

# PRIMENA KOMPOZITNOG GRAĐEVINSKOG OTPADA U PREČIŠĆAVANJU INDUSTRIJSKIH OTPADNIH VODA

Ivana Jelić<sup>1</sup>, Dragi Antonijević<sup>2</sup>, Marija Šljivić-Ivanović<sup>1</sup>, Slavko Dimović<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke Vinča

<sup>2</sup>Univerzitet u Beogradu, Inovacioni centar Mašinskog fakulteta



# PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

- Prečišćavanje industrijskih otpadnih voda - prečišćavanje vode kontaminirane industrijskim ili komercijalnim radnjama pre ispuštanja u životnu sredinu ili dalje ponovne upotrebe.
- Ovi procesi uključuju konzumaciju velike količine energije, prekomernu proizvodnju mulja, visoke operativne troškove i oslobađanje neprijatnih mirisa.
- Konvencionalne tehnologije za uklanjanje jona teških metala iz rastvora: reverzna osmoza, elektrohemijski tretman i procesi sorpcije.
- Proces sorpcije uključuje jedan ili više mehanizama interakcije između čvrste površine i vrsta prisutnih u suspenziji, na osnovu hemijskih i fizičkih procesa ili njihove kombinacije: površinska adsorpcija, jonska izmena, formiranje jonskih parova, precipitacija, specifična sorpcija (obično kombinacija adsorpcije i taloženja), stvaranje vodoničnih veza ili kompleksnih jedinjenja ili njihova kombinacija.
- Mehanizmi sorpcije najviše zavise od fizičko-hemijskih svojstava materijala (sorbenta) i prirode jona;
- U zavisnosti od vrste interakcije sorbent-sorbat, sorpcija se zasniva na fizičkim ili hemijskim interakcijama;
- Fizičku sorpciju karakteriše manja količina razmene toplote i niska energija aktivacije (niže temperature).



# OSNOVE ISTRAŽIVANJA

- Karakteristike građevinskog (C&D) otpada kao sorbenta:
  - ekonomski isplativ;
  - lokalno dostupan (u velikim količinama);
  - sorpcione karakteristike izuzetno malo (ili nisu uopšte) istražene.
- C&D, tzv. „istorijski otpad“:
  - najveća količina (75%) ukupne količine otpada;
  - 40% od ukupne količine čvrstog otpada.
- Reciklaža C&D otpada:
  - 20-30% (od oko 300 miliona tona godišnje) u SAD-u;
  - 10-90% (od oko 175 i 300 miliona tona godišnje) u zemljama članicama EU;
  - za ostale zemlje sveta ne postoje egzaktni podaci;



# MATERIJAL

- Devet kompozitnih materijala, podeljenih u tri kategorije:
  - materijali na bazi cementa – beton (C1 i C2) i fasadni materijal (F);
  - materijali na bazi gline – puna opeka (B1 i B2), šuplja opeka (B3), crep (RT) i keramičke pločice (CT);
  - materijal na bazi bitumena – asfalt (A).
- Dva dvovalentna jona:
  - kobalt Co(II) -  $^{60}\text{Co}$ , kao radioaktivni ili  $^{59}\text{Co}$ , kao teški metal;
  - nikel Ni(II) -  $^{63}\text{Ni}$ , kao radioaktivni ili  $^{58}\text{Ni}$ , kao teški metal.



# PRIMENJENE EKSPERIMENTALNE METODE

- Priprema uzoraka – homogenizacija (frakcije čestica veličine od 0,3 do 0,6 mm);
- Karakterizacija uzoraka građevinskog (C&D) otpada (XRD, FT-IR i gama spektrometrija, ispitivanje stabilnosti (nerastvorljivosti) pri pH 2, 6 i 8, određivanje pH i elektroprovodljivosti (modifikovana metoda za određivanje pH vrednosti zemljišta i otpada US EPA 9045D);
- Proces sorpcije – provera sorpcionog kapaciteta komponenti građevinskog otpada i njihove smese sorpcijom jona Co(II) i Ni(II) iz jedno- i dvokomponentnih rastvora;
- Sorpcija na simuliranom građevinskom otpadu (šutu).



# KARAKTERIZACIJA UZORAKA – ZAPAŽANJA

- Svi uzorci (osim pune opeke B1) sastavljeni su od kvarca ( $\text{SiO}_2$ ), dok uzorci F, CT i A sadrže i kalcit ( $\text{CaCO}_3$ ); Uzorak B1 sastoji se uglavnom od anortita (alumosilikat,  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ );
- Starenje betona u atmosferskim uslovima izaziva dekalifikaciju – sveže pripremljeni uzorci betona sadrže nusproizvode procesa hidratacije Portland cementa (kalcijum silikat hidrat, C-S-H) i druga cementna jedinjenja;
- FT-IR spektrogrami svih uzoraka pokazuju prisustvo Si-O površinskih grupa;
- Gama spektrometrija je pokazala da su uzorci bezbedni za dalju upotrebu sa radiološkog aspekta;
- Na osnovu rezultata ispitivanja stabilnosti i određivanja pH i elektroprovodljivosti, zaključeno je da su ispitani otpadni materijali pogodni za upotrebu (nisu korozivni) i njihova dalja upotreba ne predstavlja opasnost po životnu sredinu.



# UPOREDNI SORPCIONI KAPACITETI (JEDNOKOMPONENTNI RASTVORI)

Sorbenti na bazi otpada	Max sorpcioni kapaciteti (mmol/g)	
	Co(II)	Ni(II)
C1	0.320	0.550
C2	0.270	0.130
F	0.120	0.300
B1	0.050	< 0.130
B2	0.060	< 0.130
B3	0.030	0.170
RT	0.065	< 0.130
CT	0.170	< 0.130
A	0.060	< 0.130
Leteći pepeo		0.007 – 0.017
Zeolit sintetizovan od letećeg pepela	1.240	1.532
Aktivni ugalj od koštica kajsije	0.504	
Sirovi crveni mulj	0.520	
Isprani crveni mulj		0.372
Tretirane animalne kosti	0.070 – 0.490	
Tretirani kanalizacioni mulj		0.155
Flotaciona jalovina bakarne šljake	0.012	0.022

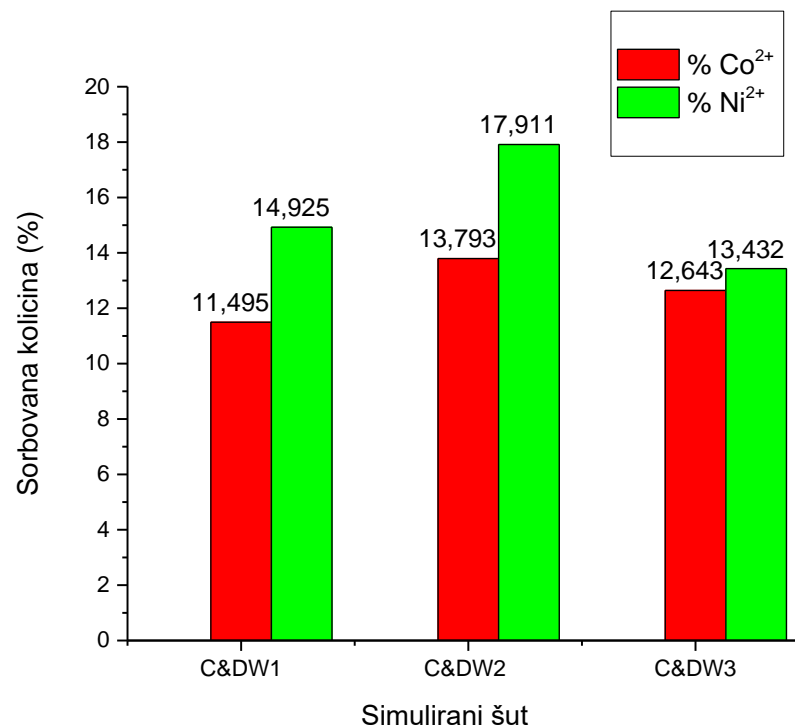
- Najveća efikasnost vezivanja postignuta je u slučaju cementnih uzoraka (C1, C2 i F);
- Prema dijagramima specijacije  $\text{Co}^{2+}$  i  $\text{Ni}^{2+}$ , formiranje nerastvorljivih  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  i  $\text{Co}(\text{OH})_2$  počinje pri pH 8;
- pH vrednosti sorpcije ovih jona na uzorcima C1 i C2 su blizu praga precipitacije - mogući mehanizam i objašnjenje max sorpcionih kapaciteta;
- Najznačajnija sorbovana količina oba jona iz ekvimolarnog dvokomponentnog rastvora Co-Ni postignuta je u uzorku C1 (0,18 mmol/g).



# SIMULACIJA SORPCIJE NA GRAĐEVINSKOM ŠUTU

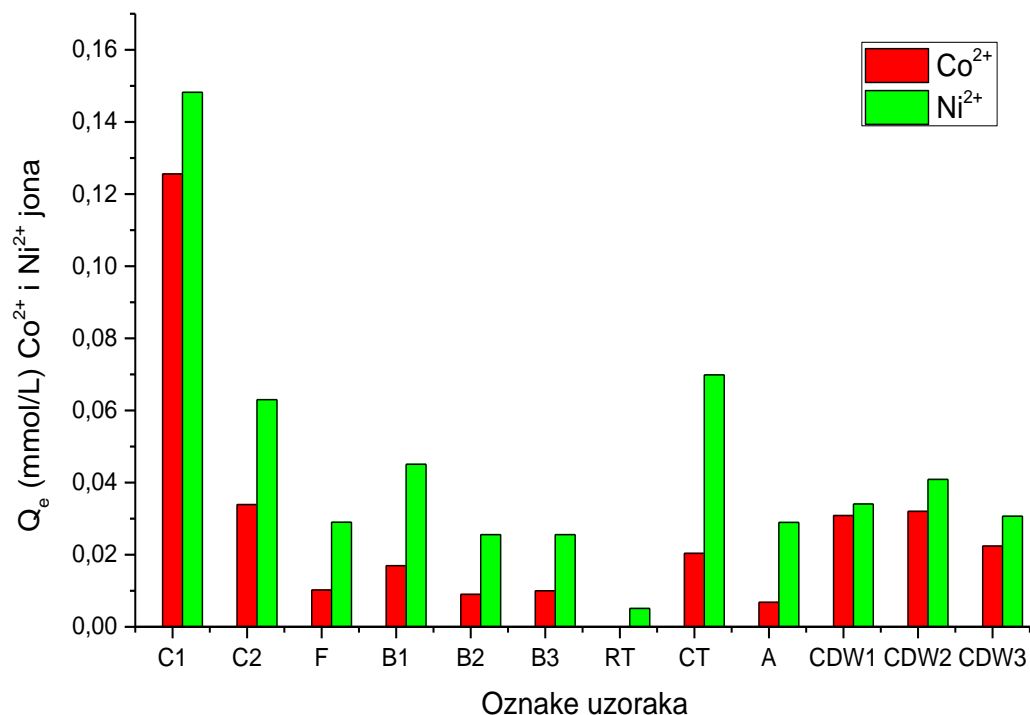
Procentni sastav simuliranog šuta

Oznaka simuliranog šuta	Uzorak C1 (%)	Uzorak B1 (%)	Uzorak A (%)
C&DW1	50	40	10
C&DW2	60	30	10
C&DW3	30	60	10





# UPOREDNI SORPCIONI KAPACITETI IZ DVOKOMPONENTNIH RASTVORA



- Uzorak C&DW2 je pokazao najefikasniju sorpciju zbog najveće količine zidnog betona C1 (60%), koji je pokazao i najveći sorpcioni afinitet za oba ispitivana jona u eksperimentima sorpcije iz (jedno- i) dvokomponentnih rastvora.



# ZAKLJUČAK

- Rezultati mogu direktno da posluže kao osnova za dalju praktičnu primenu u oblastima recikliranja C&D komponenata ili celokupnog C&D otpada, sanaciji kontaminiranih industrijskih voda i posebno imobilizaciji radionuklida iz tečnog radioaktivnog otpada.
- Imobilizacija Co(II) i Ni(II) jona korišćenjem C&D otpadnih komponenti pokazale se veoma efikasnom, naročito pri sorpciji na materijalima na bazi cementa.
- Sistem sorbent/sorbat može da ima praktičnu primenu kojoj bi morala da prethode ispitivanja izluživanja kontaminanata zbog zaštite životne sredine, kao i optimizacija količine dodatog iskorišćenog sorbenta, npr. svežem betonu, asfaltu i slično kako zahtevana mehanička svojstva ne bi bila narušena.
- Zbog jake veze sorbent/sorbat, utrošeni sorbent ne bi predstavljao hazard po okolinu i mogao bi bezbedno da se odloži na komunalnu deponiju, ukoliko nema dalju upotrebnu vrednost.
- Pored imobilizacije stabilnih izotopa ispitanim materijalima, pokazano je da je moguća i imobilizacija radioaktivnih izotopa.

