



«Νέες διεργασίες για την αντιμετώπιση της ρύπανσης σε βιοαντιδραστήρες μεμβρανών (FOUL-MEM)» (Δράση «ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ II»)

Παραγωγή, χαρακτηρισμός και μελέτη απόδοσης κροκιδωτικών, υλικών και μεμβρανών σε συστήματα MBR με σκοπό τον έλεγχο της εμφραξής τους

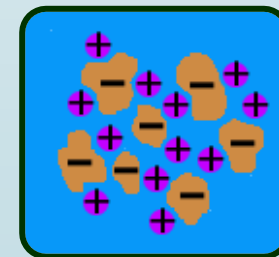
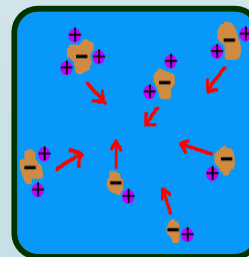
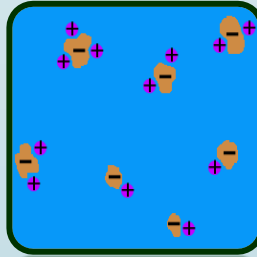
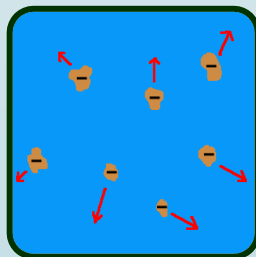
Τόλκου Αθανασία
Χημικός

Εργαστήριο Ανόργανης & Γενικής Χημικής Τεχνολογίας (ΕΓΑΧΤ)
Τμήμα Χημείας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Τρίτη 2 Ιουνίου, 2015
Ημερίδα FOUL-MEM – Κ.Ε.Δ.Ε.Α. Θεσσαλονίκη

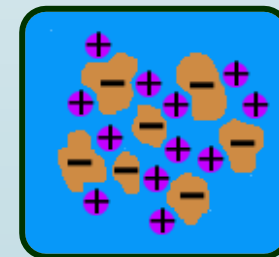
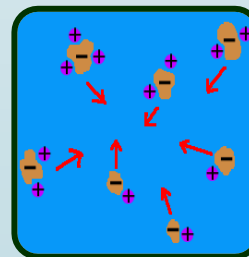
➤ Κροκίδωση

- ✓ Διεργασία κατά την οποία ένα σταθερό διάλυμα αποσταθεροποιείται.
- ✓ Πραγματοποιείται υπό ταχεία ανάδευση.



➤ Συσσωμάτωση

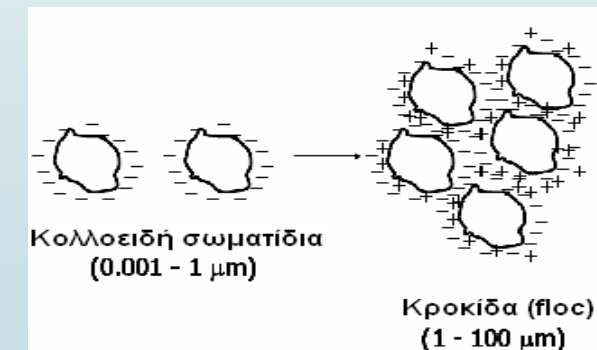
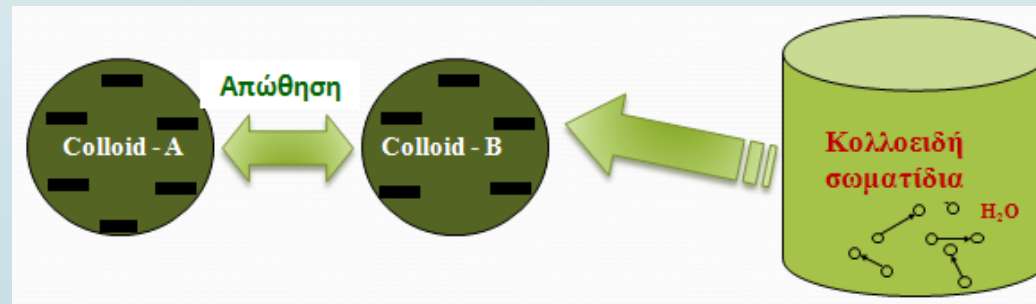
- ✓ Διεργασία κατά την οποία γίνεται σύγκρουση – συνένωση των συστατικών του αποσταθεροποιημένου διαλύματος ώστε να προκληθεί ο σχηματισμός μεγαλύτερου μεγέθους σωματιδίων.
- ✓ Πραγματοποιείται υπό βραδεία ανάδευση.



Κροκίδωση – Συσσωμάτωση

Με τη χρήση κατάλληλων αντιδραστηρίων αποσκοπεί στα εξής:

- ✓ Αποσταθεροποίηση των κολλοειδών συστημάτων
- ✓ Συνένωση των κολλοειδών σωματιδίων μεταξύ τους προς σχηματισμό μεγαλύτερων (κροκίδες)
- ✓ Απομάκρυνση των κροκίδων λόγω επίδρασης της βαρύτητας



Fe

Al

Αντιδραστήρια Κροκίδωσης

Συμβατικά αντιδραστήρια / Άλατα μετάλλων

Positively charged ions	Aluminum sulfate (alum)	Aluminum chloride
Ferric sulfate	Ferrous sulfate	Ferric Chloride

Προ-πολυμερισμένα αντιδραστήρια κροκίδωσης (IPFs)

Polyaluminum chloride (PACl)

Polyferric sulfate (PFS)

➤ Τα κροκιδωτικά αυτά μελετήθηκαν εκτεταμένα και έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικότερα σε σχέση με τα συμβατικά.

Πλεονεκτήματα:

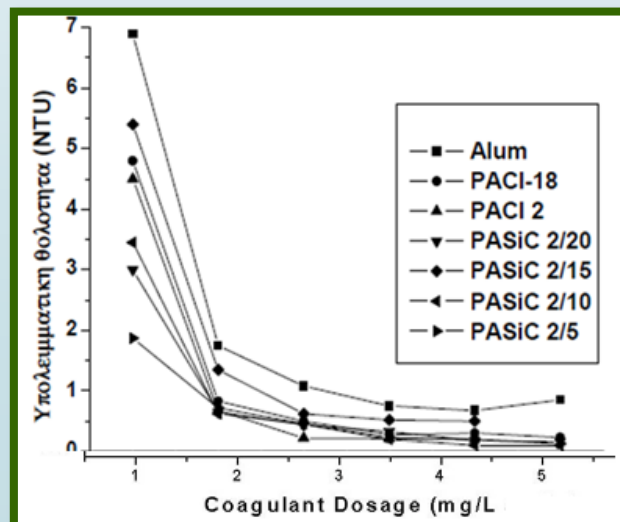
- Υψηλότερο κατιονικό φορτίο (κροκίδωση)
- Υψηλότερο μοριακό βάρος (συσσωμάτωση)

Προκειμένου να βελτιωθεί η ικανότητα της συσσωμάτωσης των προ-πολυμερισμένων αντιδραστηρίων κροκίδωσης (IPFs), μελετήθηκε η προσθήκη σε αυτά κατάλληλων ανόργανων ή οργανικών προσθέτων, ώστε να προκύψουν νέα σύνθετα αντιδραστήρια κροκίδωσης, τα οποία ενδέχεται να είναι αποτελεσματικότερα στην κατεργασία του νερού και των υγρών αποβλήτων.

Έχουν τροποποιηθεί επιτυχώς με την προσθήκη πολυπυριτικού οξέως (pSi)

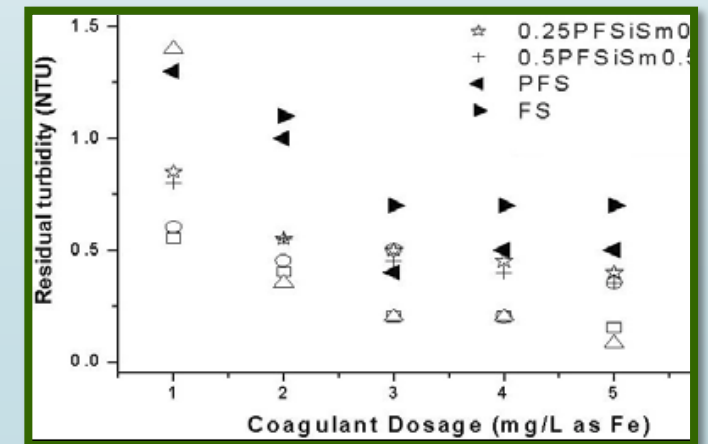
Polyaluminum chloride (PACl) + pSi

by Zouboulis A., Tzoupanos N. (2009)



Polyferric sulfate (PFS) + pSi

by Zouboulis A., Moussas P. (2007)

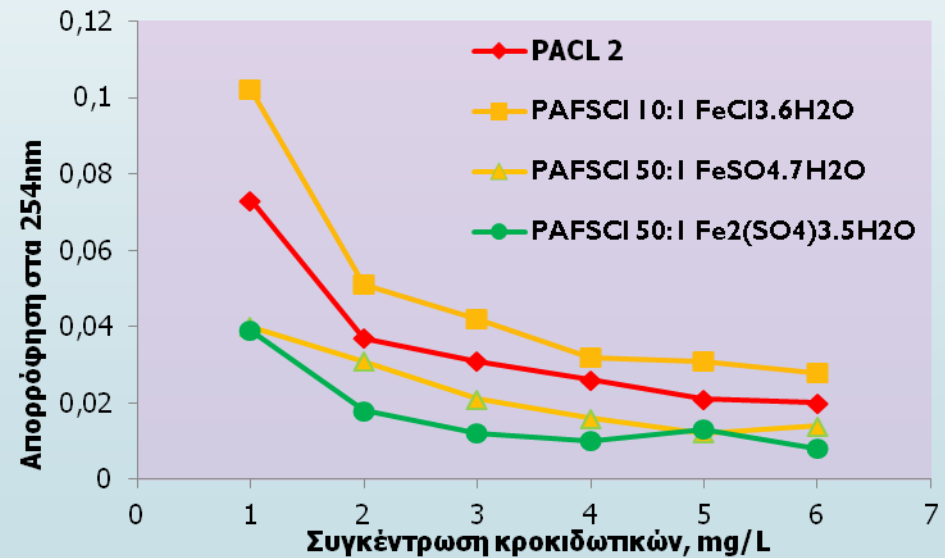
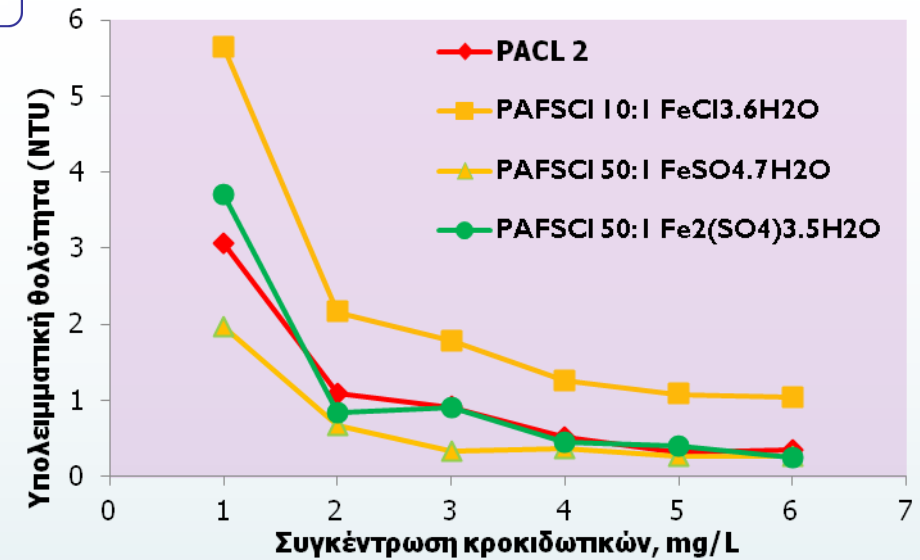


**Karamani D, Ntinoudi E.,
Zouboulis A., Tzouranos N.
(2012)**

Πτυχιακή εργασία

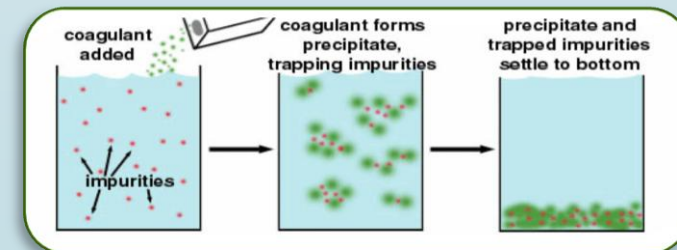


**Μελέτησαν τον
συνδυασμό αλάτων Al
και Fe με εξίσου καλά
αποτελέσματα**



Σκοπός

- ❖ Αύξηση της αποτελεσματικότητας των προ-πολυμερισμένων αντιδραστηρίων κροκίδωσης
- ❖ Συνδυασμός αλάτων σιδήρου, αργιλίου και πολυφυρρικού οξέως ή πολυηλεκτρολύτη με διαφορετική σειρά ανάμειξης και με δύο τεχνικές πολυμερισμού σε ένα κοινό αντιδραστήριο κροκίδωσης
- ❖ Χαρακτηρισμός των αντιδραστηρίων κροκίδωσης (ξηράνση 40° C/5 μέρες)
 - Κατανομή μορφών Al* → φασματοφωτομετρική χρονική μέθοδος *ferro*n
 - FT-IR* → περιοχή 4000-400 cm⁻¹
 - SEM /EDS* → μορφολογία της επιφάνειας/τοπική στοιχειακή ανάλυση
- ❖ Μελέτη της κροκιδωτικής τους ικανότητας στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων



Παρασκευάστηκαν σύνθετα αντιδραστήρια κροκίδωσης που διακρίνονται στις επιμέρους κατηγορίες:

1. Αντιδραστήρια κροκίδωσης τύπου: $[Al]/[Si]$

Μελετήθηκαν:

- 1) διαφορετικές μοριακές αναλογίες συστατικών $[Al]/[Si]$,
- 2) διαφορετικές μοριακές αναλογίες $[OH]/[Al]$ και
- 3) δυο τεχνικές πολυμερισμού (διαδοχικού πολυμερισμού και συμπολυμερισμού)

2. Αντιδραστήρια κροκίδωσης τύπου: $[Fe]/[Si]$

Μελετήθηκαν:

- 1) διαφορετικές μοριακές αναλογίες $[Fe]/[Si]$
- 2) διαφορετικές μοριακές αναλογίες $[OH]/[Al]$ και
- 3) δυο τεχνικές πολυμερισμού (διαδοχικού πολυμερισμού και συμπολυμερισμού)

Παρασκευάστηκαν σύνθετα αντιδραστήρια κροκίδωσης που διακρίνονται στις επιμέρους κατηγορίες:

3. Αντιδραστήρια κροκίδωσης τύπου: $[Al]/[Fe]/[Si]$

Μελετήθηκαν:

- 1) διαφορετικές μοριακές αναλογίες συστατικών $[Al]/[Fe]/[Si]$,
- 2) η διαφορετική σειρά ανάμειξης των συστατικών $[Al]/[Fe]/[Si]$,
- 3) διαφορετικές μοριακές αναλογίες $[OH]/[Al]$ και
- 4) δυο τεχνικές πολυμερισμού (διαδοχικού πολυμερισμού και συμπολυμερισμού)

4. Αντιδραστήρια κροκίδωσης τύπου: $[Al]/[Fe]/[APE]$

Μελετήθηκαν:

- 1) διαφορετικές μοριακές αναλογίες συστατικών $[Al]/[Fe]/[APE]$
- 2) διαφορετικές μοριακές αναλογίες $[OH]/[Al]$ και
- 3) δυο τεχνικές πολυμερισμού (διαδοχικού πολυμερισμού και συμπολυμερισμού)

Synthesis of PSiFAC – PSiCAF Coagulants

0.5M $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

0.5M $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

0.5M NaOH

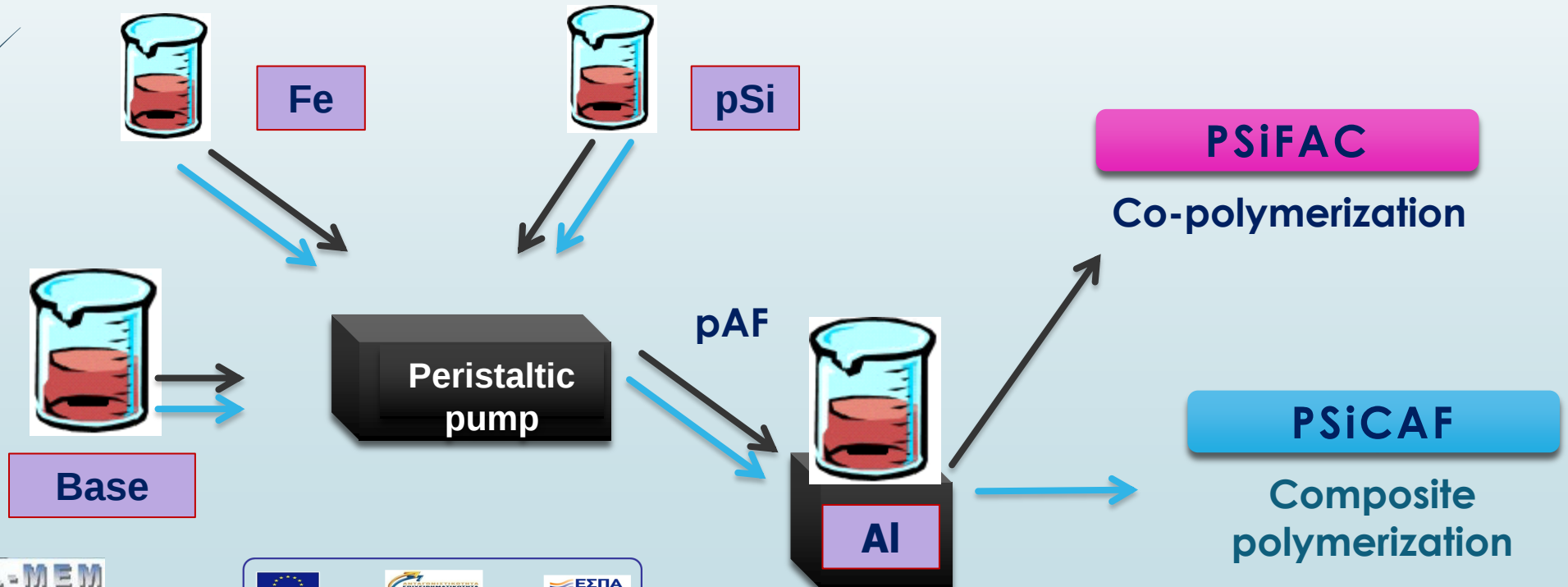
Polysilic acid solution (pSi)

Anionic polyelectrolyte (APE)
(Magnafloc-LT 25) 0.01 % w/v



Different Al/Fe/Si

Different OH/Al



1. Αντιδραστήρια κροκίδωσης τύπου: [Al]/[Si]

PASiC co-polymerization	<i>pSi + Al</i>	OH/Al : 1-1.5	Al/Si : 15	$\text{AlCl}_3 + \text{pSi} + \text{NaOH}$
PACSi comp. polymerization				$\text{AlCl}_3 + \text{NaOH} + \text{pSi}$

2. Αντιδραστήρια κροκίδωσης τύπου: [Fe]/[Si]

PFSiC co-polymerization	<i>pSi + Fe</i>	OH/Fe : 1.5-2	Fe/Si : 15	$\text{FeCl}_3 + \text{pSi} + \text{NaOH}$
PFCSi comp. polymerization				$\text{FeCl}_3 + \text{NaOH} + \text{pSi}$

3. Αντιδραστήρια κροκίδωσης τύπου: $[Al]/[Fe]/[Si]$

<u>PAFSiC</u> co-polymerization					$[FeCl_3 + pSi] + AlCl_3 + NaOH$
<u>PACFSi</u> comp. polymerization	$FpSi + Al$	$OH/Al : 1-2.5$	$Fe/Si : 5-15$	$Al/Si+Fe : 5-15$	$[AlCl_3 + NaOH] + [pSi + FeCl_3]$
<u>PFASiC</u> co-polymerization					$[AlCl_3 + pSi] + FeCl_3 + NaOH$
<u>PFACSi</u> comp. polymerization	$ApSi + Fe$	$OH/Al : 1-2.5$	$Al/Si : 5-15$	$Al+Si/Fe : 5-15$	$[AlCl_3 + NaOH] + pSi + FeCl_3$
<u>PSiFAC</u> co-polymerization					$[AlCl_3 + FeCl_3] + pSi + NaOH$
<u>PSiCAF</u> comp. polymerization	$pAF + pSi$	$OH/Al : 1-2.5$	$Al/Fe : 5-15$	$Al+Fe/Si : 5-15$	$[AlCl_3 + NaOH] + FeCl_3 + pSi$

4. Αντιδραστήρια κροκίδωσης τύπου: $[Al]/[Fe]/[APE]$

<u>PFAPEAC</u> co-polymerization	<i>APEA</i> + <i>Fe</i>	OH/Al : 1-2.5	Al/APE : 5-15	Al+APE/Fe : 5-15	$[AlCl_3 + APE] + FeCl_3 + NaOH$
<u>PACAPEF</u> comp. polymerization					$[AlCl_3 + NaOH] + APE + FeCl_3$
<u>PAPEFAC</u> co-polymerization	<i>pAF</i> + <i>APE</i>	OH/Al : 1-2.5	Al/Fe : 5-15	Al+Fe/APE : 5-15	$[AlCl_3 + FeCl_3] + APE + NaOH$
<u>PACFAPE</u> comp. polymerization					$[AlCl_3 + NaOH] + FeCl_3 + APE$

Τύπος	pH	Θολότητα (NTU)	Αγωγιμότητα (mS/cm)	Κατανομή μορφών Al		
				Al _a	Al _b	Al _c
PAFSiC _{1.5-15-10}	3.9	117.0	24.0	68	22	10
PACFSi _{1.5-15-10}	3.6	8.6	22.9	83	10	7
PFASiC _{1.5-15-10}	3.9	256.0	24.4	74	21	5
PFACSi _{1.5-15-10}	3.7	141.6	23.4	58	30	12
PSiFAC _{1.5-10-15}	3.9	211.0	23.7	44	51	5
PSiCAF _{1.5-10-15}	3.7	144.0	23.7	81	12	7
PAPEFAC _{1.5-10-15}	3.6	137.0	27.0	51	43	6
PACFAPE _{1.5-10-15}	3.6	13.0	26.8	44	48	8

Εφαρμογή των σύνθετων κροκιδωτικών στην επεξεργασία των εξής:

Προσομοιωμένο επιφανειακό νερό

- (1) Με καολίνη
- (2) Με χουμικά

Δείγματα υγρών αποβλήτων

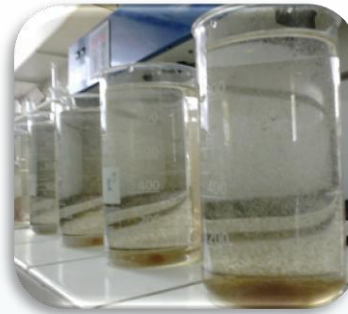
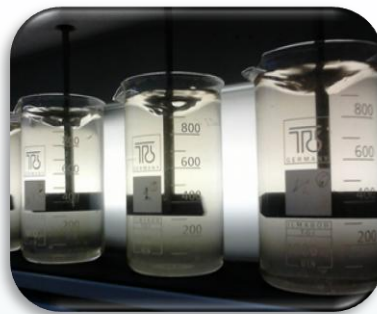
- (1) Βυρσοδεψικό απόβλητο
- (2) Απόβλητο παραγωγής ζύμης, που έχει υποβληθεί σε προκαταρκτική αναερόβια επεξεργασία
- (3) Απόβλητο παραγωγής ζύμης, που έχει υποβληθεί σε προκαταρκτική αναερόβια και αερόβια επεξεργασία



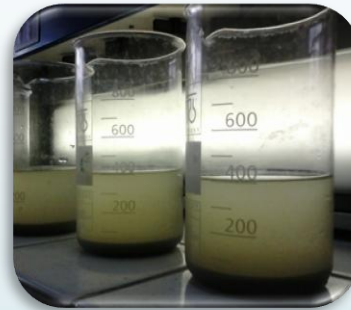
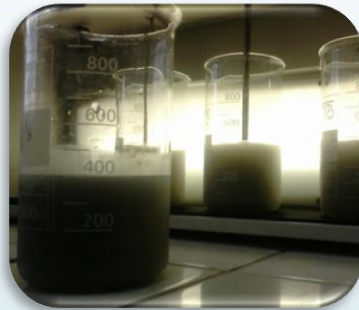
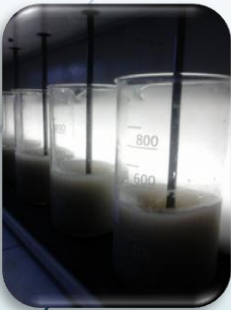
Type of treatment	Rapid mixing period		Slow mixing period		Sedimentation (min)
	Duration (min)	Mixing rate (rpm)	Duration (min)	Mixing rate (rpm)	
Simulated surface water	2	160	10	45	45
Wastewater	3	200	30	40	45

Coagulation experimental conditions-Jar tests

Jar – test experiments



**Προσομοιωμένο
επιφανειακό νερό**



Βυρσοδεψικό απόβλητο



**Απόβλητο παραγωγής
ζύμης**

Συλλέχθηκαν δείγματα από το υπερκείμενο κάθε ποτηριού και αναλύθηκαν για τον προσδιορισμό των εξής παραμέτρων:

- ☐ Θολότητα (NTU)
- ☐ Απορρόφηση στο UV254nm (NOM)

- ☐ Υπολειμματική συγκέντρωση Al ($\mu\text{g/L}$)
- ☐ pH
- ☐ Αγωγιμότητα ($\mu\text{S/cm}$)

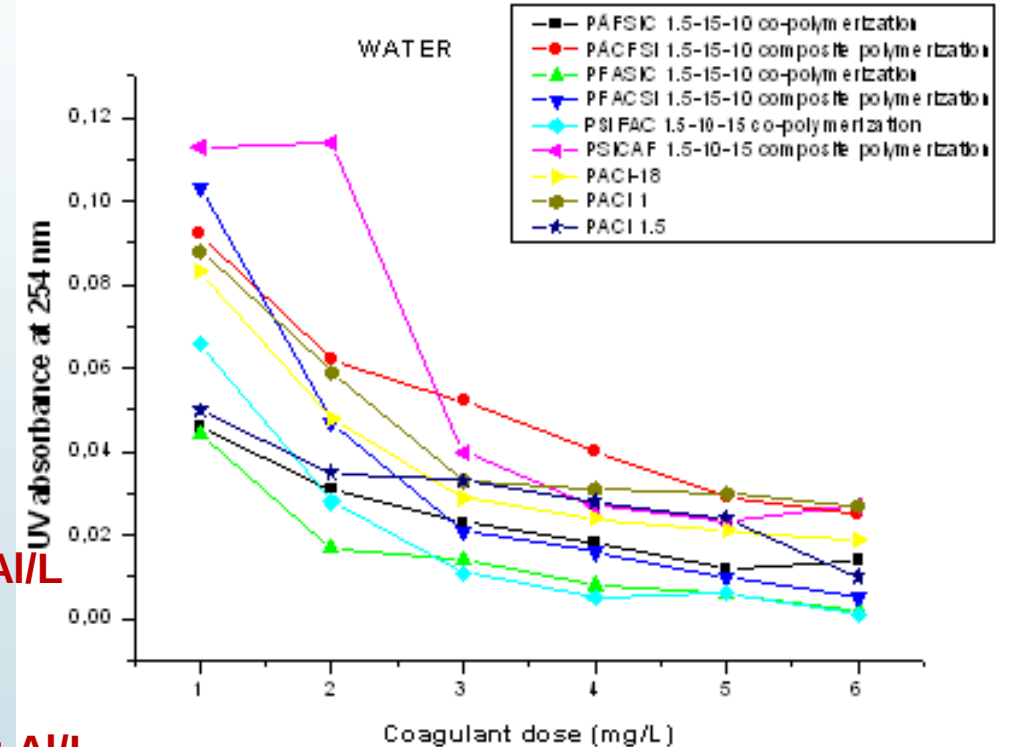
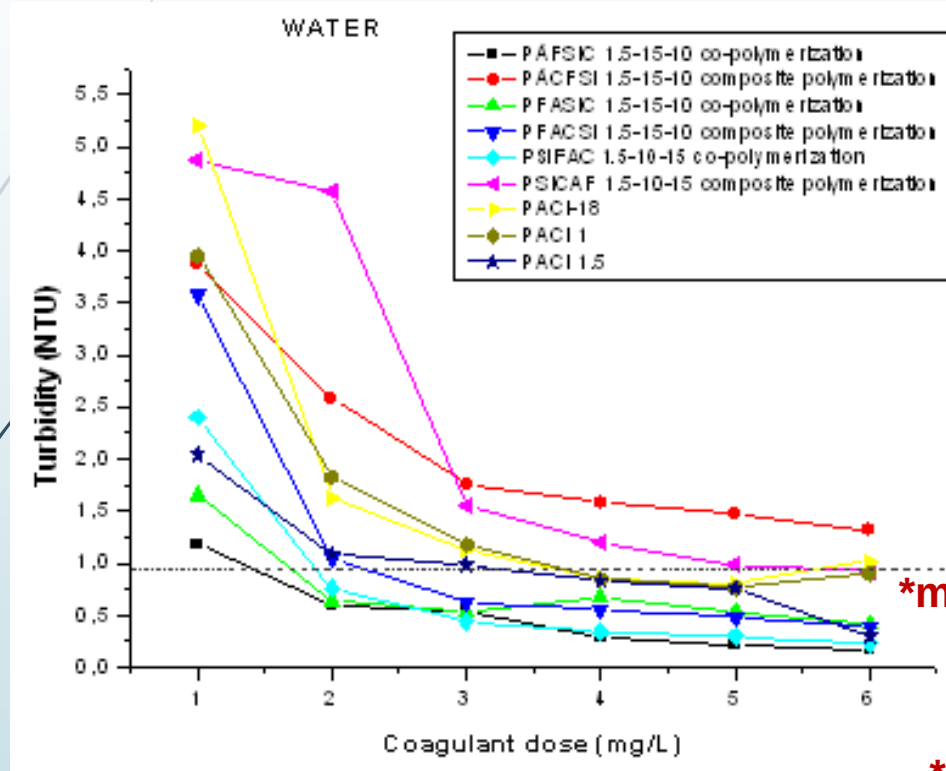
Πειράματα κροκίδωσης σύνθετων κροκιδωτικών για την εύρεση της βέλτιστης σειράς ανάμιξης των συστατικών [Al]/[Fe]/[Si].

Simulated surface water

PSiFAC_{1.5:10:15}

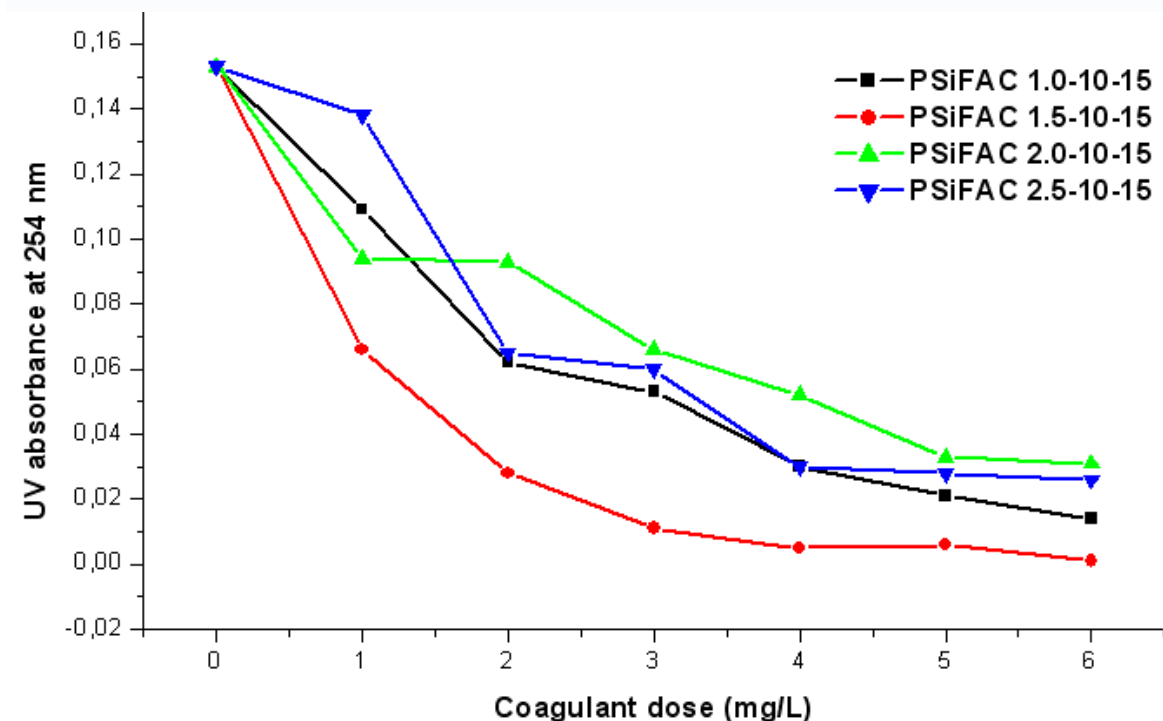
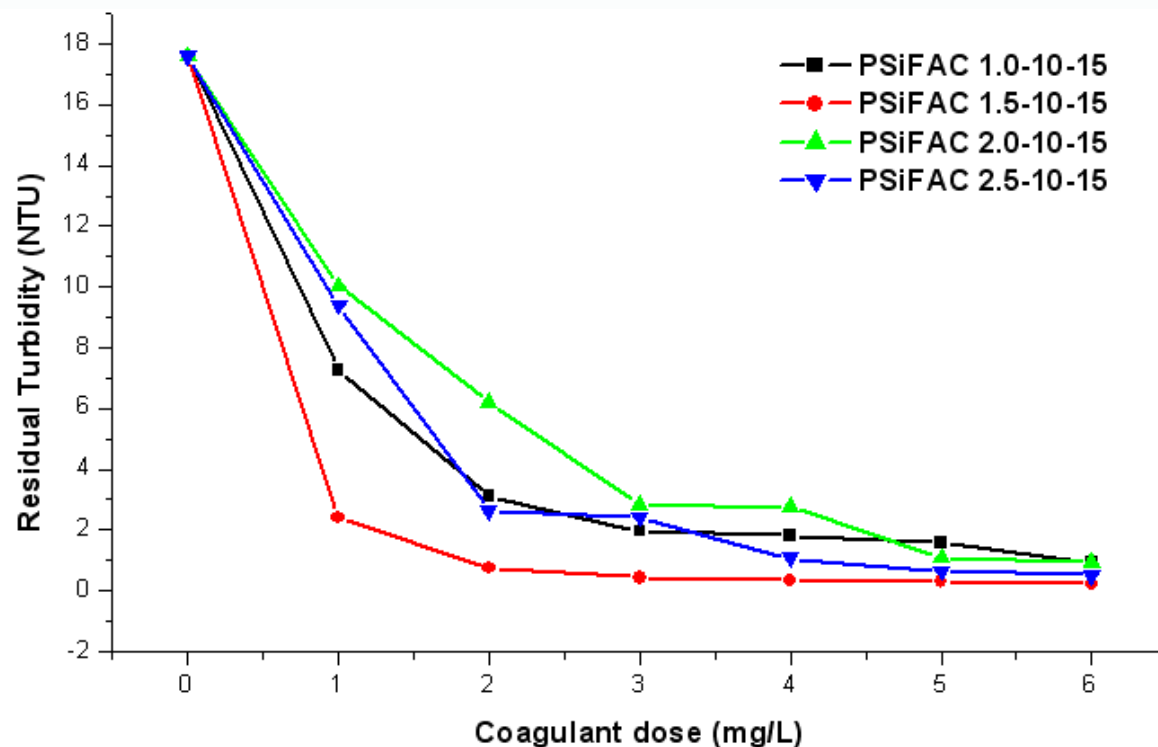


pAF + pSi



Type of sample to be treated	Turbidity (NTU)	Absorbance UV _{254 nm}	pH
Simulated surface water	17.2	0.153	7.0

Πειράματα κροκίδωσης σύνθετων κροκιδωτικών PSiFAC για την εύρεση της βέλτιστης μοριακής αναλογίας συστατικών $[\text{OH}]/[\text{Al}]$.



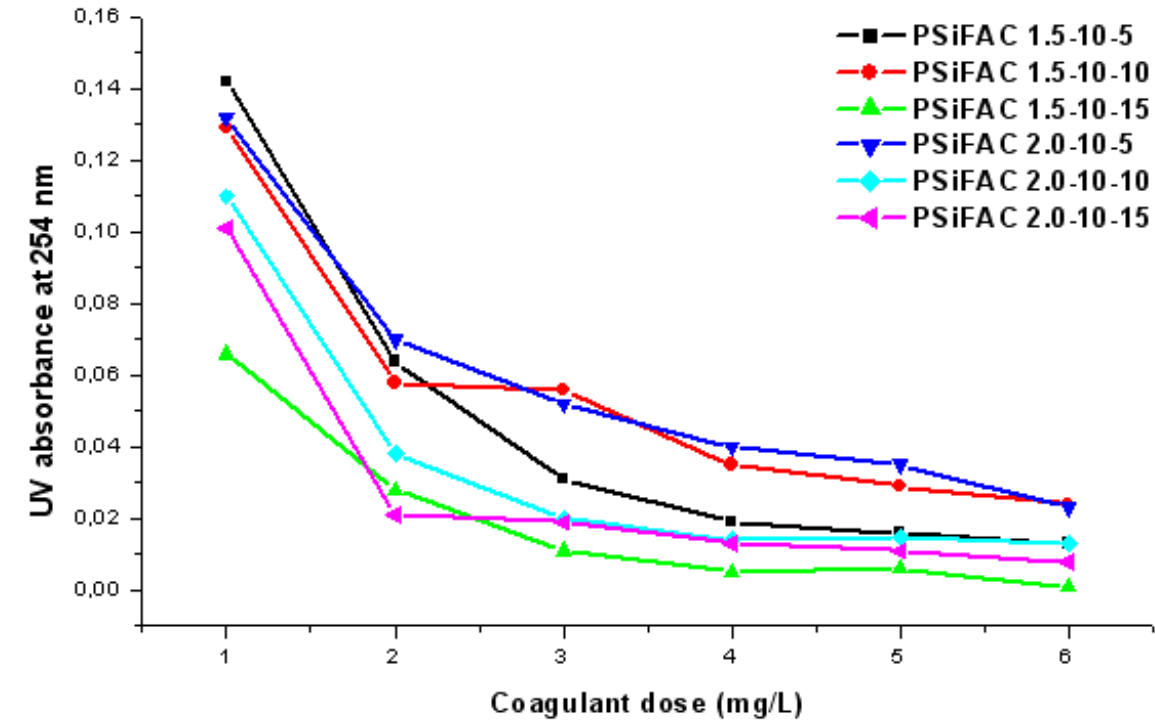
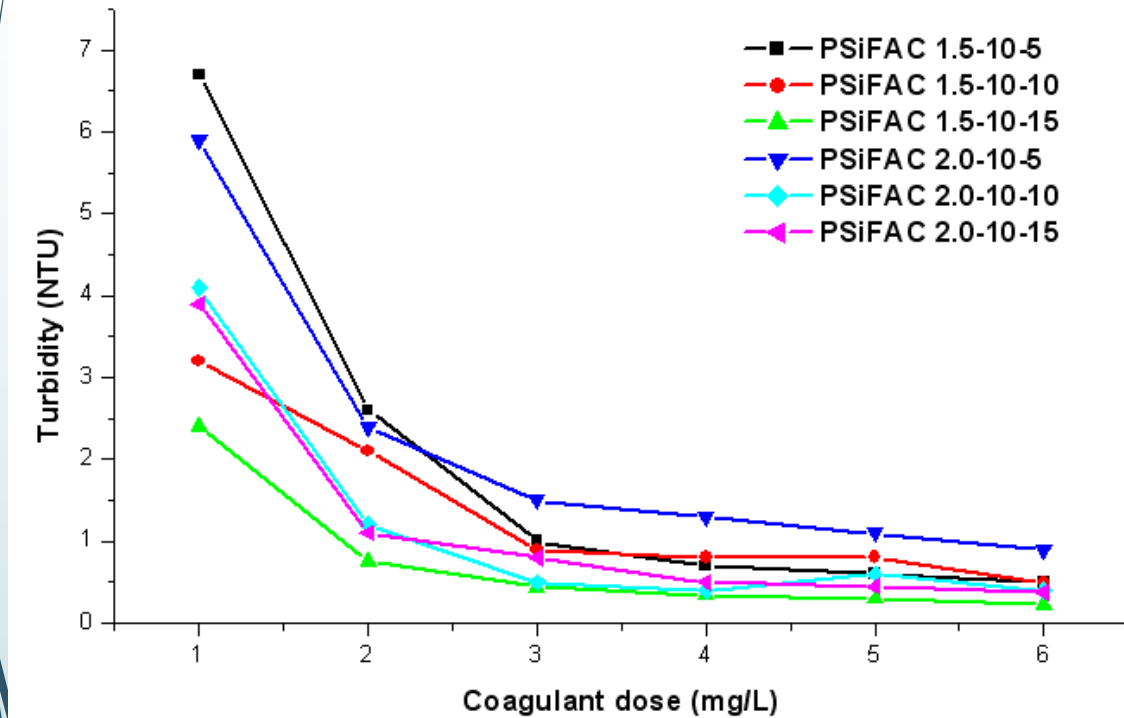
*mg Al/L

Simulated surface water

PSiFAC_{1.5:10:15}

Type of sample to be treated	Turbidity (NTU)	Absorbance UV _{254 nm}	pH
Simulated surface water	17.2	0.153	7.0

Πειράματα κροκίδωσης σύνθετων κροκιδωτικών PSiFAC για την εύρεση της βέλτιστης μοριακής αναλογίας συστατικών, [Al]/[Fe]/[Si].



*mg Al/L

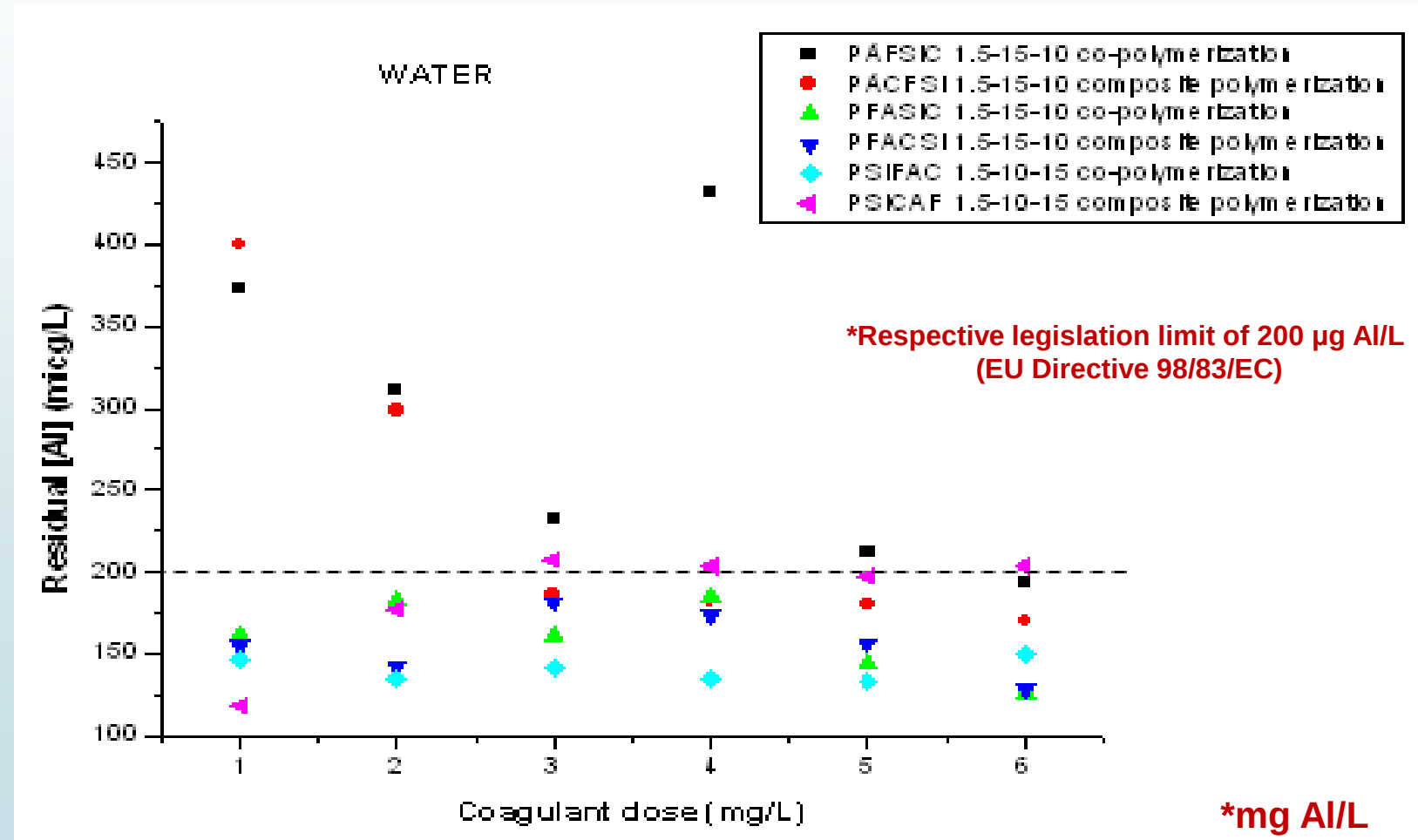
Simulated surface water

PSiFAC_{1.5:10:15}

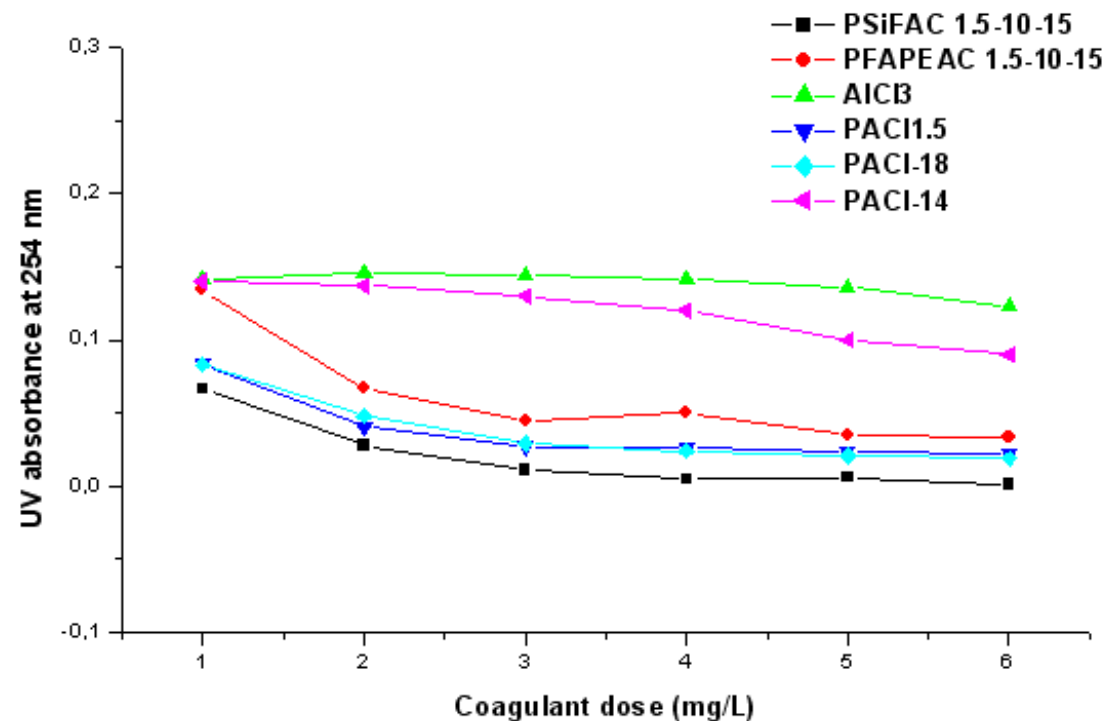
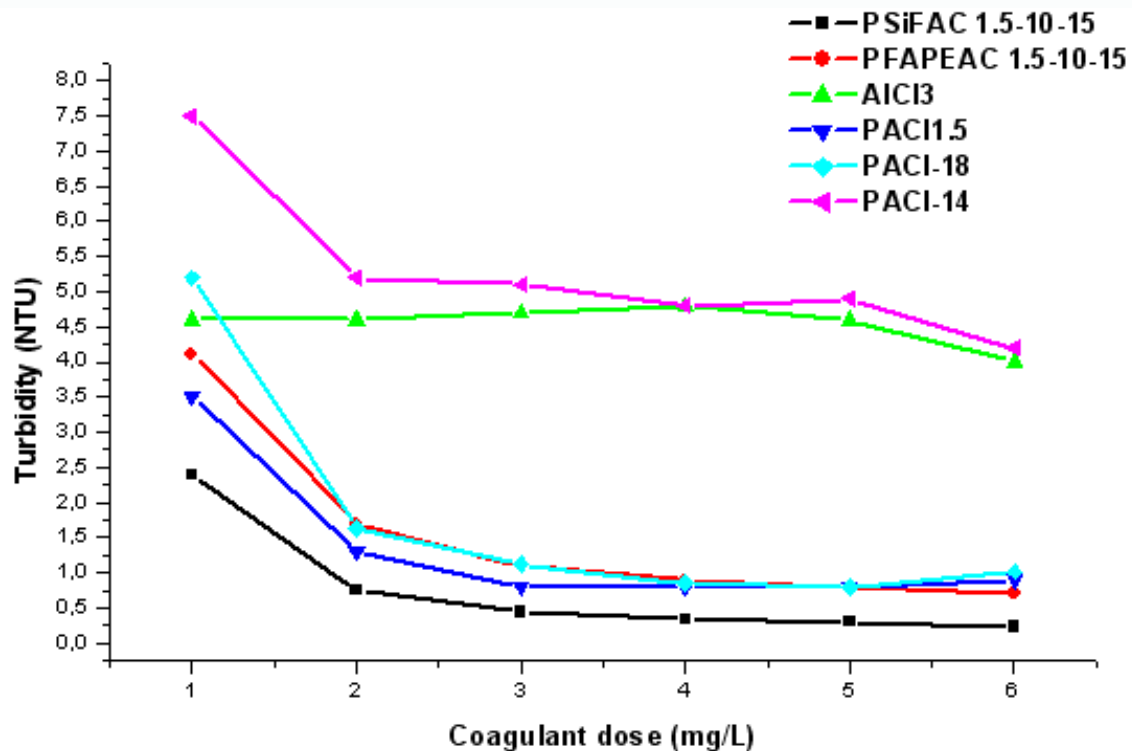
Type of sample to be treated	Turbidity (NTU)	Absorbance UV _{254 nm}	pH
Simulated surface water	17.2	0.153	7.0

Σύγκριση σύνθετων κροκιδωτικών για την Υπολειμματική συγκέντρωση Al

Simulated surface water



Σύγκριση σύνθετων κροκιδωτικών με εμπορικά και εργαστηριακά κροκιδωτικά.

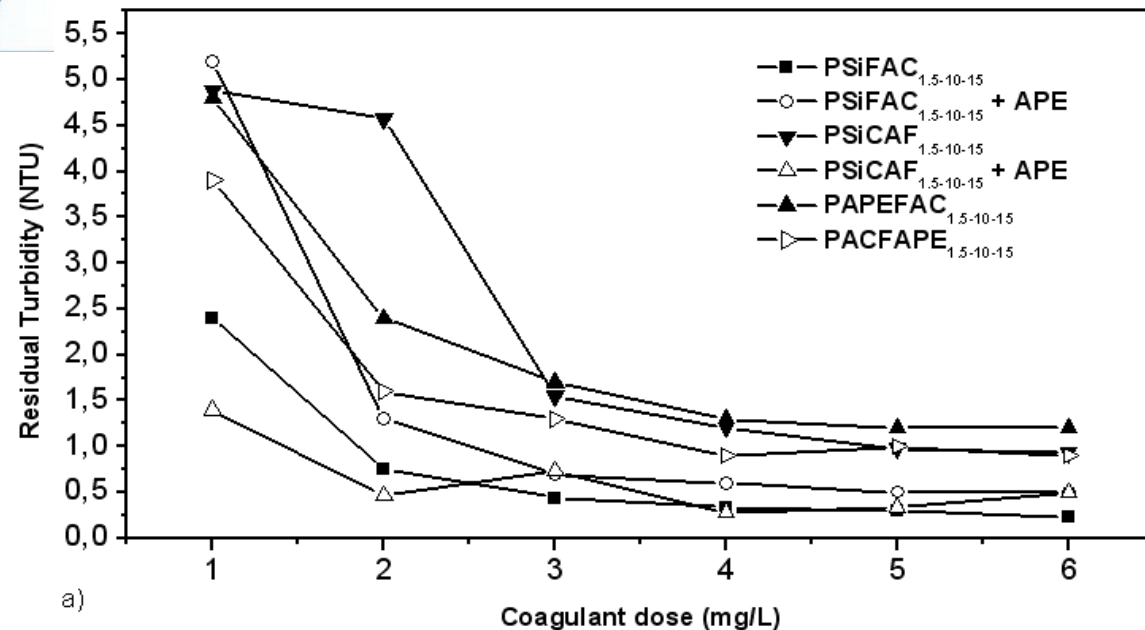


Simulated surface water

***mg Al/L**

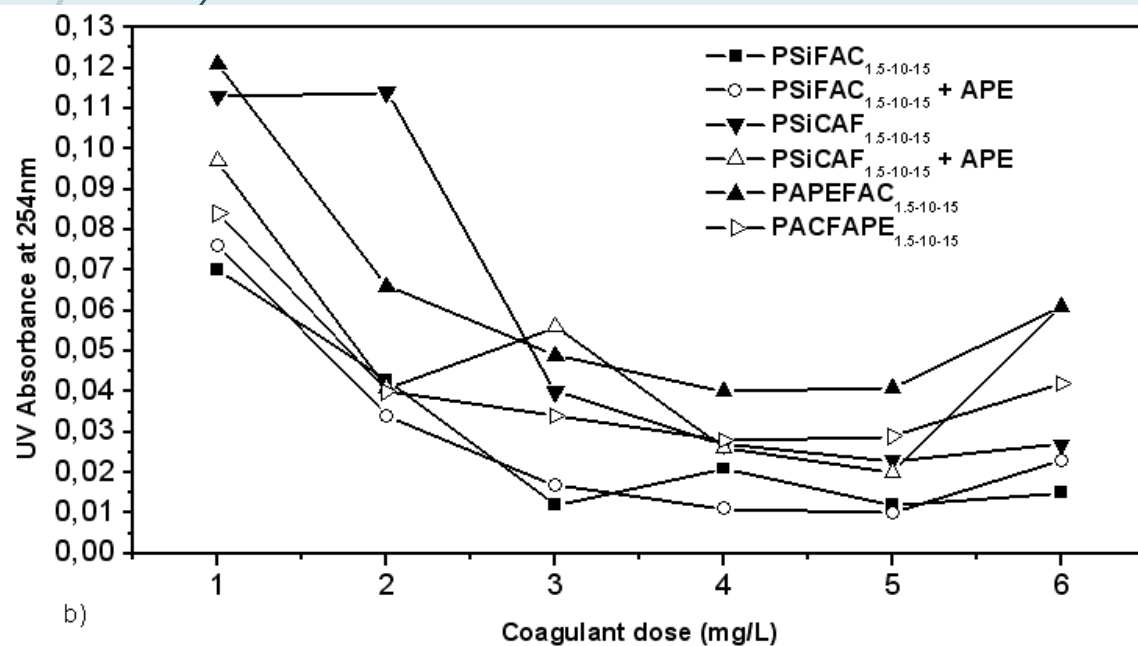
PSiFAC_{1.5:10:15}

Type of sample to be treated	Turbidity (NTU)	Absorbance UV _{254 nm}	pH
Simulated surface water	17.2	0.153	7.0

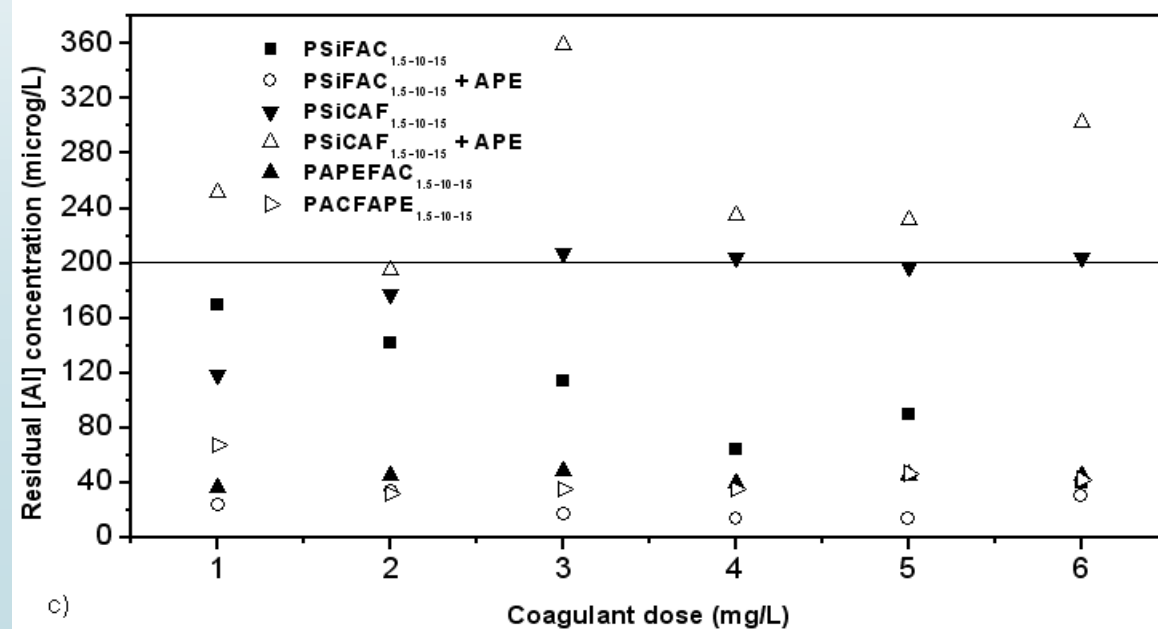


Simulated surface water

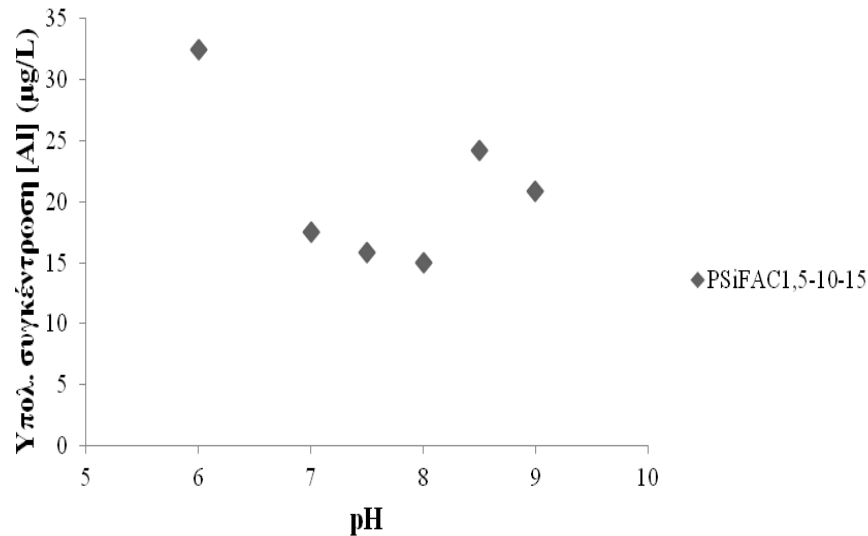
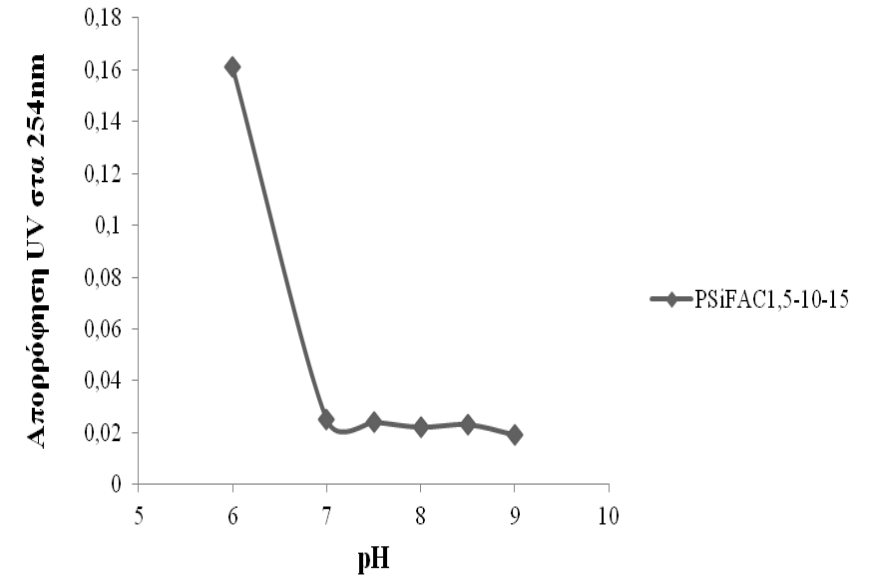
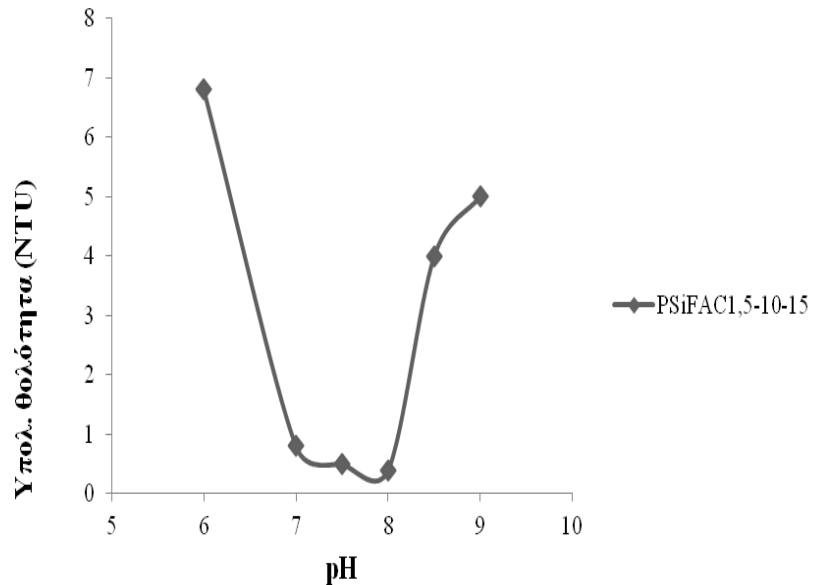
Το PSiFAC_{1.5:10:15}, παρασκευασμένο με την τεχνική του συμπολιμερισμού, είτε χωρίς είτε με την προσθήκη ενισχυτικού (πολυηλεκτρολύτη), είναι το πιο αποτελεσματικό



*mg Al/L



Simulated surface water

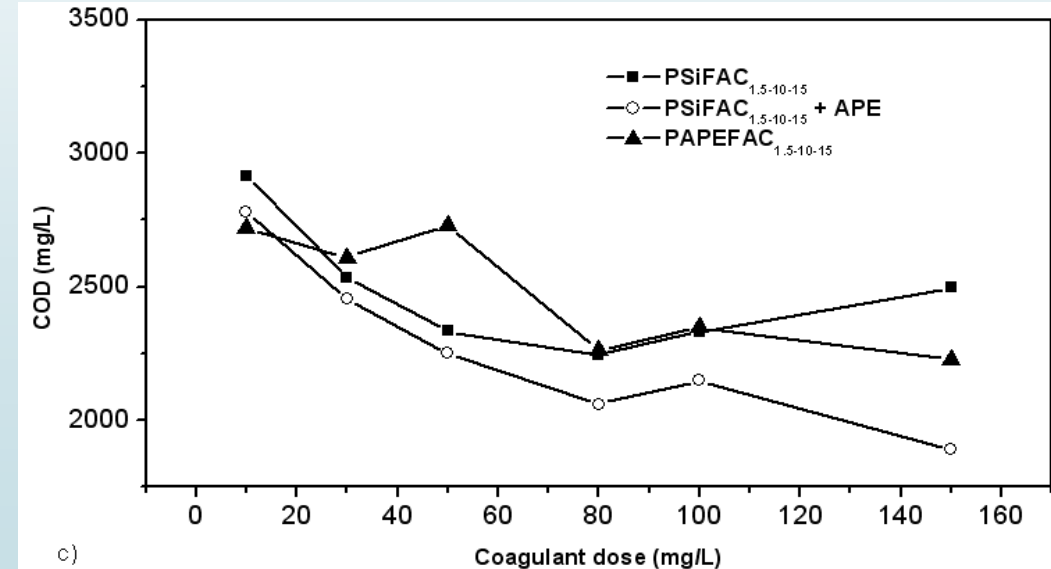
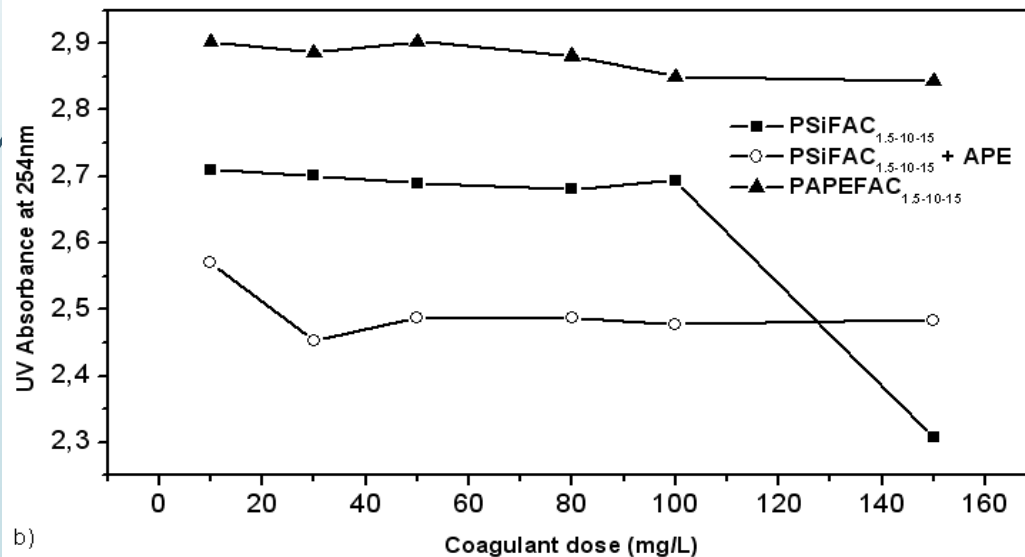
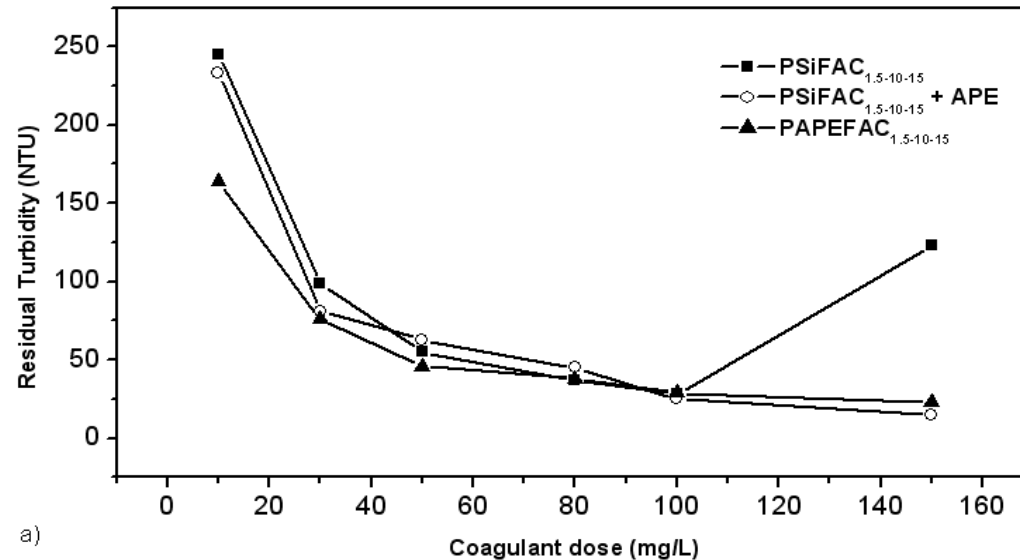


*mg Al/L

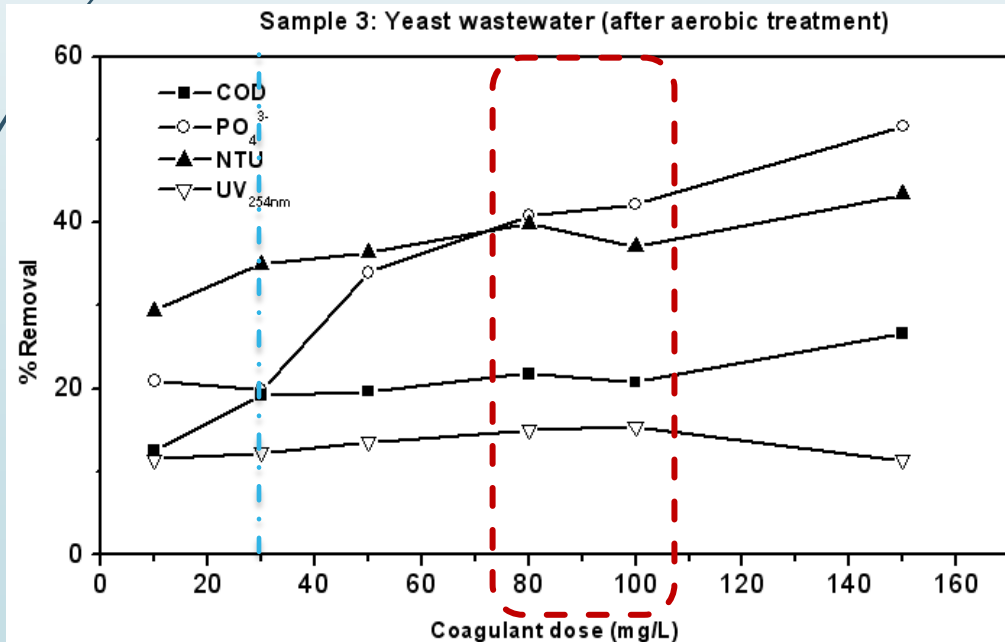
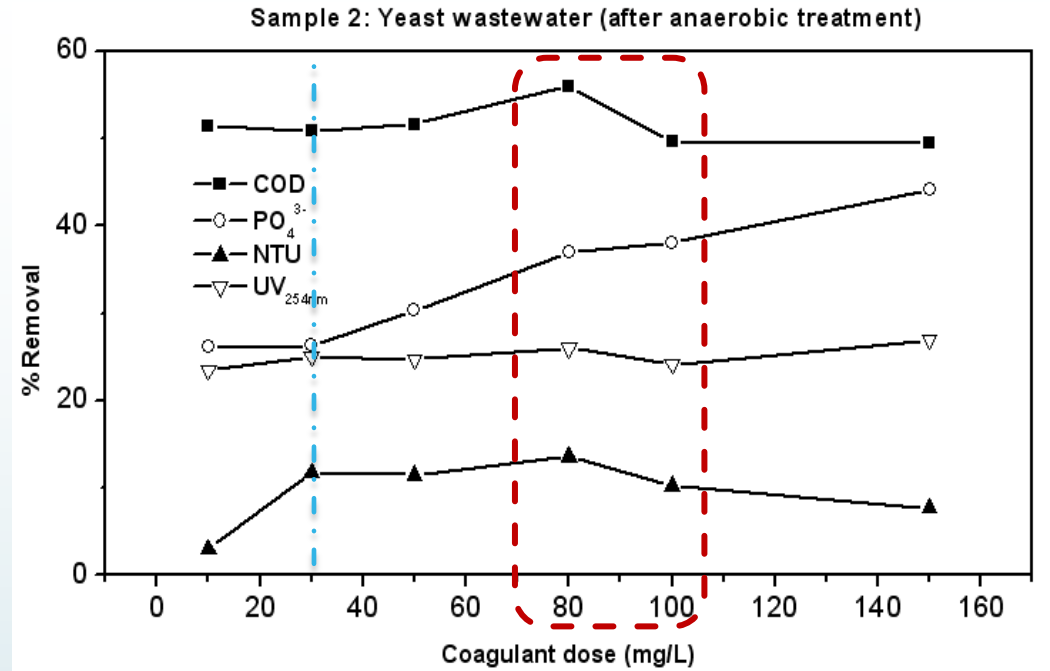
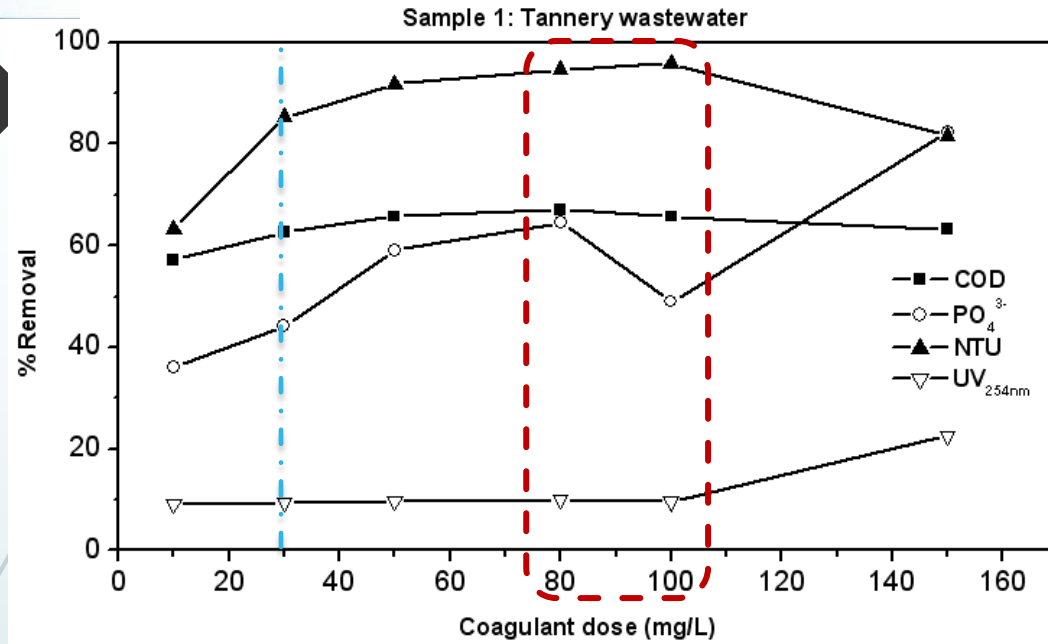
Η αποτελεσματικότητα του
σύνθετου κροκιδωτικού
μελετήθηκε στις τιμές **pH 6, 7, 7.5,
8, 8.5 και 9** (σύνηθες εύρος pH
φυσικών νερών).
Αυτό που επιλέχθηκε είναι το
PSiFAC_{1,5-10-15}, στη βέλτιστη
συγκέντρωση των **3 mg/L** και **pH
7.5**.

Tannery Wastewater

Η προσθήκη του πολυηλεκτρολύτη ως ενισχυτικό αντιδραστήριο, αυξάνει την αποτελεσματικότητα της κροκίδωσης σε σχέση με την προσθήκη του στην δομή του.



*mg Al/L

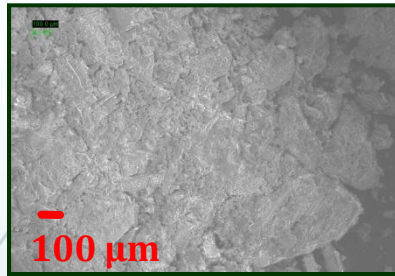


Turbidity (NTU)	Absorbance UV _{254 nm}	COD (mg/L)	Phosphates (mg/L)
668	2.981	6800	1.76
418	3.748	11455	3.49
143	3.307	4590	2.40

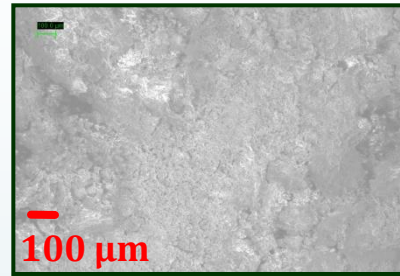
*mg Al/L

PSiFAC_{1.5:10:15}

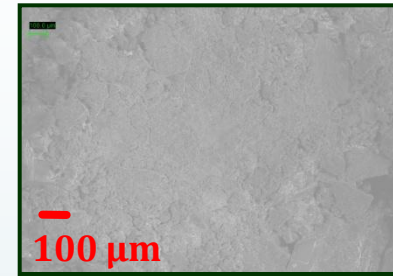
Ηλεκτρονική μικροσκοπία σαρωτικής δέσμης - SEM



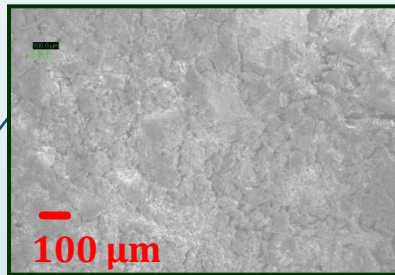
PAFSiC_{1.5:15:10}



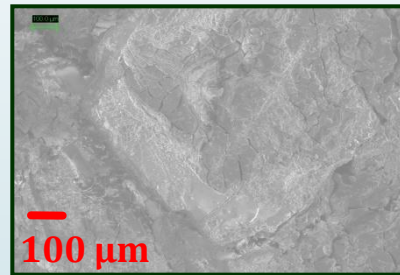
PACFSi_{1.5:15:10}



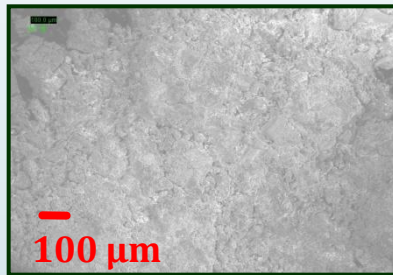
PFASiC_{1.5:15:10}



PFACSi_{1.5:15:10}



PSiFAC_{1.5:10:15}



PSiCAF_{1.5:10:15}

Η τοπική χημική ανάλυση των κρυστάλλων με **SEM/EDS** έδειξε την παρουσία **Na, O, Cl, Al, Fe, Si** γεγονός που οφείλεται προφανώς στην επίδραση του υποβάθρου πάνω στο οποίο αναπτύχθηκαν οι κρύσταλλοι

Άμορφη στερεά επιφάνεια πάνω στην οποία έχουν αναπτυχθεί κρύσταλλοι κυβικού σχήματος πιθανότατα NaCl

❖ Υπάρχουν, μεταξύ άλλων, έντονες κορυφές στα $1098\text{--}1100$ και $831\text{--}833\text{ cm}^{-1}$ που αποδίδονται στις δονήσεις τάσης και κάμψης των δεσμών Fe-OH-Fe και Al-OH-Al αντίστοιχα, υποδεικνύοντας την ύπαρξη πολυμερισμού στα αντιδραστήρια



$3000\text{--}3500\text{ cm}^{-1}$

1610 cm^{-1}

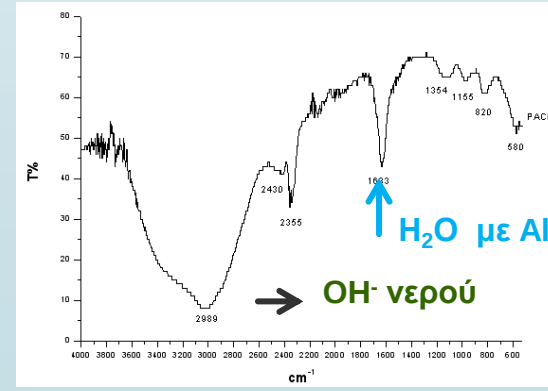
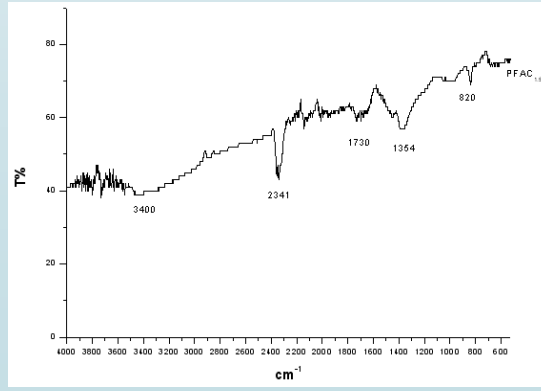
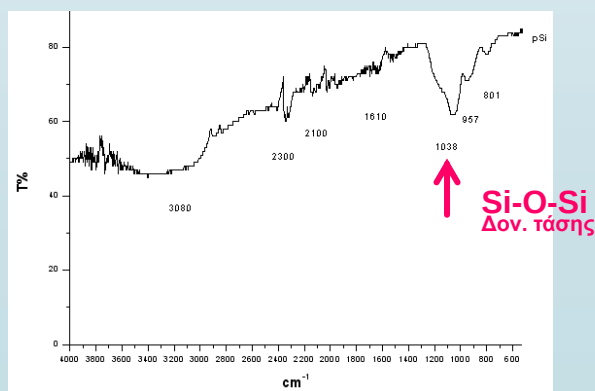
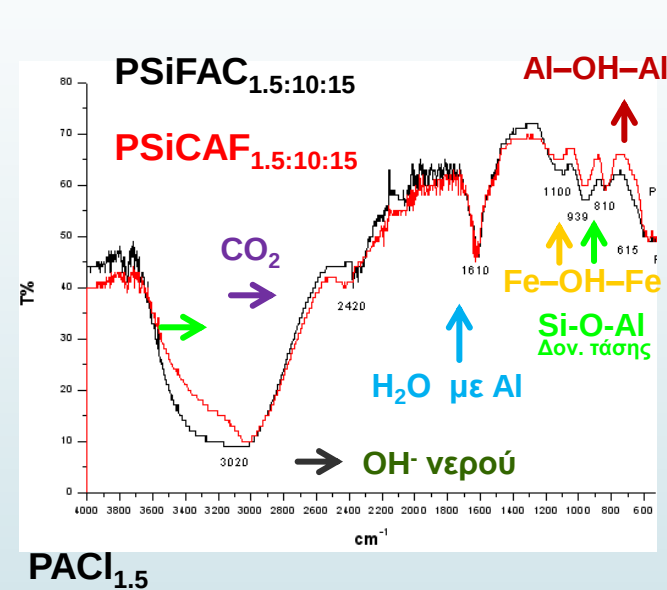
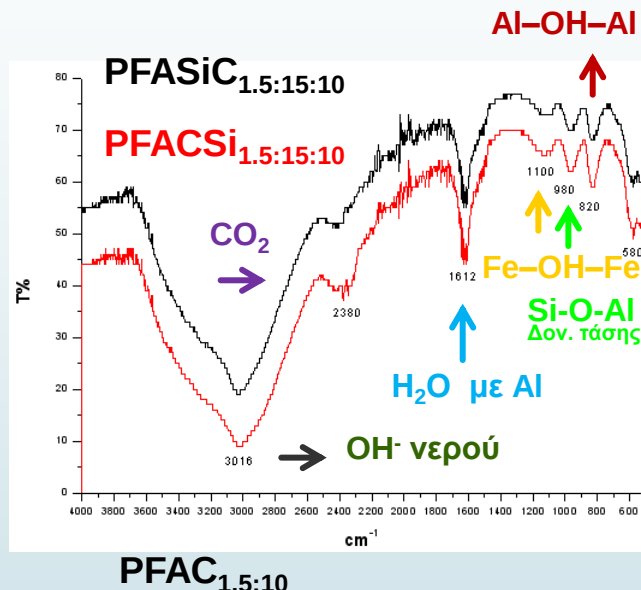
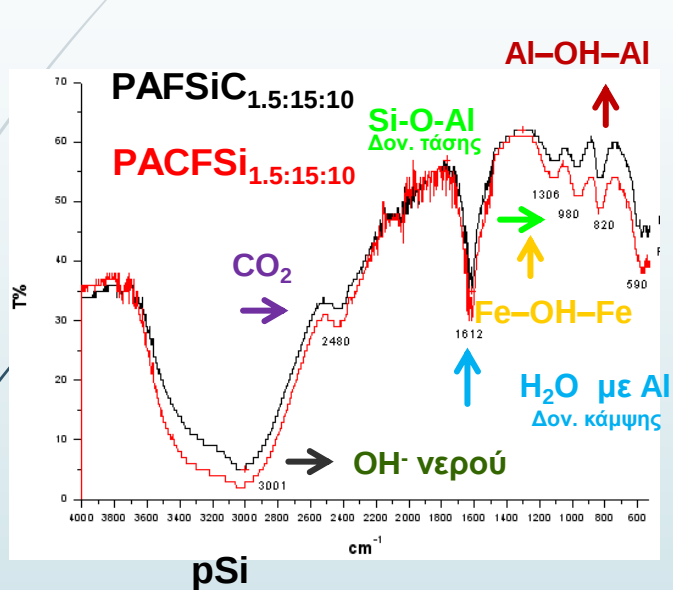
$2380\text{--}2480\text{ cm}^{-1}$

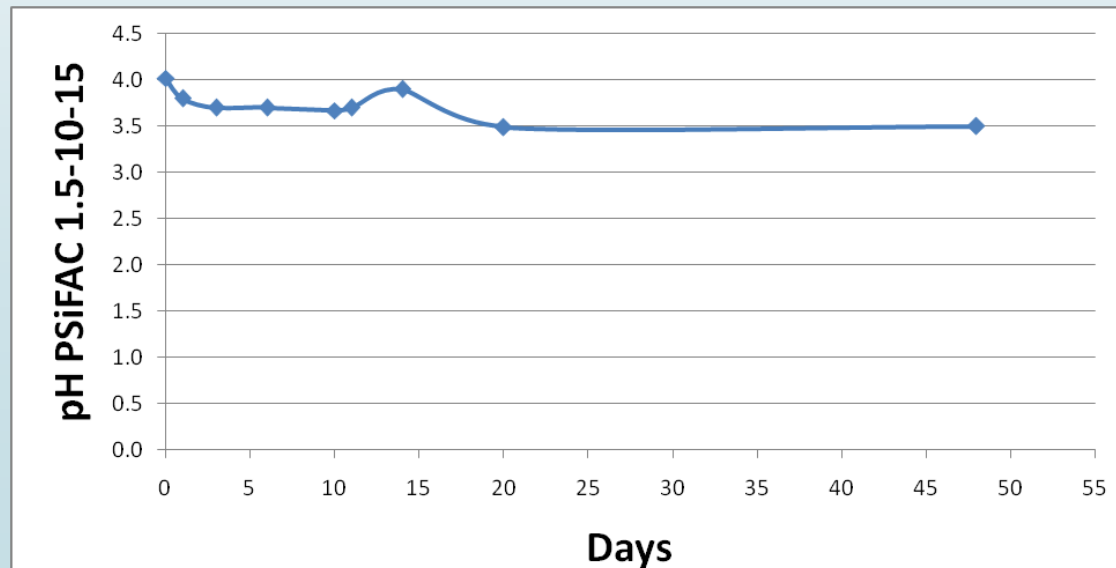
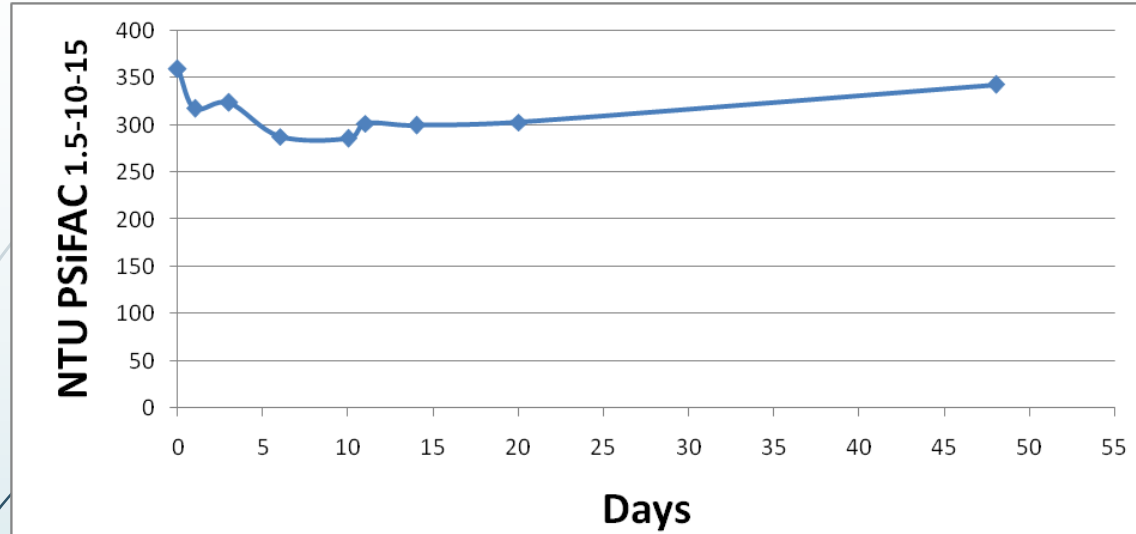
1038 cm^{-1}

980 cm^{-1}

$1098\text{--}1100\text{ cm}^{-1}$

$831\text{--}833\text{ cm}^{-1}$



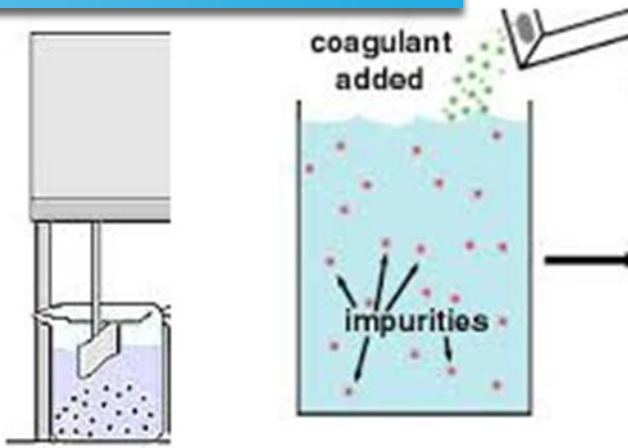


Σταθερότητα
σύνθετων
κροκιδωτικών
τύπου poly-
aluminum ferric
silicate chloride

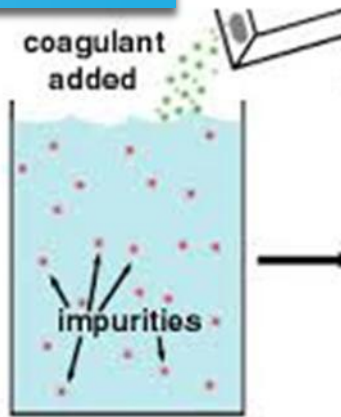
PSiFAC 0.5%Al -> basicity 66%

Time to filter (TTF) test method (APHA 1992)

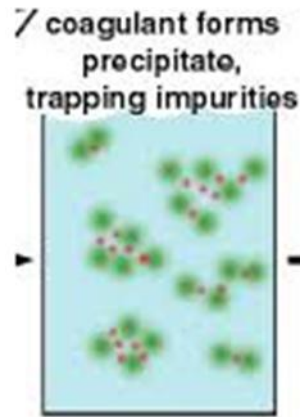
Organic/
Inorganic



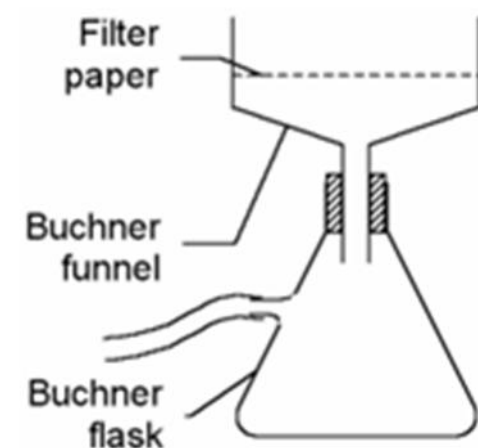
Μηχανική
ανάδευση



2 min 200 rpm



20 min 45 rpm

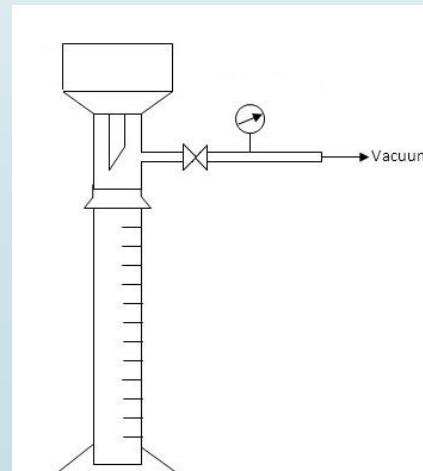


Filterability test

$$\Delta P = 510 \text{ mbar}$$

$$V_{filt} = 100 \text{ mL}$$

$$\beta = \frac{TTF_{coagulant}}{TTF_{no\ coagulant}}$$

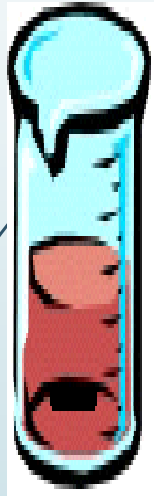


Phenol-Sulfuric Acid Method

(Dubois Method) Colorimetric method for the determination of carbohydrate at UV 490 nm

Phenol

H₂SO₄

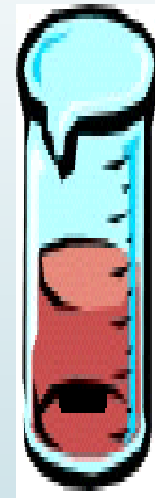


Stay for 10 min

Vortex 30 s

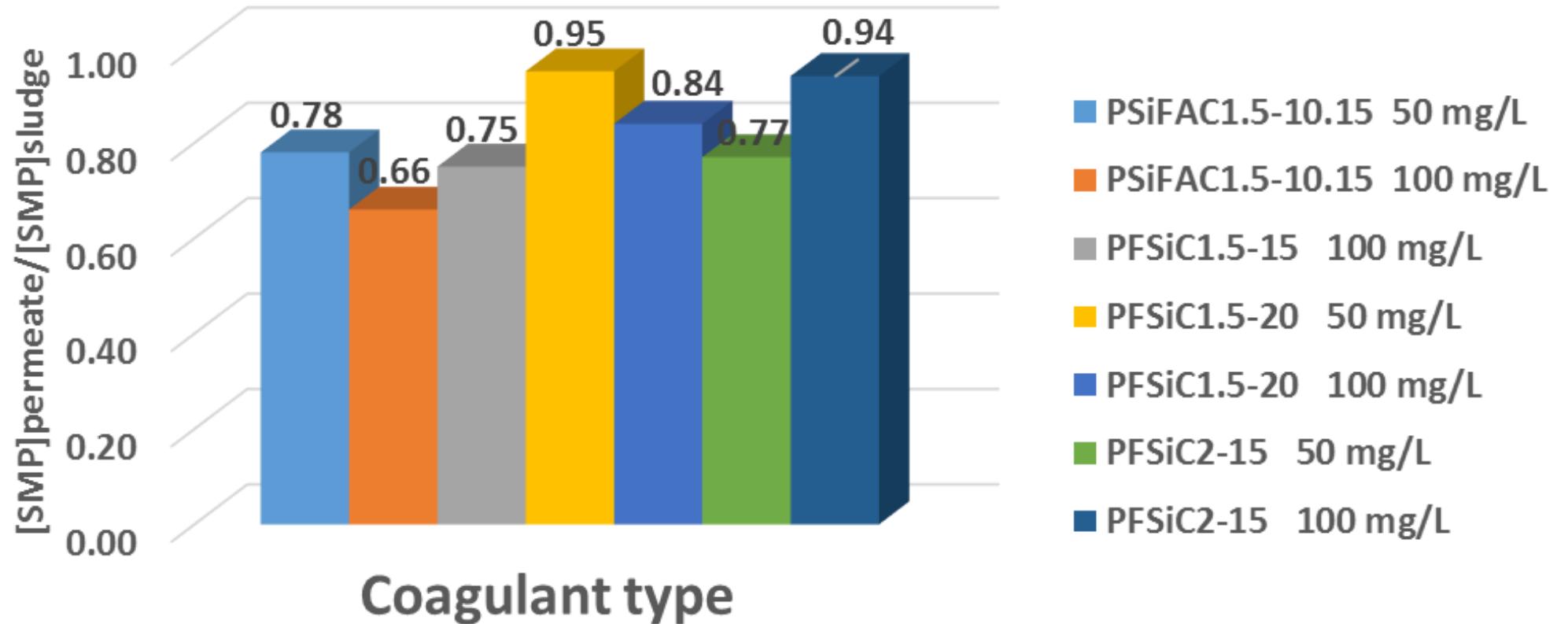


Stay for ≥30 min



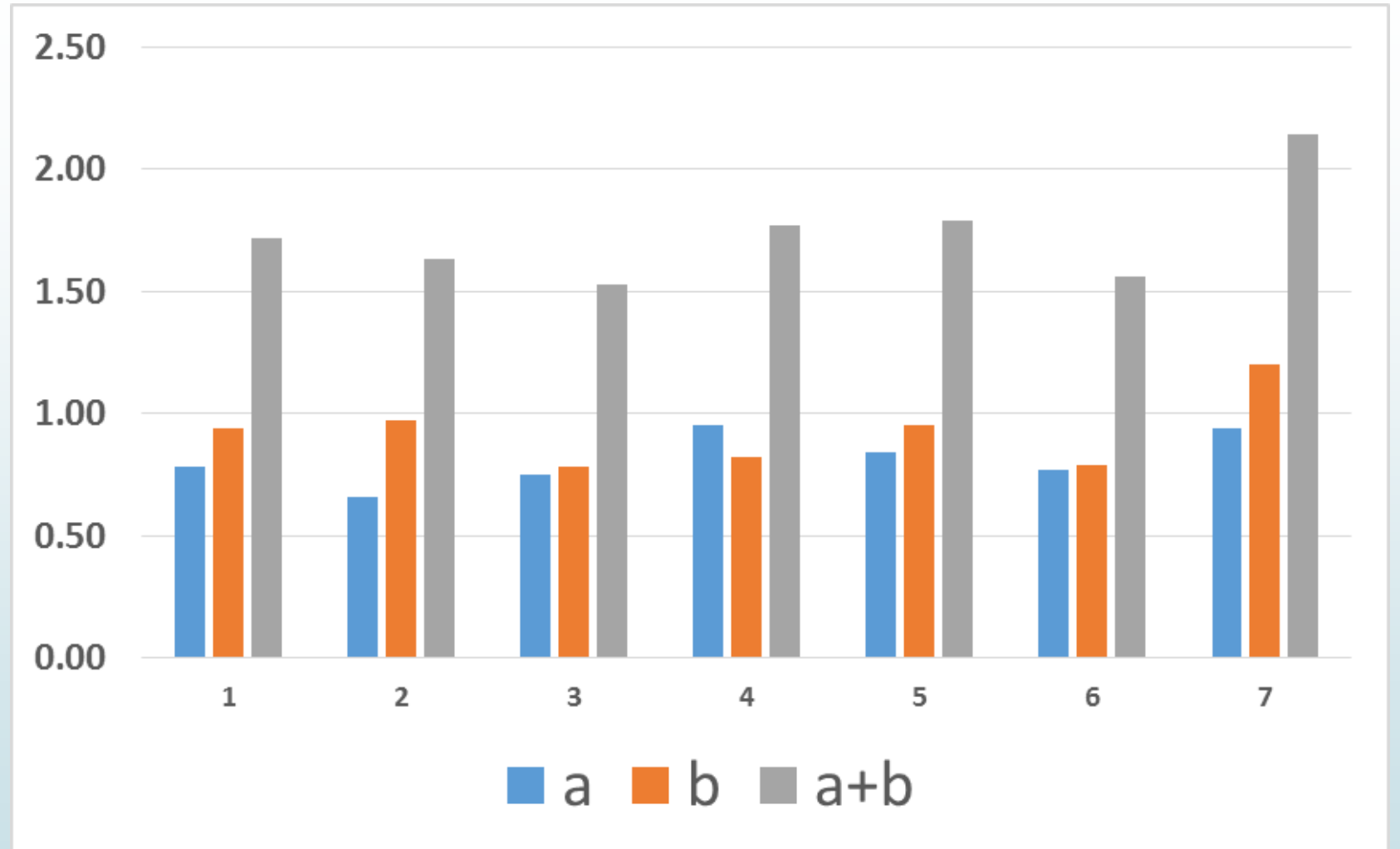
UV 490 nm

SMP (Soluble microbial product)



$$a = \frac{SMP_{permeate}}{SMP_{sludge}}$$

1	PSiFAC1.5-10.15 50 mg/L
2	PSiFAC1.5-10.15 100 mg/L
3	PFSiC1.5-15 100 mg/L
4	PFSiC1.5-20 50 mg/L
5	PFSiC1.5-20 100 mg/L
6	PFSiC2-15 50 mg/L
7	PFSiC2-15 100 mg/L



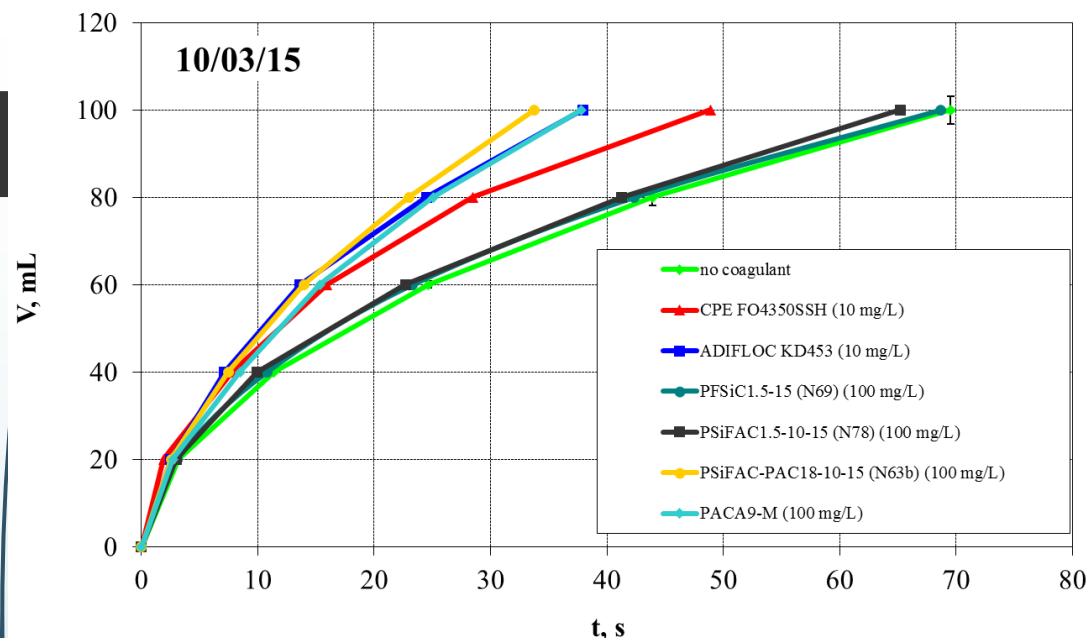
$$\alpha = \frac{SMP_{permeate}}{SMP_{sludge}}$$

$$+ \quad \beta = \frac{TTF_{coagulant}}{TTF_{no\ coagulant}}$$

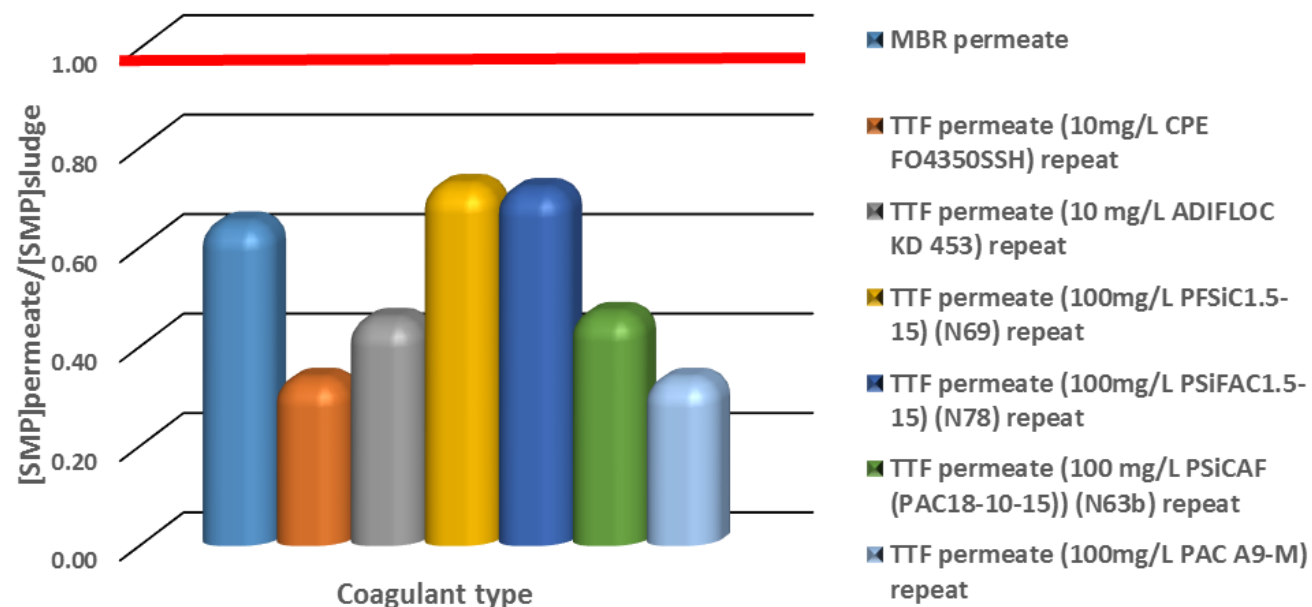
$$\alpha + \beta$$



Membrane fouling mitigation



10-03-2015



Επιπλέον, τα κροκιδωτικά που φαίνεται να επιδεικνύουν ταυτόχρονα ικανοποιητικά αποτελέσματα και στα filterability test και στα SEPs είναι τα εξής:

- 10 mg/L CPE FO4350SSH (κατιονικός πολυηλεκτρολύτης)
- 10 mg/L ADIFLOC KD 453 (κατιονικός πολυηλεκτρολύτης)
- 100mg/L PFSiC_{1.5-15} (προ-πολυμερισμένο ανόργανο αντιδραστήριο κροκίδωσης με βάση το Σίδηρο)

- ❖ Η εισαγωγή των αλάτων σιδήρου και του πολυπυριτικού οξέως στη δομή του χλωριούχου πολυαργιλίου, επηρεάζει τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά του
- ❖ Όταν η σειρά ανάμειξης των αντιδραστηρίων είναι Al-Fe-pSi, το ποσοστό των πολυμερών μορφών του αργιλίου (Al_b), αυξάνεται (μέθοδος Ferron)
- ❖ FT-IR: παρόμοιες απορροφήσεις ανεξάρτητα από την σειρά ανάμειξης των συστατικών στα σύνθετα κροκιδωτικά και ανεξάρτητα από την εφαρμοζόμενη τεχνική πολυμερισμού
- ❖ Υπάρχουν, μεταξύ άλλων, έντονες κορυφές στα $1098-1100$ και $831-833\text{ cm}^{-1}$ που αποδίδονται στις δονήσεις τάσης και κάμψης των δεσμών Fe-OH-Fe και Al-OH-Al αντίστοιχα, υποδεικνύοντας την ύπαρξη πολυμερισμού στα αντιδραστήρια
- ❖ SEM: άμορφες δομές στην επιφάνεια όλων των σύνθετων κροκιδωτικών, καθώς επίσης και προσκολλημένοι κρύσταλλοι κυβικού σχήματος πιθανότατα NaCl
- ❖ PSiFAC_{1.5:10:15} : εφαρμόστηκε για την επεξεργασία δείγματος βυρσοδεψικού αποβλήτου. Η προσθήκη ποσότητας ίση με 30 mg/L , είναι ικανή να μειώσει σε υψηλά ποσοστά την απομάκρυνση του COD (65%), της θολότητας (85%) και των ορθοφωσφορικών (45%)
- ❖ Η προσθήκη κροκιδωτικού ενισχύει την διηθησιμότητα της λάσπης και μειώνει την συγκέντρωση των SMP στο διήθημα, όπως προκύπτει από τα προκαταρκτικά filterability tests
- ❖ Συγκεκριμένα, επιλέγονται δύο τύποι κροκιδωτικών για να μελετηθούν περεταίρω στο σύστημα MBR και σε σύγκριση με τα συμβατικά και εμπορικά διαθέσιμα: **PSiFAC_{1.5-10.15}** και **PFSiC_{1.5-15}**

Συμμετοχή σε Συνέδρια



Tinos Island, 19 September, 2013

IWACST 2013

International Workshop on Advances in Coagulation Science and Technology

Beijing -China, 22-27 September, 2013



2nd IWA Specialized International Conference "Eco-technologies for Wastewater Treatment (EcoSTP2014)"

Verona, Italy, 23-25 June 2014



4th International Conference "Ecology of Urban Areas, 2014"

09 – 10 October 2014, Zrenjanin – Serbia

4th International Conference on Small and Decentralized Water and Wastewater Treatment Plants, Volos, 25-27 October, 2013



MBR for the Next Generation - III



International Workshop, Istanbul, December 17-18, 2013



5^ο Περιβαλλοντικό Συνέδριο Μακεδονίας

Θεσσαλονίκη, 14-16 Μαρτίου, 2014



International Congress "Green Infrastructure and Sustainable Societies/Cities"

08-10 May 2014, Izmir-TURKEY



12th International Conference on Protection and Restoration of the Environment

Skiathos island, Greece, June 29 - July 3, 2014

Δημοσίευση σε επιστημονικό περιοδικό

Tolkou A., Zouboulis A., "Synthesis and coagulation performance of composite poly-aluminum-ferric-silicate-chloride coagulants in water and wastewater", *Desalination and Water Treatment*, 2014, 53(12), p.p 3309-3318,

Ευχαριστίες

Η έρευνα υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανταγωνιστικότητα & Επιχειρηματικότητα» και Περιφερειών σε μετάβαση, ΕΣΠΑ 2007-2013 με τη δράση Εθνικής Εμβέλειας «ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ 2011» και συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Έργο 11ΣΥΝ_8_1084: Νέες διεργασίες για την αντιμετώπιση της ρύπανσης σε βιοαντιδραστήρες μεμβρανών.





Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων, Πολιτισμού και Αθλητισμού
ΓΓΕΤ – ΕΥΔΕ-ΕΤΑΚ

Ε. Π. Ανταγωνιστικότητα και Επιχειρηματικότητα (ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ), ΠΕΠ Μακεδονίας – Θράκης, ΠΕΠ Κρήτης και Νήσων Αιγαίου, ΠΕΠ Θεσσαλίας – Στερεάς Ελλάδας – Ηπείρου, ΠΕΠ Αττικής

Ευχαριστώ για την προσοχή σας

➡ Τόλκου Αθανασία

Υπ. Διδάκτωρ, Τμήμα Χημείας ΑΠΘ

tolkatha@chem.auth.gr



Θεσσαλονίκη, 2 Ιουνίου, 2015