

Meglepőnek találtuk, hogy ezen támogatott kutatás munkatervének kidolgozásáig a szakirodalomban olyan közlemények csak elvétve voltak találhatóak, amelyek fatörzsekből kivágott szabályos formájú testek karbonizálásával, illetve az ezen az úton létrehozható szabályos alakú, hierarchikus pórusrendszerrel rendelkező szenek tulajdonságainak vizsgálatával, gyakorlati alkalmazásával foglalkoznak. E szén szerkezeteknek hordozóként való alkalmazása korábban fel sem merült, pedig a gépjárművek katalitikus utóégető dobjaiban az elszenesített fatestekhez erősen hasonlatos méhsejt jellegű alakzatok alkalmazása teszi lehetővé a hatékony katalitikus utóégetést. A fatörzsekből eredő szenek biológiai eredetük ellenére igen szűk pórusméret eloszlásokkal rendelkeznek, azaz közel egységes csatornaméretűek a makropórusok tartományában és emellett a csatornák falait alkotó grafit kristálykákban is viszonylag egységes a mikropórusok mérete. A jelenlegi technológiai korlátok miatt, az iparban elterjedten használatos kerámia idomokban, a csatorna keresztmetszet nem csökkenthető tovább, azaz a hordozó felület nem növelhető, míg az általunk javasolt különleges, a természet által létrehozott, biológiai eredetű hordozóban a szállító csatornák belső felülete legalább két nagyságrenddel nagyobb. Emellett az alacsony diffúziós ellenállás továbbra is jellemző marad. Induláskor egyértelmű volt, hogy az általunk kutatott téma ígéretes újdonságnak, mondhatni úttörő jellegűnek minősült.

Bizonyosággal arra, hogy valóban korszerű, előremutató kutatási tervvel álltunk elő, munkánkkal párhuzamosan más műhelyek is elkezdtek kibocsátani a témába vágó, avagy ahhoz közeli publikációkat. Egyik közleményünk egyik bírálója hívta fel a figyelmünket kínai szerzőknek a miénkhez nagy hasonlóságot mutató munkájára (Adv. Mater. 14 (2002) 926-929), ahol cédrus illetve bambusz törzsekből kivágott $1 \times 0.5 \times 0.5 \text{ cm}^3$ -es téglatesteket használtak fel (közvetlenül, elszenesítés nélkül) makropórusos templátként szilikalit-1 zeolit előállítására. Először 1 illetve 5 tömegszázalékban 80 nm-es szilikalit-1 nanokristályokat tartalmazó stabil szuszpenziókat állítottak elő, amelyekkel szobahőmérsékleten impregnálták a fa téglatesteket, mialatt a nanokristályokat kristálygócokként a fa vízszállító csatornáinak belső felületére jutatták. Mosás után a szintézis gélbe merítették azokat a fadarabokat, melyek már tartalmazták a szilikalit-1 nanokristályokat a makropórusos csatornák belső felületén elosztatva, majd ezekkel hajtották végre a zeolit szintézist. Szárítás után levegőben hevítve eltávolították, elégették a széntartalmú szerves anyagokat és a fa makropórusos szerkezetének lenyomataként szivacsos szerkezetű zeolit testeket kaptak. A leírás alapján azonban mi képtelenek voltuk reprodukálni a közölt eredményt, sőt saját munkánk során, lucfenyőből kivágott $1 \times 1 \times 1 \text{ cm}^3$ -es nyers fakockák hígított vízűveg oldattal történő impregnálása is komoly nehézségekbe ütközött, mikor a szintézis gélnél sokkal kevésbé viszkózusabb Si-forrást használtunk a szilícium, mint zeolitalkotó komponens karbonizálást megelőző bevitele céljából. Míg a kínai kutatók állítása szerint a szilikalit-1 nanokristályok vizes szuszpenzióinak a fa teljes terjedelmében való bejutatására elég volt 2-3 nap, számunkra a vízűveggel történő teljes átítatásra is legalább ugyanennyi hónapra volt szükségünk. A közölt eredményekkel szemben mutatott kétségeinket erősíti, hogy az eltelt négy év során a kutatócsoport tagjaitól hasonló témában közleményt nem találtunk és a leírás szerint általuk kapott, valóban igen ígéretesnek tűnő termék további vizsgálatával illetve alkalmazásával sem találkoztunk a szakirodalomban. A közlemény és saját munkatervünk összevetése kapcsán még további kritikai észrevételünk, hogy porózus, önhordó zeolit testek előállításának templátjaként a fatörzsekkel szemben, melyek egydimenziós makropórusos csatornákat tartalmaznak, olyan növényi részek használata lenne célravezetőbb (például csonthéjas termésű fák magházai), melyek pórusszerkezete háromdimenziós hálózatot ad. Munkánk során mi előzetesen már elszenesített növényi részeket használtunk, aminek oka elsősorban az volt, hogy a már legfeljebb csak levegőt tartalmazó edénnyalábokon át a belső tér szabadabban hozzáférhető. Másrészt nem akartuk kitenni a frissen szintetizált zeolitok finom mikropórusait a fa elszenesítése, elégetése során keletkező szerves vegyületek kavalkádja

/kátrány/ által okozott terhelésnek, valamint az egyenetlen, valószínűleg csak nehezen szabályozható hőfluxusok terhelésének sem.

Komolyabbnak tűnő konkurenciára bukkantunk az Erlangen-Nürnbergi Friedrich-Alexander-Universität egyik kutatócsoportja személyében, akik az elmúlt évek során, már a jelen új évezred kezdetétől kezdődően szilícium-karbid ill. különféle oxid típusú (cirkónium, alumínium, avagy vegyes alumínium-szilícium) kerámia testek előállítására szakosodtak (Adv. Eng. Mater. 2 (2000) 105-109, stb.), melyek nagymértékben porózusak lehetnek az előállítás során bio-templátként felhasznált különböző faanyag testeknek köszönhetően. Munkáik töretlen sorozata, érdekes eredményeik egyrészt erősítik törekvéseink kivitelezhetőségét, másrészt jelenleg ez a hozzánk legközelebb álló kutatás, melynek ismerete minket is további haladásra, fejlődésre sarkal. Sajnos időközben hiába ajánlottuk fel együttműködési szándékunkat, kapcsolat felvételi próbálkozásunk részükről, megjelent közleményeik megküldésével lezárult, pedig még a "Recent Advances in Composite Materials" konferencián is részt vettünk Benaresz-ben /India/ (a Na-X zeo-carbon kompozit anyagunk előállításának ismertetésével) a helyszínen személyes találkozást remélve. /A német kutatásvezető (Prof. Heino Sieber) elvileg plenáris előadást tartott volna, ha megérkezett volna./ Sikerült megtudnunk azonban azt, hogy a közeli jövőben ők is tervezik zeolit/faszén kompozitok előállítását is, amely területen azért mi már számottevő előnnyel rendelkezünk velük szemben. Zeolit szintetizáló szándékuk komolyságával, terveik első megtestesülésével már találkoztunk is 2005 augusztusában a FEZA-3 konferencián Prágában /Stud. Surf. Sci. Catal. 158 (2005) 145-152/. Ebben a közleményben azonban visszalépés tapasztalható a korábbi fahengereket felhasználó munkáikhoz képest, hiszen hordozóként, kiindulási nyersanyagként csak összetekert hullámpapír hengereket használtak, melyekre 3-8 mm körüli csatornaméretek a jellemzőek. Ezeket már a jelenleg forgalomban lévő kerámia monolitok is messze túlhaladták a belső felület vonatkozását tekintve. Itt jegyzendő meg, hogy természetesen az ipari kerámia monolitok (cordierit, stb.) belső felületére már többen is sikeresen növesztettek zeolit rétegeket. Az előbb említett munka kivételével a német csapat a különféle fajtájú fatörzsekből kifaragott hengeres testeket, mind nyers állapotban, mind karbonizálás utáni formában egyaránt felhasználták. A kerámia alkotó elemeinek vizes szoljait vákuum segítségével szűrik át a fából kapott hengerek vízszállító csatornáin, amíg elegendő vastag, azaz kívánatos mértékű lerakódást nem érnek el a csatornák belső falain a hőkezelést megelőzően. Esetükben, a kerámiák előállítására igen előnyösen alkalmazható átszűrőes módszer, azonban nem igen használható zeolitok gélből történő hidrotermális szintézisére a zeolit kristályok növekedésének kinetikai jellemzői miatt.

Kutatási programunk megkezdésekor a legfőbb nehézséget abban láttuk, hogy vajon faszén kockáinkban lévő kb. 10 000 mikron hosszú és $20 \times 30 \mu\text{m}^2$ keresztmetszetű csatornák, az 500 szoros érték körüli hossz/átmérő arányú kapillárisok teljes terjedelmükben feltölthetők-e a szintézis géllal, azaz homogén eloszlással hozhatóak-e létre a zeolit kristálykák az elszenesített fakockák teljes terjedelmében. A kutatás során kimunkált módszerekkel ez a probléma teljes mértékben kiküszöbölhetőnek bizonyult, miközben, két másik súlyosabb következményekkel járó gond merült fel, melyek közül ez ideig csak az egyikre sikerült igazán hatékony gyógyírt találni. Az egyik, a zeolit szintézis számára, a hordozó faszén optimális minőségben történő, reprodukálható előállíthatósága volt. A másik pedig az, hogy a csatornák szén falainak belső felületén képződő zeolit kéreg vastagságának tetszőleges növelhetősége megkérdőjeleződött.

A zeolit kristályok létrehozásának és megtapadásának esélyeit a faszén biológiai meghatározottságú makropórusainak, vízszállító csatornáinak belső felületén igen érzékenyen érinti az elszenesített hordozó faanyag előélete. A probléma mélyreható megismerése és a lehető legkedvezőbb tulajdonságú szén monolitok reprodukálható előállíthatósága vizsgálataink egyik fontos területe volt. Nagyszámú, különféle karbonizátum (fenyőfélék: luc,

ezüst, jegenye, fekete, erdei, vörös fenyők és közönséges tuja; gyümölcsfák: szilva, alma és körte; egyéb fafajok: nyár, hárs, vadgesztenye, olajfűz, stb.) tulajdonságainak összevetése megtörtént. A szórt likacsú fatesteket tartalmazó fenyőfélékben, szemben a gyűrűs likacsú fákkal, a nagy tracheák, vízszállító csövek, mind a korai, mind a késői pásztában egyaránt egyenletes eloszlásban találhatóak meg. Emiatt zeo-karbon kompozit anyagok előállítására a fenyőfélék az előnyösebbek, hiszen ezeken egy sokkal homogénebb pórusszerkezetű termék, adszorbens vagy katalizátor képezhető, ami technológiai szempontból igen kívánatos. Ez az oka annak, hogy bár a munkatervnek megfelelően sokféle növényi hordozó előállítását tanulmányoztuk és a kapott szeken zeolit szintézis kísérleteket is végrehajtottuk, de technológiai előnyei miatt igazából a legkevesebb térbeli heterogenitást mutató fenyő típusú hordozókra, ezen belül is lucfenyő kockákra koncentráltuk erőfeszítéseinket.

Előkísérleteink zömét először 1 cm élhosszúságú, lucfenyő törzsből készült kockákkal végeztük el, mielőtt az ezen kitapasztalt, leghatékonyabbnak bizonyult módszereket és kísérleti körülményeket más rendszereknél is alkalmaztuk volna. Mivel, ami lucfenyőnél sikeresnek és eredményesnek bizonyult, a többi vizsgált hordozó esetében is ugyanolyan jól működött, az egyszerűbb tárgyalás kedvéért, a lucfenyővel elért eredményeket mutatom be a továbbiakban. A meglévő tapasztalatok alapján könnyedén megtaláltuk az alkalmas karbonizálási körülményeket és ezen az úton kedvező mechanikai, fizikai-kémiai és kémiai tulajdonságú szén mintákat kaptunk /nitrogén áramban, 700 °C-on végzett, 1 órás hőkezeléssel/. Az elszenesített kockák nedvesíthetőségét, vizes oldatot felszippantó kapacitását mértük és jelentősen tovább fokoztuk különféle kezelésekkal. Ezek közül a legnagyobb mértékű változást a faszén kocka makropórusaiban lévő levegő kiszívás révén történő eltávolítása eredményezte. Ha a folyadékot evakuált térben adjuk hozzá a faszén kockákhoz a kapillárisok gyors és teljes telítődése ezzel már szinte biztosítva is van. A faszén kockák előzetes impregnálása a zeolitok szintézise során használt különféle vegyületekkel növeli a nedvesíthetőséget, helyesebben a kapillárisok telítődésének sebességét, gyorsaságát, azonban e vegyületek jelenléte megváltoztatván a szintézis gél összetételét legtöbbször előnytelennek bizonyult a zeolit kristályok fejlődésére nézve. A szén felület oxidációs kezelése során poláros felületi csoportok kialakítása már régen bevált módszer arra, hogy olyan helyeket hozzunk létre, amelyek csökkentik a felület hidrofób jellegét és erősebb kötődési lehetőségeket biztosítanak a szén felületre rögzíteni kívánt alakulatok számára. Leghasznosabbnak a koncentrált salétromsavban végzett kezelés bizonyult, amely nem gyengítette számottevően a kockák mechanikai stabilitását, szemben a levegő atmoszférában végzett kalcinálással. Ily módon a kockák oldattal való teljes telítése percek alatt kivitelezhetővé vált.

A munka első sikeres stádiumában, közel fél év alatt, különféle zeolit szintézis kísérletekben elfogyott az első adag, - lucfenyőfából 700 °C-on nitrogén áramban 1 órás kezeléssel előállított, - 300 g karbonizátum. A meglévő nagy adag, korábban aprítással, felfűrészeléssel készített fenyőfakockákból azonos körülmények között készített újabb és újabb elszenesített adagok alkalmatlanak bizonyultak, nemhogy a korábbi eredmények túlszárnyalására, de azok reprodukálására is. A hosszú kudarcorozat hatására alaposan tanulmányoznunk kellett a korábban, és az utólag kapott karbonizált kockák tulajdonságait, és sok elvesztegetett hónap munkája után jelentősen változtatni kényszerültünk a szénképzés körülményeit, hogy ismét mindenhol zeolit szigetecskéket tudjunk létrehozni a kockák belsejében. Nagy idővesztések árán, de rájöttünk, hogy a fa eredeti víztartalma /amit hosszas állás közben, a száradás során könnyedén elveszíthet/ rendkívül fontos szerepet játszik a zeolit szintézisre is alkalmas elszenesített kockák előállítása során. A karbonizálási eljárás alatt a faszénben általában megőrződik az eredeti biológiai szerkezet, ebből eredően közel egységes méretű párhuzamos makropórusok rendszere jön létre. Az edénnyalábok sejtfalainak anyagából általában 100 nm-nél jóval kisebb grafit kristálykák képződnek, köztük

mikronos hosszúságú mezopórusokkal. A grafitos kristálykákban a rétegek kiégése következtében létrejön egy jól definiált mikropórusos rendszer a karbonizálási illetve aktiválási körülmények függvényében. Esetleges utólagos aktiválással a mikropórusokat tágíthatjuk. A faszén zeolit hordozóként alkalmazva elvileg a minél kisebb terjedelmű mikroporozitás lenne az előnyös, amely irányban kedvezően hathat a fa nyersanyag alacsony víztartalma. Ezzel szemben azonban az alacsony víztartalom nem teszi lehetővé a kátrány teljes mértékű eltávolítását és annak már csekély maradványa is, lehetetlenné teheti a szintézis géllal való nedvesíthetőséget, illetve zeolitikéreg létrejöttét a belső csatorna felületeken. Vagy újra kell nedvesíteni karbonizálás előtt a fa nyersanyagot /ez elég nehezen végezhető el jól reprodukálhatóan/ vagy a karbonizátumot egy rövid utólagos aktiválásnak kell alávetni.

A nyersanyagunk kiszáradása következtében előállott zavarok, a téma művelésének megtorpanása pozitív hozadékokat is eredményezett. Olyan, igen egyszerű úton-módon előállítható CMS /carbon molecular sieves/, szén molekula szita adszorbens anyagokra akadunk, melyek igen jó hatékonysággal képesek a levegő fő alkotóinak kinetikai úton történő elválasztására, azaz nyomáslengetéses technológiákban a levegő nitrogén tartalmának dúsítására. Ezen, a levegő szeparációjában hatékony szén dinamikus viselkedése igen jól tanulmányozható a frekvencia-válasz módszerrel. Ezek a vizsgálatok sok tanulsággal szolgáltak előállítás alatt lévő zeokarbon kompozit anyagaink minősítéséhez is, más hasznos közlemények elkészülése mellett. A faszén üregeiben célul kitűzött zeolit szintézise mellett párhuzamosan szívesen gyarapítottuk a frekvencia-válasz módszerrel megszerezhető tudásunkat különféle gázok és különböző szén illetve zeolitok között végbemenő anyagtranszport folyamatok kinetikai megismerésére, mely ismeretek elengedhetetlenek a tervezett zeolit/faszén kompozit céltermékeink minősítése során. Bár úgy tűnhet, hogy ezek az eredmények a kutatási témát csak oldalról érintik, mégis szinte elengedhetetlenek, hiszen a tervezett kompozitok előállításának fő indoka az volt, hogy minél gyorsabb adszorbenseket illetve katalizátorokat nyerjünk. A kívánt kompozitoknak a szorpciós folyamatokban mutatkozó gyorsasága pedig ezen a módon vizsgálható a leghatékonyabban.

A szén nanocső/zeolit kompozitoknak, zeolit nanodrótoknak az irodalomban mostanában felbukkanó távlati fejlesztési próbálkozásai a szén nanocsövek részletesebb tanulmányozására is készítetett bennünket, bár ez a téma nem szerepelt eredeti kutatási tervünkben. Ezek a csövek a faszén kockákban lévő csatornák miniatürizált változatai, melyek templátként is alkalmazhatóak. Napjainkban erős törekvés jelent meg belsejünkben a zeolitok szintetizálására, bár eddig még csak felemás eredmények kerültek közlésre /pl. Stud. Surf. Sci. Catal. 158 (2005) 169-174/. Nem hagyható figyelmen kívül az sem hogy, faszén kockáink belsejében, a csatornák falán in situ szintézissel a szén nanocsövek is rögzíthetőek, majd később bennük is előállíthatóak lehetnek a zeolitok, szén/szén/zeolit hármas kompozit anyagok létrehozására, melyekben a makro, nano és mikro pórusok mesterségesen tervezett rendszere jöhet létre. Ehhez a fejlődési irányhoz kapcsolódóan végeztünk sikeres FR vizsgálatokat a szén nanocsövekben gázok szorpciós dinamikájának a megismerésére is.

A kutatás közvetlen célját tekintve, a zeolit/faszén monolit kompozitok létrehozása terén, a nagy áttörés a Na-X zeolit előállítása folyamán történt meg. A szintéziselegynek a szintézist megelőző öregítésével itt értük el először, hogy a szénkocka makropórusainak teljes belső felületét összefüggő, egymáson ülő kristálykából álló kéreg borítsa be. Korábban, már a különféle zeolit típusok előállítását célzó szintézis sorozatok során, a porózus faszén-kocka hordozó teljes térfogatában mindenhol (tehát nem csak egy korlátozott méretű rétegben, kéregben) jelentek meg, képződtek a különböző, a gyakorlat számára fontos zeolit fajták mindegyikének kristályai /A-, X- és Y-zeolit, mordenit, béta, ZSM-5 és ferrierit/. Ezek azonban a pásztázó elektronmikroszkópos felvételek tanulsága szerint, csak elszórtan, elszigetelt szigetekként, kristálycsoportokként jöttek létre és a belső felület nagy része borítatlan maradt. A szintéziselegy szintézist megelőző pár napos öregítésével azonban

viszonylag könnyedén érhető el a kívánatos eredmény, hogy a szénkocka makropórusainak teljes belső felületét összefüggő, több egymáson ülő kristályt tartalmazó kéreg borítsa be. Tulajdonképpen célunkat, elsőként igazából a Na-X zeolittal tudtuk megvalósítani, ahol az öregítés, azaz a kristálygócok nagyobb koncentrációban történő kialakulásához kellő hosszúságú idő biztosítása összefüggő zeolit kéreggel való teljes borítottságot eredményezett. Ezen a módon azonban sokkal kisebb, nem mikro hanem nano méretű zeolit kristálykák képződnek. Emiatt, ugyanabból az anyagmennyiségből, ami a szintézis géllal feltöltött szén makropórusaiban az adott tér által korlátozottan áll rendelkezésre, lényegesen kisebb kristályokkal elvileg és gyakorlatilag is nagyobb, sőt több rétegű teljes borítottság érhető el. A hasonló vázszerkezetű illetve összetételű, közeli rokonnak tekinthető Na-A és Na-Y zeolitok vizsgálata során a Na-X-hez teljesen hasonló, formailag mondhatni azonos eredményeket kaptunk. A nagyfokú hasonlóság miatt, ezen anyagokra vonatkozóan a zeolit/szén kompozit sikeres megvalósulásán, előállíthatóságán túl új, előremutató mondanivaló nem jött létre, ezért ezekről még egyelőre nem írtunk közleményeinkben. Ugyanez a helyzet más fafajtákból és csonthéjas maghéjakból készült hordozók tekintetében is. Ismereteink bővülése során még remélhető, hogy az ezekkel az anyagokkal kapott tapasztalatok is előbb utóbb közlésre kerülhetnek, ha valamilyen egyéb vizsgálattal, alkalmazással bővíteni tudjuk a velük kapcsolatos információkat. Sajnos a kockákon belül, tökéletesen záródó felszíni kéregként létrehozható Na-X réteg vastagságának jelentős megnövelésére irányuló próbálkozásaink a szintézis gél koncentrációjának megnövelésével ill. a szintézis lépés többszöri ismétlésével sem vezettek eredményre. Így a remélt hierarchikus pórusszerkezetű adszorbensek és katalizátorok gyakorlati tesztelésére laboratóriumunkban továbbfejlesztett frekvencia válasz módszer a kicsiny jel intenzitások miatt érzéketlennek bizonyult ezen kompozitok tekintetében. Jelen pillanatban ezeknél a kompozit anyagoknál zsákutcába kerültünk, hiszen eddig minden próbálkozásunk, amellyel a zeolit kéreg vastagságát növelni szerettük volna eredménytelennek bizonyult. Kompozit anyagaink gyakorlati alkalmazhatóságához elengedhetetlen lenne a zeolit/szén arány számottevő növelése, ami mint bebizonyosodott a szintézis lépések ismételtetésével ugyanazon kockákon nem elérhető, hiszen bár az előző zeolit kéreg mindig feloldódik, a következő gélben mégsem eredményez rétegvastagodást. Mivel NaX zeolit hidrotermális szintézisét igyekeztünk a lehető legtöményebb szintézis oldatokkal megvalósítani, hogy minél nagyobb zeolit tömeget állíthassunk elő a szén csatornáiban, a növényi edénnyalábokon belül, a gél koncentrációját tekintve sincs további tartalékunk a rétegvastagság növelésére.

Más zeolitokat számba véve, a beta, a mordenit, a ZSM-5 és a ferrierit esetében is sikerült kisebb kristálycsoportjaikat mindenhol, szerteséjjel a faszén kockák belsejében létrehozni, jelentős felszíni borítottságokat elérve. Az előállításra kerülő zeolitok kristályosodási tulajdonságai részben korlátozzák lehetőségeinket. Esetünkben például nagyon kedvező a beta zeolit erős hajlama nanokristályok képzésére, ami a normál szintézis esetében igen nagy probléma a rossz szűrhetőség miatt. A szénhordozós kompozitban viszont az apró beta kristálykával igen jó borítottság volt elérhető. Ezzel szemben a mordenit hosszú 10 mikront is elérő tűk formájában képződött. Ez esetben is a szintézis gél öregítésével és előzetes beoltásával tudtunk elérni számottevő méretcsökkenést, és ebből eredően nagy területekre kiterjedő kristályokkal való borítottságot. A mordenit szintézise esetén a körülmények függvényében más zeolit fázisok (gizmondit és analcim) is képződtek, amelyek jelenléte azonban viszonylag kis változtatásokkal visszaszorítható homogén termék előállítása céljából. A szintézis ismételtetése ugyanazon a kockákkal hasonlóan a többi zeolit fajtához itt sem vezetett eredményre, nem sikerült lépésről lépésre növelni a faszén kockák belső csatornáit belülről burkoló zeolit kéreg vastagságát. Közepes méretű Na-mordenit kristályok képződése esetén, ilyen ismétlések során, a kristálykák nagy része nem a falakra tapad, hanem az egész térfogatra kiterjedően, a faszén csöveinek egy részét agglomerátumaikkal kitölti.

Eddig ez volt az a mintatípus, ahol a zeo-karbon kompozit zeolit alkotója is észlelhető de azért nagyon nehezen értékelhető gyenge jeleket adott a frekvencia válasz spektrumokban. Gond, hogy az ilyen, membránként történő alkalmazás során nagy valószínűséggel előnyösnek tűnő formában végmenő mordenit képződés, csak a csatornák egyes rövidebb szakaszaira terjedt ki és az eredmények igen rosszul reprodukálhatóak. A mordenit-tel kapcsolatos munkát elfogadására váró kéziratban már bemutattuk, míg a többi zeolittal kapcsolatos megfigyeléseinket egyelőre nem tervezzük közölni, mivel Sieberék munkái, módszerei nyomán még felmerült egy kitörési lehetőség, amit szeretnénk kidolgozni. Egyes rétegszilikátok /pl. magadit, kanemit, stb./ bizonyos oldószerekben viszonylag alacsony viszkozitású szolokat képeznek, amiből lehetséges, hogy az átszűrési-szívató módszerrel vastagabb szilikát rétegek száríthatóak rá a csatornák belső falára. Ezek a rétegszilikátok viszont viszonylag könnyedén átkristályosíthatóak például ZSM-5 vagy ferrierit zeolitokká. Ha ezzel az új módszerrel esetleg sikerrel járunk, azaz vastag, több mikronos zeolit rétegeket tudunk létrehozni a szén szállítócsatornáinak belső falán, akkor lenne érdemes közölni összehasonlítva, az ezekre a zeolitokra vonatkozó két eredménycsoportot.

Összegezve: a tervezett zeolitok mindegyikét képesek vagyunk előállítani folytonos, a teljes belső felületet beborító rétegeként, bárhol a kb. 1 cm³-es fából készült faszén kockák, avagy csonthéjasok héjából készült karbonizált aprítványok belsejében, azonban, ahhoz hogy használható adszorbenseket ill. katalizátorokat kapjunk a további munka során még jelentős növekedést, kellene elérnünk a kompozit anyagaink zeolittartalmában.