

ISSN 2706-4131

**OTO 2020**

**29. Međunarodni znanstveni skup  
'ORGANIZACIJA I TEHNOLOGIJA  
ODRŽAVANJA'**

**29<sup>th</sup> International Scientific Conference  
'ORGANIZATION AND MAINTENANCE  
TECHNOLOGY'**

**ZBORNIK  
RADOVA  
Knjiga 1**

**CONFERENCE  
PROCEEDINGS  
Book 1**

Osijek, 12. 12. 2020.

Osijek, 12 December 2020

Panon – Institut za strateške studije - Osijek  
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija - Osijek  
Građevinski i arhitektonski fakultet - Osijek  
Centar kompetencija d.o.o. za istraživanje i razvoj - Vinkovci

Panon – Think tank for strategic studies - Osijek  
Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology - Osijek  
Faculty of Civil Engineering and Architecture - Osijek  
Competence Centre Ltd. for research and development - Vinkovci

## **29. Međunarodni znanstveni skup 'ORGANIZACIJA I TEHNOLOGIJA ODRŽAVANJA' OTO 2020.**

Zbornik radova – knjiga 1

## **29<sup>th</sup> International Scientific Conference 'ORGANIZATION AND MAINTENANCE TECHNOLOGY' OTO 2020**

Conference Proceedings - book 1

Osijek, 2020.

**Izdavač / Publisher**

Panon – Institut za strateške studije, Osijek / *Panon Think tank for strategic studies, Osijek*  
<https://www.panon.eu>

**Mjesto i datum održavanja konferencije / Venue and date of the conference**

Osijek (Croatia), 12.12. 2020.

**Organizacijski odbor / Organizing Board**

Davor Vić, dipl. ing. građ. – predsjednik / *Chairman*

dr. sc. Milan Ivanović

dr.sc. Zlatko Lacković

izv. prof. dr. sc Tomislav Keser

mr.sc. Tatjana Mijušković-Svetinović

mr.sc. Držislav Vidaković

**Portal konferencije / Conference Web**

<https://oto2020.panon.eu/>

**Službeni jezici / Official Languages**

Službeni jezici konferencije su hrvatski i engleski.

*The official languages of the conference are Croatian and English.*

**Uredništvo / Editorial Board**

izv. prof. dr .sc. Mirko Karakašić - glavni urednik

mr. sc. Držislav Vidaković - tehnički urednik

doc. dr.sc. Krešimir Fekete

izv. prof. dr. sc. Damir Blažević

izv. prof. dr. sc. Hrvoje Glavaš

**Grafička oprema / Design and layout**

Alberta naklada - Osijek

**Tisak / Printed by**

Skripta d.o.o. - Osijek

**Naklada / Issue: 100**

**ISSN 2706-4131**

**Kontakt / Contact**

*e-mail:* [panon.institut@gmail.com](mailto:panon.institut@gmail.com)

Zbornik radova sadrži radove koji su prošli neovisne recenzije. Organizator konferencije nije ulazio u načine izražavanja te oni predstavljaju stavove i stil autora.

*Each paper in the conference proceedings was reviewed by independent reviewers. The content of the conference proceedings does not reflect the official opinion of the conference organizers. Responsibility for the information and views expressed in the papers lies entirely with the respective author(s).*

## **Međunarodni programski odbor / *International Programme Committee***

(Prema abecednom redu prezimena / *List in alphabetical order*)

prof. emer. dr. sc. Safet Brdarević (BiH)  
prof. dr. sc. Eleonora Desnica (Serbia)  
prof. dr. sc. György Elmer (Hungary)  
izv. prof. dr. sc. Hrvoje Glavaš (Croatia)  
prof. dr. sc. Lajos Jozsa (Hungary)  
doc. dr. sc. Svilen Radoslavov Račev (Bulgaria)  
izv. prof. dr. sc. Ljiljana Radovanović (Serbia)  
prof. dr. sc. Tihomil Rausnitz (Germany)  
doc. dr. sc. Nataša Šuman (Slovenia)  
izv. prof. dr. sc. Damir Varevac (Croatia)  
prof. dr. sc. Drago Žagar (Croatia)

## **Znanstveni odbor / *Scientific Committee***

(Prema abecednom redu prezimena / *List in alphabetical order*)

izv. prof. dr. sc. Naida Ademović (BiH)  
dr. sc. Ivan Ambroš (Croatia)  
doc. dr. sc. Josip Cumin (Croatia)  
doc. dr. sc. Josip Balen (Croatia)  
izv. prof. dr. sc. Tomislav Barić (Croatia)  
izv. prof. dr. sc. Marinko Barukčić (Croatia)  
izv. prof. dr. sc. Damir Blažević (Croatia)  
izv. prof. dr. sc. Mirjana Bošnjak-Klečina (Croatia)  
doc. dr. sc. Tihomir Dokšanović (Croatia)  
izv. prof. dr. sc. Irena Galić (Croatia)  
dr. sc. Ivan Grgić (Croatia)  
izv. prof. dr. sc. Krešimir Grgić (Croatia)  
ak. prof. dr. sc. Zijad Haznadar (Croatia)  
izv. prof. dr. sc. Marijana Hadzima-Nyarko (Croatia)  
dr. sc. Ivana Hartmann Tolić (Croatia)  
prof. dr. sc. Željko Hocenski (Croatia)  
izv. prof. dr. sc. Aleksandar Jurić (Croatia)  
izv. prof. dr. sc. Josip Job (Croatia)  
prof. dr. sc. Isak Karabegović (BiH)  
doc. dr. sc. Mirko Köhler (Croatia)  
doc. dr. sc. Goran Knežević (Croatia)  
doc. dr. sc. Krešimir Lacković (Croatia)  
izv. prof. dr. sc. Časlav Livada (Croatia)  
doc. dr. sc. Ivica Lukić (Croatia)  
izv. prof. dr. sc. Predrag Marić (Croatia)  
doc. dr. sc. Emmanuel Karlo Nyarko (Croatia)  
doc. dr. sc. Barbara Pisker (Croatia)  
doc. dr. sc. Mirjana Radman-Funarić (Croatia)  
prof. dr. sc. Mirsad Raščić (BiH)  
doc. dr. sc. Goran Rozing (Croatia)  
izv. prof. dr. sc. Sebastijan Seme (Slovenia)  
izv. prof. dr. sc. Marinko Stojkov (Croatia)  
prof. dr. sc. Damir Šljivac (Croatia)  
izv. prof. dr. sc. Marija Šperac (Croatia)  
prof. dr. sc. Andrej Štrukelj (Slovenia)  
ak. prof. dr. sc. Božo Udovičić (Croatia)  
dr. sc. Bruno Zorić (Croatia)

## **Predgovor predsjednika Upravnog odbora Panon instituta**

Ideja i realizacija prvih skupova OTO započela je prije 28 godina na tadašnjem Elektrotehničkom fakulteta u Osijeku uz sudjelovanje inženjera iz Društva održavatelja Osijek (DOO). Od tada do danas skup OTO je izrastao u regionalni interdisciplinarni znanstveni skup – koji je od prvih godina organiziran u suradnji s gospodarstvom regije te Poljoprivrednim i Građevinskim fakultetom (iz Osijeka). Kako bi se održao kontinuitet - a nakon prestanka rada DOO - Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek (FERIT) je preuzeo organizaciju ove znanstvene konferencije; tako su - uz pomoć kolega s drugih fakulteta Sveučilišta J.J. Strossmayera u Osijeku - uspješno održani skupovi OTO 2017. i OTO 2018. (u Osijeku). Na ove dvije konferencije je prezentirano 56 radova koji su prošli dvostruku recenziju Recenzentskog odbora sastavljenog od znanstvenika iz pet zemalja. Tako je organizacijski i programski načinjen značajan iskorak u odnosu na skupove iz prethodnih godina, a konferencija je dobila status međunarodnog znanstvenog skupa.

Zaključnim razmatranjima Programskog i Organizacijskog odbora OTO konferencije (na osnovu prezentiranih radova i mišljenja sudionika) ukazano je na potrebu nastavka tradicije organiziranja OTO konferencije u drugim gradovima slavonsko-baranjske regije uz snažniju zastupljenost autora iz gospodarstva. Kako se tehnologije i organizacija održavanja šire iz domene industrijske i poljoprivredne proizvodnje i na poslove održavanja komunalne infrastrukture odlučeno je da organizaciju OTO konferencija preuzme think tank „Panon“ - institut za strateške studije Osijek - uz potporu FERIT-a i Građevinskog i arhitektonskog fakulteta Osijek. Nadamo se nastavku uspješne suradnje u spajanju gospodarstva sa znanosti.

Dr. sc. Ivan Ambroš

## **Foreword by the President of the Board of Directors of the think tank Panon**

*The idea and realization of the first OTO meetings began 28 years ago at Faculty of Electrical Engineering in Osijek with the participation of engineers from the Maintenance Society Osijek (DOO). Since then, the OTO has grown into a regional interdisciplinary scientific conference - organized from the first years in cooperation with the economy of the Slavonija, Srijem and Baranja region, the Faculty of Agriculture and Faculty of Civil Engineering Osijek. In order to maintain continuity - and after the termination of the DOO - Faculty of Electrical Engineering, Computing and Information Technology Osijek (FERIT) has taken over the organization of this scientific conference; so they managed - with the help of colleagues from other faculties of University J.J. Strossmayer in Osijek – to successfully held OTO 2017 and OTO 2018 conference (in Osijek); at these conferences were presented 56 papers that have undergone a double review by a Review Committee composed of scientists from five countries. Thus, a significant step forward in terms of organization and programming compared to the meetings of previous years, and the conference was given the status of an international scientific conference.*

*The concluding discussions of the Program and Organizing Committee of the OTO Conference (based on the presented papers and the opinions of the participants) indicated the need to continue the tradition of organizing the OTO Conference in other cities of the Slavonija, Srijem and Baranja region with stronger representation of authors from the private sector. As the technology and maintenance organization are expanding from the industrial and agricultural production domain to the maintenance of municipal infrastructure, it has been decided to take over the organization of OTO conferences by the think tank Panon - Institute for Strategic Studies Osijek - with the support of FERIT and the Faculty of Civil Engineering Osijek. We look forward to continuing the successful collaboration on connecting business with science.*

Dr. sc. Ivan Ambroš

# Contents

1. Optimizing the Mass of the Structure Using the Response Surface Method	1
Mirko Karakašić, Dalibor Perković, Ivan Grgić, Hrvoje Glavaš	
2. Design of the Auxiliary Equipment and Tool for the Overhaul of Mining Machines	9
Eleonora Desnica, Vladimir Jakovljević, Mića Đurđev, Ivan Palinkaš	
3. Use of Modern Diagnostic Methods to Identify Gear Pump Failures	15
Borivoj Novaković, Ljiljana Radovanović, Darko Žikić, Jasmina Pekez, Luka Đorđević	
4. Construction of 5t Hydraulic Workbench Press	21
Josip Cumin, Tomislav Marijanović, Hrvoje Glavaš	
5. Voltage Regulation in Distribution Network Using Biomass Power Plants	27
Marina Dubravac, Krešimir Fekete, Ružica Kljajić, Robert Noskov	
6. Assessment of the Condition of the Industrial Fan	37
Emir Đulić, Nermin Redžić, Vahid Redžić, Amel Karić	
7. Thermal Resistance Measurement of Finned Heat Sinks	43
Marija Bivolčević Tomislav Barić	
8. Integral Spatial Planning as a Prerequisite for Sustainable Planning of the Railway System within the Cities	51
Željka Jurković, Danijela Lovoković, Ivan Cingel	
9. Green Infrastructure of Urban Areas - The City Center of Osijek - Case Study	59
Dina Stober, Filip Dogančić	
10. Various Approaches in Identifying Buildings Deficiencies and Their Maintenance	67
Silva Lozančić	
11. Maintenance of Site Roads	73
Sanja Dimter, Zlata Dolaček-Alduk, Martina Zagvozda	
12. Analysis of Maintenance and Operation Costs of a Preschool Educational Institution	81
Hrvoje Krstić, Andrea Štefanac, Dino Obradović	
13. Operation and Maintenance of Vacuum Sewer System	89
Tatjana Mijušković-Svetinović, Ivona Vareševac	
14. A Comparison of MVVM and MVP Architectural Patterns in Android Application - a Warehouse Management System Case Study	97
Luka Omrcen, Martin Zagorščak, Mirko Köhler, Ivica Lukić	
15. Data Management Level Structure and Maintenance in System for Actively On-Field Wood Moisture Content Monitoring	103
Tomislav Keser, Marko Božić, Hrvoje Radman, Marin Čereg	

16. Maintenance of LoRa Infrastructure in Densely Obstacle-Populated Application Areas	111
Tomislav Keser, Andi Bašić, Marko Božić, Hrvoje Radman	
17. Physical Realization of Digital Google Calendar	117
David Turkalj, Robert Šojo, Ivan Aleksi	
18. Maintenance of a TV Unit with LC Display	125
Dina Jukic, Tomislav Barić, Hrvoje Glavaš, Tin Kvesić	
19. Application for Fat Calculation in Food as Assistance in VLCAD Deficiency	133
Filip Šangut, Marina Peko, Robert Šojo	
20. Staying Active with Android Fitness Application	137
Tomislav Jukić, Mirko Mesić	
21. Economic and Technological Efficiency and Effective Application of Smart Signalization and Illuminance For Pedestrian Crossings	141
Dominika Crnjac Milić, Ivica Čabraja, Marko Dumančić	
22. Wireless Technologies of Wide and Open Areas	151
Ana Pejković, Josip Spišić, Matko Zrnčić, Krešimir Grgić, Josip Balen	
23. Development of Maintenance Strategies and Possibility of Application in Organizations of Construction Project Contractors	157
Držislav Vidaković, Aleksandar Jurić, Krešimir Pavelić, Vladimir Moser	
24. Industrial Logistics on the Example of Organization of the Maintenance Sector In The Coal Mine Zenica	167
Emir Đulić, Tarik Karalić	
25. Knowledge Society and Crisis of Development Policy in the Croatia	173
Milan Ivanović	
26. Development of Derelict Areas of the Republic of Croatia - Contributions to Model Building	181
Milan Ivanović	

## Sadržaj

1. Optimiranje mase konstrukcije primjenom metode odzivnih površina	1
Mirko Karakašić, Dalibor Perković, Ivan Grgić, Hrvoje Glavaš	
2. Konstruiranje pomoćnog pribora i alata za potrebe remonta rudarskih mašina	9
Eleonora Desnica, Vladimir Jakovljević, Mića Đurđev, Ivan Palinkaš	
3. Korištenje suvremenih dijagnostičkih metoda za identifikaciju otkaza zupčaste pumpe	15
Borivoj Novaković, Ljiljana Radovanović, Darko Žikić, Jasmina Pekez, Luka Đorđević	
4. Proračun i konstrukcija radioničke hidraulične preše nazivne sile 5t	21
Josip Cumin, Tomislav Marijanović, Hrvoje Glavaš	
5. Regulacija napona elektranama na biomasu u SN distribucijskoj mreži	27
Marina Dubravac, Krešimir Fekete, Ružica Kljajić, Robert Noskov	
6. Ocjena stanja industrijskog ventilatora	37
Emir Đulić, Tarik Karalić. Emir Đulić, Tarik Karalić	
7. Mjerenje toplinskog otpora rebrastih hladnjaka	43
Marija Bivolčević Tomislav Barić	
8. Integralno prostorno planiranje kao preduvjet održivog planiranja željezničkog sustava unutar gradova	51
Željka Jurković, Danijela Lovoković, Ivan Cingel	
9. Zelena infrastruktura urbanih područja – primjer središta grada Osijeka	59
Dina Stober, Filip Dogančić	
10. Različiti pristupi utvrđivanja nedostataka građevina u cilju održavanja	67
Silva Lozančić	
11. Održavanje gradilišnih cesta	73
Sanja Dimter, Zlata Dolaček-Alduk, Martina Zagvozda	
12. Analiza troškova održavanja i uporabe predškolske ustanove	81
Hrvoje Krstić, Andrea Štefanac, Dino Obradović	
13. Rad i održavanje vakumske kanalizacije	89
Tatjana Mijušković-Svetinović, Ivona Vareševac	
14. Usporedba arhitektonskih obrazaca MVVM i MVP u aplikaciji Android - studija slučaja sustava upravljanja skladištem	97
Luka Omrcen, Martin Zagorščak, Mirko Köhler, Ivica Lukić	
15. Struktura i održavanje sloja za upravljanje podacima u sustavu za aktivno terensko mjerenje vlage u drvetu	103
Tomislav Keser, Marko Božić, Hrvoje Radman, Marin Čereg	



16. Održavanje LoRa infrastrukture u gusto preprekama napučenim područjima	111
Tomislav Keser, Andi Bašić, Marko Božić, Hrvoje Radman	
17. Fizička realizacija digitalnog Google kalendara	117
David Turkalj, Robert Šojo, Ivan Aleksi	
18. Održavanje televizora sa LC zaslonom	125
Dina Jukic, Tomislav Barić, Hrvoje Glavaš, Tin Kvesić	
19. Aplikacija za računanje masnoće u hrani kao pomoć kod VLCAD poremećaja	133
Filip Šangut, Marina Peko, Robert Šojo	
20. Održavanje tjelesne aktivnosti pomoću fitnes aplikacija za Android uređaje	137
Tomislav Jukić, Mirko Mesić	
21. Ekonomska i tehnološka efikasnost i efektivnost pametne signalizacije i osvjetljenja pješačkih prijelaza	141
Dominika Crnjac Milić, Ivica Čabraja, Marko Dumančić	
22. Bežične tehnologije velikih i otvorenih područja	151
Ana Pejković, Josip Spišić, Matko Zrnić, Krešimir Grgić, Josip Balen	
23. Razvoj strategija održavanja i mogućnosti primjene u organizacijama izvođača građevinskih projekata	157
Držislav Vidaković, Aleksandar Jurić, Krešimir Pavelić, Vladimir Moser	
24. Industrijska logistika na primjeru organizacije sektora održavanja u Rudniku mrkog uglja Zenica	167
Emir Đulić, Tarik Karalić	
25. Društvo znanja i kriza razvojne politike u Republici Hrvatskoj	173
Milan Ivanović	
26. Razvoj zapuštenih područja Republike Hrvatske – prilozi za izgradnju modela	181
Milan Ivanović	

# ODRŽAVANJE TELEVIZORA S LC ZASLONOM

## *Maintenance of a TV Unit with LC Display*

*Preliminary notes*

**Dina Jukić, Tomislav Barić, Hrvoje Glavaš, Tin Kvesić**

Fakultet Elektrotehnike, Računarstva i Informatičkih Tehnologija Osijek - Osijek, Hrvatska

E-mail: dina.jukic@ferit.hr

### **Sažetak**

Tehnologija tekućih kristala omogućila je proizvodnju tankih i kompaktnih zaslona pametnih uređaja poput mobitela, monitora i televizora pa takva tehnika stoga u svome nazivu ima atribut *liquid crystal display* (LCD). Tekući kristal agregatno je stanje između tekućeg i čvrstog, a molekule u takvoj fazi pokazuju optička svojstva oba stanja i najčešće su polarne te su idealni polarizatori koji se mogu manipulirati vanjskih električnim poljem, pa su za tu svrhu i upotrebljeni u zaslonima uređaja. Kao izvor svjetlosti u novijim pametnim uređajima koriste se LED diode, a upravo su kvarovi jedinice pozadinskog osvjetljenja najčešći uzrok loše slike na zaslonu. U ovome radu prikazan je postupak održavanja LED LCD TV jedinica inspekcijom zaslona metodama infracrvene (IR) termografije i fotometrije. Zasloni TV jedinica analizirani su infracrvenom termalnom kamerom kako bi se pronašle potencijalne žarišne točke veće temperature uzrokovane preopterećenim LED diodama, a s ciljem prevencije potpunog otkaza pozadinskog osvjetljenja. Fotometrijska testiranja TV jedinica učinjena su pri varijacijama svjetline i na modelima različitih dimenzija dijagonala i godina puštanja u pogon.

**Cljučne riječi:** Fotometrija, IR termografija, LCD, Održavanje, Televizor

### **Abstract**

Liquid crystal technology made manufacturing of slim and compact displays of smart devices such as mobile phones, monitors and TV units possible, therefore those displays are attributed as Liquid Crystal Displays (LCD). Liquid crystal is a state of matter between liquid and solid, while molecules possess properties of both and are usually polar, which makes them ideal as polarizers possible to manipulate with external electric field. As a light source in newer smart devices, LED diodes are used. However, malfunctioning of a backlight unit is often the cause of a poor-quality picture. In this contribution, maintenance of a LED LCD TV unit is by means of the infrared (IR) thermography and photometry is proposed. Displays of TV units were tested with IR camera to locate potential focal points of higher temperature caused by overload and to prevent total failure of the backlight unit. Photometric testings of TV units in dependencies of brightness levels were done. Models of TV units of different lifespan and sizes were tested by photometric means as well.

**Keywords:** IR thermography, Maintenance, LCD, Photometry, TV

### **1. Uvod**

Nazivi modernih televizora sadrže niz akronima i formata, a svi su namijenjeni promociji i naglašavanju tehnoloških mogućnosti. Najučestaliji je vjerojatno *Liquid Crystal Display* (LCD), koji upućuje na upotrebu tekućih kristala u izradi zaslona. Naime, tekući kristal je agregatno stanje u koje je moguće dovesti neke organske molekule, a temperaturno je između tekućeg i čvrstog. Molekule u fazi tekućeg kristala složene su u lejere, a svaki lejer ponaša se kao dvodimenzionalna tekućina. Stoga, u tekućem kristalu postoji orijentacijski red, ali ne i pozicijski red pa molekule pokazuju neka svojstva tekućina i neka svojstva čvrstih tijela. Na primjer, mogu formirati kap-

ljice, ali na njima se događa i dvostruki lom svjetlosti. Organske molekule u tekućim kristalima uglavnom su polarne, a tanak film takvih molekula anizo-tropan je, što ga čini dobrim polarizatorom kojeg se može zakretati slabim vanjskim električnim poljem. Upravo za tu svrhu upotrebljeni su u zaslonima televizora i svih ostalih pametnih uređaja.

Česta je zabluda da LCD televizori koriste tekuće kristale da bi se osvijetlio zaslon. Molekule tekućih kristala ne mogu biti izvori svjetlosti, oni polariziraju svjetlost koja na njih upada s jedinice pozadinskog osvjetljenja. U prodaji se mogu pronaći LCD televizori koji koriste stariju tehnologiju katodnih cijevi kao jedinicu pozadinskog osvjetljenja, ali proizvodnja je

uglavnom orijentirana na *Light Emitting Diodes* (LED) kao mnogo učinkovitiji izvor svjetlosti te je ovaj rad ograničen na LED LCD televizore.

Ovisno o vrsti uređaja (pametni telefon, prijenosno računalo, monitor ili televizor), tj. o potrebnoj raspršenosti svjetlosti za optimalnu upotrebu zaslona za koju je uređaj namijenjen, diode su u jedinici pozadinskog osvjetljenja složene u jednu od tri moguće konfiguracije: *direct-lit*, *full array* ili *edge-lit*. Konfiguracija *direct-lit* najčešća je varijanta pozadinske jedinice osvjetljenja televizora, a u kojoj su diode pozicionirane u nekoliko redova s jednakim brojem LEDica, na srednjem međusobnom razmaku, u jed-nom redu. Slično tome je konfiguracija *full array*, ali s mnogo većim brojem redova i gotovo bez razmaka između dioda. Najmanje zastupljena konfiguracija u televizorima je *edge-lit*, kod koje su diode pozicionirane u jednom redu uz rub zaslona.

Pozadinska jedinica osvjetljenja najskuplja je komponenta televizora [1], a ujedno je najčešći uzrok loše slike na zaslonu ili njegovog potpunog zatam-njenja [2].

Kako nastaje slika na LC zaslonu? Sagleda li se poprečni presjek televizora mogu se uočiti slojevito posložene komponente zasebnih funkcija u stvaranju konačne slike na zaslonu. Krenuvši od jedinice pozadinskog osvjetljenja prema staklu, prvo se nalaze tranzistori, zatim elektrode, pa sloj tekućih kristala i konačno *Red-Green-Blue* (RGB) filteri. Tranzistorima se određuje kada će se i koliko osvijetliti individualni piksel. Elektrode kontroliraju molekule u tekućem kristalu time što ih električno polje zakreće u određenom smjeru pa je svjetlost koja prolazi kroz njih, ovisno o kutu zakreta, polarizirana. Ako su molekule u prvim slojevima i posljednjim slojevima orijentirane tako da međusobno zatvaraju pravi kut, dobiva se crna slika na zaslonu. Za sve ostale kuteve zakreta, polarizirana svjetlost upada na RGB filter, a ukupnost pojedinih boja piksela dat će konačnu sliku na zaslonu vidljivu gledatelju [3].

Životni vijek dioda u jedinici pozadinskog osvjetljenja može se održati ako se pravovremeno podesi postavka *brightness*, odnosno svjetlina [4]. Štoviše, otkaz jedne diode ne uzrokuje nužno trenutni otkaz cijele konfiguracije dioda. Budući da su diode spojene u seriju, podešavanje svjetline smanjit će opterećenje na preostalim diodama u seriji i odgoditi potpuni otkaz [5]. U ovome radu prikazano je održavanje LED LCD

televizora u dva koraka te je tako i organiziran njegov sadržaj. Prvi korak je inspekcija televizora infra-crvenom (IR) termografijom zbog pronalazak potencijalnih žarišnih točaka koje uzrokuju veće temperature preopterećenjem LEDica, a zbog preventive težeg kvara jedinice pozadinskog osvjetljenja. Također, smanjenjem zaslona televizora IR kamerom može se ustanoviti konfiguracija pozadinskog osvjetljenja te njezin trenutni status. Pravovremenim uočavanjem nepravilnosti mogu se spriječiti neplanirana isključenja i širenje štete. Drugi korak je fotometrijsko testiranje zaslona kako bi se utvrdila njegova luminacija jer postavka *brightness*, odnosno svjetlina zaslona ne daje preciznu informaciju o intenzitetu svjetlosti. Svjetlina se svrstava u značajke zaslona, ali ona ovisi o individualnim reakcijama promatrača i uvjetima gledanja. Luminacija i svjetlina bitno se razlikuju. Luminacija je fizikalna veličina koja može biti izmjerena, dok je svjetlina osjećaj promatrača kojim je svjestan razlike u osvjetljenju. Ljudsko oko ne procjenjuje vjerodostojno fotometrijske veličine jer se brzo prilagođava te posljedično ima nelinearni odziv na svjetlosne podražaje, stoga se oslanjamo na fotometrijsku instrumentaciju.

Zaslone pet LED LCD TV jedinica različitih modela, godina proizvodnje i duljina dijagonale analizirani su infracrvenom termalnom kamerom u rujnu 2020. godine na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek. Svi televizori postavljeni su na zidovima hodnika, a u operantnom stanju su prosječno 12 sati dnevno, 6 dana u tjednu. Termografski zapisi mjerenja analizirani su u prvome dijelu rada. Za potrebe fotometrijskog testiranja zaslona pripremljene su testne slike: bijela, crvena, zelena, plava i slika sa uzorkom crno-bijele šahovnice od 200 polja. Mjerenja luminacije zaslona urađena su na jednoj, privatnoj TV jedinici pri varijacijama svjetline, krenuvši od 100% i smanjujući razinu u koracima od 20%, za svaku prikazanu testnu sliku na zaslonu. Bijeli, crveni, zeleni i plavi zaslon mjerio se luksmetrom u jednoj točki, dok se šahovnica mjerila u svakom individualnom polju. Relativno za upotrebljeni luksmetar, određena je maksimalna obuhvatna površina zaslona te se potom na četiri TV jedinice različitih modela, godina proizvodnje i duljina dijagonala mjerila luminacija testnih slika s prilagođenom udaljenosti luksmetra od zaslona. Rezultati i analiza fotometrijskih testiranja dani su u drugome dijelu rada.

Mjerenja prikazana u ovome radu dio su diplomskog rada magistra struke T. Kvesića pod (ko)mentorstvom koautora rada [6].

## 2. Inspekcija LED LCD televizora IR kamerom

Infracrvena termalna analiza LED LCD televizora izvodila se 4. rujna, 2020. godine na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek. Inspekcija televizora provela se s infracrvenom termalnom kamerom FLIR E60 rezolucije 240x340 px s toplinskom osjetljivošću 0.05°C i temperaturnim rasponom od -20 do 650°C. Neposredno prije mjerenja emisivnost svih TV jedinica postavljena je na 0.95. Odabrane su tri točke u svrhu usporedbe izmjerenih temperaturnih raspodjela.

Na slikama 1.a)–e) prikazani su zasloni TV jedinica prema kronologiji inspekcije, u vidljivom i infracrvenom dijelu spektra, odnosno termografu. Na termografu a) temperature u tri točke gotovo su identičnog iznosa što sugerira ispravan rad jedinice pozadinskog osvjetljenja. Točkasta temperaturna povećanja uz rubove zaslona ukazuju da je konfiguracija jedinice pozadinskog osvjetljenja *edge-lit*. Termograf b) homogene je temperature raspodjele jer prikazuje snimak isključene TV jedinice. Konfiguracija jedinice pozadinskog osvjetljenja na temelju se snimka isključenog zaslona ne može zaključiti. Iako je isključen, kamera očitava vrijednost temperature zaslona oko 25°C, ali ne može se reći referira li se navedena temperatura na utjecaj emisivnosti ili činjenicu da je televizor bio uključen nedugo prije inspekcije. Termograf c) otkriva da je konfiguracija jedinice pozadinskog osvjetljenja ovoga televizora *direct-lit* zbog homogenosti raspodjele i većih temperatura u središtu zaslona. Termograf d) pokazuje još jedan primjer temperaturne raspodjele na zaslonu televizora s *edge-lit* konfiguracijom. Međutim, na tom termografu uočava se drastično odstupanje u temperaturnoj raspodjeli s razlikom od 10°C u odnosu lijevog i desnog ruba što upućuje na potencijalni otkaz dioda. Blage žarišne točke mogu se uočiti i na termografu e).



(a)



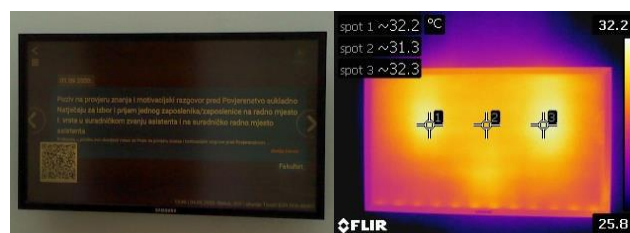
(b)



(c)



(d)



(e)

Slika 1. Snimke zaslona analiziranih TV jedinica u vidljivom i infracrvenom spektru

### 3. Fotometrijsko testiranje LED LCD televizora

Fotometrijska testiranja izvedena su luksmetrom Gossen Mavolux 5032C s adapterom za luminaciju, koji ima opseg mjerenja u rasponu od 0.1 cd/m<sup>2</sup> do 1 999 000 cd/m<sup>2</sup> s prihvatnim kutom od 20 stupnjeva i točnost od  $\pm 3\%$  izmjerene vrijednosti  $\pm 1$  znamenka. U postavkama popratnog *softwarea* moguće je za jedinicu luminacije odabrati kandele po kvadratnom metru (cd/m<sup>2</sup>) ili u *footlamberte* (fL). Vodeći se standardnim sustavom, sva mjerenja u radu izražena su u cd/m<sup>2</sup>. Senzor unutar aparata je silicijeva fotodioda sa  $V(\lambda)$  filtrom i ukupnom pogreškom manjom od 7.5%. Luksmetar je kalibriran na luminaciju, a ne na valnu duljinu svjetlosti. Slika 2. prikazuje zaslone televizora neposredno prije mjerenja na kojima su postavljene testne slike.

#### 3.1. Mjerenje i analiza luminacije u ovisnosti o svjetlini zaslona

Luminacija zaslona u zavisnosti od postavke svjetline analizirala se na televizoru marke LG, model 37LG2000, duljine dijagonale ekrana 94 cm i tvorničke luminacije od 500 cd/m<sup>2</sup>, koji je u pogonu od 2008. godine. Mjerenja su provedena u razdoblju od 5. do 9. rujna 2020. godine. Luminacija bijelog i individualnih RGB filtera mjerena je u jednoj točki, tj. središtu zaslona i pod kutom  $\theta = 0$ , kako prikazuje slika 2. Testne slike šahovskih uzoraka korištene su kako bi se luminacija bijelog zaslona odredila preciznije. Zbog optičkog sustava leća postavljenih na svaku diodu, svjetlost koju emitira jedinica pozadinskog osvjetljenja usmjerena je prema sredini zaslona što rezultira nehomogenom distribucijom mjernih podataka. Stoga je luksmetar postavljen u središte svakog polja šahovnice s horizontalnom udaljenošću od 0 cm i kutom  $\theta = 0$ , kako bi se dobila realna distribucija luminacije. Očekivala se veća vrijednost luminacije za polja u sredini ekrana, a manja za polja bliže rubovima. Također, predviđala se niža srednja vrijednost luminacije od luminacije utvrđene specifikacijom televizora (500 cd/m<sup>2</sup>).

Luminacija se mjerila kronologijom slijedivši redak testnih slika prikazanih na slici 2. Srednja vrijednost  $L_S$  prosječna je luminacija bijelih polja na testnim slikama šahovskog uzorka te je korištena kao referentna vrijednost za određivanje razmaka između luksmetra i zaslona pri promjeni svjetline za mjerenje luminacije monokromatskih zaslona. Svjetlina se mijenjala u koracima po 20%, počevši sa 100%, a mjerni instrument fiksirao se na udaljenostima od zaslona gdje je očitavao srednju vrijednost  $L_S$  za pojedinu razinu svjetline. Maksimalna izmjerena vrijednost luminacije u individualnom bijelom polju iznosila je 153 cd/m<sup>2</sup> pri 100%. Luminacija crnih polja u svim

mijenjala u koracima po 20%, počevši sa 100%, a mjerni instrument fiksirao se na udaljenostima od zaslona gdje je očitavao srednju vrijednost  $L_S$  za pojedinu razinu svjetline. Maksimalna izmjerena vrijednost luminacije u individualnom bijelom polju iznosila je 153 cd/m<sup>2</sup> pri 100%. Luminacija crnih polja u svim mjerenjima iznosila je 1. Rezultati mjerenja prikazani su u tablicama 1, 2 i 3.



Slika 2. Testne slike prikazane na zaslonu analizirane TV jedinice

Luminacija se mjerila kronologijom slijedivši redak testnih slika prikazanih na slici 2. Srednja vrijednost  $L_S$  prosječna je luminacija bijelih polja na testnim slikama šahovskog uzorka te je korištena kao referentna vrijednost za određivanje razmaka između luksmetra i zaslona pri promjeni svjetline za mjerenje luminacije monokromatskih zaslona. Svjetlina se mijenjala u koracima po 20%, počevši sa 100%, a mjerni instrument fiksirao se na udaljenostima od zaslona gdje je očitavao srednju vrijednost  $L_S$  za pojedinu razinu svjetline. Maksimalna izmjerena vrijednost luminacije u individualnom bijelom polju iznosila je 153 cd/m<sup>2</sup> pri 100%. Luminacija crnih polja u svim

mjerenjima iznosila je 1. Rezultati mjerenja prikazani su u tablicama 1, 2 i 3.

Prosječna luminacija bijelog zaslona dobivena mjerenjem u 200 točaka i luminacija dobivena mjerenjem u jednoj točki nije jednaka ni u jednom slučaju. Zabilježena je veća luminacija pri svim varijacijama svjetline pri prikazu bijele testne slike nego u prikazivanjima crvene, zelene ili plave.

Promjenom svjetline sa 100% na 80% događa se neznatni pad luminacije, dok se veći pad uočava pri promjeni s 40% na 20%, što vizualno predočava grafikom na slici 3. Primjećuje se znatna razlika luminacije zelenog zaslona u odnosu na crveni i plavi. Razlog tomu je što osjetljivost ljudskog oka na svjetlost ovisi o valnoj duljini. Ljudsko oko će pri istom izvoru svjetlosti s istom razinom svjetline registrirati zelenu „svjetlijom“ više nego crvenu ili plavu. Pri standardnim uvjetima svjetlosti, fotokopska krivulja postiže svoj maksimum na 555 nm, što odgovara valnoj duljini zelene svjetlosti vidljivog spektra [7]. Dakle, ljudsko je oko najosjetljivije na zelenu svjetlost pa televizori koriste veći udio zelene pri stvaranju slike kako bi se bolje stimulirao vizualni sustav ljudskog oka i mozga. Posljedično, mjerenjima se dobiva najveća luminacija za zelenu testnu sliku, što je vidljivo u tablici 3, odnosno na slici 4, gdje je postotak luminacije zelene gotovo dvije trećine ukupne. Nadalje, za svaku varijaciju svjetline, luminacija crvenog, zelenog i plavog zaslona jednakih su omjera, što ukazuje da jedinica pozadinskog osvjetljenja ne kontrolira promjenu boje. Također, suma luminacija crvene, zelene i plave testne slike veće je vrijednosti od luminacije bijelog zaslona.

Tablica 1. Srednje vrijednosti luminacije zaslona bijelih polja šahovskog uzorka te najmanje i najveće vrijednosti izmjerene u poljima pri varijaciji svjetline

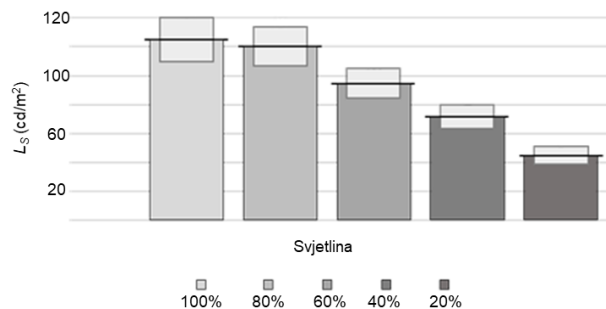
Svjetlina	$L_S$ (cd/m <sup>2</sup> )	$L_{MAX}$ (cd/m <sup>2</sup> )	$L_{MIN}$ (cd/m <sup>2</sup> )	$\Delta_{MAX}$	$\Delta_{MIN}$
100%	124,77	153,00	55,00	28,23	69,77
80%	120,20	147,00	52,00	26,80	68,20
60%	94,20	116,00	40,00	21,80	54,20
40%	71,48	86,00	33,00	14,52	38,48
20%	44,40	55,00	22,00	10,60	22,40

Tablica 2. Luminacije bijelog i monokromatskih zaslona pri varijaciji svjetline

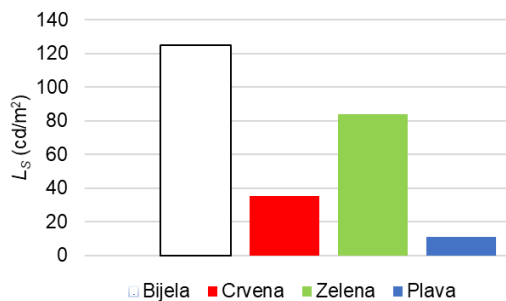
Svjetlina	Bijela	Crvena	Zelena	Plava
	$L_S$ (cd/m <sup>2</sup> )			
100%	125	35	84	11
80%	120	34	81	11
60%	94	27	64	9
40%	71	21	50	7
20%	44	12	30	4

Tablica 3. Luminacije monokromatskih zaslona pri varijaciji svjetline izražene u postocima

Svjetlina	$\Sigma L$ za RGB (cd/m <sup>2</sup> )	Crvena (%)	Zelena (%)	Plava (%)
100%	130,0	26,92	64,62	8,46
80%	126,0	26,98	64,29	8,73
60%	100,0	27,00	64,00	9,00
40%	78,00	26,92	64,10	8,97
20%	45,50	26,37	64,84	8,79



Slika 3. Odnosi srednjih luminacija bijele i odstupanja od srednje vrijednosti u ovisnosti o svjetlini zaslona

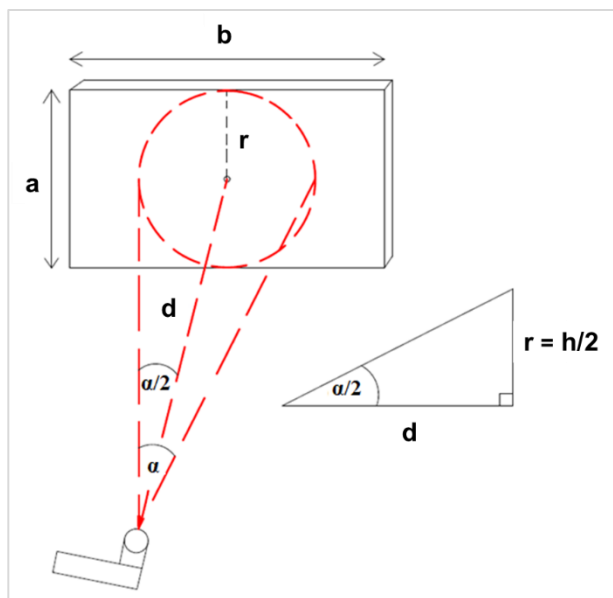


Slika 4. Odnosi luminacija bijelog i monokromatskih zaslona

### 3.2. Mjerenje i analiza luminacije sa korigirane udaljenosti između luksmetra i zaslona

Primjenom jednostavne trigonometrije prikazane na slici 5 određena je udaljenost  $d$  na koju treba postaviti vidik mjernog instrumenta od središnje točke mjerenog zaslona. Kut mjernog instrumenta u odnosu na mjerenu površinu ostao je  $\theta = 0$ , odnosno zraka iz centralne točke zaslona upadala je u senzor mjernog instrumenta pod kutom od  $90^\circ$ . Na slici 5 vidi se da je polumjer upisane kružnice  $r$  takav da površina baze konusa obuhvati najveću moguću mjernu površinu zaslona, a da se pritom ne naruši ravnomjernost mjerenjem izvan zaslona. Mjerenjem polovice visine zaslona  $r = h/2$  uz podatak da mjerni instrument registrira svjetlost pod prihvatnim kutom od  $\alpha = 20^\circ$ , korigirana udaljenost  $d$  određena je izrazom:

$$d = \frac{a}{2 \tan(\alpha/2)} \quad (1)$$



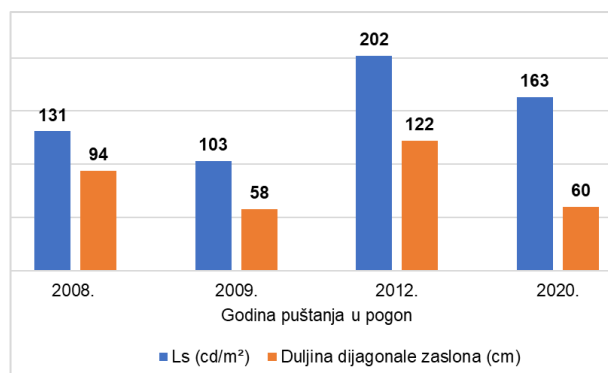
Slika 5. Skica eksperimentalnog postava i geometrijsko značenje korigirane udaljenosti  $d$  između zaslona i luksmetra

Testirale su četiri različite TV jedinice kupljene s namjenom kućne upotrebe, a čiji su podaci o duljini dijagonale i godini puštanja u pogon prikazani u tablici 4. Mjerila se luminacija bijelog i RGB zaslona. Rezultati mjerenja upućuju na to da luminacija bijelog zaslona više ovisi o starosti televizora, nego o njegovo-voj veličini. Zaslon čija dijagonala iznosi 60 cm imala je

veću luminaciju od zaslona veličine 94 cm, dok je razlika u starosti 12 godina. Rezultati mjerenja prikazani su u tablici 4, a odnosi luminacija bijelog zaslona i starosti TV jedinica prikazani su na slici 6.

Tablica 4. Luminacije bijelog i monokromatskih zaslona mjerene sa korigirane udaljenosti

TV	$d$ (cm)	$L_s$ (cd/m <sup>2</sup> )			
		Bijela	Crvena	Zelena	Plava
Philips 58cm, 2009.	82	103	25	71	6
AOC 60cm, 2020.	85	163	36	115	11
LG 94cm, 2008.	130	131	37	88	12
Samsung 122cm, 2012	170	202	49	147	23



Slika 6. Odnosi luminacije bijelog zaslona i njegove duljine dijagonale

### 4. Zaključak

U ovom radu prikazana je praktična provedba održavanja televizora s LC zaslonom i LED jedinicom pozadinskog osvjetljenja inspekcijom infracrvenom kamerom i fotometrijskim testiranjem zaslona.

Pet TV jedinica koje su u operantnom stanju 12 sati dnevno u radnom tjednu analizirani su u infracrvenom kamerom. Na dva televizora ustanovljena je nepravilnost zbog pregrijavanja desnog ruba ekrana, na što ukazuju žarišne točke pripadnih termograma.

Fotometrijsko testiranje provedeno je u dva slučaja na bijelom i RGB zaslonima. Prvo se na jednoj kućnoj TV jedinici mjerila luminacija zaslona u ovisnosti o svjetlini, a zatim se na četiri kućna televizora mjerila luminacija s korigirane udaljenosti između mjernog instrumenta i zaslona kako bi se optimalno obuhvatila mjerna površina. U drugom slučaju ana-

lizirala se luminacija s obzirom na duljinu dijagonale zaslona i godinu puštanja u pogon. Rezultati mjerenja ukazuju na funkcionalno stanje svih testiranih TV jedinica. Analiza fotometrijskih mjerenja daje zaključiti kako je i na 80% pozadinskog osvjetljenja sasvim očuvana luminacija od slika različitih boja, a čijim se smanjenjem može produljiti vijek trajanja jedinice pozadinskog osvjetljenja, a time i televizora. Vrijednosti su neznatno smanjene u odnosu na aktivaciju 100% pozadinskog osvjetljenja, a pritom zaslon dobiva svoj period hlađenja za cilj očuvanja pa je preporučljivo i korisno smanjiti pozadinsko osvjetljenje televizora na nešto ispod 100%. Uobičajeno je da na rubovima ekrana budu izmjerene manje vrijednosti luminacija ako je pozadinsko osvjetljenje *direct-lit*, a ne *edge-lit*. Razlog tomu je što su centralne točke osvjetljenje i od susjednih izvora, dok su rubovi zakinuti za jednu stranu, a u slučaju kutova za dvije. Duljina dijagonale zaslona manji je faktor luminacije zaslona, što znači da veći broj dioda ne znači i veću luminaciju, ukoliko je televizora stariji.

#### Literatura

- [1] Funk, Jeffrey. *Components, systems and technological discontinuities: Lessons from the IT sector* / Long Range Planning, 2008, 41 (5); str. 555-573.
- [2] Fan, Jiajine; Yung, K.C.; Pecht, Michael. *Failure modes, mechanisms, and effects analysis for LED backlight systems used in LCD TVs.* / 2011 Prognostics and System Health Management - Prognostics and System Health Management Conference. Shenzhen 24.-25. Svibanj, 2011. (978-1-4244-7949-8) str. 1-5.
- [3] Tavman, Ismail; Turgut, Alpaslan; Iz, Murat. *Thermal analysis of thin film transistor liquid crystal display (TFT-LCD) TV panels with single sided LED bars* / 2012 IEEE 18th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME) - International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging, Albu Iulia 25.-28. Listopad, 2012. (978-1-4673-4760-0) str. 43-47.
- [4] Jeong, Jae-Seong; Jung, Jin-Kyu; Park, Sang-Deuk. *Reliability improvement of InGaN LED backlight module by accelerated life test (ALT) and screen policy of potential leakage LED* / Microelectronics Reliability, 2008, 48 (8-9); str. 1216-1220.
- [5] Glavaš, Hrvoje; Barić, Tomislav; Jukić, Dina; Desnica, Eleonora. *Infrared thermography as evaluation method of a faulty status of a LED LCD TV* / Journal of the Society for Information Display, 2020.
- [6] Kvesić, Tin. Diplomski rad: Održavanje LCD televizora, Elektroenergetika, 2020, FERIT Osijek.
- [7] Long, Lu; Nishihara, Akinori. (2006, November). *Data Hiding for Digital Halftoned Color Images* / TENCON 2006-2006 IEEE Region 10 Conference - TENCON 2006. Hong-Kong 14.-17. Studeni, 2006. (2159-3450) str. 1-4.