

Univerzitet u Novom Sadu
Prirodno-matematički fakultet
Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine
Udruženje za unapređenje zaštite životne sredine „Novi Sad“
Fondacija "Docent dr Milena Dalmacija"



PRIMENA ZELENIH MATERIJALA KAO KATALIZATORA ZA UNAPREĐENI OKSIDACIONI TRETMAN OBOJENIH INDUSTRIJSKIH OTPADNIH VODA

Vesna Gvoić

Fakultet tehničkih nauka
Univerzitet u Novom Sadu

Novi Sad 8-10. septembar, 2021.



- Tekstilna i grafička industrija predstavljaju najveće potrošače sintetičkih boja.
- 15% sintetičkih boja se gubi tokom procesa štampe i bojenja tekstila i kao nebiodegradabilne supstance ispuštaju u prirodne vodotokove u vidu otpadnih voda.
- Ispuštanje generisanih netretiranih obojenih efluenata u recipijente - primarni ekološki problem.



Karakteristike obojenih otpadnih voda

Parametar	Vrednost
pH	7 - 9
Temperatura (°C)	24 - 32
Električna provodljivost (μS/cm)	400 - 1200
Mutnoća (NTU)	20 - 100
Ukupni organski ugljenik (mg/l)	28000 - 30000
Ukupni fosfor (mg/l)	10 - 50
Hemijska potrošnja kiseonika (mg/l)	150 - 12000
Biološka potrošnja kiseonika (mg/l)	80 - 6000
Ukupne suspendovane materije (mg/l)	20 - 8000
Ukupne rastvorene materije (mg/l)	2900 - 3100
Hloridi (mg/l)	1000 - 1600
Dodecilbenzen sulfonat (mg/l)	10 - 100



UNAPREĐENI PROCESI OKSIDACIJE

FOTOHEMIJSKI PROCESI

- UV oksidacija (UV i UV/H₂O₂)
- Foto-Fenton
- Fotokataliza

NEFOTOHEMIJSKI PROCESI

- Fenton
- Ozonizacija
- Sonoliza
- Ultrazvuk
- Elektrohemijski procesi

HIBRIDNI PROCESI

- Sono-fotokataliza
- Fotokatalitička ozonizacija
- Sono-bifotokataliza
- Fotoelektrokataliza
- Sono-Fenton

Vrste AOPs tretmana





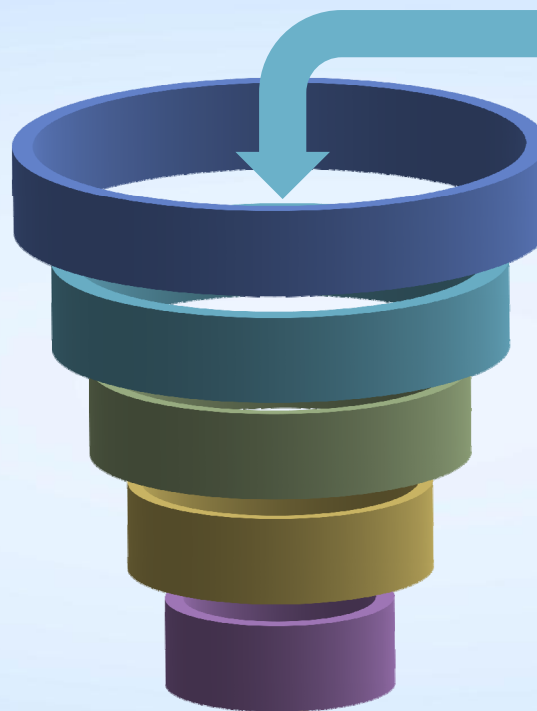
Water Workshop 2021

UNAPREĐENI PROCESI OKSIDACIJE

IZAZOVI

OPTIMIZACIJA PROCESNIH USLOVA

EKONOMSKA ISPLATIVOST TRETMANA



OSNOVNI PRINCIPI I MEHANIZMI
DEGRADACIJE

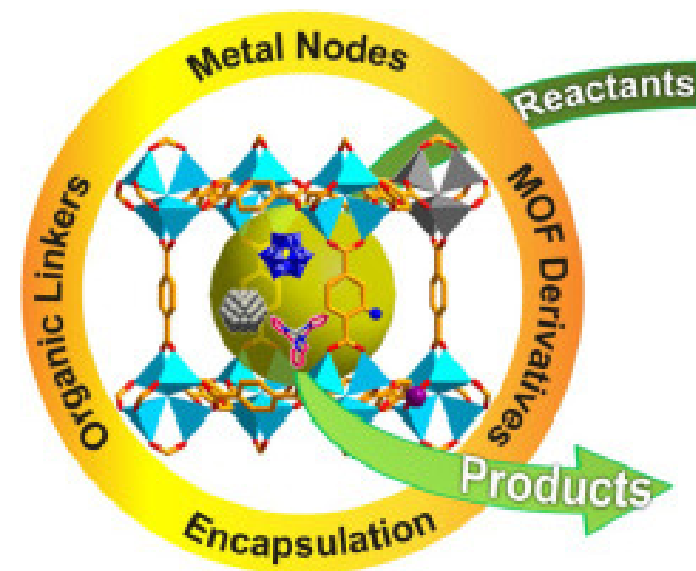
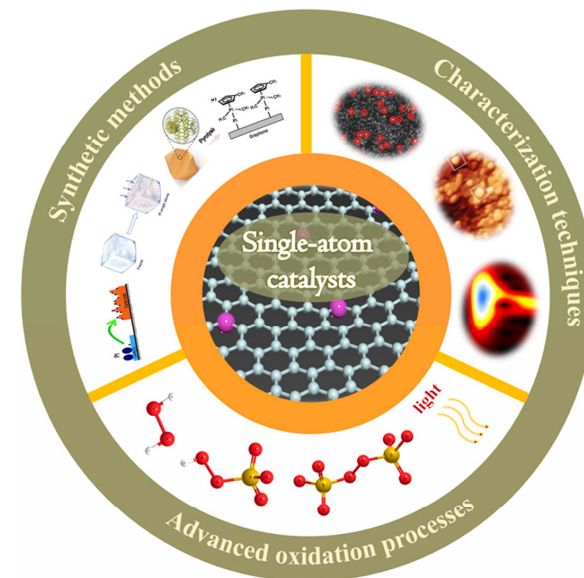
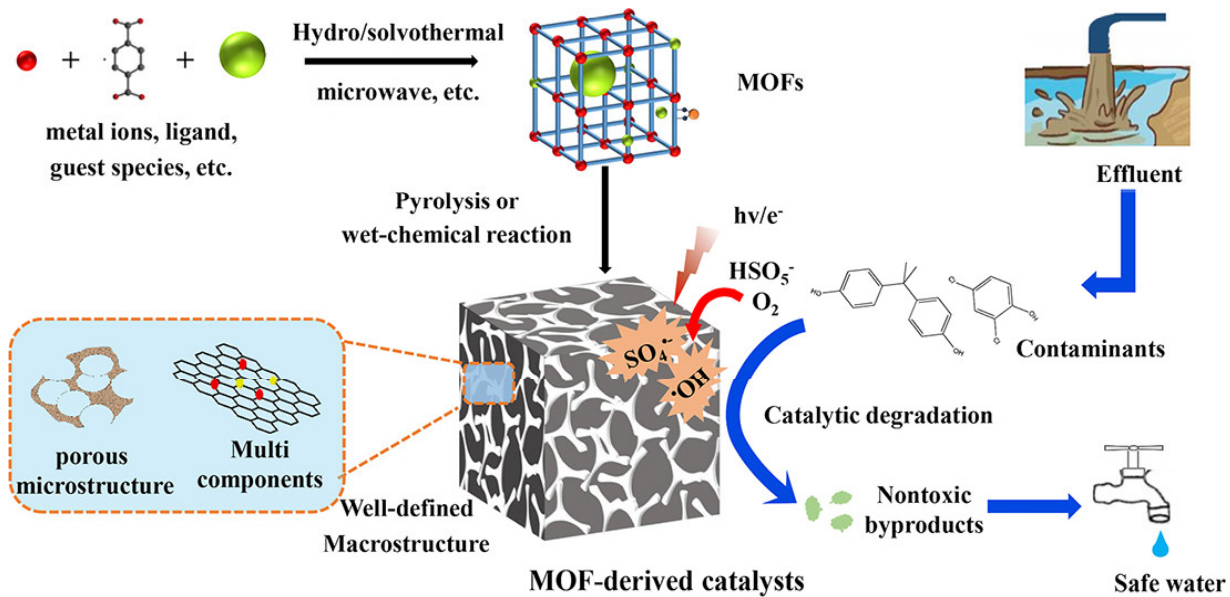
RAZVOJ I IMPLEMENTACIJA
NOVIH KATALIZATORA

TRETMAN REALNOG EFLUENTA

PERSPEKTIVA



KATALIZATORI AOPs tretmana



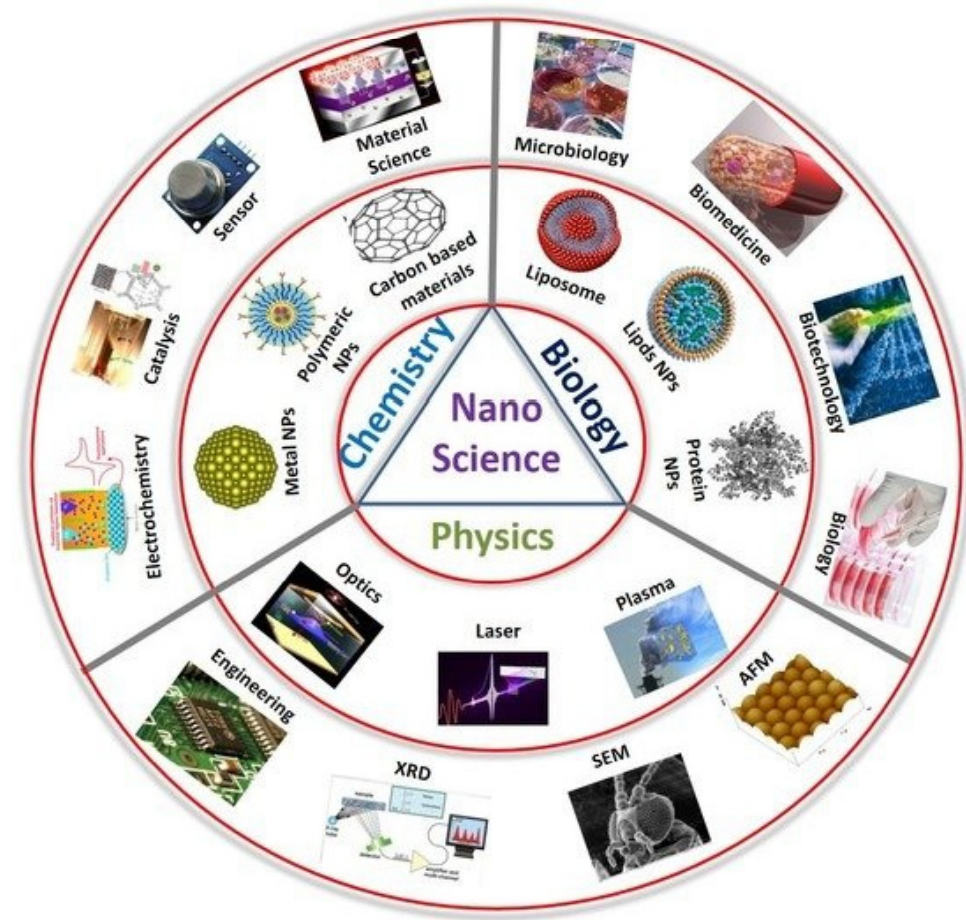
NANOMATERIJALI

Nanomaterijali zahvaljujući malim dimenzijama poseduju jedinstvene hemijske, katalitičke, elektronske, magnetne, mehaničke i optičke osobine.

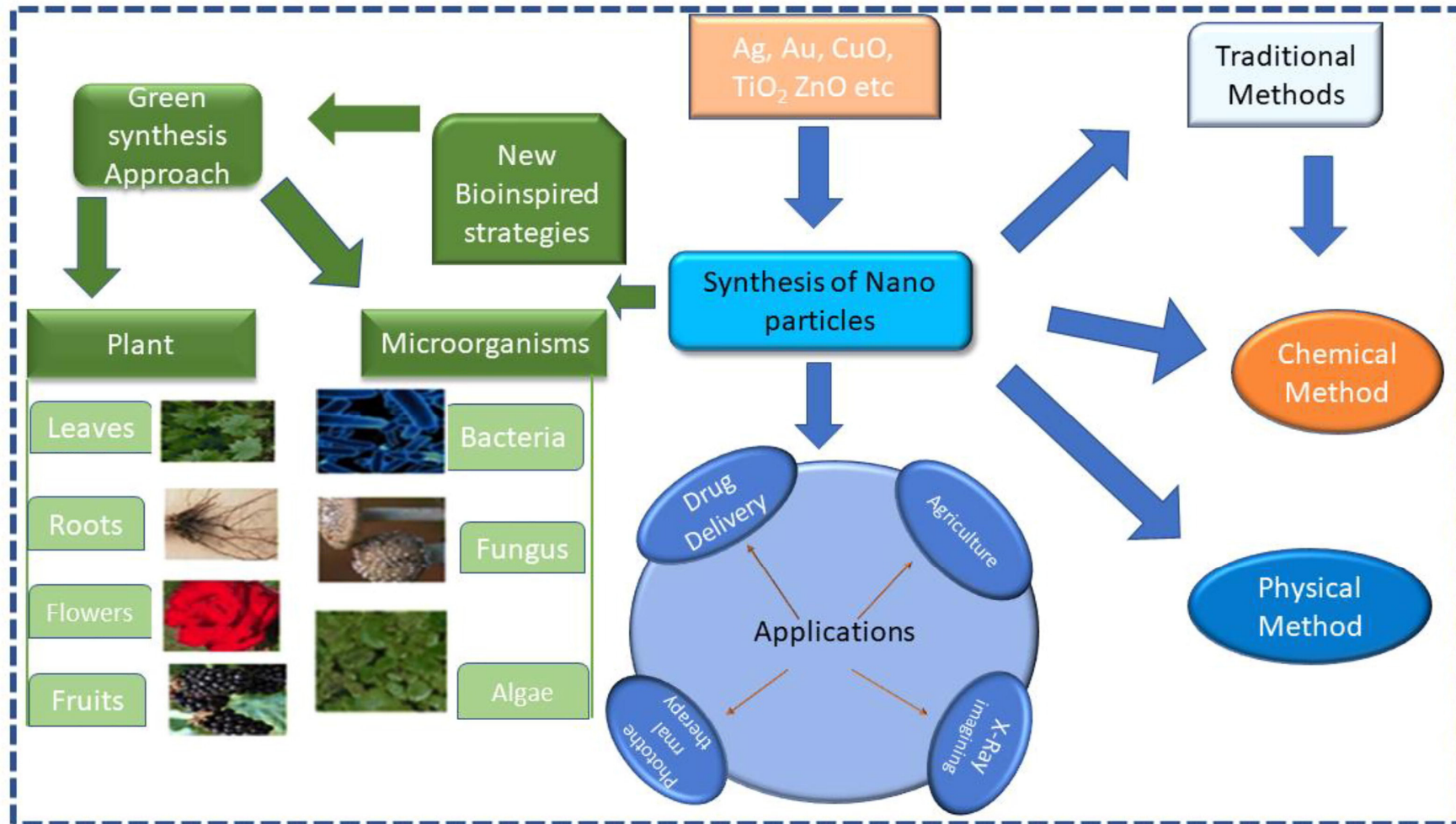
Primena nanočestica u različitim tretmanima:

- smanjenje koncentracije potencijalno štetnih supstanci,
- smanjenje troškova remedijacije velikih razmera,
- redukcija trajanja remedijacionog procesa.

Nanočestice postale konkurentne do sada primenjenim konvencionalnim tretmanima, a ujedno i primarni izbor istraživača prilikom odabira odgovarajućeg *ex situ* ili *in situ* tretmana.

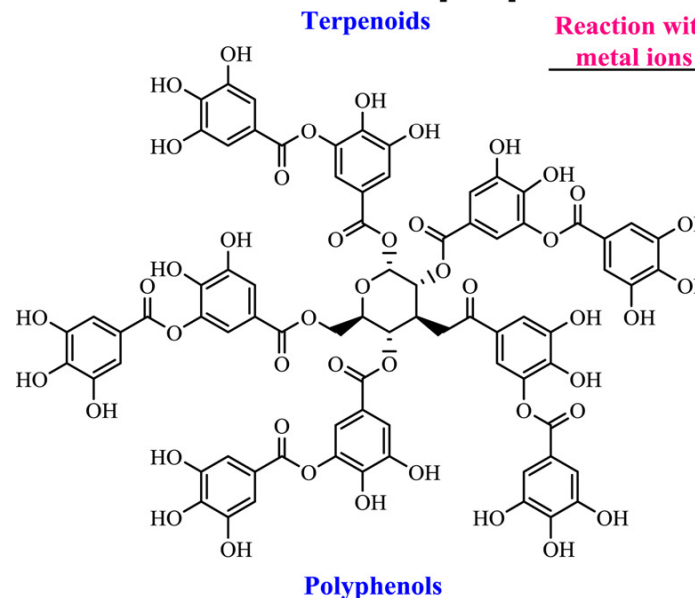
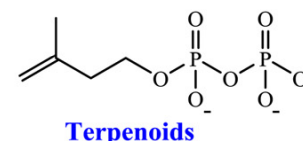
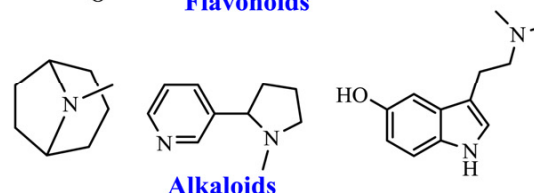
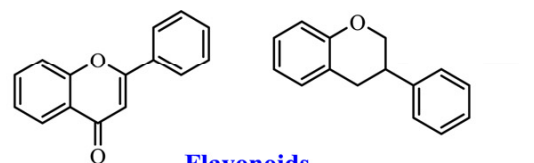


SINTEZA NANOČESTICA



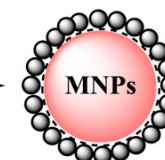
ZELENA SINTEZA

- Priprema biljnih ekstrakata bogatih supstancama sa velikim antioksidativnim kapacitetom koji imaju sposobnost da redukuju dvovalentne i trovalentne jone metala do nanočestica.
- Prisustvo hidroksilnih i fenolnih grupa u polifenolnim komponentama dodatno stabilizuje reaktivne površine nanočestica i smanjuje njihovu biotoksičnost.



Chemical constituents of plant extract act as reducing and stabilizing agents

Reaction with metal ions



PREDNOSTI PRIMENE ZELENE SINTEZE



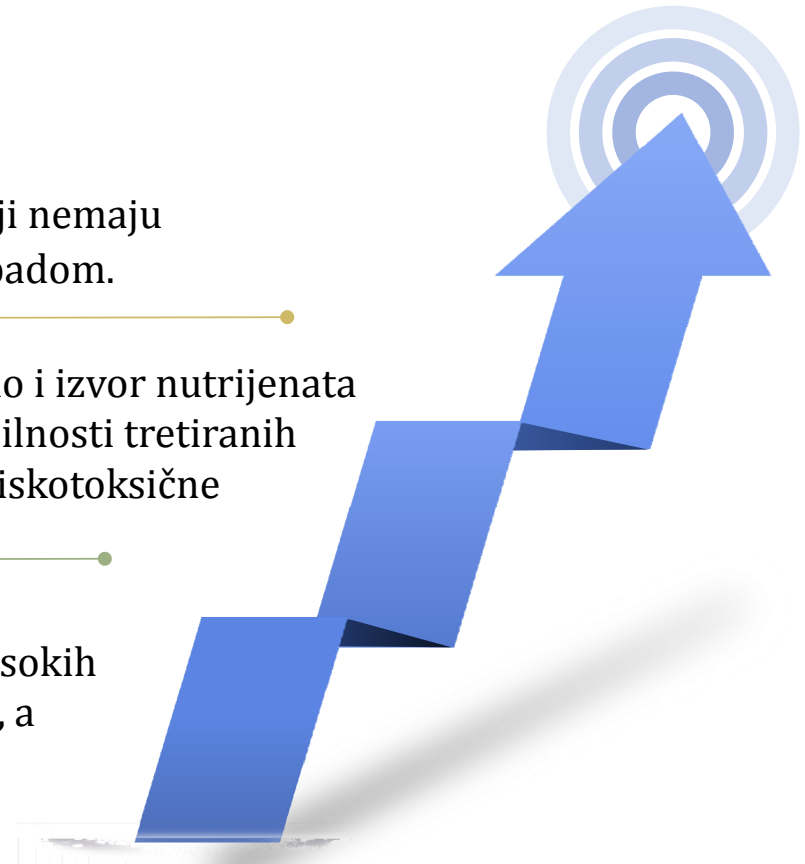
Iskorišćenje prirodnih proizvoda koji nemaju dodatnu vrednost ili se smatraju otpadom.



Korišćenje netoksičnih ekstrakta koji su ujedno i izvor nutrijenata pa samim tim utiču na povećanje biodegradabilnosti tretiranih zagađujućih supstanci, čije iskorišćenje daje niskotoksične redukcionne agense.



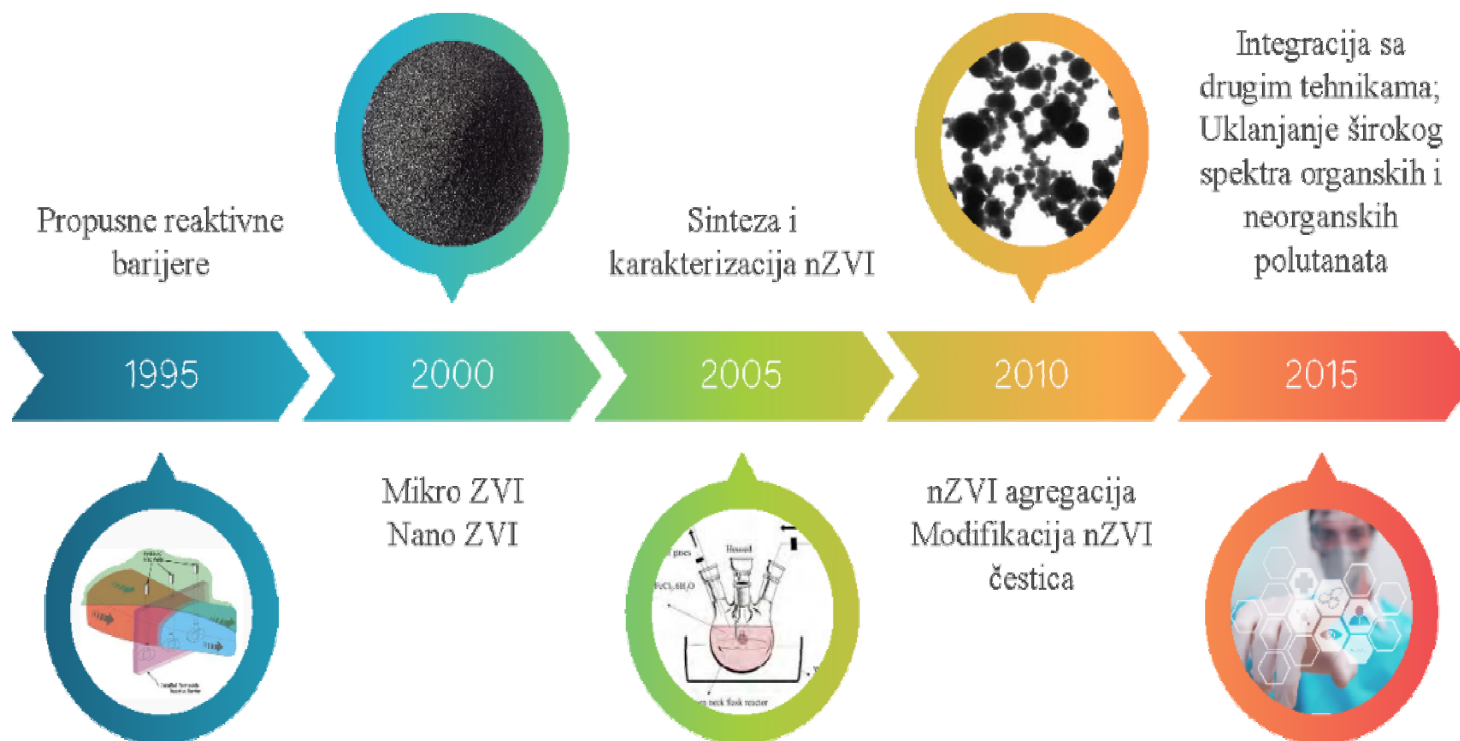
Celokupan proces je isplativ, jer ne zahteva upotrebu visokih temperatura, pritiska ili dodatnih energetskih ulaganja, a ujedno se i lako implementira.



Odabrani nanokatalizatori sintetisani „zelenom“ metodom korišćeni za uklanjanja boja iz otpadne vode

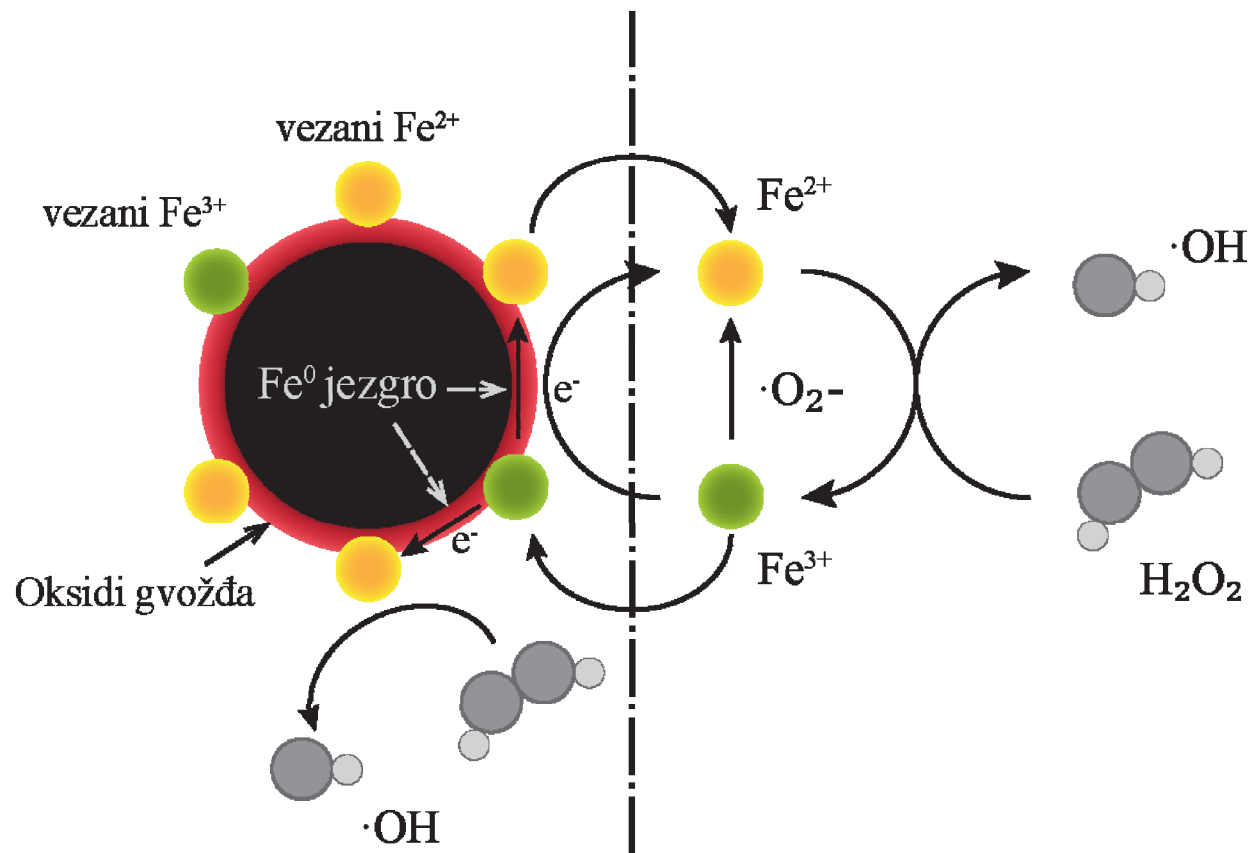
Nanokatalizator	Biološki izvor	Primena	Referenca
Ag nanočestice	<i>Cirsium japonicum</i>	Redukcija BPB	Khan et al., 2016
Ag nanočestice/klinoptilolit	<i>Vaccinium macrocarpon fruit</i>	Redukcija MB, MO i CR	Khodadadi et al., 2017
Ag/nanokompoziti zeolita	<i>Euphorbia prolifera leaf</i>	Redukcija MB i MO	Hatamifard et al., 2016
Ag/nanokompozit bentonita	<i>Euphorbia larica</i>	Redukcija MB i CR	Sajadi et al., 2018
Pd-RGO nanokompozit	<i>Rosa Canina fruit</i>	Degradacija MB, MO i CR	Nasrollahzadeh et al., 2020
CuO nanočestice	<i>Abutilon indi</i>	Fotodegradacija AB 210	Ijaz et al., 2017
ZnO nanočestice	<i>Artocarpus Heterophyllus</i>	Degradacija CR	Vidya et al., 2017
Cu-ZnO nanočestice	<i>Clerodendrum infortunatum</i>	Degradacija AB 234	Khan et al., 2018
ZrO ₂ /rGO nanokompozit	<i>Cinnamon</i>	Fotodergadacija RB4	Gurushantha et al., 2017
rGO/TiO ₂ /Co ₃ O ₄	<i>Shuteria involucrata</i>	Degradacija MB	Ranjith et al., 2019
α-Fe ₂ O ₃ /TiO ₂	<i>Flax seed</i>	Degradacija MB	Mohamed et al., 2019
SnO ₂ nanočestice	<i>Erwinia herbicola</i>	Fotodergadacija Eriohrom crno T	Srivastava and Mukhopadhyay, 2014
Au nanočestice	<i>Aspergillum sp.</i>	Dekolorizacija AO II	Qu et al., 2017
Dy ₂ Ce ₂ O ₇	<i>Vitis vinifera juice</i>	Degradacija MO	Zinatloo-Ajabshir et al., 2018

NANO ČESTICE GVOŽĀA



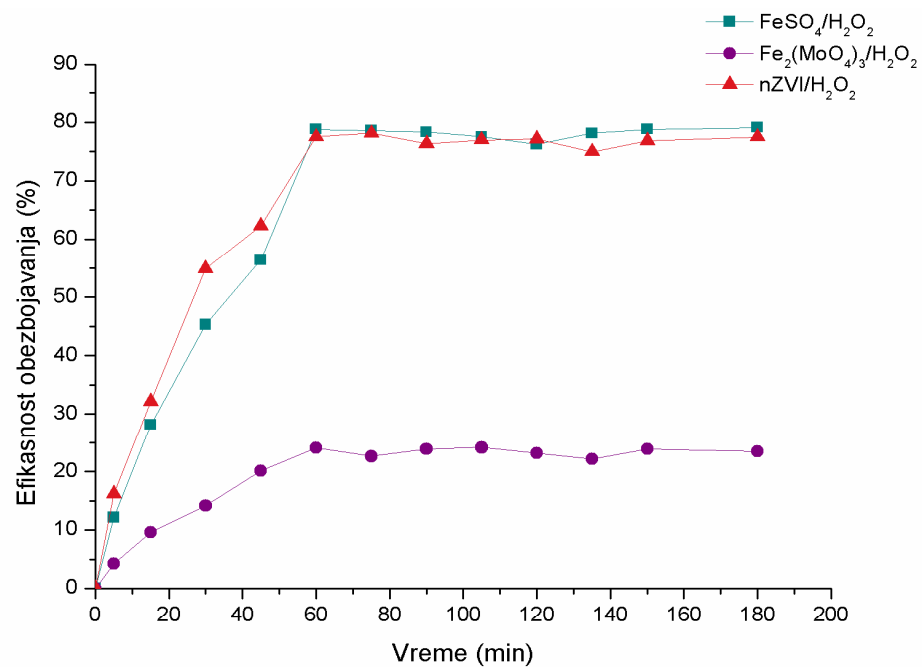
Evolucija primene nanočestica gvožđa od permeabilnih reaktivnih barijera do nZVI tehnika u remedijaciji životne sredine

Oksidativna transformacija organskih kontaminanata primenom nZVI - indukovane Fenton reakcije

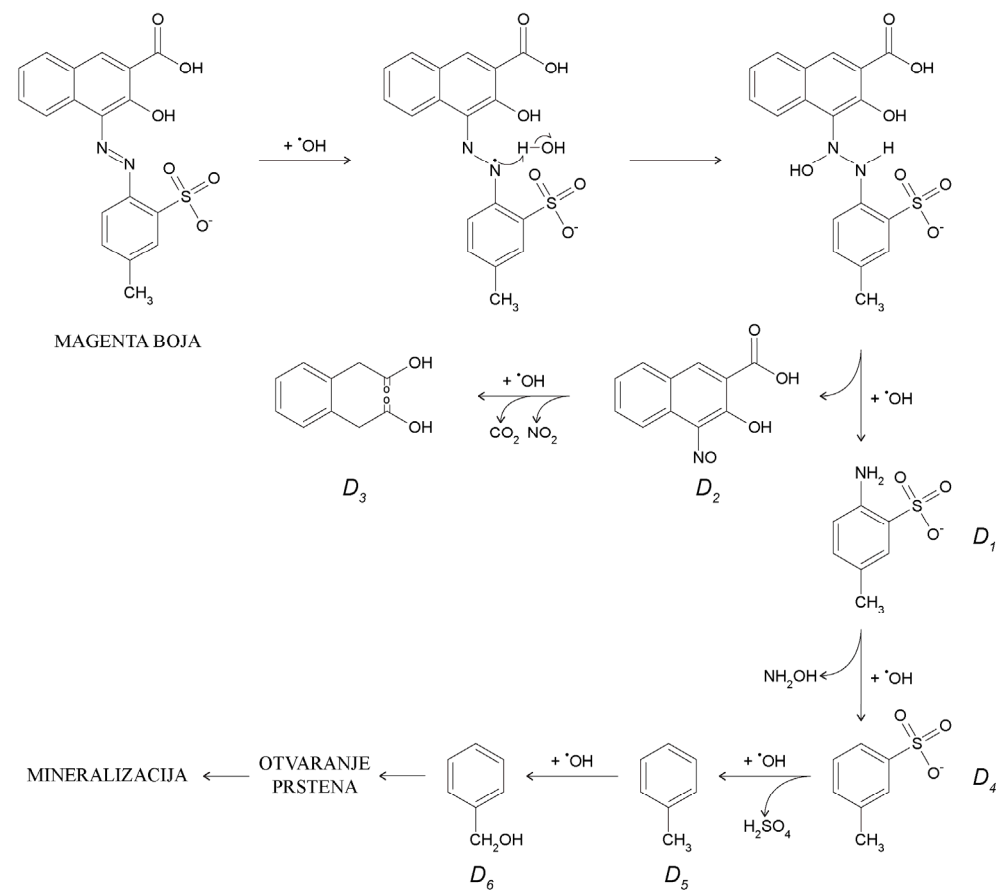


Predložen mehanizam sinergističkog efekta u nZVI Fenton-sličnom procesu

PRIMENA nZVI ČESTICA U TRETMANU GRAFIČKIH BOJA



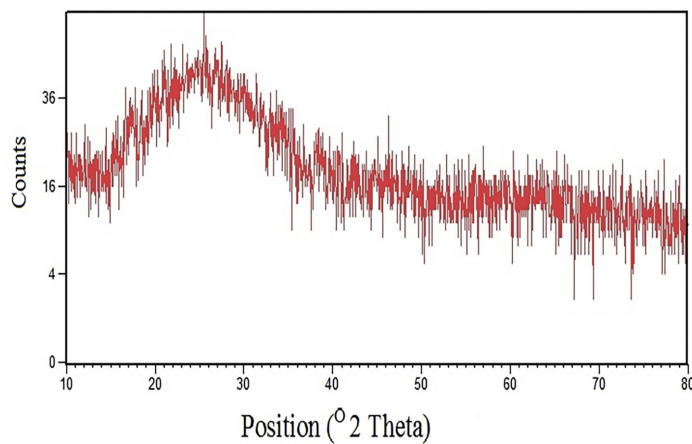
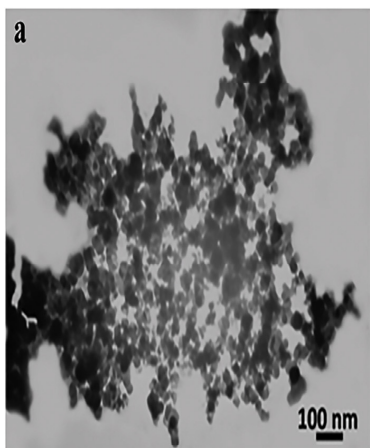
Efikasnost različitih Fenton procesa u tretmanu grafičke boje



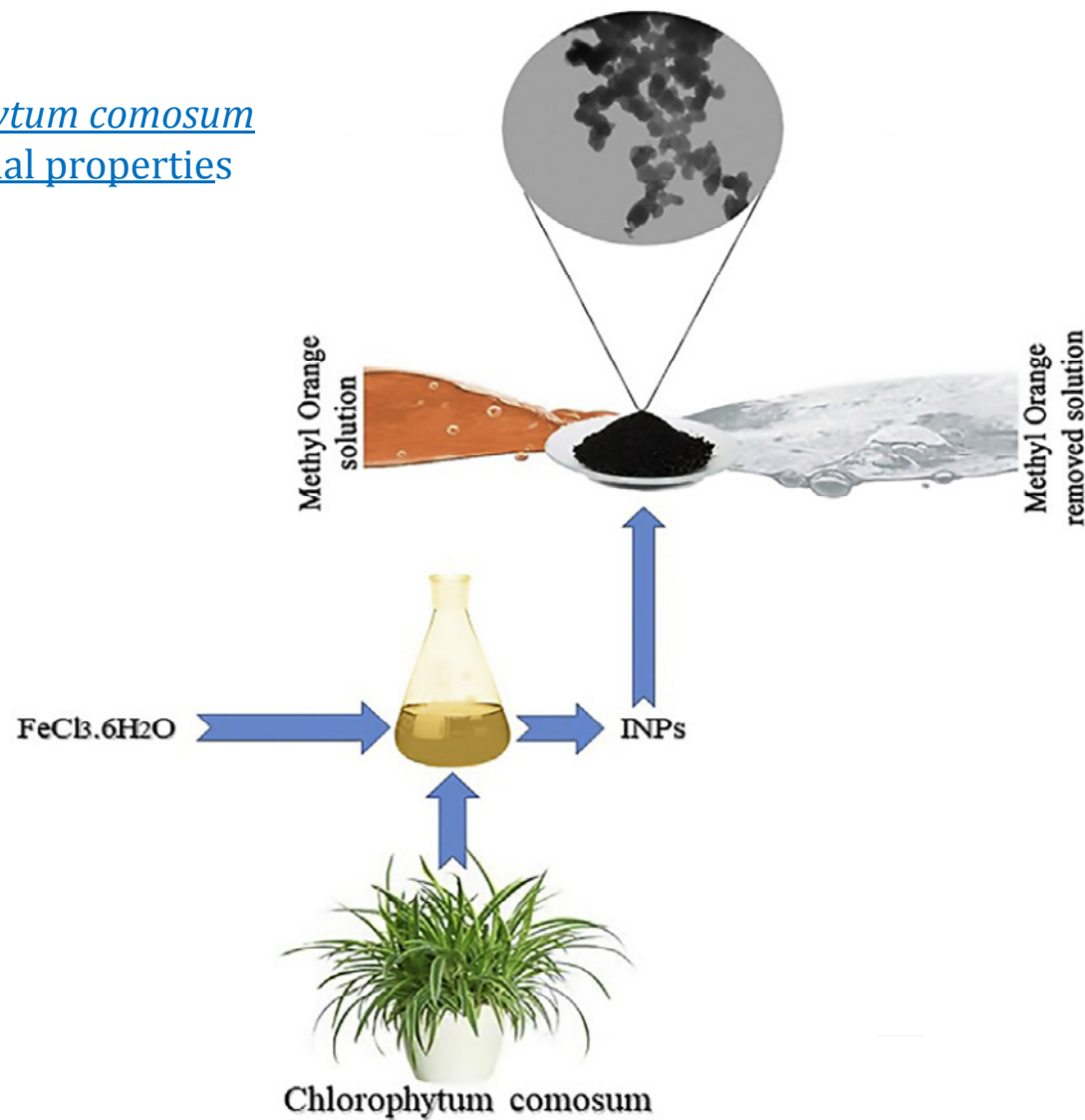
Predložen mehanizam degradacije magenta boje primenom Fenton-sličnog tretmana

Ardakani et al., 2021.

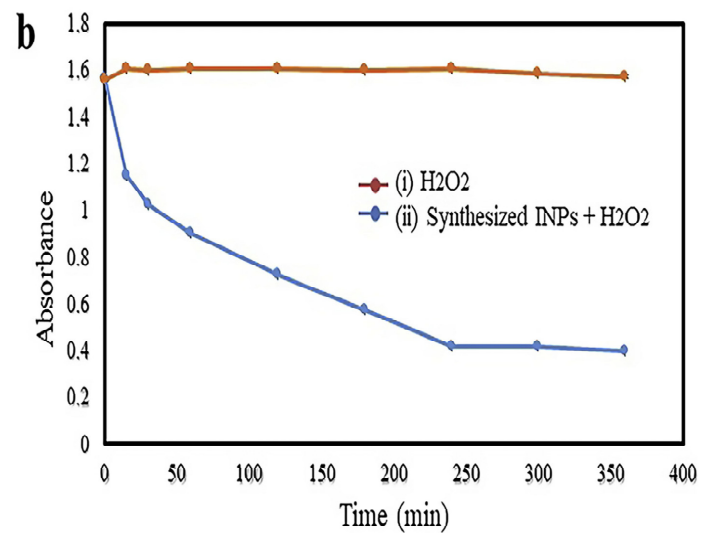
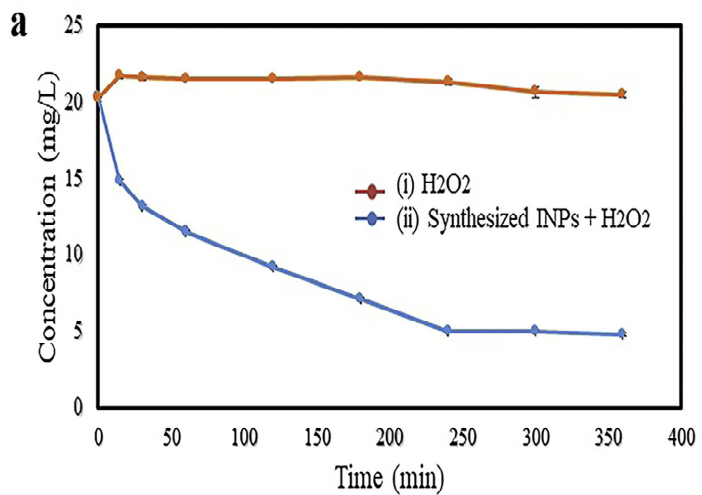
Green synthesis of iron-based nanoparticles using *Chlorophytum comosum* leaf extract: Methyl Orange dye degradation and antimicrobial properties



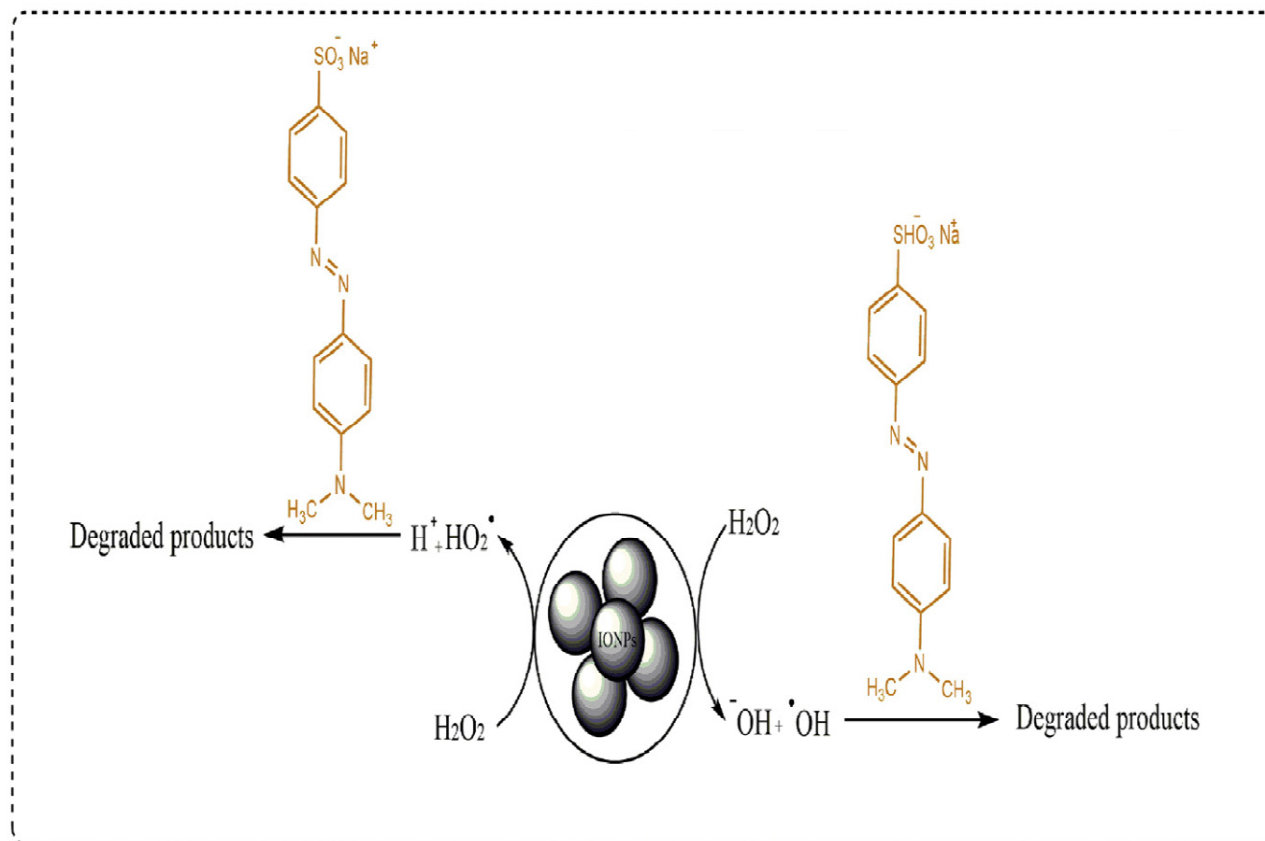
XRD i TEM analiza



Sinteza nanočestica gvožđa i ispitivanje degradacije azo boje



Efikasnost uklanjanja boje

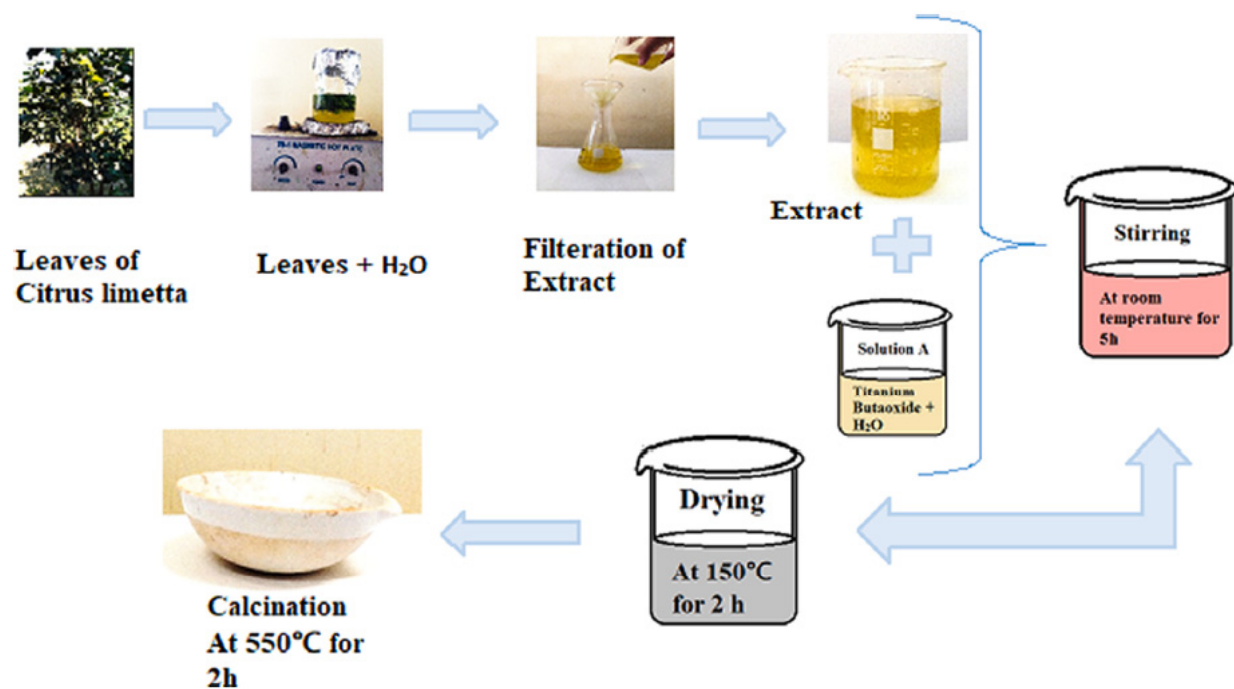


Mehanizam degradacije Methyl Orange boje primenom Fenton-sličnog procesa

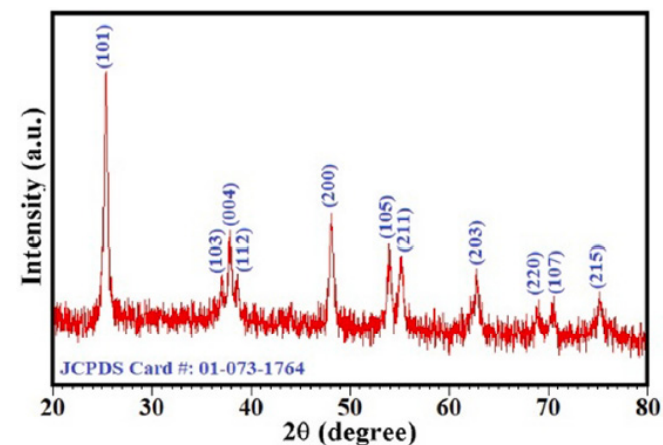
Efikasnost uklanjanja 77%, nakon 6h reakcionog vremena

Nabi et al., 2021.

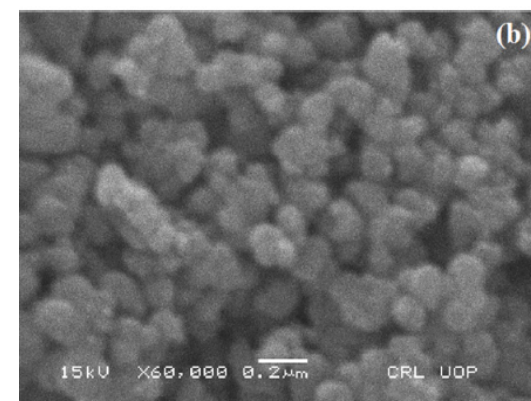
Green synthesis of spherical TiO_2 nanoparticles using *Citrus Limetta* extract:
Excellent photocatalytic water decontamination agent for RhB dye



Sinteza TiO_2 nanočestica



XRD analiza



SEM analiza

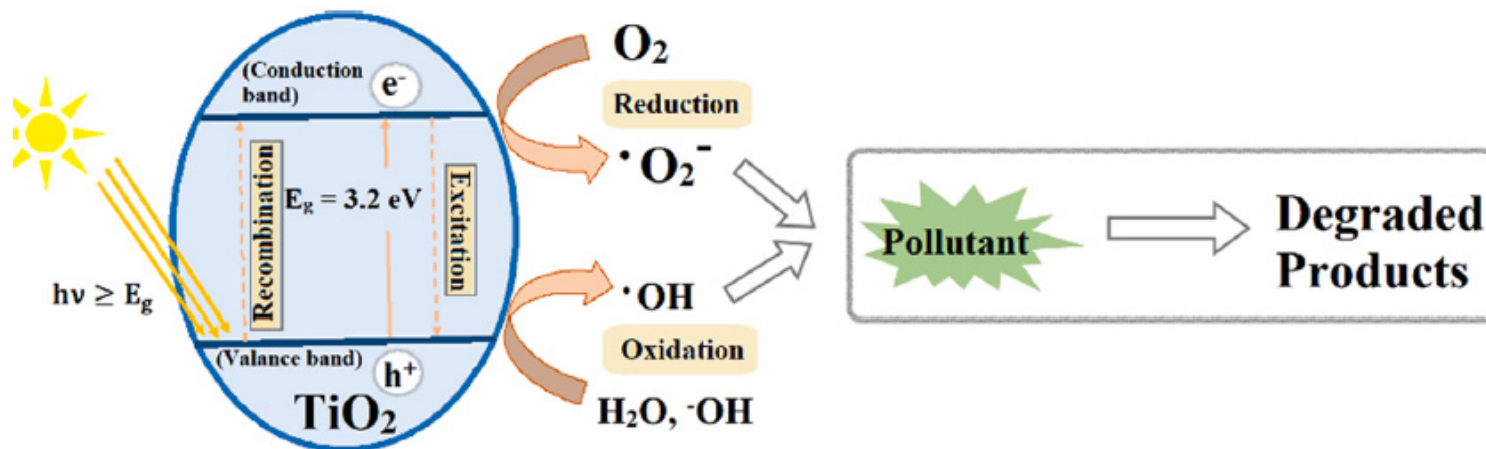
Efikasnost procesa: 90%

Vreme reakcije: 80 min

Zaključak: Poboljšanje apsorpcije vidljive svetlosti i povećanje foto-potpomognute degradacije boje usled male veličine i čiste površine nanočestica.

Odlična fotokatalitička aktivnost sintetisanih nanočestica TiO_2 .

Fotokatalizator je ekološki prihvatljiv i ostvaruje potencijalnu primenu u prečišćavanju otpadne vode.



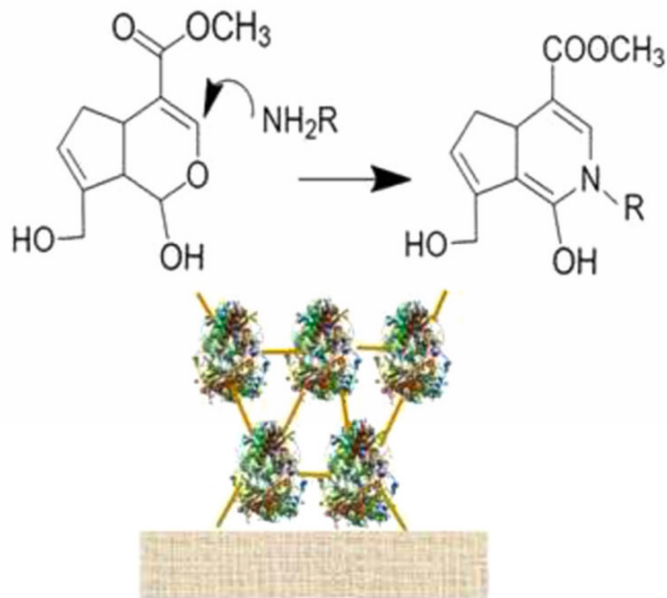
Šematski dijagram mehanizma fotokatalize primenom TiO_2

Kahoush et al., 2021.

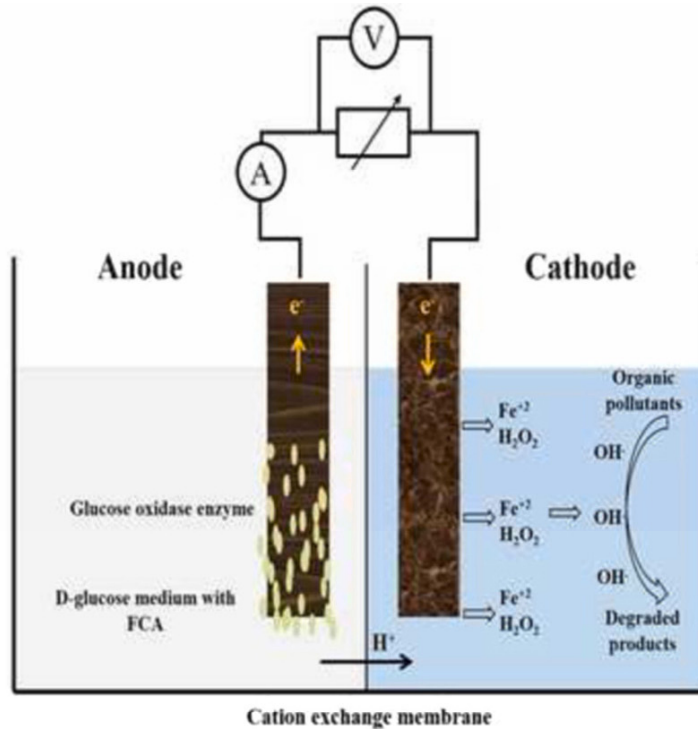
Genipin-mediated immobilization of glucose oxidase enzyme on carbon felt for use as heterogeneous catalyst in sustainable wastewater treatment

Bio-elektro-Fenton i elektro-Fenton proces

Genipin-mediated crosslinking of glucose oxidase

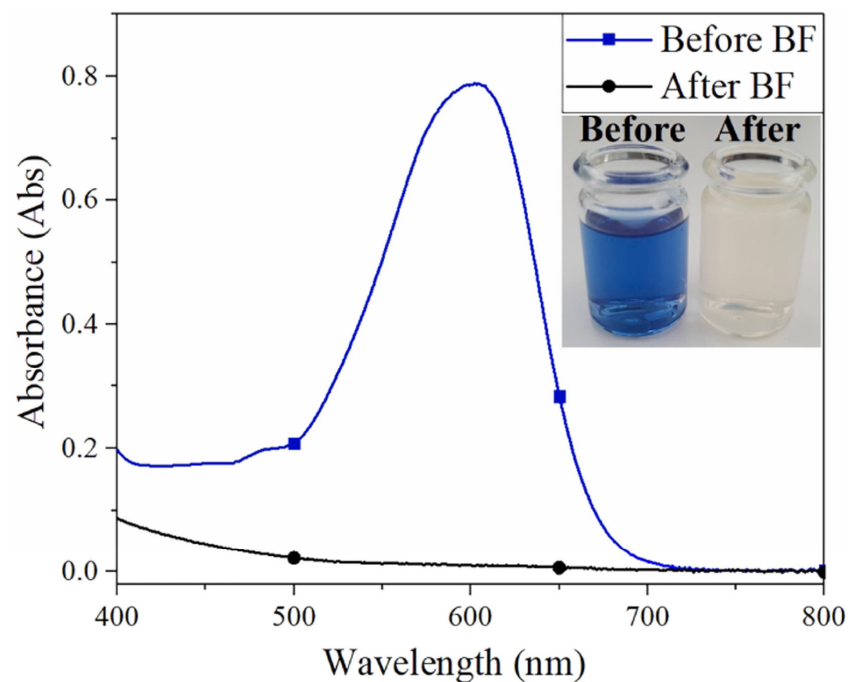


Immobilized enzyme on carbon felt



Sustainable wastewater treatment applications

- ✓ Efikasnost tretmana: 93%
- ✓ Smanjenje HPK: 34%
- ✓ Reakciono vreme: 3h
- ✓ Održavanje 40% relativne enzimске aktivnosti tokom šest ciklusa ponovne upotrebe



Gardenia Jasminoides Ellis

UV-VIS apsorbanca rastvora boje Remazol Blue RR pre i posle bio-Fenton tretmana primenom PCG-G30

HVALA NA PAŽNJI !

