

## DVOSTRUKI QR COD S UNAKRSNIM BLIZANCIMA BOJILA ZA VIZUALNI I INFRACRVENI SPEKTAR

### DOUBLE QR CODE WITH CROSS COLOR TWINS FOR VISUAL AND INFRARED SPECTRUM

Jana Žiljak Gršić

*Tehničko veleučilište u Zagrebu, Vrbik 8, Zagreb, Hrvatska*

#### Sažetak

Skrivena grafika za vizualni bliski infracrveni (VIS i NIR) spektar sastoji se od dva para blizanaca boja s međusobnim uređenjem stvarajući četverostruku zavisnost kao VZ grafika. Prezentiraju se spektrogrami apsorpcije svjetla za dva tona boje s proširenjem na njihove blizance. Priložene su recepture bojila koje su sastavljene od četiri procesna bojila. Miješanje bojila je međusobno ovisno za prepoznavanje u vizualnom i bliskom infracrvenom spektru. Dvije grafike su nezavisni QR codovi koji se nalaze na istom prostoru. Prvi QR cod je čitljiv u vizualnom (V) spektru a drugi cod se prepoznaje s posredstvom infrared kamere na valnoj duljini Z od 1000 nanometara. IR kamera ne prepoznaje, ne registrira prvi V kod. Svaki kod počinje s kvadratičnim elementima dvije ekstremne pokrivenosti: crnim (K) i bijelim površina (W). Preklapanje dva nezavisna koda V i Z, određuje četiri kombinacije pokrivenosti a s kojima se realiziraju dvije boje. Siva i cijanozno siva boja formiraju četiri blizanca prema VZ procedurama u VIS i NIR spektru.

**Ključne riječi:** *dualni QR kod, četverostruki blizanci, INFRAREDESIGN®, kamuflažna odjeća,*

#### Abstract

Hidden graphics for visual close infrared (VIS and NIR) spectrum consists of two pairs of twin pairs of interlacing colors creating quadruple dependency as VZ graphics. Two-ton color dye absorption spectra are introduced, extending to their twins. Colorant recipe that are made up of four process colors are enclosed.

Mixing the dyes is interrelated depending on the recognition in a visual and close infrared spectrum. Two graphics are independent QR Codes that are located in the same space. The first QR code is readable in the visual (V) spectrum and the second cod is detected by an infrared camera at a wavelength of 1000 nm. The IR camera does not recognize, does not register the first V code. Each code begins with quadratic elements of two extreme coverage: black (K) and white surface (W). Overlapping two independent codes V and Z, determines four combinations of coverage, with which two colors are realized. Gray and Cyanosis gray colors form four twins according to VZ procedures in the VIS and NIR spectra.

**Keywords:** *dual QR code, quadruple twins, INFRAREDESIGN®, camouflage clothing*

#### 1. Uvod

##### 1. Introduction

Boje za tiskarsku industriju imaju dualitet koji je inicirao nastanak teorije i prakse pod nazivom INFRAREDESIGN®. Procesna bojila; cijan, magenta, yellow ne apsorbiraju svjetlost u bliskom infracrvenom spektru. U kontrastu s njima, bojilo karbon black snažno apsorbira u NIR području što je osnova mnogih ideja za proširenje sigurnosne grafike u primjeni svih tiskarskih tehnologija. INFRAREDESIGN je specijalna GCR (gray component replacement) metoda po kojoj se komponenta K zadaje unaprijed prije separacije bojila za tiskarske procedure. Dualizam grafičkog proizvoda se manifestira kao sakrivanje, selektiranje informacija.



*Slika 1 Dva koda za V i Z čitanje*

*Figure 1 Two codes for the V and Z records*

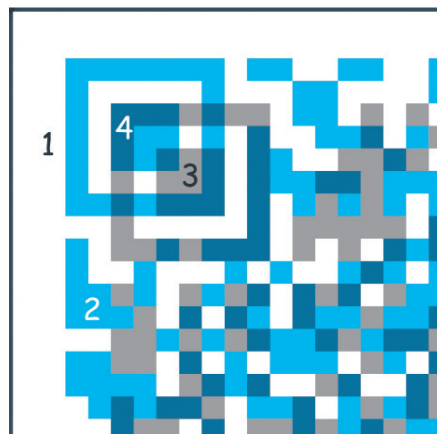
Eksperimenti sa sakrivanjem QR kodova su uspješno primijenjeni na prozirnim materijalima; svili i polipropilenu [1]. Postupci sastavljanja i razlučivanja dvije slike namijenjene za vizualni (V) i NIR (Z) spektar je objavljeno na simpozijima i časopisima uz modele za simulaciju prikriivanja sigurnosne grafike [2]. Digitalna tehnologija u grafičkoj reprodukciji se proširila zbog mogućnosti individualizacije svakog tiskanog primjerka. Nastao je novi pristup rješavanju sigurnosti dokumenata i vrijednosnica [3]. Svaka boja se rješava na nekoliko načina ako se uzme u obzir zamjena karbon crne bojila s ostalim procesnim C,M,Y bojilima [4]. Rezultat je oblikovanje etiketa zaštićenih proizvoda, na primjer [5]. U primjeni su dualni dizajn poštanskih maraka s dodatnim informacijama koje se odazivaju tek u „noćnom pogledu“ s infracrvenom kamerom [6]. Područje informatike je dobilo nove alate što se demonstrira i u ovom radu. Nakon višegodišnjih eksperimenata i realnih primjena nastala je ideja da se QR kod dizajnira kao „nevidljiv znak“, kao proširena informacija. Prvo dualno prikazivanje sakrivenih QR kodova je objavljeno u časopisu „Informatologija“ [7]. Razvijene su kamere kao preuređeni fotoaparati s filterima za vizualno svjetlo a koji propuštaju NIR spektar. Filtri su baždareni za blokadu na 1000 nm što se u ovom radu označava kao „Z“ vrijednost. Dvije kamere s nazivom ZRGB zapisuju dva stanja u istom trenutku [8]. Nove kamere s desetak filtera omogućuju precizne studije o bojama i bojilima te numeričko i grafičko interpretiranje apsorpcije svjetla u vizualnom i bliskom infracrvenom spektru [9]. Nastale su nove spoznaje o bojama i bojilima te njihovim mješavinama što je poticaj za područje dualiteta u vizualnim primjenama [10]. Kamuflaža odjeće, posebno vojne uniforme od platna i kože, sadrže nevidljive podatke [11].

To vodi planiranju dizajna s višestrukim informiranjem kada se odjeća promatra s „Night vision“ kamerama [12]. Snimanje umjetničkih djela se provodi prije restauratorskih zahvata, na primjer, a koriste se metode forenzike u određivanju sastava bojila u lijepoj umjetnosti [13]. Spajanje tema „umjetnost i znanost“ se ilustrira kao novi likovni smjer u kreiranju dvostruke slike i sakrivenog crteža [14]. Dva svjetlosna spektra, dvije slike, dvostruka informacije pokrenuli su mnoge prijedloge u grafičkom dizajnu. U ovom radu se prezentira sakriveno označavanje u tehnologiji kodiranja.

## 2. Spajanje Dva QR koda s IRD metodom

### 2. Connecting Two QR code with the IRD method

Kodovi nisu jednaki niti po veličini, niti po sadržaju. Kodovi će biti tiskani s četverbojnim procesnim tiskom. Na početku je prvi V kod smješten u kanal cijana (C) a drugi kod je smješten u kanal crne boje (K) koja apsorbira NIR spektar.



*Slika 2 Dio pripreme dva koda za VZ separaciju*

*Figure 2 A part of preparing two codes for VZ separation*

S preklapanjem će dva koda tvoriti četiri različita tona boja označeni kao 1, 2, 3, 4 (slika 2).

Te boje se međusobno kamufliraju tvoreći 4 para blizanaca. Blizanci boja su podređeni zajedničkom zahtjevu međusobnog sakrivanja. Uobičajeno je da je okolina kodova bijela. Grafička priprema za tisak će odrediti kamuflirajuću sivoću na mjestima gdje se kodovi ne preklapaju.

**Tablica 1.** Plan C,M,Y,K boja pripremljeno za VZ separaciju i tisak

**Table 1.** Plan C, M, Y, K color prepared for VZ separation and printing

Početne vrijednosti bojanja dva koda: c, m, y, k	
1. Pozadina, bijela okolina oba koda	0,0,0,0
2. Pokrivenost vizualnog V koda	99,0,0,0
3. pokrivenost sakrivenog Z koda	0,0,0,40
4. Zajednička površina V i Z koda	99,0,0,40

### 3. Četverobojni raspored blizanaca za dvoje boje

#### 3. Four-color twin arrangement for two colors

Četiri boje (tablica 1) će biti realizirana s četiri bojila koje će prikazivati samo dva tona boje po metodi VZ kreiranja blizanaca bojila: Vsiva i Vplava. U sustavu VZ kodova će okolina biti siva o sastoji se samo od C, M, Y bojila. U brojkama, to je sastav: C=25%, M=23%, Y= 40 % pokrivenosti. Taj sivi ton [10] je točno onoliko sivi koliko se ta ista sivoća postiže samo s karbon crnom bojom od 40% pokrivenosti (tisak na bijelom papiru).

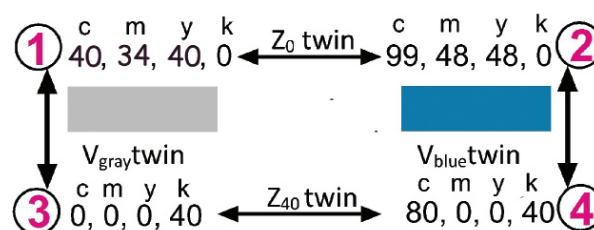
Definicija bojila počinje s bojilom koje će s minimumom pokrivenost biti vidljivo NIR - ZRGB kameri tako da ga kamera registrira Z kod, odnosno, dešifrira kao sakriveni kod. U ovom članku je određeno da je to bojilo „karbon black“ (K) iz serije procesnih bojila (print scale) iz tiskarske tehnologije (bojilo br 3). Bojilo K40 se nalazi u trećem i četvrtom bojilu (tablica 1). Odatle su određene druge komponente bojila kako bi se postigla kamuflaža Z koda. Na mjestima gdje nema prekrivanja dva koda, površina je siva. Ali, sastoji se samo od cijana, magente i žute procesnih bojila koje kamera NIR – ne registrira (bojilo br. 1).

Da bi održali željenu boju i na mjestima koja se preklapaju s dva koda, uvode se blizanci. Dvije boje siva i cijanozno siva određuju četiri bojila s uvjetom da se s njima postavljaju četiri blizanca. Imamo prošireni rasporeda blizanaca koji su nazvani „Četverostruki blizanci boja i bojila“ (Slika 3). Razlikuju se blizanci po vizualnom spektru i blizanci po NIR –Z svjetlu. Prvi raspored: dva bojila imaju jednaku, minimalnu apsorpciju svjetla na 900 nm u NIR spektru a razlikuju se u V spektru (bojila 1 i 2).

Drugi (bojilo 1 i 3) i treći raspored blizanaca (bojila 2 i 4): Po dva bojila su jednaka u vizualnom spektru u području od 400 do 700 nm a razlikuju se po apsorpciji infrared svjetla. Četvrti raspored blizanaca: Dva bojila jednako (maksimalno) apsorbiraju Z-NIR svjetlo na mjestima gdje se preklapaju kodovi V i Z (bojila 3 i 4).

Slika 3 prikazuje povezanost, unakrsno pozicioniranje četiri blizanca. Dva i dva blizanca imaju neke zajedničke vrijednosti.  $Z_{40}$  blizanci se jednako odazivaju NIR kameri. Njih vidi QR cod čitač ako se čitač usmjeri na ekran fotoaparata koji selektira NIR spektar.

$Z_0$  blizanci se ne odazivaju NIR kameri.  $V_{blue}$  blizanci se jednako prokazuju našim očima kao plava boja.  $V_{gray}$  blizanci kamufliraju međusobni sukob dva QR coda.



**Slika 3** Dvije boje u rasporedu četiri blizanaca bojila

**Figure 3** Two colors in the arrangement of four twins colorants

Na mjestima gdje se prekrivaju dva koda, boja je jednaka s onom bojom koja je određena samo s vizualnim blizancem (bojilo br. 4). Površine gdje se prekrivaju dva koda osigurano je da Z kod ima 40% pokrivenosti s karbon black bojilom kako bi infrared čitač registrirao taj Z kod. Na tom mjestu se početna vrijednost pokrivenosti cijan bojila V blizanca smanjuje.

To inicira novi ton boje za V blizanca na onim mjestima gdje nema preklapanja sa Z kodom. V bliznac postaje tamniji jer mu se dodaju M i Y bojila.

Uvjeti na miješanje bojila za ekstremi primer kontrasta u četverostrukim blizancima:

Jednakost tonova boja: 1 i 3 po tonu boje – sivi ton

Jednakost vizualne boje mjestima gdje se preklapaju V i Z kodovi: 2 i 4

Ograničenja i prve recepture imaju pravila, preporuke:

maksimuma C u bojilu 2.

Zadana vrijednost K u bojilu 3 i 4. (40%)

Minimalna vrijednosti bojila C, M, Y u bojilu 3. (vrijednost nula)

Minimalne vrijednosti bojila M i Y u bojilu 4. (vrijednost nula)

Nakon tiska vide se samo dvije boje (slika 4). Interno su četiri blizanca, različitih sastava procesnih bojila, a prema četverbojnom rasporedu na slici 3. NIR kamera će nam ponuditi samo V (gray) twins boju koja ima pokrivenost od 40% karbon black bojila. To je dovoljno da se pročita „sakriveni“ kod; sakriven za golo oko.



Slika 4 Dualni kod s pripadnim blizancima boja i bojila  
Figure 4 Dual code with matching twin colors and dyes

Tekst u V kodu je:

<http://www.nada.ziljak.hr/Katalog-Mimara-2018.pdf>  
Infrared ART, Muzej MIMARA, Zagreb, Croatia,  
Nada Ziljak,

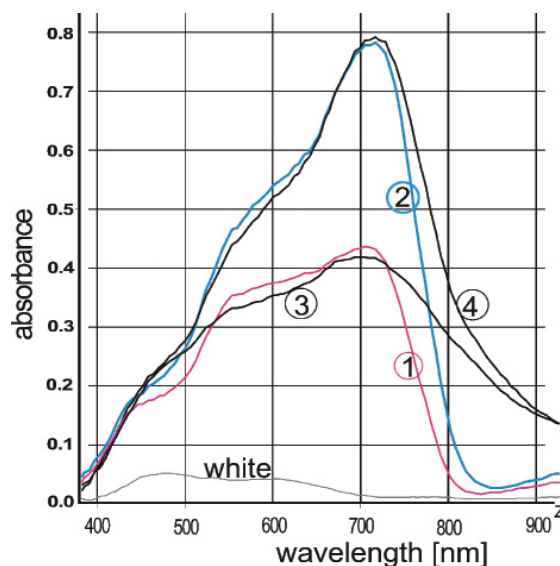
Tekst u sakrivenom Z kodu je:

<http://www.nada.ziljak.hr/VIS-NIR-spektar.pdf>  
Galerija Sv. Ivan Zelina & FotoSoft, Croatia,

#### 4. Spektri bojila za dvostruki kod

##### 4. Color spectrum for double code

Različite tiskarske tehnologije s primjenom IRD metode zahtijevaju precizno određenje blizanaca bojila kada je namjena „potpuno sakrivanje“ Z slike. U izvedbi dvostrukog koda, sakrivanje nije naglašeno, nije presudno, pa se dozvoljava odstupanje od strogoće nevidljivosti Z slike. Numeričke vrijednosti razlike blizanaca bojila mogu biti veće od 5. Fenomen sakrivanja je podređen čitačima kodova koji danas nemaju strogoću iz vremena osamdesetih godina prošlog stoljeća. Za svaki par četverostrukih blizanaca izvedeni su grafikon apsorpcije svjetla u vizualnom i bliskom infracrvenom spektru. Oni će uputiti popravke sastava procesnih bojila ako se utvrdi da čitači QR kodova imaju zastoja u prepoznavanju informacija koje nose.



Slika 5 Spektri dva para blizanaca

Figure 5 Two pairs of twin spectra

Dvije sive boje jednakog tona; br. 1 i br. 3 se međusobno kamufliraju. Boja br. 3 apsorbira NIR radijaciju i ona otkriva svoj dio Z grafike.

Uređenje spektra bojila i blizanaca bojila je iterativan eksperimentalni rad. Jednakost grafikona vizualnih blizanaca ovisi o materijalu i bojilima s kojima se izvodi tisak. Za uređenje komponenti procesnih bojila predlaže se konzultaciju spektralnih grafikona apsorpcije svjetla svake komponente posebno, a koji su objavljeni u članku časopisa Polytechnic & Design 2017 [10].

Sa spektroskopijom se određuju dva područja prepoznavanja: prvog vizualnog koda V u području od 400 do 750 nm, te drugog Z koda u području 850 do 900 nm. Dvostruka kamera ZRGB [8] će paralelno zabilježiti, razdvojiti i prepoznati dva koda.

Spektrogram 1. je prazna površina koju ne vidi Z kamera. Nije „vidljiva niti prvom V čitaču kodova. To je siva boja sa pokrivenošću C, M, Y: 40, 34 i 40 %. Ta siva boja kamuflira bojilo br 3. Spektrogram 2: Površina prvog koda V gdje su tane površine njegovih kvadratića, ima maksimum vrijednosti cijan komponente. Ostale boje M, Y imaju pokrivenost od 48 i 48 %.

Spektrogram 4 je površina gdje prvi QR V kod i drugi QR kod Z zajednički pokrivanju svoje tamne kvadratiće. Vrijednost cijana je smanjena na 80%. Pokrivenost se kopenzira sa karbon crnim bojilom za dobro čitanje ob koda, i ujednačenost pokrivenosti prvog koda na cijeloj grafici. Spektrogram 3 interpretira površinu obojenja za Z sakrivenog koda od golog oka koda. Smanjen je utjecaj sivoće sa cijanom i magentom. Grafikon „3“ u vizualnom spektru je znatno niži, naglo se diže i završava s vrijednosti 0.15 apsorpcije u NIR sopektru na 900 nm.

Primjena dualnih QR kodova ovisi o materijalu na koji se primjenjuje tisak, bojilima i tehnologiji njihovih prikaza. Čitači kodova dozvoljavaju razlike blizanaca boja i do DeltaE s vrijednosti 5. Eksperimenti tiska u dualnom kodiranju daju preporuke o sastavu razlika boja i bojila za četverostruke blizance. Na ekranu računala će se vidjeti mala razlika dva koda. Podešavanje i mijenjanje recepture pokrivenosti izvodi se u prvom popravci samo za bojila M, Y. Prva dorada je na trećoj boji koja nosi informaciju za NIR zapis (Z cod), tamo gdje nema preklapanja V i Z koda. Slijedeće podešavanje su površine gdje nema niti V niti Z koda (prva boja).

Mijenjanje vrijednosti C (cijana) bilo bi opravdano tek ako se nikako ne mogu postići blizanci bojila s promjenama M i Y bojila. Postupak prilagođavanja se izvodi isključivo nakon tiska, pokusnog tiska, promatranjem materijala na kojem su prikazani dualni kodovi. Promatranje fenomena sakrivenosti kodova na ekranu računala nikako nije mjerilo za ocjenu kvalitete međusobnog sakrivanja kodova nakon njihovog tiska.

## 5. Čitanje dva koda

### 5. *Reading two codes*

Kodovi se sastoje od mreže nakupina bojila koje podjednako imaju prazne površine i pokrivena mjesta kao crni kvadratići tipični za QR kod. Dva koda, V i Z, na istom mjestu se razdvajaju u promatranju za vizualni i blisko infracrveni spektar. Prijedlog je da se kod Z oboja sa karbon black bojilom od 40 % pokrivenosti što je dovoljno da to bojilo prepozna infrared kamera a da ne remeti čitljivost prvog V koda koji je namijenjen registriranju u vizualnom spektru.



**Slika 6** Čitanje QR (slike 3) koda u V i Z spektru sa ZRGB kamerom

**Figure 6** Reading QR (Figure 3) codes in the V and Z spectrum with the ZRGB camera

Drugi način čitanja V i Z slika je s ekrana računala za vrijeme trajanja animacije koja imitira gubljenje i pojavljivanje svjetla u prostoru od 400 do 1000 nm (Fig 6).



*Slika 7 Animacija prijelaza V i Z kodova s filter blokadama*

*Figure 7 The transition animation, of V and Z codes with filter blockages*

<http://jana.ziljak.hr/GalleryOR01.mp4>

Animacija prelaza od VIS i NIR spektar (Fig. 5) je zaustavljena na apsorpciji svjetla od 680 nm. Nema informacije o žutoj komponenti tiskarske boje [12]. Ostalo je malo magente, a cijan boja je u maksimumu apsorpcije.

## 6. Zaključak

### 6. Conclusion

INFRAREDESIGNR je proširenje u tehnologiji zaštite proizvoda. Dva QR koda se međusobno skrivaju i zajedno nose dodatne informacije o proizvodu. Drugu kod je „nevidljiv znak“, proširena informacija, sigurnosna grafika. Codovi se izvode u različitim bojama što unapređuje dizajn. Kodovi se izvodi s procesnim tiskarskim bojilima na različitim materijalima. U radi se uvela nova tehnologija miješanje bojila koja je zasnovana na ideji o četiri para blizanaca bojila za samo dva tona boje.

Popunjenje praznih mjesta u QR kodu je izvedeno s C, M, Y bojilima koje NIR kamera „ne vidi“. Ta popunjenja ne smetaju NIR kameri da ona prepozna skriven kod Z koji je izveden s karbon crnim bojilom. Na ovaj način se slika skrivenog koda posve zamaskira.

Za odgonetavanja oba sadržaja kodova, registriranje kao razdvojene fotografije, dovoljna je dualna foto ZRGB kamera. Slike V i Z se čitaju sa softverom „i-nigma“ kojeg imamo na mobitelu, na primjer. Inovativno rješenje je zaštićeno od fotokopiranja.

Dva koda se razlikuju po strukturi udjela pojedinih procesnih bojila. Tisak se može izvesti i s četiri spot bojila. Njihovi sastavi se podešavaju razlikovnosti u Z području. Najmanja razlika svjetline u dva para blizanaca je određena s  $\Delta L > 60 (L^*a^*b)$ . Minimalne vrijednosti za bojilo br1 su 30, 30, 30 posto pokrivenosti C, M, Y.

## 7. REFERENCE

### 7. REFERENCES

- [1] Martina Friščić, Olivera Međugorac, Lidija Tepeš, Denis Jurecic, Invisible information on the transparent polymer food packaging with Infra V/Z technology, TTEM Vol 8/4, 2013; P: 1512 -1519, ISSN:1840-1503, e-ISSN 1986-809X
- [2] Ana Agić, Ivana Žiljak Stanimirović, Darko Agić, Miljković Petar; REDUCTION RATE STRATEGIES BY PROGRAMMED NIR DUAL IMAGE REPRODUCTION PROCESS; POLYTECHNIC & DESIGN, Zagreb; Vol. 3, No. 3, 2015 p: 250 - 257-, ISSN 1849 - 1995: <https://hrcak.srce.hr/192323>; DOI: 10.19279/TVZ.PD.2015-3-3-02
- [3] Aleksandra Bernašek, Ljilja Ivančević; Sigurnost u dizajnu dokumenata i vrijednosnica Safety design of documents and securitie; Polytechnic & Design (.tvz.hr); ZAGREB UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES; Vol. 4, No. 1, 2016. pp: 60 - 67; ISSN 2459-6302; ISSN ;1849-1995; DOI: 10.19279/TVZ.PD.2016-4-1-08
- [4] Ivan Pogarčić, Ana Agić, Maja Matas; Evaluation of the colorant twins for the neutral grey spectra in infrared graphic procedure; Tehnički vjesnik 23, 6(2016), p:1659-1664; ISSN 1330-3651, ISSN 1848-6339 ; DOI: 10.17559/TV-20150303132036

- [5] Branka Morić Kolarić, Mirna Grgić, Denis Jurečić, Pero Miljković: Sigurnosna etiketa soka od aronije skanirana u blokadama u bliskom infracrvenom spektru, Polytechnic & Design, Vol 5. No 4, p:280-286; 2017; DOI: 10.19279/TVZ.PD.2017-5-4-12
- [6] Maja Rudolf · Nikolina Stanic Loknar · Ivana Žiljak Stanimirović ; INFRARED STEGANOGRAPHY WITH INDIVIDUAL SCREENING SHAPES APPLIED TO POSTAGE STAMPS WITH SECURITY FEATURES ; Tehnički Vjesnik 08/2015; 22(4):939-945. DOI: 10.17559/TV-20140718121246, Hrčak
- [7] Jana Žiljak Vujić, Ivana Žiljak Stanimirović, Olivera Medugorac; HIDDEN INFORMATION IN VISUAL AND INFRARED SPECTRUM, Informatologija 45, 2012., 2, pp.96 - 102, UDK : 655.3.06:7.05:535-1 ; <https://hrcak.srce.hr/file/126351>
- [8] Vilko Žiljak, Klaudio Pap, Ivana Žiljak-Stanimirović: DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE FOR ZRGB INFRAREDESIGN DEVICE. // Technical Gazette. 18 (2011), 2; p:153-159
- [9] Docucenter 4500 & PAG B50, <http://forensictechnology.com/projectina/> Projectina AG, Switzerland,
- [10] Jana Žiljak Gršić; Near infrared spektroskopija u print tehnologiji; polytechnic & design Vol. 5, No. 1, 2017. pp:32-36; DOI: 10.19279/TVZ.PD.2017-5-1-05
- [11] Ivana Ž. Stanimirović, Jana Ž. Vujić, Nikolina Stanić Loknar; MARKING OF THE CAMOUFLAGE UNIFORM FOR VISUAL AND NEAR INFRARED SPECTRUM, TTEM, Technics Technologies Education Management, Vol 8. No3. 2013, p: 920 - 026, ISSN 1840-1503
- [12] Đurđica Parac-Osterman, Martina Ira Glogar, Ivana Žiljak Stanimirović; Camouflage Military Uniform of the 21st Century; Annual 2015 of the Croatian Academy of Engineering; pp183-199; ISSN 1332-3482
- [13] Dijana Nazor Informiranost, interes, mišljenja, stavovi i prijedlozi o primjeni infracrvenog snimanja u slikarstvu i restauratorskom retušu, Polytechnic and Design, Vol. 3, No. 2, 2015
- [14] Vilko Žiljak, Lidija Tepeš Golubic, Jana Žiljak Gršić, Denis Jurečić, Security methods in the art and science using spectroscopy in the visual and near infrared range, International Journal of New Technology and Research, IJNTR 4/8, 2018, <https://www.ijntr.org/page/issues/vol/vol-4issue-8>

#### AUTOR · AUTHOR

**Jana Žiljak Gršić** - nepromjenjena biografija nalazi se u časopisu Polytechnic & Design Vol. 1, No. 1, 2013.

#### Korespondencija

[jziljak@tvz.hr](mailto:jziljak@tvz.hr)