CROATIAN LABORATORIES CROLAB
HRVATSKI LABORATORIJI CROLAB

20th INTERNATIONAL CONFERENCE
20. MEĐUNARODNA KONFERENCIJA

LABORATORY COMPETENCE 2025
KOMPETENTNOST LABORATORIJA 2025

PROCEEDINGS
KNJIGA RADOVA

ZADAR, CROATIA

12th – 14th of November 2025

12.- 14. studenoga 2025.

Published by / Nakladnik
Croatian Laboratories CROLAB
Hrvatski laboratoriji CROLAB
Berislavićeva 6, Zagreb

For publisher / Za izdavača
Vjekoslav Živković

Reviewers / Recenzenti

izv. prof. dr. sc. Hrvoje Juretić, dipl. ing. stroj.
doc. dr. sc. Anita Rakić, dipl. ing. kemije

Editorial board / Uređivački odbor
Mladenka Crneković

ISBN 978- 953-7329-28-0

CROATIAN LABORATORIES CROLAB

HRVATSKI LABORATORIJI CROLAB

20th INTERNATIONAL CONFERENCE

20. MEĐUNARODNA KONFERENCIJA

LABORATORY COMPETENCE 2025

KOMPETENTNOST LABORATORIJA 2025

PROCEEDINGS

KNJIGA RADOVA

ZADAR, CROATIA

12th – 14th of November 2025

12.- 14. studenoga 2025.

Editors / Urednici

Lovorka Grgec Bermanec

Marko Katić

UNDER THE AUSPICES / POD POKROVITELJSTVOM

- Ministry of science and education / Ministarstvo znanosti i obrazovanja
- Ministry of health / Ministarstvo zdravstva
- Croatian chamber of economy / Hrvatska gospodarska komora
- Croatian meteorological and hydrological service / Državni hidrometeorološki zavod
- State office for metrology / Državni zavod za mjeriteljstvo
- Croatian accreditanion agency / Hrvatska akreditacijska agencija
- Croatian engineering association /Hrvatski inženjerski savez

SPONSORS AND EXHIBITORS/ SPONZORI I IZLAGAČI

Emma servis j.d.o.o., C-pharm d.o.o. - Srebrni sponzor

LABEKO d.o.o. – Brončani sponzor

PRIMALAB d.o.o. – Brončani sponzor

Shimadzu d.o.o. – Brončani sponzor

Altium International d.o.o.

LENOM DS d.o.o.

Messer Croatia Plin d.o.o.

TEHNIČAR SERVAG d.o.o.

DONORS / DONATORI

Hrvatska gospodarska komora

Koestlin d.d.

INTERNATIONAL PROGRAM COMMITTEE / MEĐUNARODNI PROGRAMSKI ODBOR

Izv. prof. dr. sc. V. Živković (FŠDT) HR President / predsjednik

Prof. dr. sc. Š. Cerjan Stefanović HR Vicepresident / dopredsjednca

D. Štuhec, dipl. ing. HR Vicepresident / dopredsjednik

Mr. sc. Vesna Popijač HR Vicepresident / dopredsjednica

B. Abramović, dipl. ing. (Ekonerg) HR

MSc. G. Bajić (Zavod za metrologiju) MN

Prof. dr. sc. S. Babić (FKIT) HR

Č. Belić, dipl. ing. (DMDM) RS

I. Božićević, dipl. ing. (HZN) HR

S. Mihelic, spec. oec. (HGK) HR

Prof. dr. sc. L. Grgec Bermanec (FSB) HR

Prof. dr. sc. I. Jakaša (PBF) HR

Doc. dr. sc. M. Katić (FSB) HR

Dr. S. Kopač (SMI) SLO

Prof. dr.sc. O. Koprivnjak (MF Sveučilišta u Rijeci) HR

Prof. dr. sc. D. Kovačević (PBF, Osijek) HR

Prof. dr. sc. V. Krstelj (HIS) HR

Dr. sc. A. Krivohlavek (NZJZ Dr. A. Štampar) HR

Dr. sc. M. Lovrić (BICRO BIOCENTAR d.o.o.) HR

Dr. sc. T. Masten Milek (JU Zeleni prsten Zagrebačke županije) HR

Izv. prof. dr. sc. N. Mikulec (AF) HR

B. Novosel, dipl. oec. (DZM) HR

Prof. dr. sc. B. Runje (FSB) HR

I. Sabljak, mag. ing. techn. aliment.,univ. spec. (Eurofins Croatiakontrola d.o.o.) HR

O. Štajdohar-Pađen, dipl. ing. HR

Dr. sc. R. Štimac (Hrvatski zavod za transfuzijsku medicinu) HR

Mr. sc. M. Trajkovska Trpevska (MAKLAB) MK

Dr. sc. M. Trkmić (HEP-Proizvodnja d.o.o.) HR

Prof. dr. sc. B. Vojnović (TTF) HR

Mr. sc. M. Zečević (HAA) HR

Dr. A. Kinzel (EUROLAB) D

Prof. E.Eftimie Totu (EURACHEM) RO

ORGANIZING COMMITTEE / ORGANIZACIJSKI ODBOR

M. Povodnik, ing. (Mirta-Kontrol d.o.o.) HR, President / predsjednik

Dr. sc. I. V. Petric (HAPIH) HR, Vice President / dopredsjednik

Dr. sc. T. Jakovljević (HSI) HR, Vice President / dopredsjednik

M. Mačković, dipl. ing. (Fiditas d.o.o.) HR, Vice President / dopredsjednik

Z. Grgić, dipl. ing. (Infratech) HR

S. Kalšan, dipl. ing. (Koestlin d.d.) HR

Mr. sc. S. Ljubenko (HZJZ) HR

R. Mertz, dipl. ing. HR

Mr. sc. S. Maričić Tarandek (Zvijezda d.d.) HR

Dr. sc. A. Rakić (ZZJZ Splitsko-dalmatinske županije) HR

I. Ivić, dipl. ing. (HZN) HR

Prof. dr. sc. Ž. Zgorelec (AF) HR

Prof. dr. sc. D. Šestan (FSB) HR

Contents / Sadržaj:

PREFACE / PREDGOVOR 8

ACCREDITED STANDARDS IN HISTORIC WOODEN STRUCTURES 9

T. Sedlar, H. Turkulin, A. Novosel 9

ISPITIVANJE SNIŽENJA KRUTIŠTA VODENIH OTOPINA NATRIJEVA KLORIDA METODOM DIFERENCIJALNE PRETRAŽNE KALORIMETRIJE 15

M. Kelvišar, M. Odeljan, N. Ferdelji 15

ZELENA SINTEZA KOLOIDNOG SREBRA I KARAKTERIZACIJA NANOČESTICA SREBRA 26

M. Vatović, A. Rakić[1,2], D. Barbir[3], P. Dabić[3] 26

DVADESET GODINA DJELOVANJA CROLAB – ODBORA ZA IZOBRAZBU 32

O. Štajdohar-Pađen[1], M. Trkmić[2], Z. Grgić[3] 32

TEMPERATURE EFFECTS ON THE ACCURACY OF THE CT SCANNER 57

M. Milanović-Litre, M. Katić 57

..... 66

PREFACE

You are reading the proceedings of the twentieth CROLAB conference LABORATORY COMPETENCE 2025, held from 12 to 14 November 2025 in Zadar, Croatia.

The conference focused on enhancing the competence and competitiveness of Croatian laboratories in the region, with the goal of fostering cooperation and strengthening connections with laboratories from neighboring countries and future European Union member states.

The program included lectures, poster presentations, and panel discussions on current and relevant topics. In addition to the professional program, participants had the opportunity to take part in discussions, attend club meetings (KIL, KAL, KUL, and KIC), and enjoy pleasant social gatherings in Zadar.

PREDGOVOR

Pred vama je zbornik radova s dvadesete CROLAB-ove konferencije KOMPETENTNOST LABORATORIJA 2025, koja se održala od 12. do 14. studenoga 2025. godine u Zadru.

Konferencija je bila usmjerena na jačanje kompetentnosti i konkurentnosti hrvatskih laboratorija u regiji, s ciljem poticanja suradnje i povezivanja s laboratorijima susjednih zemalja te budućih članica Europske unije.

Program konferencije obuhvaćao je predavanja, poster-prezentacije i panel-rasprave o aktualnim i relevantnim temama. Uz stručni dio, sudionici su imali priliku sudjelovati u raspravama, sastancima klubova (KIL, KAL, KUL i KIC) te u ugodnim druženjima u Zadru.

Editors / Urednici

Lovorka Grgec Bermanec
Marko Katić

ACCREDITED STANDARDS IN HISTORIC WOODEN STRUCTURES

T. Sedlar, H. Turkulin, A. Novosel

Laboratory for Wood in Construction

University of Zagreb, Faculty of Forestry and Wood Technology

Svetošimunska cesta 23, Zagreb, Croatia

E-mail: tsedlar@sumfak.unizg.hr

Abstract - The accredited Laboratory for Wood in Construction (LDG) of the University of Zagreb has significantly developed its expertise in wood diagnostics. After the 2020 earthquake, it focuses on the assessment and evaluation of the condition and properties of historical wood. The main focus area is the restoration of cultural heritage. This requires a unique approach that primarily puts the preservation of cultural heritage first. As a result, the team uses non-destructive or semi-destructive testing methods. These techniques do not damage the structure or cause only minimal, localized impact on the original wooden structure.

Conducting such analyses presents specific challenges. In situ testing often relies on unaccredited and unstandardized methods. The results are usually local, making a global assessment a complex task. Non-destructive techniques can also be unreliable when used without verification by standardized methods.

The laboratory uses its accreditation experience to overcome these obstacles. It applies established procedures for validation, risk assessment and quality control to field tests. This ensures scientific rigor and reliability. The team skillfully adapts standard methods for in situ use. It also critically evaluates indirect techniques for determining wood properties. This systematic, accredited approach validates their findings. It establishes the reliability of the laboratory in providing data for effective restoration design and planning.

I. INTRODUCTION

The regular and systematic inspection of buildings, especially historical ones, is often more of an ideal than a common practice. Typically, diagnostics are initiated only after a significant event, such as sudden water intrusion, the appearance of cracks, or structural settlement. The devastating earthquakes in Croatia in 2020 underscored this reality, demanding a comprehensive assessment of the safety and qualitative state of damaged cultural heritage. For older buildings not constructed to modern standards, this assessment frequently involves evaluating materials installed decades or even centuries ago.

This is particularly true for wooden structural elements, such as floor joists and roof frames. The critical question becomes: can this historical wood be left in place, and with what reliability can its future performance be predicted? Or must interventions be undertaken to ensure its essential properties—load-bearing capacity, technical soundness, and hygiene—for its intended lifespan?

This article outlines the methodology used by the Laboratory for Wood in Construction at the University of Zagreb, Faculty of Forestry and Wood Technology, for diagnosing the condition of historical wood. Using examples from historical construction diagnostics, we demonstrate how a scientific approach provides the data architects, conservators, and engineers need to plan effective restoration and conservation measures.

II. METHODOLOGY

The investigation plan is based on the guidelines of the standard HRN EN 17121 (2019): „Conservation of cultural heritage - Historic timber structures - Guidelines for the on-site assessment of load-bearing timber structures“ [1]. The process is structured in several key phases:

Preliminary Inspection: A non-destructive or minimally invasive visual, acoustic, and tactile survey of the entire structure. This phase identifies critical areas and defines the strategy for the main inspection. The result is a Preliminary Inspection Report that classifies elements into groups:

- Proven healthy and load-bearing parts
- Biologically damaged parts
- Mechanically questionable parts
- Characteristic structural joints and fasteners.

Main Inspection: A detailed on-site investigation at predetermined locations. It involves extensive photo-documentation, in-situ diagnostics, local measurements, and sample extraction for laboratory analysis. The main goals are to:

- Identify severe damage from moisture, deformation, or biological decay.
- Provide data for static calculations.
- Enable the design of preventive and curative conservation measures.

Laboratory Analysis: Samples are prepared and analyzed to determine wood species, moisture content, density, biological degradation, and mechanical properties.

Final Elaboration: The final report includes calculations, drawings, graphical presentations, data analysis, and specific recommendations for remediation and monitoring.

1) Sampling: The selection of measurement points is guided by the preliminary inspection, though it is adapted to the actual conditions, accessibility, and assessed criticality. The primary criteria are structural zones, element types, and hygrothermal risks.

Sampling follows the standard HRN EN 16085 (2013) [2]. Using a 12.5 mm Pressler borer, core samples are extracted for gravimetric moisture content measurement and density analysis. After measurement, these cores are embedded in wooden holders, polished, and prepared for species identification, ring width analysis, and microscopic examination. The boreholes are treated with a biocide and plugged with wooden dowels of the same species and grain orientation. Additional small samples are taken for detailed analysis of biological health.

2) In-Situ Investigations

Resistographic Testing: A resistograph (IML PD 500) with a 3 mm needle drills into the wood to measure resistance to penetration. In healthy wood, the device records growth rings and the higher density of latewood. In biologically degraded wood, it registers little to no resistance. This method is ideal for mapping internal decay, analyzing joint integrity, and assessing the uniformity of properties along an element. The resulting holes are negligible.

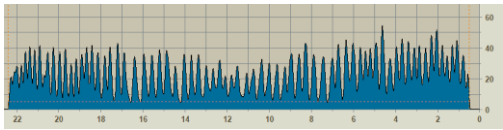


Fig. 1. Resistographic measurement of the condition of a wooden structure, and on the right, a resistogram of healthy wood.

Moisture Content and Hygrothermal Conditions: The moisture content of the timber is measured using needle electrodes for both surface and deep readings, allowing for the establishment of moisture gradients across a cross-

section. Ambient relative humidity, air temperature, and wood surface temperature are also recorded. A moisture gradient can significantly impact load-bearing capacity, crack formation, and the risk of biological degradation.

Fig. 2. Electrical resistance measurement of water content HRN EN 13183-2 [3]. a) in laboratory, b) in situ

Assessment of Biological Health: Evidence of past insect activity is first visually identified, traced, and documented [9]. The depth and intensity of insect damage are further evaluated acoustically and by examining borings. The presence of wood-decaying fungi is determined visually on the surface. The mechanical extent of decay is verified by chisel testing or resistography. The analysis is binary: either intensive damage is evident and recorded, or it is dismissed if not visibly present.

Joints analysis: The joints were inspected in detail for their fitness acc. to EN 17121 (c. 5.8) [1], examining their exterior appearance and tightness. Interior design of joints was studied (and possible workmanship flaws or biological damage) using resistance drilling.

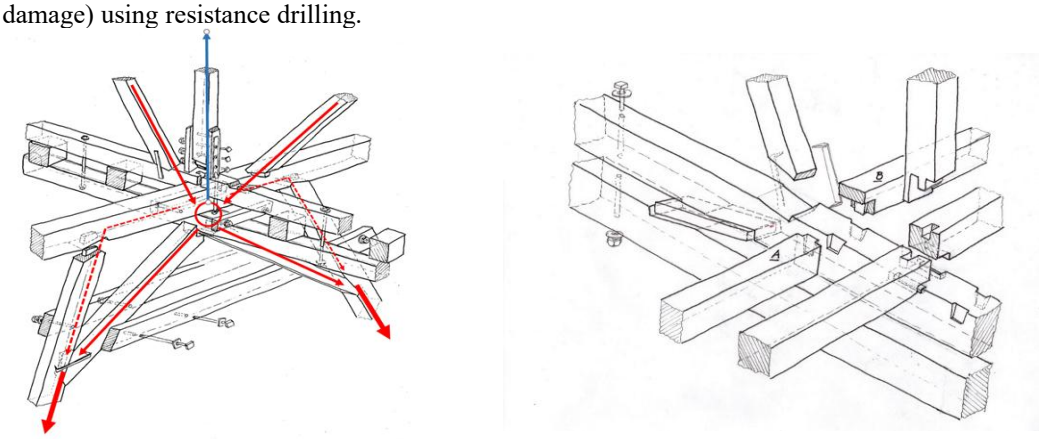


Fig. 3. Schemes of jonts analisis

3) Laboratory Analysis and Strength Grading

In the laboratory, the diagnostic process continues with detailed analysis of:

Wood Species Identification: Identification is performed with microscopic analysis of the cross-section. The wood species is identified based on key characteristics such as: color, appearance of growth rings, macroscopic visibility, alignment, porosity of pores in early and late wood, and characteristics of wood rays, presence of resin glands in conifers or tiles in broadleaves.

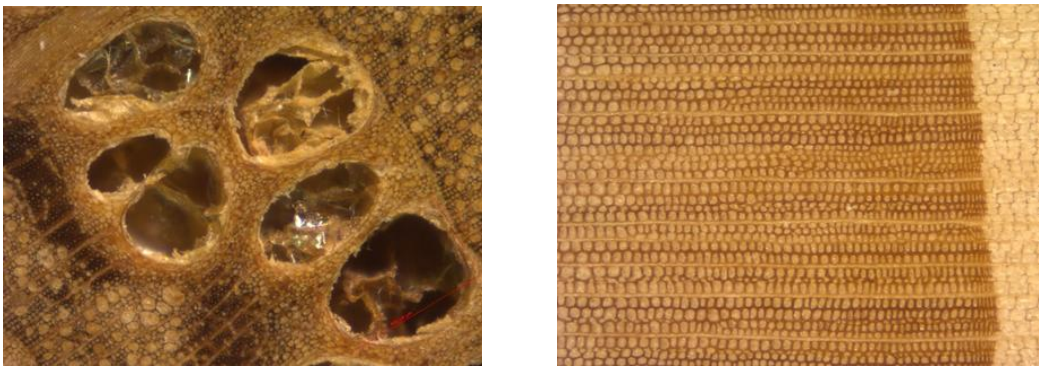
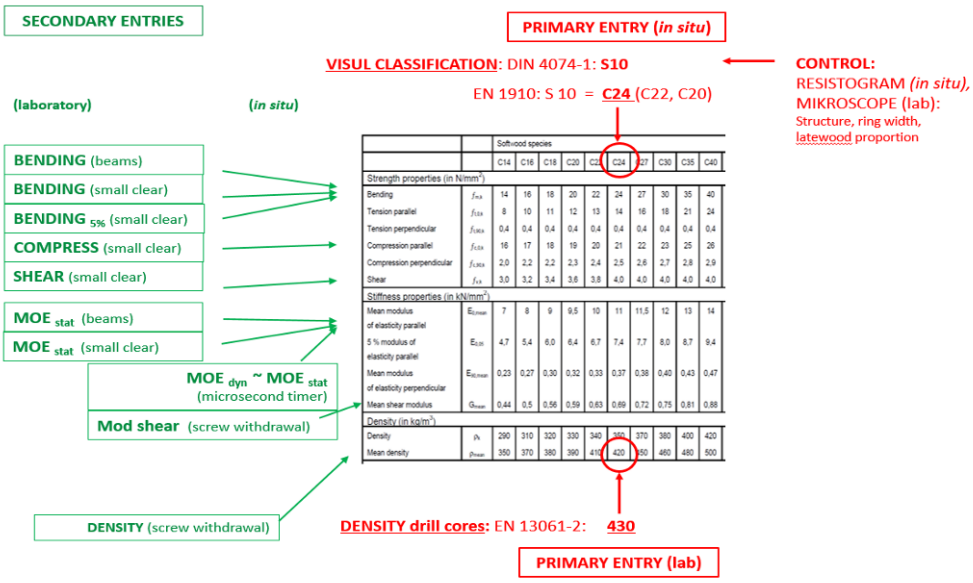


Fig. 4. Micrographs for identification of the type of wood: a) oak wood, b) fir wood.

Strength Grading: The visual strength grading is performed according to DIN 4074-1 [4] and -5 [5], considering defects like knots, cracks, and grain deviation. The strength class is then assigned based on HRN EN 1912 (2012) [6]. A complementary approach determines the strength class based on measured density (HRN EN 338:2016 [7]). In accordance with the conservative recommendations of HRN EN 17121 [1], the lower of the two resulting strength classes is selected for the final declaration.



		Softwood species									
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40
Strength properties (in N/mm²)											
Bending	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40
Tension parallel	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24
Tension perpendicular	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Compression parallel	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26
Compression perpendicular	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
Shear	$f_{v,k}$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Stiffness properties (in kN/mm²)											
Mean modulus of elasticity parallel	$E_{0,mean}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14
5 % modulus of elasticity parallel	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4
Mean modulus of elasticity perpendicular	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47
Mean shear modulus	G_{mean}	0,44	0,5	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88
Density (in kg/m³)											
Density	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420
Mean density	ρ_{mean}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500

Fig. 5. Separate system of mechanical property values for each class of load-bearing capacity of conifers as recorded in Table 1 of the HRN EN 338 [7] standard, and a schematic representation of the criteria for determining mechanical properties used in this test.

Microbiological Testing: Samples are examined under a microscope for traces of insect frass or fungal hyphae. A "microbiological screen test" is also conducted: wood segments are inoculated on a sterile nutrient agar and cultivated in petri dishes for 12 days under controlled conditions [8]. The growth of any fungi is then analyzed and compared to a library of known cultures to identify potential active or latent threats.

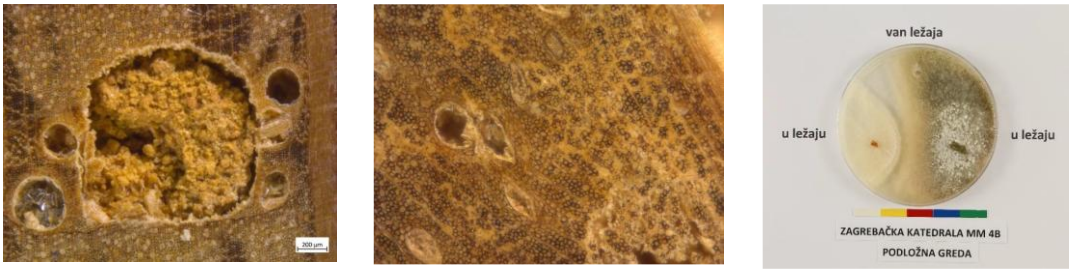


Fig. 6. Micrographs of cuttings. In addition to the characteristic insect damage (left), the mycelium of rot fungi is also visible (center). Petri dish samples (right) show the development of mold and white rot mycelium on cuttings from the bed, which have overgrown cuttings outside the bed that do not develop infection.

III. CONSERVATION PRINCIPLES

Residual Useful Cross-Section and Natural Durability

A crucial step in assessing load-bearing capacity is determining the residual useful cross-section of the historical timber. This evaluation requires considering several factors that collectively necessitate a conservative reduction from the nominal dimensions:

- Historical Processing: Sawn timbers often have a smaller cross-section than nominal due to the deepest cut.
- Surface Degradation: A surface layer of 5–10 mm is often degraded by light, moisture, and erosion and should be excluded.
- Sapwood: Sawn logs often retain the rounded periphery, which contains the non-durable sapwood. This sapwood is frequently already damaged by insects and should be conservatively removed from the calculation.
- Internal Decay: If microscopic analysis confirms partial biological degradation, the cross-section is further reduced.

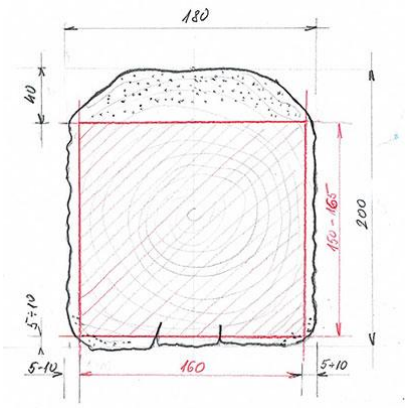


Fig. 7. Illustration of the recommended reduction in the useful cross-section of an element due to surface damage and the exclusion of partially corroded sapwood.

Maping of the wood constructon

Mapping provides a final output of wood structure diagnostics, encompassing leaks, biological damage, and structural or joint displacements and deformations for a restoration project.

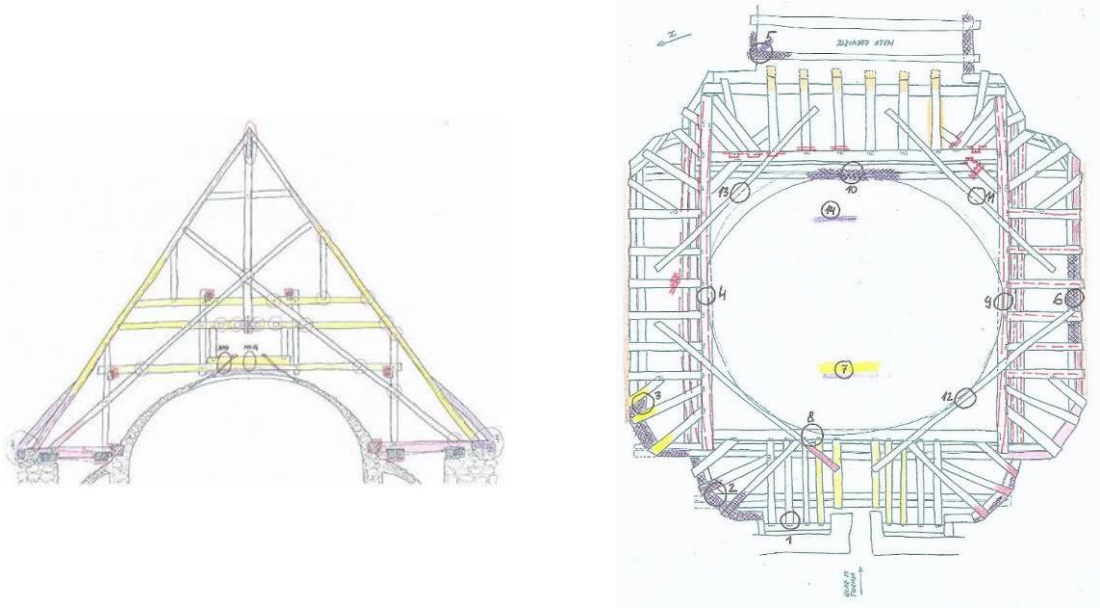


Fig. 8. a) Sketch of the main roof ridge with marked measuring points and damage. b) Sketch of the roof truss with marked measuring points and damage.

IV. CONCLUSION

The presented diagnostic approach, combining rigorous on-site non-destructive testing with precise laboratory analysis, provides an objective, scientifically grounded assessment of historical timber structures.

Historic wood structures require a complex understanding of the delicate equilibrium between wood properties (strength, durability) and the adverse/unstable/variable conditions to which wood is subject, and the necessity to maintain this equilibrium for as long as possible.

The resulting data is indispensable for designing sensitive and effective conservation interventions, ensuring that these valuable cultural heritage monuments are preserved safely for future generations.

REFERENCES

[1] EN 17121 (2019): Conservation of cultural heritage – Historic timber structures – Guidelines for the on-line assessment of load-bearing structures. CEN, 28 pp.

[2] HRN EN 16085 (2013): Conservation of Cultural property - Methodology for sampling from materials of cultural property - General rules.

[3] HRN EN 13183-2 (2008): Moisture content of a piece of sawn timber - Part 2: Estimation by electrical resistance method.

[4] DIN 4074-1 (2012): Strength grading of wood - Part 1: Coniferous sawn timber.

[5] DIN 4074-5 (2008): Strength grading of wood - Part 5: Sawn hard wood.

[6] HRN EN 1912 (2012): Structural Timber - Strength classes - Assignment of visual grades and species.

[7] HRN EN 338 (2016): Structural timber -- Strength classes.

[8] HRN EN 350 (2016): Durability of wood and wood-based products - Testing and classification of the durability to biological agents of wood and wood-based materials.

[9] HRN EN 1309-3 (2018): Round and sawn timber - Methods of measurements - Part 3: Features and biological degradations.

ISPITIVANJE SNIŽENJA KRUTIŠTA VODENIH OTOPINA NATRIJEVA KLORIDA METODOM DIFERENCIJALNE PRETRAŽNE KALORIMETRIJE

M. Kelvišar, M. Odeljan, N. Ferdelji
Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu
Ivana Lučića 5, 10002 Zagreb, Croatia

Sažetak - Diferencijalnom pretražnom kalorimetrijom (DSC) eksperimentalno su ispitane vodene otopine natrijeva klorida u rasponu masenih udjela od 3,09 do 15,03 %. Analizom depresije temperature krutišta i njezinom usporedbom s idealnim koligativnim modelom utvrđeno je dobro slaganje pri nižim koncentracijama, dok se pri višima opaža sve izraženije odstupanje, što se pripisuje smanjenju učinkovitog Van't Hoffova faktora s porastom koncentracije. Pri nižim masenim udjelima NaCl-a entalpija kristalizacije pokazuje trend opadanja s porastom koncentracije, što se povezuje s manjim udjelom vode koji prelazi u led. Pri višim koncentracijama nije moguće jednoznačno odrediti je li sustav pothlađen do eutektičke točke prije početka kristalizacije ili promatrani egzotermni vrh predstavlja preklapanje primarne i eutektičke kristalizacije.

Ključne riječi: diferencijalna pretražna kalorimetrija, vodene otopine natrijeva klorida, temperatura krutišta, koligativna svojstva

I. UVOD

Sniženje temperature krutišta otopine u odnosu na čisto otapalo jedno je od temeljnih koligativnih svojstava. Prisutnost otopljene tvari utječe na uspostavu dinamičke ravnoteže između kapljevite i krute faze, što rezultira pomakom ravnoteže prema nižim temperaturama, odnosno sniženjem krutišta. Kao posljedica toga, u otopinama s manjim masenim udjelom otopljene tvari od eutektičkog javlja se područje taline u kojem pri temperaturama nižima od krutišta čistog otapala koegzistiraju kapljevita i kruta faza.

Jednadžba za izračun sniženja temperature krutišta [1] glasi:

$$\Delta T_{\mathrm{f}} = -i \cdot K_{\mathrm{f}} \cdot b_{\mathrm{O.T}}$$

Van't Hoffov faktor (i) je omjer između stvarne koncentracije čestica koje nastaju otapanjem tvari i koncentracije čestica koja bi se očekivala prema njenoj kemijskoj formuli. Za većinu neelektrolita otopljenih u vodi, Van't Hoffov faktor iznosi približno 1. Ukoliko se radi o elektrolitima Van't Hoffov faktor je veći od 1. Primjerice, klorovodična kiselina HCl disocira u vodi na H^+ i Cl^- prilikom čega iz jedne molekule nastaju dvije čestice (ioni) te posljedično tome Van't Hoffov faktor iznosi 2. U praksi, radi međudjelovanja iona u otopini, što se posebno uočava pri višim koncentracijama otopljenih tvari, Van't Hoffov faktor može biti nešto manji od teorijski izračunate vrijednosti.

Jednadžba za izračun Van't Hoffovog faktora glasi [1]:

$$i = 1 + \alpha(n - 1)$$

Krioskopska konstanta (K_f) je karakteristična veličina otapala koja ovisi o njegovoj molarnoj masi, temperaturi krutišta i entalpiji krutišta, dok je neovisna o kemijskoj prirodi otopljene tvari. Za vodu iznosi 1,86 K kg/mol, što određuje iznos sniženja krutišta otopine po jedinici molaliteta.

TABLICA I
VRIJEDNOSTI KRIOSKOPSKE KONSTANTE

	K_f (K kg/mol)
voda	1,86
benzen	5,12
octena kiselina	3,90
fenol	7,27
naftalen	6,94

Krioskopsku konstantu računamo prema izrazu [1]:

$$K_f = \frac{R_m \cdot T_{f_0}^2}{q_k}$$

II. MATERIJALI I METODE

Diferencijalna pretražna kalorimetrija (DSC) metoda je mjerenja koja se koristi u raznim područjima istraživanja i kontrole kvalitete. Zbog širokog temperaturnog raspona moguće je brzo identificirati toplinske efekte. Podaci dobiveni DSC analizom omogućuju određivanje toplinskog kapaciteta, topline fazne promjene, temperature i slično. Zadatak DSC uređaja je mjerenje promjene topline. Izmijenjena toplina obično uzrokuje promjenu temperature tijela, što se može iskoristiti kao mjera količine izmijenjene topline [3]. U nekim slučajevima sam proces stvara toplinski tok koji posljedično dovodi do lokalnih temperaturnih gradijenata, a oni se mogu iskoristiti za određivanje pripadajućeg toplinskog toka. U sklopu eksperimentalnog dijela rada korišten je Mettler Toledo DSC 3^+, namijenjen detaljnoj i preciznoj analizi faznih promjena. Pomoću njega određene su temperature taljenja i skrućivanja otopine, kao i specifične topline faznih promjena za određene masene sastave.

Priprema uzoraka

Za pripremu uzoraka korišten je natrijev klorid (99,5 %) i destilirana voda. Pripremljeno je pet različitih masenih sastava otopina: 3 %, 6 %, 10 %, 12 % i 15 %. Prije miješanja s destiliranom vodom, sol je podvrgnuta sušenju u laboratorijskom sušioniku kako bi se procijenila količina vlage i osigurala što preciznija određivanja masenih omjera. Nakon 2 sata sušenja promjena mase soli bila je zanemariva (red veličine mg). Prema navodima u radu, u soli je ostala tzv. rezistentna vlaga, no njezin se utjecaj u daljnjoj analizi zanemaruje.

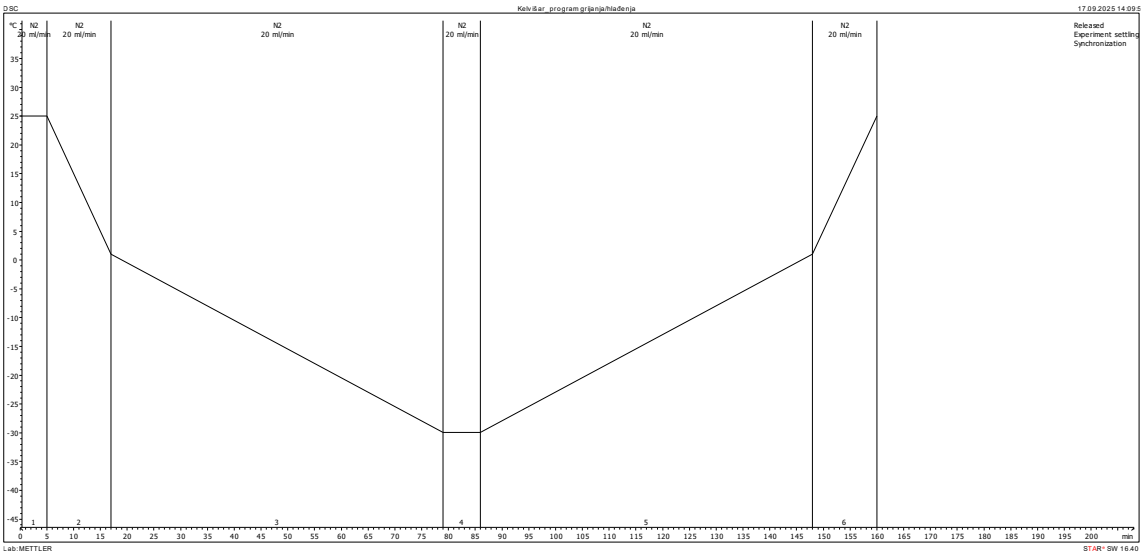
Nakon sušenja sol je pohranjena u eksikator kako ne bi ponovno apsorbirala vlagu iz zraka, te se odmah pristupilo pripremi otopina. Svaki pripremljeni sastav pohranjen je u vlastitu hermetičku bočicu, iz koje je po potrebi uziman uzorak. Pomoću pipete uzorci su doziranjem stavljani u aluminijske lončiće koji su zatim hermetički zatvoreni pomoću preše. Preša omogućuje jednostavno i sigurno zatvaranje lončića, pod pritiskom klipa poklopac se hladno zavari s lončićem, čime se postiže potpuno brtvljenje.

TABLICA II
USPOREDBA CILJANOG I IZMJERENOG MASENOG SASTAVA

Uzorak broj	Ciljani maseni sastav (%)	Izmjereni maseni sastav(%)
1	3	3,09
2	6	6,00
3	10	10,00
4	12	12,00
5	15	15,03

Mjerna procedura

Kako bi se smanjio utjecaj vlage i osigurala stabilna te ponovljiva atmosfera, mjerenja su provedena u atmosferi dušika. Budući da je dušik inertan i ne reagira s uzorkom pri promjenama temperature, sprječava oksidaciju i omogućuje kvalitetnije izvođenje mjerenja. S obzirom na to da su oba lončića bila hermetički zatvorena, odabran je manji protok dušika od 20 mL/min.



Slika 1. Režim grijanja i hlađenja

Na slici je prikazan režim grijanja i hlađenja korišten prilikom mjerenja svih uzoraka. Mjerenje započinje izotermnim održavanjem temperature od 25 °C tijekom pet minuta, nakon čega slijedi hlađenje brzinom od 5 °C/min. Budući da se u temperaturnom rasponu od 25 °C do 0 °C ne očekuju fazni prijelazi, odabrana je veća brzina hlađenja radi uštede vremena i smanjenja potrošnje tekućeg dušika.

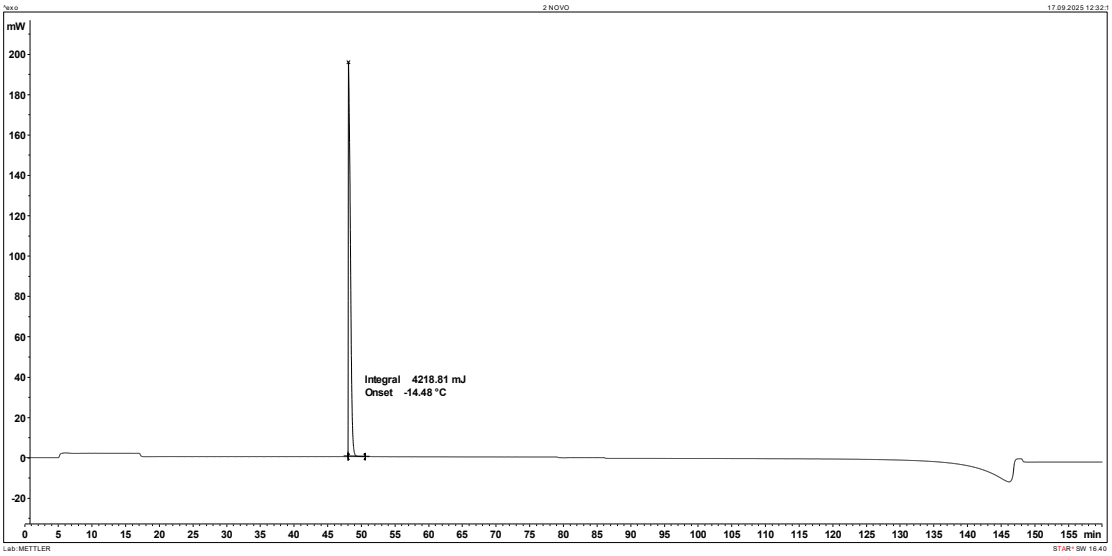
Sljedeći segment hlađenja provodi se znatno sporije, jer se upravo u tom području očekuje kristalizacija. Ako se sustav hladi prebrzo, dolazi do efekta pothlađivanja, zbog čega kristalizacija započinje kasnije, a signal postaje iskrivljen. Kako bi se taj efekt izbjegao i kristalizacija jasno zabilježila, brzina hlađenja u ovom dijelu iznosi samo 0,5 °C/min.

Slijedi izotermno održavanje temperature, kojim se omogućuje izjednačavanje temperaturnog gradijenta unutar uzorka i dobivanje čišćeg signala. U području očekivanog taljenja brzina grijanja ponovno je smanjena kako bi se točno odredila temperatura prijelaza i pripadajući endotermni vrh. Nakon tog intervala brzina grijanja opet se povećava kako bi se ubrzao cjelokupni proces ispitivanja

III. REZULTATI MJERENJA

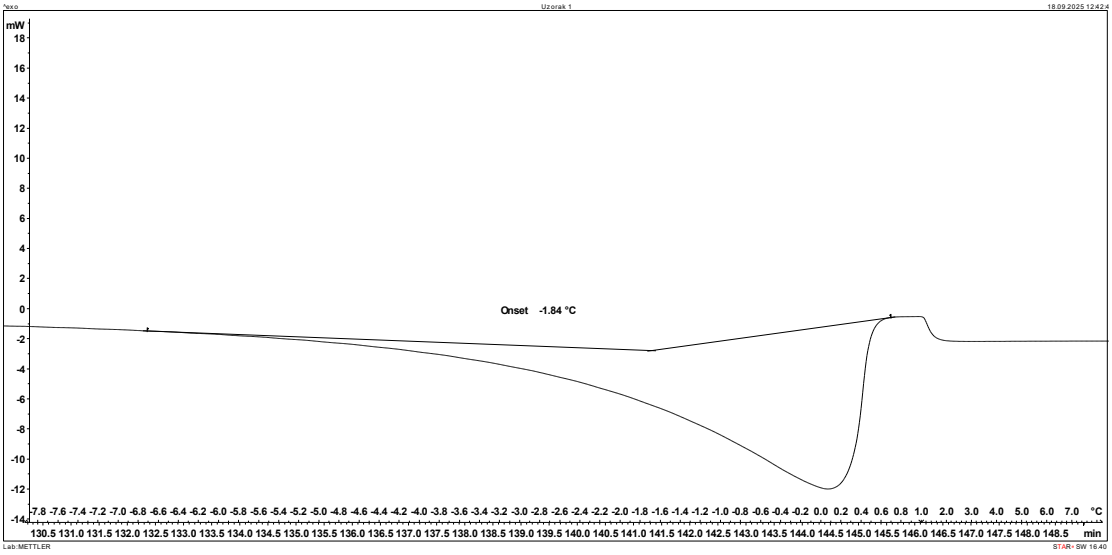
U svrhu preglednosti prikazane su dvije reprezentativne DSC krivulje (Slika 2. i 4.), dok su sve ostale eksperimentalne krivulje dostupne u Dodatku A.

1) Uzorak 1 (3,09%)



Slika 2. DSC krivulja 1. uzorka

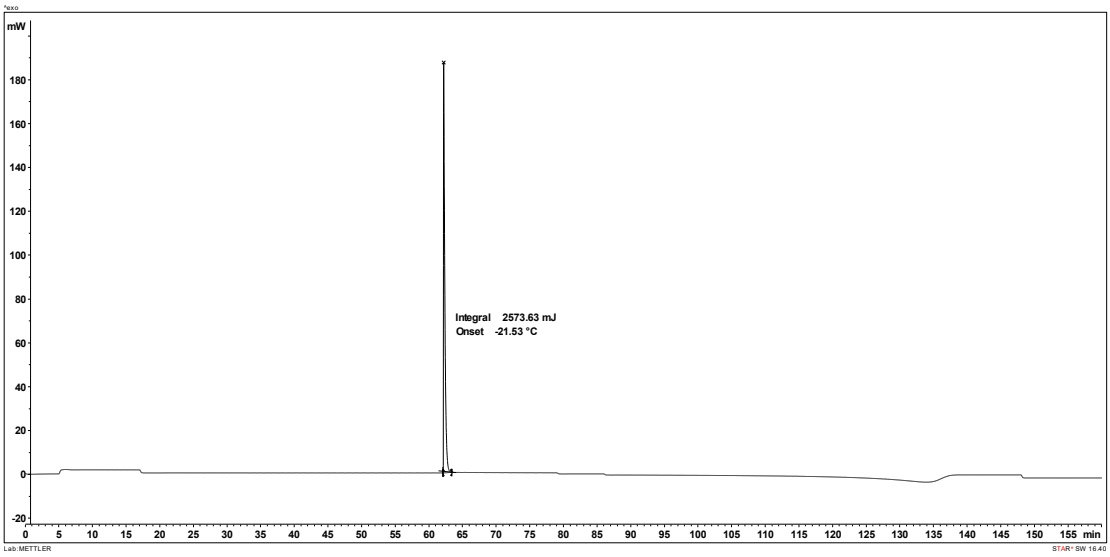
Na slici je prikazana DSC krivulja prvog uzorka. Iako je režim hlađenja pomno osmišljen kako bi se umanjio fenomen pothlađivanja, do njega je ipak došlo, te je skrućivanje započelo na -14,48 °C.



Slika 3. Endotermni vrh 1. uzorka

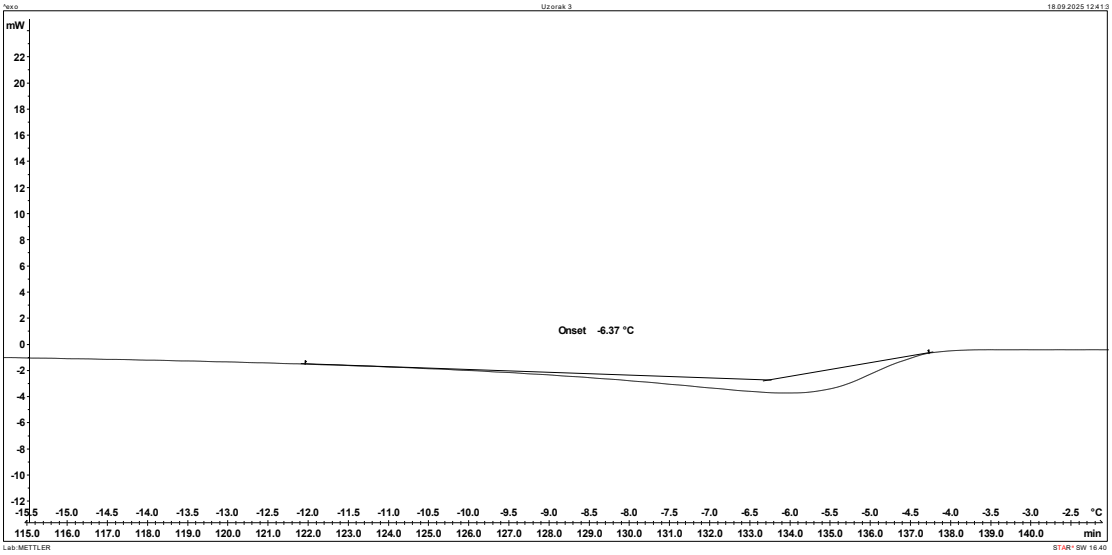
Pogledamo li uvećan prikaz endotermnog vrha na slici, vidljivo je da je taljenje završilo na -1,84 °C.

2) Uzorak 3 (10,00%)



Slika 4. DSC krivulja 3. uzorka

Na slici je prikazana DSC krivulja trećeg uzorka. Proces skrućivanja započinje na -21,53 °C. Budući da je ta temperatura vrlo blizu eutektičkoj, nije moguće sa sigurnošću tvrditi radi li se o primarnoj kristalizaciji odgođenoj zbog efekta pothlađivanja ili o kristalizaciji ispod eutektičke točke.



Slika 5. Endotermni vrh 3. uzorka

Pogledamo li uvećan prikaz endotermnog vrha na slici, vidljivo je da je taljenje završilo na -6,37 °C.

3) *Analiza rezultata mjerenja*

Prema navodima u radu izraz za izračunavanje promjene temperature krutišta u odnosu na čisto otapalo je:

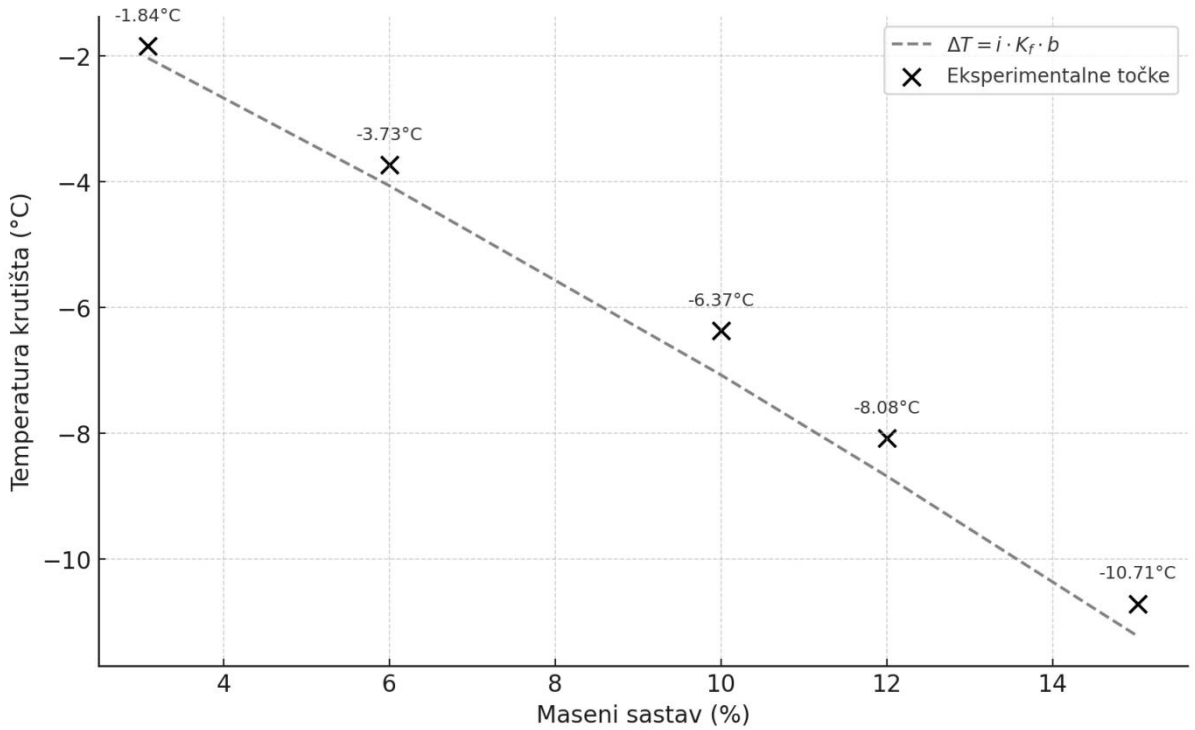
$$\Delta T_{\mathrm{f}} = -i \cdot K_{\mathrm{f}} \cdot b_{\mathrm{O.T}}$$

Uvrstimo li za svaki uzorak njegovu molalnost možemo izračunati promjenu temeprature krutišta prema navedenom izrazu.

TABLICA III
USPOREDBA EKSPERIMENTALNIH I TEORIJSKIH VRIJEDNOSTI

Uzorak broj	Maseni sastav (%)	$\Delta T_{\mathrm{f}} = -i \cdot K_{\mathrm{f}} \cdot b_{\mathrm{O.T}}$	Izmjerena temepratura krutišta (°C)
1	3,09	-2,03	-1,84
2	6,00	-4,06	-3,73
3	10,00	-7,07	-6,37
4	12,00	-8,68	-8,08
5	15,03	-11,23	-10,71

Usporedbom teoretske promjene temperature krutišta s izmjerenim vrijednostima može se uočiti da se, povećanjem masenog sastava, rezultati sve više razlikuju, što je prikazano na sljedećem dijagramu.



Slika 6. Usporedba idealnog modela i eksperimentalno dobivenih rezultata

Na grafu se vidi da se pri većim masenim udjelima NaCl-a eksperimentalne točke sve više udaljavaju od idealnog modela. To je očekivano, jer s porastom koncentracije otopine jačaju međudjelovanja između iona. Za razliku od idealno razrijeđenih otopina, u kojima možemo pretpostaviti da čestice otopljene tvari međudjeluju isključivo s česticama otapala, ovdje to nije

slučaj. S obzirom na veće masene udjele, čestice otopljene tvari međudjeluju i međusobno, pa realni Van't Hoffov faktor postaje manji od 2.

Idealni model pri višim masenim sastavima uvijek daje nešto veću promjenu temperature krutišta upravo zato što se za vrijednost Van't Hoffova faktora uzima 2. Kada bi se u izračun Van't Hoffova faktora uključio stupanj disocijacije α, odstupanja eksperimentalnih i idealnih vrijednosti bila bi znatno niža. Također, konačan izraz za promjenu temperature krutišta temelji se na pretpostavci da je ukupna molarna masa otopine približno jednaka molarnoj masi otapala, pri čemu se zanemaruje doprinos molarne mase otopljene tvari.

Takav pristup daje zadovoljavajuće rezultate pri manjim masenim sastavima NaCl-a, dok pri većim sastavima ta pretpostavka više nije opravdana i ne osigurava točne i pouzdane rezultate. Usporedimo li izmjerene rezultate s tabličnim podacima, vidimo najveća podudaranja. Vrijednosti nisu identične zbog nečistoće natrijeva klorida i mjerne nesigurnosti pri pripremi samih otopina.

TABLICA IV
USPOREDBA TABLIČNIH PODATAKA S IZMJERENIM [10]

Uzorak broj	Maseni sastav (%)	Tablična vrijednost temperature krutišta (°C)	Izmjerena temepratura krutišta (°C)
1	3,09	-1,79	-1,84
2	6,00	-3,7	-3,74
3	10,00	-6,56	-6,39
4	12,00	-8,18	-8,03
5	15,03	-10,91	-10,71

4) Entalpija skrućivanja

Analiza skrućivanja vodenih otopina NaCl-a pokazala je egzotermne vrhove koji odgovaraju faznim prijelazima. Međutim, uvid u temperature na kojima se ti prijelazi odvijaju ukazuje da opaženi egzotermni vrhovi potječu od različitih termodinamičkih procesa. Zbog toga usporedba izmjerenih entalpija skrućivanja između svih analiziranih uzoraka nije mjerodavna i može dovesti do pogrešnih zaključaka.

Kod uzoraka 1 i 2 egzotermni vrhovi zabilježeni su na približno -15 °C i -19 °C. Budući da su ove temperature iznad eutektičke točke (-21,1 °C), one predstavljaju kristalizaciju leda. Pojava kristalizacije na tako niskim temperaturama posljedica je efekta pothlađivanja. Izmjerena entalpija kod ovih uzoraka stoga odgovara latentnoj toplini oslobođenoj tijekom formiranja leda, pri čemu preostala tekuća faza postaje koncentriranija otopljenom soli. Cjelokupni proces odvija se unutar dvofaznog područja (talina + led) faznog dijagrama, što znači da ovi uzorci opisuju isti termodinamički fenomen.

Za razliku od toga, kod uzoraka 3, 4 i 5 egzotermni vrh uočen je blizu eutektičke temperature. U ovom slučaju nije moguće raspoznati je li sustav doživio pothlađivanje do eutektičke točke prije početka bilo kakve kristalizacije ili egzotermni vrh predstavlja zajednički rezultat primarne i eutektičke kristalizacije.

Zbog navedenog, direktna usporedba entalpija skrućivanja između prve skupine uzoraka (1 i 2) i druge (3, 4 i 5) nije utemeljena. Uspoređivala bi se entalpija koja potječe od formiranja leda s entalpijom koja potječe od eutektičke reakcije, a takva usporedba bila bi pogrešna.

TABLICA V
USPOREDBA SPECIFIČNIH ENTALPIJA SKRUĆIVANJA U OVISNOSTI O MASENOM SASTAVU

Uzorak broj	Maseni sastav (%)	specifična entalpija skrućivanja (J/g)
1	3,09	219,38
2	6,00	148,1

3	10,00	128,68
4	12,00	141,21
5	15,03	114,18

IV. ZAKLJUČAK

U radu je diferencijalnom pretražnom kalorimetrijom određeno sniženje temperature krutišta vodenih otopina natrijeva klorida u rasponu masenih udjela od 3,09 do 15,03 %. Izmjerene temperature krutišta kretale su se od −1,84 °C pri 3,09 % NaCl-a do −10,71 °C pri 15,03 % NaCl-a, čime je potvrđen očekivani trend porasta depresije krutišta s povećanjem koncentracije otopljene tvari.

Usporedba eksperimentalnih vrijednosti s idealnim koligativnim modelom pokazala je dobro slaganje pri nižim masenim udjelima, gdje odstupanja iznose oko 0,2 °C, dok se pri višim koncentracijama razlike povećavaju na približno 0,5 °C. Ta se odstupanja pripisuju smanjenju učinkovitog Van’t Hoffova faktora uslijed jačih međudjelovanja iona u koncentriranijim otopinama te ograničenjima pretpostavki idealnog modela.

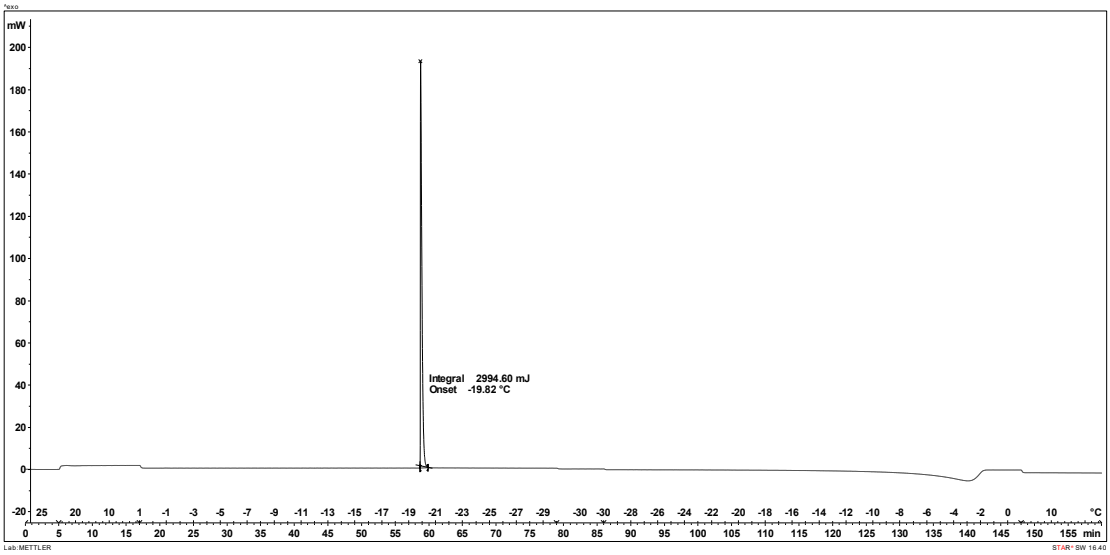
Specifične entalpije skrućivanja pokazale su opadajući trend s porastom masenog udjela NaCl-a, pri čemu se vrijednosti smanjuju s približno 219 J/g za 3,09 % otopinu na oko 114 J/g za 15,03 % otopinu. Analiza DSC krivulja ukazala je da se pri nižim koncentracijama radi o primarnoj kristalizaciji pothlađene vode, dok se pri višim koncentracijama egzotermni vrhovi javljaju u blizini eutektičke temperature sustava (−21,1 °C), što onemogućuje izravnu usporedbu entalpija između svih uzoraka.

Dobiveni rezultati potvrđuju da je DSC metoda prikladna za kvantitativno određivanje depresije krutišta vodenih otopina elektrolita te jasno ukazuju na granice primjene idealnih koligativnih modela pri većim koncentracijama otopljene tvari.

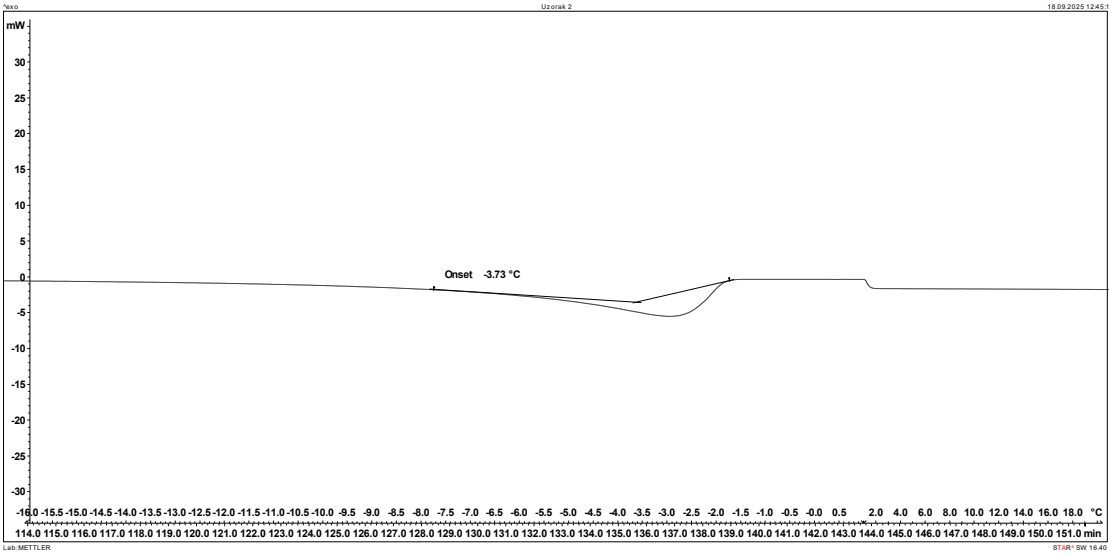
POPIS OZNAKA

$b_{\mathrm{O.T}}$	mol/kg	Molalnost otopljene tvari
E_{b}	(K kg)/mol	Ebulioskopska konstanta
i	-	Van't hoffov faktor
K_{f}	K kg/mol	Krioskopska konstanta
n	-	Broj iona koji nastaje iz jedne molekule
$n_{\mathrm{O.T}}$	mol	Broj molova otopljene tvari
q_{k}	J/mol	Entalpija skrućivanja
R_{m}	(K kg)/mol	Univerzalna plinska konstanta
$T_{\mathrm{f_0}}$	K	Temperatura krutišta čistog otapala
α	-	Stupanj disocijacije
ΔT_{f}	K	Promjena temperature krutišta

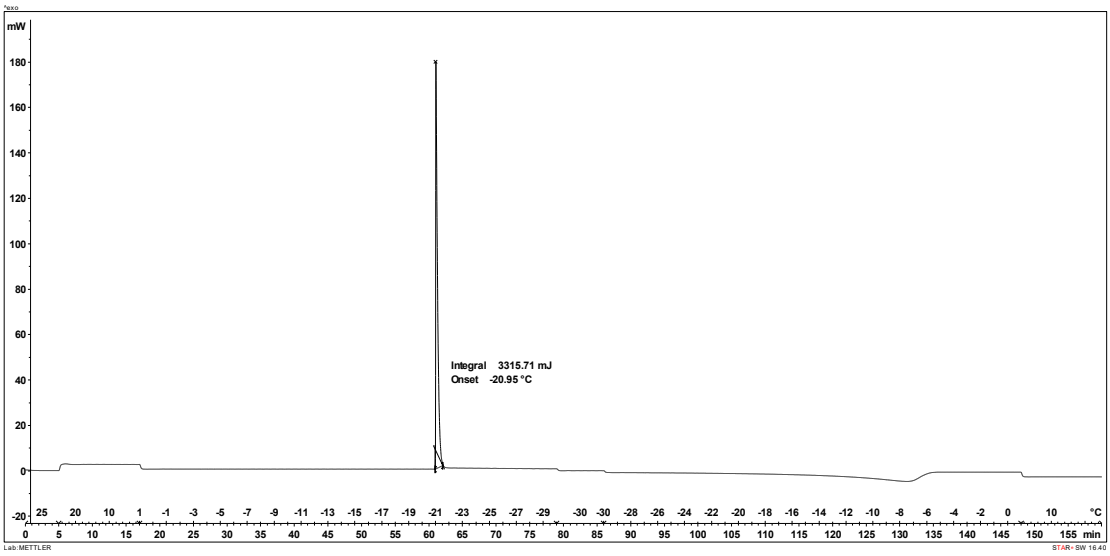
DODATAK A



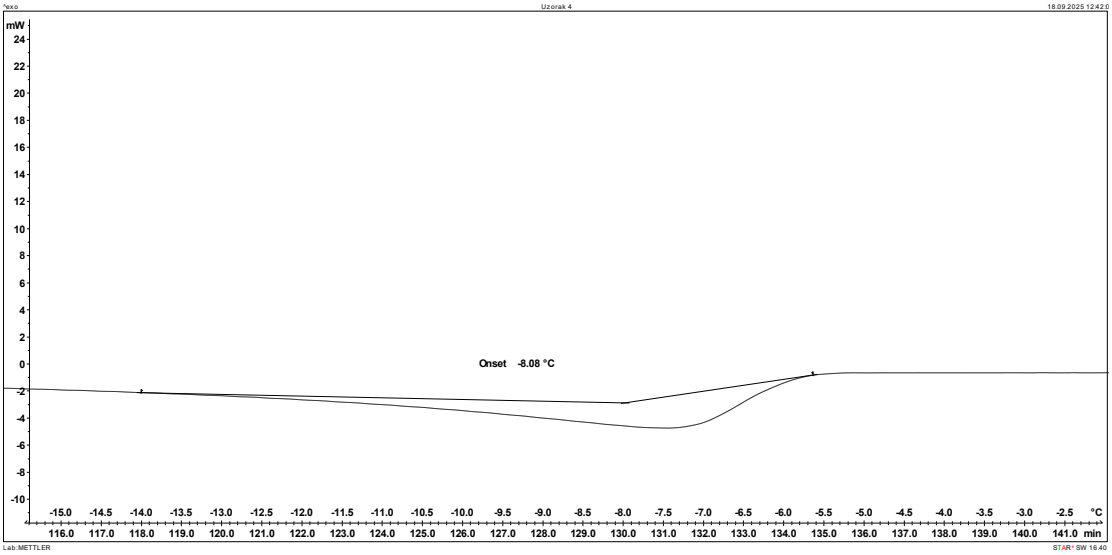
Slika 7. DSC krivulja 2. uzorka



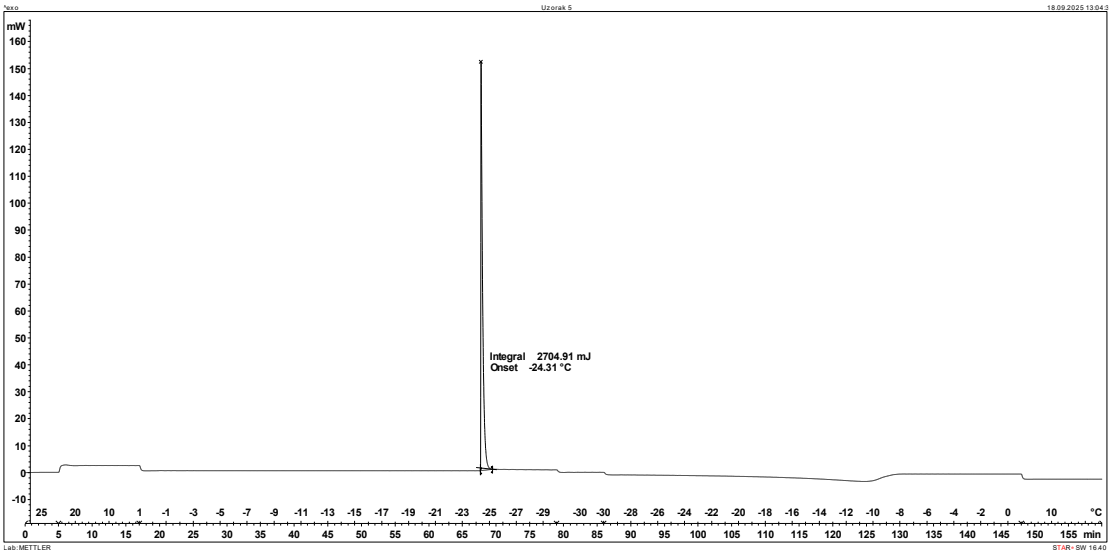
Slika 8. Endotermni vrh 2. uzorka



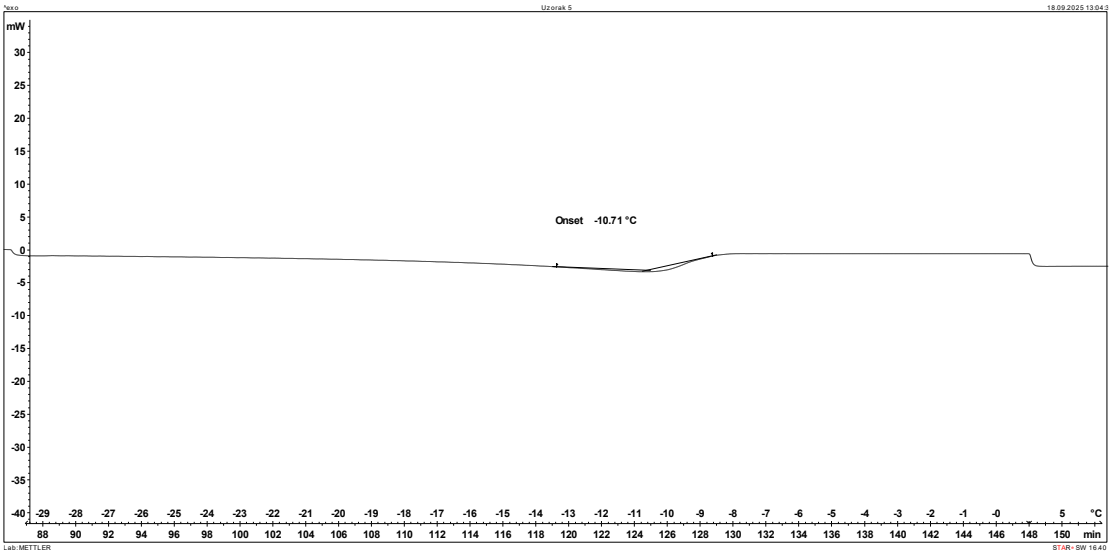
Slika 9. DSC krivulja 4. uzorka



Slika 10. Endotermni vrh 4. uzorka



Slika 11. DSC krivulja 5. uzorka



Slika 12. Endotermni vrh 5. uzorka

LITERATURA

[1] N. Levine, *Physical Chemistry*, 6th ed. New York: McGraw-Hill, 2009.
[2] P. W. Atkins i J. de Paula, *Atkins' Physical Chemistry*, 10th ed. Oxford: Oxford University Press, 2014.
[3] G. W. H. Höhne, W. F. Hemminger i H.-J. Flammersheim, *Differential Scanning Calorimetry*, 2nd ed. Berlin: Springer, 2003.
[4] B. E. Brown, H. E. LeMay, B. E. Bursten, C. J. Murphy i P. M. Woodward, "13.1 The Solution Process", u *Chemistry: The Central Science*
[5] B. E. Brown, H. E. LeMay, B. E. Bursten, C. J. Murphy i P. M. Woodward, "13.2 Saturated Solutions and Solubility", u *Chemistry: The Central Science*
[6] Edutorij – Kemija 2, "Topljivost tvari i vrste otopina", CARNet.
[7] Y. Farnam, D. P. Bentz i W. J. Weiss, "Interaction of Chloride-Based Deicing Salts with Concrete," Purdue University Joint Transportation Research Program.

ZELENA SINTEZA KOLOIDNOG SREBRA I KARAKTERIZACIJA NANOČESTICA SREBRA

M. Vatović, A. Rakić[1,2], D. Barbir[3], P. Dabić[3]

[1]Nastavni zavod za javno zdravstvo Splitsko-dalmatinske županije, Vukovarska 46, 21 000 Split

[2]Fakultet zdravstvenih znanosti, Ruđera Boškovića 35, 21 000 Split

[3]Kemijsko-tehnološki fakultet, Zavod za anorgansku tehnologiju, Ruđera Boškovića 35, 21 000 Split

Sažetak - Posljednjih godina intenzivno se istražuju zelenu sintezu nanočestica. Smatra se da su nanočestice proizvedene ovom metodom, a koristeći pri tom prirodna redukcijska sredstva, sigurnija za korištenje od nanočestica sintetiziranih kemijskom metodom.

Ovom tehnikom „zelene sinteze“ eliminiraju se toksične kemikalije, smanjuju se energetski zahtjevi i visoke temperature, čineći proces ekološki prihvatljivijim i ekonomičnijim.

U ovom radu analizirana je zelena sinteza nanočestica srebra, koloidnih dimenzija, korištenjem ekološkog zelenog čaja.

Kao pokazatelj nastanka koloidnog srebra korišten je Tyndallov efekt, koji nastaje kao posljedica raspršenja laserske zrake na koloidnim česticama.

Za karakterizaciju nanačestica srebra koristile su se instrumentalne tehnike SEM, DLS i UV/Vis spektrofotometrija.

Uporabom SEM tehnike za koloidno srebro sintetizirano uz pomoć zelenog čaja, dobivene su jasne slike na kojima su nanočestice srebra jasno definirane i pravilnog oblika.

Korištenjem DLS tehnike, procijenjena veličina nanočestica srebra bila je oko 80 nm.

Primjenom UV/Vis spektrofotometrije, za koloidno srebro sintetizirano pomoću zelenog čaja, uređaj je detektirao blagi apsorpcijski maksimum pri valnoj duljini od 403,32 nm.

Ključne riječi: koloidno srebro, zelena sinteza, zeleni čaj

I. UVOD

Koloidno srebro je suspenzija vrlo malih čestica srebra, dovoljno sitnih da mogu proći kroz stanične membrane i biti učinkovito apsorbirane u ljudskom organizmu. Koloidno srebro ima sposobnost uništavanja širokog spektra bakterija, virusa i mikroorganizma, što ga čini korisnim u liječenju niza medicinskih stanja. Tradicionalne metode sinteze koloidnog srebra uključuju uporabu toksičnih kemikalija za redukciju srebrovih iona, što pak može imati negativne ekološke i zdravstvene posljedice [1,2]. Srebro je široko rasprostranjeno u prirodi, no ukupna količina je poprilično mala u usporedbi s drugim metalima. Obično se nalazi u rudi s drugim elementima, najčešće sa zlatom i bakrom, a može se naći i u sulfidnim mineralima kao što su argentit, pirargirit, prustit i dr.

Između ostalog srebro se može dobiti i iz srebrovih ruda primjenom cijanidnog postupka. Ruda se usitnjava te potom miješa sa razrijeđenom vodenom otopinom natrijevog cijanida. Propuhivanjem smjese sa zrakom dobiva se cijanidni kompleks, $Ag(CN)_2^-$, koji se u elementarno srebro prevodi redukcijom u lužnatom mediju.

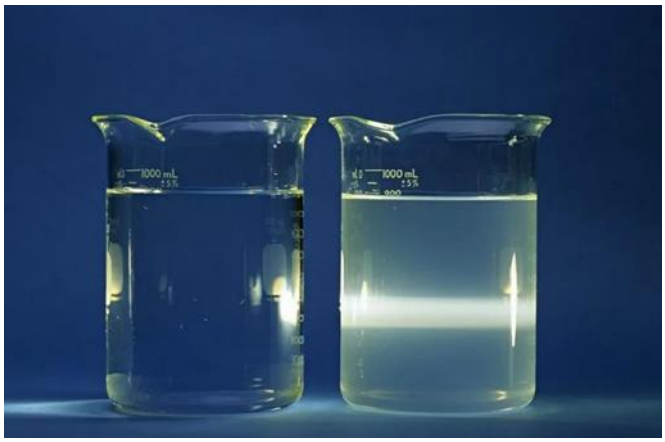
$$2\ Ag(CN)_2^- + Zn(s) + 3\ OH^- \rightarrow 2\ Ag(s) + Zn(OH)_3^- + 4\ CN^- \qquad (1)$$

Smjesa srebrovog (I) oksida (Ag_2O) i cinka (Zn) može se koristiti za izradu baterija koje su vrlo efikasne, imaju malu masu i volumen te veliki električni kapacitet, međutim vrlo su skupe i kratkog vijeka trajanja.

Zbog antibakterijskog djelovanja srebrnih iona, srebro ima široku primjenu u nizu grana medicine, a koristi se i za dezinfekciju vode za piće.

Disperzni sustavi su sustavi koji se sastoje od dva osnovna dijela: disperzne faze (heterogena ili homogena) koja predstavlja raspršene čestice i disperznog sredstva (plinovito, tekuće ili čvrsto) u kojem su te čestice raspoređene.

Disperzni sustavi su heterogeni što znači da čestice disperzne faze nisu ujednačene s medijem već su međusobno odvojene. Ako disperzni sustav ima barem jednu fazu koja sadrži čestice čije su veličine između 1 - 10^2 nm onda se taj sustav smatra koloidnim sustavom. Za koloidne sustave je karakteristično što su čestice male mase i dimenzija, čestice lebde u otopini te ne može doći do taloženja tih čestica. Također, one se ne mogu izdvojiti iz otopine procesima sedimentacije i filtracije. Kod koloidnih suspenzija do izražaja dolaze njihova optička svojstva. Tyndallov efekt nastaje kada se kroz koloidni sustav propusti snop svjetlosnih zraka koje se zbog refleksije i ogiba raspršuju na koloidnim česticama zbog čega otopina izgleda zamućeno kada se gleda okomito na zraku (slika 1). Na intenzitet raspršenja utječe gustoća dispergiranih koloidnih čestica i frekvencija svjetlosti. U odnosu na koloidne otopine koje pokazuju Tyndallov efekt, u pravim otopinama ne dolazi do ovog efekta jer su čestice premale da bi mogle raspršivati svjetlost. Zbog toga se prave otopine nazivaju još i "optički prazne otopine".



Slika 1. Tyndallov efekt

Koloidno srebro

Nanotehnologija kao aktivno područje suvremenih istraživanja bavi se istraživanjem, sintezom i primjenom novih materijala koji su na nanorazini (1 nm = 10^{-9} m). Zbog svojih malih dimenzija, nanočestice imaju jedinstvena fizikalno - kemijska svojstva (električna, magnetska, katalitička i optička svojstva kemijska stabilnost, antimikrobna i antikancerogena svojstva), a koja se razlikuju u odnosu na čestice istog materijala većih dimenzija. Nanočestice srebra primjenjuju se u dijagnostičke svrhe u biosenzorima gdje se koriste kao biološke oznake za kvantitativnu detekciju, ugrađuju se u vodljive tinte i kompozite kako bi se poboljšala toplinska i električna vodljivost. Koloidno srebro predstavlja tekuću suspenziju nanočestica srebra koje su dovoljno sitne da mogu prolaziti kroz stanične membrane i lako se apsorbiraju u organizmu. Sinteza koloidnog srebra može se vršiti fizikalnim, kemijskim i elektrokemijskim metodama.

Zelena sinteza koloidnog srebra

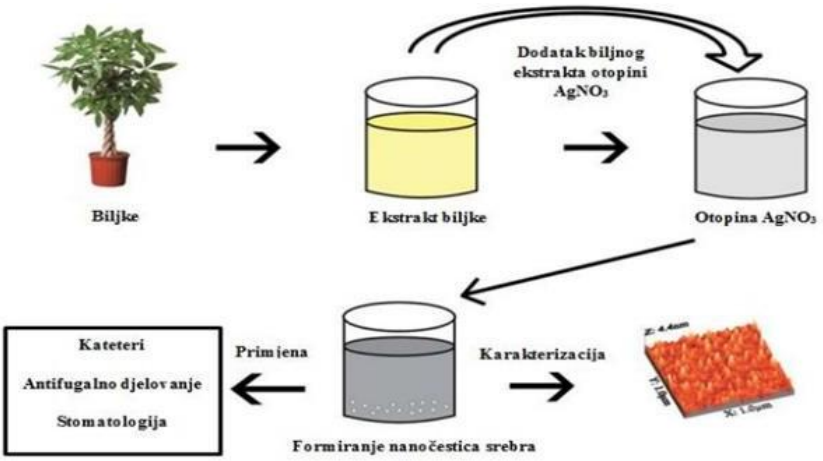
Smatra se da nanočestice proizvedene zelenom sintezom imaju prednost u odnosu na one koje nastaju kemijskim ili fizikalnim metodama, jer se u procesu koriste prirodna redukcijska sredstva [3-5]. Osim što se pri tom eliminira potreba za skupim i toksičnim kemikalijama, zelena sinteza ne zahtijeva korištenje velike količine energije, kao ni visokih temperatura ni tlakova, što je čini jeftinijom i sigurnijom za okoliš.

Pri zelenoj sintezi kao prirodna redukcijska sredstva mogu se koristiti gljivice, alge, bakterije, med, biljni ekstrakti i dr. Medij u kojem se vrši sinteza najčešće je voda, što doprinosi ekološkoj prihvatljivosti procesa, a primijenjena redukcijska sredstva djeluju i kao stabilizatori. Stoga, osnovni uvjet za zelenu sintezu nanočestica su prisutnost srebrovog nitrata i prirodnog redukcijskog agensa [6].

Zelena sinteza upotrebom biljki i biljnih ekstrakata

Sinteza nanočestica srebra uz pomoć biljki i biljnih ekstrakata postaje sve popularnija jer se mogu koristiti različiti dijelovi biljaka, uključujući korijenje, lišće, cvjetove, stabljike i plodove. Ova metoda ističe se prednostima poput lakoće pristupa biljkama, sigurnosti u rukovanju te bogatstva aktivnim spojevima koje biljke prirodno sadrže. Aktivni spojevi prisutni u biljkama, poput flavonoida, alkaloida i polifenola, imaju ključnu ulogu u redukciji metalnih iona i stabilizaciji nanočestica [7-9].

Sinteza je jednostavna, prah ili ekstrakt se miješa sa srebrnim prekursorom, kao što je srebrov nitrat ($AgNO_3$), u vodenoj sredini na određenoj temperaturi. Ovaj proces može trajati od nekoliko minuta do nekoliko sati, a smjesa se nakon sinteze centrifugira te se odvoje nanočestice. Velika prednost ove metode je to što se ove reakcije mogu provoditi na sobnoj temperaturi i vrlo su brze. Međutim, karakteristike nanočestica srebra (veličina i morfologija) vrlo su osjetljive na reakcijske uvjete [10]. Parametri koji utječu na karakteristike nanočestica su koncentracija ekstrakta, koncentracija metalne soli, pH, temperatura i trajanje reakcije.

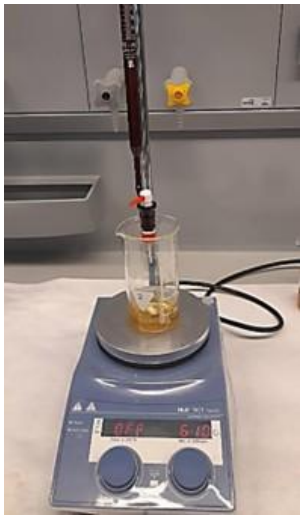


Slika 2. Shema sinteze nanočestica srebra uz pomoć biljki i biljnih ekstrakata

Ključna karakteristika koloidnog srebra je koncentracija srebra u otopini koja predstavlja ukupnu koncentraciju iona srebra i koloidnih čestica srebra. Ova koncentracija izražava se u ppm (parts per milion), što se može povezati s brojem miligrama srebra po kubičnom decimetru vode (mg/dm^3). Pri karakterizaciji koloidnog srebra vrlo je bitno znati koliki udio ukupnog srebra je u obliku iona srebra, a koliki u obliku čestica srebra. Time se procjenjuje koliko je produkt, koloidno srebro, kvalitetan i učinkovit. U većini procesa, 75 - 99 % ukupnog srebra nalazi se u obliku iona, dok manji postotak čine čestice srebra [11-14].

II. METODOLOGIJA

Za zelenu sintezu koloidnog srebra potrebno je pripremiti otopine srebrova nitrata, otopinu zelenog čaja te otopinu natrijeva karbonata koncentracije koja služi za naknadno podešavanje pH vrijednosti otopine. Sinteza koloidnog srebra korištenjem zelenog čaja kao redukcijskog sredstva započinje dodavanjem otopine zelenog čaja u čašu s magnetskim miješalom. Potom se iz birete polako dodaje otopina srebrova nitrata uz miješanje na magnetskoj miješalici. Nakon toga, podešavanje željene pH vrijednosti (pH = 6) provodi se dodavanjem nekoliko kapi otopine natrijeva karbonata.



Slika 3. Dodavanje otopine srebrova nitrata u otopinu zelenog čaja

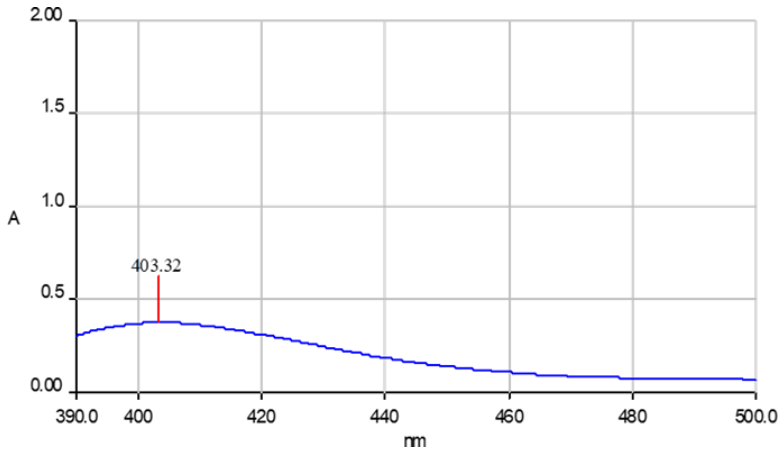
Na dobivenom uzorku koloidnog srebra testirana je prisutnost koloidnih čestica srebra pomoću Tyndallovog efekta, nakon čega je uzorak pohranjen na tamnom mjestu.

Za karakterizaciju nanačestica srebra koristile su se instrumentalne tehnike SEM, DLS i UV/Vis spektrofotometrija.

Pretražna elektronska mikroskopija (eng. Scanning Electron Microscope, SEM) je sofisticirana tehnika koja omogućuje dobivanje visoko detaljnih slika i informacija o morfologiji površine uzorka. Tehnika dinamičkog raspršenja svjetlosti (eng. Dynamic Light Scattering, DLS) često se koristi za precizno mjerenje veličine čestica na nanometarskoj skali. Ova tehnika omogućuje preciznu procjenu hidrodinamičkog promjera nanočestica srebra te analizu njihovih intenziteta, volumena i broja. UV/Vis spektrofotometrija koristi ksenonsku lampu za generiranje svjetlosti koja se koristi za preciznu analizu apsorbancije u različitim uzorcima, uključujući koloide. Korištenjem ove tehnike može se potvrditi prisutnost nanočestica srebra, osiguravajući točnost i preciznost u analizi.

III. REZULTATI

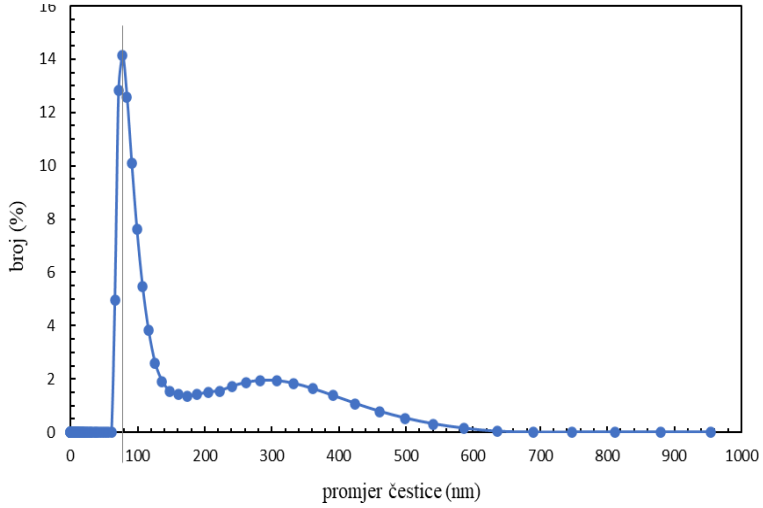
Nakon što je provedena sinteza koloidnog srebra korištenjem zelenog čaja kao redukcijskog sredstva, izvršena je spektrofotometrijska analiza. Apsorbancija dobivenih koloidnih otopina mjerena je u rasponu valnih duljina od 330 do 500 nm koristeći UV/Vis spektrofotometar. Dobiveni rezultati UV/Vis spektrofotometrije otopina koloidnog srebra dobivenog uz pomoć zelenog čaja grafički su prikazani na slici 4.



Slika 4. Apsorpcijski spektar koloidnog srebra sintetiziranog uz pomoć zelenog čaja

Uređaj je zabilježio blagi apsorpcijski maksimum na valnoj duljini od 403,32 nm.

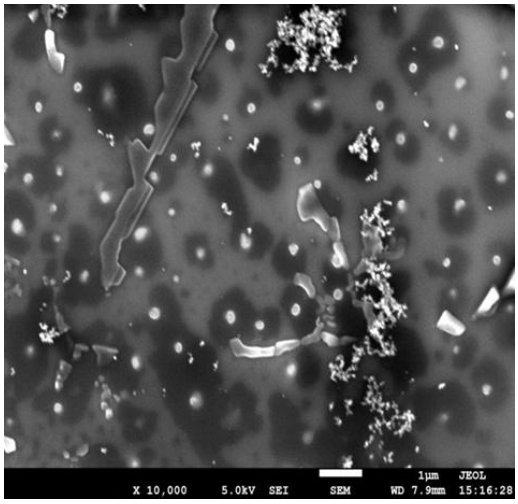
Za analizu raspodjele veličina nanočestica u uzorku koloidnog srebra primijenjena je DLS tehnika. Na temelju dobivenih rezultata izrađen je dijagram koji prikazuje ovisnost broja čestica o njihovom promjeru, slika 5..



Slika 5. DLS analiza koloidnog srebra sintetiziranog uz pomoć zelenog čaja

Za opis širine raspodjele čestica u sustava, određen je indeks polidisperznosti (PDI). Ako je PDI vrijednost manja od 0,4, sustav se smatra monodisperznim, dok je sustav polidisperzan ako je PDI veći od 0,4. Na slici 5, koja prikazuje koloidno srebro sintetizirano pomoću zelenog čaja, promjer čestica iznosi 80 nm, a PDI vrijednost iznosi 0,2468. Također, oštri pikovi na prethodnim dijagramima ukazuju na monodisperznost sustava, odnosno čestice su relativno ujednačenih veličina.

Za analizu veličine i oblika nanočestica srebra primijenjena je pretražna elektronska mikroskopija (SEM). Rezultati SEM analize koloidnog srebra dobivenog uz pomoć zelenog čaja prikazani na slici 6.



Slika 6. SEM snimka koloidnog srebra sintetiziranog uz pomoć zelenog čaja

Rezultati SEM analize koloidnog srebra sintetiziranog uz pomoć zelenog čaja otkrivaju jasno definirane nanočestice srebra. Na slici 6 uočavaju se bijele točkice koje predstavljaju nanočestice srebra, dok mrlje i kristali prisutni na slici potiču od nečistoća (različite organske molekule) iz zelenog čaja. Čestice srebra, snimljene pri uvećanju od 10 000 ×, jasno su definirane i imaju pravilne oblike.

IV. ZAKLJUČAK

Primjenom zelenog čaja, za redukcijsko sredstvo, moguće je sintetizirati nanočestice srebra koristeći princip zelene kemije. Time se eliminira potreba za toksičnim otapalima i značajno se smanjuje generiranje štetnog otpada, čineći ovaj proces ekološki prihvatljivijim i održivim.

LITERATURA

[1] S. K. Srikar, D. D. Giri, D. B. Pal, P. K. Mishra, S. N. Upadhyay, Green Synthesis of Silver Nanoparticles: A Review, Green and Sustainable Chemistry, **6** (2016), 34-56., doi: 10.4236/gsc.2016.61004

[2] R. Shweta, Malik M.M., Silver nanoparticles: properties, synthesis techiques, characterization, antibacterial and anticancer studies, ASME Press, New York, 2018, str. vii-7.

[3] K. S. Birdi, Surface and colloid chemistry; Principles and applications,1. izd., CRC Press, Boca Raton, 2010. str. 1-9.

[4] R. Zsigmondy, The chemistry of the colloids, 1. izd., John Wiley & sons Inc., New York, 1917, str. 3-16.

[5] G. H. Matar, G. Akyűz, E. Kaymazlar, M. Andac, An Investigation of Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Turkish Honey Against Pathogenic Bacterial Strains, Biointerface Research in Applied Chemistry, Vol. 13, **195** (2023)

[6] S. Iravani, H. Korbekandi, S.V. Mirmohammadi, B. Zolfaghari, Synthesis of silver nanoparticles: chemical, physical and biological methods, Research in Pharmaceutical Sciences **9** (2014) 385-406.

[7] H. Hasim, P. V. Rao, A. C. Sekhar, S. Muthuraju, M. A. Asari, K. N. S. Sirajudeen, Green synthesis and characterization of silver nanoparticles using Tualang honey and evaluation of their antioxidant activities, Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology, **11** (2020), doi: https://doi.org/10.1088/2043-6254/ab8b58

[8] K. A. Abd-Elsalam, Green Synthesis of Silver Nanomaterials, Elsevier, Amsterdam, 2022, str. 3-6.

[9] Kaabipour, S. Hemmati, A review on the green and sustainable synthesis of silver nanoparticles and one-dimensional silver nanostructures, Beilstein J. of Nanotechnology, **12** (2021), 102-136., doi: https://doi.org/10.3762/bjnano.12.9

[10] M. Rafique, I. Sadaf, M. S. Rafique, M. B, Tahir, A review on green synthesis of silver nanoparticles and their applications, Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology, Vol. 45 (2016) 1272-1291., doi: 10.1080/21691401.2016.1241792

[11] F. Niknejad, M. Nabili, R. D. Ghazvini, M. Moazeni, Green synthesis of silver nanoparticles: Advantages of the yeast Saccharomyces cerevisiae model, Curr Med Mycol., Vol. 1, **3** (2015), 17-24., doi: 10.18869/acadpub.cmm.1.3.17

[12] P. Rauwel, S. Küünal, S. Ferdov, E. Rauwe, A Review on the Green Synthesis of Silver Nanoparticles and Their Morphologies Studied via TEM, Hindawi Publishing Corporation, Vol. 2015 (2014), doi: https://doi.org/10.1155/2015/682749

[13] N. Ivanova, V. Andonova, I. Jelev, G. Dimova, Synthesis of silver nanoparticles with green tea-extracted reductants: a preliminary study for optimization of the preparation technique, Scripta Scientifica Pharmaceutica, Vol 8, **2** (2021), doi: 10.14748/ssp.v8i2.8453

[14] B. Edwards, Silver Nanoparticles: Advances in Research and Applications, Nova Science Publishers, Inc., 1st Edit., New York, 2017.

DVADESET GODINA DJELOVANJA CROLAB – ODBORA ZA IZOBRAZBU

O. Štajdohar-Pađen[1], M. Trkmić[2], Z. Grgić[3]

[1]CROLAB, Berislavićeva 6, Zagreb

[2]HEP-Proizvodnja d.o.o. – CKTL, Zagorska 1, Zagreb

[3]Infratech d.o.o. Bencek 22, Dugo Selo

Sažetak - Svaka organizacija pa tako i tijela za ocjenjivanje sukladnosti ne mogu biti kompetentna za poslove koje obavljaju ako nemaju kompetentno osoblje. Prepoznavši važnost kompetentnosti osoblja u infrastrukturi za kvalitetu, udruga Hrvatski laboratoriji CROLAB je još 2005. godine osnovala Odbor za izobrazbu koji je odmah započeo s radom. Provedena je anketa o potrebama i idejama za izobrazbu osoblja među svim tadašnjim članovima CROLAB-a i na osnovi dobivenih rezultata napravljen je plan seminara.

Prvi seminar imao je za temu međulaboratorijska usporedbena ispitivanja, a održan je 14. lipnja 2005. Od tada pa do početka 2020. godine održano je ukupno 122 seminara s preko 2500 polaznika, a prosječne ocjene polaznika o zadovoljstvu seminarima kreću se u rasponu 4,43 do 5,0. Međutim, pandemija Korona virusa, proglašenje lock down-a u trećem mjesecu 2020. godine kao i potres u Zagrebu koji je uslijedio odmah nakon toga, a koji je oštetio zgradu Hrvatskog inženjerskog saveza u kojoj su se tada održavali seminari prekinuli su održavanje seminara uživo. Nakon razdoblja prilagodbe novim uvjetima, u 2021. godini CROLAB – Odbor za izobrazbu je krenuo sa seminarima na daljinu.

Organiziranje seminara o laboratorijskoj problematici sastavni je dio aktivnosti CROLAB-a kojima on ispunjava svoju zadaću prema svojim članovima. Svaki seminar je između ostalog prilika za međusobno bolje upoznavanje polaznika i stvaranje šire platforme za razmjenu mišljenja i suradnju.

U radu se opisuje kako je došlo do osnivanja ovog odbora, njegove aktivnosti na razvoju metodologije organiziranja seminara, organiziranju samih seminara te koje su povratne informacije dobivene od polaznika. Nadalje, opisane su aktivnosti tijekom pandemije Korona virusa te iskustva održavanja seminara na daljinu kao i seminari koji su održani do studenog 2025.

Ključne riječi: laboratorij, tijela za ocjenjivanje sukladnosti, kompetentnost osoblja, organiziranje seminara, cjeloživotno učenje, seminari na daljinu

I. UVOD

Udruga *Hrvatski laboratoriji CROLAB* osnovana je 2003. godine s ciljem okupljanja svih laboratorija, neovisno o njihovu području djelovanja i pružanja potpore na podizanju kvalitete svakog pojedinog laboratorija kroz razmjenu znanja i iskustava [1].

Jedna od sastavnica osposobljenosti svakog laboratorija je osposobljenost njegovog osoblja. Prepoznavši važnost ove sastavnice CROLAB je 24. ožujka 2005. osnovao *Odbor za izobrazbu* koji je odmah počeo s radom.

Prvi članovi odbora bili su Marijan Banovac kao predsjednik Odbora, Olga Štajdohar-Pađen kao zamjenica predsjednika i predstavnik *Kluba ispitnih laboratorija*, Tijana Parlić-Risović kao predstavnik *Kluba umjernih laboratorija* i Štefica Cerjan Stefanović kao predstavnik *Kluba analitičnih laboratorija*. Provedena je anketa među tadašnjim članovima CROLAB-a i dobivena su 22 odgovora. Od petnaest predloženih tema jedna se je tema nametnula kao najinteresantnija – za seminar o međulaboratorijskim usporedbenim ispitivanjima iskazan je interes u 18 ispunjenih anketa.

Upravo s tom temom organiziran je prvi seminar 14. lipnja 2005. Imao je 30 polaznika koji su ga ocijenili prosječnom ocjenom 4,54. Ovo je ohrabrilo članove odbora i u 2006. godini organizirana su četiri seminara.

Krajem 2006. godine dogodile su se dvije značajne promjene. Marijan Banovac, predsjednik Odbora je otišao u mirovinu i povukao se iz rada Odbora, a CROLAB je ostao i bez tajnice Lane Lovrenčić koja je otišla na novo radno mjesto. Tako je došlo do određenog zastoja u organiziranju seminara.

Tijekom 2007. godine pokazala se potreba za uključivanjem više članova CROLAB-a u rad ovog Odbora i krenulo se s izradom poslovnika o radu. U izradi poslovnika sudjelovali su Štefica Cerjan Stefanović, Miro Džapo, Ivan Habuš, Šuhreta Husić, Tajana Krička, Fran Malinarić, Mirko Mesarić, Vladimir Mucko, Tijana Parlić Risović, Krunoslav Premec, Dubravko Risović i Olga Štajdohar-Pađen.

Poslovnik je definirao važna pitanja za rad odbora kao što su njegov ustroj, ciljevi i djelokrug rada te način sazivanja i vođenja sjednica. Tako je [2] *„Osnovna djelatnost odbora planiranje, organiziranje i obavljanje aktivnosti vezanih uz izobrazbu, stručno usavršavanje i prijenos znanja, a naročito organizacija seminara, radionica, stručnih skupova, okruglih stolova, savjetovanja kao i izrada i provođenje programa specifične edukacije vezano uz laboratorijsko osoblje, uvođenje sustava upravljanja i poboljšanje rada“.*

Upravni odbor je prihvatio poslovnik, a skupština ga je potvrdila na svojoj sjednici održanoj 12. prosinca 2007. u Zagrebu.

Odbor je 2008. godine nastavio s radom u sastavu Olga Štajdohar-Pađen kao predsjednica odbora, Krunoslav Premec, zamjenik predsjednice i članovi Dubravko Risović, Štefica Cerjan Stefanović, Fran Malinarić, Šuhreta Husić te Tijana Parlić-Risović.

U 2008. godini tajništvu CROLAB-a su se pridružili Mladenka Crneković i Marko Stefanović, a tajništvo se preselilo na novu adresu, na *Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije* u Zagrebu. Ovime su otklonjene sve zapreke za uspješno organiziranje seminara i Odbor je ponovno počeo s tim aktivnostima.

Sl. 1. Izgled prvih poziva za seminare

II. METODOLOGIJA ORGANIZIRANJA SEMINARA

Organiziranje i održavanje seminara sastoji se od niza aktivnosti koje međusobno moraju biti učinkovito koordinirane. Bilo je potrebno razviti metodologiju organiziranja i provođenja seminara uvažavajući sve specifičnosti koje donosi činjenica da je CROLAB udruga, zasnovana na dragovoljnosti članstva i dragovoljnosti aktivnog sudjelovanja tog članstva u njezinu radu.

CROLAB je također udruga s ograničenim financijskim i ljudskim resursima. Zalaganjem članova Odbora i Ureda CROLAB-a odmah po osnivanju te kasnije, kako su se okolnosti mijenjale, osmišljeni su:

- izgled i sadržaj poziva na seminar
- izgled i sadržaj potvrde o pohađanju
- predložak za prezentacije i tiskane materijale koji se dijele polaznicima
- anketa o zadovoljstvu polaznika seminarom

– dokumenti *Prijedlog koncepcije seminara*, *Prava i obveze voditelja seminara* te *Izvještaj o održanom seminaru*.

Odmah je uvedena i definirana uloga *voditelja seminara* kao svojevrsnog voditelja projekta. Njegove obaveze i odgovornost su najveće. Voditelj seminara:

– osmišljava koncepciju seminara, a to znači naziv seminara, svrhu, ciljnu grupu polaznika, okvirni sadržaj seminara, pronalazi predavače i s njima dogovara koji segment sadržaja seminara će pokriti
– izrađuje financijski plan seminara
– dogovara termin seminara s predavačima, uredom CROLAB-a i mjestom gdje će se održati
– utvrđuje konačni sadržaj poziva, potvrde o pohađanju i ankete o zadovoljstvu polaznika
– brine se o oglašavanju seminara te formalnom i neformalnom širenju informacije o najavljenom seminaru
– nazoči seminaru i brine se o njegovom nesmetanom odvijanju
– brine o aktivnostima nakon održanog seminara kao što su slanje dodatnih materijala polaznicima, određuje sadržaj potvrda o pohađanju za polaznike i predavače, provjerava ugovore honorarima za predavače
– podnosi izvještaj o provedenom seminaru.

Svaki član CROLAB-a koji ima ideju i želi organizirati seminar u okviru CROLAB-a treba se s tim prijedlogom javiti *Odboru za izobrazbu* koji će onda razmotriti prikladnost teme, predavača i termina te odobriti njegovo održavanje. Ovime se osigurava demokratičnost i transparentnost rada Odbora prema svim članovima CROLAB-a.

Vođenje seminara, predavanje i izlaganje primjera se honorira u skladu s *prijedlogom Odbora za izobrazbu* koji mora prihvatiti Upravni odbor CROLAB-a.

Sl. 2. Seminar validacija u analitičkoj kemiji 15. 4. 2009.

III. TEME ODRŽANIH SEMINARA U RAZDOBLJU 2005. DO 2009.

Uvažavajući rezultate provedene ankete i ono što su polaznici seminara predlagali kao teme koje bi ih zanimale u anketnim listovima nakon svakog održanog seminara te mogućnosti CROLAB-a kao organizatora, u razdoblju 2005. do 2009. godina održani su seminari kronološki poredani u tablici I.

TABLICA I
PREGLED ODRŽANIH SEMINARA U ORGANIZACIJI CROLAB ODBORA ZA IZOBRAZBU U RAZDOBLJU 2005. DO 2009.

	Naziv seminara	Datum/mjesto	Voditelj/predavači/izlagači primjera	*Broj polaznika*	Ocjena seminara
1.	**Međulaboratorijska usporedbena ispitivanja**	14.06.2005./ Hotel Laguna, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Marijan Banovac/ Štefica Cerjan Stefanović	*30*	4,54
2.	**Upravljanje ispitnom opremom**	2.03.2006./ Hotel laguna, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Marijan Banovac; Jadranka Rukavina/ Đurđica Pavlović	*36*	*
3.	**Međulaboratorijska usporedbena ispitivanja**	27.04.2006./ Hotel Laguna, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Marijan Banovac/ Štefica Cerjan Stefanović; Milena Grgić	*20*	*
4.	**Proaktivni pristup hrvatskih laboratorija EU fondovima**	23.05.2006./ Hotel Laguna, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Spomenka Rakušić	*27*	*
5.	**Upravljanje ispitnom opremom**	5.10.2006./ Hotel Laguna, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Marijan Banovac; Jadranka Rukavina/ Đurđica Pavlović	*21*	*
6.	**Upravljanje ispitnom opremom**	3.04.2008./ Hotel Laguna, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Lovorka Grgec Bermanec; Jadranka Rukavina	*29*	4,72
7.	**Validacija u analitičkoj kemiji**	1.07.2008/ FKIT, računalna učionica, Zagreb	Tomislav Bolanča/ Tomislav Bolanča; Šime Ukić	*15*	4,53
8.	**Međulaboratorijska usporedbena ispitivanja**	4.12.2008./ FKIT, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Lovorka Grgec-Bermanec/ Jasminka Škudar-Sablek; Emilija Barišić; Krunoslav Premec	*30*	4,67
9.	**Internet stranica laboratorija**	6.03.2009./ FKIT, Zagreb	Marko Stefanović/ Marko Stefanović	*16*	4,41
10.	**Upravljanje ispitnom opremom**	26.03.2009./ FKIT, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Lovorka Grgec-Bermanec/ Vladimir Mucko; Dalibor Sekulić	*19*	4,57
11.	**Zakonodavstvo o hrani i norme**	9.04.2009./ Hrvatski zavod za norme	Tea Havranek/ Tea Havranek; Ivona Babić, Ksenija Boroš; Nina Puhač Bogadi	*16*	4,54
12.	**Validacija u analitičkoj kemiji**	15.04.2009./ FKIT, računalna učionica, Zagreb	Tomislav Bolanča/ Tomislav Bolanča; Šime Ukić	*9*	4,78
13.	**Validacija u analitičkoj kemiji**	30.06.2009./ FKIT, računalna učionica, Zagreb	Tomislav Bolanča/ Tomislav Bolanča; Šime Ukić	*6*	4,90

*FKIT – Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije; * Rezultati su kvalitativno razmatrani i nisu statistički obrađivani*

Treba napomenuti kako je svaki seminar koji se ponavljao morao biti prethodno posuvremenjen što se tiče sadržaja, a bilo je i određenih izmjena u predavačima i izlagačima primjera. O svim provedenim seminarima napravljeni su prikazi koji su objavljeni u glasilu CROLAB-a i na web stranici.

Posebna pozornost posvećena je analizi anketa koje ispunjavaju polaznici. Tu se nalaze dragocjeni podaci o tome koliko su polaznici zadovoljni pojedinim predavačem, ali i prostorom, materijalima, ručkom i osvježenjima te komunikacijom u organizaciji samog seminara. Tako na primjer, bilo je komentara za neke prezentacije da ima

previše teksta na slajdovima ili da neki predavač prebrzo govori, što je u sljedećem seminaru korigirano. Dodatno smo uočili da je kod seminara „Validacija u analitičkoj kemiji“ problem različitog predznanja polaznika – neki smatraju kako bi seminar zbog opsega materije trebao trajati više dana, što je Odbor dodatno razmotrio.

Sl. 3. Seminar Upravljanje ispitnom opremom 26.03.2009.

Polaznici također daju prijedloge tema za buduće seminare, a osobito vesele izjave upisane u anketne listove kao što su:

„Izuzetno zanimljiva tema – posebno me iznenadila otvorenost sudionika i spremnost da pomognu drugima i iznesu svoja iskustva u akreditaciji“; „Seminar je ispunio moja očekivanja. Ovakvih seminara treba više“; „Sve ovisi o predavaču, primjerima se zainteresira slušatelj. Bravo danas!“.

Sl. 4. Seminar Upravljanje ispitnom opremom 26.03.2009. (s lijeva na desno Dalibor Sekulić, Lovorka Grgec Bermanec, Olga Štajdohar-Pađen, Vladimir Mucko)

IV. ODRŽAVANJE SEMINARA U RAZDOBLJU 2010. DO 2020.

Uslijedilo je razdoblje intenzivnog održavanja seminara te su dodane nove teme seminara i uključen je značajan broj novih predavača. Cjelokupni pregled održanih seminara dan je u Tablici II. Tablica je razlomljena na više dijelova prema Izvještajima [3] koje je Odbor za izobrazbu predstavljao na skupštinama CROLAB-a, a koje su uobičajeno održavane tijekom konferencija u desetom mjesecu.

Valja ponovno istaknuti da je svaki ponavljani seminar morao biti posuvremenjen uvažavajući promjene normi i nova iskustva, a također i uključivanjem novih predavača. O svom radu Odbor je i dalje redovito izvještavao u Glasilu CROLAB-a te na godišnjim skupštinama.

TABLICA II
PREGLED ODRŽANIH SEMINARA U ORGANIZACIJI CROLAB ODBORA ZA IZOBRAZBU U RAZDOBLJU 2010. do 2020.

	Naziv seminara	**Datum/mjesto**	**Voditelj/predavači/izlagači primjera**	***Broj polaznika***	**Ocjena seminara**
1.	**Mjerna nesigurnost u analitičkoj kemiji**	22.10.2009./ FKIT, računalna učionica, Zagreb	Tomislav Bolanča/ Tomislav Bolanča; Šime Ukić	*5*	4,60
2.	**Norme koje se koriste u radu laboratorija**	8.12.2009./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Nenad Nikolić/ Nenad Nikolić; Ana Čop	*27*	4,55
3.	**Norme koje se koriste u radu laboratorija**	15.12.2009./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Nenad Nikolić/ Nenad Nikolić; Ana Čop	*29*	4,78
4.	**Norme koje se koriste u radu laboratorija**	19.01.2010./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Nenad Nikolić/ Nenad Nikolić; Ana Čop	*31*	4,66
5.	**Validacija u analitičkoj kemiji**	11.2.2010./ FKIT, računalna učionica, Zagreb	Tomislav Bolanča/ Tomislav Bolanča; Šime Ukić	*4*	4,82
6.	**Mjerna nesigurnost u analitičkoj kemiji**	18.2.2010./ FKIT, računalna učionica, Zagreb	Tomislav Bolanča/ Tomislav Bolanča; Šime Ukić	*4*	4,93
7.	**Norme koje se koriste u radu laboratorija**	23.2.2010./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Nenad Nikolić/ Nenad Nikolić; Ana Čop	*9*	4,73
8.	**Novi pristup u mikrobiološkoj kontroli hrane**	26.2.2010./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Tea Havranek/ Tea Havranek; Ksenija Boroš; Patricija Hegedušić; Andrea Humski; Željka Kuzmanović Grubešić	*19*	4,54
9.	**Novi pristup u mikrobiološkoj kontroli hrane**	7.5.2010./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Tea Havranek/ Tea Havranek; Ksenija Boroš; Patricija Hegedušić; Andrea Humski; Željka Kuzmanović Grubešić	*15*	4,73
10.	**Praćenje kakvoće zraka i praćenje emisije onečišćujućih tvari u zrak**	19.5.2010./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Štefica Cerjan Stefanović, Krunoslav Premec/ Štefica Cerjan Stefanović; Jasenka Nečak; Krunoslav Premec; Ivana Ivić; Dragica Križanec; Predrag Hercog	*16*	4,45

	Naziv seminara	Datum/mjesto	Voditelj/predavači/izlagači primjera	*Broj polaznika*	Ocjena seminara
11.	**Novi sustav tehničkog zakonodavstva**	26.2.2010/ FKIT	Vladimir Mucko/ Vladimir Mucko; Ladislava Čelar; Vedrana Filipović-Grčić	*20*	4,76
12.	**Međulaboratorijska usporedbena ispitivanja**	1.7.2010./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Lovorka Grgec Bermanec; Dalibor Sekulić; Jasminka Škudar Sablek; Ružica Marinčić; Veronika Kubanović	*17*	4,66

	Naziv seminara	Datum/mjesto	Voditelj/predavači/ izlagači primjera	*Broj polaznika*	Ocjena seminara
1.	**ISO 9001 – Brzi seminar**	30.09.2010./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen /Nenad Nikolić	*11*	4,51
2.	**Novi sustav tehničkog zakonodavstva**	25.11.2010./ Dvorana za edukaciju Hrvatske akreditacijske agencije	Vladimir Mucko/ Vladimir Mucko; Ladislava Čelar; Tomislav Stipić	*30*	4,53
3.	**ISO 9001 – Brzi seminar**	17.12.2010./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Nenad Nikolić, Olga Štajdohar-Pađen	*13*	4,70
4.	**Upravljanje ispitnom opremom**	25.02.2011/ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Lovorka Grgec Bermanec; Dalibor Sekulić; Vladimir Mucko	*28*	4,62
5.	**Novi sustav tehničkog zakonodavstva**	25.03.2011/ Hotel Turist, Varaždin	Vladimir Mucko/ Vladimir Mucko; Ladislava Čelar; Tomislav Stipić	*11*	4,67
6.	**Upravljanje ispitnom opremom**	7.04.2011/ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Lovorka Grgec Bermanec; Dalibor Sekulić; Vladimir Mucko	*30*	4,73
7.	**Upravljanje ispitnom opremom**	19.04.2011./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Lovorka Grgec Bermanec; Dalibor Sekulić; Vladimir Mucko	*26*	4,52
8.	**Poslovanje s hranom – Obaveze prema Zakonu o hrani**	25.05.2011./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Tea Havranek/ Tea Havranek; Domagoj Bojko; Patricija Hegedušić; Mihaela Lukačević; Ana.Marija Štimac	*19*	4,65
9.	**Upravljanje ispitnom opremom**	27.05.2011./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Lovorka Grgec Bermanec; Dalibor Sekulić; Vladimir Mucko	*23*	4,57
10.	**Međulaboratorijska usporedbena ispitivanja**	30.06.2011./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Dalibor Sekulić; Jasminka Sablek; Ružica Marinčić; Siniša Prugovečki; Zlatko Grgić	*29*	4,66
11.	**Međulaboratorijska usporedbena ispitivanja**	13.07.2011./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Dalibor Sekulić; Jasminka Sablek; Ružica Marinčić; Siniša Prugovečki; Zlatko Grgić	*25*	4,63

	Naziv seminara	Datum/mjesto	Voditelj/predavači/ izlagači primjera	*Broj polaznika*	Ocjena seminara
12.	**Dodaci prehrani-Sastav, označavanje i stavljanje na tržište**	21.09.2011./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Tea Havranek/ Tea Havranek; Lea Pollak; Ivana Jokić; Jasminka Papić	*27*	4,61

	Naziv seminara	Datum/mjesto	Voditelj/predavači/ izlagači primjera	*Broj polaznika*	Ocjena seminara
1.	**Kompetentnost osoblja**	5.10.2011./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Vesna Šimunić-Mežnarić; Zlata Flegar Meštrić; Elinor Trogrlić; Zlatko Grgić	*27*	4,76
2.	**Kompetentnost osoblja**	21.11.2011./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Vesna Šimunić-Mežnarić; Ružica Marinčić; Branka Tkalčić-Ciboci; Zlatko Grgić	*29*	4,61
3.	**Dodaci prehrani – Sastav, označavanje i stavljanje na tržište**	23.11.2011./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Tea Havranek/ Tea Havranek; Ružica Vazdar; Lea Pollak; Ivana Jokić; Jasminka Papić	*23*	4,69
4.	**ISO 9001 Brzi seminar**	13.12.2011. / Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen; Nenad Nikolić	*10*	4,67
5.	**Norme koje se koriste u radu laboratorija – stručni rad, akreditacija, zakoni i propisi**	17.01.2012./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Nenad Nikolić/ Nenad Nikolić; Ana Čop	*28*	4,73
6.	**Norme koje se koriste u radu laboratorija – stručni rad, akreditacija, zakoni i propisi**	31.01.2012./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Nenad Nikolić/ Nenad Nikolić; Ana Čop	*20*	4,61
7.	**Upravljanje ispitnom opremom**	23.02.2012. / Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Lovorka Grgec Bermanec; Vesna Šimunić-Mežnarić; Dalibor Sekulić; Vladimir Mucko	*21*	4,77
8.	**Eterična ulja**	8.03.2012. / Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Tea Havranek/ Tea Havranek; Jasmina Papić; Dunja Uroić; Elizabeta Marok Grilec	*10*	4,94
9.	**Praćenje kvalitete zraka – zakoni, norme i praksa**	22.03.2012. / Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Štefica Cerjan Stefanović; Krunoslav Premec/ Jasenka Nećak; Vedran Vađić; Zlatko Grgić; Predrag Hercog; Zoran Kovačević	*23*	4,53
10.	**Kompetentnost osoblja**	29.03.2012./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Vesna Šimunić-Mežnarić; Zlata Flegar Meštrić; Elinor Trogrlić; Ivana Jerbić	*12*	4,91
11.	**Upravljanje dokumentacijom u laboratoriju**	25.04.2012./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Vesna Šimunić-Mežnarić; Dragutin Vuković; Zlatko Grgić	*26*	4,51

	Naziv seminara	Datum/mjesto	Voditelj/predavači/ izlagači primjera	*Broj polaznika*	Ocjena seminara
12.	**Praćenje kvalitete zraka – zakoni, norme i praksa**	17.05.2012. / Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Štefica Cerjan Stefanović; Krunoslav Premec/ Jasenka Nećak; Vedran Vađić; Zlatko Grgić; Predrag Hercog; Zoran Kovačević	*12*	4,61
13.	**Upravljanje dokumentacijom u laboratoriju**	25.05.2012./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Vesna Šimunić-Mežnarić; Dragutin Vuković; Zlatko Grgić	*26*	4,83
14.	**Upravljanje dokumentacijom u laboratoriju**	30.05.2012./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Vesna Šimunić-Mežnarić; Dragutin Vuković; Zlatko Grgić	*16*	4,68
15.	**Međulaboratorijska usporedbena ispitivanja**	29.06.2012./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Ana Račić; Ivan Kutija; Siniša Prugovečki; Marija Trkmić; Zlatko Grgić	*26*	4,77
16.	**Kompetentnost osoblja**	30.06.2012./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Zlata Flegar Meštrić; Elinor Trogrlić; Zlatko Grgić	*8*	4,99

Sl. 5. Zlatko Grgić kao predavač na seminaru Kako akreditirati uzorkovanje

	Naziv seminara	Datum/mjesto	Voditelj/predavači/ izlagači primjera	*Broj polaznika*	Ocjena seminara
1.	**Laboratorij na tržištu**	*25.10.2012./* Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Marijan Povodnik; Ivan Kutija -	*18*	4,70
2.	**Kako akreditirati uzorkovanje**	*26.11.2012./* Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Vesna Šimunić-Mežnarić; Dalibor Sekulić; Mato Papić; Ružica Marinčić; Zlatko Grgić	*25*	4,66
3.	**Eterična ulja**	30.11.2012./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Tea Havranek/ Tea Havranek; Darija Musulin; Jasminka Papić; Dunja Uroić; Elizabeta Marok Grilec	*9*	4,92

	Naziv seminara	Datum/mjesto	Voditelj/predavači/ izlagači primjera	*Broj polaznika*	Ocjena seminara
4.	**Kako akreditirati uzorkovanje**	*14.12.2012./* Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Vesna Šimunić-Mežnarić; Dalibor Sekulić; Mato Papić; Ružica Marinčić; Zlatko Grgić	*20*	4,79
5.	**Norme niza 22000 i poveznica s GLOBALG.A.P. normama**	17.01.2013./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Tea Havranek/ Tea Havranek; Nina Puhač Bogadi; Marija Duvnjak; Mirela Jambreković; Darko Bošnjak	*10*	4,65
6.	**Kako akreditirati uzorkovanje**	*24.01.2013./* Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Mario Ančić; Dalibor Sekulić; Mato Papić; Ružica Marinčić; Zlatko Grgić	*20*	4,82
7.	**Novosti u analizi hrane i bioloskih uzoraka**	21.02.2013. / Institut Ruđer Bošković, Zagreb	Štefica Cerjan Stefanović/ Tea Havranek; Ivanka Jerić; Lidija Varga Drefterdarović; Lidija Brkljačić; Jasmina Ranilović; Vesna Popijač	*14*	4,77
8.	**Kako akreditirati uzorkovanje**	*28.02.2013./* Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Mario Ančić; Vesna Šimunić Mežnarić; Dalibor Sekulić; Mato Papić; Ružica Marinčić; Zlatko Grgić	*21*	4,54
9.	**Upravljanje ispitnom opremom**	28.03.2013. / Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Lovorka Grgec Bermanec; Dalibor Sekulić; Vladimir Mucko	*26*	4,46
10.	**Upravljanje ispitnom opremom**	11.04.2013. / Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Lovorka Grgec Bermanec; Dalibor Sekulić; Ana Čop	*22*	4,65
11.	**CROLAB i EU fondovi**	26.04.2013. / Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Karmen Margeta/ Karmen Margeta; Stjepan Lakušić; Jasminka Sablek	*6*	5,00
12.	**Kako (ne) pisati nesukladnosti**	23.05.2013. / Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Branka Špehar; Dalibor Sekulić; Zlatko Grgić	*24*	4,72
13.	**CROLAB i EU fondovi**	27.06.2013. / Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Karmen Margeta/ Karmen Margeta; Ivanka Jerić; Vjekoslav Živković; Jasminka Sablek	*7*	4,89
14.	**Kako (ne) pisati nesukladnosti**	6.06.2013. / Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Branka Špehar; Dalibor Sekulić; Zlatko Grgić	*23*	4,60
15.	**Kako (ne) pisati nesukladnosti**	4.07.2013. / Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Branka Špehar; Dalibor Sekulić; Zlatko Grgić	*18*	4,61
16.	**Kompetentnost osoblja**	26.09.2013./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Vesna Šimunić-Mežnarić; Zlata Flegar Meštrić; Elinor Trogrlić; Ana Čop	*24*	4,73
17.	**Kompetentnost osoblja**	18.10.2013./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Mario Ančić; Zlata Flegar Meštrić; Elinor Trogrlić	*21*	4,69

Sl. 6. Seminar Upravljanje ispitnom opremom

	Naziv seminara	Datum/mjesto	Voditelj/predavači/ izlagači primjera	*Broj polaznika*	Ocjena seminara
1.	**Certificiranje građevnih proizvoda**	22.11.2013/ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Damir Štuhec/ Lino Fučić, Emilija Barišić, Ana Topolovac, Dubravka Banov	*15*	4,44
2.	**Međulaboratorijska usporedbena ispitivanja**	18.12.2013./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Mario Ančić; Goran Stuhne; Marija Trkmić; Dalibor Sekulić; Zlatko Grgić	*26*	4,62
3.	**Međulaboratorijska usporedbena ispitivanja**	23.01.2014./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Mario Ančić; Goran Stuhne; Marija Trkmić; Dalibor Sekulić; Zlatko Grgić	*25*	4,58
4.	**Primjena uredbe (EU) 305 za građevne proizvode**	30.01.2014./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Damir Štuhec/ Lino Fučić; Mirjana Čubrić-Štefok; Jelena Svibovec; Vladimir Mucko; Dubravka Banov	*21*	4,73
5.	**Upravljanje dokumentacijom**	27.02.2014./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Mario Ančić; Dragutin Vuković; Ana Čop	*27*	4,64
6.	**Upravljanje dokumentacijom**	27.03.2014./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Mario Ančić; Dragutin Vuković; Dragica Križanec	*26*	4,73
7.	**Upravljanje dokumentacijom**	17.04.2014./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Mario Ančić; Dragutin Vuković; Ana Čop	*19*	4,73
8.	**Kako staviti CE oznaku na svoj proizvod**	29.04.2014./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Vladimir Mucko/ Vladimir Mucko; Marijan Povodnik; Stipo Đerek	*24*	4,66

	Naziv seminara	Datum/mjesto	Voditelj/predavači/ izlagači primjera	*Broj polaznika*	Ocjena seminara
9.	**Odnosi s kupcima i dobavljačima (kako ih razvijati, kako ih poboljšati)**	29.05.2014./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Elinor Trogrlić; Marija Trkmić; Hrvoje Ćaćić	*14*	4,82
10.	**Kako upravljati rizicima u laboratoriju, certifikacijskom i inspekcijskom tijelu**	6.06.2014./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Vladimir Mucko/ Vladimir Mucko; Antun Benčić; Janko Peranić	*13*	4,73
11.	**Kako akreditirati uzorkovanje**	11.07.2014./ Hrvatski zavod za norme, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Mario Ančić; Dalibor Sekulić; Mato Papić; Ružica Marinčić; Ana Čop	*15*	4,64
12.	**Kompetentnost osoblja**	2.10.2014./ Hrvatski inženjerski savez, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Mario Ančić; Zlatko Grgić; Elinor Trogrlić; Dragica Križanec	*15*	4,63

	Naziv seminara	Datum/mjesto	Voditelj/predavači/ izlagači primjera	*Broj polaznika*	Ocjena seminara
1.	**Kako upravljati rizicima u laboratoriju, certifikacijskom i inspekcijskom tijelu**	12.11.2014./ Hrvatski inženjerski savez, Zagreb	Vladimir Mucko/ Vladimir Mucko; Antun Benčić; Janko Peranić	*13*	4,71
2.	**Kako (ne) pisati nesukladnosti**	28.11.2014./ Hrvatski inženjerski savez, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Mario Ančić; Zlatko Grgić; Ana Čop	*25*	4,53
3.	**Kako (ne) pisati nesukladnosti**	12.12.2014./ Hrvatski inženjerski savez, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Mario Ančić; Ana Čop	*22*	4,59
4.	**Razumjeti kontrolne karte**	22.01.2015./ ./ Hrvatski inženjerski savez, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Biserka Runje; Mario Ančić	*25*	4,75
5.	**Kako upravljati rizicima u laboratoriju, certifikacijskom i inspekcijskom tijelu**	19.02.2015./ Hrvatski inženjerski savez, Zagreb	Vladimir Mucko/ Vladimir Mucko; Antun Benčić; Janko Peranić	*10*	4,84
6.	**Razumjeti kontrolne karte**	12.03.2015./ ./ Hrvatski inženjerski savez, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Biserka Runje; Mario Ančić	*20*	4,64
7.	**Certificiranje građevnih proizvoda**	23.04.2015./ ./ Hrvatski inženjerski savez, Zagreb	Damir Štuhec/Dubravka Banov, Morana Mratović, Emilija Barišić, Vladimir Mucko	*10*	4,83

	Naziv seminara	Datum/mjesto	Voditelj/predavači/ izlagači primjera	*Broj polaznika*	Ocjena seminara
8.	**Uloga certifikacijskih tijela u CE označavanju proizvoda**	14.05.2015./ CTT, Zagreb	Rudolf Mileković/ Rudolf Mileković, Saša Gross	*4*	5,00
9.	**Upravljanje ispitnom opremom**	28.05.2015./CTT, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Lovorka Grgec Bermanec; Mario Ančić; Ana Čop	*22*	4,70

Sl. 7. Mario Ančić kao predavač na jednom od seminara

	Naziv seminara	Datum/mjesto	Voditelj/predavači/ izlagači primjera	*Broj polaznika*	Ocjena seminara
1.	**Upravljanje ispitnom opremom**	3.07.2015./HIS, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Lovorka Grgec Bermanec; Mario Ančić; Ana Čop	*24*	4,59 *(prostor 3,91, bilo vruće, bez klime)*
2.	**Međulaboratorijska usporedbena ispitivanja**	28.10.2015./HIS, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Lovorka Grgec Bermanec; Ružica Marinčić; Dalibor Sekulić; Mario Ančić; Ana Čop	*32*	4,59
3.	**Međulaboratorijska usporedbena ispitivanja**	26.11.2015. ./HIS, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Lovorka Grgec Bermanec; Ružica Marinčić; Dalibor Sekulić; Mario Ančić; Ana Čop	*14*	4,67
4.	**Norme koje se koriste u radu laboratorija – stručni rad, akreditacija, zakoni i propisi**	22.12.2015. HIS, Zagreb	Nenad Nikolić/ Nenad Nikolić, Ana Čop	*9*	4,84
5.	**Kompetentnost osoblja**	21.01.2016. HIS, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Tomislav Svaguša; Nataša Mikulec; Mario Ančić; Ana Čop	*18*	4,69

	Naziv seminara	Datum/mjesto	Voditelj/predavači/ izlagači primjera	*Broj polaznika*	Ocjena seminara
6.	**Upravljanje dokumentacijom**	17.03.2016. HIS, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Zlatko Grgić; Dragutin Vuković; Ana Čop	*15*	4,78
7.	**Kako provoditi interne audite**	28.04.2016. HIS, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Marija Trkmić; Zlatko Grgić *predavači dobili čistu peticu (5,0)*	*14*	4,86 *(prostor 4,43, bilo je hladno)*
8.	**Razumjeti kontrolne karte**	9.06.2016. HIS, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Biserka Runje; Mario Ančić	*26*	4,88
9.	**Razumjeti kontrolne karte**	16.06.2016. HIS, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Amalija Horvatić Novak; Mario Ančić	*9*	4,91

	Naziv seminara	Datum/mjesto	Voditelj/predavači/ izlagači primjera	*Broj polaznika*	Ocjena seminara
1.	**Kako (ne) pisati nesukladnosti**	27.10.2016./HIS, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Mario Ančić; Ana Čop	*28*	4,76
2.	**Kako (ne) pisati nesukladnosti**	10.11.2016./HIS, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Mario Ančić; Ana Čop	*13*	4,70
3.	**Norme koje se koriste u radu laboratorija – stručni rad, akreditacija, zakoni i propisi**	19.01.2017./HIS, Zagreb	Nenad Nikolić/ Nenad Nikolić, Ana Čop	*24*	4,76
4.	**Norme koje se koriste u radu laboratorija – stručni rad, akreditacija, zakoni i propisi**	16.05.2017./HIS, Zagreb	Nenad Nikolić/ Nenad Nikolić, Ana Čop	*8*	4,79

Sl. 8. Biserka Runje kao predavač na seminaru Razumjeti kontrolne karte

	Naziv seminara	Datum/mjesto	Voditelj/predavači/ izlagači primjera	*Broj polaznika*	Ocjena seminara
1.	**Razumjeti kontrolne karte**	23.11.2017./HIS, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Biserka Runje; Mario Ančić	*18*	4,90
2.	**Upravljanje ispitnom opremom – Što je novo u novoj ISO/IEC 17025**	14.12.2017./HIS, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Janko Peranić; Dalibor Sekulić; Mario Ančić; Ana Čop	*19*	4,77
3.	**Upravljanje dokumentacijom– Što je novo u novoj ISO/IEC 17025**	25.01.2018./HIS, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Dragutin Vuković; Mario Ančić; Ana Čop	*22*	4,66
4.	**Kako upravljati rizicima u laboratoriju, certifikacijskom i inspekcijskom tijelu**	29.03.2018./HIS, Zagreb	Vladimir Mucko/ Vladimir Mucko; Antun Benčić; Janko Peranić	*15*	4,86
5.	**Osiguranje valjanosti ispitnih rezultata**	10.05.2018./CTT, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Ružica Marinčić; Dalibor Sekulić; Mario Ančić; Ana Čop	*7*	4,95
6.	**Kako akreditirati uzorkovanje**	20.09.2018./HIS, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Ružica Marinčić; Dalibor Sekulić; Mario Ančić; Ana Čop	*10*	4,83

Sl. 9. Ana Čop kao predavač na jednom od seminara

	Naziv seminara	Datum/mjesto	Voditelj/predavači/ izlagači primjera	*Broj polaznika*	Ocjena seminara
1.	**Kompetentnost osoblja (uz novosti u novoj ISO 17025)**	14.12.2018./HIS, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Jasna Petranović; Tomislav Svaguša; Mario Ančić; Ana Čop	*16*	4,78
2.	**Međulaboratorijska usporedbena ispitivanja (uz novosti u novoj ISO 17025**	25.01.2019./HIS, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Marija Trkmić; Dalibor Sekulić; Mario Ančić; Ana Čop	*16*	4,86

	Naziv seminara	Datum/mjesto	Voditelj/predavači/ izlagači primjera	*Broj polaznika*	Ocjena seminara
3.	**Razumjeti kontrolne karte (uz novosti u novoj ISO 17025**	28.02.2019./HIS, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Biserka Runje; Mario Ančić	*10*	4,94
4.	**Kako provoditi interne audite (Uz novosti u novoj ISO 17025)**	3.04.2019./HIS, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Marija Trkmić; Zlatko Grgić	*13*	4,70
5.	**Upravljanje ispitnom opremom (Uz novosti u novoj ISO 17025)**	9.05.2019./HIS, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Janko Peranić; Dalibor Sekulić; Mario Ančić; Ana Čop	*14*	4,43
6.	**Kako prijeći na novu ISO/IEC 17025 (Iskustva i praktični savjeti)**	30.05.2019./HIS, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Marija Trkmić, Vjekoslav Živković; Vesna Šimunić Mežnarić; Ana Čop	*23*	4,76
7.	**Davanje izjava o sukladnosti i mjerna nesigurnost (Iskustva i praktični savjeti)**	19.09.2019./HIS, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Marija Trkmić, Janko Peranić; Mario Ančić; Elinor Trogrlić	*21*	4,78

Sl. 10. Janko Peranić kao predavač na seminaru i radionici Kako upravljati rizicima u laboratoriju, certifikacijskom i inspekcijskom tijelu

Sl. 11. Seminar Odnosi s kupcima i dobavljačima 29.05.2014. (s lijeva na desno Olga Štajdohar-Pađen, Elinor Trogrlić, Marija Trkmić i Hrvoje Ćaćić)

	Naziv seminara	Datum/mjesto	Voditelj/predavači/ izlagači primjera	*Broj polaznika*	Ocjena seminara
1.	**Interni auditi prema normi HRN EN ISO/IEC 17025:2017**	9.11.2019./ EKONERG, Zagreb *(zatvorena edukacija)*	Olga Štajdohar-Pađen	*2*	-
2.	**Interni auditi – što su i kako ih provodimo**	27.11.2019./ KBC Split (ZTM), Split *(zatvorena edukacija)*	Olga Štajdohar-Pađen	*15*	-
3.	**Kako upravljati rizicima u laboratoriju, certifikacijskom i inspekcijskom tijelu**	28.11.2019./ HIS, Zagreb	Vladimir Mucko/Vladimir Mucko; Antun Benčić; Janko Peranicć	*21*	4,91
4.	**Uzorkovanje i njegov doprinos mjernoj nesigurnosti (iskustva i praktični savjeti)**	13.12.2019.(HIS, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Marija Trkmić; Dalibor Sekulić; Mario Ančić; Ivan Stamenković	*21*	4,41
5.	**Kako prijeći na novu ISO/IEC 17025 (Iskustva i praktični savjeti)**	28.02.2020.(HIS, Zagreb	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Marija Trkmić, Vjekoslav Živković; Vesna Šimunić Mežnarić; Ana Čop	*22*	4,74
6.	**Metodologija procjene mjerne nesigurnosti**	10.03.2021. (TTF, Zagreb) *(zatvorena edukacija)*	Olga Štajdohar-Pađen	*5*	-

Kao što je vidljivo iz gornje tablice, seminari nisu bili održavani u razdoblju 28. veljače 2020. pa do 10. ožujka slijedeće 2021. godine kad je u pandemijskim uvjetima održana zatvorena edukacija za laboratorij Tekstilno-tehnološkog fakulteta u Zagrebu.

Sl. 12. Seminar Metodologija procjene mjerne nesigurnosti, zatvoreni seminar na Tekstilno-tehnološkom fakultetu u Zagrebu održan 10. 3. 2021.

V. RAD ODBORA U PANDEMIJI I SEMINARI NA DALJINU

11. ožujka 2020. donesena je odluka o proglašenju epidemije bolesti COVID-19 uzrokovane virusom SARS-CoV-2 na području čitave Republike Hrvatske. Istoga dana je Svjetska zdravstvena organizacija prethodnu epidemiju proglasila pandemijom.

Uslijedilo je potpuno zatvaranje, *lock down*. Zaustavljen je javni prijevoz, a putovanja između županija bila su dozvoljena jedino uz propusnicu. Zatvorene su škole, fakulteti, dječja igrališta, restorani, kafići, kina, kazališta, muzeji, knjižnice i ostala mjesta okupljanja ljudi. Od trgovina, ostale su otvorene samo one s prehrambenim artiklima i ljekarne, i to uz skraćeno radno vrijeme. Svi kojima je to priroda posla dopuštala, prešli su na rad od kuće.

Dodatno, zbog potresa u Zagrebu 22. ožujka 2020. oštećena je zgrada *Hrvatskog inženjerskog saveza* u Berislavićevoj ulici u Zagrebu te Odbor tamo više nije mogao održavati seminare. Uspostavljeni su kontakti s hotelom *International* i plan je bio tamo nastaviti sa seminarima. Kako se situacija s pandemijom Korona virusa tijekom ljeta i u rujnu popravila, u pripremi je bio seminar pod nazivom *Razumjeti kontrolne karte* za 22. listopada 2020., ali zbog pogoršanja situacije Odbor je bio prisiljen otkazati ga.

Međutim, čitavo to vrijeme Odbor je nastojao održavati komunikaciju s članovima CROLAB-a kao i bivšim i potencijalnim polaznicima naših seminara šaljući im elektroničkom poštom informacije i članke korisne za njihov rad. Tako su u tom razdoblju pripremljeni i poslani sljedeći tekstovi:

- 8. svibnja 2020. – Nepristranost, neovisnost i integritet laboratorija; Rizici, prilike i preventivne radnje u laboratoriju
- 20. svibnja 2020. – SWOT analiza – Upoznaj sebe i svoju okolinu
- 29. svibnja 2020. – Osvrt na Eurachemovu radionicu (Berlin, prosinac 2019.)
- 8. srpnja 2020. – *Lean manufacturing* - Kako se riješiti svega nepotrebnog
- 10. rujna 2020. – Komunikacija je krvotok svake organizacije Otkrijte na vrijeme gdje dolazi do zastoja i spriječite infarkt

- 21. listopada 2020. – poziv na besplatan webinar pod nazivom „Laboratorij budućnosti i budućnost laboratorija“ (TIC Council-EUROLAB Joint Webinar "The lab of the future and the future of labs")
- 5. studenog 2020. – Laboratoriji budućnosti.

Odbor je primio i nekoliko povratnih obavijesti od čitatelja koje su mahom bile pozitivne i iz kojih se vidjelo da im takav oblik komunikacije puno znači u uvjetima velike izolacije u kojima smo se svi skupa našli.

Dodatno, iz ovakve komunikacije koju je pokrenuo *CROLAB – Odbor za izobrazbu* kasnije se razvilo CROLAB-ovo elektroničko glasilo. Prvo takvo glasilo objavljeno je u ožujku 2023., a do studenog 2025. objavljeno ih je ukupno šest.

HRVATSKI LABORATORIJI
LABORATORIA CROATICA

E-GLASILO

Broj 2/2025
srpanj 2025.

Poštovani čitatelji, članovi i prijatelji CROLABA

Pred vama je još jedno e-glasilo CROLAB-a kojim želimo informirati sve naše članove i poklonike o aktivnostima naše udruge i novostima bitnim tijelima za ocjenu sukladnosti za njihov rad – laboratorijima te inspekcijskim i certifikacijskim tijelima.

U ovom broju koristimo priliku pozvati vas na sljedeću, jubilarnu dvadesetu konferenciju **Kompetentnost laboratorija koja će se održati 12. do 14. studenoga 2025. u Zadru,** u hotelu Kolovare. Sve vas srdačno pozivamo, pribilježite si te datume u svojim kalendarima i pridružite nam se kao sudionici konferencije, predavači, prezenteri postera, sponzori i pokrovitelji.

Pročitajte još i o aktivnostima CROLAB-a i njegovih članova tijekom godine te novostima iz EUROLAB-a, akreditacije i normizacije.

Svim čitateljima želimo ugodne godišnje odmore i uspješan nastavak poslovne godine.

Vjekoslav Živković, predsjednik CROLAB-a

Sl. 13. Izgled naslovnice CROLAB-ovog elektroničkog glasila iz srpnja 2025.

Kako se pandemija nastavljala i nije bilo izvjesno da će uskoro završiti, a imajući iskustvo otkazivanja seminara uživo, Odbor je odlučio nastaviti sa seminarima, ali na daljinu. Održani su seminari prema Tablici III, (tablica je razlomljena na način kako su prikazivani održani seminari u pojedinim Izvještajima o radu Odbora [3]).

Valja istaknuti da je u tom razdoblju održan i jedan hrabri seminar u učionici, organizirali su ga i proveli 9. prosinca 2022. Tamara Jakovljević, Ivana Vladimira Petric i Mario Mačković, a sudjelovalo je 11 polaznika koji su mu dali visoku ocjenu 4,9.

Sl. 14. Izgled naslovnice materijala za seminar o referentnim materijalima koji je 9. 12. 2022. održan u učionici

TABLICA III
PREGLED ODRŽANIH SEMINARA U ORGANIZACIJI CROLAB ODBORA ZA IZOBRAZBU U RAZDOBLJU 2021. DO 2025.

	Naziv seminara	Datum/mjesto	Voditelj/predavači/ izlagači primjera	*Broj polaznika*	Ocjena seminara
1.	**Primjena statistike u laboratoriju**	15.04.2021. (na daljinu) *Polaznici iz HR i Crne Gore*	Olga Štajdohar-Pađen	*12*	-
2.	**Razumjeti kontrolne kate (što su, čemu služe, kako iz izraditi i kako ih tumačiti**	24.05.2021. (na daljinu) *Polaznici iz HR, BiH, SLO i Crne Gore*	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Biserka Runje; Mario Ančić	*12*	-
3.	**Međulaboratorijska usporedbena ispitivanja**	1.07.2021. (na daljinu) *Polaznici iz HR i Crne Gore*	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Marija Trkmić; Dalibor Sekulić; Iva Sabljak; Zlatko Grgić	*7*	-
4.	**Upravljanje rizicima i prilikama**	15.09.2021. (na daljinu) *Polaznici iz HR i BiH*	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Sanda Kozlik; Jasna Petranović; Iva Sabljak	*8*	-

	Naziv seminara	Datum/mjesto	Voditelj/predavači/ izlagači primjera	*Broj polaznika*	Ocjena seminara
1.	**Upravljanje ispitnom opremom**	26.11.2021. (na daljinu) Polaznici iz HR i Crne Gore	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Lovorka Grgec Bermanec; Dalibor Sekulić; Iva Sabljak	*12*	Nije bilo ankete

	Naziv seminara	Datum/mjesto	Voditelj/predavači/ izlagači primjera	*Broj polaznika*	Ocjena seminara
2.	**Davanje izjava o sukladnosti i mjerna nesigurnost**	9.12.2021. (na daljinu) Polaznici iz HR; BiH i Crne Gore	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Marija Trkmić; Dalibor Sekulić; Mario Ančić	*20*	Nije bilo ankete
3.	**Kako provoditi interne audite**	22.12.2021. (na daljinu) Polaznici iz HR i Crne Gore	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Marija Trkmić; Sanda Kozlik	*7*	Nije bilo ankete
4.	**Kompetentnost osoblja – Ljudska strana tehničke kompetentnosti**	25.02.2022. (na daljinu)	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Marija Trkmić; Sanda Kozlik	*6*	Nije bilo ankete
5.	**Uzorkovanje i njegov doprinos mjernoj nesigurnosti**	25.03.2022. (na daljinu) Polaznici iz HR, Crne Gore i BiH	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Marija Trkmić; Dalibor Sekulić; Mario Ančić	*23*	Nije bilo ankete
6.	**Upravljanje dokumentacijom**	29.09.2022. (na daljinu) Polaznici iz HR i Crne Gore)	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Marija Trkmić; Iva Sabljak	*17*	Nije bilo ankete

	Naziv seminara	Datum/mjesto	Voditelj/predavači/ izlagači primjera	*Broj polaznika*	Ocjena seminara
1.	**Upravljanje rizicima i prilikama**	25.11.2022. (na daljinu) Polaznici iz HR i Crne Gore	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Sanda Kozlik, Jasna Petranović, Iva Sabljak	*10*	Nije bilo ankete
2.	**Referentni materijali, njihova priprema i primjena**	9.12.2022. (FSB, Istočna zgrada, Zagreb)	Tamara Jakovljević, Ivana Vladimira Petric, Mario Mačković	*11*	4,9
3.	**Davanje izjava o sukladnosti i mjerna nesigurnost**	4.05.2023. (na daljinu) Polaznici iz HR i BiH	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Marija Trkmić; Dalibor Sekulić; Iva Sabljak	*10*	Nije bilo ankete

	Naziv seminara	Datum/mjesto	Voditelj/predavači/ izlagači primjera	*Broj polaznika*	Ocjena seminara
1.	**Rizici kod upravljanja ispitnom opremom**	10.11.2023. (na daljinu) Polaznici iz HR, BiH i Crne Gore	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Vladimir Stankov; Dalibor Sekulić; Iva Sabljak	*16*	Nije bilo ankete
2.	**Rizici kod upravljanja ispitnom opremom**	15.12.2023. (na daljinu) Polaznici iz HR, BiH i Srbije	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Vladimir Stankov; Dalibor Sekulić; Iva Sabljak	*11*	Nije bilo ankete

	Naziv seminara	Datum/mjesto	Voditelj/predavači/ izlagači primjera	*Broj polaznika*	Ocjena seminara
3.	**Međulaboratorijska usporedbena ispitivanja**	1.03.2024. (na daljinu)	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Marija Trkmić; Dalibor Sekulić; Iva Sabljak	*21*	Nije bilo ankete
4.	**Uzorkovanje i mjerna nesigurnost**	12.04.2024. (na daljinu) Polaznici iz HR i BiH	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Marija Trkmić; Dalibor Sekulić; Mario Ančić	*10*	Nije bilo ankete
5.	**Napredna primjena norme HRN EN ISO/IEC 17025**	5. i 6.06.2024. (na Šumarskom fakultetu u Zagrebu)	Zlatko Grgić/ Zlatko Grgić; Ivan Stamenković; Janko Peranić	*11*	4,95
6.	**Razumjeti kontrolne karte (Što su, čemu služe, kako ih izraditi i kako ih tumačiti)**	2.10.2024. (na daljinu) Polaznici iz HR i BiH	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Biserka Runje; Iva Sabljak	*20*	Nije bilo ankete
7.	**Kako provoditi interne audite**	8.11.2024. (na daljinu) Polaznici iz HR i BiH	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Jasna Petranović; Iva Sabljak	*21*	Nije bilo ankete*
8.	**Napredna primjena norme HRN EN ISO/IEC 17025**	28. i 29.11.2024. (na Šumarskom fakultetu u Zagrebu)	Zlatko Grgić/ Zlatko Grgić; Ivan Stamenković; Janko Peranić	*8*	5,0

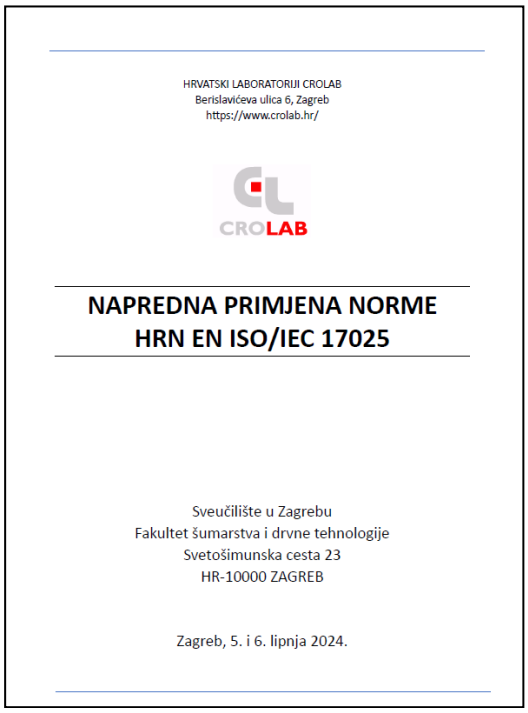
	Naziv seminara	Datum/mjesto	Voditelj/predavači/ izlagači primjera	*Broj polaznika*	Ocjena seminara
1.	**Kompetentnost osoblja – Ljudska strana tehničke kompetentnosti**	18.12.2024. (na daljinu)	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Marija Trkmić; Dubravka Dumbović; Iva Sabljak	*10*	Nije bilo ankete
2.	**Uzorkovanje i mjerna nesigurnost**	6.02.2025. (na daljinu) Polaznici iz HR i BiH	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Marija Trkmić; Dalibor Sekulić; Mario Ančić	*18*	Nije bilo ankete
3.	**Upravljanje dokumentacijom – Iskustva i praktični savjeti**	23.05.2025. (na daljinu) Polaznici iz HR i BiH	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Mario Vujica; Iva Sabljak	*26*	Nije bilo ankete*
4.	**Davanje izjava o sukladnosti i mjerna nesigurnost**	10.07.2025. (na daljinu) Polaznici iz HR i BiH	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Marija Trkmić; Dalibor Sekulić; Iva Sabljak	*15*	Nije bilo ankete
5.	**Rizici kod upravljanja ispitnom opremom**	2.10.2025. (na daljinu) Polaznici iz HR, BiH i Crne Gore	Olga Štajdohar-Pađen/ Olga Štajdohar-Pađen; Vladimir Stankov; Dalibor Sekulić; Iva Sabljak	*18*	Nije bilo ankete

Seminari na daljinu pokazali su se kao dobro iskustvo usprkos tome što je komunikacija s polaznicima drugačija, a zahtjevi za predavača i voditelja seminara također. Voditelj seminara i predavači ulažu dodatan trud animirati polaznike za postavljanje pitanja i komentare, a potrebna je i dobra koncentracija tijekom predavanja jer predavač ne vidi polaznike i ne može prilagođavati izlaganje ovisno o njihovim reakcijama koje bi u učionici vidio na licima.

Polaznici su prihvatili ovakav način održavanja seminara, iako i za njih to predstavlja dodatne izazove. Naime, lakše je posvetiti se seminaru i koncentrirati na izlaganja predavača u situaciji kad je polaznik u prostoriji s drugim polaznicima te fizički izdvojen od svakodnevnih radnih zadataka. U situaciji kad se seminar prati na daljinu iz radnih prostorija, punu koncentraciju nije uvijek moguće postići. Svakodnevne aktivnosti odvijaju se u blizini polaznika na uobičajeni način i teško je izbjeći sudjelovanje u njima. Ipak, seminari na daljinu predstavljaju manji trošak za polaznike što im daje veliku prednost pred seminarima u učionici, naročito za polaznike izvan Zagreba gdje se seminari uobičajeno održavaju.

Završetak pandemije Korona virusa u Republici Hrvatskoj proglašen je 11. svibnja 2023., a CROLAB je nastavio sa seminarima na daljinu. Naime, održavanje seminara na daljinu se do tada već dobro uhodalo, i polaznici i predavači su stekli iskustvo u takvom načinu rada.

Međutim, CROLAB je po prvi put učinio iskorak prema održavanju višednevnih seminara. Tako je radionica u učionici s temom *Napredna primjena norme HRN EN ISO/IEC 17025* koju je pripremio Zlatko Grgić, a sudjelovali su Janko Peranić i Ivan Samenković održana dva puta, 5. i 6. lipnja 2024. s 11 polaznika te 28. i 29. studenoga 2024. s 8 polaznika.


HRVATSKI LABORATORIJI CROLAB
Berislavićeva ulica 6, Zagreb
https://www.crolab.hr/

NAPREDNA PRIMJENA NORME
HRN EN ISO/IEC 17025

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet šumarstva i drvne tehnologije
Svetošimunska cesta 23
HR-10000 ZAGREB

Zagreb, 5. i 6. lipnja 2024.

Sl. 15. Naslovnica materijala s dvodnevnog seminara radionice *Napredna primjena norme HRN EN ISO/IEC 17025* održane u učionici 5. i 6. 6. 2024

Sl. 16. Dvodnevni seminara radionice *Napredna primjena norme HRN EN ISO/IEC 17025* održan u učionici 5. i 6. lipnja 2024.

Uz visoke ocjene polaznika koje su ovi seminari radionice dobili (4,95 i 5,00), komentari polaznika u anonimnoj anketi govore o njihovom zadovoljstvu („preporučio bih seminar ostalim kolegama“, „topla preporuka jer predavači vladaju materijom i na konkretnim primjerima daju dobre savjete“, „koristan pregled svih ključnih točaka norme uz neke *tips and trics* savjete, definitivno za preporuku“ i sl.).

VI. PROMIDŽBA RADA CROLAB - ODBORA ZA IZOBRAZBU

Tijekom svih ovih dvadeset godina Odbor intenzivno radi na promidžbi svoga rada i seminara koje organizira. Osim slanja poziva na seminare izravnim elektroničkim porukama po adresaru potencijalnih polaznika koji CROLAB ima i stalno nadopunjuje, seminari se najavljuju na internetskim stranicama udruge CROLAB, ali i na portalu *Svijet kvalitete* te na društvenim mrežama, *LinkedIn* i *Facebook*.

Osim toga, Odbor je promovirao svoj rad i u tiskanom glasilu koje CROLAB povremeno izdaje i to:

- u svečanom broju Glasila CROLAB-a vezanom uz 10 godina djelovanja udruge (lipanj 2013.) rad Odbora je prikazan na četiri stranice, a dan je i pregled svih do tada održanih seminara
- u Glasilu koje je izdano 2014. godine, odbor je prikazao svoj rad, seminare, predavače, broj polaznika i prosječnu ocjenu seminara te neke fotografije sa seminara.
- u Glasilu CROLAB-a koje je izdano pred održavanje godišnje konferencije 2018. godine prezentiran je i rad Odbora
- u svečanom broju Glasila CROLAB-a vezanom uz 15 godina djelovanja CROLAB-a, koje je objavljeno u siječnju 2020. godine Odbor je također prezentirao svoj rad.

Kako nakon toga nije izdano niti jedno tiskano glasilo CROLAB-a, nije bilo niti prilike promidžbe rada Odbora za izobrazbu na ovaj način. Ova tiskana izdanja u pdf formatu dostupna su na Crolabovim internetskim stranicama.

Također, Odbor je koristio priliku promovirati svoj rad na CROLAB-ovim konferencijama. Tako je o svom djelovanju

- od osnivanja 24.03.2005. pa do rujna 2009. godine, Odbor pripremio stručni rad za 3. međunarodno savjetovanje Kompetentnost laboratorija 2009. u Cavtatu
- od rujna 2009. pa do rujna 2010. Odbor pripremio stručni rad za 3. nacionalno savjetovanje Kompetentnost laboratorija u rujnu 2010. u Varaždinu
- od rujna 2010. do rujna 2011. Odbor pripremio postersko izlaganje za 4. međunarodno savjetovanje Kompetentnost laboratorija listopadu 2011. u Cavtatu

- od rujna 2011. do rujna 2012. Odbor pripremio postersko izlaganje za savjetovanje Kompetentnost laboratorija koje je održano u listopadu 2012. u Šibeniku
- od osnivanja 2005 pa do konferencije u listopadu 2021. na Brijunima pripremljen je i prezentiran rad u vidu postera te objave cjelovitog rada u Zborniku konferencije.

Vrijednost prezentiranja rada Odbora na ovakav način je ne samo u tome što se time predstavlja sudionicima konferencije i naknadnim čitateljima Zbornika sažetaka i Zbornika radova, već i što sami članovi Odbora steknu cjeloviti uvid koliko je toga napravljeno, a što onda može biti poticaj za daljnji rad.

VII. ZAKLJUČAK

Organiziranje seminara o laboratorijskoj problematici sastavni je dio aktivnosti CROLAB-a kojima on ispunjava svoju zadaću prema svojim članovima. Svaki seminar je između ostalog prilika za međusobno bolje upoznavanje polaznika i stvaranje šire platforme za razmjenu mišljenja i suradnju.

Kako članstvo i rad u CROLAB-u počiva na dragovoljnosti, a voditelji seminara i predavači su zaposleni svaki na svom radnom mjestu izvan CROLAB-a, bilo je potrebno razviti specifičnu metodologiju organiziranja i izvođenja seminara kojom bi se omogućila dobra komunikacija, demokratičnost i transparentnost, a time i učinkovitost tog procesa.

CROLAB Odbor za izobrazbu uvijek je nastojao uključiti predavače sa stvarnim praktičnim iskustvom koji izlažu primjere iz prakse i poticati članove CROLAB-a da se uključe ne samo kao polaznici nego i kao voditelji seminara, predavači ili izlagači primjera. Visoke ocjene koje su polaznici dali do sada organiziranim seminarima uživo i povratne informacije usmeno i elektroničkom poštom kod seminara na daljinu govore o tome da je ovaj Odbor uspio u svojim nastojanjima.

Ono što posebno veseli i na što je Odbor posebno ponosan je činjenica da je Odbor uspio održati svoje aktivnosti i tijekom teškog razdoblja pandemije Korona virusa i opće zabrane okupljanja te razornih potresa koji su tijekom 2020. godine zadesili Zagreb i druge dijelove Hrvatske te onemogućili održavanje seminara u oštećenoj zgradi Hrvatskog inženjerskog saveza u Zagrebu.

Organiziranje i održavanje seminara na daljinu zahtijevalo je promjenu načina rada i određene prilagodbe, izgradnju novih predavačkih i komunikacijskih vještina, ali je prema usmenim potvrdama i naknadim elektroničkim porukama polaznika bilo uspješno. Odbor planira nastaviti s takvim načinom organiziranja seminara, a povremeno i sa seminarima u učionici ovisno o procjeni i odluci voditelja seminara na kojem leži odgovornost za uspjeh seminara u svakom pogledu pa i onom financijskom.

Odbor za izobrazbu se zahvaljuje svima koji su podržali njegov rad, a to su Upravni odbor CROLAB-a, voditelji seminara i predavači, a valja istaknuti i učinkovitu podršku ureda CROLAB-a. Posebna zahvala ide polaznicima jer su opetovano ukazivali povjerenje organizatorima i dolazili na ove seminare. Odbor će svakako nastojati i dalje opravdati ovo povjerenje.

LITERATURA

[1] www.crolab.hr

[2] Poslovnik o radu Odbora za izobrazbu (Skupština CROLABa 12. prosinca 2007)

[3] Izvještaji o radu Odbora za izobrazbu u razdoblju od osnivanja do 2024. godine

TEMPERATURE EFFECTS ON THE ACCURACY OF THE CT SCANNER

M. Milanović-Litre, M. Katić

Department of Quality

University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture

Ivana Lučića 5, 10000 Zagreb, Hrvatska

E-mail: masa.milanovic.litre@fsb.unizg.hr

Abstract - X-ray computed tomography (XCT) is a modern measurement technique increasingly utilized in dimensional metrology. It enables three-dimensional visualization of both internal and external geometries of objects without compromising specimen integrity, relying on X-ray transmission and subsequent image reconstruction based on differential absorption. This approach allows for detailed analysis of complex geometries and internal structures that are difficult to access using conventional methods. An XCT system can be regarded as a collection of interconnected subsystems: the X-ray source, the detector, the mechanical system and the computational system for data processing. Measurement accuracy and repeatability are influenced by numerous factors, among which thermal effects are particularly significant. Temperature fluctuations induce thermal expansion of materials, focal spot displacement of the X-ray source and changes in detector performance, potentially resulting in deviations within reconstructed datasets. Maintaining stable thermal conditions and implementing effective control of thermal influences are essential for achieving reliable, accurate and repeatable results in industrial computed tomography.

Key words: X-ray computed tomography, dimensional stability, thermal influences

I. INTRODUCTION

In XCT X-ray are generated inside a tube where electrons emitted from a heated filament are accelerated toward a metallic anode. Only a small fraction of the input energy is converted into X-rays, while most energy is released as heat, which can affect the stability of the tube and surrounding components. Such thermal influences may alter the position of the focal spot and thereby impact the accuracy of dimensional measurements.

The XCT measurement process begins with the acquisition of projection images, where multiple two-dimensional X-ray projections are obtained from various angles around the object. The quality and stability of these projections have a direct impact on the accuracy of the subsequent reconstruction and metrological evaluation [1-3]. The acquired images are then reconstructed into a three-dimensional voxel model, typically using filtered back-projection. The reconstruction accuracy of the volume depends on projection quality, detector performance and system geometry, all of which are recognised as key influence factors in dimensional XCT metrology [4]. Following reconstruction, edge detection or segmentation techniques are employed to delineate the interfaces between solid materials and surrounding air or between different materials within the scanned object. This process translates 3D voxel data into a defined 3D surface model, enabling precise dimensional analysis. XCT systems designed for dimensional metrology necessitate specialized software to extract geometry features (e.g. planes, cylinders, spheres) and compute essential geometric parameters, such as dimensions, diameters, angles, form deviations and measurement uncertainties [5]. This method enables highly precise analysis of complex components and is widely applied in industrial quality control, metrology and engineering analyses [2].

Despite the numerous advantages of X-ray computed tomography as a dimensional measurement technique, one of its primary limitations is the presence of multiple complex factors that can influence measurement accuracy. Given that the metrology loop inherently includes an active heat source, thermal effects represent a significant source of measurement uncertainty, either through direct alterations in the dimensions of the measured object, or indirect deformations of the XCT system's geometry. To investigate the impact of temperature variations during

XCT operation on X-ray source displacement, an experimental study was conducted using typical industrial XCT scanner, *Nikon XT H 225*.

II. METHODOS

1) Temperature measurement

Temperature data were collected at key locations within the XCT scanner using eight glass-encapsulated NTC (negative temperature coefficient) thermistors connected to an acquisition unit. The entire measurement setup, including the thermistors, was calibrated at the Laboratory for Process Measurement (Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture). The calibration was carried out by comparison method, using standard platinum resistance thermometer (SPRT) connected to a high precision AC thermometry bridge. The expanded measurement uncertainty was estimated to be $U = 13$ mK ($k = 2$).

The eight thermistors were strategically placed at various locations within the CT scanner (Figures 1 and 2). Previous researches [6, 7] have shown that the most significant temperature variations occur in the X-ray tube itself. Therefore, thermistors 1 to 3 were placed at different locations of the tube and thermistor 4 monitored the ambient air temperature within the CT scanner.

Thermistors 5 to 8 were used to measure the temperature of the coolant at different locations within the cooling system:

- thermistors 5 and 6 measured the coolant temperature at the inlet and outlet of the X-ray source,
- thermistor 7 and 8 monitored the coolant temperature at the outlet and inlet of the chiller.

<u>*Thermal balance calculations*</u>. As noted earlier, the X-ray source generates a substantial amount of heat during CT system operation. Effective cooling is therefore required to prevent critical components from reaching temperatures that could compromise system integrity. Cooling is achieved by using a coolant mixture of ethylene glycol and water (with a 0,2 mass fraction of ethylene glycol). The total volumetric flow rate of the coolant exits the chiller, with a portion directed toward cooling the X-ray source and electromagnetic lenses, while the remaining flow is utilized to maintain a stable temperature within the CT system via a fan coil unit.

The measured temperature positions and volumetric flow rates are illustrated in the schematic in Figure 2.

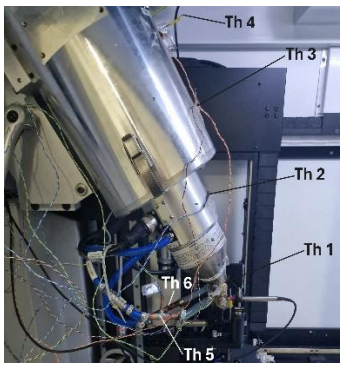


Fig. 1. Locations of thermistors 1 – 6

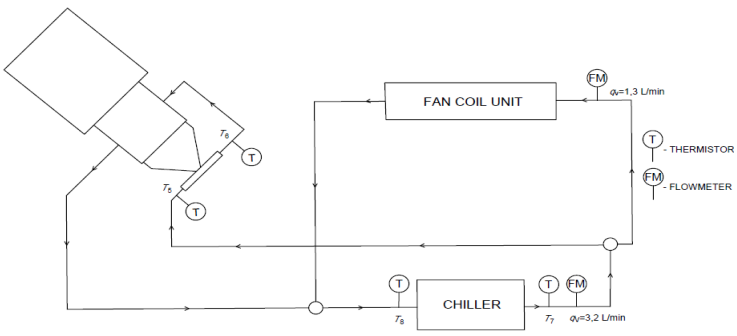


Fig. 2. Schematic of measured temperature positions and volumetric flow rates

The total heat flux transferred by the coolant is the sum of the heat flux dissipated at the X-ray source, the heat flux dissipated at the fan coil unit, and the heat flux dissipated at the section of the X-ray tube where the magnetic lenses are located:

$$\Phi_{\text{total}} = \Phi_{\text{source}} + \Phi_{\text{fan}} + \Phi_{\text{mag.l.}} \quad (1)$$

Since the thermistors measuring the coolant are positioned at the inlet (thermistor 5) and the outlet (thermistor 6) of the source, the heath flux dissipated from the X-ray source can be calculated using the following equation [8]:

$$\Phi_{source} = q_{v_source} \cdot \rho_{gl} \cdot c_{gl} \cdot (T_6 - T_5) \quad (2)$$

where q_{v_source} is volumetric flow rate of the coolant entering the X-ray source, ρ_{gl} is density of the coolant, c_{gl} is specific heat capacity of the coolant, T_5 and T_6, respectively, are temperatures of the coolant at the inlet and the outlet of the X-ray source.

Furthermore, the positions of the thermistor 7 and thermistor 8 also allow for the calculation of the total heat flux dissipated from the system. The equation for the total heat flux dissipated is as follows [8]:

$$\Phi_{total} = q_{v_total} \cdot \rho_{gl} \cdot c_{gl} \cdot (T_8 - T_7) \quad (3)$$

where q_{v_total} is volumetric flow rate of the coolant entering the fan coil unit, T_7 and T_8 are temperatures of the coolant exiting and entering the chiller, respectively.

The remaining portion of the dissipated heat flux includes the heat flux dissipated at the fan coil unit and the section with the magnetic lenses, and is calculated using the following expression:

$$\Phi_{fan} + \Phi_{mag.l} = \Phi_{total} - \Phi_{source} \quad (4)$$

2) Displacement measurement

Focal spot displacements were measured mechanically using two inductive probes aligned with the *Y*-axis (vertical) and *Z*-axis (beam direction) (Figure 3). Radiographic displacements were measured from 2D projections using *ImageJ* software. Displacement along the *X*-axis was not considered, as prior research [7] indicated that displacement in this direction is negligible. Measured objects were a spherical tip of a ballpoint pen and ruby t-probe. Each object was positioned as close as possible to the X-ray source to achieve maximum magnification. It was assumed that the mechanical position of the object was kept constant while scanning, meaning that any observed displacement of the objects could be attributed solely to focal spot movement.

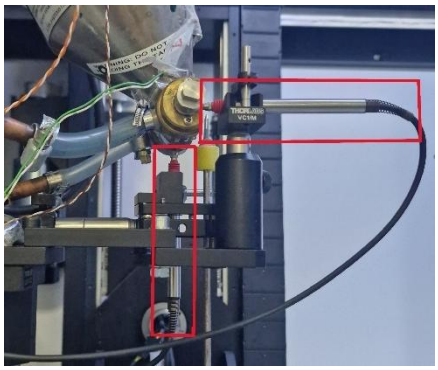


Fig. 3. Probe locations

3) Experimental conditions

Measurements were conducted at different X-ray power levels: 7,2 W, 15 W, 20 W and 40 W.

The experiment was designed based on the following assumptions:

- Increasing X-ray power is expected to induce greater displacement of the X-ray source.

- A rise in X-ray power is anticipated to elevate the temperature of the X-ray tube, thereby increasing cooling demands.
- Manufacturer specifications indicate that at X-ray source power levels of 7 W or lower, microfocus mode is enabled, reducing the focal spot diameter to below 3 µm. Consequently, it is assumed that at power levels below 7 W, electrical energy supplied to the electromagnetic lenses will contribute more significantly to heating than at higher power levels.
- Focal spot displacement may result from the heating of the entire X-ray source or from errors in beam focusing by the electromagnetic lenses. To differentiate these effects, focal spot displacement will be measured both externally using inductive probes and radiographically. It is hypothesized that if mechanical and radiographic measurements yield identical displacement values, the entire displacement can be attributed to thermal expansion of the X-ray source.
- The data will be collected until stationary conditions of the measured temperatures and displacements are achieved.

III. RESULTS

1) Temperature

The temperature measurement results are presented in the form of temperature change diagrams in Figures 4 to 8.

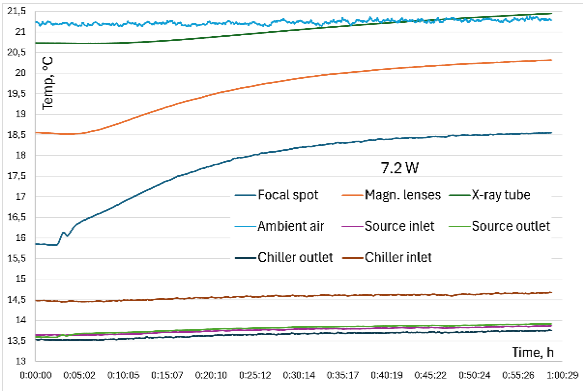


Fig. 4. Temperature measurements at 7,2 W

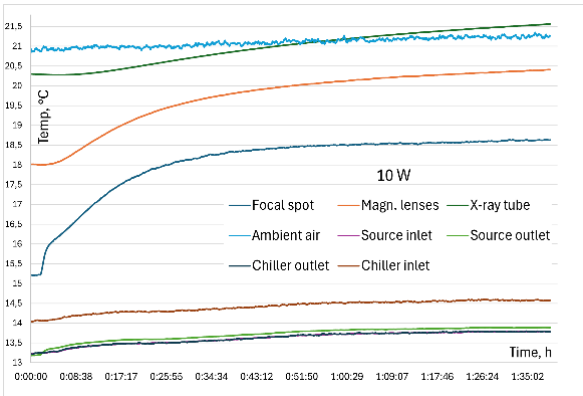


Fig. 5. Temperature measurements at 10 W

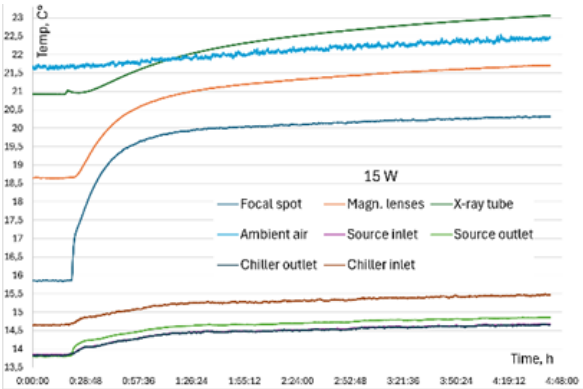


Fig. 6. Temperature measurements at 15 W

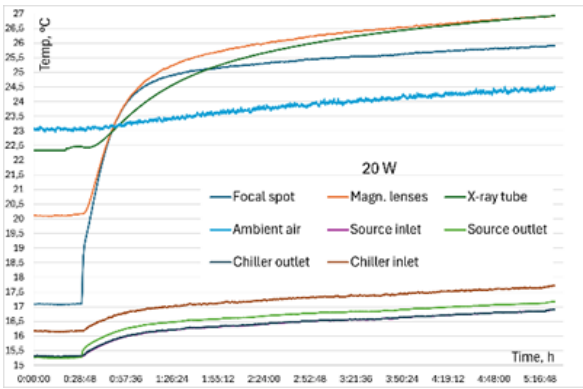


Fig. 7. Temperature measurements at 20 W

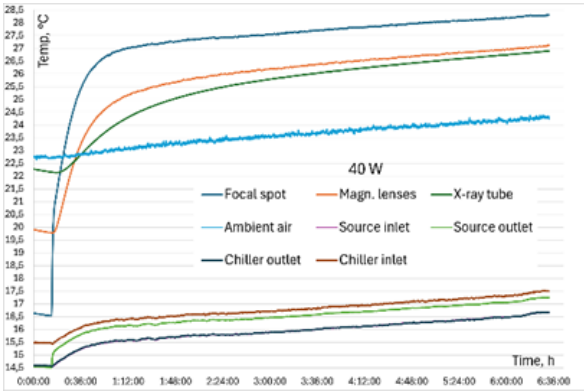


Fig. 8. Temperature measurements at 40 W

Observations from temperature measurements:

- At higher power levels thermal equilibrium was not fully achieved. Minor temperature fluctuations persist, however, they are considered negligible for the scope of this study.
- Higher power levels resulted in longer acquisition time and higher overall temperatures.
- For each selected CT power level, the most significant temperature increase was observed at thermistor 1, which measures the focal spot temperature (Table I).

TABLE I
HEAT TEMPERATURE CHANGE AT X-RAY SOURCE

	7,2 W	**10 W**	**15 W**	**20 W**	**40 W**
ΔT_{source} [°C]	~ 2,724	~ 3,319	~ 3,771	~ 8,611	~ 11,070

- Given that temperature variations at thermistor 4 (ambient air temperature inside the CT system) are minimal at lower CT power levels, they can be disregarded.
- More significant coolant temperature variations were observed at higher power levels.

Heat flux analysis. The heat fluxes calculated using equations (1), (2), (3) and (4) are summarized in Table II and correspond to the moment when the CT system reached thermal equilibrium at the end of the considered interval.

TABLE II
HEAT FLUXES FOR VARIOUS POWER LEVELS

	40 W	**20 W**	**15 W**	**10 W**	**7,2 W**
t, [s]	19800	15840	14702	5403	3300
T_5, [°C]	16,43	16,80	14,67	13,78	13,86
T_6, [°C]	17,00	17,07	14,85	13,88	13,91
q_{v_source}, [L/min]	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
ρ_{gl}[1] for $(T_5+T_6)/2$, [kg/m^3]	1030,99	1030,92	1031,58	1031,85	1031,84

[1] Values given in [9]

c_{gl}[1] for $(T_5+T_6)/2$, [kJ/kg K]	3,946	3,946	3,943	3,941	3,941
Φ_{source}, [W]	73,43	34,78	23,18	12,88	6,44
T_7, [°C]	16,43	16,80	14,66	13,78	13,74
T_8, [°C]	17,27	17,60	15,46	14,59	14,66
q_{v_total}, [L/min]	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
ρ_{gl}[1] for $(T_7+T_8)/2$, [kg/m^3]	1030,95	1030,84	1031,47	1031,74	1031,74
c_{gl}[1] for $(T_7+T_8)/2$, [kJ/kg K]	3,946	3,947	3,943	3,942	3,942
Φ_{total}, [W]	182,25	173,60	173,53	175,70	199,56
$\Phi_{fan} + \Phi_{mag.l.}$, [W]	108,82	138,82	150,35	162,82	193,12

As shown in Table II, at higher CT power levels, the heat flux dissipated from the source increases; however, the source itself also experiences a more significant temperature rise at higher power levels, as seen in Table I. For the lowest selected power level of 7,2 W, the heat flux dissipated at the source is minimal ($\Delta T_{coolant}$ ~ 0,05 °C), and the temperature increase of the X-ray source is also very small (ΔT_{source} ~ 2,7 °C), which corresponds to the calculated values. The majority of the dissipated heat flux from the system corresponds to the heat exchanged at the fan coil unit and the section of the X-ray tube where the magnetic lenses are located, with this proportion being higher at lower CT power levels.

At a power level of 7,2 W, the total dissipated heat flux is the highest compared to other selected CT power levels. In this case, the heat flux dissipated from the X-ray source is the lowest, implying that the largest portion of the heat flux is transferred to the fan coil unit and the magnetic lenses. It is assumed that the increased heat flux at the magnetic lens results from the reduction in focal spot size. Under these conditions, the electrical power supplied to the magnetic lens contributes to its enhanced heating.

2) Displacement

The diagrams in Figures 9 to 12 illustrate the correlation between the displacement of the X-ray source along the *Y*-axis, as measured by the probe, and the displacement calculated from the detector data.

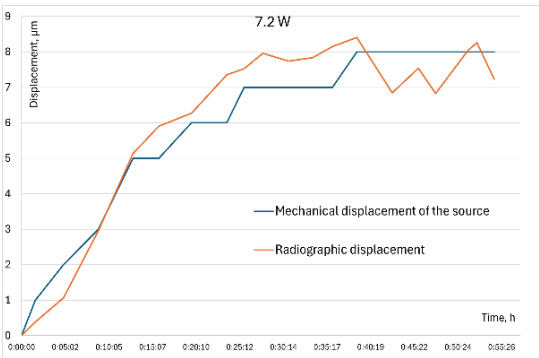


Fig. 9. Mechanical and radiographic displacement at 7,2 W

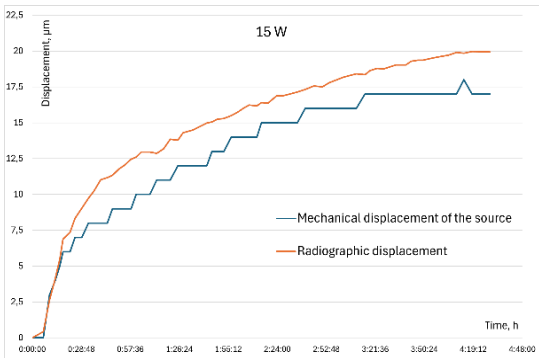


Fig. 10. Mechanical and radiographic displacement at 15 W

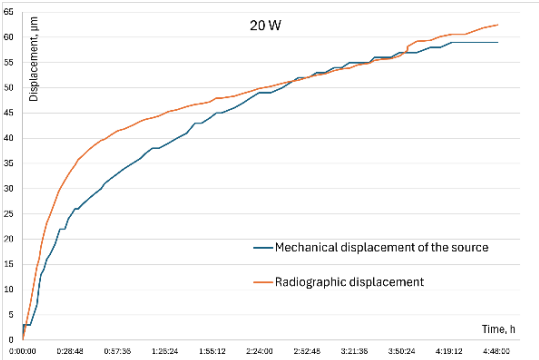


Fig. 11. Mechanical and radiographic displacement at 20 W

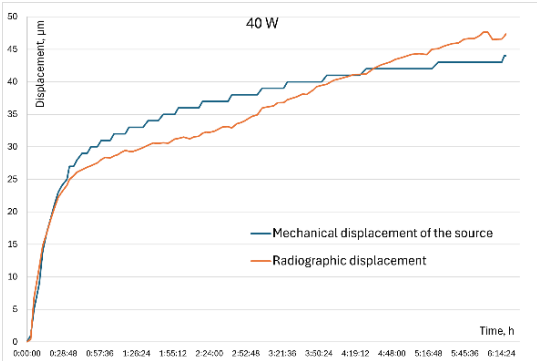


Fig. 12. Mechanical and radiographic displacement at 40 W

The results indicate a significant congruence between the measured and calculated data. Minor discrepancies may arise due to computational image processing, the quality and resolution of the radiographs, and similar influencing factors. Additionally, although it was assumed that the mechanical position of the object remained unchanged, this may not have been the case in practice. Even slight environmental shifts and vibrations could have induced unintended movement of the measured object, leading to minor errors in displacement measurements using inductive probes. For an accurate assessment of the reliability of the obtained results, it would be necessary to perform an uncertainty analysis for both measurement methods (radiographic and mechanical), which is beyond the scope of this paper. Nonetheless, considering the substantial agreement between mechanically measured displacements and radiographic data, it can be concluded that heating of the X-ray source is the dominant cause of focal spot displacement

Correlation between measured displacement and temperature variations. The figures illustrate the relationship between temperature variations of the X-ray source and the measured displacement for different CT power settings.

Since both temperature changes and total displacement exhibit a similar pattern, initial rapid increase followed by the stabilization, it can be inferred that the trend of temperature increase corresponds to the trend of total displacement increase. This indicates that temperature rise is the primary cause of X-ray source displacement, which consequently affects the position detected on the detector.

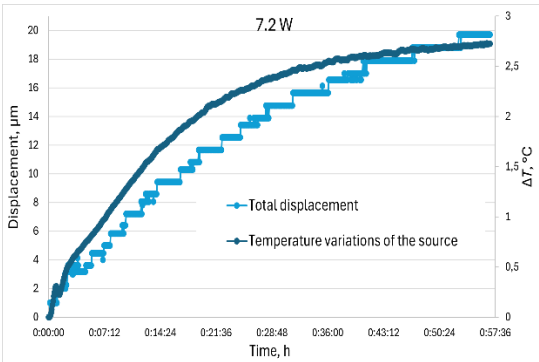


Fig. 13. Comparison of temp. variation at the source and total displacement 7,2 W

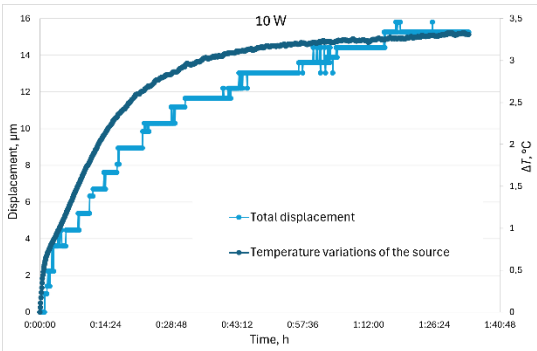


Fig. 14. Comparison of temp. variation at the source and total displacement 10 W

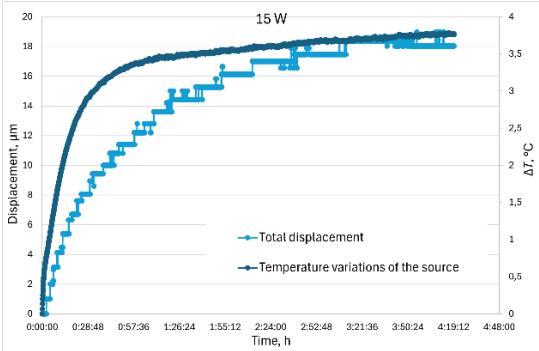


Fig. 15. Comparison of temp. variation at the source and total displacement 15 W

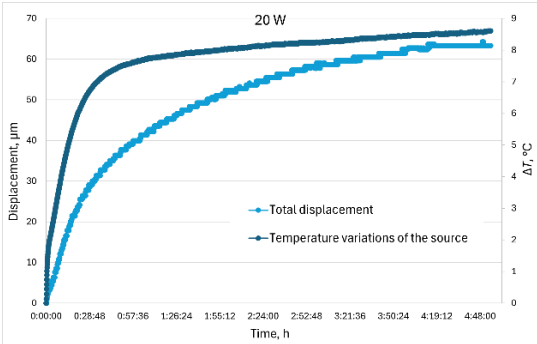


Fig. 16. Comparison of temp. variation at the source and total displacement 20 W

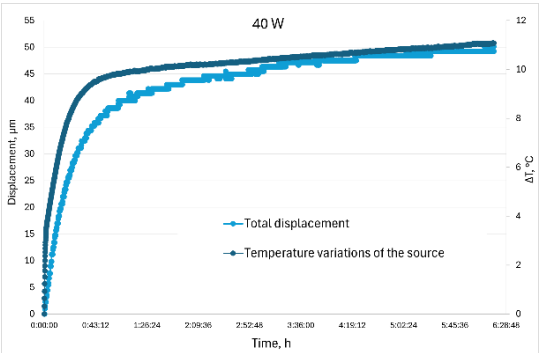


Fig. 17. Comparison of temp. variation at the source and total displacement 40 W

IV. CONCLUSION

To investigate the influence of temperature on X-ray source displacement during CT system operation, experimental measurements were conducted on a typical industrial XCT scanner. The results indicate that temperature increase induces thermal expansion, leading to mechanical displacement of the radiation source and potential errors in 3D reconstruction. This effect is particularly pronounced when the scanner is initiated from a "cold" state, where heating can cause source displacement, thereby affecting projection accuracy. Furthermore, the analysis revealed that stationary thermal and displacement conditions were not fully achieved at higher CT power levels. Although these variations are relatively minor and do not significantly impact overall results, accounting for them is essential for a more precise interpretation of data and for planning future studies aimed at improving measurement accuracy. Heat flux analysis confirms that the existing cooling system ensures sufficient heat dissipation, eliminating the need for additional cooling mechanisms. However, given the minimal temperature variations in the coolant (~ 0,05 °C at 7,2 W), it is recommended that future studies include an estimation of the measurement uncertainty for both temperature and volumetric flow rate measurements. Additionally, measuring the temperature at the magnetic lens location would enable a more detailed thermal analysis and a deeper understanding of heat transfer within the system. To ensure greater accuracy and reliability of results, it is recommended to include uncertainty calculations for both radiographic and mechanical displacement measurements. These insights will contribute to a more comprehensive understanding of thermal effects in CT systems and enhance scanning accuracy by mitigating temperature induced errors.

NOMENCLATURE

ΔT_{source}	[°C]	temperature change at the X-ray source
$\Delta T_{coolant}$	[°C]	temperature change of the coolant
Φ_{total}	[W]	total heat flux transferred by the coolant
Φ_{source}	[W]	heat flux dissipated at the X-ray source
Φ_{fan}	[W]	heat flux dissipated at the fan coil unit
$\Phi_{mag.l}$	[W]	heat flux dissipated at the section where the magnetic lenses are located
q_{v_source}	[L/min]	volumetric flow rate of the coolant entering the X-ray source
q_{v_total}	[L/min]	volumetric flow rate of the coolant entering the fan coil unit
ρ_{gl}	[kg/m^3]	density of the coolant
c_{gl}	[kJ/kg K]	specific heat capacity of the coolant
T_6	[°C]	temperature of the coolant at the inlet of the X-ray source
T_5	[°C]	temperature of the coolant at the outlet of the X-ray source
T_8	[°C]	temperature of the coolant exiting the chiller
T_7	[°C]	temperature of the coolant entering the chiller

REFERENCES

[1] Kruth JP, Bartscher M, Carmignato S, Schmitt R, De Chiffre L, Weckenmann A. Computed tomography for dimensional metrology. CIRP Annals. 2011; 60(2):821-842

[2] Wang S. Investigation of X-ray computed tomography for dimensional measurement. Joint Special Interest Group meeting between euspen and ASPE Advancing Precision in Additive Manufacturing. Ecole Centrale de Nantes, France. 2019.

[3] De Chifre L, Carmignato S, Kruth JP, Schmitt R, Weckenmann A. Industrial Applications of Computed Tomography. CIRP Annals. 2014;63(2):655-677

[4] Fujimoto H, Abe M, Osawa S, Sato O, Takatsuji T. Development of Dimensional X-Ray Computed Tomography. Int. J. Automation Technol. 2015;9(5):567-571

[5] Sato O, Fujimoto H, Osawa S, Abe M, Takatsuji T. Simple Interim Check of Measuring Performance for X-Ray Computed Tomography Used as Coordinate Measuring System. Int. J. Automation Technol. 2015;9(5):525-529

[6] Katić M, Ferdelji N, Šestan D. Investigation of Temperature-Induced Errors in XCT Metrology. International Journal of Automation Technology. 2020;14(3):484-490.

[7] Katić M, Baršić G, Šestan D, Ferdelji N. Temperature effects in X-ray computed tomography. Euspen's 19th International Conference & Exhibition. Bilbao, Spain. 2019.

[8] Halasz B. Uvod u termodinamiku. Fakultet strojarstva i brodogradnje. Zagreb. 2012.

[9] The Engineering ToolBox (2003). Ethylene Glycol Heat-Transfer Fluid Properties. [online] Available at: https://www.engineeringtoolbox.com/ethylene-glycol-d_146.html [Accessed 8.7.2024.]

CROATIAN LABORATORIES CROLAB

HRVATSKI LABORATORIJI CROLAB