



K-R CENTAR

Lastovska 32, HR-10000 Zagreb

www.k-r.hr; fax 6310228; info@k-r.hr

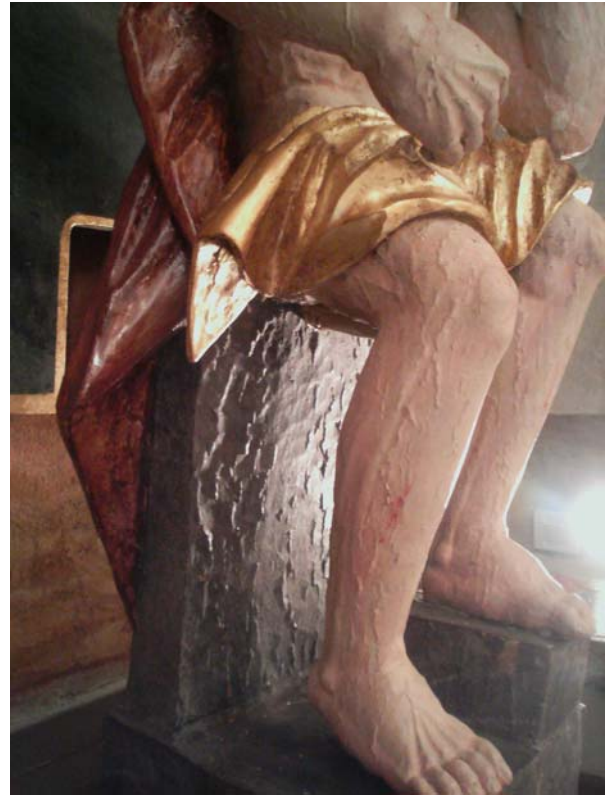
IZVJEŠĆE **o izradi mikroklimatske komore za skulpturu**

Naziv skulpture:	Trpeći Krist
Tehnika:	polikromirano drvo
Dimenzije:	98 x 40 x 35 cm
Smještaj:	Dvorac Bedekovčina



Stanje

Na skulpturi Trpećeg Krista iz kapelice u dvorcu Bedekovčina pokazala su se oštećenja: podbukline i ljuštenje sloja polikromacije. Ta oštećenja su vezana za oscilirajuću relativnu vlažnost zraka, a u konkretnom slučaju prvenstveno za nisku relativnu vlažnost zraka u sezoni grijanja. S obzirom da se radi o moderno uređenom i grijanom domu i s obzirom da je kapelica smještena na hodniku – svako aktivno reguliranje stabilne relativne vlažnosti (RV) zraka je komplicirano i upitno. Najprimjerenije, najjeftinije i najefikasnije je primjeniti pasivno reguliranje mikroklimе pomoću silica gela u zatvorenoj komori. Aktivnim načinom reguliranja RV zraka (ovlaživači i odvlaživači) ni uz vrlo visoka ulaganja nije moguće postići stabilnost RV unutar granica $\pm 10\%$ u prostorima u koje se ulazi i izlazi. Pasivnom regulacijom mikroklimе u zatvorenoj komori moguće je postići vrlo visok stupanj stabilnosti RV čak manje od $\pm 3\%$ - bez ikakvog napora, naknadnih ulaganja ili ikakvog održavanja.



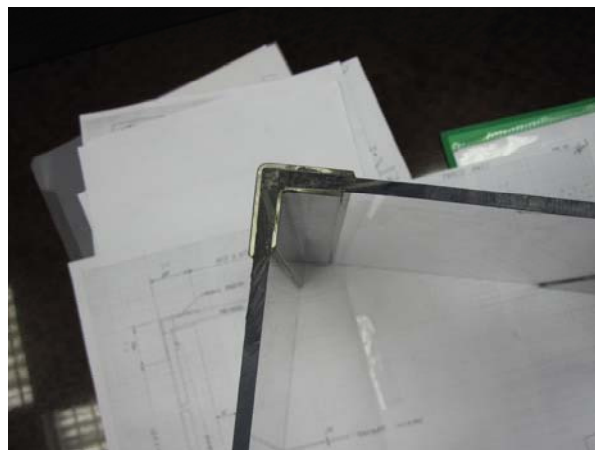
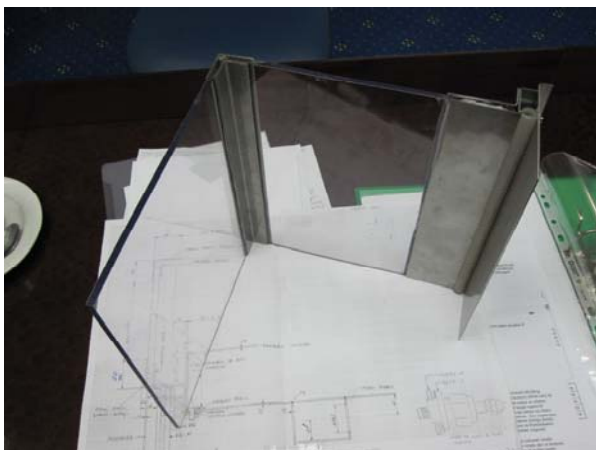
Oštećenja na skulpturi prije restauratorskog saniranja. Saniranje oštećenja na skulpturi je na vrlo uspješan, kvalitetan i primjeren način obavila tvrtka Torzo, Obrt za restauriranje umjetnina vlasnika Marka Grbelje.

Materijali za izradu komore

Komoru su zajednički dizajnirale tvrtke KAMBIČ (Semič, Slovenija) i K-R CENTAR. Konstrukciju vitrine izradila je tvrtka KAMBIČ koja je specijalizirana za proizvodnju laboratorijske i medicinske opreme. Idejni projekt vitrine i pretvorbu vitrine u mikroklimatsku komoru s pasivnom regulacijom mikroklimе obavila je tvrtka K-R CENTAR. U izradi komore se pažljivo biralo materijale i oblikovanje:

- Osnovna konstrukcija (baza) od nehrđajućeg čelika AISI - 304 – RF (nemagnetan, kemijski inertan čelik) s dvostrukim dnom za smještaj silica gela.
- Boja je suho nanescna u prahu i aktivirana pomoću topline (iznimno otporna i čvrsta boja, bez otapala, istovremeno kemijski neutralna i inertna)
- Kutni spojni nosači stakala su od nehrđajućeg čelika AISI - 304 – RF.
- Staklo *Mirogard protect* – (Shott Desag) gotovo nevidljivo staklo s 0,9% refleksa (obično staklo ima 8% refleksa), s 99% zaštitom od UV zračenja (obično staklo ima filtraciju oko 44%). *Mirogard protect* ne mijenja boje izloženog predmeta i zbog posebne jezgre ne može se rasprsnuti prilikom loma)

- Silika gel kondicioniran na relativnu vlažnost 55% (silika gel se u 30 godina postojanja i primjene pokazao potpuno kemijski inertan i potpuno stabilan tako da se njegov vijek efikasnosti u kvalitetno hermetički zabrtvljenoj komori treba pretpostaviti znatno duljim. To znači da u kvalitetno konstruiranoj i čuvanoj komori ne traži nikakvo održavanje barem 30 godina, a možda i višestruko dulje)
- Gume za brtvljenje komore su stabilan i kemijski inertan silikon.



Konstruiranje komore u radionici tvrtke Kambič. Vidi se snažni sustav brtvljenja i demonstrira jakost spoja.

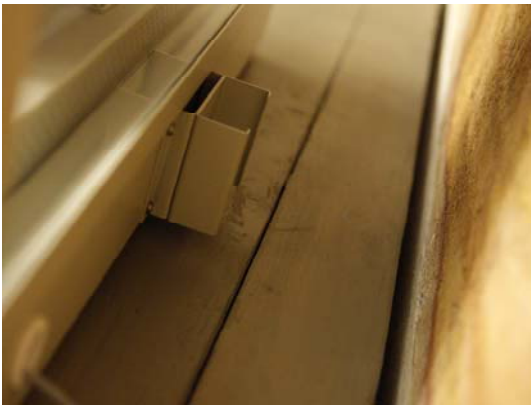
- Unutarnji mjerac temperature i relativne vlažnosti zraka *data logger* Telehum (Euromix) sa sondom unutar mikroklimatske komore i tijelom izvan komore (memorijski kapacitet 350 000 očitavanja sa zaštitom od gubitka podataka u slučaju pražnjenja ili vađenja baterija).
- Vanjski mjerac temperature i relativne vlažnosti zraka *data logger* Telehum (Euromix) za mjerenje i bilježenje temperature i RV zraka izvan komore, za svrhu usporedbe s unutarnjim mjeracem.

Format prednjeg i poleđinskog stakla: 105 x 60 cm. Format bočnih stakala: 105 x 40 cm. Metalna baza iste širine i dubine kao stakla, visine 5 cm (u bazu se smjesti silica gel). Skulptura se u bazi i leđima pričvršćuje za komoru. Za tu svrhu je u komoru građen vertikalni nosač koji je vijcima pričvršćen na postolje komore. Skulptura je s četiri vijka pričvršćena na postolje komore, i sa šest vijaka na poleđini pričvršćena je za vertikalni nosač. Učvršćivanje skulpture je neophodno kako bi se spriječilo pad skulpture i lomovi u slučaju da se komoru podiže, prenosi i sl.). U skladu s dogovorom, gornja ploha je izrađena od stakla isto kao stranice. U skladu s dogovorom, boja metalnih dijelova komore je topla sivo plava po uzoru na jednu od nijansi koja se nalazi na mramorizaciji barokne komode na koju se postavlja komoru.

U slučaju da se na komoru ne djeluje jakim udarcem, ekstremnim zagrijavanjem ili sličnom radnjom koja bi izazvala lom stakla ili brtvene gume, K-R CENTAR na temelju dosadašnjih iskustava vjeruje da će mnogim budućim desetljećima stabilnost RV zraka u komori biti znatno unutar granica $\pm 7\%$ neovisno o oscilacijama zraka i temperature u okolnom prostoru



U komoru su postavljene četiri kasete silica gela. To je približno tri puta više nego što bi bilo dovoljno za održavanje RV zraka $\pm 7\%$ unutar komore - tako da se očekuju vrlo stabilna očitavanja. Jedan data logger bilježi temperaturu i RV u komori (onaj koji je kabelom spojen sa sensorom). Loggeri mogu mjeriti i bilježiti izmjerene vrijednosti kako god ih se programira; u ovom slučaju programirani su bilježiti izmjerene vrijednosti svakih 4 sata s početkom 17.11.2009. u 15.00. Drugi logger mjeri temp. i RV izvan komore u isto vrijeme.



Na poleđini komore napravljeno je ležište za logger. Nakon procesa kondicioniranja logger je stavljen u ležište, a izvlači se jednostavnim podizanjem uvis. Kabel kroz široki otvor na poleđini komore tek prividno ulazi u komoru - u biti ulazi samo u međuprostor za smještaj kabela. Taj „višak“ kabela omogućuje slobodno, lagano izvlačenje loggera i njegovo pozicioniranje do 50 cm udaljeno od komore (sonda pritom ostaje zabrtvljena i povezana s loggerom pomoću kabela). Tih cca 50 cm kabela se uvlači između otvora na poleđini i brtve koja se nalazi približno na sredini komore. Kad čvrsto zabrtvljeni dio kabela pruži otpor daljnjem izvlačenju – to je znak da je kabel maksimalno izvučen.





Postavljanje komore

Skulptura je postavljena u komoru 17. 11. 2009. uz pomoć dipl. restauratora-konzervatora Marka Grbelje iz tvrtke „Torzo“ koji je prethodno vrlo uspješno sanirao sva oštećenja na skulpturi i uz pomoć restauratora-kandidata Marina Vokića. U komoru su postavljene četiri kasete silica gela kondicioniranog na RV 55%. To je približno tri puta veća masa silica gela nego što bi bila dovoljna za održavanje RV zraka s oscilacijama manjim od $\pm 7\%$ unutar komore. Tolika masa silica gela trebala bi rezultirati vrlo stabilnim očitanjima.

Rezultati prvih mjernih očitavanja

Radovi na postavljanju i programiranju komore dovršeni su 17. 11. 2009. Data loggeri sa senzorom unutar i izvan komore programirani su zabilježiti izmjerene vrijednosti svakih 4 sata. Dovoljnim stabilizacijskim periodom je procijenjen period u trajanju dva tjedna tj. to je period u kojem bi sadržaj vlage u drvu skulpture trebao doći u ekvilibrij sa sadržajem vlage u zraku unutar komore. Dana 4. 12. 2009. presnimljena su očitavanja iz oba loggera kako bi se utvrdilo kakvi bi daljnji radovi na aklimatizaciji komore trebali biti (dodavati vlagu ili je oduzimati).

TELEHUM REPORT FILE

Bedekovcina – izvan komore

Report from: 17.11.2009 15:00:00
to: 4.12.2009 15:00:00
Time period: All samples.

	RH[%]	T[°C]
Minimum	29,1	19,9
Maximum	43,8	22,4
Average	35,9	20,7
Std. deviation	3,0	0,5

Acquired Samples	102	102
Missing Samples	0	0

Date	RH[%]	T[°C]
17.11.2009 19:00:00	36,8	22,3
17.11.2009 23:00:00	43,8	22,4
18.11.2009 03:00:00	42,6	21,5
18.11.2009 07:00:00	42,0	21,4
18.11.2009 11:00:00	41,5	21,3
18.11.2009 15:00:00	41,1	21,3
18.11.2009 19:00:00	41,2	21,5
18.11.2009 23:00:00	41,7	21,3
19.11.2009 03:00:00	42,6	21,3
19.11.2009 07:00:00	40,6	21,3
19.11.2009 11:00:00	38,3	21,2
19.11.2009 15:00:00	35,7	21,1
19.11.2009 19:00:00	36,0	21,1
19.11.2009 23:00:00	39,9	21,2
20.11.2009 03:00:00	40,3	21,2
20.11.2009 07:00:00	37,6	21,1
20.11.2009 11:00:00	34,6	21,0
20.11.2009 15:00:00	32,5	20,9
20.11.2009 19:00:00	34,7	20,9
20.11.2009 23:00:00	37,0	21,0
21.11.2009 03:00:00	37,7	21,0
21.11.2009 07:00:00	36,8	21,0
21.11.2009 11:00:00	35,5	20,8
21.11.2009 15:00:00	34,7	20,8
21.11.2009 19:00:00	35,3	20,9
21.11.2009 23:00:00	36,4	21,0
22.11.2009 03:00:00	35,5	21,0
22.11.2009 07:00:00	33,1	20,9
22.11.2009 11:00:00	31,0	20,8
22.11.2009 15:00:00	29,1	20,7
22.11.2009 19:00:00	30,7	20,7
22.11.2009 23:00:00	32,9	20,7
23.11.2009 03:00:00	33,2	20,8
23.11.2009 07:00:00	33,9	20,8
23.11.2009 11:00:00	35,2	20,8
23.11.2009 15:00:00	36,1	20,8
23.11.2009 19:00:00	37,4	20,8
23.11.2009 23:00:00	36,6	20,8
24.11.2009 03:00:00	36,6	20,9
24.11.2009 07:00:00	35,3	20,9
24.11.2009 11:00:00	36,2	20,8
24.11.2009 15:00:00	35,8	20,7
24.11.2009 19:00:00	36,5	20,8
24.11.2009 23:00:00	34,8	20,8
25.11.2009 03:00:00	35,9	20,9
25.11.2009 07:00:00	36,1	20,9
25.11.2009 11:00:00	35,6	20,8
25.11.2009 15:00:00	34,0	20,8
25.11.2009 19:00:00	34,3	20,9
25.11.2009 23:00:00	33,8	20,6
26.11.2009 03:00:00	35,6	20,8
26.11.2009 07:00:00	35,2	20,8
26.11.2009 11:00:00	35,0	20,7
26.11.2009 15:00:00	34,9	20,7
26.11.2009 19:00:00	35,2	20,8
26.11.2009 23:00:00	36,7	20,5
27.11.2009 03:00:00	37,6	20,5
27.11.2009 07:00:00	37,6	20,5

27.11.2009 11:00:00	36,3	20,4
27.11.2009 15:00:00	35,0	20,4
27.11.2009 19:00:00	36,6	20,4
27.11.2009 23:00:00	37,8	20,5
28.11.2009 03:00:00	38,3	20,5
28.11.2009 07:00:00	38,5	20,5
28.11.2009 11:00:00	37,1	20,4
28.11.2009 15:00:00	36,9	20,4
28.11.2009 19:00:00	37,7	20,4
28.11.2009 23:00:00	35,4	20,5
29.11.2009 03:00:00	34,8	20,6
29.11.2009 07:00:00	34,2	20,5
29.11.2009 11:00:00	33,1	20,4
29.11.2009 15:00:00	31,9	20,3
29.11.2009 19:00:00	30,8	20,3
29.11.2009 23:00:00	33,8	20,2
30.11.2009 03:00:00	35,0	20,2
30.11.2009 07:00:00	35,5	20,2
30.11.2009 11:00:00	35,4	20,1
30.11.2009 15:00:00	35,6	20,1
30.11.2009 19:00:00	36,0	20,0
30.11.2009 23:00:00	36,9	20,0
1.12.2009 03:00:00	36,2	20,0
1.12.2009 07:00:00	35,8	20,1
1.12.2009 11:00:00	38,1	20,1
1.12.2009 15:00:00	40,2	20,1
1.12.2009 19:00:00	40,6	20,2
1.12.2009 23:00:00	41,8	20,3
2.12.2009 03:00:00	40,0	20,3
2.12.2009 07:00:00	37,9	20,3
2.12.2009 11:00:00	35,5	20,2
2.12.2009 15:00:00	33,0	20,2
2.12.2009 19:00:00	33,1	20,2
2.12.2009 23:00:00	34,0	20,3
3.12.2009 03:00:00	33,8	20,3
3.12.2009 07:00:00	32,3	20,2
3.12.2009 11:00:00	31,3	20,1
3.12.2009 15:00:00	30,4	20,1
3.12.2009 19:00:00	30,6	20,1
3.12.2009 23:00:00	31,6	20,1
4.12.2009 03:00:00	32,0	20,0
4.12.2009 07:00:00	32,5	20,0
4.12.2009 11:00:00	32,7	19,9
4.12.2009 15:00:00	32,9	19,9

TELEHUM REPORT FILE

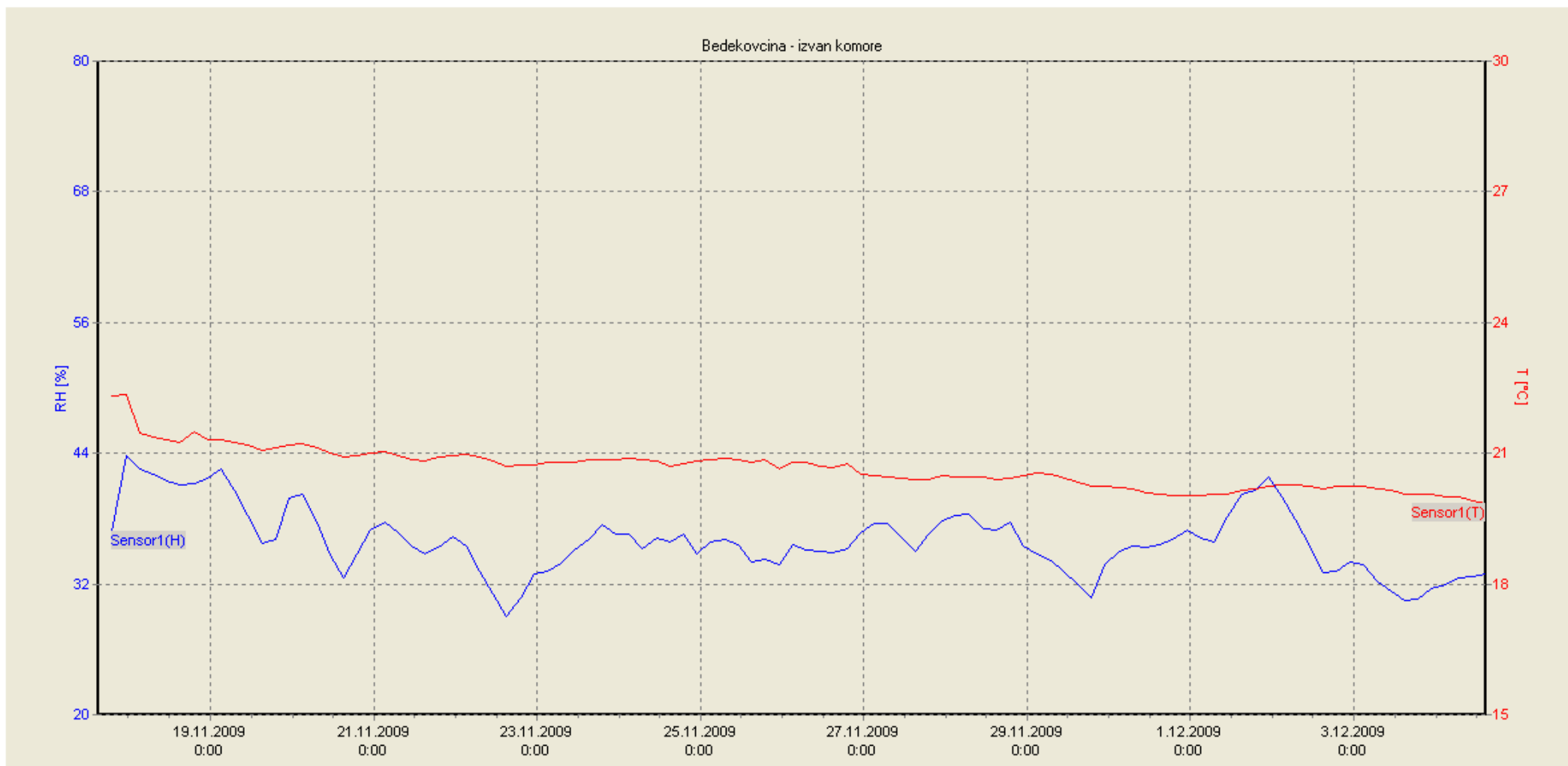
Bedekovcina – unutar komore

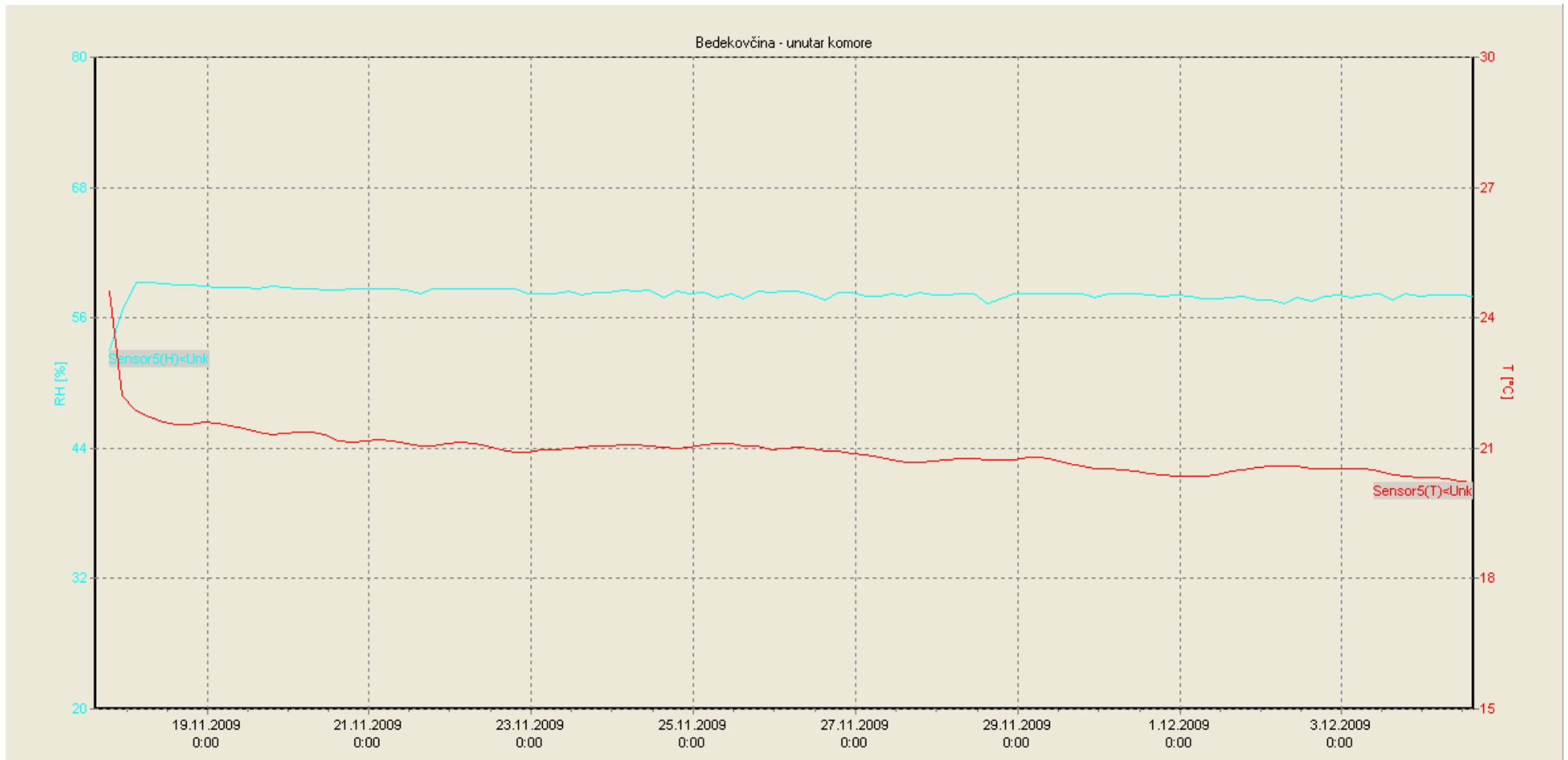
Report from: 17.11.2009 15:00:00
to: 4.12.2009 15:00:00
Time period: All samples.

	RH[%]	T[°C]
Minimum	53,1	20,2
Maximum	59,3	24,6
Average	58,2	20,9
Std. deviation	0,7	0,5

Acquired Samples	102	102
Missing Samples	0	0

Date	RH[%]	T[°C]
17.11.2009 19:00:00	53,1	24,6
17.11.2009 23:00:00	56,6	22,2
18.11.2009 03:00:00	59,3	21,9
18.11.2009 07:00:00	59,2	21,7
18.11.2009 11:00:00	59,1	21,6
18.11.2009 15:00:00	59,0	21,5
18.11.2009 19:00:00	59,0	21,6
18.11.2009 23:00:00	58,9	21,6
19.11.2009 03:00:00	58,8	21,6
19.11.2009 07:00:00	58,9	21,5
19.11.2009 11:00:00	58,8	21,4
19.11.2009 15:00:00	58,7	21,4
19.11.2009 19:00:00	58,9	21,3
19.11.2009 23:00:00	58,8	21,3
20.11.2009 03:00:00	58,7	21,4
20.11.2009 07:00:00	58,7	21,4
20.11.2009 11:00:00	58,5	21,3
20.11.2009 15:00:00	58,5	21,2
20.11.2009 19:00:00	58,7	21,1
20.11.2009 23:00:00	58,7	21,2
21.11.2009 03:00:00	58,7	21,2
21.11.2009 07:00:00	58,6	21,2
21.11.2009 11:00:00	58,6	21,1
21.11.2009 15:00:00	58,2	21,0
21.11.2009 19:00:00	58,6	21,1
21.11.2009 23:00:00	58,6	21,1
22.11.2009 03:00:00	58,7	21,1
22.11.2009 07:00:00	58,7	21,1
22.11.2009 11:00:00	58,7	21,1
22.11.2009 15:00:00	58,6	21,0
22.11.2009 19:00:00	58,7	20,9
22.11.2009 23:00:00	58,3	20,9
23.11.2009 03:00:00	58,2	21,0
23.11.2009 07:00:00	58,3	21,0
23.11.2009 11:00:00	58,5	21,0
23.11.2009 15:00:00	58,1	21,0
23.11.2009 19:00:00	58,3	21,1
23.11.2009 23:00:00	58,3	21,1
24.11.2009 03:00:00	58,5	21,1
24.11.2009 07:00:00	58,5	21,1
24.11.2009 11:00:00	58,5	21,1
24.11.2009 15:00:00	57,9	21,0
24.11.2009 19:00:00	58,4	21,0
24.11.2009 23:00:00	58,3	21,0
25.11.2009 03:00:00	58,3	21,1
25.11.2009 07:00:00	57,8	21,1
25.11.2009 11:00:00	58,3	21,1
25.11.2009 15:00:00	57,8	21,1
25.11.2009 19:00:00	58,5	21,0
25.11.2009 23:00:00	58,4	21,0
26.11.2009 03:00:00	58,4	21,0
26.11.2009 07:00:00	58,5	21,0
26.11.2009 11:00:00	58,1	21,0
26.11.2009 15:00:00	57,6	20,9
26.11.2009 19:00:00	58,4	20,9
26.11.2009 23:00:00	58,3	20,9
27.11.2009 03:00:00	58,0	20,8
27.11.2009 07:00:00	58,0	20,8





Analiza mjernih očitavanja je pokazala da se RV zraka u komori stabilizirala već nakon prvih 24 sata. Nakon jednog dana ekvilibriranja RV se stabilizirala na vrijednost 58% uz daljnje oscilacije manje od 1%. S obzirom da je silica gel precizno aklimatiziran na RV 55%, s obzirom da je zrak u prostoriji za vrijeme radova imao RV 42% i s obzirom da je prvo očitavanje 4 sata nakon zatvaranja komore bilo RV 53%, zaključujemo da je drvo skulpture bilo aklimatizirano na RV zraka oko 60%, tj da je konačnih RV zraka unutar komore 58% ekvilibrij sadržaja vlage u drvu, silica gelu i u zraku koji je zarobljen u komori. RV zraka 58% je idealna vlažnost za čuvanje polikromiranog drva.

Usporedba temperaturnih mjernih očitavanja unutar komore i izvan komore pokazuje da su razlike u temperaturnim oscilacijama minimalne. Neznatno male razlike su očekivane i mogu se pripisati specifičnim termodinamičkim svojstvima materijala (temperaturnim aklimatizacijama) jer komora ni na koji način ne djeluje na stabilizaciju temperature.

Usporedba mjernih očitavanja RV zraka unutar komore i izvan komore pokazuje da su razlike u izmjerenim vrijednostima i u njihovoj stabilnosti vrlo osjetne. Izmjerene vrijednosti RV zraka izvan komore osciliraju između 29,1% i 43,8%. Drugim riječima, nijedna izmjerena vrijednost izvan komore (a niti stupanj oscilacija izmjerenih vrijednosti izvan komore) nije unutar konzervatorski poželjnih granica.

U Zagrebu, 5.12.2009.

Denis Vokić

Konzervatorski nadzor: Neven Bradić, Konzervatorski odjel u Zagrebu

K-R CENTAR zahvaljuje Marku Grbelji iz restauratorske tvrtke „Torzo“ za pomoć prilikom postavljanja skulpture u komoru