**DUBROVNIK, ORLANDOV STUP**

**Otpuštanje matice centralnog trna**

Današnji izgled Orlandovog stupa, na sjevernoj strani ukrašenog likom viteza izvedenom u visokom reljefu, rezultat je više povijesnih preinaka i intervencija. Iako se u javnosti često percipira kao monolitni stup klesan u jedinstvenom komadu kamena, njegovo je tijelo sastavljeno od više kamenih elemenata.

Program zaštitnih radova Hrvatskog restauratorskog zavoda na Orlandovom stupu pokrenut je 2018. godine na inicijativu Ministarstva kulture i medija, a odvija se u suradnji s Gradom Dubrovnikom, Konzervatorskim odjelom u Dubrovniku i Zavodom za obnovu Dubrovnika.

Povod pokretanju programa bila je zabrinjavajuća progresija oštećenja u formi vertikalnih pukotina koja je primijećena kroz više prethodnih godina, a koja se nastavila i nakon intervencije izvedene u razdoblju od 2006. do 2007. godine, prilikom koje je u centralnu zonu stupa kroz cijelu njegovu visinu ugrađen vertikalni metalni trn. Za tu je svrhu kroz sve njegove dijelove izvedena bušotina za smještaj navedenog trna. Trn je prilikom ugradnje u donjoj zoni stupa navojem pričvršćen na drugi metalni trn sidren duboko u tlo, nakon čega je „rastegnut“ primjenom hidrauličke preše (prednaprezanje). Paralelno unošenju sile prednaprezanja u centralni trn, prostor bušotine između trna i okolnog kamena postupno je zapunjavan smjesom epoksidne smole i kvarcnog pijeska, nakon čega je u utor na vrhu kamenog kapitela ugrađena sidrena ploča u koju naliježe matica, a koja preko navoja pridržava centralni trn, osigurava neprestano djelovanje sile prednaprezanja te s gornje strane pritišće konstrukciju cijelog stupa. Nakon montaže matice i sidrene ploče, u prostor između metalnih dijelova i okolnog kamena kao i između matice i sidrene ploče, također je ulivena epoksi smola, ovoga puta bez dodavanja kvarcnog pijeska.

Opisanom intervencijom je stup, izveden iz manjih kamenih blokova, dobio kontinuiranu krutu jezgru koja ujedno preko sidrene ploče na vrhu, zbija njegove elemente. Uobičajena ireverzibilnost postupka prednaprezanja, odnosno nemogućnost brzog povrata u stanje prije intervencije bez izvođenja agresivnih zahvata, dodatno je pojačana zapunjavanjem prostora između kamena kapitela i ugrađenih metalnih elemenata materijalima na bazi epoksida.

Nakon uočavanja progresije pukotina koje su na stupu bile zabilježene i prije intervencije iz 2006. / 2007. godine, obavljene su brojne ekspertize i izrađena mišljenja više neovisnih stručnjaka zbog čega je početak programa Hrvatskog restauratorskog zavoda 2018. godine bio obilježen prikupljanjem i detaljnom analizom dokumentacije nastale prije i u tijeku izvođenja radova te dokumentacije o provedenim ekspertizama. Razdoblje do 2020. godine također je iskorišten za obavljanje dijagnostičkih aktivnosti i prikupljanje dodatnih informacija o mogućim uzrocima nastanka oštećenja. Zbog omogućavanja egzaktne usporedbe progresije oštećenja, dopunjena je dokumentacija postojećeg stanja te su postavljeni uređaji za praćenje ponašanja pukotina i dinamičkih parametara konstrukcije stupa. Ujedno je postavljena zaštitna i radna skela obložena OSB pločama s platnom s otisnutim fotografijama i informacijama o stupu i radovima. Tijekom istog razdoblja izvođeni su preventivni konzervatorsko-restauratorski radovi na mjestima aktivnih oštećenja u obliku ljuskanja i osipanja epiderme kamena.

Početkom 2020. godine okupljen je stručni tim za određivanje daljnjega pristupa problematici postojećih oštećenja u čiji su rad uključeni stručnjaci ICCROM-a (*Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property*) te predstavnici i stručnjaci Ministarstva kulture i medija RH, Hrvatskog restauratorskog zavoda i Zavoda za obnovu Dubrovnika. Po dovršetku prvog savjetovanja na kojem su analizirani rezultati provedenih istraživanja i motrenja, i prema preporukama ICCROM-a, u narednom je periodu dopunjen postojeći sustav montoringa, a platno i OSB ploče su uklonjene sa skele radi omogućavanja praćenja ponašanja oštećenja ovisno o promjenama temperature i insolaciji. Monitoring je nastavljen i tijekom 2022. godine te su vađenjem i analizom valjkastih uzoraka na različitim visinama, obavljena istraživanja njegove strukture i materijala (kamen, ranije cementne ispune, slojevi epoksida s ostacima cjevčica za injektiranje neovisni o epoksidnom materijalu uz centralni trn, sloj epoksida uz centralni trn). Kroz nastale bušotine, endoskopskom kamerom je pregledano stanje centralnog trna. S ciljem usporedbe stanja te detaljnog opažanja i izmjere eventualnih novonastalih deformacija, ponovljeno je lasersko 3D skeniranje, a provedeno je i istraživanje ultrazvukom radi utvrđivanja dubine i povezanosti horizontalnih i vertikalnih pukotina.

Temeljem rezultata svih provedenih istraživanja te nakon obavljenog savjetovanja, stručnjaci ICCROM-a predali su završno izvješće sa smjernicama za buduće radove s posebnom preporukom da se oni usmjere na provedbu konzervatorsko-restauratorskih aktivnosti *in situ* kao najmanje invazivne metode očuvanja Orlandovog stupa. Pri tome je, s obzirom na nepredvidivost daljnjeg ponašanja konstrukcije i materijala uslijed postojanja aktivne sile prednaprezanja centralnog trna te velike vjerojatnosti nastanka nepovratnih oštećenja u slučaju njezinog naglog, namjernog ili nenamjernog otpuštanja, kao ključni korak za nastavak provedbe projekta, istaknuta nužnost uspješnog postupnog i kontroliranog popuštanja sile. Također je preporučen nastavak monitoringa postojećih oštećenja specijaliziranim uređajima u reduciranom obliku.

U skladu s preporukama, kroz 2023. godinu izrađena je prva verzija specijaliziranog „ključa“ s dijelovima koji odgovaraju utorima na gornjoj površini matice te obujmicama za umetanje poluge, pomoću kojega su izvedeni višekratni pokušaji ručnog popuštanja sile, a koji nisu polučili željeni rezultat. U nastavku pokušaja, osmišljene su dvije verzije protokola i izrađena projektna dokumentacija za prilagodbu skele i „rastezanje“ trna primjenom hidrauličke preše, što je trebalo omogućiti smanjenje trenja između matice i okolnih materijala, te njezino kontrolirano ručno odvijanje. Postupci su provedeni početkom 2024. godine, također bez postizanja željenog rezultata, a kasnije analize su dovele do zaključka kako je razlog neuspjeha trenje između vanjskog plašta matice i epoksi smole. Kao mogući dodatni razlog razmatrana je i međusobna uraslost navoja matice i cijevi centralnog trna uzrokovana prednaprezanjem i protokom vremena.

Promišljanjem mogućnosti za smanjenje utjecaja navedenih čimbenika, kroz 2024. godinu obavljani su pregledi vrha kapitela stupa te konzultacije o omogućavanju pristupa dijelu matice radi djelomičnog uklanjanja sloja epoksida te načinima oslabljivanja trenja u navojnom spoju. Kroz provedene preglede i konzultacije utvrđeno je kako je kameni element vrha kapitela s otvorom za jarbol zastave, kao i oštećeni kameni tašel koji je u formi potkove s južne strane obujmljivao tijelo sidrene ploče, moguće demontirati bez opasnosti nastanka daljnjih oštećenja, s obzirom na to da sidrena ploča ispod matice na navedenim elementima nije imala površinu nalijeganja. Radovi demontaže i uklanjanja dijela epoksidnog sloja izvedeni su krajem 2024. godinešto jeumanjilo prvi pretpostavljeni razlog za neuspjeh pokušaja odvijanja, a ujedno i omogućilo detaljnije planiranje postupka redukcije trenja u navojnom spoju kao drugog pretpostavljenog razloga.

Sagledavajući problematiku uraslosti navojnog spoja dvaju elemenata iz istovrsnog metala kroz iskustvo ranijih radova konzerviranja i restauriranja, kao najmanje agresivna mogućost koju je ujedno moguće i kontrolirati, nametnula se mogućnost redukcije trenja zagrijavanjem metala autogenim aparatom. Zaključeno je kako bi ovakav postupak, pažljivo izveden, uz zaštitu kamenih elemenata od posljedica zagrijavanja te pomoću dobro osmišljenog „ključa“ prilagođenog novom stanju matice djelomično oslobođene od sloja epoksida, omogućio njezino postepeno otpuštanje. Uspješno proveden postupak eliminirao bi potrebu daljnje parcijalne demontaže kamenih elemenata stupa prije uklanjanja matice, a time i potrebu značajnijeg odstupanja od smjernica ICCROM-a izrađenih pod pretpostavkom da će matica biti uklonjena u prethodnom pokušaju uz strojno „rastezanje“ trna.

S vanjskim suradnicima Hrvatskog restauratorskog zavoda različitih struka, početkom 2025. su obavljene konzultacije o mogućnostima i potrebnim predradnjama za izvođenje opisanog postupka. Izrađeni su potrebni zaštitni elementi i dijelovi novog „ključa“ koji odgovaraju utorima na površini matice te su 21. ožujka, paralelno zagrijavanju višekratno obavljani pokušaji ručnog odvijanja matice, do dovoljnog smanjenja trenja u navojnom spoju i njegovog konačnog popuštanja. Uklanjanjem matice i sidrene ploče uz minimalnu moguću intervenciju u strukturu stupa, uspješno je izveden korak koji je tijekom ranijih aktivnosti definiran kao ključan za izvođenje bilo kakvih daljnjih postupaka.

Svi navedeni radovi obavljeni su uz opažanje senzora za tzv. reducirani monitoring ponašanja postojećih pukotina. Prva interpretacija rezultata nakon uklanjanja matice očekuje se u svibnju ove godine te se ovisno o njima, u istom razdoblju može očekivati početak pripremnih konzervatorsko-restauratorskih radova u smislu uklanjanja zakrpa od neodgovarajućih materijala, tretiranja oštećenja koja nisu direktno vezana na pukotine, osmišljavanja načina montaže i pridržanja Orlandovog mača bez elemenata sklonih koroziji i slično. U međuvremenu se planira rezanje oslobođenog dijela metalnog trna i priprema kamenih tašela za zatvaranje utora u kojem su bile smještene matica i sidrena ploča.

Zbog nužnosti usporedbe rezultata prije i nakon izvedenih radova, u konzultaciji s Laboratorijem za ispitivanje konstrukcija (Zavod za tehničku mehaniku) Građevinskog fakulteta u Zagrebu, monitoring ponašanja pukotina će u nepromijenjenom obliku biti nastavljen sigurno kroz jedan ciklus izmjene visokih i niskih temperatura.

Ovisno o rezultatima mjerenja i eventualnim dodatnim intervencijama za poboljšanje parametara konstrukcije i njezinog približavanja stanju prije prednaprezanja koje će se osmisliti u suradnji sa statičarem, dovršetak konzervatorsko-restauratorskih radova može se očekivati tijekom 2026. godine. Kako planirani radovi, između ostalog uključuju lokalno učvršćivanje i zapunjavanje postojećih pukotina, moći će se izvoditi u razdoblju srednjih vrijednosti njihovog godišnjeg temperaturnog rada (proljeće ili jesen). Monitoring ponašanja Orlandovog stupa u smislu rada konstrukcije trajno će se nastaviti u prilagođenom obliku i nakon dovršetka svih planiranih radova te demontaže zaštitne i radne skele.