

# SPEKTROMETRIJA BOJA NA HRVATSKIM POMORSKIM KARTAMA

## COLOUR SPECTROMETRY ON CROATIAN SEA CHARTS

**Tonći Jeličić<sup>1</sup>, Jana Žiljak-Gršić<sup>2</sup>, Damir Modrić<sup>3</sup>**

1 Hrvatski hidrografski institut, Split, Hrvatska - Hydrographic Institute of the Republic of Croatia, Split, Croatia

2 Tehničko veleučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska - Zagreb University of Applied Sciences, Zagreb, Croatia

3 Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska - Faculty of Graphic Arts, University of Zagreb, Croatia

### Sažetak

Hidrografski uredi u svijetu nastoje standardizirati boje na svojim pomorskim kartama u cilju osiguravanja točnosti i nedvojbenosti prikazanih informacija. Standardizacija boja na pomorskim kartama obuhvaća tehničke specifikacije za primjenu boja kako bi se izbjegle zabune i/ili greške zbog primjene različitih kombinacija boja.

Za pomorske karte postoje preporuke o sastavu boja koje se koriste, ali do sada nije bilo podataka o spektrografiji tih boja. Spektrografsko ispitivanje proširuje se i na blisko infracrveno područje elektromagnetskog spektra. To je polazište za standardizaciju primjene boja na pomorskim kartama.

U radu se daju refleksijski spektri osnovnih boja na hrvatskim pomorskim kartama, te se osim vidljivog dijela spektra po prvi put prikazuju i rezultati za dio bliskog infracrvenog dijela spektra. Dobiveni rezultati će biti osnova za uvođenje blizanaca boja kojima će se zaštititi informacije na pomorskim kartama. Krajnji cilj istraživanja je uvođenje sustava skrivenih grafičkih elemenata za proširenje informacijskog sadržaja karte, bez utjecaja na podatke koji su obavezni na kartama, odnosno njihovu vizualnu preglednost.

Zaključno se analizira primjena boja na pomorskim kartama, navode se međunarodna iskustva te daje preporuka za provedbu analize primjene boja na kartama drugih država članica IHO-a.

Ključne riječi: pomorske karte, boje, spektrometrija, V - vidljivo područje spektra, Z - blisko IR područje

### Abstract

Hydrographic offices throughout the world strive to standardize colours on their sea charts in order to ensure the accuracy and unambiguity of the information displayed. Standardization of colours on sea charts includes technical specifications for colour application to avoid confusion and/or error due to the application of different colour combinations.

For sea charts there are recommendations on the composition of colours used, but so far there is no data available on the spectrography of these colours. Spectrographic examination also extends to the near-infrared area of electromagnetic spectrum. This is the starting point for standardizing the application of colours on sea charts.

This paper presents reflexive spectra of colours on Croatian sea charts, and apart from the visible part of the spectrum, the results for part of the near-infrared spectrum are presented for the first time.

The results will serve as the basis for introducing twin colours to protect the information displayed on charts. The ultimate aim of analysis is to introduce a system of hidden graphical elements to extend chart information contents without affecting the required chart information or its visual reference.

In conclusion, the application of colours on sea charts is analyzed, international experiences are mentioned, and recommendations are made for the implementation of colour analysis on charts of other IHO member states.

Keywords: sea charts, colours, spectrometrics, V-visible part of the spectrum, Z-near infrared part of the spectrum

## 1. Uvod

Službene pomorske navigacijske karte se izrađuju i održavaju prema međunarodnim i nacionalnim standardima, konvencijama i ugovorima te preporukama Međunarodne pomorske organizacije (International Maritime Organization - IMO), Međunarodne hidrografske organizacije (International Hydrographic organization - IHO), kao i nacionalnim propisima. [1]

Hidrografski uredi u svijetu općenito slijede preporuke da informacije sadržane u službenim pomorskim navigacijskim kartama moraju biti točne i pouzdane. To podrazumijeva da kod papirnatih karata treba osigurati kvalitetnu reprodukciju i propisane specifikacije posebno one koje se odnose na primjenu boja, što je temeljna uloga grafičkih sustava unutar hidrografskih organizacija.

Prema Zakonu o hidrografskoj djelatnosti u Republici Hrvatskoj status organizacije zadužene za hidrografsku djelatnost ima Hrvatski hidrografski institut (HHI). [1]

## 2. Tehničke specifikacije boja na pomorskim kartama

Tehničke specifikacije za službene pomorske navigacijske karte propisuje Međunarodna hidrografska organizacija (Regulations of the IHO for international (INT) charts and chart specifications of the IHO). Na primjenu boja odnosno kolor reprodukciju posebno se odnose poglavlja od B-140 do B-147 (08/2006.) u sekciji B. [2]

Poglavlje B-140 propisuje da sve karte trebaju biti tiskane sa minimalno četiri boje: Crna, Magenta, Žuta i Plava, a dodatne boje mogu se primjeniti za posebne prikaze. Međutim, primjena alternativnih boja ima tendenciju reduciranja željene razine standardizacije. Varijacije boja služe za isticanje elemenata npr. nacionalne prepoznatljivosti, ali nužno je da nemaju utjecaja na preglednost odnosno točnost karte. [2]

Poglavlje B-141 definira upotrebu crne boje koja mora biti primjenjena za sve detalje osnovnog kartografskog okvira karte te za fizičke odnosno čvrste značajke, uključujući dubine. Primjena magente je definirana u poglavlju B-142, koja je rezervirana za skretanje pozornosti na elemente karte koji imaju određenu važnost. Žuta (boja kože, eng. "buff colour") ili iznimno siva se mora primjenjivati kao boja kopna (B-143), a plava boja (B-144) kao boja koja naglašava plitke vode. Dvije ili više nijansi plave boje mogu se primjeniti za prikaz područja različitih dubina, s tim da najtamnija plava označava najplića područja. Zelena boja (B-145) se primjenjuje za područja plimnih zona i močvarna područja, zatim za zelena svjetla i sektore, a njena primjena omogućava i ucrtavanje informacija o okolišu. [2]

Kao odgovor na potrebe kartografiranja i razvitak kartografske tehnologije Tehničke specifikacije se povremeno mijenjaju odnosno unapređuju. Za ažuriranje Tehničkih specifikacija (Technical Resolution 11/2002) je zadužena Radna grupa za standardizaciju pomorskih karata i papirnatih karte (CSPCWG - Chart Standardization & Paper Chart Working Group). Godine 2015. ime je promijenjeno u Radna grupa za nautičku kartografiju (Nautical Cartography Working Group - NCWG). [3]

### 2.1. Međunarodna iskustva primjene boja na pomorskim kartama

Kronološkim redom, prva poznata istrtaživanja datiraju iz 1983. godine. U članku D. W. Newsona iz UKHO, objavljenom u Journal of Navigation, koji se bavi nastojanjima u cilju standardizacije pomorskih karata, posebna cjelina se odnosi na boje. Autor navodi da nema razloga za odstupanje od uobičajene prakse većine hidrografskih ureda da ograniče broj boja na kartama na četiri: crnu, magentu (crvenu), plavu i žutu (sivu). Ističe se da je pri odabiru boja potrebno imati na umu da boje moraju biti vidljive i kod prigušenog svjetla na komandnom mostu. Posebno je razmatrana standardizacija primjene magente. [4]

Članak "Colour: Its Significance for the Navigation Chart" (Uloga/važnost boja na navigacijskoj karti) u izdanju IHO iz 1983. godine S. Lawson, certificirani profesionalni ergonom (Certified Professional Ergonomist with the Human Factors & Ergonomics Society of Australia), posebno ukazuje na potrebu istraživanja boja na pomorskim kartama. [5]

U članku "Chromatic Consideration on the Colour of Nautical Charts" grupe autora iz Japanskog hidrografskog ureda (Japanese Hydrographic Department - JHD) objavljenom 2001. godine, prikazana su

opsežna kromatska istraživanja provedena prilikom promjene boja na njihovim pomorskim kartama. [6]

## 2.2. Primjena boja na hrvatskim pomorskim kartama

Tijekom 1990-ih godina na hrvatskim pomorskim kartama je došlo do konverzije boja iz 5-bojnog ofsetnog tiska u 4-bojni kolor tisak (CMYK). Dotadašnje korištene boje: Plava, Ljubičasta, Žuta, Crna i Sepija su konvertirane u odgovarajuće vrijednosti u CMYK-u.

Nastavak rada na usklađivanju ranije korištenih nijansi boja u CMYK sustav je potaknut mogućnošću uvođenja digitalne (ploterske) tehnologije u izradu karata, a u cilju zadržavanja prepoznatljivosti i tradicije hrvatskih pomorskih karata. To je doprinijelo standardizaciji odnosno ujednačavanju reprodukcije boja u ofsetnom tisku, ali i ujednačavanju rezultata neovisno o primjenjenoj tehnologiji. U međuvremenu su i vodeći svjetski hidrografski uredi, postupno prelazili sa ofsetne tehnologije na plotersku.

Dakle, provedena konverzija boja u CMYK sustav u slučaju hrvatskih pomorskih karata je sukladna težnji IHO-a prema standardizaciji primjene boja na pomorskih kartama. Zato se u ovom radu promatraju osnovne boje od kojih su sastavljene kombinacije boja za pomorske karte.

## 3. Spektrometrija boja na hrvatskim pomorskim kartama

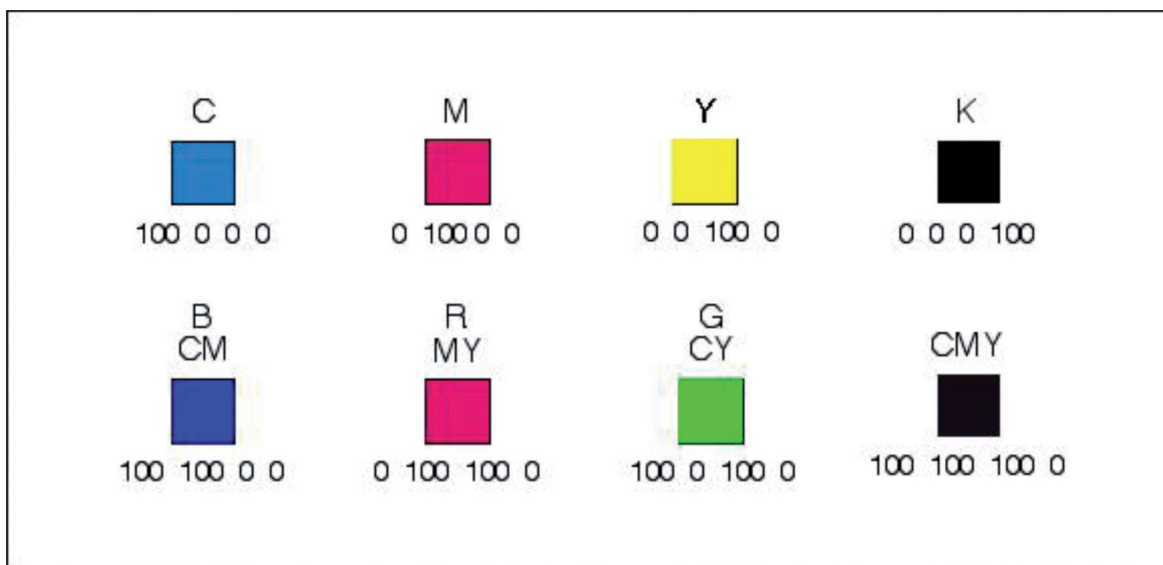
Za pomorske karte postoje preporuke o sastavu boja koje se koriste, ali do sada nije bilo podataka o spektrometriji tih boja. Spektrografsko ispitivanje se prvi put proširuje i na blisko infracrveno područje elektromagnetskog spektra.

To je polazište za standardizaciju primjene boja na pomorskim kartama.

U radu se daju refleksijski spektri (spektrogrami) osnovnih boja od kojih se sastoje boje na pomorskim kartama, te se osim vidljivog dijela spektra (V) prikazuju i rezultati za prijelazni dio (Z1) bliskog infracrvenog dijela spektra i blisko IR-područje (Z2). [7]

Za mjerenje refleksijskih spektara je korišten posebno pripremljen testni uzorak (slika 1). Uzorak se sastoji od:

- 1) CMYK osnovnih boja,
- 2) RGB (u CMYK vrijednostima) i
- 3) CMY (siva - bez crne K).



Slika 1. Testni uzorak za mjerenje osnovnih boja CMYK, RGB i K boje

Za mjerenje je korišten spektrometar Ocean Optics USB4000 koji omogućava spektrometrijska mjerenja s iznimnom spektralnom rezolucijom (0.1 nm) u rasponu od 200 do 1100 nm, visoke optičke rezolucije.

Za ispis je korištena ink-jet tehnologija koja se trenutno koristi za izradu hrvatskih pomorskih karata, kao i tiskovna odnosno u ovom slučaju ispisna podloga.

Testni uzorci su dobiveni na Océ ColorWave 500 ploteru koji koristi novu generaciju tehnologije CrystalPoint, konkretno sustav "Océ TonerPearl" s 4 cmyk boje. Korištene su boje iz komercijalne ponude Océ-Canon-a, te default postavke color managementa.

Tiskovna podloga za testne uzorke je kartografski papir (Fabriano Geographical Map Paper), gramature 150 g/m<sup>2</sup>, blago šamoa toniran, posebno proizveden za potrebe primjene u izradi pomorskih karata.

Refleksijski spektri su mjereni u vidljivom području (V), te prošireni na prijelazno područje prvog dijela bliskog infracrvenog područja Z1 do 800 nm, te Z2 područje spektra do 850 nm.

### 3.1. Spektrometrija plavih tonova boja

Refleksijske spektre plavih tonova prikazuje slika 2. i to za C-Cyan i B-Blue odnosno C+M.

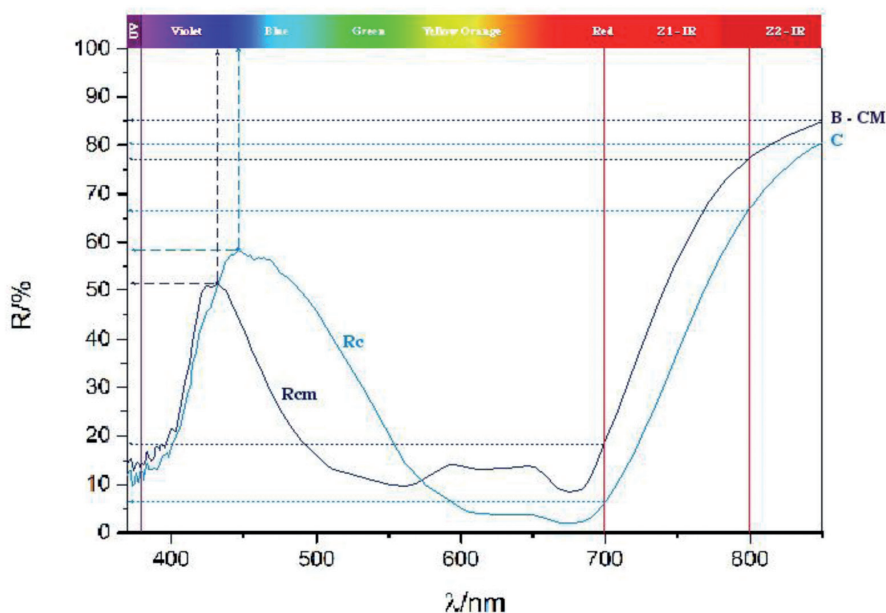
Na spektrogramu C je vrhunac refleksije  $R_c$  iznosi oko 60% na 450 nm, dakle u plavom području spektra, dok je na spektrogramu CM osim u plavom području vidljiva veća refleksija  $R_{cm}$  iznad 700 nm u crvenom području. To je i očekivano obzirom na boje sastavnice Blue odnosno osim Cyana visok je udio Magente.

Spektrogram C pokazuje nešto više vrijednosti  $R_c$  kroz plavi i zeleni dio spektra, jer se zapravo radi o nijansi zeleno-plave boje. Na spektrogramu CM vrijednost  $R_{cm}$  nešto niža u plavom području od  $R_c$  i iznosi oko 50%, ali je refleksija  $R_{cm}$  u crvenom području od 700 do 800 nm (Z1) viša za najmanje 10%.

Vrijednosti refleksije  $R_{cm}$  su više za 5% onih  $R_c$  i u području od 800 do 850 nm, dakle u Z2 dijelu bliskog IR-područja.

Pojava refleksije odnosno odziva u Z1 i Z2 dijelovima spektra u vrijednostima do 80 odnosno 85%, pokazuje da postoji određena vizualna aktivnost u bliskom IR području, a spektrogrami pokazuju tendenciju daljnjeg rasta.

Ako bi ove vrijednosti promatrali kao vrijednosti apsorpcije, a koje su obrnuto proporcionalne u odnosu na vrijednosti refleksije, u Z2 području se pokazuje mala vrijednost apsorpcije od 15 odnosno 20%.



Slika 2. Refleksijski spektri boja na hrvatskim pomorskim kartama  $R_c$  i  $R_{cm}$  (C = cyan, B = blue = cyan+magenta)

### 3.2. Spektrometrija crvenih tonova boja

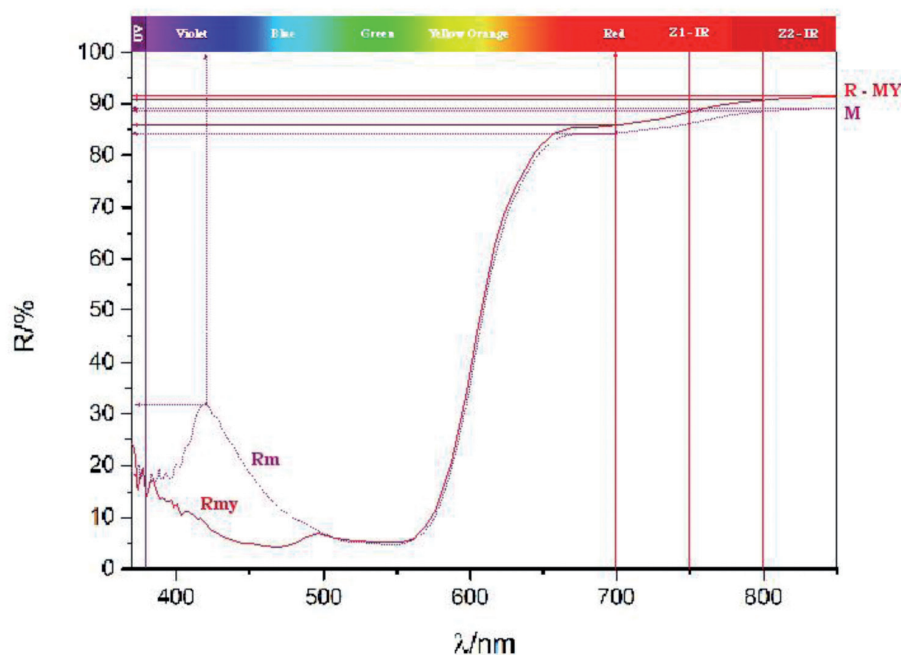
Refleksijske spektre crvenih tonova prikazuje slika 3. za M-magenta i R-red odnosno M+Y.

Na spektrogramu M vrhunac  $R_m$  je od 650 do 750 nm dakle u crvenom području spektra, jednako kao i  $R_{my}$ . U području iznad 500 nm se spektrogrami  $R_m$  i  $R_{my}$  uglavnom preklapaju.

Porast refleksije kod oba spektrograma je uočen u žutom području uz vrijednost oko 45% na 600 nm, s tim da je  $R_{my}$  nešto viša što je i očekivano obzirom na boje sastavnice R odnosno Magentu i Yellow.

S druge strane, kod spektrograma M u ljubičasto-plavom području između 400 i 450 nm zamjetna je  $R_m$  viša od 30%, što je i jedina zamjetnija razlika između mjerenih boja, a koja M daje određeni ljubičasto-plavi ton.

Pojava refleksije odnosno odziv u Z1 dijelu spektra je u vrijednostima od oko 85% sa trendom porasta prema 850 nm, što pokazuje da postoji određena vizualna aktivnost u bliskom IR području kod obe boje.



Slika 3. Refleksijski spektri boja na hrvatskim pomorskim kartama  $R_m$  i  $R_{my}$  (M = magenta, R = red = magenta+yellow)

### 3.3. Spektrometrija žute i zelene boje

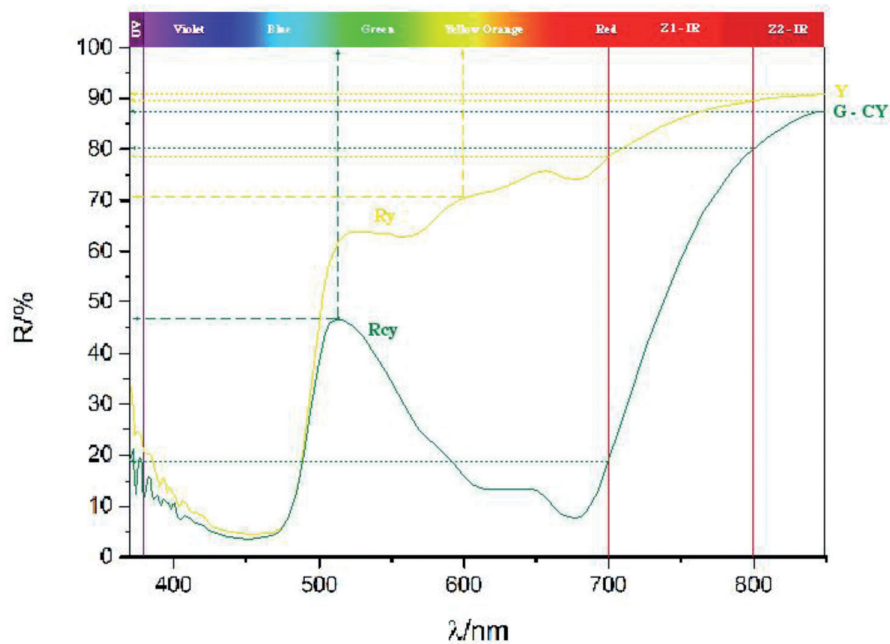
Slika 4. prikazuje refleksijske spektre Y-yellow (žute) i G-green (zelene) boje odnosno C+Y.

Na spektrogramu Y vrhunac  $R_y$  je u području od 500 do 700 nm dakle u dominantno žutom području spektra uz vrijednost iznad 70%.

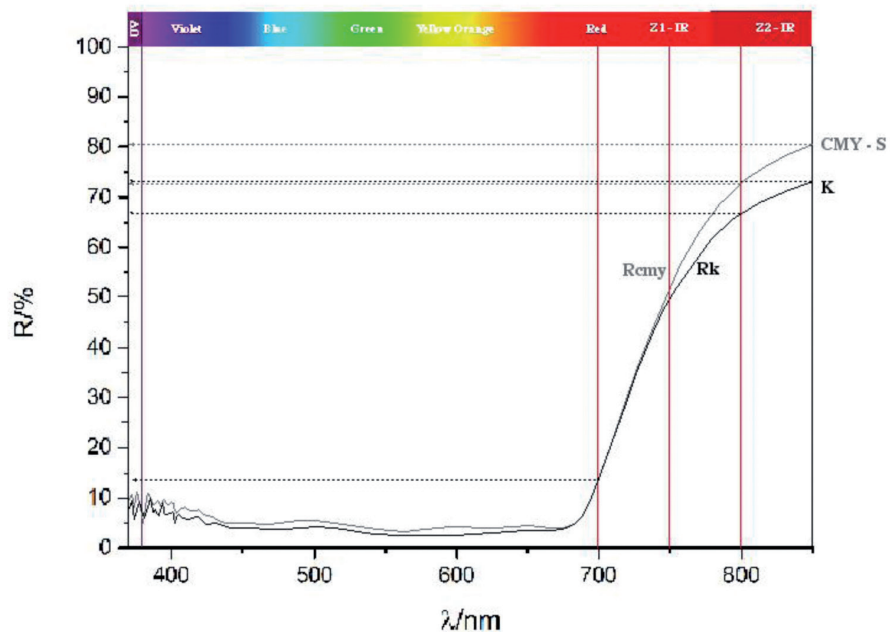
Na spektrogramu G je vrhunac  $R_g$  je malo iznad 500 nm u zelenom području spektra uz vrijednost od oko 45%, a osim toga je uočljiva  $R_g$  od oko 30% u plavom i žutom području spektra, dakle području boja sastavnica  $G = CY$ .

Pojava  $R_y$  odnosno odziv u Z1 dijelu spektra je u vrijednostima od 800 nm te sve do 90% u Z2 području, dok je  $R_g$  u Z1 dijelu spektra u vrijednostima od 20 do 80%, dok u Z2 raste na 85%

To pokazuje da i kod žutih i zelenih tonova postoji određena vizualna aktivnost u bliskom IR području.



Slika 4. Refleksijski spektri boja na hrvatskim pomorskim kartama Ry i Rcy (Y = yellow, G = green = cyan + yellow)



Slika 5. Refleksijski spektri boja na hrvatskim pomorskim kartama Rk i Rcmy (K = black i CMY = S (siva) = c+m+y)

### 3.4. Spektrometrija crnih tonova boja

Slika 5. prikazuje refleksijske spektre crnih tonova za K-black i CMY-C+M+Y odnosno S-sive boje.

Na spektrogramu CMY je vrhunac refleksije  $R_{cmy}$  je u Z1 i Z2 području uz vrijednostima do 80%, dok je vrlo slaba refleksija u cijelom V području sve do 750 nm, vrijednosti do 15%, vrlo slično je sa usporednim spektrogramom K.

Na spektrogramu K je vrhunac refleksije  $R_k$  u Z2 području, dakle iznad 800 nm uz vrijednosti od preko 70%, dok je  $R_k$  u Z1 području u vrijednostima nešto nižim od  $R_{cmy}$  i to za cca 10% na 850 nm.

Spektrogram K ima općenito niže vrijednosti  $R_k$  u svim dijelovima V spektra radi toga što se radi o tamnijoj odnosno "crnijoj" boji.

Pojava refleksije odnosno odziva u Z1 dijelu spektra je u vrijednostima oko 70%, što pokazuje da postoji razlika u vizualnoj aktivnosti u bliskom IR području. Važno je uočiti da je razlika usporednih boja u Z2 području na 850 nm najveća i iznosi više od 10%, što dokazuje različit odziv odnosno aktivnost u dvaju crnih tonova boja.

#### 4. Zaključak

U radu je pokazano da u Z1 prijelaznom području bliskog IR dijela spektra postoje određene razlike u refleksiji odnosno apsorpciji između pojedinih boja. Isto tako, najmanju vrijednost refleksije od svih mjerenih boja za valnu dužinu od 850 nm pokazuje spektrogram K u vrijednosti  $R_k$  ispod 75%, dok su ostale boje pokazale vrijednosti iznad 80 pa sve do 90% refleksije. Na valnoj dužini od 800 nm, refleksija za K je ispod 65%.

Iz toga slijedi da je boja K pokazala najveće vrijednosti apsorpcije u Z1 prijelaznom području i to od 25 do 35%. Dobiveni rezultati pokazuju potrebu za provođenje daljnjih istraživanja odziva boja u bliskom IR području (Z1 i Z2).

Krajnji cilj istraživanja je uvođenje sustava skrivenih grafičkih elemenata za proširenje informacijskog sadržaja karte, bez utjecaja na podatke koji su obavezni na pomorskim kartama, odnosno njihovu vizualnu preglednost.

Posebno se ukazuje na važnost plavih boja na pomorskim kartama koje se koriste za prikaz morskih područja, a u cilju uvođenja blizanaca plave boje. Blizanci plave boje mogu proširiti informativni sadržaj na pomorskim kartama bez utjecaja na njihovu vizualnu preglednost.

Zaključno se preporučuje spektrometrija standardnih boja na hrvatskim pomorskim kartama kao i na kartama drugih država članica IHO-a, uzimajući u obzir njihove objavljene sastave boja kao i međunarodna iskustva.

#### 5. Reference

- [1] Jeličić T.; Pomorske karte i navigacijske publikacije, Blaž Baromić, 8. znanstveno-stručni simpozij hrvatskih grafičara, Zbornik radova, ed. Bolanča Z.; Mikota M; pp; 23-28; ISBN 953-96020-2-5, Senj, 2004.
- [2] Regulations of the IHO for international (INT) charts and chart specifications of the IHO, section B-140 - B-147, IHO, Monaco
- [3] Nautical Cartography Working Group - NCWG, Technical Resolutions, IHO, Monaco
- [4] Newson D.W.; Nautical chart standarization, International Hydrographic Review, Monaco, LXI (2), 1984.
- [5] Lawson S.; Colour: Its Significance for the Navigation Chart, IHO, 1983.
- [6] Shibayama N.; Yamaya K.; Tani S.; Namba N.; Chromatic Consideration on the Colour of Nautical Charts, International Hydrographic Review, Monaco, Vol. 2, No. 2 (New Series), 2001.
- [7] Žiljak-Gršić J.; Bliska infracrvena spektroskopija u tiskarskoj tehnologiji, Polytechnic & Design, Vol. 5, No. 1, 2017., ur. Žiljak V., pp; 32-36; ISSN 1849-1995, e-ISSN 2459-6302, Tehničko veleučilište u Zagrebu, 2017.

#### Korespondencija:

mr.sc. Tonći Jeličić

adresa: Hrvatski hidrografski institut, Zrinsko-Frankopanska 161, 21000 Split, Hrvatska

e-mail: tonci.jelicic@hhi.hr