

---

## **Υπόμνημα Επιστημονικού Έργου**

---

**Δρ. Αριστείδης Μπακανδρίτσος**  
Λέκτορας,  
Τμήμα Επιστήμης των Υλικών  
Πανεπιστήμιο Πατρών



## Εισαγωγή

Το επιστημονικό μου έργο αφορά γενικότερα στην ανάπτυξη, σύνθεση, χαρακτηρισμό και μελέτη νανοδομημένων υλικών με έμφαση:

**α)** στα υβριδικά οργανικά/ανόργανα κolloειδή νανοσωματίδια και υλικά, συχνά μέσω συνθετικών διεργασιών υπερμοριακής αυτοδόμησης (εργασίες 1, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 20, 22, 23, 24, 25, 27, 32, 33, 34, 37, 38 : Σύνολο 19 από 32 )

και

**β)** στις φυλλόμορφες αργίλους (εργασίες 3, 4, 5, 7, 8, 15, 25) και φυλλόμορφους άνθρακες (εργασίες 10, 19, 20, 21, 30, 35).

Η ερευνητική μου δραστηριότητα (στα πλαίσια του Μ.Δ.Ε. και του Διδακτορικού) ξεκίνησε με την ανάπτυξη νανοδομημένων ανθράκων από εκμαγείο, μέσω της σύνθεσης υβριδικών υλικών αποτελούμενων από άνθρακα και αργιλοπυριτικά φυλλίδια αργίλων. Επίσης, μελέτησα τη σύνθεση νανοσωλήνων άνθρακα καταλυόμενη από την παρουσία ανόργανων νανοσωματιδίων στις επιφάνειες φυλλόμορφων αργιλοπυριτικών υλικών. Και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις η σύνθεση βασίστηκε στις ιδιότητες δίογκωσης και ένθεσης στο ενδοκρυσταλλικό περιβάλλον των αργίλων και γενικά στην ικανότητά τους να σχηματίζουν οργανωμένες υπερμοριακές δομές.

Η ενασχόλησή μου με τη σύνθεση των καταλυτικών ανόργανων νανοσωματιδίων σε κolloειδή κατάσταση (ως καταλύτες για την ανάπτυξη των νανοσωλήνων άνθρακα), αλλά και με τις κolloειδείς διασπορές των φυλλόμορφων αργίλων, κέντρισε το ενδιαφέρον μου και σταδιακά η ερευνητική δραστηριότητα στράφηκε στη μελέτη κolloειδών νανοσωματιδίων και κυρίως υβριδικών κolloειδών τύπου πυρήνα/κελύφους (εργασίες 11, 13, 15, 17, 18, 20, 22, 23, 24, 25, 27, 32, 33, 34, 37, 38). Η στροφή αυτή του ενδιαφέροντος ενισχύθηκε από την εφαρμογή των συστημάτων αυτών στη βιοϊατρική, ως συστήματα μεταφοράς φαρμάκων (εργασίες 18, 22, 27, 32, 34, 37, 38) αλλά και μέσω απεικόνισης in-vivo (εργασίες 25, 33, 37).

Επίσης, ο κ. Μπακανδρίτσος επιδιώκει τη διεύρυνση της μελέτης των ιδιοτήτων των παραπάνω υλικών μέσω συνεργασιών, όπως για παράδειγμα στον τομέα της οπτικής (εργασίες 17, 24, 35, 36) αλλά και ο ίδιος υπήρξε πρόθυμος να συμβάλει στη μελέτη υλικών προερχόμενων από συνεργάτες, όπως για παράδειγμα εργασίες που αφορούν στη μελέτη κolloειδών ανθρακογενών νανοσωματιδίων (Carbon dots, εργασίες 28, 33, 36) και άλλων νανοδομών άνθρακα (εργασίες 21, 26, 29, 30, 31).

Κλείνοντας, τα τωρινά επιστημονικά ενδιαφέροντα και η ερευνητική μου δραστηριότητα μπορούν να συνοψισθούν στα εξής:

- Χημική σύνθεση υβριδικών (οργανικών/ανόργανων) νανοκolloειδών μέσω διεργασιών αυτοδόμησης.
- Φυσικοχημική τροποποίηση των επιφανειών ανόργανων νανοσωματιδίων με μικρά μόρια και (βιο)πολυμερή διαφορετικών αρχιτεκτονικών.
- Μελέτη των μαγνητικών και κolloειδών ιδιοτήτων των παραπάνω υλικών και των αλληλεπιδράσεών τους με μόρια βιολογικού ενδιαφέροντος.
- Μελέτη του τρόπου συσχέτισης δομής-ιδιοτήτων και βελτιστοποίησή τους με στόχο τη χρήση των μελετούμενων υλικών σε βιοϊατρικές εφαρμογές.

Ακολουθεί περιγραφή των επιστημονικών εργασιών.

- 1) Bourlinos A.B, **Bakandritsos A.**, Georgakilas V., Petridis D. "[Surface Modification of Ultrafine Magnetic Iron Oxide Particles.](#)" *Chem. Mater.* **2002**, 14 (8), 3226-3228.

Περιγράφεται μία μέθοδος για τη σύνθεση και επιφανειακή τροποποίηση μαγνητικών νανοσωματιδίων οξειδίου του σιδήρου. Η σύνθεση πραγματοποιείται με θερμόλυση μιας μοριακής πρόδρομης ένωσης τρισθενούς σιδήρου (οκτανοϊκός σίδηρος) σε διαλύτη τετραλίνη. Οι οκτανοϊκές μοριακές ομάδες  $[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COO}]$ , κατά τη διάσπαση της πρόδρομης ένωσης, «αναλαμβάνουν» το ρόλο του επιφανειακού τροποποιητή. Η παρουσία του οργανικού φλοιού παρέχει στα προκύπτοντα ανόργανα νανοσωματίδια (~ 4 nm) την ικανότητα δημιουργίας σταθερών κolloειδών διασπορών σε οργανικούς διαλύτες, παρεμποδίζοντας στερεοχημικά τη συσσωμάτωση και καταβύθισή τους. Η εργασία επίσης εστιάζει σε αντιδράσεις ανταλλαγής των επιφανειακών μοριακών τροποποιητών και περιλαμβάνει την αντικατάσταση του οκτανοϊκού οξέος από μόρια αμινοξέος με θετικά φορτισμένο τεταρτοταγές άζωτο (υδροχλωρική βεταΐνη). Η χρήση του αμινοξέος αυξάνει τη βιοσυμβατότητα των νανοσωματιδίων καθιστώντας τα από υδρόφοβα σε υδρόφιλα. Επίσης, η παρουσία του θετικού φορτίου στο άζωτο

προσφέρει επιπλέον λειτουργικότητα στο σύστημα, προσδίδοντας ιονταλλακτικές ιδιότητες. Η επιτυχής ανταλλαγή με ποικιλία άλλων μορίων καθιστά την παρούσα μέθοδο γενικής εφαρμογής.

- 2) Bourlinos A.B., Bakandritsos A., Petridis D. "[Shape Fabrication of Cotton-Derived Inorganic Ultralight Hollow Ribbons.](#)" *Mater. Res. Innovations* **2004**, 8(4), 168-169.

Φυσικές ίνες του βιοπολυμερούς της κυτταρίνης χρησιμοποιήθηκαν ως εκμαγείο για την παρασκευή κοίλων ινών με τοιχώματα αποτελούμενα από ανόργανα νανοσωματίδια. Η συνθετική πορεία περιλαμβάνει τον υγρό εμποτισμό των φυσικών ινών σε διάλυμα που περιέχει την επιθυμητή ανόργανη πρόδρομη ένωση και κατόπιν, με θερμική κατεργασία σε στερεά φάση, την κρυστάλλωση προς το οξείδιο του αντίστοιχου ανόργανου στοιχείου. Η ανάπτυξη των ναοκρυσταλλιτών στην επιφάνεια των ινών, αντιγράφοντας τη μακροσκοπική της δομή, και κατόπιν η μερική ή ολική θερμική αποικοδόμηση της κυτταρίνης οδηγεί στη δημιουργία ανόργανων κοίλων ινών. Η διεργασία ήταν επιτυχής για τη σύνθεση διαφόρων τύπων σωματιδίων, όπως κεραμικών ( $\text{CeO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ), ημιαγώγιμων ( $\text{ZnO}_2$ ,  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SnO}_2$ ) καθώς και μαγνητικών ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Co}_3\text{O}_4$ ).

- 3) Bakandritsos A., Steriotis Th., Petridis D. "[High Surface Area Montmorillonite-Carbon Composites and Derived Carbons.](#)" *Chem. Mater.* **2004**, 16(8); 1551-1559.

Περιγράφεται η σύνθεση και ο χαρακτηρισμός νανοδομημένου πορώδους άνθρακα με τη χρήση φυλλόμορφης αργίλου ως δομικού οδηγού/τροποποιητή. Αρχικά μελετήθηκε η αλληλεπίδραση της σακχαρόζης με την αργίλο και η αυτοργάνωσή τους σε περιοδικά υβριδικά νανοςύνθετα υλικά. Κατεργασία του συνθέτου αργίλου-σακχαρόζης με θειικό οξύ και κατόπιν πυρόλυση οδήγησε στη δημιουργία γραφενίων (βασικές δομικές μονάδες των ενεργών ανθράκων) μεταξύ των φυλλιδίων της αργίλου. Η ακόλουθη εκλεκτική διαλυτοποίηση με οξέα της ανόργανης φάσης της αργίλου απέδωσε την καθαρή φάση του άνθρακα με τιμές πορώδους, ειδικής επιφάνειας και διαμέτρου πόρων πολύ μεγαλύτερες απ' αυτή του άνθρακα ο οποίος παρασκευάστηκε σε πανομοιότυπες συνθήκες, αλλά απουσία της αργίλου. Ο χώρος μεταξύ των γραφενίων που αρχικά καταλαμβάνεται από τα ανόργανα φυλλίδια της αργίλου, μετά την εκλεκτική διαλυτοποίησή τους μετατρέπεται σε ελεύθερο πορώδη όγκο. Πράγματι, βρέθηκε ότι μόνο η συνδυασμένη δράση του θειικού οξέος ως ενεργοποιητή και του της αργίλου ως δομικού τροποποιητή κατά τη διάρκεια της πυρόλυσης προσδίδει στα προϊόντα τα βέλτιστα δομικά χαρακτηριστικά.

- 4) Georgakilas V., Gournis D., Karakassides M., Bakandritsos A., Petridis D. "[Organic derivatization of single-walled carbon nanotubes by clays and intercalated derivatives.](#)" *Carbon* **2004**, 42(4), 865-870.

Κεντρικό θέμα της εργασίας είναι η χημική τροποποίηση με οργανικά μόρια νανοσωλήνων άνθρακα μονού τοιχώματος με τη χρήση φυσικής φυλλόμορφης αργίλου ως καταλύτη οξέος κατά Lewis. Η τροποποίηση επετεύχθη με υδροθερμική κατεργασία των νανοσωλήνων άνθρακα με αλφατικό οξύ (οκτανοϊκό οξύ) παρουσία της αργίλου. Τα φάσματα υπέρυθρου κατέδειξαν τη δημιουργία ενός εστερικού δεσμού μεταξύ ατόμων άνθρακα της επιφάνειας των νανοσωλήνων και του αλφατικού οξέος. Η χημική τροποποίηση των νανοσωλήνων άνθρακα έχει μεγάλο ενδιαφέρον γιατί καθιστά ευκολότερη τη χρήση τους σε πολλές διεργασίες, αυξάνοντας τη διαλυτότητα και τη συμβατότητά τους με άλλα υλικά. Ένα ακόμα εύρημα αφορά στη σύνθεση νανοςυνθέτου υλικού αργίλου-νανοσωλήνων άνθρακα, όπου οι νανοσωλήνες φιλοξενούνται στον ενδοκρυσταλλικό χώρο της αργίλου, όπως επιβεβαιώνεται από τα διαγράμματα περίθλασης ακτίνων-X. Οι νανοσωλήνες δεν ήταν δυνατό να διασπαρθούν ομοιογενώς στη μάζα της αργίλου κατά την υδροθερμική κατεργασία απουσία αλφατικού οξέος, γεγονός που συνηγορεί στην ύπαρξη αλληλεπίδρασης νανοσωλήνων-οκτανοϊκού οξέος. Καθώς είναι ήδη γνωστή η ικανότητα ανάμιξης των αργίλων με τα πολυμερή και η θετική επίδραση στις μηχανικές και θερμικές τους ιδιότητες, ενδιαφέρον θα είχε η μελέτη της δράσης του συνθέτου αργίλου-νανοσωλήνων άνθρακα προς αυτήν την κατεύθυνση.

- 5) Bakandritsos, A., Kouvelos, E., Steriotis, Th., Petridis, D. "[Aqueous and Gaseous Adsorption from Montmorillonite-Carbon Composites and from Derived Carbons.](#)" *Langmuir* **2005**, 21, 2349-2355.

Πορώδεις άνθρακες οι οποίοι προέκυψαν μετά από πυρόλυση σακχαρόζης εντός του ενδοκρυσταλλικού χώρου φυλλόμορφης αργίλου, εξετάστηκαν για τις ιδιότητες ρόφησής τους από υδατική φάση (ρόφηση τριχλωροφαινολών και χρωμάτων) καθώς και για τη δυνατότητα εκλεκτικής ρόφησης αερίων ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  και  $\text{CH}_4$ ). Η συζήτηση για τα αποτελέσματα ρόφησης έγινε σε σχέση με τα δομικά χαρακτηριστικά των ανθράκων (ειδική επιφάνεια, κατανομή μεγέθους, όγκου πόρων και επιφανειακών χημικών ομάδων). Βρέθηκε ότι οι ιδιότητες των στερεών εξαρτώνται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τη συνθετική πορεία, όπως τη χρήση της αργίλου και του θειικού οξέος ως δομικού τροποποιητή και ενεργοποιητή αντίστοιχα. Μόνο με την ταυτόχρονη παρουσία των δύο αυτών παραγόντων επιτυγχάνονται τα βέλτιστα αποτελέσματα για τη ρόφηση ανεπιθύμητων μορίων από νερά αλλά και για το διαχωρισμό  $\text{CO}_2$  από αέρια μίγματά του με  $\text{CH}_4$  ή  $\text{N}_2$ . Η περίπτωση μίγματος  $\text{CO}_2\text{-CH}_4$  παρουσιάζει ενδιαφέρον για την αναβάθμιση του φυσικού αερίου μέσω της απομάκρυνσης των προσμίξεων του  $\text{CO}_2$ .

- 6) Bourlinos, A.B., **Bakandritsos, A.**, Petridis, D. "[One-pot Borohydride Synthesis of Magnetically Modified Lepidocrocite](#)" *Chem. Lett.* **2005**, 34(5).

Η εργασία αυτή αποτελεί μια σύντομη ανακοίνωση, η οποία αναφέρεται στην παρασκευή ενός συνθέτου, μαγνητικού υλικού με υγρές χημικές μεθόδους. Η πειραματική διεργασία αφορά στην κατεργασία νιτρικού σιδήρου (III) και διχλωριούχου κοβαλτίου σε νερό με δισκία βοροϋδριδίου του νατρίου (αναγωγικό μέσο). Το προϊόν της αντίδρασης είναι ένα μαγνητικό σύνθετο υλικό αποτελούμενο από μαγνητικά νανοσωματίδια μεταλλικού κοβαλτίου δεσμευμένα στις επιφάνειες του οξειδίου του σιδήρου. Σημείο κλειδί της συνθετικής πορείας είναι η κατεργασία με  $\text{NaBH}_4$  υπό μορφή πεπιεσμένων δισκίων. Με αυτόν τον τρόπο το αναγωγικό μέσο διαλύεται σταδιακά στο μίγμα της αντίδρασης αποτρέποντας τη βίαιη πορεία η οποία λαμβάνει χώρα όταν το  $\text{NaBH}_4$  είναι ήδη διαλυμένο στο ύδωρ και σε αυτήν την περίπτωση οδηγεί σε μη μαγνητικές φάσεις οξειδίων.

- 7) **Bakandritsos, A.** Simopoulos, A., Petridis, D. "[Carbon Nanotube Growth on a Swellable Clay Matrix.](#)" *Chem. Mater.*, **2005**, 13, 3468-3474.

Περιγράφεται η σύνθεση νανοσωλήνων άνθρακα πολλαπλού τοιχώματος στις επιφάνειες διογκούμενης φυλλόμορφης αργίλου (μοντοριλλονίτη) με την τεχνική της αέριας καταλυτικής εναπόθεσης άνθρακα. Συζητείται η επίδραση ορισμένων παραμέτρων της συνθετικής πορείας με στόχο τη διατήρηση των σημαντικών ιδιοτήτων της αργίλου (διόγκωση, ένθεση και κατιονανταλλαγή) σε συνδυασμό με την υψηλή ποιότητα των νανοσωλήνων άνθρακα. Μία παράμετρος είναι το είδος της πρόδρομης ένωσης από την οποία προκύπτουν τα μεταλλικά καταλυτικά κέντρα για την ανάπτυξη των νανοσωλήνων άνθρακα. Βρέθηκε ότι η καθαρότητα του προϊόντος είναι μεγαλύτερη με χρήση  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  αντί  $\text{FeCl}_3$  και ότι η χρήση  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$  αποδίδει νανοσωλήνες άνθρακα με μικρότερο ποσοστό δομικών ατελειών, όπως διαπιστώθηκε από τη θερμοκρασία της οξειδωτικής τους αποικοδόμησης. Τέλος, μελετήθηκε η διατήρηση των ιδιοτήτων της αργίλου μετά από διαφορετικούς χρόνους αντίδρασης και διαφορετικό ποσοστό καταλύτη και βρέθηκε ο ιδανικός χρόνος στον οποίο οι ιδιότητες της αργίλου δεν καταστρέφονται ενώ ταυτόχρονα έχει επιτευχθεί ικανοποιητική παραγωγή νανοσωλήνων άνθρακα. Η ανάπτυξη των νανοσωλήνων άνθρακα πάνω στο λειτουργικό υπόστρωμα της αργίλου παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον σε σύγκριση με τα αδρανή, συνήθως, υποστρώματα σύνθεσης νανοσωλήνων άνθρακα.

- 8) **Bakandritsos, A.**, Simopoulos, A., Petridis, D. "[Iron changes in natural and Fe\(III\) loaded montmorillonite during carbon nanotube growth.](#)" *Nanotechnology*, **2006**, 17(4), 1112-1118.

Στην εργασία αυτή γίνεται μια λεπτομερής περιγραφή των μεταβολών των ατόμων σιδήρου κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης νανοσωλήνων άνθρακα, οι οποίες λαμβάνουν χώρα σε ακατέργαστη ή τροποποιημένη με νιτρικό σίδηρο αργίλο. Στόχος είναι η εύρεση της καταλυτικά ενεργής φάσης του σιδήρου για την ανάπτυξη των νανοσωλήνων άνθρακα. Εικόνες μικροσκοπίας ηλεκτρονικής διέλευσης κατέδειξαν ότι στην περίπτωση της ακατέργαστης αργίλου αναπτύσσονται ίνες άνθρακα και στην περίπτωση της τροποποιημένης με νιτρικό σίδηρο νανοσωλήνες άνθρακα πολλαπλού τοιχώματος, χάρη στη δημιουργία των καταλυτικά ενεργών νανοσωματιδίων. Φασματοσκοπία Mössbauer και περίθλαση ακτίνων-X κατέδειξαν ότι λαμβάνει χώρα εκτεταμένη αναγωγή του τρισθενούς σιδήρου προς δισθενή, είτε αυτός είναι δομικός σίδηρος της αργίλου και βρίσκεται στο αργιλοπυριτικό πλέγμα, είτε βρίσκεται στον ενδοστρωματικό χώρο, προερχόμενος από το νιτρικό σίδηρο. Ο ρόλος του καταλύτη για την ανάπτυξη των νανοσωλήνων αποδίδεται πιθανότατα σε μια μικρή ποσότητα σιδήρου εγκλωβισμένη εντός των κοιλωτήτων των νανοσωλήνων άνθρακα, η οποία μετά το τέλος της αντίδρασης ταυτοποιήθηκε ως καρβίδιο του σιδήρου ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ). Τέλος πιστοποιήθηκε η δυνατότητα της χρήσης, χωρίς καμία κατεργασία, φυσικών αργιλοπυριτικών ορυκτών πλούσιων σε σίδηρο ως καταλυτικά υποστρώματα για τη σύνθεση νανοσωλήνων άνθρακα.

- 9) Polychronopoulou, K., **Bakandritsos, A.**, V. Tzitzios, Fierro, J.L.G., and Efstathiou, A.M. "[Absorption-enhanced reforming of phenol by steam over supported Fe catalysts](#)" *J. Catal.* **2006**, 241(1), 132-148.

Η εργασία αφορά στην καταλυτική μετατροπή φαινολών, προερχόμενες από πυρόλυση βιομάζας, προς αέριο μίγμα με υψηλή περιεκτικότητα σε υδρογόνο. Η προσωπική συνεισφορά σε αυτή την εργασία εντοπίζεται στο χαρακτηρισμό των καταλυτών και συγκεκριμένα των φάσεων του σιδήρου πριν και μετά την καταλυτική αντίδραση με χρήση φασματοσκοπίας Mössbauer και περίθλασης ακτίνων-X. Ως υποστρώματα για την εναπόθεση των ενεργών καταλυτικών κέντρων του σιδήρου χρησιμοποιήθηκαν μικτά οξείδια μαγνησίου-δημητρίου. Τα άτομα σιδήρου εναποτέθηκαν με τη μέθοδο του υγρού εμποτισμού και το προϊόν επεξεργάστηκε θερμικά στους 600-800°C. Σημειώθηκε αναγωγή των αρχικών τρισθενών ιόντων σιδήρου προς δισθενή, η δημιουργία μαγνητικών οξειδίων αλλά και η μετανάστευση μεταλλικών κατιόντων εντός του πλέγματος του οξειδίου του δημητρίου.

- 10) Bourlinos A.B., Giannelis E.P., Sanakis Y., **Bakandritsos A.**, Karakassides M., Gjoka M., Petridis D. "[A graphite oxide-like carbogenic material derived from a molecular precursor](#)" *Carbon* **2006**, 44(10), 1906-1912.

Περιγράφεται η σύνθεση ενός ανθρακογενούς αυτοργανούμενου υλικού το οποίο επιδεικνύει παρόμοιες ιδιότητες με αυτές του οξειδίου του γραφίτη και των αργίλων, δηλαδή φυλλόμορφη δομή, υδρόφιλο χαρακτήρα και διασπορά σε πολικούς διαλύτες, ικανότητες ένθεσης ξένων μορίων στον ενδοστρωματικό χώρο, διόγκωσης και κατιονανταλλαγής. Η παρασκευή του υλικού αυτού πραγματοποιήθηκε με μια εναλλακτική συνθετική πορεία, μετά την απανθράκωση μοριακής πρόδρομης ένωσης (ιμινοδιακετονιτριλίου) με φωσφορικό οξύ σε υδατικά μέσα. Αντίθετα, η έως τώρα σύνθεση γινόταν μέσω οξειδωσης του γραφίτη υπό έντονες οξειδωτικές συνθήκες. Ο χαρακτηρισμός του υλικού έγινε με περίθλαση ακτίνων-Χ, ηλεκτρονικό παραμαγνητικό συντονισμό, σκέδαση φωτός, φασματοσκοπία Raman κ.α.

- 11) Bourlinos A.B., **Bakandritsos A.**, Georgakilas B., Tzitzios B. Petridis D. "[Facile synthesis of capped  \$\gamma\$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles](#)." *J. Mater. Sc.* **2006**, 1-7.

Πραγματοποιήθηκε σύνθεση και χαρακτηρισμός μαγνητικών νανοσωματιδίων οξειδίου του σιδήρου με τη μέθοδο της αλκαλικής καταβύθισης. Οι επιφάνειες των σωματιδίων τροποποιήθηκαν με μόρια τα οποία προσδίδουν διαλυτότητα σε πολικά ή μη πολικά μέσα. Η σύνθεση των σωματιδίων και η τροποποίησή τους πραγματοποιήθηκε με ήπιες συνθήκες (βρασμός στους 95°C) σε διφασικό σύστημα νερού-οργανικού διαλύτη, με ολεϊκό οξύ διαλυμένο στην οργανική φάση, και την πηγή του σιδήρου (εναμμώνιο θειικό σίδηρο) στην υδατική φάση. Με την ακόλουθη προσθήκη βάσης (NaOH) αρχίζει η δημιουργία νανοκρυσταλλινών οξειδίου του σιδήρου και κατά τη διάρκεια της θέρμανσης τα μόρια του αλφατικού οξέος συμπλέκονται με επιφανειακά άτομα σιδήρου των νανοσωματιδίων μέσω των καρβοξυλικών τους ομάδων. Η δράση αυτή οδηγεί στη μετατροπή των ανόργανων σωματιδίων σε οργανόφιλα σωματίδια περνώντας στην οργανική φάση. Αντιδράσεις ανταλλαγής των επιφανειακών οργανικών μοριακών τροποποιητών με μόρια βιολογικού ενδιαφέροντος (βεταΐνη και γλυκολικό οξύ) ήταν επιτυχείς, καθιστώντας τα σωματίδια υδρόφιλα και βιοσυμβατά.

- 12) Bourlinos A.B. **Bakandritsos A.**, Zboril R, Karakassides M. and Trapalis C. "[Preparation of a water-dispersible carbon-silica composite derived from a silylated molecular precursor](#)" *Carbon* **2007**, 45(5), 1108-1111.

Σε αυτή την εργασία περιγράφεται η σύνθεση ενός υδατοδιαλυτού νανოსυνθέτου υλικού με βάση τον άνθρακα και νανοσωματιδίων οξειδίου του πυριτίου. Συγκεκριμένα η πυρόλυση μιας οργανικής πρόδρομης ένωσης (χλωρανλικού οξέος) κατεργασμένου με ένα αμινοσιλοξάνιο στους 300°C απέδωσε ένα σταθερό υδατοδιαλυτό προϊόν, με τα νανοσωματίδια του SiO<sub>2</sub> εντεθειμένα στη μήτρα του άνθρακα. Οι επιφάνειες των SiO<sub>2</sub> φέρουν πληθώρα υδροξυλομάδων οι οποίες μετά από αλκαλική κατεργασία μετατρέπονται σε ανιονικές ομάδες Si-O<sup>-</sup>. Με αυτόν τον τρόπο το σύνθετο υλικό αποκτά επιφανειακά φορτία τα οποία το καθιστούν υδρόφιλο και υδατοδιαλυτό.

- 13) Tzitzios V., **Bakandritsos A.**, Georgakilas V., Bourlinos A.B., Niarchos D., Boukos N., Petridis D. "[Large-Scale Synthesis and Size Control of Monodispersed  \$\gamma\$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Nanoparticles: Organosols and Hydrosols](#)." *J. Nanosci. Nanotechnol.* **2007**, 7, 2753-2757.

Περιγράφεται η σύνθεση σφαιρικών μαγνητικών νανοσωματιδίων οξειδίου του σιδήρου με πολύ μικρή διασπορά μεγέθους, μετά τη θερμολυτική διάσπαση τριχλωριούχου σιδήρου σε αλφατικές αμίνες. Η αμίνη, η οποία χρησιμεύει ως θερμολυτικό μέσο και διαλύτης, έχει τον ταυτόχρονο ρόλο του επιφανειακού τροποποιητή για τα σχηματισθέντα ανόργανα νανοσωματίδια, συμπλέκοντας τα επιφανειακά άτομα σιδήρου με το άτομο του αζώτου της. Η χρήση ιχνοποσοτήτων λευκόχρυσου επηρεάζει εκλεκτικά την ανάπτυξη των κρυσταλλογραφικών επιπέδων των νανοσωματιδίων οδηγώντας σε ανισοτροπικές δομές.

Επίσης, με χρήση επιφανειοδραστικής ένωσης (βρωμιούχο δεκαεξαδέκυλοτριμέθυλο αμμώνιο) επιτυγχάνεται η δημιουργία διπλοστοιβάδας στην περιφέρεια του σωματιδίου. Στη διπλοστοιβάδα, οι αλφατικές αλυσίδες της επιφανειοδραστικής ένωσης και της αλφατικής αμίνης αλληλεπιδρούν μέσω υδρόφοβων δυνάμεων αφήνοντας το θετικό φορτίο της επιφανειοδραστικής ένωσης εκτεθειμένο προς το διάλυμα. Με αυτόν τον τρόπο, καθίστανται τα αρχικά οργανόφιλα νανοσωματίδια υδρόφιλα.

- 14) **Bakandritsos A.\***, Bourlinos A.B., Tzitzios V., Boukos N, Steriotis Th., Kouvelos V., Devlin E. and Petridis D.\* "[Biopolymer Networks for the Solid State Production of Porous Magnetic Beads and Wires](#)." *Adv. Funct. Mater.* **2007**, 17(8), 1409-1416.

Υδατικά διαλύματα νατριούχου άλατος του βιοπολυμερούς της οξικής κυτταρίνης χρησιμοποιήθηκαν για τη μορφοσύνθεση βιοπολυμερικών δομών (σφαιριδίων και ινών) στις οποίες ο τρισθενής σίδηρος έχει το ρόλο του σταθεροποιητή και σκληρυντή των δομών, συμπλέκοντας τα μακρομόρια της κυτταρίνης. Με ξήρανση και

εξάτμιση του προσροφημένου διαλύτη (νερό) και χωρίς να επέλθει μεταβολή της διάταξης των μακρομορίων της κυτταρίνης παραλήφθηκαν μονολιθικά σφαιρίδια (1mm) ή ίνες (~80μm). Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν ως «αντιδραστήρες» που εγκλωβίζουν τα επιθυμητά αντιδραστήρια (πολυαιθυλενογλυκόλη ή κατιόντα δισθενούς κοβαλτίου). Στη συνέχεια η θερμική κατεργασία σε αδρανή ατμόσφαιρα στους 600°C απέδωσε πορώδεις ανθρακούχες δομές σφαιριδίων ή ινών, φέρουσες στη μάζα τους διάσπαρτα νανοσωματίδια μεταλλικών οξειδίων ή μετάλλων, ανάλογα με τα αρχικά εγκλωβισμένα αντιδρώντα. Τα κατιόντα σιδήρου, τα οποία αρχικά είχαν το ρόλο του συμπλοκοποιητή και σκληρυντή της κυτταρίνης, με τη θερμική κατεργασία κρυσταλλώνονται προς νανοσωματίδια μαγνητικού οξειδίου του σιδήρου (μαγνητίτη ή μαγγελίτη). Επιπλέον, με τον εγκλωβισμό πολυαιθυλενογλυκόλης παρατηρήθηκε αναγωγή προς νανοσωματίδια μεταλλικού σιδήρου λόγω της αναγωγικής δράσης της πολυόλης. Τέλος, παρουσία ιόντων κοβαλτίου παρατηρήθηκε ομοίως αναγωγή προς μεταλλικό σίδηρο. Σε αυτήν την περίπτωση, η αναγωγική δράση πιθανότατα αποδίδεται στο σχηματισμό των πρώτων κυβικών κρυσταλλιτών από άτομα κοβαλτίου (τα οποία ανάγονται ευκολότερα από τα αντίστοιχα του σιδήρου) παρέχοντας τους πρώτους πυρήνες για την επακόλουθη κρυστάλλωση των ατόμων του σιδήρου. Ενδιαφέρουσες ήταν οι μαγνητικές ιδιότητες των νανοσωματιδίων του μεταλλικού σιδήρου, τα οποία είχαν μεγαλύτερο συνεκτικό πεδίο σε σχέση με το αντίστοιχο του ίδιου υλικού, αλλά σε μακροσκοπικές διαστάσεις.

- 15) Szabo, T., **Bakandritsos, A.**, Tzitzios, V., Papp, S., Koroesi, L., Galbacs, G., Musabekov, K., Bolatova, D., Petridis, D., and Dékány, I. "[Magnetic iron oxide/clay composites: effect of the layer silicate support on the microstructure and phase formation of magnetic nanoparticles](#)" *Nanotechnology* **2007**, 18, 285602.

Μαγνητικά νανοσωματίδια οξειδία του σιδήρου παρασκευάστηκαν επί των επιφανειών δύο ειδών φυλλόμορων αργίλων, του φυσικά απαντούμενου μοντμοριλλονίτη (μέγεθος φυλλιδίου <2μm) και του συνθετικού λαπονίτη (μέγεθος φυλλιδίου <2μm). Ο χαρακτηρισμός των υλικών ανέδειξε την επίδραση του υποστρώματος της χρησιμοποιούμενης αργίλου στις φυσικοχημικές ιδιότητες των τελικών νανοσυνθέτων. Συγκεκριμένα, το μέγεθος των μαγνητικών νανοσωματιδίων στο υπόστρωμα του λαπονίτη υπολογίστηκε με ηλεκτρονική μικροσκοπία διέλευσης σημαντικά μικρότερο από το αντίστοιχο σε αυτό του μοντμοριλλονίτη και αποδόθηκε πιθανότατα στις διαφορές των δύο υποστρωμάτων στην πυκνότητα φορτίου και μεγέθους φυλλιδίων. Στους ίδιους λόγους αποδόθηκε και η αυξημένη ειδική επιφάνεια και πορώδης όγκος του συνθέτου με λαπονίτη. Σημαντικό στοιχείο επίσης είναι η διαφορετική κατανομή των φάσεων του οξειδίου του σιδήρου στα δύο υλικά. Στο σύνθετο με λαπονίτη ο λόγος του σιδηριμαγνητικού μαγγελίτη προς τον αντισιδηρομαγνητικό αιματίτη είναι μεγαλύτερος, βελτιώνοντας έτσι τις μαγνητικές ιδιότητες του εν λόγω υλικού. Τα χαρακτηριστικά αυτά το καθιστούν ένα κατάλληλο υλικό για να δοκιμαστεί σε εφαρμογές μαγνητικού διαχωρισμού/προσρόφησης.

- 16) Zboril, R., **Bakandritsos, A.**, Mashlan, M., Tzitzios, V., Dallas, P., Trapalis, C., Petridis, D. "[One Step Solid State Synthesis of Capped  \$\gamma\$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Nanocrystallites](#)." *Nanotechnology* **2008**, 19, 095602.

Μία άνευ διαλυτών χημική πορεία για τη σύνθεση μαγνητικών οργανολυμάτων επιτυγχάνεται μέσω της θέρμανσης ενός τήγματος άλατος σιδήρου και ολεϊκού οξέος. Τα προκύπτοντα νανοσωματίδια οξειδίου του σιδήρου φέρουν ολεϊκές ομάδες στη περιφέρειά τους οι οποίες συναρμόζονται με τα επιφανειακά άτομα σιδήρου των ανόργανων σωματιδίων μέσω των καρβοξυλομάδων. Φασματοσκοπία υπερύθρου και θερμοσταθμικές μετρήσεις δείχνουν την ύπαρξη διπλοστοιβάδας οργανικών μορίων, με τη δεύτερη στοιβάδα να είναι αγκιστρωμένη μέσω υδρόφοβων αλληλεπιδράσεων με τις αλειφατικές αλυσίδες της πρώτης στοιβάδας. Από την άλλη μεριά, μελέτη με φασματοσκοπία Mössbauer αποκαλύπτει το διαφορετικό περιβάλλον των επιφανειακών ατόμων σιδήρου των νανοσωματιδίων σε σχέση με αυτό των ατόμων του πυρήνα. Τα σύνθετα προϊόντα επιδεικνύουν πολύ καλές μαγνητικές ιδιότητες (30 emu/g) και σε συνδυασμό με τη δυνατότητα παρασκευής κολλοειδών διαλυμάτων τους, αποτελούν μία ενδιαφέρουσα, περιβαλλοντικά πιο συμβατή, εναλλακτική λύση, όσον αφορά τη σύνθεση παρόμοιων συστημάτων (μαγνητικών ρευστών), η οποία μέχρι τώρα κυρίως επιτυγχάνεται με χρήση οργανικών διαλυτών υψηλού σημείου ζέσεως. Οι μαγνητικές ιδιότητες του προϊόντος και η δυνατότητα ανταλλαγής των υποκαταστατών με υδρόφιλα μόρια το καθιστούν κατάλληλο για βιοϊατρικές εφαρμογές όπως υπερθερμία και μαγνητικά κατευθυνόμενη χορήγηση φαρμάκων.

- 17) **Bakandritsos, A.\*** Bouropoulos, N., Zboril, R., Boukos, N., Chatzikyriakos, G., Iliopoulos, K., Couris, S. "[Optically active Spherical Polyelectrolyte Brushes with a Nanocrystalline Magnetic Core](#)." *Adv. Funct. Mater* **2008**, 18, 1694.

Οι πολύ ενδιαφέρουσες ιδιότητες των μαγνητικών νανοσωματιδίων έχουν κεντρίσει το ερευνητικό ενδιαφέρον για την αποτελεσματική επιφανειακή τους τροποποίηση και εφαρμογή τους σε πολλά τεχνολογικά πεδία. Παρ' ότι η σύνθεση μαγνητικών κολλοειδών συστημάτων βρίσκεται ήδη υπό έντονη μελέτη, η γνώση γύρω από υβριδικές νανοδομές τύπου σφαιρικής πολυμερικής ψήκτρας (spherical polymer brushes) είναι περιορισμένες. Στην παρούσα εργασία περιγράφεται η σύνθεση τέτοιων νανοϋβριδικών δομών, ο χαρακτηρισμός τους και η μελέτη των μαγνητικών, κολλοειδών και οπτικών ιδιοτήτων τους. Ο πυρήνας των υλικών αυτών αποτελείται από

βιοσυμβατά νανοσωματίδια οξειδίων του σιδήρου με μέση διάμετρο ~17nm. Ο βιο-ενεργός πολυηλεκτρολύτης του σουλφονωμένου πολυστυρενίου, το οποίο αποτελεί την εξωτερική οργανική στοιβάδα των νανοσωματιδίων, αποδείχθηκε πως αποτελεί κατάλληλο επιφανειακό τροποποιητή για τα μαγνητικά οξείδια του σιδήρου μέσω ομοιοπολικών αλληλεπιδράσεων. Τα νανοϋβριδικά υλικά επιδεικνύουν πολύπλευρη λειτουργικότητα από τη σκοπιά των ιδιοτήτων τους καθώς συνδυάζουν σε ένα τελικό υδατοδιαλυτό προϊόν μαγνητικές και μη γραμμικές οπτικές ιδιότητες και πιθανή βιοδραστικότητα λόγω του αντιμικροβιακού αλλά όχι τοξικού χαρακτήρα του πολυηλεκτρολύτη.

- 18) **Bakandritsos A.**, Koutoulogenis A., Bouropoulos N., Fatouros D. "[Synthesis and Characterization of Iron Oxide Nanoparticles Encapsulated in Lipid Membranes.](#)" *J. Biomed. Nanotech.* **2008**, 4, 313-318.

Περιγράφεται η σύνθεση μαγνητικών νανοσωματιδίων οξειδίου του σιδήρου, η ενσωμάτωσή τους σε λιποσώματα και ο φυσικοχημικός χαρακτηρισμός αυτών. Στόχος είναι από τη μια πλευρά παρασκευή μαγνητολιποσωμάτων και η κατευθυνόμενη χορήγηση ουσιών με τη χρήση εξωτερικού μαγνητικού πεδίου και αφετέρου η αύξηση της βιοσυμβατότητας και της διάρκειας παραμονής στον οργανισμό των μαγνητικών νανοσωματιδίων. Το σύστημα χαρακτηρίστηκε με Περίθλαση ακτίνων-X, ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης, δυναμική σκέδαση φωτός και ηλεκτροφορητικές μετρήσεις του ζ-δυναμικού. Βρέθηκε ότι τα νανοσωματίδια ενσωματώνονται επιτυχώς στα λιποσώματα και η κolloειδής τους συμπεριφορά αλλάζει ως προς αυτήν των σκέτων λιποσωμάτων.

- 19) Szabó T., **Bakandritsos A.**, Tzitzios V., Devlin E., Petridis D., Dékány I. "[Magnetically Modified Single and Turbostratic Stacked Graphenes from Tris\(2,2'-Bipyridyl\) Iron\(II\) Ion-Exchanged Graphite Oxide](#)" *J. Phys. Chem B* **2008**, 112, 14461-14469.

Στην παρούσα εργασία επιτυγχάνεται η ένθεση ενός ανόργανου συμπλόκου του σιδήρου [tris(2,2'-bipyridyl) iron(II)] στον ενδοστρωματικό χώρο ενός φυλλόμορφου διογκούμενου υλικού (οξείδιο του γραφίτη). Κατόπιν, θερμική κατεργασία του συνθέτου υλικού αποδίδει μαγνητικά νανοσωματίδια αγκιστρωμένα και διεσπαρμένα αρκετά ομοιογενώς επάνω στα διαμαγνητικά φυλλίδια του οξειδίου του γραφενίου.

- 20) **Bakandritsos A.**,\* Psarras G.C., Boukos N. "[Some Physicochemical Aspects of Nanoparticulate Iron Oxide Colloids in Neat Water and in Presence of Polyvinyl Alcohol.](#)" *Langmuir* 24(20), 11489-11496, **2008**.

Η μεταφορά της συμπυκνωμένης ύλης στην κolloειδή κατάσταση μπορεί να διευρύνει το πεδίο των εφαρμογών ενός υλικού. Τα κolloειδή νανοσωματίδια μαγνητίτη/μαγγεμίτη μπορούν να βρουν εφαρμογές στη βιοϊατρική, στην αποθήκευση δεδομένων κ.α. και γι' αυτό η μελέτη των κolloειδών ιδιοτήτων έχει σημασία για την εξαγωγή συμπερασμάτων για τη συμπεριφορά τους αλλά και για το ρόλο των μορίων/πολυμερών (π.χ. σταθερότητα σε βιολογικά υγρά, δυνατότητα ψεκασμού κ.α.). Μελετώνται λοιπόν εδώ οι κolloειδείς ιδιότητες και οι διαφορές που παρουσιάζουν αυτές σε νερό και σε μίγματα νερού/πολυβινυλικής αλκοόλης ως μέσα διασποράς. Το pH και η ιονική ισχύς των μέσων διασποράς είναι δύο σημαντικοί παράγοντες που μελετώνται και παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες για την πιθανή συμπεριφορά του υλικού σε βιολογικά υγρά.

- 21) Bourlinos A.B., Georgakilas V., Zboril R., **Bakandritsos A.**, Stassinopoulos A., Anglos D., Giannelis E.P. "[Pyrolytic Formation and Photoluminescence Properties of a New Layered Carbonaceous Material with Graphite Oxide-Mimicking Characteristics.](#)" *Carbon* **2009**, 47, 519-526.

Στην εργασία αυτή περιγράφεται η σύνθεση ενός νέου φυλλόμορφου διογκούμενου υλικού με βάση τον άνθρακα και παρόμοιες ιδιότητες με αυτές του οξειδίου του γραφενίου. Δηλαδή εφυδατώνεται πλήρως σε νερό και δίνει σταθερές κolloειδείς διασπορές και έχει την ικανότητα να εγκλωβίζει στον ενδοστρωματικό χώρο μεγάλη ποικιλία ενώσεων. Επιπλέον, όμως το παρόν υλικό, επιδεικνύει έντονη φωταύγεια στο ορατό φάσμα.

- 22) **Bakandritsos A.**\*, Zboril R.,\* Bouropoulos N, Kallinteri P., Favretto M.E., Parker T.L., Mullertz A., Fatouros D.G.\* "[The preparation of magnetically guided lipid based nanoemulsions using self-emulsifying technology](#)" *Nanotechnology* **2010**, 21, 055104.

Στην εργασία αυτή περιγράφεται η μελέτη της αλληλεπίδρασης μεταξύ μαγνητικών οργανόφιλων νανοσωματιδίων και επιφανειοδραστικών ενώσεων οι οποίες χρησιμοποιούνται συχνά για την ανάπτυξη συστημάτων χορήγησης φαρμάκων διά του στόματος. Διαπιστώθηκε η δυνατότητα εγκλωβισμού των μαγνητικών νανοσωματιδίων εντός των μικκυλίων (6 % κ.β.) που σχηματίζουν τα επιφανειοδραστικά μόρια, και η κolloειδής σταθερότητά τους. Επίσης βρέθηκε η αμελητέα επίδραση των προϊόντων αυτών στην ανάπτυξη κυττάρων και άρα η πολύ μικρή τοξικότητά τους τουλάχιστον in-vitro.



- 23) Bakandritsos A.**, Mattheolabakis G., Zboril R., Bouropoulos N., Tucek, J., Fatouros D., Avgoustakis, K. [“Preparation, Stability and Cytocompatibility of Magnetic/PLA-PEG Hybrids”](#) *Nanoscale* **2010**, 2, 564.

Στην εργασία αυτή περιγράφεται η μελέτη της αλληλεπίδρασης μεταξύ μαγνητικών οργανόφιλων νανοσωματιδίων και αμφίφιλων βιοδιασπώμενων δισυσταδικών συμπολυμερών πολύ(γαλακτικού οξέος) και πολυαιθυλενογλυκόλης. Διαπιστώθηκε ο επιτυχής εγκλωβισμός τους, σε ποσοστό αρκετά μεγαλύτερο (~15 % κ.β.) από αυτό που είχε βρεθεί στην περίπτωση των μοριακών μικκυλίων (εργασία 22). Επίσης τα συστήματα αυτά ήταν πολύ σταθερά ως κολλοειδής διασπορές και βιοσυμβατά σε μελέτες πολλαπλασιασμού κυττάρων in-vitro.

- 24) G. Chatzikyrikos, K. Iliopoulos, A. Bakandritsos, S. Couris** [“Nonlinear optical properties of aqueous dispersions of ferromagnetic  \$\gamma\$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticles.”](#) *Chemical Physics Letters* **2010**, 20, 5418-5428.

Στην εργασία αυτή περιγράφεται η τρίτης τάξης μη-γραμμική οπτική απόκριση υδρόφιλων μαγνητικών κολλοειδών νανοσωματιδίων επικαλυμένων με έναν ανιοντικό ισχυρό πολυηλεκτρολύτη. Βρέθηκε πως τα σωματίδια παρουσιάζουν συμπεριφορά αυτό-εστίασης του φωτός στα 1064 nm σε αντίθεση με τα 532 nm, με nanosecond παλμούς διέγερσης. Η μη-γραμμική οπτική απόκριση ήταν μεγαλύτερη κατά τη διέγερση με nanosecond παλμούς και αμελητέα στην περίπτωση διέγερσης με picoseconds παλμούς.

- 25) Tzitzios V., Basina G., Bakandritsos A., Hadjipanayis C.G., Mao H., Niarchos, D., Hadjipanayis G.C., Tucek J., Zboril R.** [“Immobilization of magnetic iron oxide nanoparticles on laponite discs – an easy way to biocompatible ferrofluids and ferrogels”](#) *J. Mater. Chem.*, **2010**, 20, 5418.

Στην εργασία αυτή περιγράφεται η σύνθεση και μελέτη ενός υβριδικού κολλοειδούς συστήματος μέσω της σύνθεσης μαγνητικών νανοσωματιδίων σε νερό παρουσία διεσπαρμένων διδιάστατων φυλλιδίων λαπονίτη (είδος συνθετικής φυλλόμορφης αργίλου). Παρατηρήθηκε η εναπόθεση των μαγνητικών νανοσωματιδίων στα κολλοειδή φυλλίδια του λαπονίτη, με αποτέλεσμα ένα υβριδικό σταθερό κολλοειδές. Στην αντίστοιχη περίπτωση σύνθεσης απουσίας του λαπονίτη τα προκύπτοντα μαγνητικά νανοσωματίδια δεν ήταν κολλοειδώς σταθερά. Το υβριδικό προϊόν μελετήθηκε ως σύστημα αντίθεσης κατά την απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού και βρέθηκε πως έχει ιδιαιτέρως υψηλή ικανότητα να αυξάνει την αντίθεση της εικόνας σε σχέση με το φυσιολογικό περιβάλλον.

- 26) Fatouros, D.G., Power, K., Kadir, O., Dékány, I., Yannopoulos, S.N., Bouropoulos, N., Bakandritsos, A., Antonijevic, M.D., Zouganelis, G.D., Roldo, M.** [“Stabilisation of SWNTs by alkyl-sulfate chitosan derivatives of different molecular weight: towards the preparation of hybrids with anticoagulant properties.”](#) *Nanoscale* **2011**, 3, 1218-1224.

Στην εργασία αυτή μελετήθηκε η παραγωγή κολλοειδών διασπορών νανοσωλήνων άνθρακα με τη χρήση σουλφονωμένης χιτοζάνης και παραγωγοποιημένης με υδρογανθρακικές αλυσίδες. Διαπιστώθηκε η επιτυχής αλληλεπίδραση του πολυμερούς με τους νανοσωλήνες άνθρακα χάριν στην παρουσία των υδρογανθρακικών αλυσίδων και των υδρόφοβων αλληλεπιδράσεων που αναπτύσσονται μεταξύ αυτών και των νανοσωλήνων άνθρακα. Κατά τις μελέτες αντιθρομβωτικής δράσης στο αίμα βρέθηκε πως τα συστήματα αυτά επιδεικνύουν την ίδια δράση, όπως και το ελεύθερο πολυμερές, ενώ σε μελέτες in-vivo (Brine Shrimp Cysts) δεν έδειξαν τοξικότητα.

- 27) Bakandritsos A.\*** Mattheolabakis G, Chatzikyriakos G, Szabo T, Tzitzios V, Kouzoudis D, Couris, S.\*, Avgoustakis, K. [“Doxorubicin Nanocarriers Based on Magnetic Colloids with a Bio-polyelectrolyte Corona and High Non-linear Optical Response: Synthesis, Characterization, and Properties.”](#) *Adv. Funct. Mater.* **2011**, 21, 1465-1475.

Στην εργασία αυτή μελετήθηκε η σύνθεση υβριδικών κολλοειδών μαγνητικών νανοκρυστάλλων με επικάλυψη έναν πολυηλεκτρολύτη βιολογικής προέλευσης (καρβοξυλιωμένη κυτταρίνη). Τα προϊόντα είχαν μεγάλη κολλοειδή σταθερότητα σε απεσταγμένο νερό και πολύ καλές ιδιότητες εγκλωβισμού (πρόφησης) του αντικαρκινικού μορίου της δοξορουβικίνης. Μελετήθηκε επίσης η απόκριση της πολυμερικής κορώνας και η σταθερότητα του κολλοειδούς με αλλαγή του pH και της ιοντικής ισχύος. Τα μαγνητικά κολλοειδή παρουσίασαν μεγάλη περιεκτικότητα σε ανόργανο (μαγνητικό υλικό) ~80 % κ.β. και ψηλή μαγνήτιση κορεσμού. Εντοπίστηκε η ανάγκη περεταίρω τροποποίηση της πολυμερικής κορώνας του προϊόντος αυτού, ώστε να προσδώσει σταθερότητα κατά την ρόφηση του αντικαρκινικού φαρμάκου. Τέλος, μελετήθηκε και η μη-γραμμική οπτική απόκριση.

- 28)** Bourlinos, A.B., Zbořil, R., Petr, J., **Bakandritsos, A.**, Krysmann, M., Giannelis, E.P. "[Luminescent surface quaternized carbon dots.](#)" *Chem. Mater.* **2012**, 24, 6-8.

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η σύνθεση κολλοειδών φθορίζοντων ανθρακογενών νανοσωματιδίων από μοριακές πρόδρομες ενώσεις. Η επιλογή των προδρόμων ενώσεων ήταν τέτοια ώστε οι επιφάνειες των νανοσωματιδίων αυτών να φέρουν ως λειτουργικές ομάδες τετρατοταγείς αμινομάδες. Επίσης βρέθηκε μέσω τριχοειδούς ηλεκτροφόρησης γέλης ότι τα κολλοειδή παρουσιάζουν ομογενές μέγεθος και ισχυρά θετικά φορτισμένη επιφάνεια.

- 29)** Bouropoulos, N., Katsamenis, O.L., Cox, P.A., Norman, S., Kallinteri, P., Favretto, M.E., Yannopoulos, S.N., **Bakandritsos A.**, Fatouros, D.G. "[Probing the perturbation of lecithin bilayers by unmodified C<sub>60</sub> Fullerenes using experimental methods and computational simulations.](#)" *J. Phys. Chem. C* **2012**, 116, 3867-3874.

Στην εργασία αυτή μελετήθηκε η αλληλεπίδραση μη-τροποποιημένων φουλερενίων με λιποσώματα. Τα C<sub>60</sub> εισέρχονται στον οργανόφιλο ενδοστρωματικό χώρο της διπλοστοιβάδας των λιποσωμάτων, αλλάζοντας σε μικρό βαθμό τα δομικά τους χαρακτηριστικά. Συγκεκριμένα αυξάνεται το μέγεθός τους (η υδροδυναμική διάμετρος) και αυξάνονται οι δομικές ατέλειες τις λιπιδικής διπλοστοιβάδας, όπως έδειξαν μετρήσεις διάχυσης ενός φθορίζοντος μορίου. In-vitro κυτταρικές μελέτες έδειξαν ωστόσο τη σημαντική μείωση της τοξικότητας των φουλερενίων μετά τον εγκλωβισμό τους στα λιποσώματα.

- 30)** Bourlinos A. B., **Bakandritsos A.**, Liaros N., Couris S., Safarova K., Otyepka M., Zbořil R. "[Water Dispersible Functionalized Graphene Fluoride with Significant Nonlinear Optical Response.](#)" *Chem. Phys. Lett.* **2012**, 543, 101-105.

Στην εργασία αυτή μελετήθηκε ένα φθοριωμένο παράγωγο του γραφενίου σε κολλοειδή φάση όσον αφορά στα δομικά του χαρακτηριστικά και στη μη-γραμμική οπτική του απόκριση. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός της οπτικής διαφάνειας στο ορατό, μοναδικό χαρακτηριστικό μεταξύ άλλων νανοδομών βασισμένων στον άνθρακα. Η κολλοειδής διασπορά του κατέστη δυνατή μέσω της μη-ομοιοπολικής του αλληλεπίδρασης με φθοριωμένους υδρογονάνθρακες. Ο χαρακτηρισμός με δυναμική σκέδαση φωτός, ηλεκτρονική μικροσκοπία και μικροσκοπία ατομικών δυνάμεων έδειξαν την πολύ καλή του διασπορά και την παρουσία πολύ λεπτών φυλλιδίων. Τέλος, για πρώτη φορά, δείχθηκε η υψηλή μη-γραμμική οπτική απόκριση του υλικού.

- 31)** A. B. Bourlinos, V. Georgakilas, A. Bakandritsos, A. Kouloumpis, D. Gournis, R. Zboril "[Aqueous-dispersible fullerol-carbon nanotube hybrids.](#)" *Materials Letters* **2012**, 82, 48-50.

Στην εργασία αυτή μελετήθηκε η σύνθεση υβριδίων μεταξύ νανοσωλήνων άνθρακα και φουλερενίων μέσω θερμικής κατεργασίας. Καθώς τα φουλερένια φέρουν πολλές υδρόφιλες χημικές ομάδες (υδροξυλομάδες) τα τελικά προϊόντα επέδειξαν επίσης υδροφιλικότητα και πολύ καλή ικανότητα διασποράς σε νερό. Με αυτό τον τρόπο έγινε δυνατή η πολύ καλή διασπορά των νανοσωλήνων άνθρακα.

- 32) Bakandritsos A.,\*** Papagiannopoulos A.,\* Anagnostou E. N., Avgoustakis K.,\* Zboril R., Pispas S., Tucek J., Ryukhtin V., Bougopoulos N., Kolokithas-Ntoukas A., Steriotis T.A., Keiderling U., Winnefeld F. "[Merging High Doxorubicin Loading with Pronounced Magnetic Response and Bio-repellent Properties in Hybrid Drug Nanocarriers.](#)" *SMALL* **2012**, 8, 2381-2393.

Στην εργασία αυτή μελετήθηκε η σύνθεση υβριδικών μαγνητικών κολλοειδών σε υδατική φάση, με χρήση συσταδικών συμπολυμερών εμβολιασμού μεταξύ πολύ(μεθακρυλικού οξέος) και πολυαιθυλενογλυκόλης. Βρέθηκε η πολύ υψηλή σταθερότητα των προκύπτων υβριδικών κολλοειδών ακόμα και σε νερό υψηλής ιοντικής ισχύος. Επίσης βρέθηκε υψηλή περιεκτικότητα σε μαγνητικό υλικό και μαγνήτιση κορεσμού για το υβρίδιο. Τα προϊόντα επέδειξαν πολύ καλή ικανότητα ρόφησης της αντικαρκινικής ουσίας δοξορουβικίνης χωρίς να χάνεται η κολλοειδής τους σταθερότητα, σε αντίθεση με το προϊόν της εργασίας 27. Η υψηλή σταθερότητα αποδόθηκε στην παρουσία της πολυαιθυλενογλυκόλης ως εξωτερικό κέλυφος του κολλοειδούς, δομή η οποία επιβεβαιώθηκε με σκέδαση νετρονίων. Μελέτες αποδέσμευσης έδειξαν ότι το φάρμακο διαχέεται αργά στο εξωτερικό περιβάλλον, ιδιότητα σημαντική για in-vivo εφαρμογές.

- 33) Bourlinos, A. B., Bakandritsos, A., Kouloumpis, A., Gournis, D., Krysmann, M., Giannelis, E. P., Polakova, K., Safarova, K., Hola, K., Zboril, R.** "[Gd<sup>\(III\)</sup>-doped carbon dots as a dual fluorescent-MRI probe.](#)" *J. Mater. Chem.* **2012**, 22, 23327–23330.

Στη εργασία αυτή, ανθρακογενή φθορίζοντα νανοσωματίδια παρασκευάστηκαν παρουσία συμπλόκων του Gd<sup>III</sup>. Τα αποτελέσματα έδειξαν τον επιτυχή εγκλωβισμό του Gd<sup>III</sup> και την απομόνωση τελικά νανοσωματιδίων (4 nm) με υψηλό φθορισμό αλλά και εξαιρετική ικανότητα αντίθεσης κατά την απεικόνιση με μαγνητικό συντονισμό

- 34) Bakandritsos, A., Fatourou, A. G., Fatouros, D. G.** "[Magnetoliposomes and their potential in the intelligent drug-delivery field.](#)" *Therap. Deliv.* **2012**, 3, 1469–1482.

Η εργασία αυτή είναι ένα άρθρο ανασκόπησης, η οποία αφορά σε λιποσώματα τροποποιημένα με μαγνητικά νανοσωματίδια. Συγκεκριμένα γίνεται αναφορά στις τεχνικές σύνθεσης και στις βιοϊατρικές τους εφαρμογές.

- 35) Liaros, N., Aloukos, P., Kolokithas-Ntoukas, A., Bakandritsos, A., Szabo, T., Zboril, R., Couris, S.** "[Nonlinear Optical Properties and Broadband Optical Power Limiting Action of Graphene Oxide Colloids.](#)" *J. Phys. Chem. C* **2013**, 117, 6842–6850.

Στην εργασία αυτή περιγράφεται η παρασκευή σταθερών σε απεσταγμένο νερό και υψηλής συγκέντρωσης κολλοειδών οξειδίου του γραφενίου. Περιγράφεται η χρήση διαφορετικών βάσεων για την προετοιμασία των κολλοειδών, η επίδρασή τους στη σταθερότητα και τη συγκέντρωση και τέλος μελετάται η μη γραμμική οπτική απόκρισή τους.

- 36) Bourlinos, A. B., Karakassides, M. A., Kouloumpis, A., Gournis, D., Bakandritsos, A., Papagiannouli, I., Aloukos, P., Couris, S., Hola, K., Zboril, R., Krysmann M., Giannelis E.P.** "[Synthesis, characterization and non-linear optical response of organophilic carbon dots.](#)" *Carbon* **2013**, 61, 640–643.

Στη εργασία αυτή περιγράφεται για πρώτη φορά η μη-γραμμική οπτική απόκριση υδρόφοβων κολλοειδών νανοσωματιδίων βασισμένων σε άνθρακα (Carbon dots). Τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με αυτά των φουλερενίων, τα οποία αποτελούν μία πολύ γνωστή κατηγορία νανοσωματιδίων άνθρακα και με καλά μελετημένη οπτική συμπεριφορά.

- 37)** G. Zoppellaro, A. Kolokithas-Ntoukas, K. Polakova, J. Tucek, R. Zboril, G. Loudos, E. Fragogeorgi, C. Diwoy, K. Tomankova, K. Avgoustakis, D. Kouzoudis, **A. Bakandritsos\*** [“Theranostics of Epitaxially Condensed Colloidal Nanocrystal Clusters, through a Soft Biomineralization Route.”](#) *Chem. Mater.* **2014**, *26*, 2062-2074.

Στην εργασία αυτή αναπτύχθηκε μία σχετικά νέα μορφή υβριδικών κολλοειδών βασισμένων σε πλειάδες μαγνητικών νανοκρυσταλλιτών σε πυκνή διάταξη. Δείχθηκε για πρώτη φορά πειραματικά η πολύ καλύτερη απόκριση των δομών αυτών κατά τον χειρισμό τους με μαγνητικά πεδία χρησιμοποιώντας για το σκοπό αυτό, επίσης για πρώτη φορά, την τεχνική της μαγνητοφόρησης. Τα υβριδικά αυτά κολλοειδή συντέθηκαν σε ήπιες συνθήκες σε νερό, παρουσία ενός βιογενούς και βιοδιασπώμενου πολυμερούς, του αλγινικού οξέος. Τα προϊόντα έδειξαν εξαιρετική ικανότητα δέσμευσης του αντικαρκινικού μορίου της δοξορουβικίνης, αργή απελευθέρωση του φαρμάκου, η οποία μπορεί να μετατραπεί σε ταχεία κατόπιν εφαρμογής εξωτερικού ερεθίσματος (εναλλασσόμενου μαγνητικού πεδίου). Επίσης δείχθηκε η κυτταροσυμβατότητά τους και η πολύ υψηλή αντίθεση στη μαγνητική απεικόνιση (η υψηλότερη δυνατή για μαγνητικά νανοσωματίδια με υδροδυναμική διάμετρο όχι μεγαλύτερη από 50-60 nm). Τέλος, μελετήθηκαν για την ικανότητά τους να δεσμεύουν ραδιοϊσότοπα και έτσι να χρησιμοποιηθούν ως συνδυαστικά μέσα απεικόνισης (μαγνητικός συντονισμός και υπολογιστική τομογραφία μονοφωτονιακής εκπομπής, SPECT).

- 38)** Haladjova E., Rangelov S., Tsvetanov Ch.B., Posheva V., Peycheva E., Maximova V., Momekova D., Mountrichas G., Pispas S., **Bakandritsos A.** [“Enhanced Gene Expression Promoted by Hybrid Magnetic/Cationic Block Copolymer Micelles.”](#), *Langmuir* **2014**, *30*, 8193–8200.

Υδρόφοβα μαγνητικά κολλοειδή εγκλωβίστηκαν σε συμπολυμερή μαζί με γενετικό υλικό με στόχο να μελετηθούν ως θεραπευτικοί φορείς μεταφοράς γονιδίων. Διαπιστώθηκε πώς η χρήση μαγνητικού πεδίου κατά την εφαρμογή αύξησε σημαντικά την έκφραση των γονιδίων στα κύτταρα στόχους in-vitro, και μάλιστα με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα από ότι αυτή γνωστών εμπορικών γονιδιακών φορέων.