

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

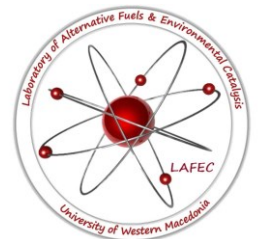
ΧΗΜΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

Επ. Καθηγητής
Χαρισίου Νικόλαος
ncharisiou@uowm.gr

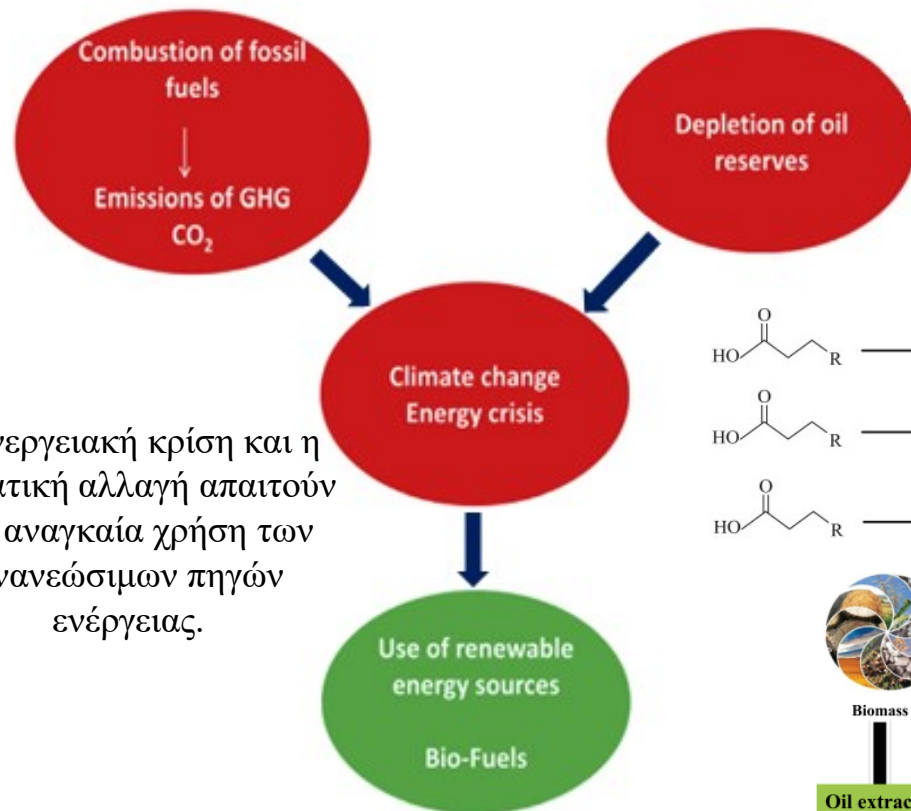
Δρ. Σιακαβέλας Γιώργος
Μεταδιδακτορικός ερευνητικής
giorgosiakavelas@gmail.com



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ



Εισαγωγή

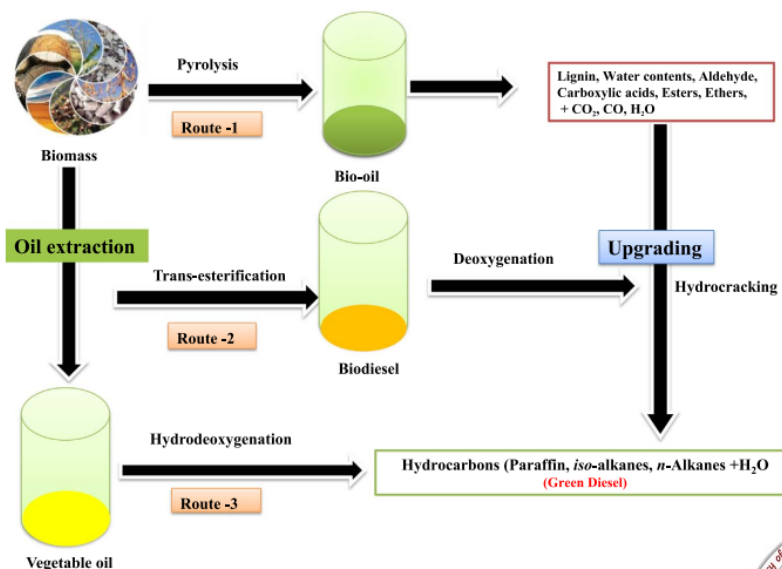
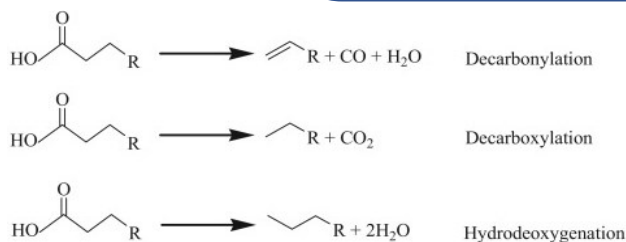


Η ενεργειακή κρίση και η κλιματική αλλαγή απαιτούν την αναγκαία χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

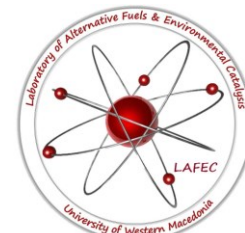
Κύριες αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά την αντίδραση της εκλεκτικής αποξυγόνωσης των τριγλυκεριδίων.

Κύριες καταλυτικές διεργασίες για την αναβάθμιση των φυσικών τριγλυκεριδίων.

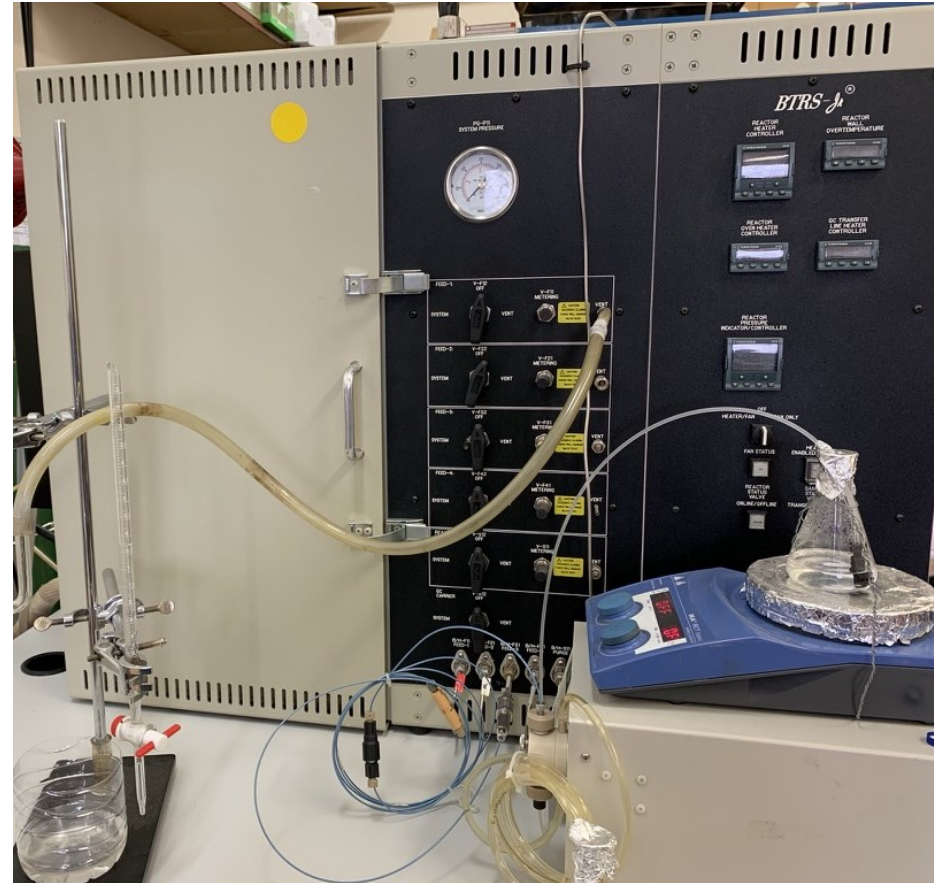
Η πρώτη αντίδραση ονομάζεται αντίδραση αποκαρβοξυλίωσης (deCO_2) όπου η απομάκρυνση του οξυγόνου του τριγλυκεριδίου επιτυγχάνεται υπό μορφή CO_2 . Κατά τη δεύτερη αντίδραση της αποκαρβονυλίωσης (deCO) του τριγλυκεριδίου η απομάκρυνση του οξυγόνου επιτυγχάνεται υπό μορφή CO και νερού. Ενώ, η τρίτη οδός καλείται υδρογονο- αποξυγόνωση (HDO), όπου αυτή την φορά το οξυγόνο του τριγλυκεριδίου απομακρύνεται υπό μορφή νερού.



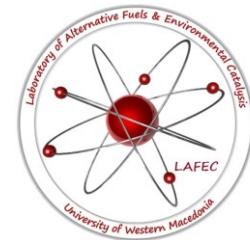
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ



Καταλυτική Μονάδα Παραγωγής Ανανεώσιμου Ντίζελ



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ



Autoclave Engineers BTRS Junior

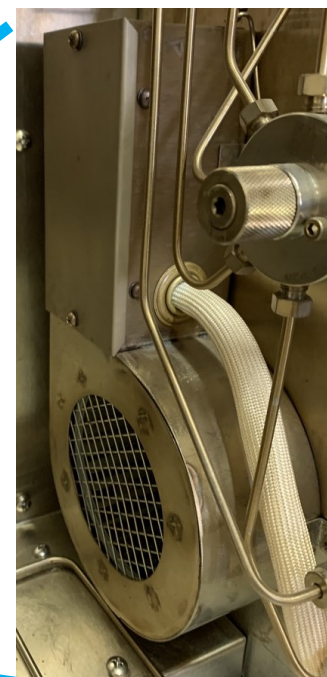
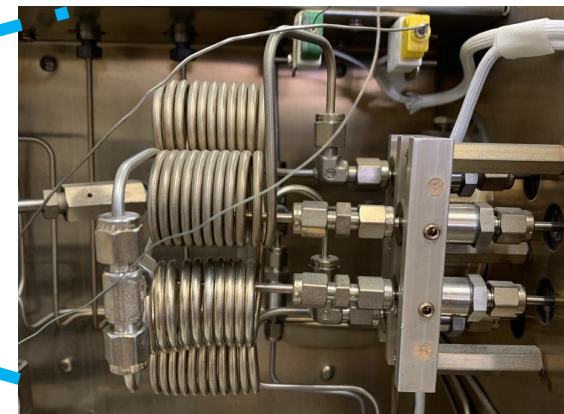
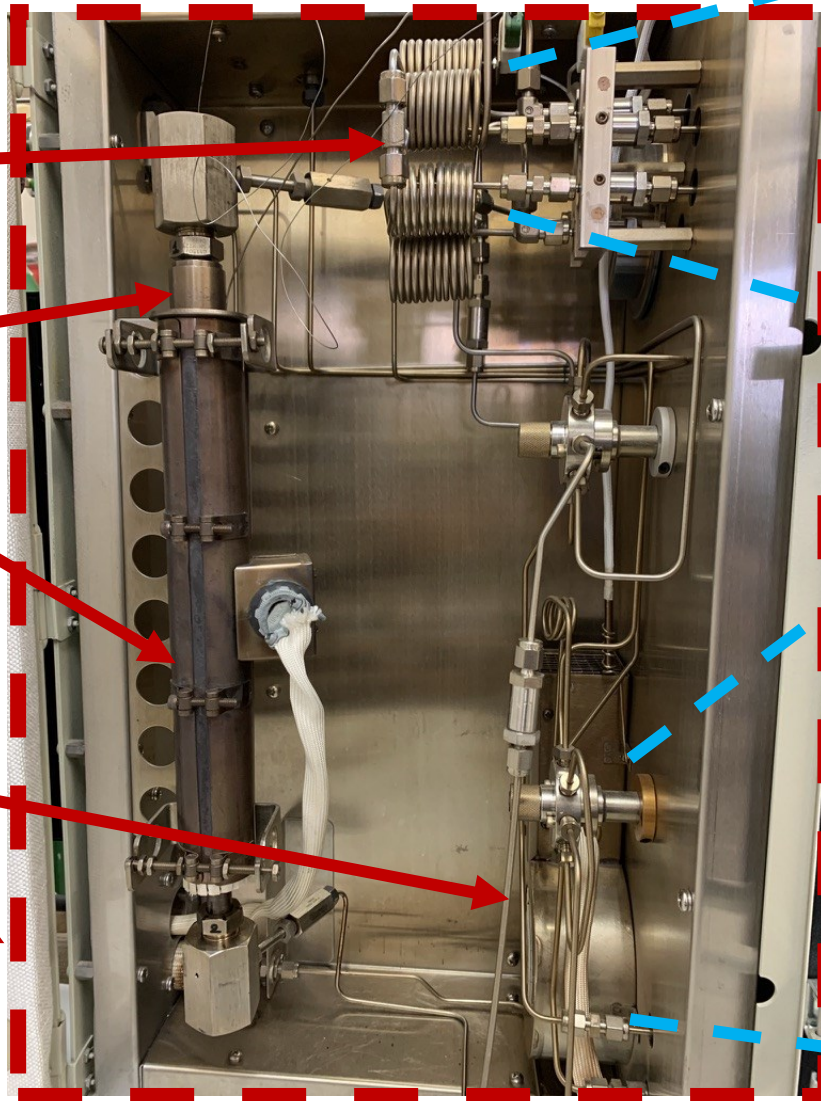
Εισαγωγή

Union tee

Αντιδραστήρας
σταθεροποιημένης κλίνης

Ηλεκτρικός θερμομανδύας
(αντιδραστήρα) υψηλών
θερμοκρασιών ($T=800\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Ηλεκτρικός
φούρνος υψηλών
θερμοκρασιών
($T=250\text{ }^{\circ}\text{C}$)

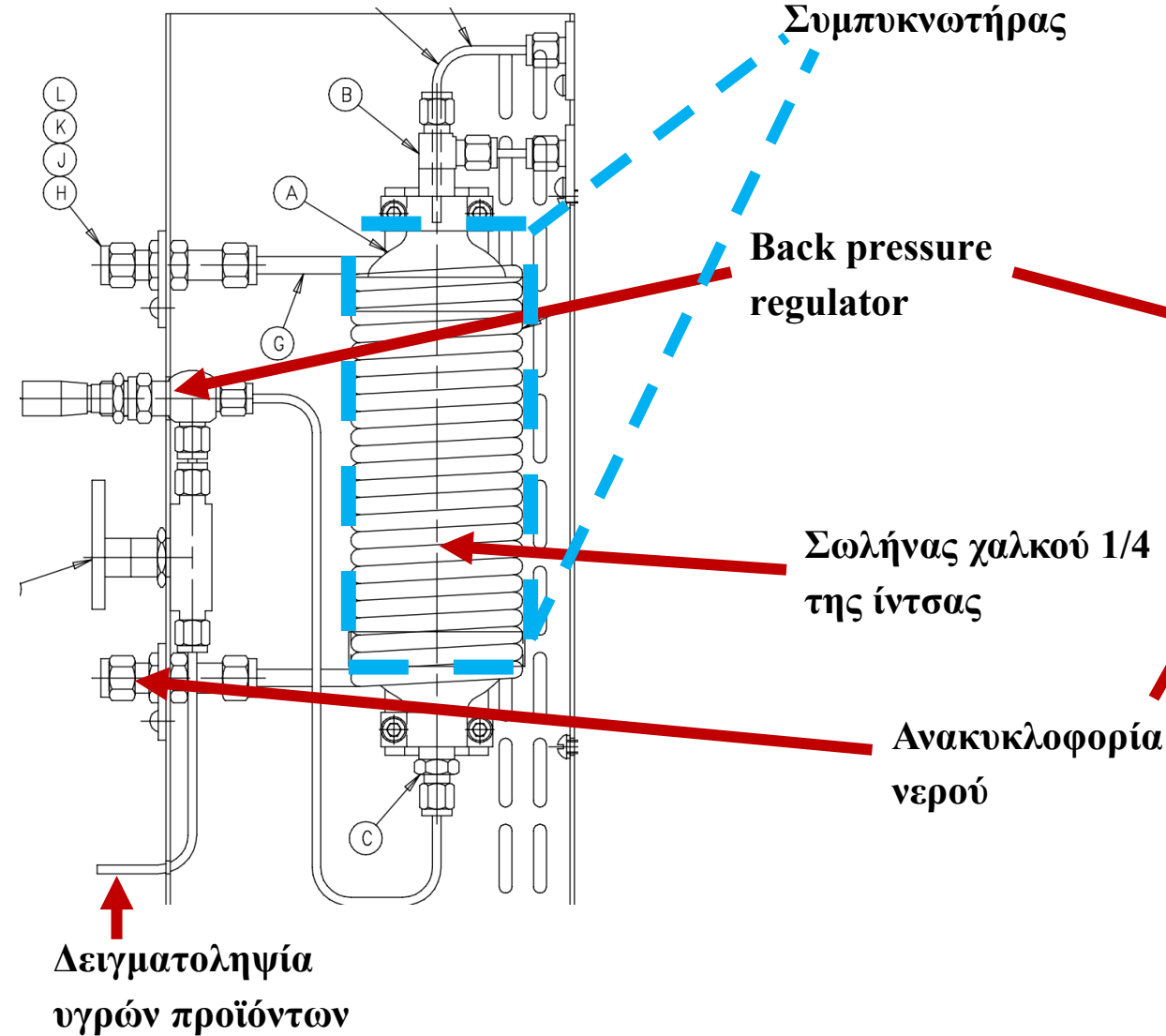


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

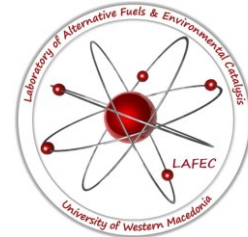


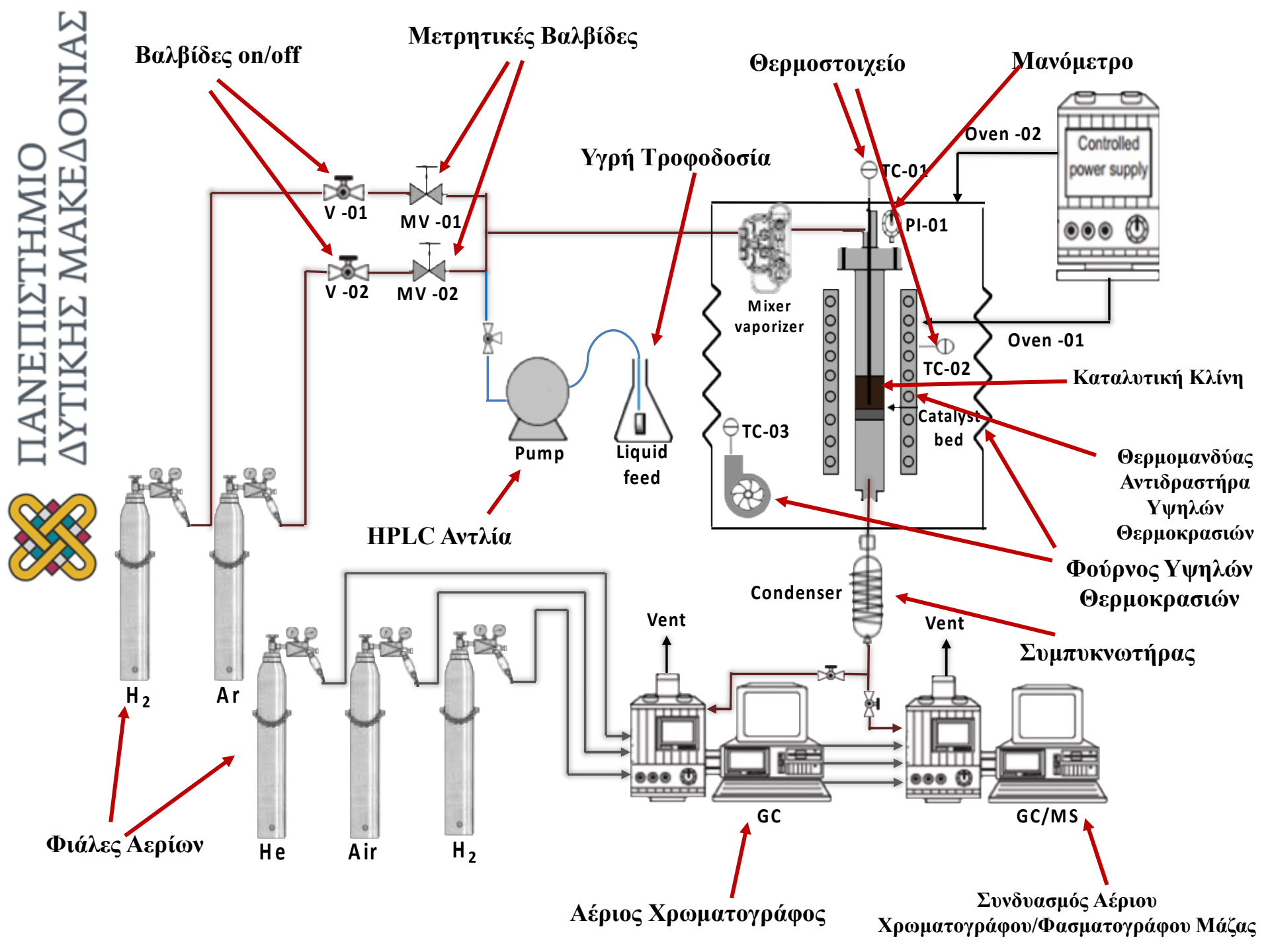
Autoclave Engineers BTRS Junior

Συμπυκνωτήρας



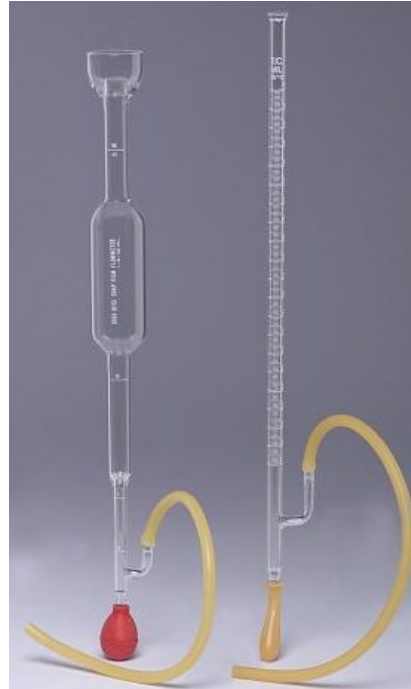
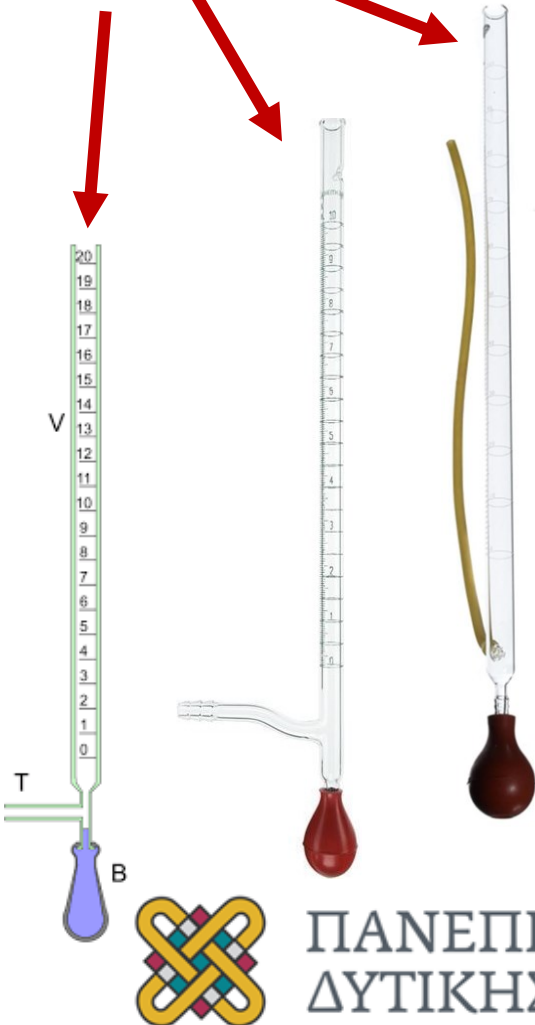
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ





Μέτρηση Αέριων και Υγρών Αντιδρώντων με τη Χρήση Φυσαλιδόμετρου και Προχοΐδας

Έξοδος υγρής
τροφοδοσίας



Προχοΐδα



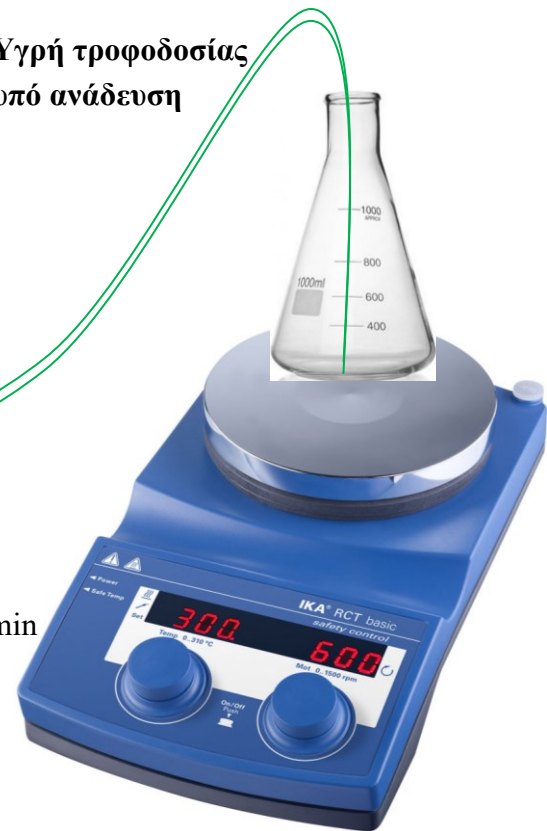
Εισαγωγή Υγρής Τροφοδοσίας με Χρήση Αντλίας Υψηλής Απόδοσης (Series I HPLC Pump)



Εξόδος υγρής
τροφοδοσίας

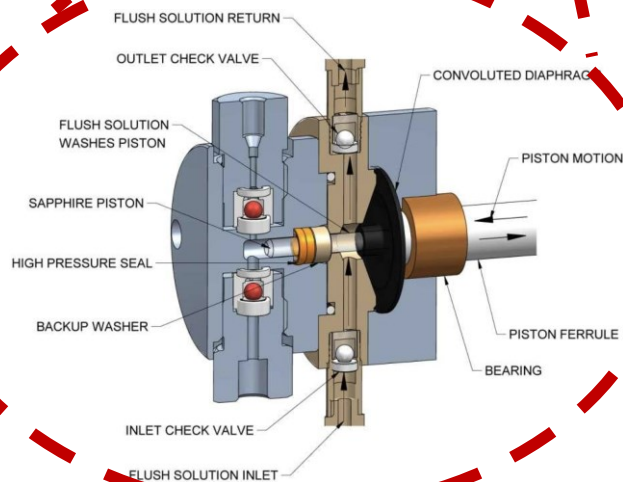
Είσοδος υγρής
τροφοδοσίας

Υγρή τροφοδοσία
υπό ανάδευση

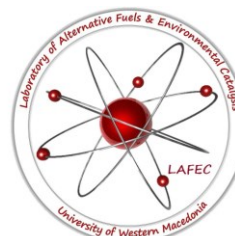


Προδιαγραφές αντλίας Series I

- Ροές υγρής τροφοδοσίας = 0.01 – 10 mL/min
- Πίεση = 0 – 2500 psi (0 – 172 bar)
- Ακρίβεια ροής = $\pm 3\%$ για ροές από 0.20 mL/min και πάνω
- Επαναληψιμότητα ροής = 0.5% RSD



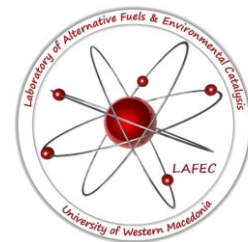
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ



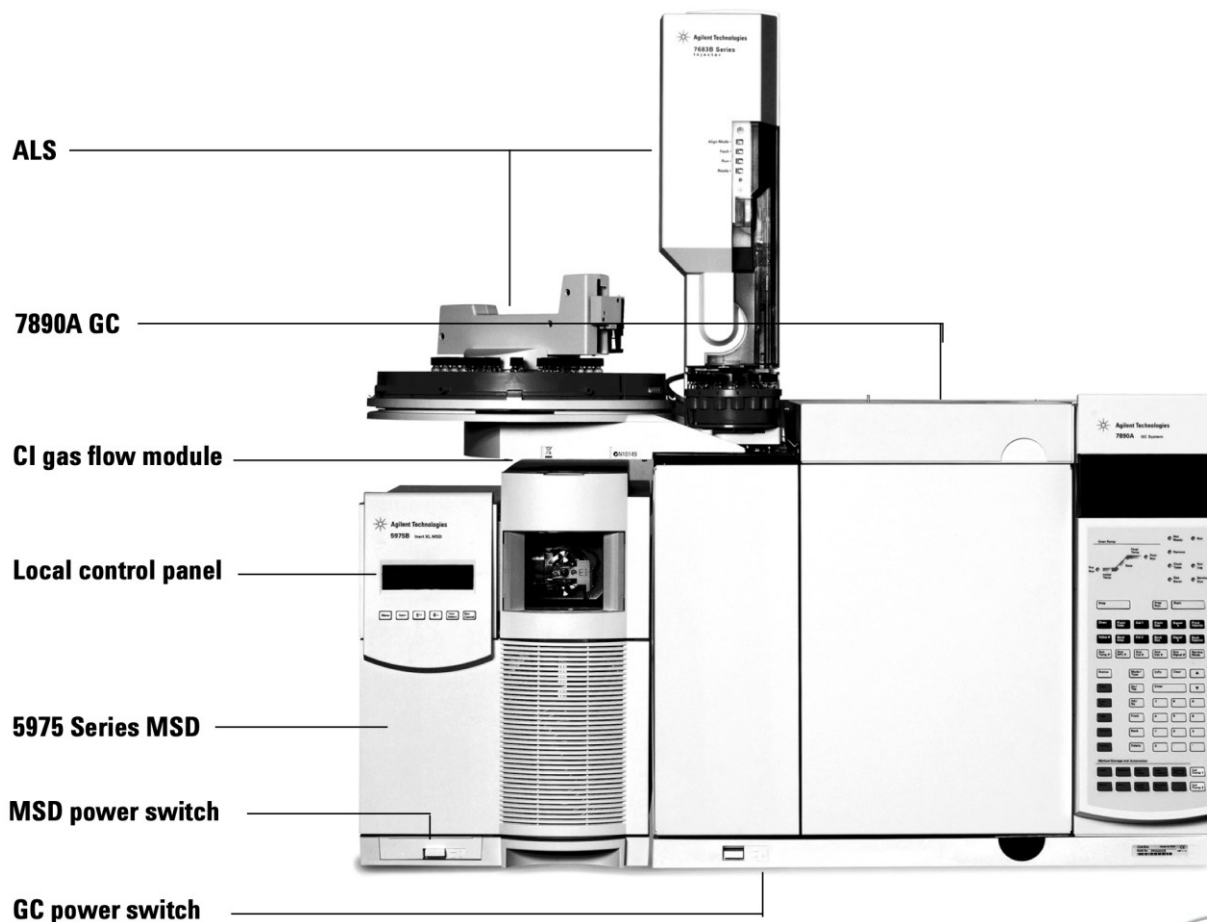
Ανάλυση Αέριων Προϊόντων με Χρήση Αέριου Χρωματογράφου



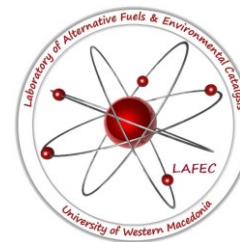
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ



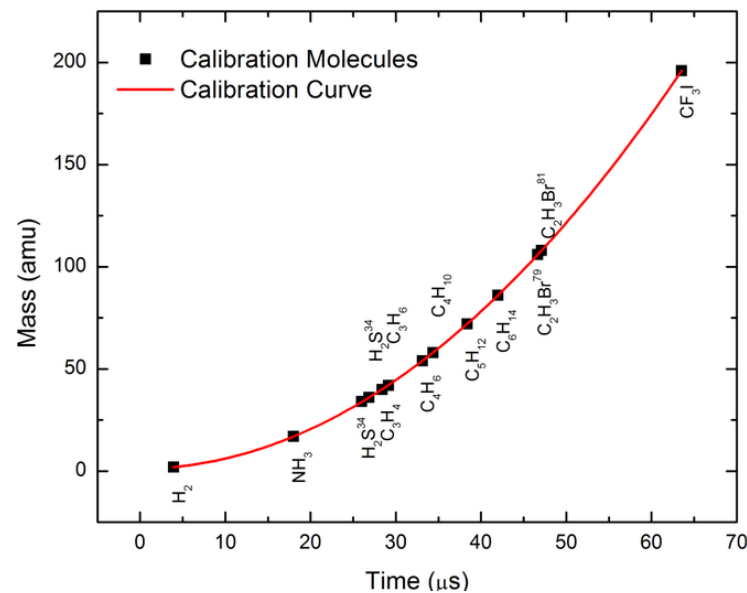
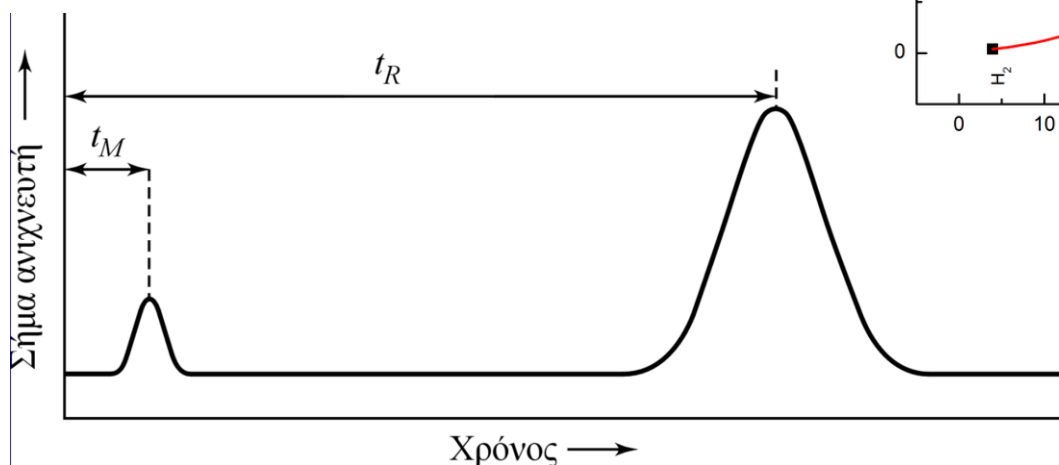
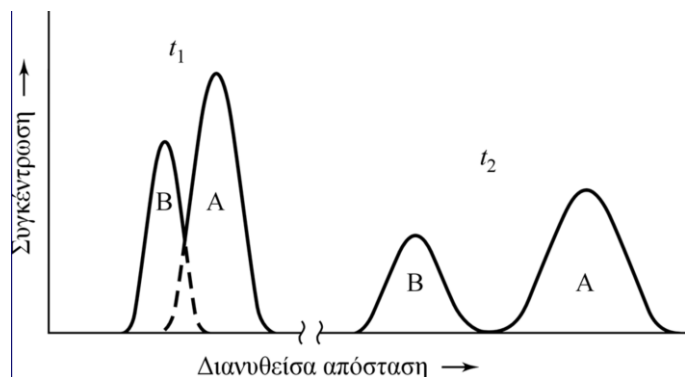
Ανάλυση Υγρών Προϊόντων με Χρήση Αέριου Χρωματογράφου/Φασματογράφου Μάζας



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ



Ποσοτική Ανάλυση Υγρών Προϊόντων: Μέθοδος Εσωτερικού Προτύπου



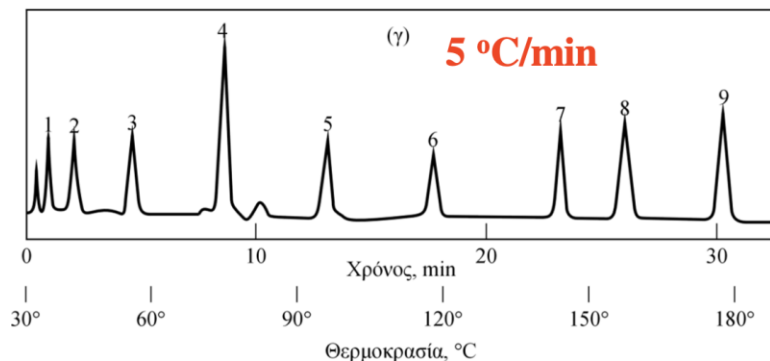
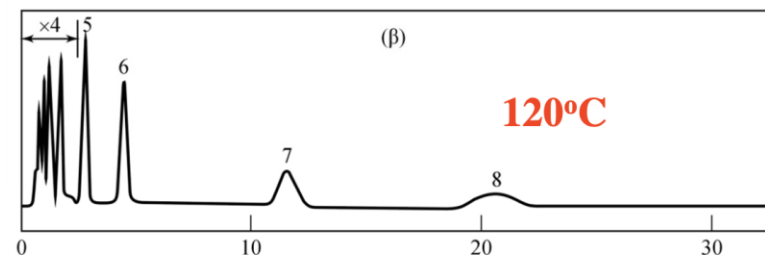
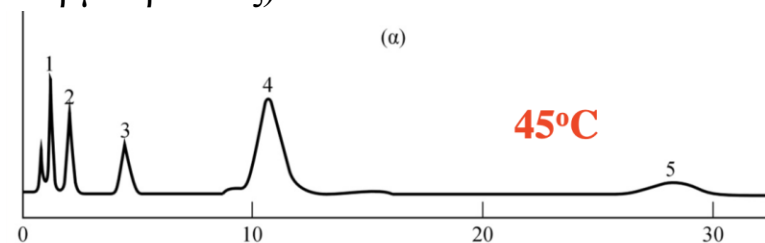
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ



Ποσοτική ανάλυση υγρών προϊόντων (1/7)

Το πρόβλημα της συνολικής έκλυσης

- Το πρόβλημα της συνολικής έκλυσης μπορεί να αντιμετωπισθεί με μεταβολή των συνθηκών που καθορίζουν τις τιμές k' (παράγοντας κατακράτησης) κατά τη διάρκεια του ίδιου διαχωρισμού. Οι μεταβολές αυτές μπορεί να επέρχονται σε βήματα ή κατά τρόπο συνεχή (π.χ. προγραμματισμός θερμοκρασίας).



A/A	Ουσία	Σ.Β. (°C)
1	n-προπάνιο	-42
2	n-βουτάνιο	-0.5
3	n-πεντάνιο	36
4	n-εξάνιο	69
5	n-επτάνιο	98
6	n-οκτάνιο	126
7	βρωμοφόρμιο	150
8	m-χλωροτολουόλιο	162
9	m-βρωμοτολουόλιο	184



Ποσοτική ανάλυση υγρών προϊόντων (2/7)

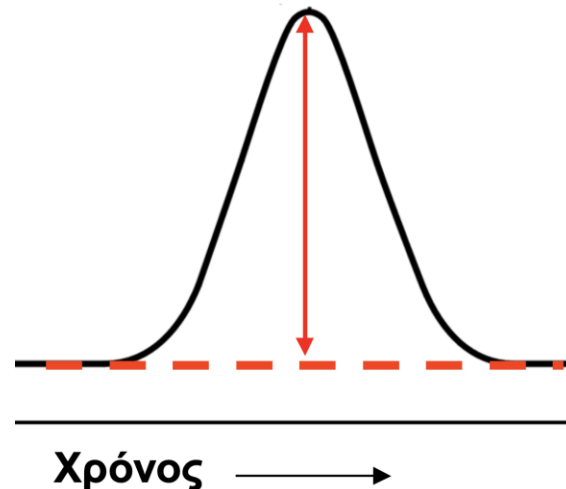
Ανάλυση που βασίζεται στο ύψος της κορυφής

- Η ποσοτική ανάλυση βασίζεται σε σύγκριση του ύψους ή της επιφάνειας της κορυφής του αναλυτή με τις αντίστοιχες κορυφές ενός ή περισσότερων προτύπων. Με κατάλληλο έλεγχο των συνθηκών, οι παράμετροι αυτοί **μεταβάλλονται γραμμικά με τη συγκέντρωση**.

Αναλύσεις που βασίζονται στο ύψος της κορυφής

- Το ύψος μιας κορυφής υπολογίζεται με μέτρηση της κατακόρυφης απόστασης από το υψηλότερο σημείο της κορυφής στη γραμμή βάσης.
- Το ύψος της κορυφής είναι αντιστρόφως ανάλογο προς το εύρος της. Ορθά αποτελέσματα λαμβάνονται μόνο όταν οι συνθήκες μέτρησης δεν προκαλούν μεταβολή στο εύρος των κορυφών κατά το χρονικό διάστημα μέτρησης αγνώστων και προτύπων.

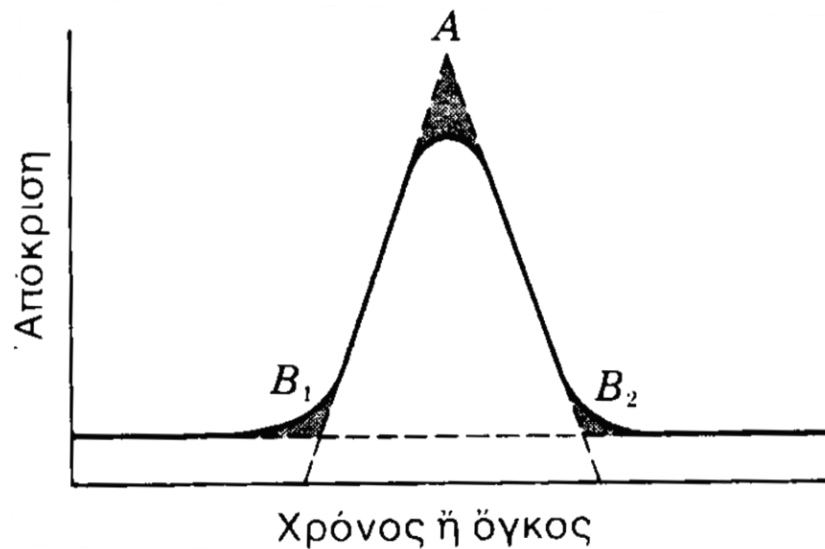
- Θερμοκρασία στήλης
- Ταχύτητα ροής της κινητής φάσης
- Ταχύτητα έγχυσης του δείγματος



Ποσοτική ανάλυση υγρών προϊόντων (3/7)

Ανάλυση που βασίζεται στην επιφάνεια της κορυφής

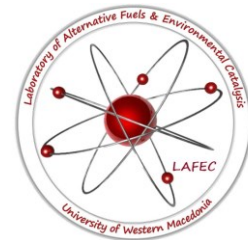
- Οι επιφάνειες των κορυφών είναι ανεξάρτητες από διευρύνσεις οι οποίες οφείλονται στη μεταβολή των πειραματικών συνθηκών. Επομένως, αποτελούν προτιμότερη αναλυτική παράμετρο σε σχέση με τα ύψη των κορυφών.
- Τα σύγχρονα όργανα είναι εξοπλισμένα με ψηφιακούς ηλεκτρονικούς ολοκληρωτές, με τους οποίους είναι εφικτός ο ακριβής υπολογισμός της επιφάνειας κάθε κορυφής.
- Όταν δεν υπάρχει ολοκληρωτής, ο υπολογισμός μπορεί να γίνει με το χέρι.



$$A = \int R \cdot dt$$



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ



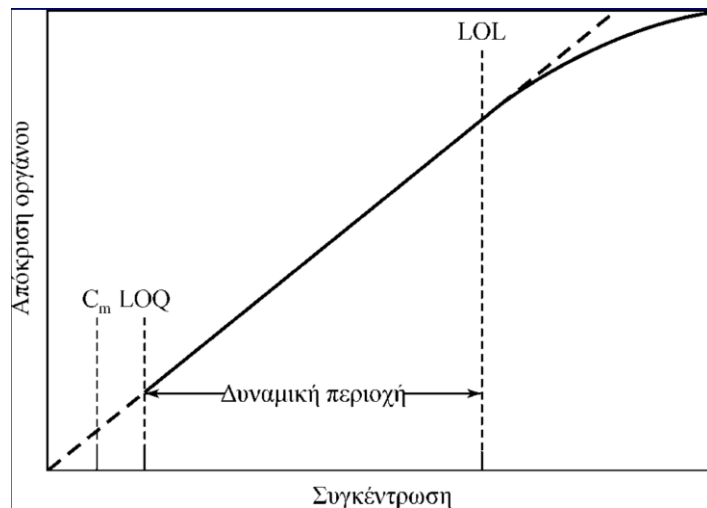
Ποσοτική ανάλυση υγρών προϊόντων (4/7)

Καμπύλη βαθμονόμησης & πρότυπα διαλύματα

- Η πιο άμεση και απλή μέθοδος για ποσοτική ανάλυση είναι η χρήση μιας σειράς πρότυπων διαλυμάτων με σύνθεση που προσεγγίζει την σύνθεση των αγνώστων. Σημαντικότερη πηγή σφάλματος αποτελεί η αβεβαιότητα στον όγκο του δείγματος.

Λήψη καμπύλης βαθμονόμησης

- Εισάγεται στο όργανο σειρά πρότυπων διαλυμάτων με ακριβώς γνωστές συγκεντρώσεις του αναλύτη και καταγράφεται η ένδειξη του οργάνου.
- Ακολουθεί διόρθωση των ενδείξεων ως προς το τυφλό.
- Τα δεδομένα χρησιμοποιούνται για τη σχεδίαση διαγράμματος της διορθωμένης ένδειξης ως προς τη συγκέντρωση του αναλύτη.



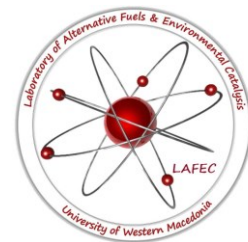
C_m : όριο ανίχνευσης

LOQ: όριο ποσοτικοποίησης

LOL: όριο γραμμικότητας



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ



Ποσοτική ανάλυση υγρών προϊόντων (5/7)

Μέθοδος εσωτερικού προτύπου

- Οι αβεβαιότητες που εισάγονται κατά την έγχυση του δείγματος μειώνονται δραστικά με τη χρήση *εσωτερικών προτύπων*.
- Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, μια προσεκτικά μετρημένη ποσότητα μιας ουσίας, που αποτελεί το εσωτερικό πρότυπο, προστίθεται σε κάθε πρότυπο διάλυμα και σε κάθε δείγμα.
- Ως αναλυτική παράμετρος χρησιμοποιείται ο **λόγος της επιφάνειας ή ύψους της κορυφής του αναλύτη προς την αντίστοιχη του εσωτερικού προτύπου**.

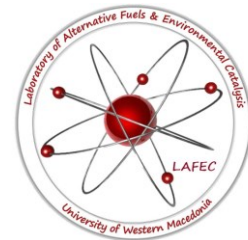
Για να είναι επιτυχής η μέθοδος, είναι απαραίτητο:

- η κορυφή του εσωτερικού προτύπου να διαχωρίζεται καλά από τις κορυφές των άλλων συστατικών του δείγματος.
- η κορυφή του προτύπου να μην απέχει πολύ από την κορυφή του αναλύτη.

Με κατάλληλο εσωτερικό πρότυπο, μπορούν να επιτευχθούν σχετικές επαναληψιμότητες καλύτερες από **1%**.

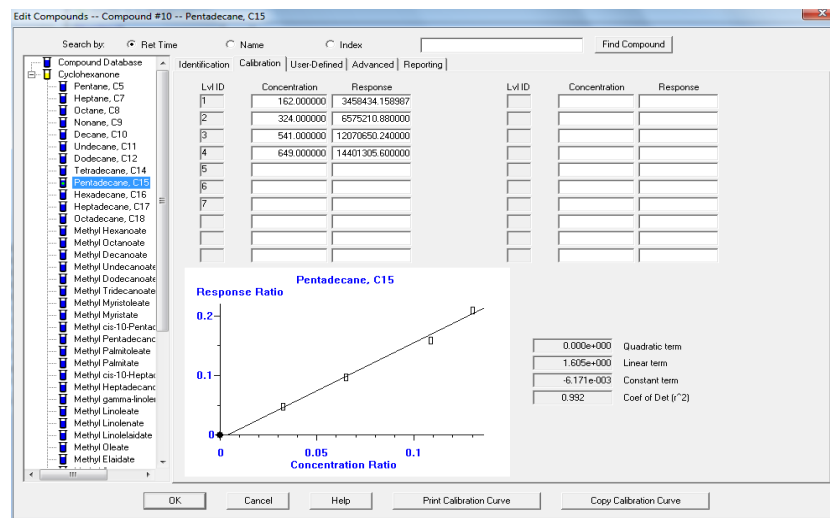
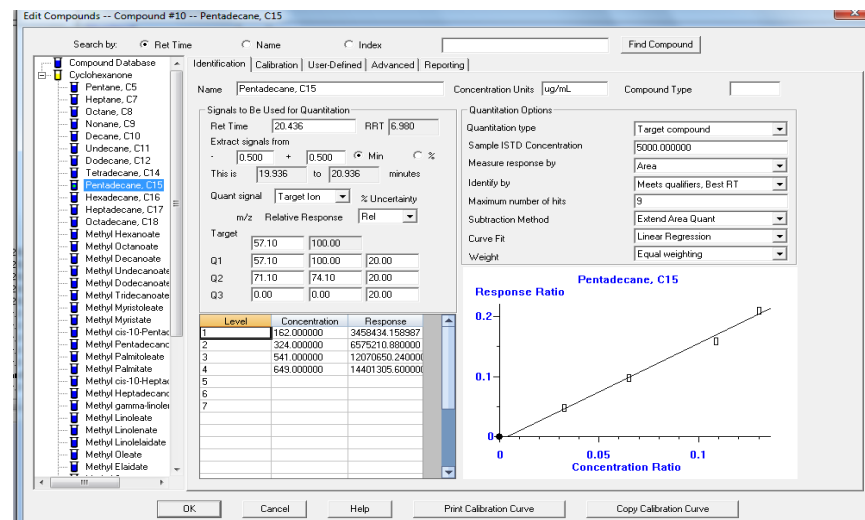
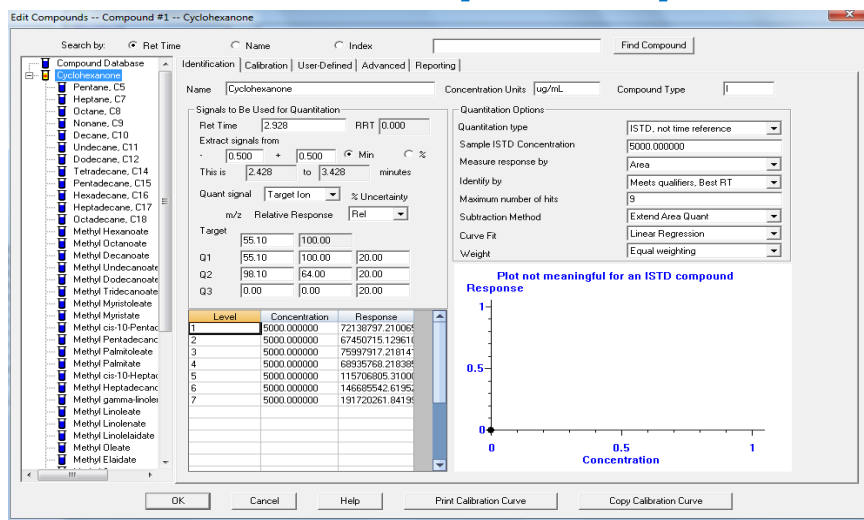


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ



Ποσοτική ανάλυση υγρών προϊόντων (6/7)

Καμπύλη βαθμονόμησης υδρογονανθράκων και μεθυλεστέρων με τη μέθοδο του εσωτερικού προτύπου



Εσωτερικό πρότυπο

Δεκαπεντάνιο,
 $C_{15}H_{32}$

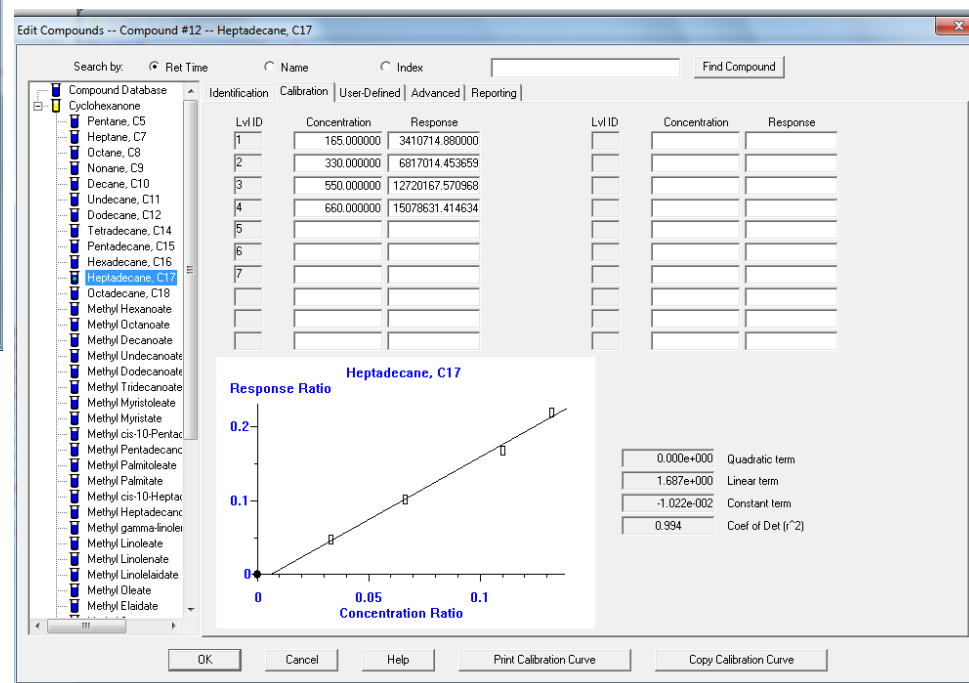
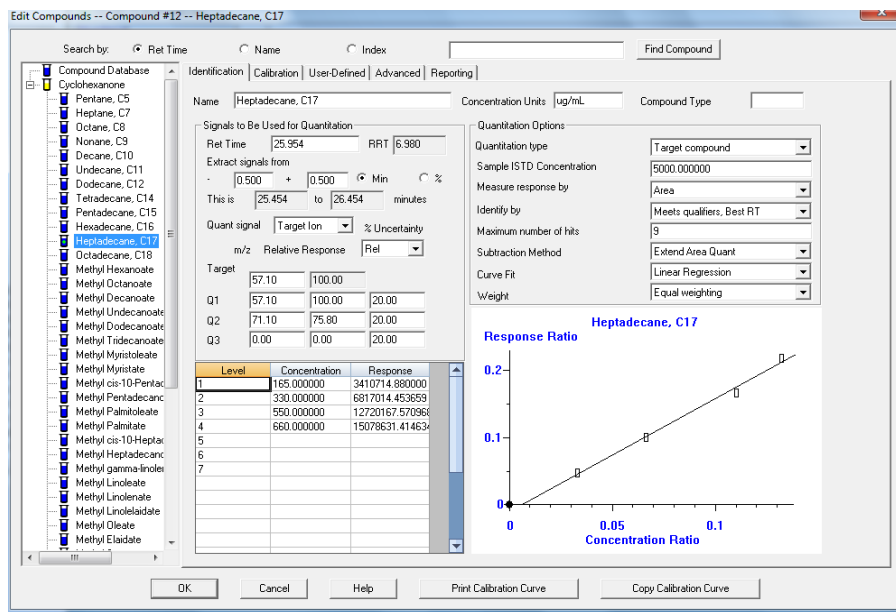


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ



Ποσοτική ανάλυση υγρών προϊόντων (7/7)

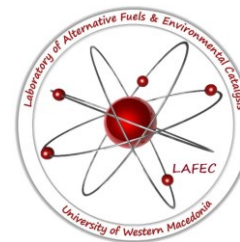
Καμπύλη βαθμονόμησης υδρογονανθράκων και μεθυλεστέρων με τη μέθοδο του εσωτερικού προτύπου



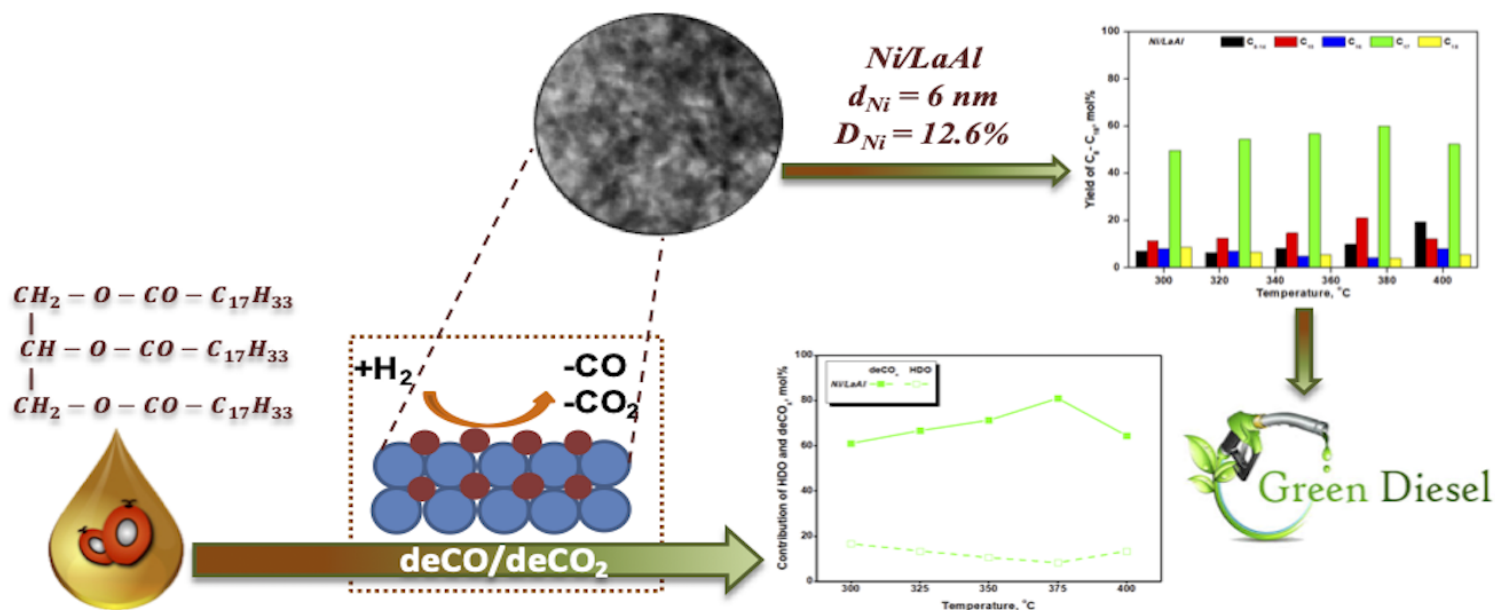
Δεκαεπτάνιο, $C_{17}H_{36}$



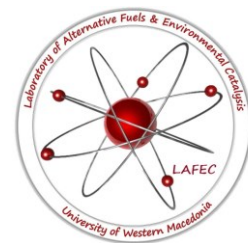
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ



Μελέτη της Αντίδρασης Εκλεκτικής Αποξυγόνωσης Φυτικών Ελαίων



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ



Πειραματικό μέρος (1/4)

Σύνθεση καταλύτη με τη μέθοδο του υγρού εμποτισμού

Φορέας

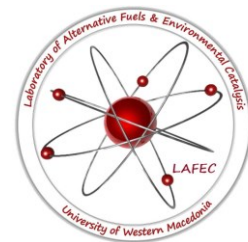
- Ο φορέας $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ παρασχέθηκε από την Saint Gobain.
- Ο φορέας υπό μορφή πελλέτας αρχικά συνεθλίβη και κοσκινίστηκε στα **350-500 μm** , ενώ η πύρωση του πραγματοποιήθηκε στους **400 °C για 4 h**.

Καταλύτης

- Ο καταλύτης παρασκευάστηκε με τη μέθοδο του *υγρού εμποτισμού* ($V_{\text{solution}}/W_{\text{support}} = 100 \text{ ml}/10 \text{ g}$).
- Χρησιμοποιήθηκε υδατικό διάλυμα $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ συγκέντρωσης $C = 0.17 \text{ M}$ (φόρτιση σε *Ni* = **8 wt. %**).
- Εξάτμιση υδαρών γεωπολτών χρησιμοποιώντας περιστροφικό εξατμιστήρα στους 70 °C για 6 h.
- Ξήρανση στους **120 °C για 12 h**.
- Πύρωση στους **400 °C για 4 h**.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ



Πειραματικό μέρος (2/4)

Πειραματική διαδικασία

Αντιδραστήρας σταθεροποιημένης κλίνης ροής στάγδην (Trickle fixed bed reactor)

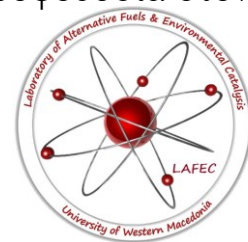
- **Διαστάσεις:** (0.312 I.D. x 0.562 O.D. x 6")
- **Θερμοκρασιακό εύρος λειτουργίας:** 0-800 °C
- **Εύρος πίεσης:** 0-100 bar

Πρωτόκολλο Μετρήσεων

- Ζύγιση **0.25 g καταλύτη** στον εργαστηριακό ζυγό.
- Τοποθέτηση **quartz wool** στον αντιδραστήρα, στη συνέχεια την **ποσότητα του καταλύτη** με τη βοήθεια κωνικού χωνίου και τέλος πάλι **quartz wool**.
- **Τοποθέτηση** του αντιδραστήρα στη μονάδα.
- Έλεγχος της μονάδας για τυχόν **διαρροές** αυξάνοντας την πίεση στο σύστημα κατά 5 bar πάνω από την πίεση λειτουργίας κατά την διάρκεια της αντίδρασης.
- **Αναγωγή** του καταλύτη υπό ροή **H₂ (50 mL/min)** για **2 h** σε ατμοσφαιρική πίεση και θερμοκρασία **400 °C**.
- Παρασκευή μείγματος υγρής τροφοδοσίας, το οποίο αποτελείται από **5% φοινικέλαιο σε δωδεκάνιο**.
- Τοποθέτηση μείγματος σε κωνική φιάλη των 100 mL και στη συνέχεια στο σύστημα τροφοδοσίας (**HPLC αντλία**), η οποία ρυθμίζεται έτσι ώστε να διοχετεύεται **0.20 mL min⁻¹** τροφοδοσία στον αντιδραστήρα (**μέτρηση ροής με τη χρήση προχοϊδας**).



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ



Πειραματικό μέρος (3/4)

Πειραματική διαδικασία

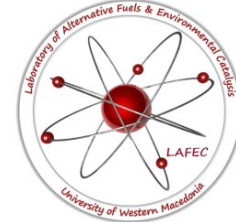
- Μετά το πέρας της ενεργοποίησης του καταλύτη (2 h), ρυθμίζεται στις επιθυμητές τιμές η πίεση και η θερμοκρασία (π.χ. $T=375\text{ }^{\circ}\text{C}$ και 30 bar).
- Προσθήκη αέριας τροφοδοσίας ($\text{H}_2=5\text{ mL min}^{-1}$, η μέτρηση της αέριας τροφοδοσίας πραγματοποιείται με τη χρήση φουσαλιδόμετρου).
- Σύνδεση της υγρής τροφοδοσίας (HPLC αντλία) στην μονάδα.
- Αναμονή για 1 h ώστε να επέλθουν σταθερές συνθήκες πριν τη λήψη της πρώτης μέτρησης.
- Ανάλυση αέριων προϊόντων με χρήση αέριου χρωματογράφου (Agilent GC 7890A).
- Δειγματοληψία μικρής ποσότητας υγρού προϊόντος (0.3 mL) σε γυάλινο μπουκαλάκι από την έξοδο του αντιδραστήρα (συμπυκνωτήρας).
- Η δειγματοληψία των αέριων και υγρών προϊόντων πραγματοποιείται κάθε μία (1) ώρα για έξι (6) συνεχόμενες ώρες.
- Μετά το πέρας των 6 h, πραγματοποιείται παύση της υγρής και αέριας τροφοδοσίας, ενώ στη συνέχεια πραγματοποιείται καθαρισμός της μονάδας για 45 min υπό ροή Ar ($\text{Ar}=50\text{ mL/min}$).

Η προετοιμασία των προς ανάλυση υγρών προϊόντων πραγματοποιείται ως εξής:

- Προσθήκη 10 mL χλωροφόρμιο (Chloroform) σε 0.2 g δείγματος (από την έξοδο του αντιδραστήρα) και 0.05 g κυκλο-εξανόνη (Cyclohexanone) ως εσωτερικό πρότυπο (internal standard).
- Τοποθέτηση όλων των δειγμάτων στο GC-MS (Agilent 7890A/5975C) για την ανάλυσή τους.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ



Πειραματικό μέρος (4/4)

Υπολογισμοί καταλυτικής δραστηρότητας

$$\text{Conversion of TG (\%)} = \left(\frac{\text{mol TG in feed} - \text{mol TG in product}}{\text{mol TG in feed}} \right) \times 100$$

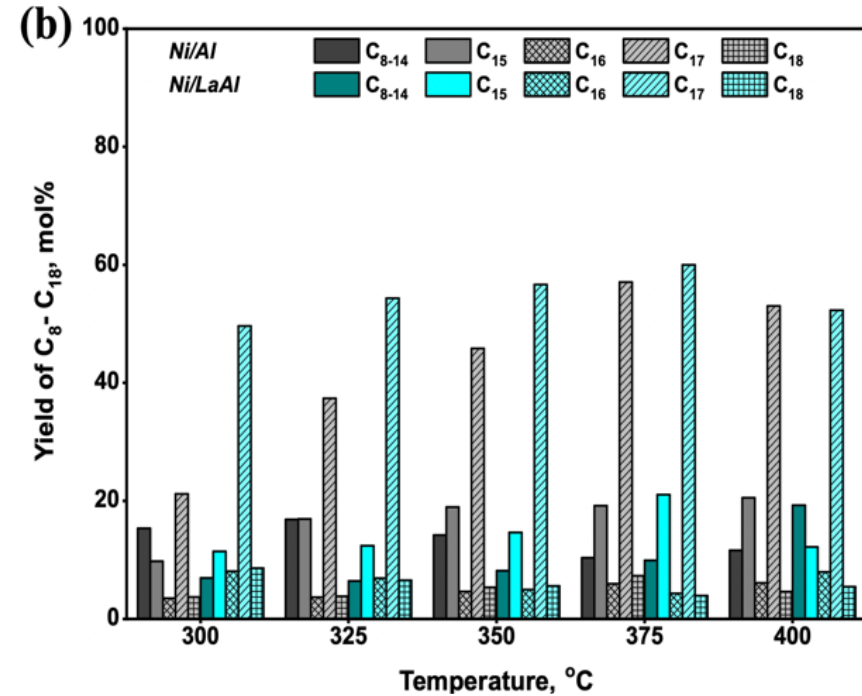
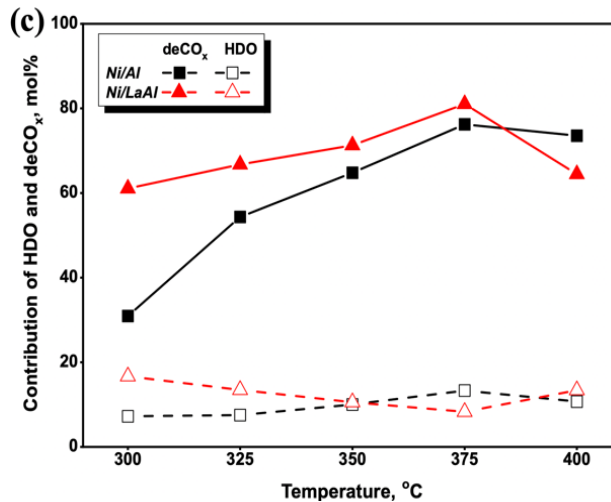
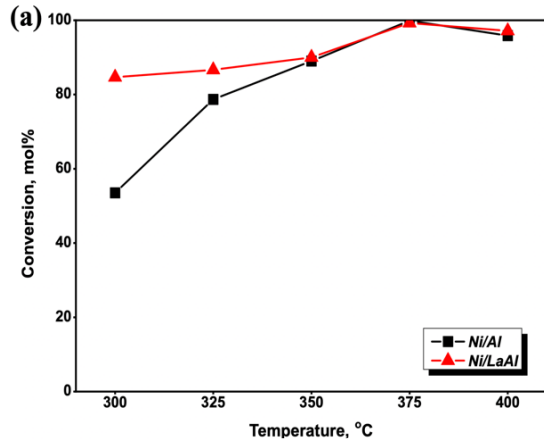
$$\text{Yield of } C_{15} - C_{18} = \left(\frac{\text{Total mol of } n\text{-alkanes (} n - C_{15} \text{ to } n - C_{18} \text{) in product}}{\text{Total mol of } C_{16} \text{ and } C_{18} \text{ fatty acid in feed}} \right) \times 100$$

$$\text{HDO (\%)} = \left(\frac{\text{Total mol of } n\text{-alkanes (} n - C_{16} \text{ and } n - C_{18} \text{) in product}}{\text{Total mol of } C_{16} \text{ and } C_{18} \text{ fatty acid in feed}} \right) \times 100$$

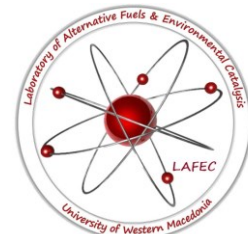
$$\text{DCO / DCO}_2 \text{ (\%)} = \left(\frac{\text{Total mol of } n\text{-alkanes (} n - C_{15} \text{ and } n - C_{17} \text{) in product}}{\text{Total mol of } C_{16} \text{ and } C_{18} \text{ fatty acid in feed}} \right) \times 100$$



Αποτελέσματα & Συζήτηση



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ



Αποτελέσματα & συζήτηση (1/4)

Σύσταση φοινικέλαιου στην είσοδο του αντιδραστήρα

A/A	Συστατικό	wt. %
1	Lauric acid (C12:0)	0,40
2	Myristic acid (C14:0)	0,80
3	Palmitic acid (C16:0)	37,40
4	Palmitoleic acid (C16:1)	0,20
5	Stearic acid (C18:0)	3,60
6	Oleic acid (C18:1)	45,80
7	linoleic acid (C18:2)	11,10
8	Linolenic acid (C18:3)	0,30
9	Arachidic acid (C20:0)	0,30
10	Eicosenoic acid (C20:1)	0,10
11	Total:	100,00

Μέθοδος Ανάλυσης φοινικέλαιου

Εισαγωγέας split/splitless = split ratio 25:1, split flow 50 mL/min, 300 °C

Όγκος δείγματος προς ανάλυση = 1 μ L

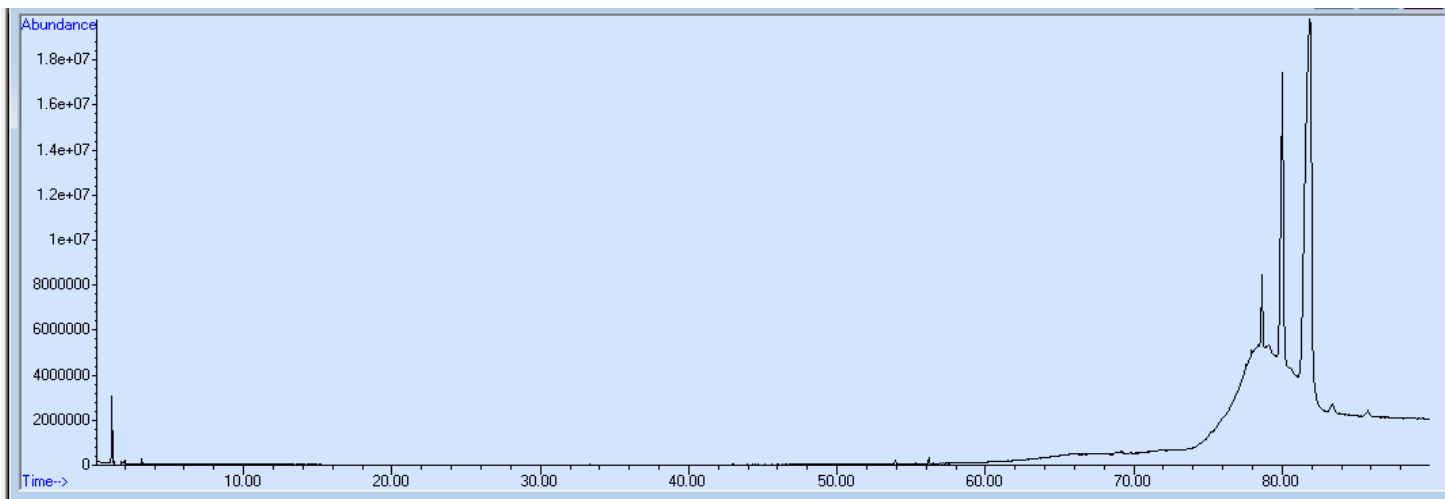
Χρωματογραφική στήλη = Agilent 30m x 320 μ m x 0.1 μ m J&W DB5-HT
(5% phenyl, 95% methylpolysiloxane) με ροή He 2 mL/min

Θερμοκρασιακό πρόγραμμα φούρνου = 45 °C (2 min), 4 °C/min έως 325 °C
και στη συνέχεια στους 380 °C με 10 °C/min

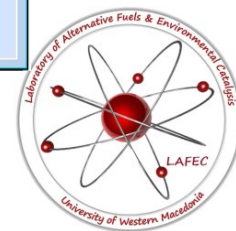
Αναμονή στη μέγιστη θερμοκρασία = 12.5 min

Θερμοκρασία πηγής και τετράπολου = 230 και 150 °C αντίστοιχα

Θερμοκρασία θερμαινόμενου σωλήνα (interface) = 330 °C



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ



Αποτελέσματα & συζήτηση (2/4)

Σύσταση υγρού προϊόντος στην έξοδο του αντιδραστήρα

Μέθοδος Ανάλυσης υγρών προϊόντων στην έξοδο του αντιδραστήρα

Εισαγωγέας split/splitless = split ratio 25:1, split flow 50 mL/min, 300 °C

Όγκος δείγματος προς ανάλυση = 1 μ L

Χρωματογραφική στήλη = Agilent 30m x 320 μ m x 0.1 μ m J&W DB5-HT (5% phenyl, 95% methylpolysiloxane) με ροή He 2 mL/min

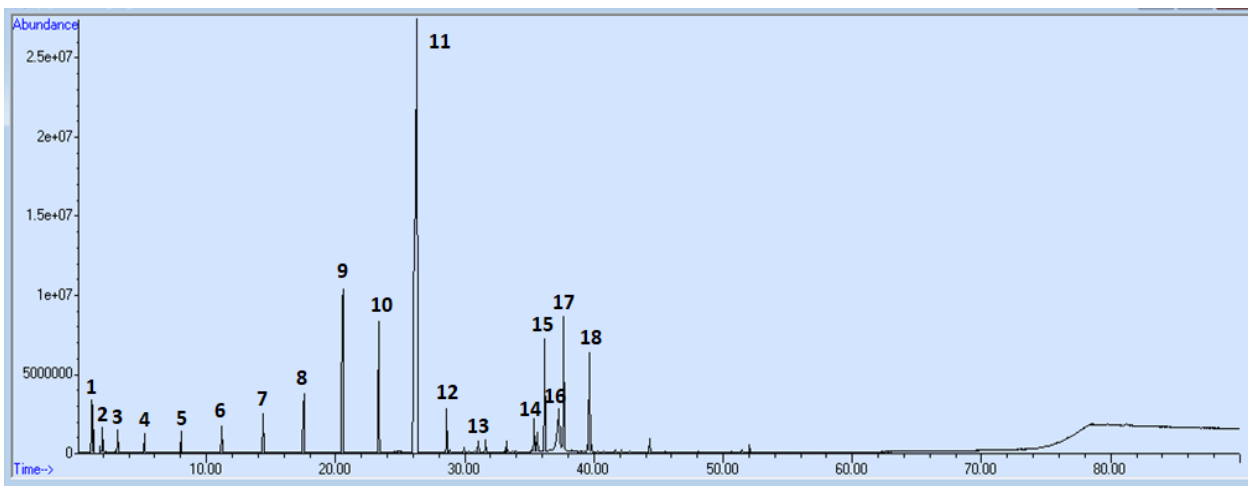
Θερμοκρασιακό πρόγραμμα φούρνου = 45 °C (2 min), 4 °C/min έως 325 °C και στη συνέχεια στους 380 °C με 10 °C/min

Αναμονή στη μέγιστη θερμοκρασία = 12.5 min

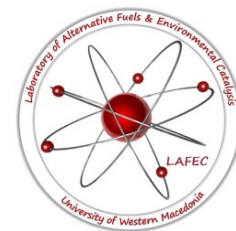
Θερμοκρασία πηγής και τετράπολου = 230 και 150 °C αντίστοιχα

Θερμοκρασία θερμαινόμενου σωλήνα (interface) = 330 °C

A/A	Συστατικό
1	n-Hexane
2	Octane
3	Nonane
4	Decane
5	Undecane
6	Dodecane
7	Tridecane
8	Tetradecane
9	Pentadecane
10	Hexadecane
11	Heptadecane
12	Octadecane
13	Nonadecane
14	Heneicosane
15	Methylstearate
16	Octadecanoic acid
17	Octadecanoic acid, ethylester
18	Octadecanoic acid, propylester



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ



Αποτελέσματα & συζήτηση (3/4)

Σύσταση υγρών και αέριων προϊόντων στην έξοδο του αντιδραστήρα

hr	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈
0	25.01	17.54	20.49	21.41	-	18.74	20.90	227.74	76.16	515.16	39.73
1	24.29	22.01	26.34	17.30	-	21.33	22.05	205.85	57.06	495.29	39.75
2	21.98	13.42	15.24	19.29	-	16.72	21.96	203.74	73.07	539.21	43.45
3	26.93	24.39	18.61	19.74	-	13.27	12.40	201.87	65.42	531.96	39.92
4	22.56	23.47	12.68	18.54	-	15.60	18.37	201.11	68.21	526.73	46.29
5	26.33	17.17	13.08	16.53	-	20.81	15.17	200.68	65.10	523.70	46.34
6	21.89	25.70	20.80	16.71	-	16.40	12.82	201.92	60.07	521.83	45.38

hr	CO ₂	H ₂	CH ₄	Total
0	1.13	18.78	1.56	21.47
1	1.72	13.94	1.31	16.98
2	1.68	7.28	1.54	10.50
3	1.68	10.49	1.26	13.43
4	1.73	22.49	3.32	27.53
5	1.89	37.95	4.48	44.32
6	1.11	44.49	4.57	50.17

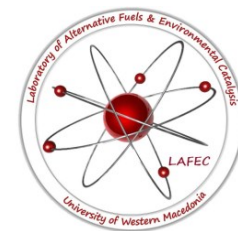
Σύσταση υγρών προϊόντων στην έξοδο του αντιδραστήρα

- 1) Το C₁₂ είναι ο διαλύτης του ελαίου
- 2) Οι μονάδες των υγρών προϊόντων είναι σε $\mu\text{g/mL}$

Σύσταση αέριων προϊόντων στην έξοδο του αντιδραστήρα



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ



Αποτελέσματα & συζήτηση (4/4)

Επίλυση ασκήσεων: Άσκηση 1 και 2

Άσκηση 1: Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν για τον καταλύτη Ni/γ-Al₂O₃ στην αντίδραση εκλεκτικής αποξυγόνωσης του φοινικέλαιου, να υπολογιστούν τα παρακάτω:

- την μετατροπή του ελαίου,
- την απόδοση σε υδρογονάνθρακες για κάθε ώρα και,
- την συνεισφορά των αντιδράσεων αποκαρβοξυλίωσης/αποκαρβονυλίωσης και υδρογονοαποξυγόνωσης.

Άσκηση 2: Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μετατροπές του καταλύτη Ni/γ-Al₂O₃ υπό διαφορετικές συνθήκες αντίδρασης. Με βάση τις μετατροπές αυτές, να υπολογίσετε την ενέργεια ενεργοποίησης (E_a) του καταλύτη.

Δίνονται: μάζα καταλύτη = 0.25 g, ογκομετρική παροχή = $1.8 \cdot 10^{-4} \text{ L s}^{-1}$ (θα πρέπει να χρησιμοποιήσετε μία μετατροπή από την προηγούμενη άσκηση).

Καταλύτης	Μετατροπή (%)		
	375 °C	325 °C	300 °C
Ni/γ-Al ₂ O ₃		78.701	53.512

***!Παράδοση μέχρι τη
Τρίτη 16/12 στις 23:59***

