. razvoj nove konstrukcije višekomornih posuda,
2. stvaranje podloga za ocjenu mogućnosti rekonstrukcije jednokomornih u višekomorne rezervoare.

Na osnovu postavljenog cilja, a u skladu sa zakonskom regulativom, dopunjenom obimnim ispitivanjima [1], razmatrana je mogućnost razvoja algoritma za izradu višekomorne posude za tečna goriva koji daje kvalitativni napredak u projektovanju i izradi ovih konstrukcija.

2. IZBOR I ISPITIVANJE OPŠTEG MODELA VIŠEKOMORNE POSUDE

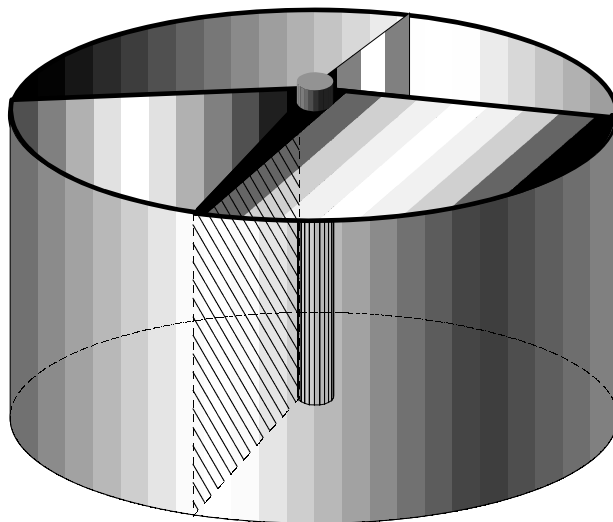
Opšti model višekomornog rezervoara je predstavljen na slici 1. Oblikom, to je cilindrični rezervoar zapremine 5000 m^3 izrađen od čelika Č.0361, namjenjen za skladištenje nafte i neftnih derivata specifične težine do 10 kN/m^3 . Osnovna konstrukcija višekomornog rezervoara je jednokomorni rezervoar koji se može konstruisati prema važećim standardima (API) i ima unutrašnji prečnik 24384 mm i visinu plašta 11010 mm, a dno rezervoara je površine $466,5 \text{ m}^2$.

Opšti model višekomorne posude se dobije ugradnjom pregrada (4 ravne ploče) koje treba postaviti u osnovni model ne narušavajući stabilnost konstrukcije. Dno rezervoara, plašt i krov izrađeni su od čeličnih limova raznih debljina i spojeni zavarivanjem. Radi povećanja krutosti sistema, u gornjem dijelu ove rotacione ljuske izrađuje se krovna konstrukcija koja ima ugrađene glavne nosače kao spojnice plašta i centralnog stuba. Kako do sada takvo konstrukcijsko rješenje nije primjenjivano, izrađen je model nadzemnog rezervoara sa 4 komore dimenzija umanjениh 20 puta prema zakonima mehanike sličnosti, slika 2. Debljina

lima se ne može smanjiti 20 puta zbog tehnologije zavarivanja, pa je usvojena debljina 2 mm. Primjenjena tehnologija zavarivanja je identična onoj na stvarnom nadzemnom rezervoaru (REL postupak).

Tehnička dokumentacija, statički proračun, tehnologija zavarivanja kao i način kontrole i ispitivanja zavarenih spojeva metodama sa i bez razaranja su detaljno obrađeni i prezentovani u [1], te ovdje neće biti detaljnije razmatrani.

Iako su svi slučajevi analize naponsko-deformacionog stanja raznih modela tankih elastičnih ljuski prema literaturi [2,3,4] postavljeni korektno i u granicama idealnog stanja, uočljivo je da ni jedan postavljeni model, kao i njegovo rješenje u datim graničnim uslovima ne daje potpuni odgovor za postavljeni višekomorni rezervoar. Ljuske, kao sastavni površinski elementi, kao i ploče, osiguravaju čvrstoću konstrukcije, iako se i ploče i ljuske koriste u istu svrhu postoji znatna razlika u njihovom ponašanju pod opterećenjem.



SLIKA 1. VIŠEKOMORNI CILINDRIČNI REZERVOAR.

Sa aspekta značaja ovakvog istraživačkog projekta, a samim tim i odgovornost koja proističe prvenstveno od štete koja može nastati primjenom neodgovarajućeg modela algoritma, postavci ciljeva istraživanja moralo se pristupiti studiozno. Ovdje se prvenstveno misli na analizu svih specifičnosti koje nisu u dovoljnoj mjeri obuhvaćene standardima, a sa teorijskog i praktičnog prilaza problemu imaju bitan uticaj na trajnu mehaničku stabilnost konstrukcije. Šire sagledavajući problematiku višekomornih posuda velikih dimenzija, neophodno je definisati određene hipoteze koje moraju biti ispunjene kako bi se sa dovoljno tačnosti pristupilo projektovanju konstrukcije višekomorne posude:

- materijal osnovne konstrukcije je homogen i izotropan,
- pregrade posuda se ne mogu računati prema važećim standardima za jednokomorne posude,
- mjesto spoja plašta i pregrade nije definisano postojećim standardima,
- pregrade su najosjetljivija mjesta u konstrukciji i za njih ne važe teorije tankostjenih ljuski, već teorija ravnih ploča.

Iz tih razloga rješenje problema izrade algoritma pri projektovanju nadzemnih višekomornih posuda za tečna goriva u velikoj mjeri zavisi od dokaza postavljenih hipoteza. Radi potvrde ispravnosti pristupa projektovanju ove vrste konstrukcije i dokazu postavljenih hipoteza provede se sljedeća ispitivanja uz pripremu odgovarajućih metoda:

- teorijska analiza napona i deformacija, prema literaturi, iz oblasti teorije ljuski i ravnih ploča koja ima za cilj dati objašnjenja određenih pojmova i zakonitosti kao i razlike u definisanju naponsko-deformacionih stanja,
- standardni (API) proračun jednokomorne posude zapremine 5000 m³ s ciljem definisanja osnovnih dimenzija modela koji će se istraživati,
- klasifikacija tehnologije zavarivanja metodama sa i bez razaranja u proširenom obimu, kako to propisuje standard BAS EN 288-3,
- primjenom metode konačnih elemenata simulira se opterećenje posude i definišu naponi i deformacije,
- na osnovu zakona mehanike sličnosti pravi se model u razmjeri 1:20 (slika 2) i analizira naponsko-deformaciono stanje primjenom tenzometrijskih mjerenja.

Provedena istraživanja su pokazala da se primjenjene metode međusobno nadopunjuju i daju konstruktoru sigurnost u tačnost dobijenih rezultata te da ih treba uporedno primjenjivati pri projektovanju i izradi nadzemnih višekomornih rezervoara.

Postupak projektovanja i izrade je prikazan algoritmom datim u tački 3, gdje su označena dopunska ispitivanja, koja daju kvalitativni pomak u projektovanju i izradi višekomornih rezervoara za tečna goriva u odnosu na standardni postupak za projektovanje jednokomornih rezervoara.

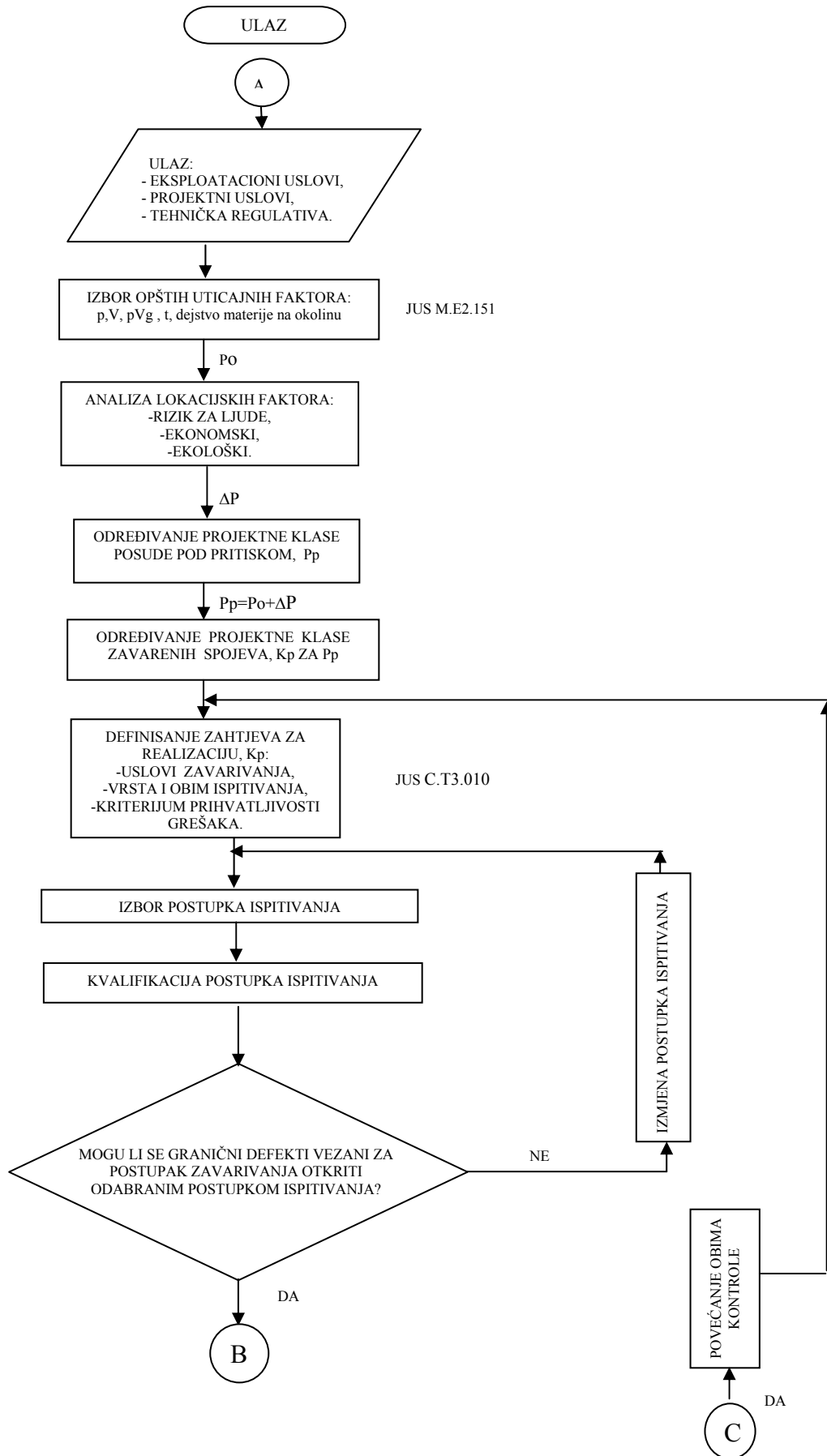
Dopunskim ispitivanjima se dodatno definiše naponsko-deformaciono stanje pregrada, jer je sama konstrukcija jednokomornog rezervoara adekvatno definisana standardima. U tom smislu se i izvodi numerička simulacija naponsko-deformacionog stanja s ciljem nalaženja slabih mjesta, a zatim provjera stvarnih napona primjenom mjernih traka, kako bi se u fazi završne izrade pregradni zidovi dodatno osigurali (učvrstili) i time zadovoljili postavljene zahtjeve.

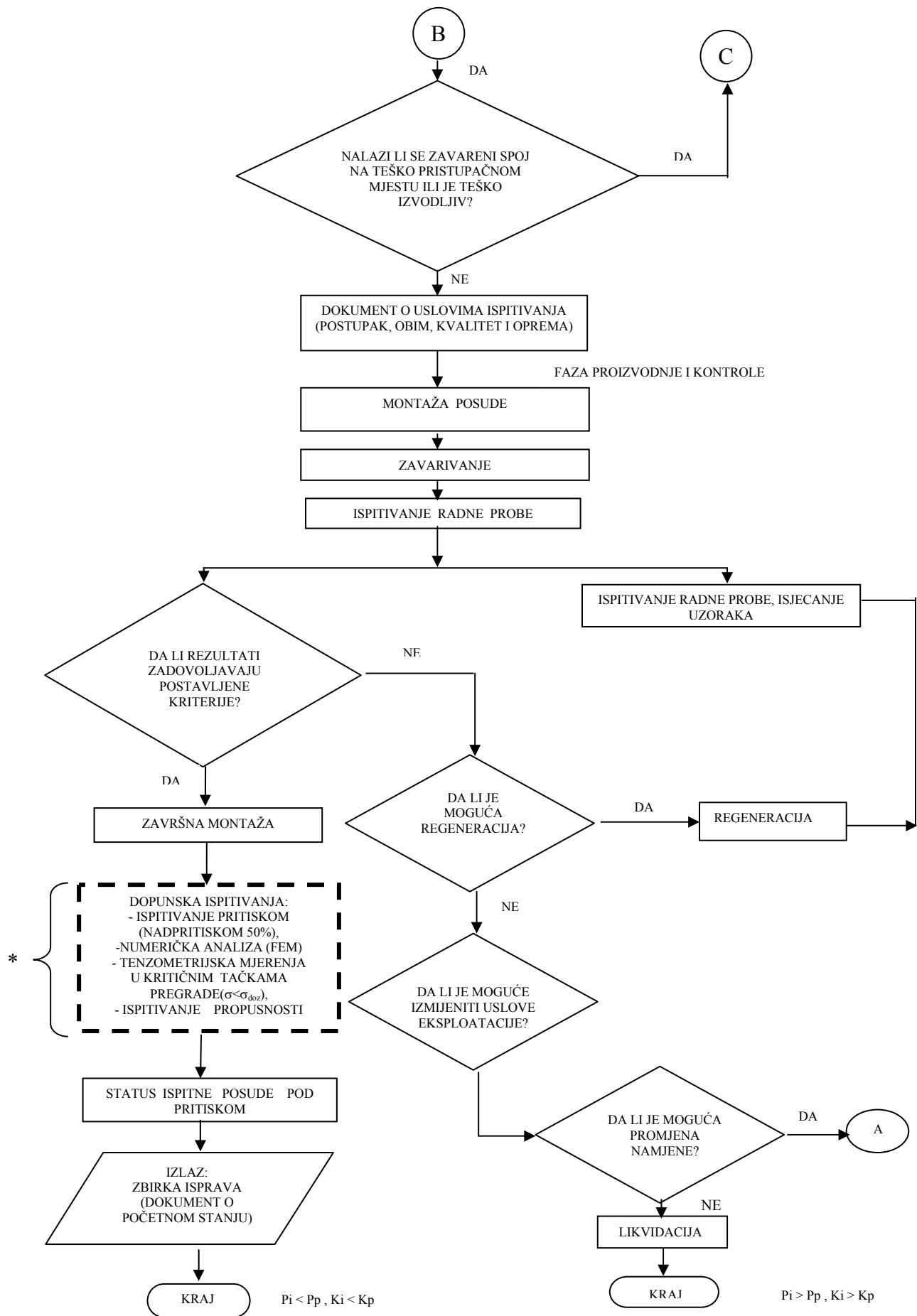
U fazi kontrole novoizgrađenog rezervoara izvode se ispitivanja na nepropusnost [5], kao i ispitivanje hladnim vodenim pritiskom koji je za 30-50% veći od radnog pritiska.



SLIKA 2. MODEL VIŠEKOMORNOG CILINDRIČNOG REZERVOARA.

3. IZRADA MODELA ALGORITMA





LEGENDA:

- P - klasa posude,
- K- kvalifikacija zavarivanja,
- i - izvedbeno stanje,
- p - projektno stanje,
- * - dopunska ispitivanja koja daju kvalitativni pomak u projektovanju i izradi višekomornih rezervoara za tečna goriva u odnosu na proceduru za projektovanje jednokomornih rezervoara propisanu standardima.

4. ZAKLJUČAK

Osnovni problem kod projektovanja i izrade višekomornih rezervoara predstavlja nemogućnost primjene standarda za projektovanje jednokomornih rezervoara već se oni moraju dopunjavati sa nizom eksperimentalnih, analitičnih i numeričkih ispitivanja, što je predstavljeno algoritmom. Razvijeni algoritam daje dobre smjernice za kvalitetno projektovanje, a samim tim i kvalitetnu izradu višekomornog nadzemnog rezervoara za tečna goriva, što je potvrđeno ispitivanjima na modelu.

5. LITERATURA

- [1] Islamović F: Prilog razvoju algoritma za projektovanje nadzemnih višekomornih rezervoara za tečna goriva, Magistarski rad, Mašinski fakultet u Zenici, 2001.,
- [2] Alfrević I.: Viša nauka o čvrstoći, Sveučilišna naklada, Zagreb, 1975.,
- [3] Timošenko S.: Teorija ploča i ljuski, Građevinska knjiga, Beograd, 1962.,
- [4] Vukojević D.: Teorija elastičnosti sa eksperimentalnim metodama, Mašinski fakultet u Zenici, 1998.,
- [5] Nikolić M.: Ispitivanje i kontrola posuda pod pritiskom, Zavod za zavarivanje, Beograd, 1988.,
- [6] Standardi: BAS EN 288:1993, ISO 9712:1993, ISO 5817:1995., API,
- [7] Ružić D.: Otpornost konstrukcija, Mašinski fakultet, Beograd, 1995.

