UNIVERSITETI I TIRANËS

FAKULTETI I SHKENCAVE TË NATYRËS

Departamenti I Kimisë Industriale

KONKURS MBI PUNËT KËRKIMORE

JSTOR

FUSHA E APLIKIMIT: Kimi

"Titulli i temës së punimit"

Sintetizimi i Zeoliteve Artificialë nga Hiri Fluturues dhe Aftësitë Katalitike.

Punoi: Silvana Gjyli

Proceset e Trajtimit Kimik të Lëndëve të Para Natyrore dhe Mbeturinave Industriale Urbane, Tiranë 2021

Tiranë 2021

ABSTRAKT

Në këtë punim, përmblidhen rezultatet mbi parametrat kryesorë që ndikojnë në sintezën e zeoliteve të tipit X dhe LTA duke përdorur hirin fluturues (FA) si lëndë e parë. FA-ja është një produkt me djegie qymyri që hidhet pjesërisht në landfill, pasi nuk gjen ndonjë aplikim tjetër (Fishbein, 1992). Riciklimi i këtij materiali të ngurtë është me përfitim të madh për sa i përket cilësisë, kostos efektive dhe mjedisit (Senapati 2011). Përbërja kimike dhe mineralogjike e hirit fluturues silicor e bën atë një lëndë të parë tërheqëse dhe ekonomike për sintezën e zeoliteve. Zeolitet janë minerale mikroporoze, aluminosilikate të karakterizuara nga një rrjet tre-dimensional i njësive tetrahedrale të prodhuara në mënyrë industriale në një shkallë të gjerë (Sherman, 1999). Në këtë punim u sintetizuan zeolite sintetike tipi X dhe zeolite sintetike tipi LTA me kristalitet të lartë dhe vlerë të lartë të sipërfaqes BET, duke përdorur metodën e para-shkrirjes e ndjekur nga trajtimi hidrotermal në kushte të ndryshme. Rezultatet konfirmojnë se temperatura, koha e kristalizimit, raporti SiO_2 / Al_2O_3, lloji i ujit (ujë i distiluar ose ujë deti), janë gjithashtu parametra të rëndësishme, që ndikojnë në llojin e zeolitit të sintetizuar. Produktet sintetike karakterizohen nga fazë e pastër, sipërfaqe specifike BET e lartë deri në 412 m^2/g, kapacitet i lartë i shkëmbimit kationik, duke sugjeruar kështu përdorimin e tyre të suksesshëm si adsorbues dhe katalizatorë (Thomas & Williams, 2005). Zeolitet sintetikë u testuan përmes katalizës bazike në fazë të gaztë në alkilimin e fenolit duke përdorur karbonat dietili si një agjent alkilues inovativ. U përftua konvertim i fenolit deri në 95% me një selektivitet më shumë se 85% në fenetole. Për më tepër, rezultatet tregojnë që zeolitet e formuara nga FA-ja kanë një aktivitet katalitik më të madh krahasuar me zeolitin tregtar NaY i cili u zgjodh si katalizator me bazë reference.

Fjalëkyçe: Sintezë, FA, zeolite, trajtim hidrotermal. parametrat e sintezës; faza e pastër; katalizë.

HYRJE

Kjo hyrje përshkruan aspekte të përgjithshme të sfidave të mëdha mjedisore mbi eleminimin e ndotjes, duke aktivizuar dhe përmirësuar kontrollin e mbetjeve dhe ripërdorimin e tyre si lëndë e parë, riciklimin, në vend të trajtimit apo / dhe asgjësimit të mbetjeve të dëmshme për mbrojtjen e mjedisit (Davidson, 1999).

Gjatë dekadave të kaluara, bota ka parë rritjen e shpejtë të popullsisë së saj dhe shpërthimin e kërkesës për konsum të energjisë (Gordon et al., 1981)

Me përparimin e teknologjisë si të dobishme për njerëzimin dhe sfidat e saj të reja, u fillua të studioheshin mënyra të ndryshme të prodhimit të energjisë së bashku me ruajtjen e mjedisit, si një mjet për zhvillimin e qëndrueshëm (Heller 2011). Në ditët e sotme, kërkimi për procese të reja që përdorin burime të rinovueshme të energjisë po rritet, por burimet e energjisë jo të rinovueshme zënë ende një pjesë të madhe të prodhimit. Cilësia e jetës në shumë vende rreth botës është prekur fort nga produktet dhe proceset e industrive të minierave.

Industria minerale është e rëndësishme në të gjithë botën. Megjithatë, ajo paraqet disa probleme mjedisore, të tilla si erozioni i tokës, ndikon në biodiversitetin lokal dhe ndotjen e ujit.

Minierat e qymyrit përfshijnë prodhimin e hirit fluturues (FA). Globalisht, mbi 500 milion ton e FA-së prodhohen në vit nga djegia e qymyrit në termocentrale, dhe eliminimi i tij paraqet sfida të mëdha dhe probleme serioze mjedisore dhe ekonomike (Blunden & Arndt, 2016). Largimi i FA-së në diga apo male paraqet një problem të madh për shkak të alkalinitetit të tij (pH>12) dhe karakteristikave kimike.

Prandaj, për shkak të mungesës së vendeve të deponisë dhe rregullave më të forta mjedisore, është shumë e rëndësishme për të promovuar riciklim efektiv të këtyre mbetjeve në produkte me vlerë

të madhe. Në këtë mënyrë zbutim shterimin e burimeve dhe ndikimet në mjedis. Si pjesë e zhvillimit të pandërprerë të menaxhimit të mbetjeve, duhet të përpiqemi për të zvogëluar efektin e tyre në shëndetin e njeriut, mjedis, si dhe për t'i kthyer ato në produkte të dobishme nëpërmjet riciklimit (Lawson, 2006).

Gjatë viteve të fundit, kimia e gjelbër ka demonstruar se si metodologjitë thelbësore shkencore mund të jenë në qëllim të mbrojtjes së shëndetit të njeriut dhe mjedisit në mënyrë të dobishme dhe sa më ekonomike (Tombs, 1994).

Kjo mund të bëhet e mundur në shumë mënyra, të tilla si: duke zvogëluar sasinë e lëndëve të para të përdorura, duke zvogëluar volumin e mbetjeve dhe duke ricikluar këto mbetje përmes sintezave kimike më pak të rrezikshme. Kudo ku është e mundur, metodat sintetike duhet të projektohen për të përdorur dhe gjeneruar substanca që posedojnë pak ose aspak toksicitet për shëndetin e njeriut dhe mjedisin (Ravotti, 2017). Nëse është e mundur, metodat sintetike duhet të kryhen në temperaturë dhe presion atmosferik. Gjithashtu metodologjitë analitike duhet të zhvillohen më tej për të studiuar, monitoruar dhe kontrolluar proceset në kohë reale, para formimit të substancave të rrezikshme.

Një rishikim shpjegues multidisiplinar i shkencës së zeoliteve është paraqitur në këtë punim, duke u përqëndruar në tipet, strukturat dhe vetitë e zeoliteve. Kjo përfshin sintezën e tyre nga mbetjet, aplikimet e tyre industriale si reagentë katalitikë sa më selektivë, dhe rolin e tyre në zgjidhjen e problemeve mjedisore (Gjyli et al., 2019).

Qëllimi i kërkimit është sintetizimi i zeoliteve artificialë nga FA-ja, vlerësimi i integruar se si parametrat e ndryshme ndikojnë në sintezën e zeoliteve dhe përdorimin e këtyre të fundit si katalizatorë me efektivitet të lartë.

Konkretisht sintetizimi i zeoliteve me metoda që japin rendimente të larta, janë të pastra, kanë kosto efektive dhe janë ekologjikisht miqësore është qëllimi kryesor i këtij studimi (Rhodes 2010, Sousa-Aguiar et al., 2018).

Pjesë e rëndësishme e këtij studimi është përcaktimi dhe krahasimi i parametrave optimale të tilla si: i) raporti SiO_2 / Al_2O_3 i FA-së, ii) raporti NaOH / FA, iii) trajtimi me acid i FA, iv) shtesat e NaAlO2, v) temperatura e kristalizimit, vi) koha e kristalizimit, vii) uji i distiluar / ujë deti.

Për më tepër, përdorimi i zeoliteve të sintetizuara nga FA-ja si një substrat për zhvillimin e katalizatorëve të rinj, mund të konsiderohet një rrugë premtuese për të zvogëluar ndotjen e mjedisit e shkaktuar nga kjo mbetje (Cirujano & Nowacka, 2018)

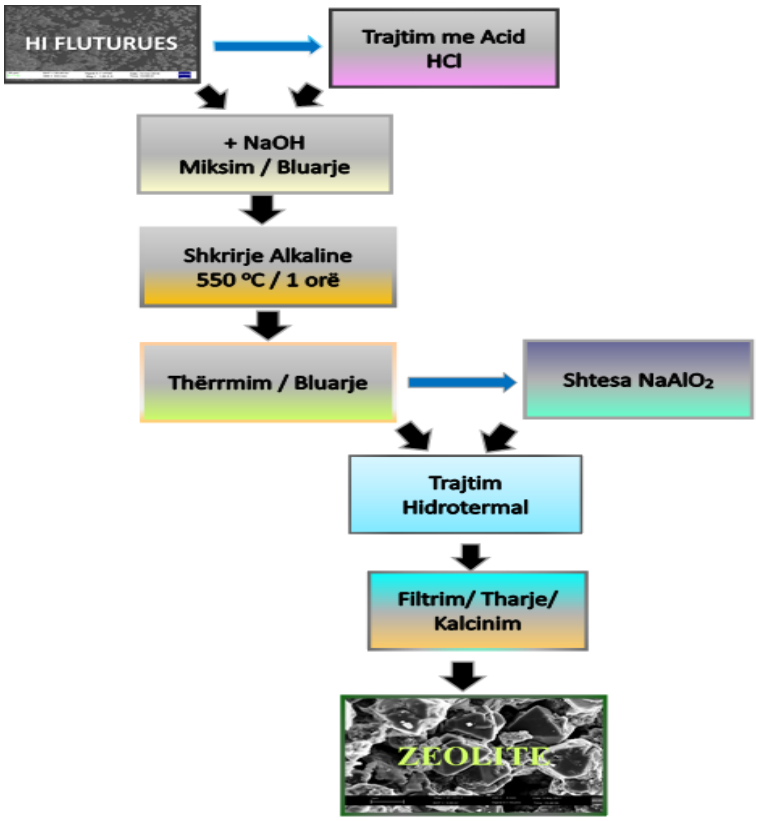
EKPERIMENTET

Në studimin tonë sinteza e zeoliteve artificiale u realizua duke përdorur metodën e shkrirjes alkaline e ndjekur më pas nga metoda hidrotermale.

Para fillimit të sintetizimit me këto dy metoda u krye dhe procedura e para trajtimit të FA-së me acid HCl për largimin e papastërtive apo dhe metaleve të rënda që vetë FA-ja mund të posedonte. Për këtë FA-ja fillimisht u trajtua në acid kloridrik (HCl), me përqëndrim të acidit 20% m/m në raportin HCl / FA përkatësisht 15 ml acid / 1 g FA (Panitchakarn et al., 2014). Përzierja është trazuar në mënyrë të vazhdueshme në shkallën 300 rpm në 80 °C për 2 orë. Pas kësaj, mostra e ngurtë u filtrua nga tretësira e acidit, u la në mënyrë të vazhdueshme me ujë të distiluar deri sa tretësira të arrinte pH neutral dhe u tha për afërsisht 12 orë në 90 °C në termostat. FA-ja pasi ka kaluar procesin e para-trajtimit ose jo me acid kloridrik (pasi jo të gjitha mostrat janë pregatitur me FA të para trajuar me acid, e gjitha kjo për të parë se si ndikon trajtimi ose jo me acid në sintezën e zeoliteve), është përzier me hidroksid natriumi anhidër perl, me raporte NaOH / FA të

barabartë me 0.75, 1,25; 1.5 (Belviso et al., 2010; Rayalu et al., 2005). Më tej, kjo përzierje është bashkuar dhe shkrirë në 550 °C për 1 orë në një furrë mufel në përputhje me. Përbërja e shkrirë pasi u hoq nga furra mufël u ftoh dhe pas shtesave ose jo të aluminatit të natriumit, u blua në havan por celani dhe u tret në ujë të detit ose në ujë të distiluar (në varësi të eksperimentit), me raport masë e ngurtë / vulum i lëngshëm të barabartë me 1: 5 g / ml. Sinteza hidrotermale u krye në kushte statike në temperaturat e kristalizimit 40, 60, 90, ose 120°C për 1 deri në 72 orë. Solidet e përftuara

Skema 1 *Diagrami që tregon sintezën e zeoliteve nga FA.*



u ndanë me filtrim duke u larë me ujë të distiluar derisa pH i tretësirës të zbriste në 10–11. Precipitati i ngurtë zeolitik në letrën e filtrit u tha gjatë natës në 105 °C pastaj u kalcinua në 550 °C për 5 orë. Më sipër është paraqitur skematikisht diagrami i sintezës së zeoliteve nisur nga FA-ja (Skema 1).

REZULTATE DHE DISKUTIME

Njohja me karakteristikat e lëndëve të para është shumë e rëndësishme, si në sintezën e zeoliteve ashtu edhe në aplikimin e katalizatorëve. Më poshtë përshkruhet karakterizimi i lëndës së parë të hirit fluturues (FA) të përdorur në këtë studim. Përkatësisht, përbërja kimike e FA-së është analizuar me anë të fluoreshencës me rreze X (XRF) siç tregohet në (Tabelën 1).

Të dhënat tregojnë se FA-ja përmban fraksione të konsiderueshme të SiO_2 dhe Al_2O_3 përkatësisht 51% dhe 27.5%, duke e bërë FA-në lëndë të parë të përshtatshme për sintezën e zeoliteve. Nga rezultatet vihet re se FA-ja ka gjithashtu edhe papastërti të oksideve të metaleve të tilla si: Fe_2O_3

Tabela 1 *Përbërja kimike e FA-së të analizuar me XRF.*

Oxide	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	K_2O	TiO_2	SO_3	MgO	Na_2O	P_2O_5
Weight %	50.96	27.45	7.02	4.22	3.34	1.74	1.52	1.28	0.92	0.77

(7.0%) dhe CaO (4.2%) (Tabela 1). Kjo mbështetet gjithashtu edhe nga modeli i difraksionit me rreze X (XRD) (Figura 1), që konfirmon kryesisht praninë në FA-së të pa përpunuar të fazës amorfe duke dhënë ngritje të gjerë në intervalin 2θ prej 20-35°. Ndërkohë, faza kryesore kristaline përbëhet kryesisht nga kuarci (SiO_2) (Kod. Ref. 01-089-8936) dhe mulliti ($Al_6Si_2O_{13}$) (Kod. Ref. 00-015-0776) ku vihen re piqe të mprehta. Imazhi me mikroskop me skanim elektronik (SEM) të FA-së të papërpunuar (Figura 1) tregon morfologjinë tipike të FA-së të karakterizuar nga shumica e grimcave sferike. Më poshtë janë produktet kryesore të eksperimenteve të kryera nga trajtimi i FA-së duke përdorur qasjen e shkrirjes alkaline me NaOH dhe pasuar me trajtimin hidrotermal, përkatësisht:

- zeolit tipi X (ZX),
- zeolit Linde tipi A (LTA),
- zeolit të tipit X me gjurmë të zeolitit P (ZMXP),

- zeolit të tipit X me gjurmë të zeolitit Ca- Faujasite (ZMXCa-F),
- sodalite (SOD),
- gjeopolimerë (GEO) etj.

Një nga zeolitet e sintetizuar është zeoliti tipi X i treguar nga modeli i difraksionit me rreze X në Figura 2. Kushtet optimale të sintezës së zeolitit tipi X të formuar rezultuan: i) FA i para-trajtuar me HCl, ii) shkrirje alkaline në 550 °C për 1 orë, iii) raporti në peshë NaOH / FA = 1.25; iv) temperatura e kristalizimit 60 °C, v) koha e kristalizimit 72 orë, vi) ujë të distiluar.

Ky zeolit i gjeneruar ka një kristalinitet të lartë dhe është fazë e pastër (75-90%) me rendiment 60

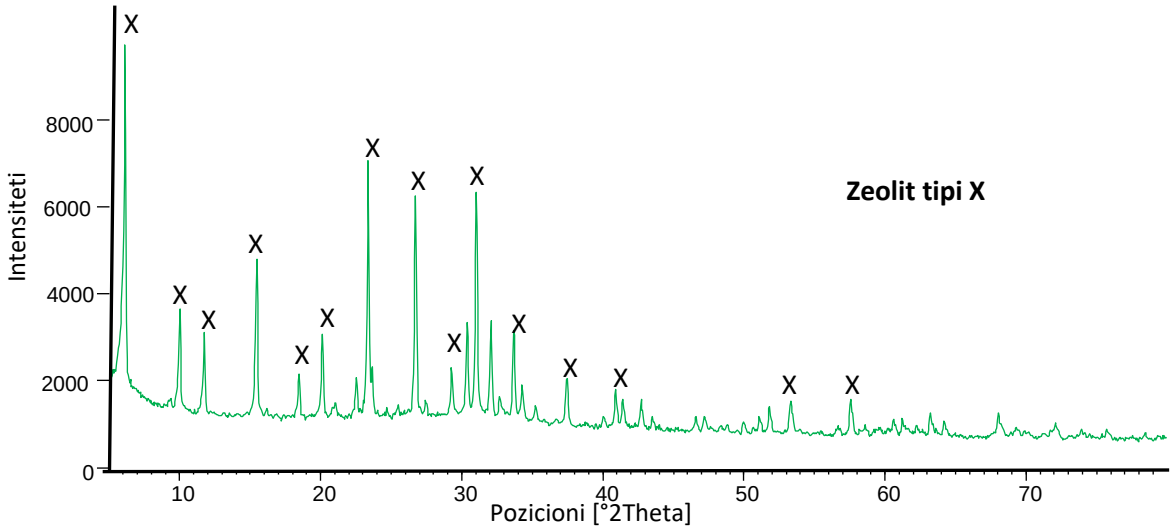


Figura 2 *Modelet XRD të zeolitit tipi X (ZX_{72D}).*

% me. Sipërfaqja e analizuar me instrumnetin Brunauer-Emmett-Teller (BET) për këtë produkt ishte 412 m^2 / g. Zeolitit tipi X i sintetizuar me ujë të distiluar për 72 orë inkubim (ZX_{72D}) kishte një raport masë SiO_2 / Al_2O_3 të barabartë me 1.7 e ose shprehur ndryshe në raportin në mol prej 2.9 analizar me XRF. Këto rezultate pajtohen me ato të (Kemball, and McCosh, 1971) të cilët raportuan se zeoliet e tilla si (Na-X, Na-Y) u formuan në raportin molar Si / Al prej më shumë se 1 në rastin konkret raporti molar Si/Al është 1.35. Piket e difraktogramës me rreze X përkojnë më së miri me strukturën e kristalit Na_2O Al_2O_3 2.5 SiO_2 6.2 H_2O (Seo et al., 2006) që korrespondon

me REF-KOD nr. 00-038-0237. Shtesat e aluminatit të natriumit të bëra mbas shkrirjes alkaline dhe vijimit me trajtim hidrotermal orjentoi reaksionin drejt formimit të zeolitit Linde tipi A (LTA) siç tregohet nga modeli XRD, Figura 3. Kushtet optimale të sintezës së zeolitit tipi LTA të formuar rezultuan: i) FA i para-trajtuar me HCl, ii) shkrirje alkaline në 550 °C për 1 orë, iii) raporti në peshë NaOH / FA = 1.25, iv) shtesa e $NaAlO_2$ / FA = 1, v) temperatura e kristalizimit 90 °C; vi) koha e kristalizimit 72 orë, vii) ujë të distiluar. Ky zeolit i gjeneruar ka një kristalinitet të lartë dhe

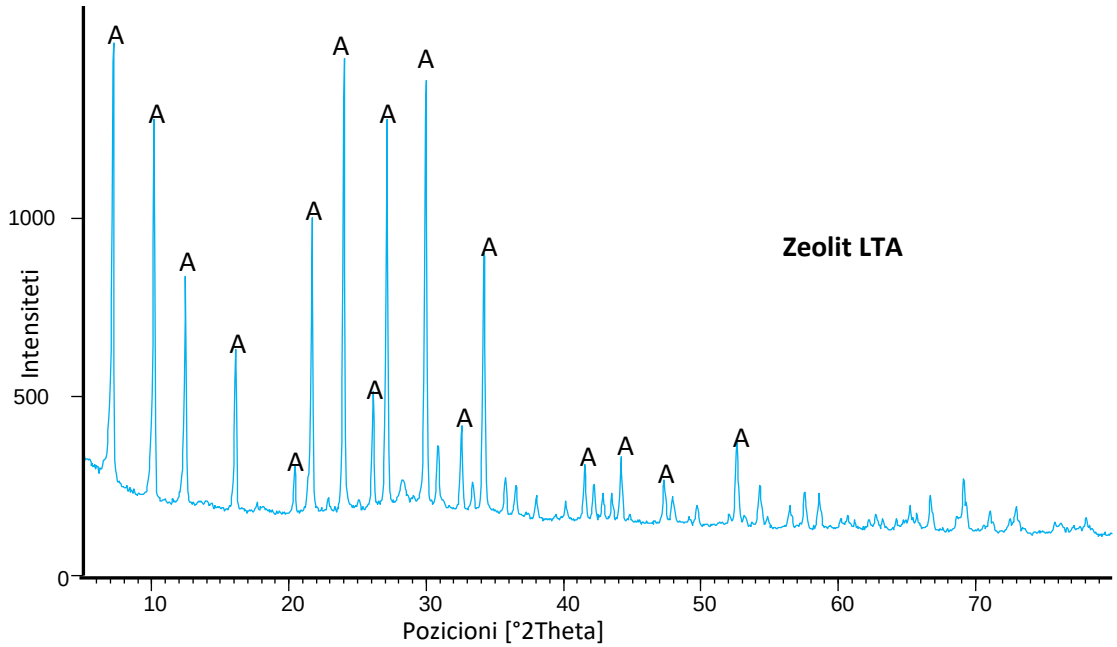


Figura 3 *Modelet XRD të Zeolitit Linde Tipi A (LTA).*

është fazë e pastër (80-97%) me rendiment 71%. Sipërfaqja BET e këtij zeoliti është 30 m^2 / g shumë më e ulët se e zeolitit të tipit X. Sinteza e zeolitit LTA i atribohet raportit të Si / Al të modifikuar me shtesat e $NaAlO_2$ që drejtoi reaksionin drejt sintetizimit të zeolitit Linde tipi A në vend të zeolitit tipi X (Sherman 1999). Këto rezultate pajtohen me ato të (Rayalu et al., 2005), ku raportuan se zeolitet LTA formohen në raportin molar Si / Al rreth vlerës 1. Piket e difraktogramës me rreze X përkojnë më së miri me strukturën e kristalit $Na_{12}(Al_{12}Si_{12}O_{48})$ $(H_2O)27$ (Gramlich et

al., 1971) që i përgjigjet REF-KOD nr. 01-073-2340. Si zeoliti X ashtu edhe Zeoliti LTA i përkasin sistemit kubik.

Duke marrë parasysh vetitë karakteristike, zeolitet e sintetizuara u testuan si katalizatorë përmes alkilimit të fenolit me katalizë bazike në fazë të gaztë duke përdorur karbonat dietili (DEC) si një agjent inovativ alkilues.

Konsideroni interesante që, ky reaksion është studiuar rrallë në literaturë në krahasim me metilimin me karbonat dimetili (DMC).

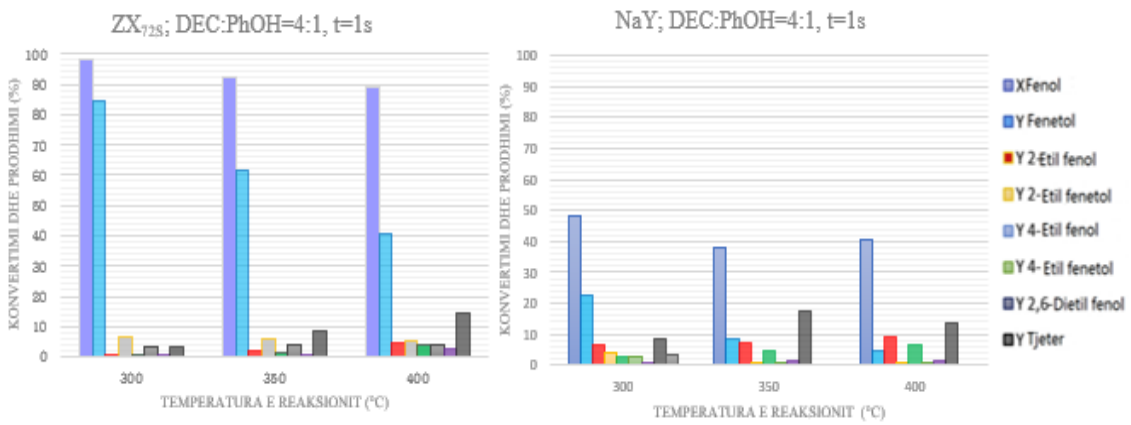


Figura 4 *Rezultatet katalitike të marra nga sinteza e zeolitit a) ZX_{72S} dhe b) NaY në bazë të temperaturës së reaksionit. Kushti i reaksionit: DEC: Fenol raporti molar 4, τ=1s.*

Produkti i pritshëm, fenetoli (etil fenil eter), është një ndërmjetës i rëndësishëm për sintezën e farmaceotikëve, parfumeve dhe si një përforcues oktani për hidrokarburet (Fiege 2012).

Rezultatet katalitike të marra në 300, 350 dhe 400°C nga mostrat më kristaline ZX_{72S} dhe NaY përkatësisht janë paraqitur në (Figurën 4). Këto dy mostra treguan rezultate shumë të ndryshme. Interesante ishte, që në temperatura të ulëta konvertimi i fenolit për zeolitin ZX_{72S} rezultoi më i lartë se 95% me selektivitet të lartë të pritur ndaj fenetolit, Ndërkohë zeoliti tregtar NaY dha një konvertim të ulët të fenolit dhe rendiment shumë më të ulët të fenetolit krahasuar me mostrën e zeoliteve të sintetizuar nga FA-ja. Në të vërtetë, zeoliti NaY tregoi, selektivitetin më të ulët ndaj fenetolit me një vlere të barabarte me 23% në një temperaturë relativisht të ulët (300 °C). Këto

teste tregojnë efektet e dobishme të kristalitetit më të mirë të mostrës dhe sipërfaqes specifike më të lartë në aktivitetin katalitik.

KONKLUZIONE DHE REKOMANDIME

Në këtë punim u morën në konsideratë problemet në lidhje me ndikimin mjedisor të proceseve industriale të përdorura aktualisht në kiminë e imët dhe të ndërmjetme. Qëllimi, ishte sintetizimi i zeoliteve artificiale nga hiri fluturues (FA), si zhvillim i proceseve të reja me ndikim të ulët mjedisor dhe në të njëjtën kohë me përfitim të mirë.

Ky punim siguron një mënyrë të re të mundshme të sintezës së zeolititeve nga mbetjet e ngurta industriale të tilla si FA-ja. U përcaktua një rrugë e re e sintezës së zeoliteve me rendimente dhe selektivitete që janë konkurruese kur krahasohen me ato të marra me proceset aktuale.

Ky studim ndihmon edhe në sintetizimin e zeoliteve me rendiment të lartë si dhe eleminimin e kostos në shkallë të lartë të përdorimit të ujit të distiluar duke e zëvëndesuar atë me ujë deti.

Sintetizimi i zoliteve artificialë u arrit duke përdorur metodën e shkrirjes alkaline pasuar nga metoda hidrotermale.

U kryen rreth 300 ekperimente dhe kushtet optimale te zeoliteve tipi X dhe LTA rezultuan si më poshtë.

Kushtet optimale të sintezës së zeolitit tipi X të formuar rezultuan: i) FA i para-trajtuar me HCl, ii) shkrirje alkaline në 550 °C për 1 orë, iii) NaOH / FA = 1.25; iv) temperatura e kristalizimit 60 °C, v) koha e kristalizimit 72 orë, vi) ujë të distiluar. Ky zeolit i gjeneruar ka një kristalinitet të lartë dhe është fazë e pastër (75-90%) me rendiment deri 60%. Zona e sipërfaqes (BET) të vlerësuar për këtë produkt ishte 412 m^2 / g.

Kushtet optimale të sintezës së zeolitit tipi LTA të formuar rezultuan: i) FA i para-trajtuar me HCl, ii) shkrirje alkaline në 550 °C për 1 orë, iii) NaOH / FA = 1.25, iv) shtesa e NaAlO2 / FA = 1, v) temperatura e kristalizimit 90 °C; vi) koha e kristalizimit 6 orë, vii) ujë të distiluar. Ky zeolit i gjeneruar ka një kristalinitet të lartë dhe është fazë e pastër (80-97%) me rendiment deri 71%. Zona e sipërfaqes së këtij zeoliti është (30 m^2 / g BET) shumë më e ulët se e zeolitit të tipit X.

Përveç këtyre zeoliteve u sintetizuan edhe kampionë zeoliti të tipit X me gjurmë të zeolitit P (ZMXP), kampionë i zeolitit të tipit X dhe gjurmë të Ca- Faujasite (ZMXCa-F), sodalite (SOD), gjeopolimerë (GEO) etj.

Pjesë e rëndësishme e këtij studimi ishte përcaktimi dhe krahasimi i parametrave: i) raporti SiO_2 / Al_2O_3 në FA, ii) raporti NaOH / FA, iii) trajtimi me acid i FA, iv) shtesat e $NaAlO_2$, v) temperatura e kristalizimit, vi) koha e kristalizimit, vii) uji i distiluar / ujë deti. Nga të dhënat eksperimentale u konstatua se çdo parametër i marrë në studim ka efekte të rëndësishme në llojin dhe vetitë e zeoliteve.

U provuan në sintezë tre lloje aktivizuesish NaOH, KOH ose LiOH. Zeolitet u prodhuan vetëm kur u përdor aktivizuesi NaOH.

Parametri NaOH / FA = 1.25 rezultoi optimal për sintezën e zeoliteve tipi X dhe LTA.

Temperatura optimale e kristalizimit për zeolitin tipi X rezultoi 60 °C, ndërsa për zeolitin LTA temperatura optimale e kristalizimit ishte 90 °C.

Zeoliti i tipit LTA u prodhua vetëm kur u përdor parametri shtesa të $NaAlO_2$ çka tregon që ndryshimi i raportit e SiO_2 / Al_2O_3 ndikon drejtëpërdrejtë në llojin e zeolitit të sintetizuar. Raportin molar Si / Al në rastin e zeolitit LTA llogaritet në vlerën 0.98.

Parametri trajtim me acid i FA sintetizoi zeolite me pastërti faze më të lartë krahasuar me zeolitet ku FA nuk u trajtua me acid.

Zeoliti i tipi X (ZX_{72D}), sintetizuar me ujë të distiluar dhe sipërfaqe BET prej 412 m^2 / g pati kristalizim më të lartë se zeoliti i tipi X (ZX_{72S}), sintetizuar me ujë deti me sipërfaqe BET 362 m2 / g.

Aftësitë katalitike ishin më të larta tek zeoliti i tipi X (ZX_{72S}), krahasuar me zeolitin e sintetizuar me ujë të distiluar (ZX_{72D}).

Periudha e reaksionit prej 72 orësh për formimin e zeoliteve në kushtet e studiuara, ishte shumë më e shkurtër se koha e vendosur nga procedura standarde e IZA (Shoqata Ndërkombëtare e Zeolitëve) 60 ditë.

Sintetizimi i zeolitit të tipit LTA kërkon kohë më e shkurtër kristalizimi (duke filluar nga 4 orë) krahasuar me sintetizimin e zeoliteve të tipit X në të cilat kërkohet 72 orë.

Një tjetër risi e studimit të zeoliteve eshtë eksperimenti katalitik. Zeolitet e tipit X sintetizuar nga FA, u testuan përmes alkilimit në fazë të gaztë të fenolit me karbonat dietili (DEC) si agjent alkilues inovator. U përfitua konvertimi i fenolit deri në 95% me një selektivitet më të lartë se 85% ndaj fenetolit, krahasuar me zeolitin NaY tregtar që ka një konvertim të fenolit në 50% dhe një sektivitet të fenetolit në 23%.

Duke marrë parasysh molaritetin tepër të ulët të agjentit alkilues në krahasim me fenolin (4: 1), kushtet relativisht të lehta të reaksionit të aplikuar 300 °C, presion atmosferik, dhe qëndrueshmërinë e katalizatorit, rezultatet e marra tregojnë aplikimin e zeoliteve tonë të sintetizuar si novatorë për aplikime katalitike në sisteme bazike heterogjene.

Sintezat e përdorura japin rendimente të larta, janë të pastra, kanë kosto efektive dhe janë ekologjikisht miqësore. Të gjitha këto avantazhe e bëjnë sintezën e zeolitit nga FA-ja një alternative për katalizatorët e zakonshëm tregtarë që përdoren në industri. Për më tepër, përdorimi i zeoliteve të sintetizuara nga FA-ja si një substrat për zhvillimin e katalizatorëve të rinj, mund të konsiderohet një rrugë premtuese për të zvogëluar ndotjen e mjedisit e shkaktuar nga kjo mbetje.

Rekomandojmë të vazhdohet të studiohen metodologjitë sintetike dhe parametrat më të rëndësishëm të cilët lejojnë përgatitjen e një larmie pothuajse të pafundme të materialeve zeolitike të përshtatura për një aplikim të caktuar.

Rekomandojmë gjithashtu që këto zeolite të provohen në procese të ndryshme katalitike, veçanërisht të fokusohemi në prodhimin katalitik me efikasitet të lartë të hidrokarbureve dhe oksigjenit.

BIBLOGRAFIA

Belviso C, Cavalcante F, Fiore S, (2010). Synthesis of zeolite from Italian coal fly ash. Differences in crystallization temperature using seawater instead of distilled water. Waste Manag. 30: 839-847. DOI: 10.1016/j.wasman.2009.11.015.

Blunden, J., & Arndt, D. S. (2016). STATE OF THE CLIMATE IN 2015. Bulletin of the American Meteorological Society, 97(8), Si-S275. https://www.jstor.org/stable/26243561

Cirujano, F. G., & Nowacka, A. (2018). Zeolites and MOFs as Catalysts in Fine Chemical Reactions. In V. Blay, L. F. Bobadilla, & A. C. García (Eds.), Zeolites and Metal-Organic Frameworks (pp. 289–306). Amsterdam University Press. https://doi.org/10.2307/j.ctvcmxprm.14

Davidson, R. M. (1999). Coal and waste: energy and recycling. Energy & Environment, 10(4), 399–407. http://www.jstor.org/stable/44396987

Fiege H., Voges H.-W., Hamamoto T. Phenol Derivatives, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley-VCH, 2012.

Fishbein, L. (1992). Exposure from occupational versus other sources. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, 18, 5–16. http://www.jstor.org/stable/40966037

Gjyli S, Korpa A, Tabanelli T, Trettin R, Cavani F, Belviso C, (2019). Higher conversion rate of phenol alkylation with diethylcarbonate by using synthetic fly ash-based zeolites. Microp.and Mesop. Mate. 284: 434-442. https:// doi.org/10.1016/j.micromeso.2019.04.065.

Gordon H. G. McDougall, Claxton, J. D., J. R. Brent Ritchie, & Anderson, C. D. (1981). Consumer Energy Research: A Review. Journal of Consumer Research, 8(3), 343–354. http://www.jstor.org/stable/2488895

Gramlich V, Meier WM, (1971). The crystal structure of hydrated NaA: A detailed refinement of a pseudosymmetric zeolite structure. Z. Kristallogr. 133: 134-149. DOI: https://doi.org/10.1524/zkri.1971.133.16.134

Heller, H. (2011). The industrial revolution: marxist perspectives. In the Birth of Capitalism: A 21st Century Perspective (pp. 176–214). Pluto Press. https://doi.org/10.2307/j.ctt183p671.10

Kemball, C., & McCosh, R. (1971). Hydrogen-Deuterium Exchange Reactions on Ion-Exchanged X-Type Zeolites. Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences, 321(1545), 249–257. http://www.jstor.org/stable/77850

Lawson, B. (2006). Embodied Energy of Building Materials. Environment Design Guide, 1–5. http://www.jstor.org/stable/26148351

Mishra, S. P. (2014). Adsorption–desorption of heavy metal ions. Current Science, 107(4), 601–612. http://www.jstor.org/stable/24103532

Panitchakarn P, Laosiripojana N, Viriya-umpikul N, Pavasant P, (2014). Synthesis of high-purity Na-A and Na-X zeolite from coal fly ash, Journal of the Air & Waste Management Association, 64:5, 586-596, DOI: 10.1080/10962247.2013.859184.

Ravotti, N. M. (2017). Access to energy in indian country: the difficulties of self-determination in renewable energy development. American Indian Law Review, 41(2), 279–318. https://www.jstor.org/stable/26492263

Rayalu, S. S., Udhoji, J. S., Meshram, S. U., Naidu, R. R., & Devotta, S. (2005). Estimation of crystallinity in flyash-based zeolite-A using XRD and IR spectroscopy. Current Science, 89(12), 2147–2151. http://www.jstor.org/stable/24111077

Rayalu, S. S., Udhoji, J. S., Meshram, S. U., Naidu, R. R., & Devotta, S. (2005). Estimation of crystallinity in flyash-based zeolite-A using XRD and IR spectroscopy. Current Science, 89(12), 2147–2151. http://www.jstor.org/stable/24111077

Rhodes, C. J. (2010). Properties and applications of zeolites. Science Progress (1933-), 93(3), 223–284. http://www.jstor.org/stable/43424246

Senapati, M. R. (2011). Fly ash from thermal power plants – waste management and overview. Current Science, 100(12), 1791–1794. http://www.jstor.org/stable/24077549

Seo SM., Kim GH., Lee HS., Ko S.-O., Lee, OS., Kim YH., Kim SH., Heo NH., Lim WT, (2006). Single-crystal structure of fully dehydrated sodium zeolite Y (FAU), Na71 (Si121 Al71 O384) – FAU. Analytical Sciences: X-ray Structure Analysis Online 22: x209-x210.

Sherman, J. D. (1999). Synthetic Zeolites and Other Microporous Oxide Molecular Sieves. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 96(7), 3471–3478. http://www.jstor.org/stable/47660

Sousa-Aguiar, E. F., Arroyo, P. A., de Barros, M. A. S. D., & de Miranda, J. L. (2018). The Future of Zeolite and MOF Materials. In V. Blay, L. F. Bobadilla, & A. C. García (Eds.), Zeolites and Metal-Organic Frameworks (pp. 307–342). Amsterdam University Press. https://doi.org/10.2307/j.ctvcmxprm.15

Thomas, J. M., & Williams, R. J. P. (2005). Catalysis: Principles, Progress, Prospects. Philosophical Transactions: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 363(1829), 765–791. http://www.jstor.org/stable/30039609

Tombs, S. (1994). Green For Danger? Environmental Protection And Safety Management In The UK Chemicals Industries. Industrial & Environmental Crisis Quarterly, 8(3), 257–273. http://www.jstor.org/stable/26162280