

## PRIMENA NOVIH TEHNOLOGIJA U ZAŠTITI PRIRODNIH RESURSA APPLICATION OF NEW TECHNOLOGIES IN THE PROTECTION OF NATURAL RESOURCES

Dragan Topisirović, *Regionalni centar za talente, Niš*  
Dubravka Nikolovski, *Zavod za javno zdravlje, Pančevo*  
Zoran Stević, *Tehnički fakultet u Boru, Univerzitet u Beogradu,*

**Sadržaj** – *Nauka i razvoj tehnike i tehnologije doprinose očuvanju prirodnih resursa kroz smanjenje količine otpada, smanjenje štetnosti otpada, obnovljive izvore energije, povećanje energetske efikasnosti, reciklažu, prečišćavanje zemlje, vode i vazduha itd. U radu je dat pregled primene novih tehnologija na tom polju, kao i prikaz sopstvenih rezultata. Poslednjih godina intenzivno se istražuje na polju primene termovizije u zaštiti stabala drveća. Pokazalo se da su i tu velike mogućnosti primene, pre svega u prevenciji uništenja usled napada insekata, ali i u dijagnostici truleži, naprslina i drugih anomalija. Kod starih stabala koja su zahvaćena truljenjem, termovizija može ukazati na opasna mesta, a da pri tome nema potrebe ni za najmanjim dodatnim oštećenjima (što je kod drugih metoda neophodno). Tek kada se termovizijski uoče slaba mesta, može se drugim metodama (manje ili više invazivnim) to potvrditi i precizirati. Autori su izvršili niz eksperimenata i poredili dobijene rezultate sa rezultatima snimanja zvučnim skenerom (Arbotom). Još jedna potvrda (i dodatna kvantifikacija) dobija se najinvazivnijom metodom – merenjem otpora prodiranju rotirajuće igle (rezistografija). Utvrđeno je izvanredno poklapanje rezultata, pri čemu je termovizija u velikoj prednosti zbog neinvazivnosti i brzine dijagnostike.*

**Abstrakt** – *Science and development in the fields of engineering and technology help conserve natural resources through waste minimization, reduction of harmful waste, renewable energy sources, higher energy efficiency, recycling, treatment of land, water and air, etc.. This paper summarizes the application of new technologies in this field, and shares its results. In recent years, intensive investigations take place in the field of application of thermal imaging in the protection of trees. It turned out that there are great possibilities of application, especially in the prevention of destruction due to insect attacks, but also in the diagnosis of decay, cracks and other anomalies. On the old trees that are affected by decay, thermal imaging can indicate trouble spots, and in doing so there is no need for additional damage (which is necessary with other methods). Only when thermovision detects them, weak spots may be confirmed and accurately defined by using other, more or less invasive methods. The authors have conducted a series of experiments and compared the results with those obtained by sound scanner imaging (Arbot). Further confirmation (and additional quantification) is obtained by using most invasive method - measuring the resistance to penetration of the rotating pin (resistography). The results were a perfect match, with thermal imaging being at a great advantage for its noninvasive nature and great speed of diagnosis.*

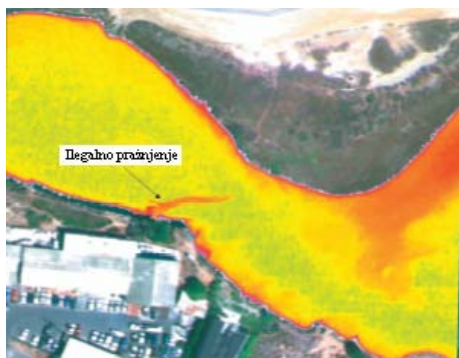
### 1. UVOD

Ubrzani napredak nauke i tehnologije dovodi do poboljšanja kvaliteta ljudskog života, ali i do stvaranja novih rizičnih situacija. Čovečanstvo je suočeno sa rizicima kakvih u ranijoj ljudskoj istoriji nije bilo. Globalno zagrevanje je tipičan primer. Odgovornost naučnika podrazumeva razvoj i uvođenje novih tehnologija sa ciljem da se zaštiti životna sredina i priroda uopšte. Autori su pratili, a i sami učestvovali u istraživanjima vezanim za nove tehnologije materijala, tretmana otpada (plazma tehnologija), primene termovizije i dr. [1-16].

Termovizijsko snimanje (često iz vazduha) reka, jezera, zaliva, šuma i drugih prirodnih dobara, nedvosmisleno ukazuje na anomalije u temperaturnom polju, a to se uvek povezuje sa negativnim uticajem na životnu sredinu. To

moгу biti požari, u začetku ili neugašeni (tinjajući), ispuštanje otpadnih voda i gasova, oboljenje i propadanje šume, najezda insekata i dr.

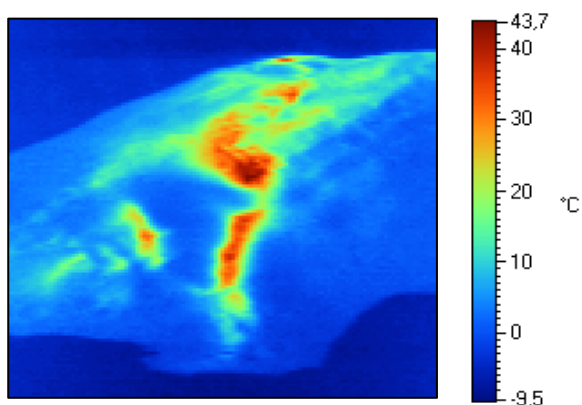
Na slici 1 dat je termovizijski snimak lagune San Dijego Kaunti, dobijen kamerom „Jenoptik“ koji je ukazao na postojanje anormalnog izvora toplote nepoznatog porekla [17]. Slika sa koordinatama mesta emisije prosleđena je regionalnoj upravi zaduženoj za inspekciju te oblasti. Ovu emisiju bilo je moguće detektovati samo termovizijskom metodom. Kamera „Jenoptik“ je pri tome adaptirana za snimanje iz aviona i povezana specijalizovanim softverom sa lokalnim GPS-om koji pomaže geografskoj lokalizaciji snimka.



Slika 1 Termovizijski snimak lagune

Termovizija unapređuje zaštitu životne sredine na taj način što omogućuje brzo i sveobuhvatno snimanje velikih oblasti ukazujući na neočekivane promene i prisustvo nepoznatih zagađivača. Rezultati termovizijskih snimanja potom se preciziraju drugim tehnikama na licu mesta.

Od velikog ekološkog značaja je termovizijsko praćenje samozapaljenja uglja na deponijama [18]. Sistem detektuje povećanje temperature unutar složaja mnogo pre vidljivog dima, tako da se na vreme može intervenisati i sprečiti veliko zagađenje (slika 2).



Slika 2 Termovizijski snimak deponije uglja

Prevenција samozapaljenja uglja na otvorenim skladištima predstavlja značajan doprinos zaštiti životne sredine. Nove tehnologije, pre svega termovizija, omogućavaju svođenje pojave samozapaljenja na najmanju meru, pa je potrebno što više ih primenjivati. Krajnji cilj je uvođenje sistema za permanentni termovizijski monitoring većih skladišta uglja koji bi se sastojali od termovizijske kamere, kao centralnog dela, računarske merno-komunikacione opreme za prenos, skladištenje i komparaciju podataka i odgovarajućeg softvera. Sve se to može instalirati korišćenjem domaćih ljudskih resursa, a rok isplate uloženi sredstava ne prelazi dve godine.

Poslednjih godina intenzivno se istražuje na polju primene termovizije u zaštiti stabala drveća. Pokazalo se da su i tu velike mogućnosti primene, pre svega u prevenciji uništenja usled napada insekata, ali i u dijagnostici truleži, naprslina i drugih anomalija. Ovde su prikazani neki rezultati istraživanja autora na tom polju.

Korišćena je digitalna termovizijska kamera Wohler IK 21, čiji se rad zasniva na nehladenom germanijumskom

termolektričnom linijskom detektoru. Ona formira termalnu sliku merenjem infracrvene radijacije određenog tela ili celokupne scene. Softver, koji kamera sadrži, vrši neophodnu korekciju pri konverziji termalne slike u odgovarajući termogram, koji predstavlja aproksimaciju tačne temperature snimljenog objekta, ili temperaturnu raspodelu u sceni. Jedna od prednosti kamere IK 21 je širok temperaturni opseg, odnosno ona može, u jednoj slici, da prikaže velike razlike u temperaturi. Napaja se pomoću standardne baterije za video kamere. Slike se prikazuju u boji na LCD ekranu dijagonale 10.2 cm. Temperaturna raspodela površine koje se snima prikazuje se varijacijom boja.

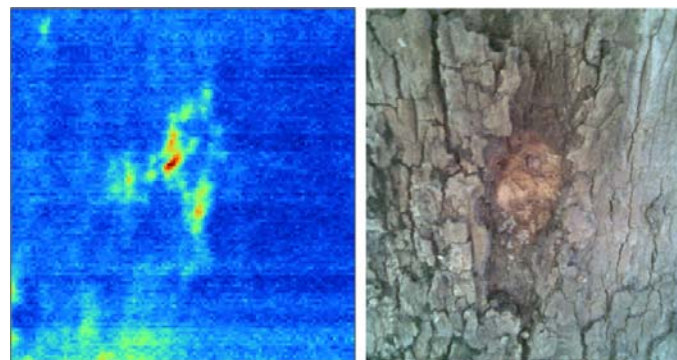
Termogrami se mogu snimmiti na memorijskoj PC kartici i kasnije se analizirati. IK 21 je aparat za ručnu upotrebu, ali se, uz odgovarajući pribor, može instalirati kao nepokretni senzor i njime upravljati preko računara. Opremljena odgovarajućim priborom za povezivanje i softverom, omogućava kontinualno snimanje objekata. Kamera i računar se mogu na jednostavan način programirati, tako da se termogrami snimaju u redovnim vremenskim intervalima. Moguće je, čak, kameru programirati da identifikuje, na termogramu, temperature koje odstupaju od propisanih vrednosti, i pošalje alarmni signal računaru. Alarmi mogu biti odstupanje maksimuma, minimuma, srednje vrednosti i/ili temperature tačke, skupa tačaka, linije ili oblasti termograma od dozvoljenih vrednosti.

Memorijska PC kartica omogućava memorisanje brojnih termograma, koji se po želji mogu preneti na računar. Zatim je moguće, na kartici, memorisati individualne parametre podešavanja kamere, pri čemu se, prethodno memorisana konfiguracija kamere može veoma brzo učitati. Svaki korisnik kamere može da poseduje sopstvenu PC karticu za memorisanje, tako da su mu uvek na raspolaganju potrebna podešavanja.

## 2. DIJAGNOSTIKA STANJA STABALA ZAŠTIĆENOG DRVEĆA

U okviru šire akcije Zavoda za zaštitu prirode Republike Srbije primenjene su nove tehnologije za dijagnostiku stanja zaštićenih stabala. Ovde su prikazani karakteristični primeri.

Na slici 3 prikazani su snimci (IC i vidljiva oblast) površine stabla platana koji je ispod kore imao naseobinu insekata (stenica, slika 4).



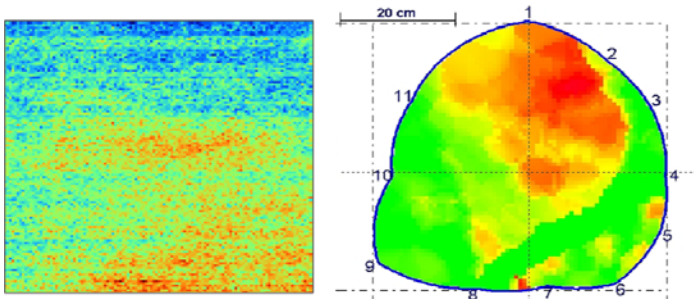
Slika 3 Termografski i fotografski snimak stabla platana sa insektima ispod kore



Slika 4 Stenice ispod kore platana

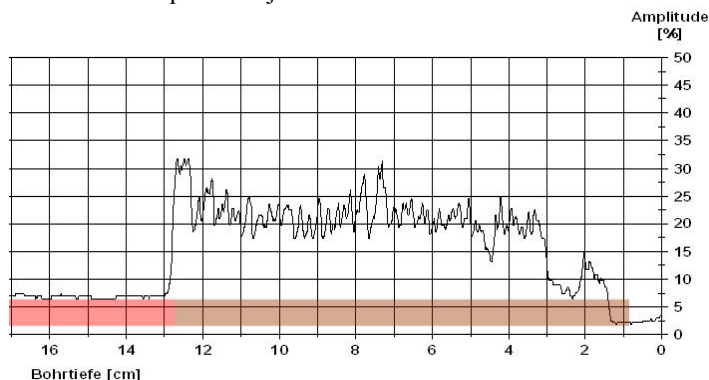
Kod starih stabala koja su zahvaćena truljenjem, termovizija može ukazati na opasna mesta, a da pri tome nema potrebe ni za najmanjim dodatnim oštećenjima (što je kod drugih metoda neophodno). Tek kada se termovizijski uoče slaba mesta, može se drugim metodama (manje ili više invazivnim) to potvrditi i precizirati.

Na slici 5 prikazani su bočni (pogled sa strane) termovizijski snimak i poprečni presek dobijen zvučnim skenerom (Arbotom) poleglog stabla starog dudu. Pošto je stablo nakvašeno (hlađeno) kišom, masivni deo zadržao je toplotu i na termovizijskom snimku pokazuje višu temperaturu.



Slika 5 Termovizijski (bočni) i skenerski zapis (poprečni presek) poleglog stabla dudu

Još jedna potvrda (i dodatna kvantifikacija) dobija se najinvazivnijom metodom – merenjem otpora prodiranju rotirajuće igle. Dobijeni snimak (rezistogram) za istu poziciju na stablu dudu prikazan je na slici 6.



Slika 6 Rezistogram delimično trulog stabla

Na dijagramu se vidi porast sile otpora prodiranju sa rastom dubine uboda (sa desna na levo). Nagli pad sile znači šupljinu ili trulež.

### 3. ZAKLJUČAK

Nove tehnologije nalaze široku primenu u zaštiti prirode i time u velikoj meri ispravljaju ono što je dosadašnja industrija uradila.

Termovizija je veoma moćna tehnologija za nadzor i dijagnostiku u zaštiti zdravlja čoveka i prirode. Pokazano je da se, fizički veoma složen proces infracrvene termografije, može uz pomoć relativno jednostavne i ne tako skupe opreme, primeniti i u zaštiti stabala drveća i čitavih šuma. Tamo gde se uoče potencijalna opasna mesta, preciznija ispitivanja stabla mogu se vršiti drugim metodama.

### LITERATURA

- [1] Ron Pernick, Clint Wilder, *Revolucija čistih tehnologija* - II izdanje, Kompjuter biblioteka, Beograd, 2009.
- [2] Petar Rakin, Zoran Stević, Nikola Bajić, Zoran Anđelković, Dejan Rakin, Goran Vuličević, Dubravka Nikolovski, Plazma postupak u tretmanu opasnog otpada ili otpada uopšte, *Prva regionalna naučno-stručna konferencija o upravljanju industrijskim otpadom*, Kopaonik 2007.
- [3] Petar Rakin, Zoran Stevic, Treatment of contaminated soil in Serbia using plasma technology, *4<sup>th</sup> International workshop and exhibition on plasma assisted combustion (IWEPAC)*, 16-19 September 2008, Best Western Falls Church Inn, USA, 90–91
- [4] RK Womak., MW. Shuey, Development and use of the dual-mode plasma torch, *Proceedings of the Waste Management Conference*, February 24-28, Tucson, Arizona, 2002.
- [5] Zoran Stević, Zoran Anđelković, Dubravka Nikolovski, Petar Rakin, Primena savremenih tehnologija u razvoju elektrolučnih i plazma peći, *INFOTEH JAHORINA 2008*, Vol. 7, Ref. C-4, pp. 276–279, March 2008.
- [6] N.Brien, E.Cummins, Recent developments in nanotechnology and risk assessment strategies for addressing public and environmental health concerns, *Human and Ecological Risk Assessment 2008*, 14 (3), pp. 568–592.
- [7] Dubravka Nikolovski. Zoran Stević. Mogućnosti primene nanotehnologije u rešavanju problema medicinskog otpada, *III simpozijum „Reciklažne tehnologije i održivi razvoj“*, 2008.
- [8] Mirjana Rajčić-Vujasinović, Dragan Vujasinović, Zoran Stević, Sanja Bugarinović, Vesna Grekulović, Elektrohemijska sinteza  $\text{Cu}_2\text{O}$  za primenu u solarnim

- ćelijama, *XVII Naučno-stručni skup o prirodnim vrednostima i zaštiti životne sredine, EKOIST 2009*, Kladovo 2009, 17–20.
- [9] MM Rajčić-Vujasinović., ZM. Stević, ZD. Stanković, Superkondenzatori, *Hemijski pregled*, 2002, 5, 108–112.
- [10] Z Stević., M. Rajčić-Vujasinović, Chalcocite 5as a potential material for supercapacitors, *Journal of Power Sources* 2006, 160, 1511–1517.
- [11] Zoran Stević, M. Rajčić-Vujasinović, S. Bugarinović and A. Dekanski, Construction and Characterisation of Double Layer Capacitors, *Acta Physica Polonica A*, 2010, Vol. 117 (1), 228-233.
- [12] ZM Stevich., M.M. Rajchich-Vuyasinovich, Z.D. Stankovich, The device for measuring the critical temperature of high-temperature superconductors, *Russ. Journal of Applied Physics*, 2002, 1, 137–142.
- [13] Z Stević., M. Rajčić-Vujasinović, Primena računara u sistemima za automatsko praćenje ekoloških parametara, *Ekološka istina, D. Milanovac, Zbornik radova*, 2002, 138–140.
- [14] Zoran Stević, Mirjana Rajčić-Vujasinović, Dejan Antić, *Primena Termovizije*, Tehnički fakultet u Boru, 2008
- [15] Zoran R. Andjelkovic, Dragan R. Milivojevic, Zoran M. Stevic, Thermovisual camera commands decoding and ISI format encrypting, *Journal of Scientific and Industrial Research*, 2010, Vol. 69, 523–528.
- [16] З. Стевич, М. Райчич-Вуясинович, Д.В. Антич, З. Дамнянович, Современая инфракрасная термография в контроле и диагностике оборудования, *Технология и конструирование в электронной аппаратуре*, 2006, №3, 56–58.
- [17] Jan Svejksky, Mark Hess, Ray Watts, Utilization of Thermal Imaging in a Regional Water Quality Monitoring Program, *Seminar, Sheraton Buckhead Hotel, Atlanta, GA*, November 2002.
- [18] Zoran Stevic, Mirjana Rajcic-Vujasinovic, Dubravka Nikolovski, Branimir Popovic, Prevention of coal self ignition at open stockpiles by thermovision monitoring, *EKOIST 2009, Zbornik radova, Kladovo*, 2009, 93–96.