

IZRADA SUNČANIH ČELIJA NA OSNOVI NANOKRISTALIČNOG TiO₂ I FOTOAKTIVNIH BOJILA PREPARATION OF SOLAR CELLS BASED ON NANOCRYSTALLINE TiO₂ AND PHOTOACTIVE DYES

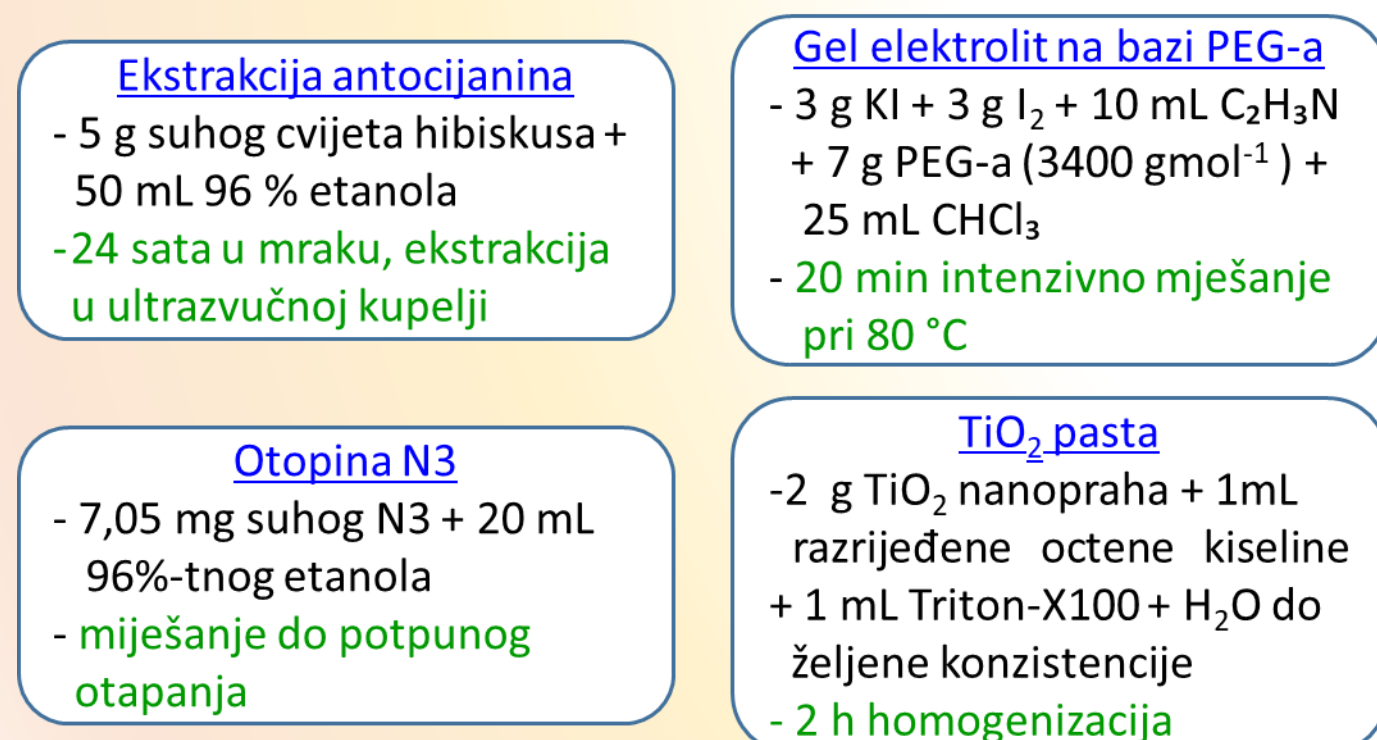
Pero Dabić, Damir Barbir, Karmen Kunčić

Sveučilište u Splitu Kemijsko - tehnološki fakultet, Ruđera Boškovića 35, 21000 Split

Već je uobičajeno korištenje sunčanih ćelija u svrhu dobivanja električne energije od malih solarnih panela pa do velikih sunčanih elektrana značajnih kapaciteta. Većina komercijalnih sunčanih panela je na bazi polikristalnog silicija sa učinkovitošću pretvorbe od 15 - 20%. Intenzivnim istraživanjem razvijene su različite vrste tankoslojnih sunčanih ćelija druge i treće generacije, a naročito su ekološki zanimljive one sa nanokristaličnim filmom TiO₂ i ZnO te fotoaktivnim bojilima (eng. *dye-sensitized* solar cell, DSSC) [1]. Sintetizirana su komercijalna fotoaktivna bojila sa organometalnim kompleksima na bazi rutenija, a intenzivno se istražuje primijena fotoaktivnih bojila ekstrahiranih iz prirodnih izvora. [2] U ovome radu uspoređena je fotoaktivnost sunčanih ćelija uz primijenu gel elektrolita te komercijalnog bojila, N3 i antocijanina ekstrahiranog iz hibiskusa (lat. Hibiscus sabdariffa).

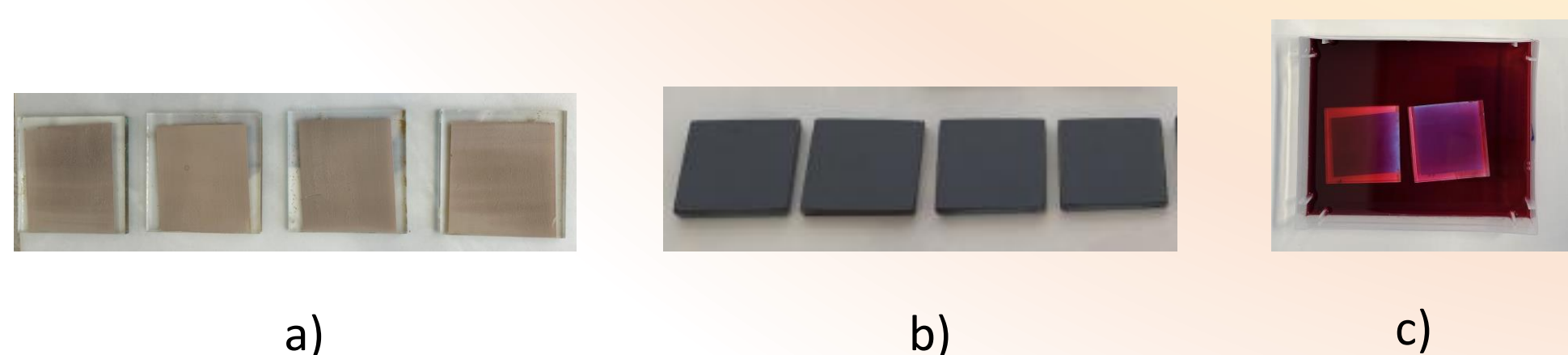
EKSPERIMENTALNI DIO

U radu je primijenjen nanoprah TiO₂ sa srednjom veličinom zrna od 21 nm, Sigma – Aldrich, Njemačka; grafit u spreju, Graphit 33, proizvođač Kontakt Chemie, Njemačka; polietilen glikol, PEG, molarne mase 3400 g mol⁻¹, proizvođač Sigma - Aldrich, Njemačka; suhi cvijet hibiskusa, (lat. Hibiscus sabdariffa) Suban d.o.o. Hrvatska te ostale p.a. kemikalije. Vodljiva stakla su tipa ITO (Indium Tin Oxide), površinske otpornosti 60 Ω/□, dimenzija 50 x 50 x 2 mm. Za izradu sunčanih ćelija potrebno je pripremiti otopine fotoosjetljivih bojila, te gel elektrolit pripremljen na osnovi PEG-a i pohraniti ih na tamno mjesto do uporabe. TiO₂ pasta priprema se neposredno prije nanošenja na stakalca, a treba biti homogena, bez nakupina nanozrna te prikladne konzistencije. Za protuelektrodu, katodu, potrebno je na vodljivu stranu stakalca sprej metodom nanijeti grafitni sloj, osušiti ga te grijati pri 260 °C radi uklanjanja hlapljivih organskih tvari iz spreja. Uvjeti priprave bojila, gel elektrolita i TiO₂ paste prikazani su na slici 1.

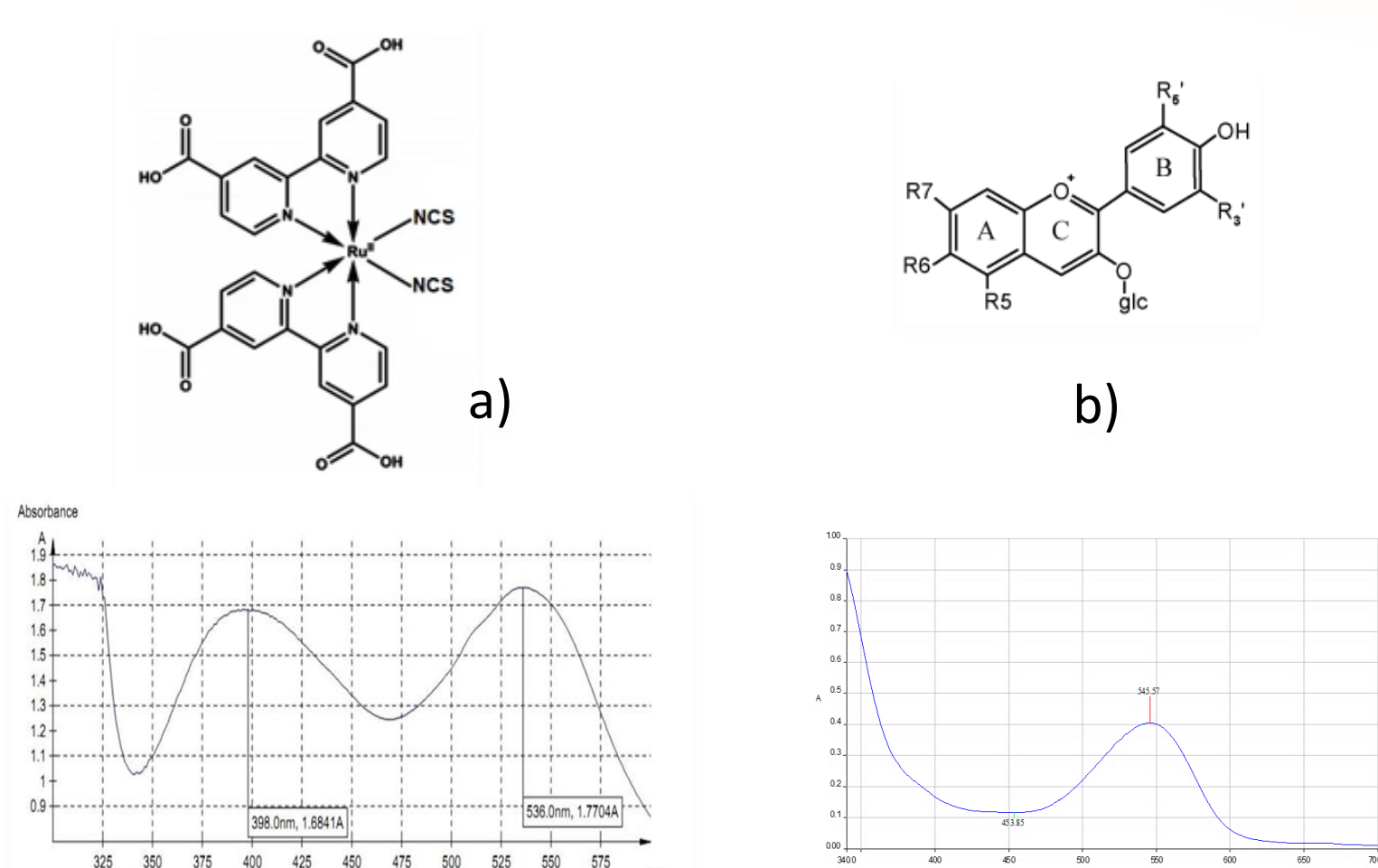


Slika 1. Priprava fotoaktivnih bojila, PEG elektrolita i TiO₂ paste

Na vodljivu stranu stakalca "blade" metodom nanese se tanki sloj svježe pripremljene TiO₂ paste, 24 sata suše se na zraku. Osušena stakalca termički se obrađuju u laboratorijskoj peći, 10 min pri 350 °C i nakon toga 15 min pri 450 °C. Nakon hlađenja dva stakalca se uranjaju u otopinu N3 a dva u otopinu antocijanina te se drže u otopini u mraku 24 sata.



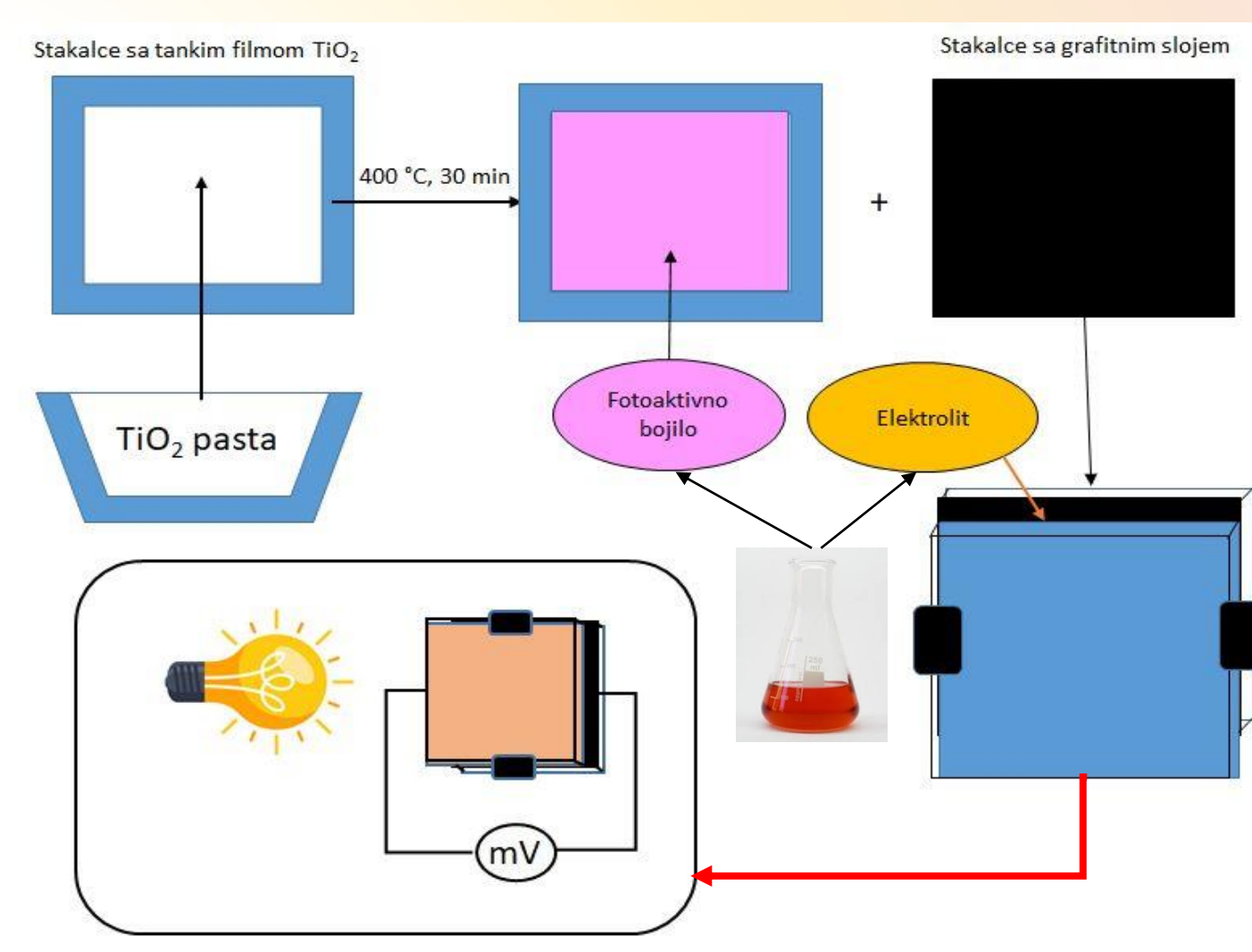
Slika 2. Izgled vodljivih stakalaca a) sa sinteriranim slojem TiO₂, b) sa slojem grafita c) stakalaca sa sinteriranim slojem TiO₂ u otopini fotoaktivnog bojila



Slika 3. Strukturne formule i UV-Vis spektri: a) rutenijev(II) cis-bis(izotiocijanat)-bis(2,2'-bipiridil-4,4'-dikarboksilna kiselina (N3) i b) antocijanin u 96% etanolu

Na UV-Vis spektrogramu vidljivo je da N3 ima dva maksimuma apsorbancije na 398 nm i 536 nm, dok alkoholna otopina antocijanina ima maksimum apsorbancije na 546 nm što potvrđuje aktivnost ovih bojila u vidljivom dijelu spektra svijetlosti.

Shema izrade sunčanih ćelija je na slici 4. Nakon dodavanja elektrolita između spojenih stakalaca ćelija je spremna za testiranje i uporabu.

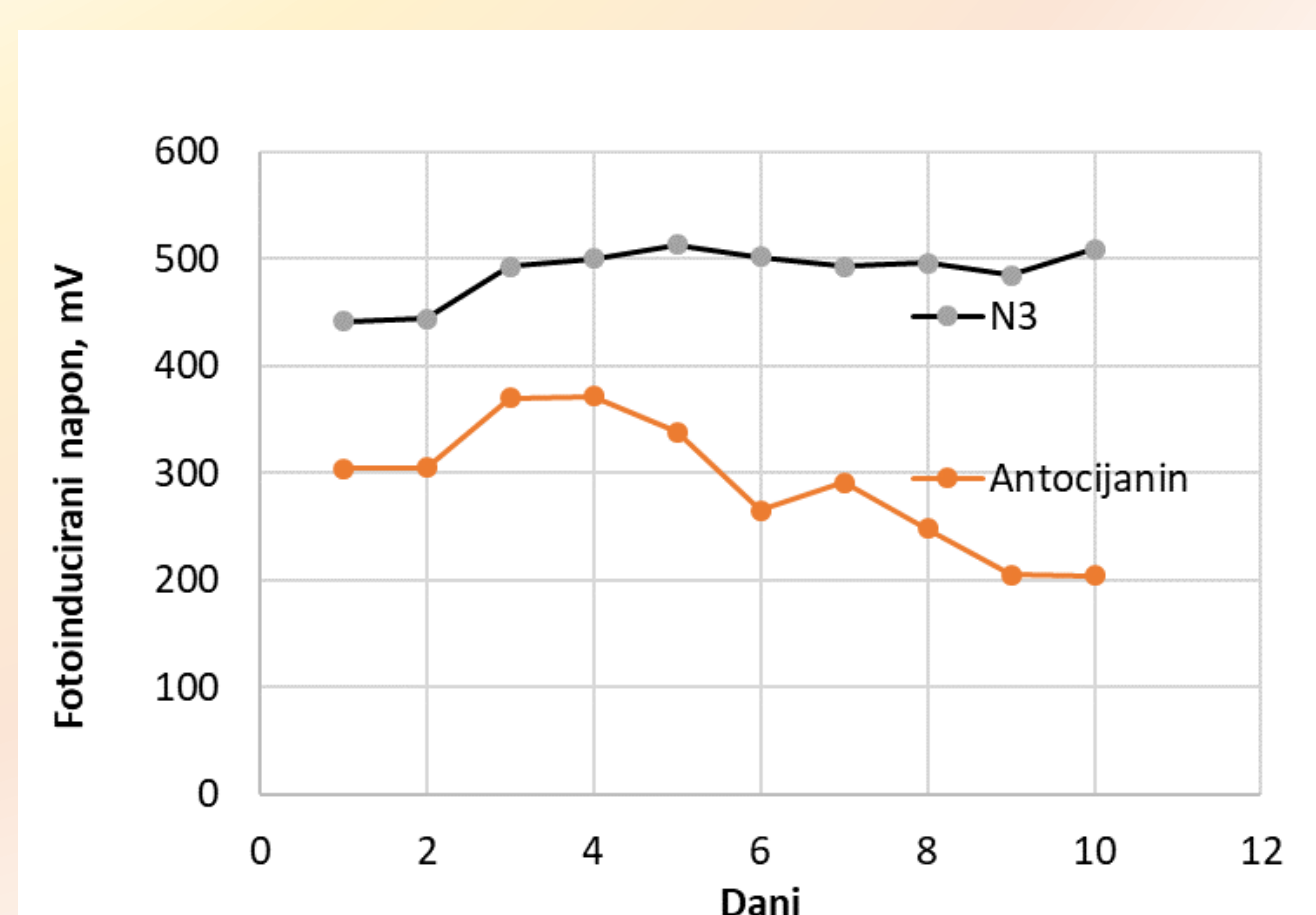


Slika 4. Shema izrade sunčanih ćelija sa nanokristaličnim TiO₂ i fotoaktivnim bojilima

Gel elektrolit i TiO₂ pasta pripravljeni su prema optimalnim uvjetima za primjenu komercijalnog bojila N3. Izrađene su po dvije sunčane ćelije sa N3 i dvije uz primjenu antocijanina. Srednje vrijednosti izmjerenih napona uz umjetnu rasvjetu od 60 W u trajanju od 10 dana vidljive su u tablici 1 na slici 5.

Tablica 1. Izmjereni fotonaponi kroz 10 dana od izrade ćelija

	Dani									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bojilo	Izmjereni napon, mV									
N3	442	444	493	500	513	502	493	496	485	509
Antocijanin	304	305	370	372	338	265	291	248	205	204



Slika 5. Izmjereni fotoinducirani naponi u razdoblju od 10 dana od izrade ćelija

Sunčane ćelije uz primjenu komercijalnog bojila N3 imaju visoku fotoaktivnost gdje je izmjereni fotonapon oko 500 mV u periodu od 10 dana od izrade ćelija.

Ćelije sa antocijaninom pokazivale su fotonapone u rasponu od 200 do 370 mV.

Uz dodatak elektrolita nakon drugog dana te nakon 6 dana fotoinducirani napon je imao više vrijednosti od početnih, a nakon dva do tri dana došlo bi opet do pada foto napona. Antocijanin je jeftino, široko dostupno bojilo koje je jednostavno ekstrahirati iz više vrsta biljnog materijala i ima solidnu fotoaktivnost. Radi postizanja veće fotoaktivnosti antocijanina treba provesti ispitivanja uz različite elektrolite te uz različite načine priprave tankog filma TiO₂.

[1] M. Grätzel, *J. of Photochem. and Photobiol. C: Photochem. Rev.* 4 (2003) 145-153.

[2] K. Sharma et al. *Nanoscale Research Letters.* 3 (2018) 1- 46.