

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAFIČKI FAKULTET

# ZAVRŠNI RAD

Ivana Cvetković



Sveučilište u Zagrebu  
Grafički fakultet

Smjer: Tehničko-tehnološki

# ZAVRŠNI RAD

## ČITLJIVOST 2D KODOVA NA OBOJENIM PODLOGAMA

Mentor:  
Izv. prof. dr. sc. Branka Lozo

Student:  
Ivana Cvetković

Zagreb, 2014.

Rješenje o odobrenju teme završnog rada

## **SAŽETAK:**

2D kodovi baziraju se na binarnom kodiranju odabranog teksta te se najčešće tiskaju kao crni kod na bijeloj podlozi čime se omogućava maksimalni kontrast tiskanih elemenata i dobra čitljivost koda za njegovo dekodiranje. To je posebno naglašeno s obzirom na konstrukciju kodova kod kojih se zahtjeva mirno područje, neotisni prostor oko koda. Apliciranjem 2D kodova na obojene tiskovne podloge dolazi do smanjenja kontrasta između kodnih riječi 2D koda i tiskovne podloga čime može biti narušena čitljivost tj. ispravno dekodiranje kodova. U završnom radu se izvršilo otiskivanje odabranih 2D kodova na laserskom, Konica Minolta C550, i ink jet, Epson SX 300 pisaču na 6 različitih industrijski proizvedenih obojenih papira, te se izvršio test čitljivosti 2D kodova programom Quickmark i GretagMacbeth Spectrolino spektrofotometrom.

## **KLJUČNE RIJEČI:**

QR kod, obojene tiskovne podloge, čitljivost, Quickmark, spektrofotometar

## **ABSTRACT:**

2D codes are based on binary encoding of the selected text, and are usually printed as black code with white background allowing maximum contrast of printed elements and good readability for decoding. That is especially accentuated in regard to construction of codes that require a quiet zone, around the code. Applying 2D codes on colored printing substrate causes lower contrast between the 2D code and printing substrate which can compromise readability and proper decoding. In this final thesis printing of QR codes was performed on laser, Konica minolta C550, and ink jet, Epson SX300 printer on 6 different industrially produced colored papers. The readability test was performed with a program QuickMark and with spectrophotometer GretagMacbeth Spectrolino .

## **KEY WORDS:**

QR code, colored printing surface, readability, QuickMark, spectrophotometer

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. KODOVI</b> .....	2
2.1. Jednodimenzionalni kodovi.....	2
2.2. Dvodimenzionalni kodovi.....	4
<b>3. QR KOD</b> .....	5
3.1. Povijest .....	7
3.2. Područja korištenja.....	8
3.3. Funkcioniranje .....	9
3.4. Značajke .....	12
3.5. Čitljivost .....	13
3.6. Korekcija grešaka .....	14
<b>4. KONTRAST I BOJA</b> .....	16
4.1. Kontrast.....	16
4.2. Cielab sustav.....	16
4.3. Razlika boja.....	17
<b>5. PRAKTIČNI DIO</b> .....	19
5.1. Izrada QR koda .....	19
5.2. Ispis QR koda .....	22
<b>6. REZULTATI I RASPRAVA</b> .....	24
6.1. Čitljivost uzoraka.....	24
6.2. Mjerenje uzoraka.....	25
<b>7. ZAKLJUČAK</b> .....	28
<b>8. LITERATURA</b> .....	29

## 1. UVOD

2D kodovi su dvodimenzionalni kodovi koji u sebi pohranjuju informacije na vrlo malom prostoru te se do njih dolazi očitavanjem odgovarajućim uređajem i programom. U posljednje vrijeme sve su popularniji te ih možemo primjetiti gotovo svugdje oko nas. Najčešće se izrađuju u crno bijeloj boji što omogućuje dobru čitljivost neovisno o kvaliteti čitača. Kako crna i bijela kombinacija kodova nije uvijek uklopiva u dizajnerski aspekt nekog proizvoda, potrebno je istražiti ponašanje kodova u boji na različito obojenim podlogama. U ovom radu izvršit će se mjerenja čitljivosti obojanih kodova na ink jet Epson SX300 i Konica Minolta C550 laserskom pisaču na 6 različito obojenih podloga. Ispitivanje će se sastojati od dva dijela. U prvom djelu će se očitavanja izvršiti programom QuickMark. Na temelju rezultata prvog djela izvršit će se drugi dio testiranja spektrofotometrom te će se raspraviti o čitljivosti pojedinih boja QR koda ovisno o boji podloge te ostalim parametrima.

## 2. KODOVI

### 2.1. Jednodimenzionalni kodovi

Barkod je strojno čitljiv način označavanja proizvoda. Djeli se prema strukturi i količini podataka na :

1. Jednodimenzionalni kodovi (1D kod)
2. Dvodimenzionalni kodovi (2D kod)

Jednodimenzionalni kodovi su crtični kodovi koji se sastoji od niza tamnih linija i svjetlih međuprostora te u sebi sadrže samo jedan podatak, najčešće šifru proizvoda (Slika 1).<sup>[1]</sup>



*Slika 1. – Jednodimenzionalni barkod*

<http://liderpress.hr/static/media/cache/cd/75/cd75ee28d76d78cedf23989f0e52126a.jpg>

Jedna od većih trgovina u SAD-u htjela je provesti istraživanja na temu automatskog očitavanja informacija na proizvodima. Upit je došao do Drexel Instituta, gdje je Bernard Silver 1948. godine zajedno sa studentom Normanom Joseph Woodlandom počeo raditi na tom istraživanju. Woodlandova prva ideja je bila uporaba bojila osjetljivih na ultraljubičasti spektar. Ideja nije zaživela jer se u implementaciji pokazala nestabilna i neekonomična.

20. studenog 1949. Woodland i Silver prijavili su patent u kojem su opisali barkod kao "bull's eye" (bikovo oko) jer se sastojao od koncentričnih crnih i bijelih krugova. 1951. Woodland se zaposlio u IBM-u te pokušao nadležne uvjeriti u potencijal koji leži u barkodovima.

Iako na početku nisu bili zainteresirani, kasnije su se ipak odlučili na kupnju patenta, međutim, njihova ponuda nije bila zadovoljavajuća.

Zato su odlučili prodati patent korporaciji Philco koja je 1962. godine prodala patent korporaciji RCA. Nakon toga RCA je počela s testiranjem patenta u supermarketima. Barkodovi su ispisivani na naljepnicama, te ručno ljepljeni od strane prodavača u supermarketu. Testiranja su pokazala velike probleme u implementaciji. Naime, tokom tiska, tiskarski strojevi su nanosili bojila u smjeru ulaska papira, što je barkod učinilo nečitljivim. Linearni kod, kao onaj koji je razvio Woodland u IBM-u, bio je tiskan u smjeru pruga na barkodu, tako da je višak boje učinio barkod površinski „višljim“ ali čitljivijim. Taj kod se pokazao učinkovitim te je kasnije uzet kao američki standard u trgovini. IBM je tada dizajnirao 5 verzija UPC simbola za daljnji razvoj industrije: UPC A, B, C, D i E.<sup>[2]</sup> Započela je masovna upotreba kodova u trgovinama što je dovelo do prodaje prvog artikala označenog UPC kodom, radilo se o pakiranju Wrigley's Juicy Fruit žvakaćih guma.<sup>[3]</sup>



Slika 2. - Prvi primjer upotrebe UPC koda

[https://lh4.googleusercontent.com/-](https://lh4.googleusercontent.com/-2yw9tiI6TAU/U6wo6XC6hGI/AAAAAAAAAEE/hBNzLCSjGI8/w817-h526/Gum_Barcode.png)

[2yw9tiI6TAU/U6wo6XC6hGI/AAAAAAAAAEE/hBNzLCSjGI8/w817-h526/Gum\\_Barcode.png](https://lh4.googleusercontent.com/-2yw9tiI6TAU/U6wo6XC6hGI/AAAAAAAAAEE/hBNzLCSjGI8/w817-h526/Gum_Barcode.png)



## 2.2. Dvodimenzionalni kodovi

2D kodovi su dvodimenzionalne grafike koje pohranjuju podatke vertikalno i horizontalno. Pohranjuju preko 7 089 znakova te omogućavaju pristup podacima u velikim brzinama.<sup>[4]</sup>

Podjela 2D kodova na temelju vrste informacija:

- izravni
- neizravni

Izravni se koriste pomoću mobilnih uređanja no bez potrebe za spajanjem na internet, ukoliko je informacija u obliku linka web stranice, korisnik sam odlučuje hoće li se spojiti na internet ili ne. Neizravni sadrže informaciju za koju se potrebno spojiti na internet. Na taj način omogućeno je praćenje broja posjeta u svrhu statistike. Neizravni model pruža bolje mogućnosti multimedija.

U usporedbi s 1D kodovima, 2D kodovi mogu sadržavati puno više podataka pritom zauzimajući puno manji prostor. Važno je spomenuti da iako su dvodimenzionalni kodovi nastali nakon jednodimenzionalnih, oni nisu nikada bili u cilju njihove zamjene.<sup>[5]</sup>

Podjela 2D kodova na temelju oblika:

- u obliku stoga (linearni simboli organizirani u određenu strukturu, u više redova)
- matrice (simboli su različite točke, heksagoni i ostali geometrijski oblici)<sup>[6]</sup>

Najpoznatije vrste 2D kodova u obliku stoga su: PDF 417, Codablock F, Code 49, Code 16K, SuperCode. Najpoznatije vrste u obliku matrica: Aztec, DataMatrix, MaxiCode, QR kod. U ovom radu koristi se upravo QR kod.



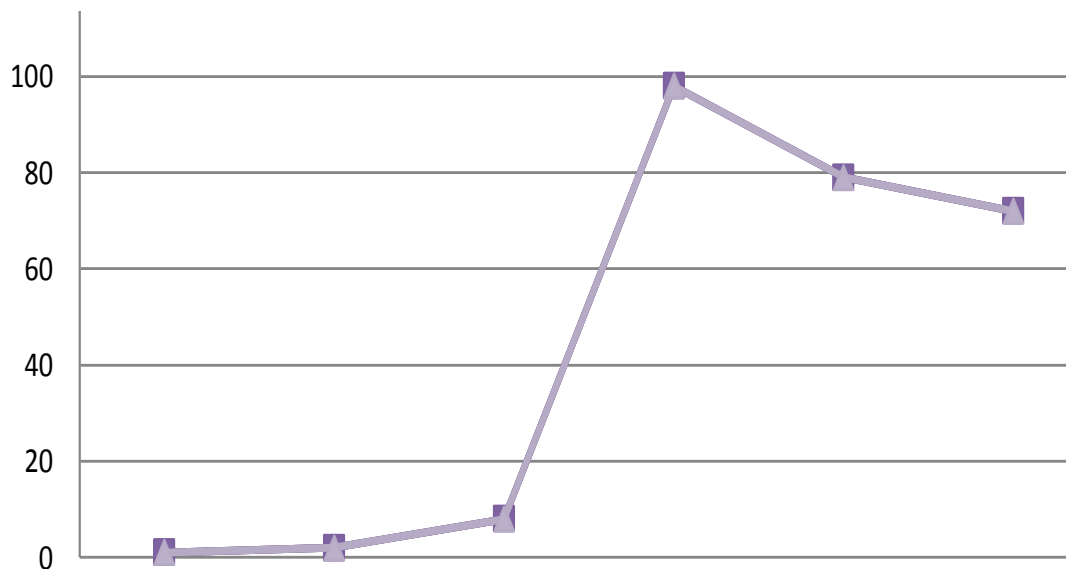
*Slika 3. – Dvodimenzionalni QR kod*

<http://2d-code.co.uk/images/google-qr-code.jpg>

### 3. QR KOD

QR (kratica koja stoji za “quick response”) su dvodimenzionalni matrix kodovi koji se mogu očitavati pomoću čitača i programa. Očitavanjem direktno preusmjeravaju na tekst, e-mail, broj telefona, web adresu, kartu ili neku drugu informaciju. Uglavnom se koriste u marketingu, zato ih se u novije vrijeme može primjetiti svugdje, primjerice na plakatima, raznim ambalažama, proizvodima. U usporedbi s prepisivanjem linkova internet adresa, e-pošte, ova tehnologija omogućuje brz pristup željenom sadržaju.<sup>[4]</sup>

Grafikon 1. prikazuje značajan porast korištenja QR kodova. Brojevi na osi x predstavljaju interes korištenja QR koda u određenim godinama u odnosu na najvišu točku na dijagramu 1.



Dijagram 1. – Korištenje QR kodova kroz vrijeme

<http://www.google.com/trends/explore?q=qr+code#q=qr%20code&cmpt=q>

Glavnih 5 vrsta QR kodova:

#### 1. QR kod model 1 i model 2

QR kod model 1 omogućuje kodiranje 1 167 znakova. Model 2 je poboljšana verzija modela 1 koja omogućuje očitavanje čak i ako se QR kod nalazi na neravnim površinama ili ako se čitač ne postavi ravno pa se očitava iskrivljeno. Ovaj model 2 može kodirati 7 089 znakova.

#### 2. Mikro QR kod

Ima samo jedan detektor pozicije u usporedbi s ostalim QR kodovima koji imaju detektore pozicije smještene u tri kuta. Podaci koji se mogu spremiti u Micro QR kod nisu veliki, maksimalno 35 znamenki. Može se ispisati u vrlo malim dimenzijama.

#### 3. iQR kod

Matrični kod omogućava vrlo lako očitavanje na temelju pozicije i veličine. Može se ispisivati u malim ili velikim dimenzijama. iQR kod može sadržavati 80 % više podataka nego klasični QR kod iste dimenzije.

#### 4. SQRC

Vrsta QR koda opremljena ograničenim očitavanjem podataka. Na taj način se mogu kodirati privatni podaci. Ograničeno očitavanje podataka znači da samo određeni čitači mogu očitati taj kod, dok drugi ne mogu.

#### 5. LogoQ

Najnoviji tip QR koda napravljen da omogućuje kombinaciju čitljivosti i dizajna. Logo Q može u svom izgledu sadržavati slova, slike i razne kombinacije boja.<sup>[7]</sup>

### 3.1. Povijest QR koda

Kako su se barkodovi uspješno implementirali u trgovine tako je i rasla potreba za kodovima koji će moći sadržavati više informacija. Pojavili su se 2D kodovi. Ispočetka su mnoge kompanije imale problema u korištenju novih 2D kodova. U istraživanja se uključio Mashiro Hara. Najveći izazov je bio napraviti 2D kod koji se brzo očitava. Hara se dosjetio da na kodu doda informacije o položaju kvadratića koje su omogućile brzo očitavanje. Nakon godinu dana razvijanja i testiranja projekta, usavršen je QR kod koji je mogao sadržavati 7 089 znamenki, te se očitavati čak 10 puta brže nego ostali kodovi. 1994. Denso Wave korporacija objavila je izlazak QR koda na tržište. Glavni koncept koda bazirao se na brzom očitavanju. Hara se nadao da će ti kodovi biti prihvaćeni u trgovini te da će zamjeniti barkodove.

Prva industrija koja je adaptirala QR kodove bila je automobilska industrija. Ubrzo nakon nje i ostale industrije kao odgovor na nove trendove, koji su zahtjevali da proizvodi budu što transparentniji da bi se lakše pratili, su počeli koristiti kodove u službi kontrole robe. Najvećem širenju kodova pridonjela je odluka Denso Wave korporacije da specifikacije kodova moraju biti dostupne i besplatne za sve. Unatoč tome Denso Wave je zadržao prava na patent. Ubrzo nakon toga QR kod trend proširio se prvo Japanom, a onda cijelim svijetom. 2000. godine priznat je kao ISO internacionalni standard. Uskoro su nastale i druge vrste QR kodova manjih dimenzija u raznim bojama.

2012. godine u Japanu QR kod je dobio nagradu „Good Design Awards“ za promoviranje industrijskog dizajna. Kao razlog nagrade navodi se uspješnost implemetacije koda kroz dizajn te odluka da se kodovi učine dostupnima i besplatnima svima.<sup>[8]</sup>

### 3.2. Područja korištenja QR kodova

QR kodovi doprinose različitim korisnikovim aktivnostima kako kod kuće, tako i na poslu. Mogu se koristiti svakodnevno, ne samo na tiskovinama kao što su letci, ambalaže, plakati već i kao sustavi plaćanja. Vrste poslova u kojima se koriste QR kodovi kao idealna rješenja su: proizvodnja, skladištenje i logistika, prodajni management, zdravstvo, prirodne znanosti, prijevoz, marketing i oglašavanje, mobilni marketing, elektronske ulaznice, kuponi.<sup>[9]</sup>

QR kodovi se mogu koristiti i u uslužnim djelatnostima, automobilske industriji, tekstilnoj industriji, na poslovnim posjetnicama te kao i zamjena za iste. Najčešće se koriste u svrhu marketinškog oglašavanja u smislu promoviranja usluga i proizvoda, ali i davanja osnovnih informacija o poslovnim subjektima kao što su radno vrijeme, kontakt, web stranica i slično.

Nažalost, postoji puno loših i zbunjujućih primjera korištenja QR kodova koji utječu na njihovu depopularizaciju. Primjerice, QR kod koji sadrži informacije ili poveznice koje nisu kompatibilne sa pametnim telefonima, QR kod na reklamnom panou uz autocestu, u avionu ili podzemnoj željeznici gdje nema telefonskog signala te mnogi drugi.<sup>[10]</sup>

Najbolja upotreba QR koda u marketingu je ona koja donosi financijsku korist, ali i ona koja uspješno motivira ciljanog korisnika i zainteresira ga dovoljno da izvadi smartphone i skenira kod kako bi u konačnici vidio što kod nudi. Jedan od zanimljivijih globalnih primjera tome je Walmart sa svojom virtualnom trgovinom igračaka, odnosno izlogom igračaka ispod kojih su QR kodovi, čijim skeniranjem se pristupa internet stranici i informacijama sa mogućnošću kupnje proizvoda.<sup>[11]</sup>



Slika 4. – Walmart virtualna trgovina igračaka

[http://cdn.creativeguerrillamarketing.com/wp-content/uploads/2013/01/walmart\\_mattel\\_virtual\\_store5.jpg](http://cdn.creativeguerrillamarketing.com/wp-content/uploads/2013/01/walmart_mattel_virtual_store5.jpg)

Što se tiče zanimljivih primjera QR kodova u Hrvatskoj, možemo istaknuti Ronhill i Hrvatsku Poštu.

Ronhill je prvi u Hrvatskoj iskoristio QR kod na poleđini pakiranja kutije cigareta kao interaktivan dizajnerski element. Kod daje informacije o aktualnim događajima u gradu u kojem se korisnik trenutno nalazi, mogućnost pretraživanja najbližih objekata u kojima je dozvoljeno pušenje te mnoge druge zanimljivosti.<sup>[12]</sup>



Slika 5. – Primjer QR koda na Ronhill kurtiji

[http://bruketa-zinic.com/wp/wp-content/uploads/2010/12/Ronhill\\_unlimited.jpg](http://bruketa-zinic.com/wp/wp-content/uploads/2010/12/Ronhill_unlimited.jpg)

Hrvatska Pošta je pak za svoju dvadesetu godišnjicu izdavanja poštanskih maraka izdala marku sa QR kodom, pomoću kojega pošiljatelj može pratiti

svoju pošiljku i saznati informacije kada je poslana, gdje se trenutno nalazi, koliku udaljenost je prošla i kada je stigla na željenu adresu.<sup>[13]</sup>

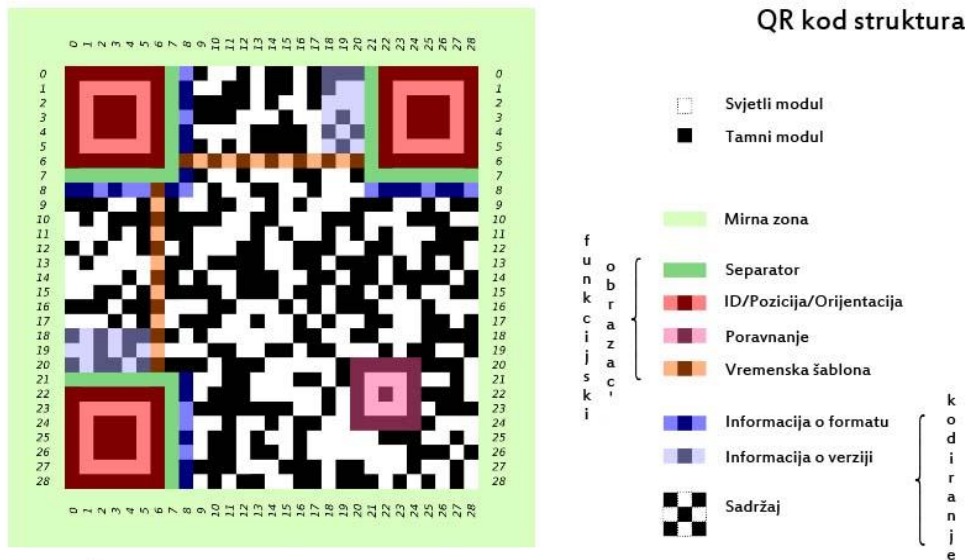


Slika 6. – HP poštanska markica

<http://hrvatska.posta.hr/UserDocsImages/posta/vijesti/2012/05/QR-marka.JPG>

### 3.3. Funkcioniranje QR koda

Za razliku od 1D barkodova, QR kod je 2D matrični kod koji prenosi informaciju raspoređivanjem svijetlih i tamnih elemenata, pod nazivom „modula“ u stupce i retke i to u horizontalnom i vertikalnom smjeru. Svaki svijetli ili tamni modul QR koda simbola predstavlja 0 ili 1 čime postaje strojno čitljiv. Moduli obavljaju nekoliko funkcija: neki sadrže podatke, dok su drugi grupirani u razne funkcijske obrasce, koji poboljšavaju performanse čitljivosti i omogućavaju poravnanje simbola te korekciju grešaka. Vremenski proračunata šablona unutar koda omogućuje da čitač raspozna veličinu i gustoću simbola. Unutar koda nalazi se tzv „mirna zona“. Riječ je o praznim područjima koja ne sadrže podatke te na taj način osiguravaju da se mogući tekst ili oznake na QR kodu ne zamijenjuju s podacima za očitavanje.



Slika 7. – QR kod struktura

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/45/QRCode-2-Structure.png>

Konvencionalni 2D kodovi zahtjevaju mnogo vremena u očitavanju simbola odnosno njegove orijentacije, kuta, pozicije ( x ili y koordinate) te veličine. Kako bi se rješio taj problem QR kod je dizajniran s posebnim šablonskim detektorom položaja lociranim u tri ugla svakog simbola. Šablona ima simetričan omjer čitljivosti 1:1:3:1:1, koji omogućuje čitljivost iz bilo kojeg smjera punih 360 stupnjeva. Osim toga, odnos pozicija unutar šablone omogućuje brzi pristup relevantnom kutu, poziciji i veličini podataka sadržanih u periferiji koda.<sup>[8]</sup>

Da bi očuvali kvadratiće vrlo je važno kako se spremaju. Na računalo se može spremi vektorski ili rasterski u slijedećim formatima:

HTML, PNG, Tiff, SVG, EPS, JPG.<sup>[14]</sup>



### 3.4. Značajke QR kodova

Glavne značajke QR kodova su:

#### 1. Visoki kapacitet kodiranja podataka

Dok konvencionalni bar kodovi omogućuju spremanje maksimuma od 20 znamenki, QR kodovi mogu spremiti nekoliko stotina više informacija.

QR kod može spremiti podatke kao brojeve, slova, Kanji i Kana pismo, binarne znamenke i kontrolne kodove. Preko 7 089 znamenki mogu se kodirati u jedan simbol.

#### 2. Male veličine ispisa

Budući da QR kodovi sadrže informacije implementirane horizontalno i vertikalno, sposobni su spremiti istu količinu podataka u jednoj desetini prostora konvencionalnog koda. Za najmanju veličinu ispisa koristi se Mikro QR kod.

#### 3. Podržavanje Kanji i Kana pisma

Kako se QR kod razvijao u Japanu, zahtjevalo se da može kodirati Kanji i Kana, japansko pismo.

#### 4. Otpornost na oštećenja i prljavštinu

QR kod sadrži provjeru grešaka te njihovu korekciju. Podaci se mogu očitati čak i ako je simbol djelomično oštećen. S razinom oštećenja od 30 % kod je i dalje moguće očitati.

#### 5. Čitljivost sa svih strana 360°

QR kod omogućuje brzu čitljivost u 360° jer prati poziciju kvadratića lociranih u tri kuta. Ti kvadratići određuju poziciju te garantiraju stabilnu, brzu čitljivost, zaobilazeći negativne efekte pozadine.

#### 6. Struktura

QR kod može biti podjeljen u više podatkovnih područja. Isto tako, podaci spremljeni u više QR kod simbola se mogu rekonstruirati u do 16 simbola, omogućavajući ispis u uskom području.<sup>[15]</sup>

### 3.5. Čitljivost QR koda

QR kod čitači funkcioniraju na temelju kontrasta između koda (bojila) te podloge. Postoje 3 vrste čitača:

#### Mobilni uređaji

Ovakvi čitači su najčešće korišteni. Koriste video kameru i zahtijevaju unaprijed instalirani softver. Video kamera je opremljena s istom CCD (Charge Coupled Device) tehnologijom kao i CCD čitači kodova, s razlikom što umjesto jednog reda, video kamera ima stotine redova senzora složenih u dvije dimenzije.

#### CCD Readers

CCD („Charge Coupled Device“) čitač funkcionira na principu niza od stotinjak malih svjetlosnih linija, koje su pozicionirane u redke i nalaze se u glavi čitača. Da bi očitavanje bilo što kvalitetnije potrebna je rezolucija između 1000 i 2000 piksela. Svaki senzor mjeri intenzitet svjetla. CCD čitač mjeri odbijenu svjetlost.

#### Laserski čitači

Laser funkcionira na principu crvene laserske točke (valne duljine 650 nm) koja se emitira iz laserske diode te tako skenira kod. Čitač konvertira analogni val u digitalni. Čitač pretvara kombinaciju ispisanog i neispisanog modula u podataka prema dekodirajućim pravilima.<sup>[16]</sup>

Da bi uopće mogli očitati s nekim od spomenutih čitača QR kod mora biti dovoljne velik. Veličina se može odrediti pomoću formule:

Veličina QR koda = Udaljenost od koda do čitača / 10

Veličina ovisi o tome gdje je kod ispisan. Različita mjesta ispisa poput ambalaže, jumbo plakata, časopisa zahtijevaju različite veličine QR kodova. Primjerice, ukoliko se želi ispisati kod na reklamnom panou, QR kod bi se trebao moći očitati s udaljenosti od 3 metra, što znači da bi njegova veličina pri

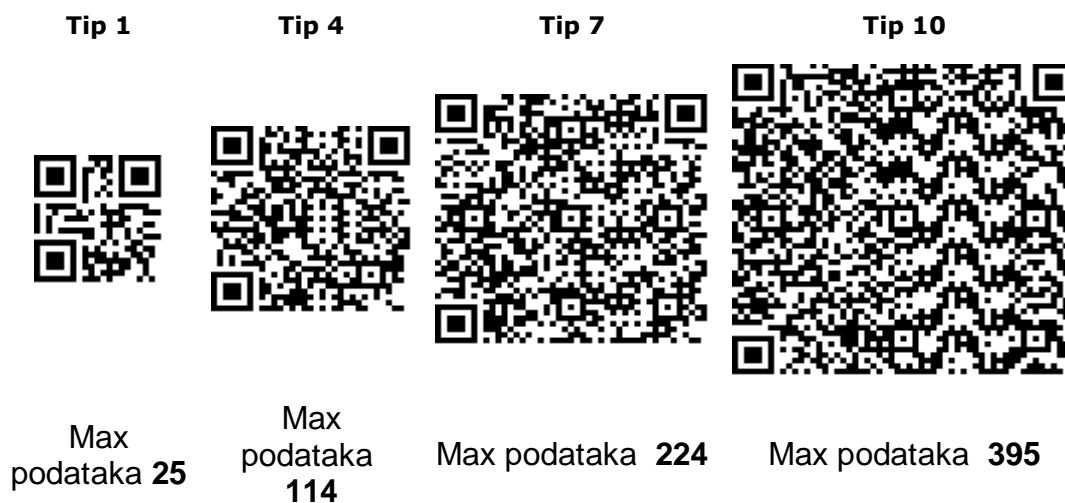
ispisu trebali biti najmanje 30 centimetara. Najmanja veličina kod ambalaža i manjih formata bi trebala biti oko 3 cm. Manji kodovi od 1.5 cm još uvijek mogu biti čitljivi, ali u tom slučaju ne bi smjeli sadržavati previše informacija.

Veličina također ovisi i o količini podataka koje sadrži, uvjetima osvjetljenja, kvaliteti čitača te o softveru kojeg koristimo pri očitavanju.<sup>[17]</sup>

U tablici 1 nalaze se preporučene QR kod udaljenosti od koda do čitača za type4 QR kod.

Tablica 1. – Preporučene QR kod udaljenosti za type4 Qr Kod <sup>[18]</sup>

Površina	Udaljenost	Veličina
A4 = Časopis	20 cm	2 cm x 2 cm
A3 = Poster	1.5 m	9, 5 cm x 9, 5 cm
3x4m = Jumbo plakati	10 m	38 cm x 38 cm



Slika 8. Relativne razlike u veličini raznih QR kod tipova

<http://blog.qr4.nl/page/QR-Code-Size.aspx>

Iz slike 8. se može zaključiti da što više podataka stavimo u QR kod on postaje veći.

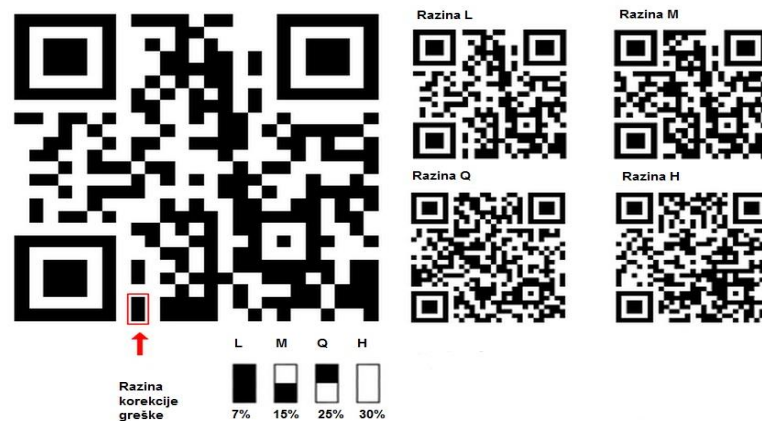
### 3.6. Korekcija grešaka

QR kod omogućuje snažnu korekciju grešaka dodavanjem izvornih podataka u kombinaciji s Reed – Solomon algoritmom, svjetski poznatom matematičkom metodom za korekciju grešaka. Ona omogućuje očitavanje QR kod simbola i u slučaju kada je kod prljav ili oštećen. Na raspolaganju su četiri razine korekcije grešaka. Što je viša razina, to je veća korekcija greške, ali isto tako je verzija QR koda veća kao što je pokazano u tablici 2. <sup>[19]</sup>

Tablica 2. – Razine korekcije grešaka <sup>[13]</sup>

Razina korekcije greške	Približna količina korekcije
<b>L</b>	7 %
<b>M</b>	15 %
<b>Q</b>	25 %
<b>H</b>	30 %

Pri odabiru razine korekcije grešaka, u obzir se moraju uzeti uvjeti okoline kao i željena veličina QR kod simbola. Primjerice, Razina Q (25 % korekcija greške) ili razina H (30 % korekcija greške) mogla bi se koristiti u tvornicama ili u nekim uvjetima gdje postoji veća šansa za zaprljanjem ili oštećenjem koda. Kod čistije okoline odabrali bi razinu L (7%). Općenito, Razina M (15 %) je najčešće korištena. Koju razinu korekcije ima neki kod možemo vidjeti u lijevom donjem kutu svakog QR koda (Slika 9). <sup>[4]</sup>



Slika 9. – Razine korekcije grešaka

<http://www.nacs.org/LinkClick.aspx?fileticket=D1FpVAvvJuo%3D&tabid=1426&mid=4802>

## 4. KONTRAST I BOJA

### 4.1. Kontrast

Da bi čitač pravilno očitao QR kod potreban je što veći kontrast između kvadratića i pozadine. Crno i bijelo osiguravaju najviši kontrast te takvi QR kodovi lako su i brzo čitljivi. Korištenjem QR kodova u boji, posebice u boji koja je slična podlozi na koju se ispisuje, dolazi do problema u očitavanju. Većina današnjih kodova je upravo zbog toga u crno bijeloj kombinaciji. No radi boljeg uklapanja u dizajnerski koncept proizvoda ili ambalaže na koji se otiskuju u zadnje vrijeme sve više su se počeli koristiti kodovi u boji pa je stoga iznimno bitno obratiti pažnju na kontrast kao što se može vidjeti na slici 10.<sup>[4,20]</sup>



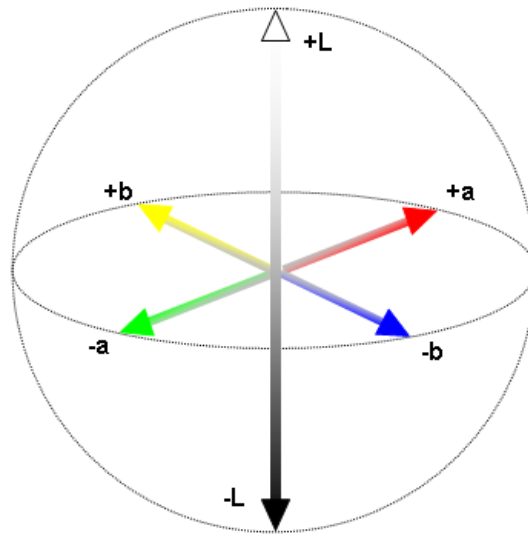
Slika 10. – Primjer mogućih kontrasta

[https://docs.unitag.io/white\\_book/Ten\\_Commandments\\_of\\_QR\\_Codes.pdf](https://docs.unitag.io/white_book/Ten_Commandments_of_QR_Codes.pdf)

### 4.2. Cielab sustav boja

CIELAB sustav je sustav prihvaćen od francuske Međunarodne komisije za rasvjetu. Prikazuje trodimenzionalnu, ujednačenu, prostornu i vizualnu udaljenost boja. Za razliku od CMYK i RGB kolornih sustava, ovaj sustav je neovisan o uređaju koji mjeri boju pomoću matematičkog modela. Baziran je na percepciji boje standardnog promatrača. Koordinate tog sustava odgovaraju percepciji suprotnih parova odnosno boja; žuto – plavo, crveno – zeleno, tamno – svjetlo. Sustav se sastoji od tri osi  $L^*$   $a^*$   $b^*$ . Od kojih je  $L^*$  (luminance) akromatska os, dok su  $a^*$  (crvena i zelena) i  $b^*$  (plava i žuta) kromatske osi.

Većina *Color Management* sustava koristi upravo ovaj sustav kao standard za mjerenje i uspoređivanje boja u grafičkoj struci. <sup>[21]</sup>



Slika 11. CIELAB sustav

[http://www.codeproject.com/KB/miscctrl/RevisedKnownColorsPalette/CIE\\_Lab.png](http://www.codeproject.com/KB/miscctrl/RevisedKnownColorsPalette/CIE_Lab.png)

### 4.3. Razlika boja

Razlika boja ili kolorimetrijska razlika ( $\Delta E^*$ ) je formula koja određuje razliku između dvije boje u CIE sustavu.

Zadnja formula za određivanje ukupne razlike boje je provedena 2000. godine te je nazvana CIEDE2000. <sup>[23]</sup>

$$\Delta E_{\infty} = \left( \frac{\Delta L'}{K_L S_L} \right)^2 + \left( \frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right)^2 + \left( \frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right)^2 + R_T \left( \frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right) \left( \frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right)$$

$$L' = L$$

$$a' = (1+G)a$$

$$b' = b$$

$$C' = (a'^2 + b'^2)^{1/2}$$

$$h' = \arctan(b'/a')$$

$$G = 0.5 \left( 1 - \sqrt{\frac{\overline{C}_{ab}^7}{\overline{C}_{ab}^7 + 25^7}} \right)$$

gdje je  $\overline{C}^*_{ab}$  aritmetička sredina vrijednosti  $C^*_{ab}$  promatranih uzoraka

$$\Delta L' = L'_b - L'_u$$

$$\Delta C' = C'_b - C'_u$$

$$\Delta H' = 2(C'_b - C'_u)^{1/2} \sin\left(\frac{\Delta h'}{2}\right) \text{ gdje je } \Delta h' = h'_b - h'_u$$

$$S_L = 1 + \frac{0.015(\overline{L} - 50)^2}{(20 + (\overline{L} - 50)^2)^{1/2}}$$

$$S_C = 1 + 0.045C'$$

$$S_H = 1 + 0.015C'T$$

gdje je  $T = 1 - 0.17\cos(h' - 30^\circ) + 0.24\cos(2h') + 0.32\cos(3h' + 6^\circ) - 0.20\cos(4h' - 63^\circ)$

$$R_T = -\sin(2\Delta\sigma)R_C$$

gdje je  $\Delta\sigma = 30 \exp\{-[h' - 275^\circ] / 25\}^2\}$

$$R_C = 2 + \left( \frac{\overline{C}^7}{\overline{C}^7 + 25^7} \right)$$

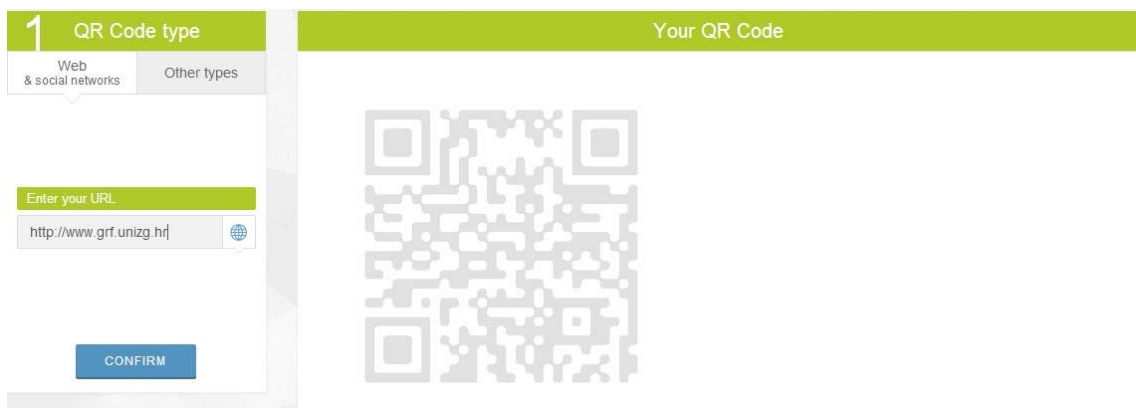
Kriteriji za određivanje razlike između boja su slijedeći; ako je razlika u bojama manja od 0,2 razlika nije uočljiva, ako je veća od 1 uočljiva je mala razlika, od 3 do 6 je vidljiva razlika, a od 6 do 12 je značajna razlika, više od 12 je nedopustiva razlika. <sup>[22]</sup>

## 5. PRAKTIČNI DIO

### 5.1. Izrada QR koda

QR kod je izrađen pomoću Unitag QR kod generatora. Odabran je taj generator zato što je brz, pristupačan i efikasan. Ne zahtjeva registraciju kao većina web generatora te ima mnogo različitih opcija za dizajn QR koda.

Prvo je odabran tip QR koda pogodan za umetanje web linka što znači da se očitavanjem QR koda automatski otvara željena web lokacija. Kao lokacija stavljena je internet adresa grafičkog fakulteta: [www.grf.unizg.hr](http://www.grf.unizg.hr)



Slika 12. - Primjer koraka izrade QR koda

<https://www.unitag.io/qrcode>

Zatim se odabire ponuđeni dizajn QR koda. Odabran je dizajn koji nudi mogućnost implementacije logotipa. U sredinu QR koda implementiran je logotip Grafičkog fakulteta.

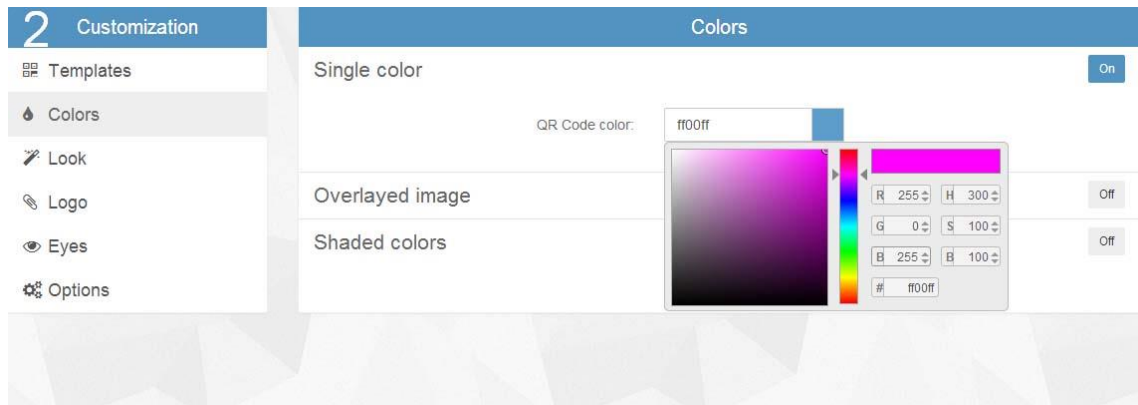


Slika 13. - Primjer koraka izrade QR koda

<https://www.unitag.io/qrcode>

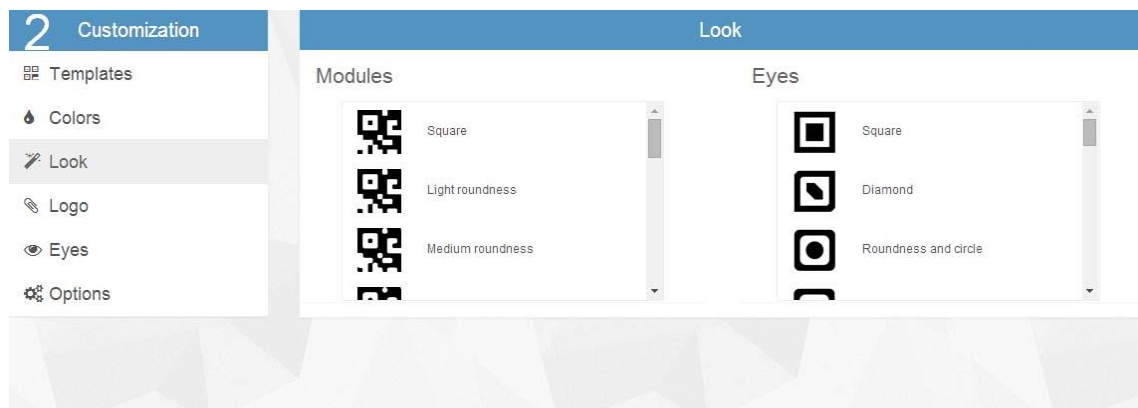


Nakon toga biramo boju. Generator prihvaća samo šesteroznamenkaste heksidecimalne kodove boja koje se mogu potražiti u Adobe Photoshopu ili na mnogim web stranicama koje nude heksidecimalne tablice svih boja.



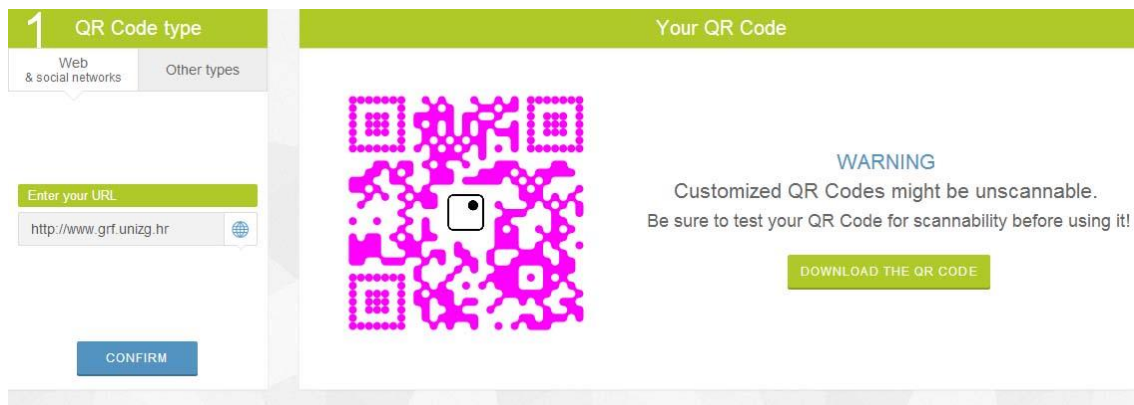
Slika 14. - Primjer koraka izrade QR koda  
<https://www.unitag.io/qrcode>

Zatim biramo željeni izgled modula i detektora položaja (eyes).



Slika 15. - Primjer koraka izrade QR koda  
<https://www.unitag.io/qrcode>

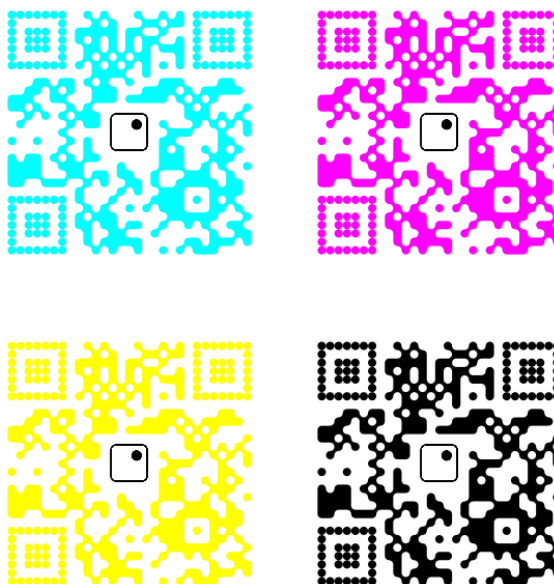
Kod boje pozadine postavljamo OFF odnosno isključeno, transparentno, bez boje. QR kod je generiran. Potrebno ga je preuzeti i spremiti na računalo.



Slika 16. - Primjer koraka izrade QR koda

<https://www.unitag.io/qrcode>

Kreirana su 4 QR koda u cyan, magenta, žutoj i crnoj boji.



Slika 17. - Generirani QR kodovi

## 5.2. Ispis QR koda

QR kod se ispisivao na 6 različitih industrijski proizvedenih obojenih papira (Adagio, A4, 80g/m<sup>2</sup>). U svrhu što kvalitetnijih testiranja koristila su se dva pisača, laserski Konica Minolta C550 i ink jet, Epson SX 300.



Slika 18. – Ispisani QR kodovi na različitim podlogama Epson SX300 pisačem



*Slika 19. – Ispisani QR kodovi na različitim podlogama Konica Minolta C550 pisačem*

## 6. REZULTATI I RASPRAVA

### 6.1. Čitljivost uzoraka

Za očitavanje ispisanih QR kodova korišten je HTC Wildfire koji ima ugrađenu kameru od 5 megapixela, te laptop ugrađenu web kameru od 0.9 megapixela. Na navedenim uređajima očitavanje se izvršilo programom QuickMark. U tablici 3 se nalaze rezultati čitljivosti izvršene HTC Wildfire smartphoneom, a u tablici 4 čitljivost izvršena web kamerom.

Tablica 3. – Čitljivost izvršena HTC Wildfire smartphoneom

Boja podloge	Cyan QR kod	Magenta QR kod	Žuti QR kod	Crni QR kod
Bijela	+	+	+	+
Plava	+	+	-	+
Crvena	+	+	-	+
Žuta	+	+	-	+
Zelena	+	+	-	+
Smeđa	+	+	-	+

Tablica 4. – Čitljivost izvršena web kamerom

Boja podloge	Cyan QR kod	Magenta QR kod	Žuti QR kod	Crni QR kod
Bijela	+	+	+	+
Plava	-	+	-	+
Crvena	+	+	-	+
Žuta	+	+	-	+
Zelena	-	+	-	+
Smeđa	+	+	-	+

Očitavanjem različitim uređajima dobiveni su različiti rezultati koje možemo isčitati iz tablice 2. i 3. Korištenjem kamere od 5 megapixelsa na bijeloj pozadini uspješno su očitani kodovi u svim bojama. Kod plave, žute, zelene i smeđe pozadine očitani su se svi kodovi osim žutog.

Korištenjem web kamere od 0.9 megapixelsa na bijeloj pozadini očitani su svi kodovi. Na plavoj pozadini očitani su svi kodovi osim cyan i žutog. Na crvenoj, žutoj i smeđoj pozadini očitani su svi kodovi osim žutog, a na zelenoj pozadini su očitani svi kodovi osim cyan i žutog.

Analiza je pokazala da se prilikom korištenja kvalitetnije kamere dobivaju malo bolji rezultati kod nekih boja.

Rezultati ovih testiranja ovise još i osvijetljenosti prostorije u kojoj se vrši očitavanje te o kvaliteti pisača. Testiranje je izvedeno na dnevnom svjetlu što znači da je utjecaj svjetla minimalan. Budući da se ispisivanje izvršilo na dva modela pisača, od kojih nijedan nije predviđen za ispis visoke kvalitete, može se doći do zaključka da je i to imalo veliki utjecaj na kvalitetu ispisanih QR kodova što ćemo vidjeti u daljnjem ispitivanju spektrofotometrom. Pri korištenju manje kvalitetnije kamere na plavoj podlozi nije se mogao očitati plavi kod isto kao i na zelenoj podlozi, dok na kvalitetnijoj kameri očitavanje tih boja je uspjelo. Najveći problem kod QR kodova u bojama upravo je kontrast. Nanos žute boje na tiskovne podloge nije bio punog kontrasta što je na svim podlogama osim bijele onemogućilo očitavanje.

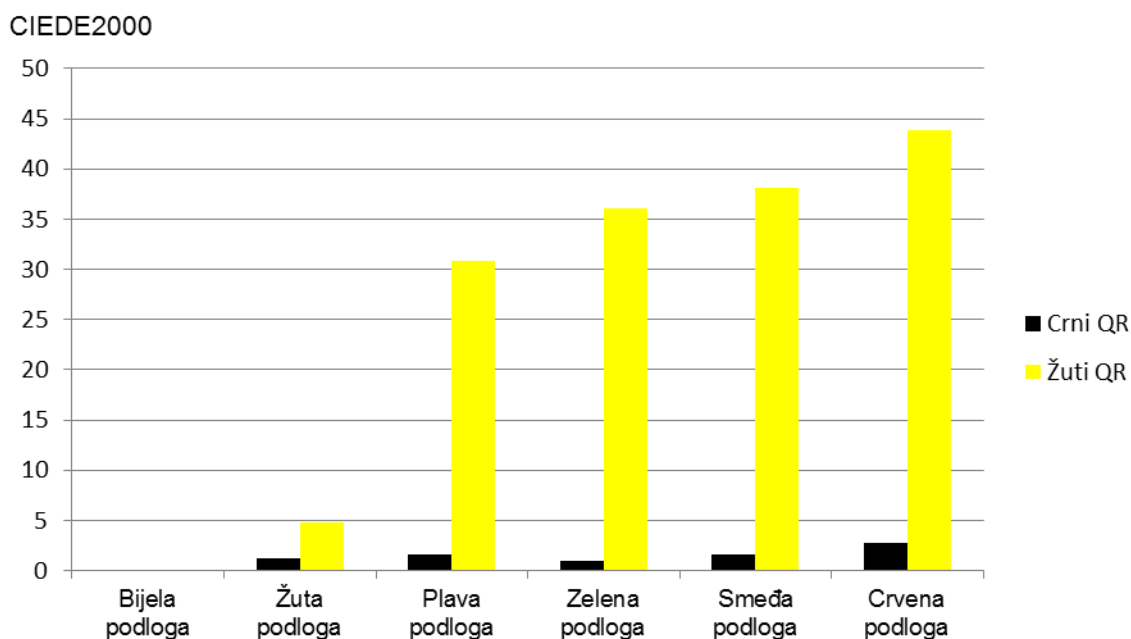
## **6.2. Mjerenje uzoraka**

S obzirom na rezultate dobivene prethodnom metodom, uzela su se dva uzorka, uzorak koji je pokazao najbolje rezultate (Crni QR kod), te uzorak koji je pokazao najlošije rezultate (Žuti QR kod). Mjerenje se na ta dva odabrana uzorka na svim podlogama izvršilo spektrofotometrom GretagMacbeth Spectrolinom. Kolorimetrijski parametri  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  su izračunati s postavkama pod standardnom D50 vrstom rasvjete uz  $2^\circ$  standardni promatrač. Kao

standard u slučaju žutog QR koda se uzela bijela podloga s obzirom da je pokazao najbolje očitavanje u programu QuickMark, dok se kao standard kod crnog koda uzela također bijela podloga zbog istog razloga. Ispitali su se QR kodovi ispisani laserskom tehnologijom. Nakon mjerenja, kolorimetrijska razlika u odnosu na standard koji smo postavili se izračunala u Microsoft Excel-u pomoću izraza CIEDE2000 ( $\Delta E^*_{00}$ ).

Tablica 5. – Izračunate vrijednosti CIEDE2000 izabranih uzoraka

Boja podloge	CIEDE2000 Crni QR	CIEDE2000 Žuti QR
Bijela	0	0
Žuta	1,2493	4,7823
Plava	1,5927	30,8576
Zelena	0,9747	36,0305
Smeđa	1,5706	38,0711
Crvena	2,8126	43,8803



Slika 20. Dijagram izračunatih vrijednosti CIEDE2000 izabranih uzoraka

Slika 20. prikazuje dijagram iz kojeg se vidi da žuti QR kod pokazuju najveće odstupanje kod crvene podloge, a najmanje kod žute podloge u odnosu na bijelu podlogu koja je standard. To dokazuje da se žuta boja podloge stopila s žutom bojom QR koda zbog čega se on nije mogao očitati. Dok kod crvene podloge koja pokazuje najveće odstupanje u odnosu na bijelu podlogu dokazuje da je boja podloge preuzela boju otiska te da je otisak laserskim printerom tankog nanosa te ga sukladno tome nije bilo moguće očitati.

Odstupanja žutog QR koda na žutoj, plavoj, zelenoj, smeđoj i crvenoj podlozi u odnosu na standardnu bijelu podlogu su uglavnom izvan dozvoljenih granica, dok su kod Crnog QR koda odstupanja minimalna i u granicama prema CIEDE kriteriju određivanja, što potkrepljuje glavnu tezu o najvažnijem faktoru, kontrastu.



## 7. ZAKLJUČAK

Dvodimenzionalni kodovi su tehnologija koja se globalno vrlo brzo proširila i sve se više koristi. Upotreba striktno crno bijelih kodova je gotovo stvar prošlosti. Kodovi u boji pridonose boljem uklapanju u dizajnerski aspekt gotovog proizvoda. No za razliku od crno bijelih kodova, kodovi u boji su ograničeni mnogim parametrima.

Čitljivost QR kodova uvelike ovisi o nekoliko parametara: kvaliteti čitača, kvaliteti pisača, osvjetljenosti prostora u kojem se izvršava očitavanje, te o kontrastu između boje QR koda i boje podloge.

Na temelju provedenog eksperimenta dokazano je da se sve boje koda mogu očitati na bijeloj podlozi, a da se žuti QR kod može samo na bijeloj i niti jednoj drugoj podlozi. U slučaju cyan koda na plavoj i zelenoj podlozi očitavanje je uspješno samo pri korištenju kvalitetnije kamere.

S obzirom na provedena testiranja može se zaključiti da je najvažniji faktor za uspješno očitavanje veliki kontrast između QR koda i podloge. Osim što treba biti osiguran što veći kontrast, potrebno je i izbjegavati korištenje svijetlih boja, posebice žute.

Osim kontrasta mjerenje spektrofotometrom je pokazalo da se također treba uzeti u obzir i tehnologija ispisa QR koda te vrsta podloge. Što je tehnologija bolja to će otisak biti kvalitetniji, a time i očitavanje uspješnije.

## 8. LITERATURA

1. \*\*\* <http://barcode.com/20110610585/history-of-the-bar-code.html>- The Barcode News, 5.6.2013.
2. \*\*\* [http://www.barcoding.com/information/barcode\\_history.shtml](http://www.barcoding.com/information/barcode_history.shtml) - Barcoding Incorporated, 4.6.2013.
3. \*\*\* <http://www.wrigley.com/global/brands/juicy-fruit.aspx> - Wrigley Incorporated, 20.8.2014.
4. \*\*\* [https://docs.unitag.io/white\\_book/Ten\\_Commandments\\_of\\_QR\\_Codes.pdf](https://docs.unitag.io/white_book/Ten_Commandments_of_QR_Codes.pdf) - 10 Zapovjedi QR koda, refrentni vodič, Unitag, 12.5.2013
5. Podmanicki T., Turkalj D. (2011). *Primjena 2D kodova u marketinškoj praksi*, dostupno na: <http://hrcak.srce.hr/file/105087>, 15.8.2014.
6. Lozo B. (2014). *Primjena i istraživanje grafičkih materijala*, Materijali u grafičkoj tehnologiji, predavanja, Grafički fakultet u Zagrebu
7. \*\*\* <http://www.qrcode.com/en/codes/index.html> - OR kod, 12.5.2013
8. \*\*\* <http://www.qrcode.com/en/history/> - OR kod, 5.6.2013.
9. \*\*\* <http://www.qrcode.com/en/about/howtouse.html> - OR kod, 12.5.2013
10. \*\*\* <http://marketingland.com/8-great-ways-to-use-qr-codes-for-marketing-5650> - Marketing Land, 15.8.2014.
11. \*\*\* <http://www.creativeguerrillamarketing.com/mobile-marketing-2/awesome-examples-of-qr-codes-in-marketing> – Creative Gueriiiilla Marketing, 15.8.2014.
12. \*\*\* <http://bruketa-zinic.com/2011/01/29/ronhill-unlimited-2/> - Bruketa&Žinić OM, 15.8.2014.
13. \*\*\* <http://bruketa-zinic.com/2011/10/27/adage-on-qr-postal-stamp/> Bruketa&Žinić OM, 15.8.2014.
14. \*\*\* <http://www.whatisaqrcoode.co.uk/> - What is a QR code, 12.5.2013.
15. \*\*\* <http://www.qrcode.com/en/about/> - OR kod, 12.5.2013.
16. \*\*\* Bogataj U., Muck T., Lozo B., Žitnik A. (2010). *Multi-color 2D datamatrix codes with poorly readable colors*, Faculty of Technical Sciences - Graphic Engineering and Design
17. \*\*\* <http://www.qrstuff.com/blog/2011/01/18/what-size-should-a-qr-code-be> - QR Stuff, 30.6.2013.

18. \*\*\* <http://blog.qr4.nl/page/QR-Code-Size.aspx-QR4-QRCode>,15.8.2014.
19. \*\*\* [http://www.qrcode.com/en/about/error\\_correction.html](http://www.qrcode.com/en/about/error_correction.html) OR kod, 30.6.2013.
20. \*\*\* [http://desktoppub.about.com/od/qrcodes/ss/Designer-QR-Codes\\_3.htm](http://desktoppub.about.com/od/qrcodes/ss/Designer-QR-Codes_3.htm) – About.com,30.6.2013.
- 21.Knešaurek N. (2014). *Kvalitativne metode ispitivanja reprodukcije boja*, predavanja, Grafički fakultet u Zagrebu
- 22.Kumar M. (2003). *Barvna odstopanja v ofsetnom tisku. V Interdisciplinarnost barve. 2.del: v aplikaciji*. Uredila S.Jeler in M.Kumar. Maribor: Društvo koloristov Slovenije
- 23.Schlaeper K. (1993). *Farbmetik in der Reproduktionstechnik und Mehrfarbendruck*, UGRA, St. Gallen