



CERTH
CENTRE FOR
RESEARCH & TECHNOLOGY
HELLAS

3ο Πανελλήνιο Συνέδριο Βιοκαυσίμων &
Εναλλακτικών Καυσίμων, 15 & 16 Μαΐου 2025,
Λίμνη Πλαστήρα
Centre for Research & Technology Hellas (CERTH)



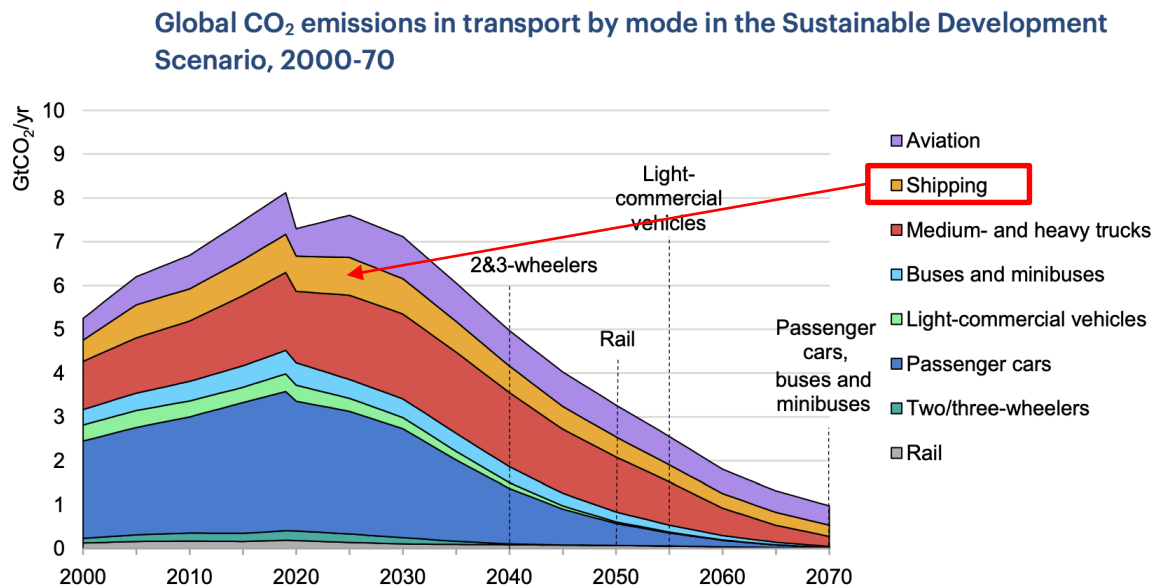
“Προηγμένα Καύσιμα Ναυτιλίας από Αναβάθμιση Ελαίου Πυρόλυσης Πλαστικών”

Δημητριάδης Α., Τουρλακίδης Ν., Μελετίδης Γ., Μπεζεργιάννη Σ.

Εθνικό Κέντρο Έρευνας & Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΕΚΕΤΑ),
Ινστιτούτο Χημικών Διεργασιών & Ενεργειακών Πόρων (ΙΔΕΠ), Θεσσαλονίκη,
57001, Ελλάδα
(E-mail: adimitr@certh.gr)

Ο Ρόλος της Ναυτιλίας στο Παγκόσμιο Περιβάλλον

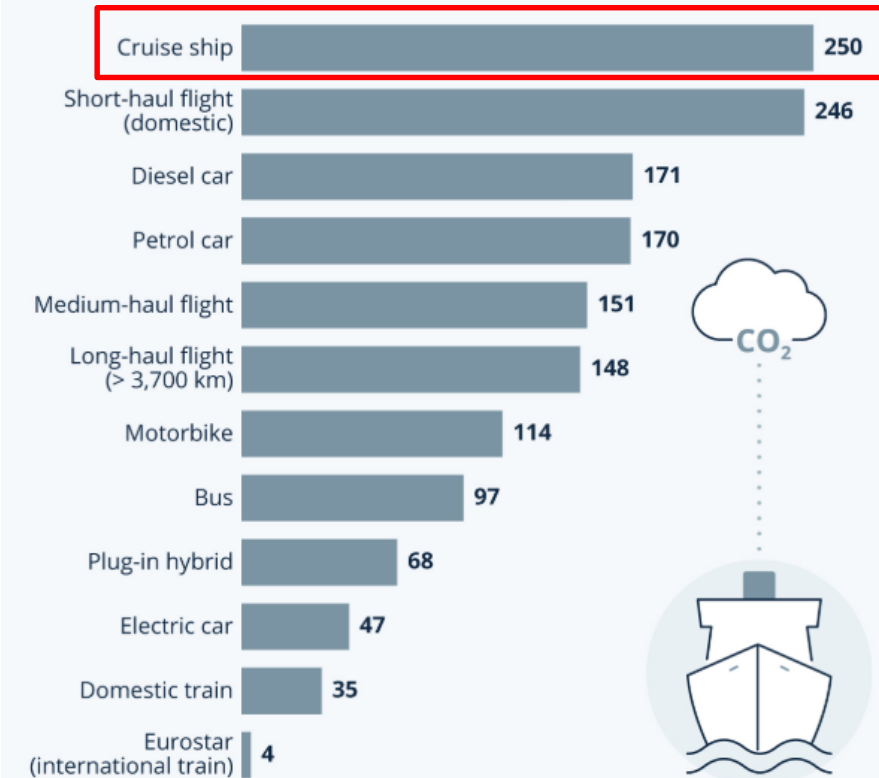
- Το 90% των μεταφορών σε παγκόσμιο επίπεδο γίνεται μέσω θαλάσσης
- Η παγκόσμια ναυτιλία παράγει μόλις το 2.2% των εκπομπών CO₂
- Ο ελληνικών συμφερόντων στόλος αποτελεί το 60% του εμπορικού στόλου της ΕΕ
- Η Ελλάδα ελέγχει το 20% του παγκόσμιου εμπορίου



IEA 2020. All rights reserved.

The Carbon Footprint of Passenger Transport

Greenhouse gas emissions by mode of transport, in grams of CO₂ equivalent per passenger-kilometer



Sources: OWID, ICCT and British government via Visual Capitalist

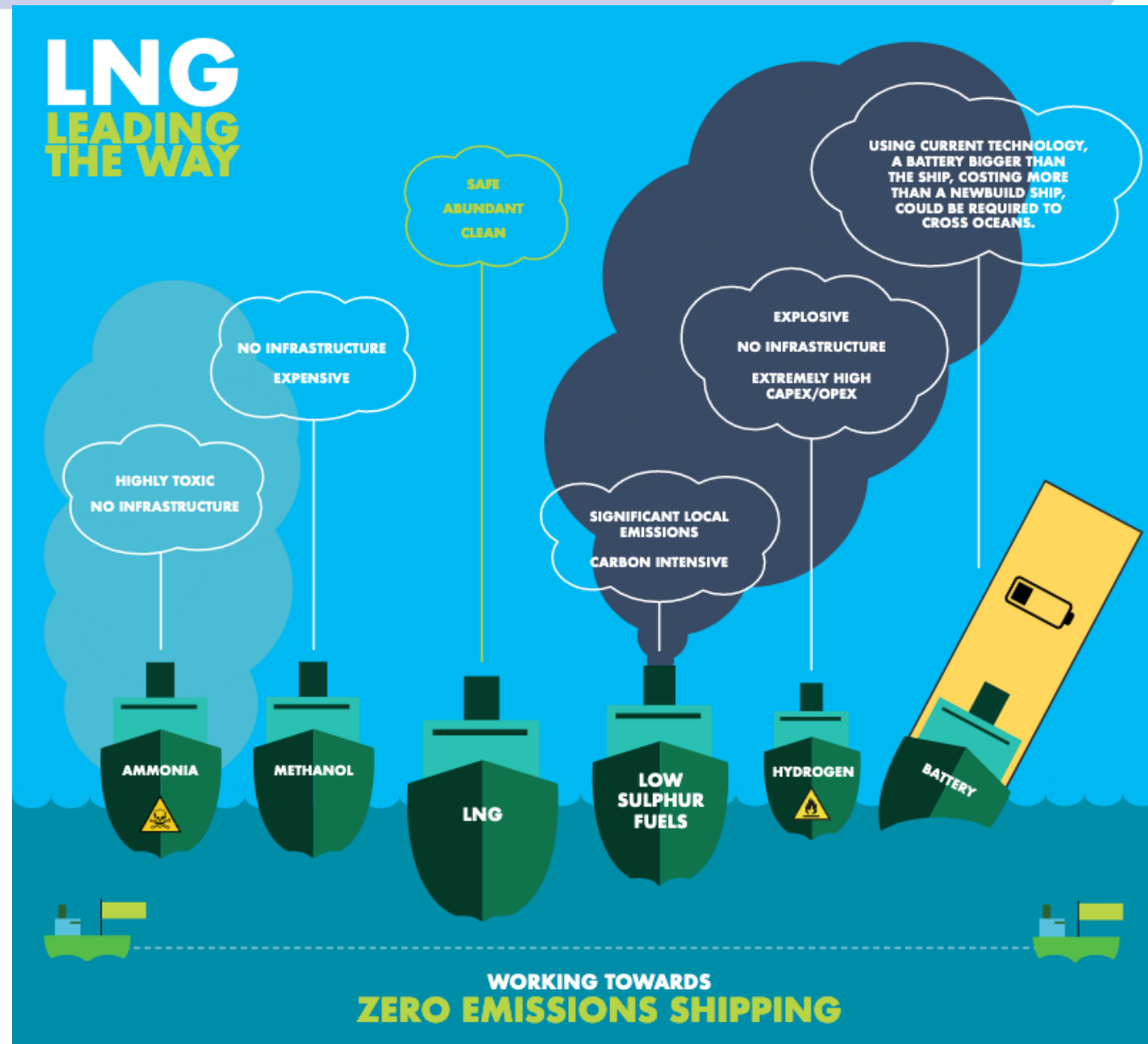


2024

statista

Εναλλακτικά Καύσιμα Ναυτιλίας

- Η ναυτιλία βρίσκεται σε τροχιά ενεργειακής μετάβασης, με τις παραγγελίες πλοίων με εναλλακτικά καύσιμα να αυξάνονται σημαντικά
- Τα εναλλακτικά καύσιμα που κυριαρχούν στη ναυτιλία είναι:
 - 1. LNG: Η πιο δημοφιλής επιλογή σήμερα
 - 2. Μεθανόλη: Δυναμική Άνοδος τα τελευταία χρόνια
 - 3. Αμμωνία: Νέες Προοπτικές
- Οι υποδομές, το κόστος και οι ρυθμιστικές εξελίξεις θα καθορίσουν την επιτυχία της πράσινης μετάβασης



ΠΛΟΗΓΩΝΤΑΣ ΣΕ ΡΕΥΣΤΟΥΣ ΚΑΙΡΟΥΣ

- Σύμφωνα με τη Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το εμπόριο και την ανάπτυξη (2023), στη θάλασσα πλέουν πάνω από 1 εκατομμύριο πλοία, με μια αυξητική τάση γύρω στα 20.000 πλοία τον χρόνο
- Σύμφωνα με την τέταρτη μελέτη του *IMO για τις εκπομπές GHG (2020), έως και το 64% της απαιτούμενης μείωσης εκπομπών CO₂ μέχρι το 2050 θα οφείλεται στη χρήση εναλλακτικών καυσίμων χαμηλής ή μηδενικής περιεκτικότητας σε άνθρακα.

FUTURE MARINE FUELS

PATHWAYS TO DECARBONIZATION

IMO has developed the ambitious target of a minimum **50% reduction** in greenhouse gas (GHG) emissions **by 2050**.

Shipowners have **alternative fuel options** to help them meet IMO's ambitions, each with its own advantages and challenges.

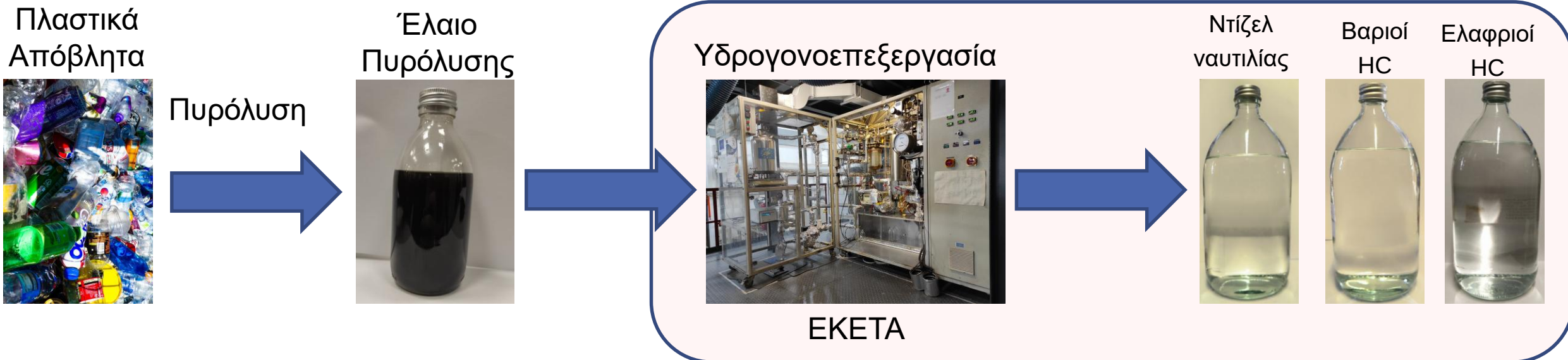
○ Advantages

○ Challenges



*IMO: International Marine Organization

Παραγωγή εναλλακτικού ντίζελ ναυτιλίας από πλαστικά απόβλητα



- **1' Φάση:** Αξιολόγηση – Βελτιστοποίηση της τεχνολογίας σε TRL 3 πιλοτική μονάδα HDT
- **2' Φάση:** Κλιμάκωση & Επίδειξη τεχνολογίας σε επίπεδο TRL 5

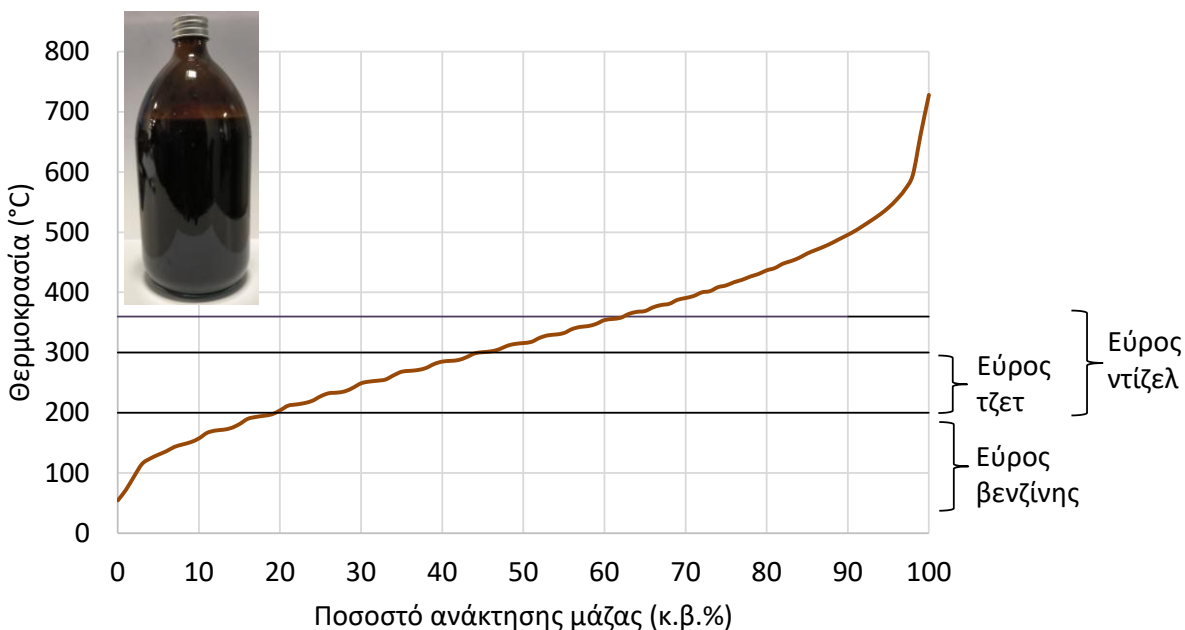
1' Φάση:

Αξιολόγηση – Βελτιστοποίηση της τεχνολογίας σε TRL 3 πιλοτική μονάδα HDT

Αξιολόγηση Τροφοδοσίας Ελαίου Πυρόλυσης Πλαστικών

- **Αξιολόγηση τροφοδοσίας (Βιοέλαιο πυρόλυσης πλαστικών)**

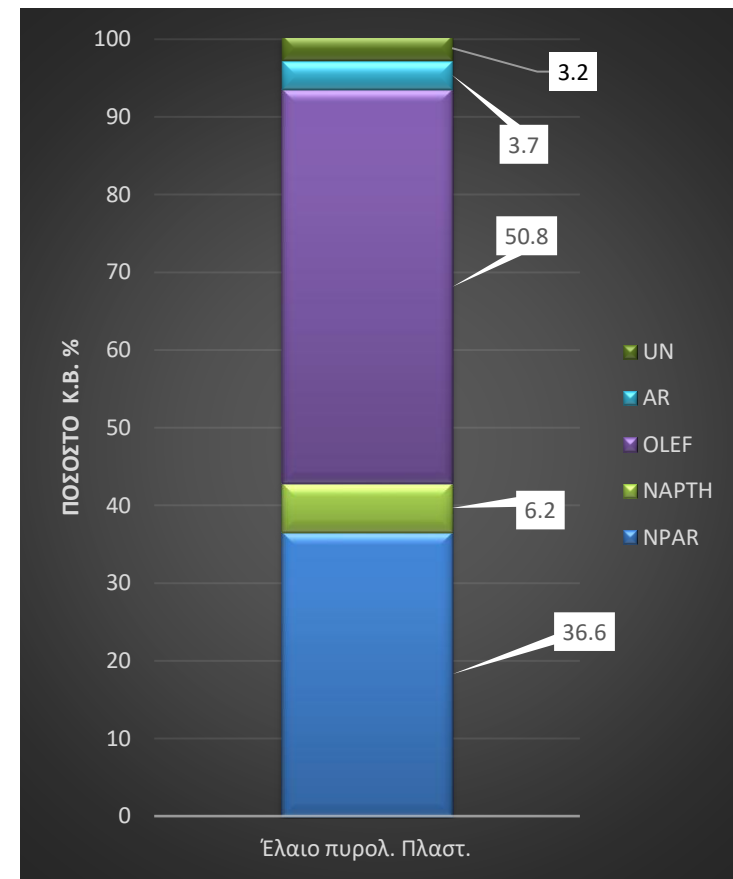
- 20 % κ.β. HC στο εύρος βρασμού της βενζίνης
- 25 % κ.β. HC στο εύρος βρασμού του τζετ
- 15 (40) % κ.β. HC στο εύρος βρασμού του ντίζελ
- 35 % κ.β. βαρύτεροι HC (>360°C)



- Υψηλό N
- Υψηλό σημείο ροής

Ιδιότητες	Μονάδες	Τιμές
Πυκνότητα @ 15°C	g/ml	0.8142
S	wppm	156
C	wt%	86.05
H	wt%	13.73
N	wppm	1066
O	wt%	0.10
H ₂ O	wt%	0.0609
TAN	mgKOH/g	0.39
Αριθ. Κετανίου	-	67.13
HHV	MJ/Kg	46.180
Σημείο ροής	°C	24
Ιξώδες	cSt	7.59

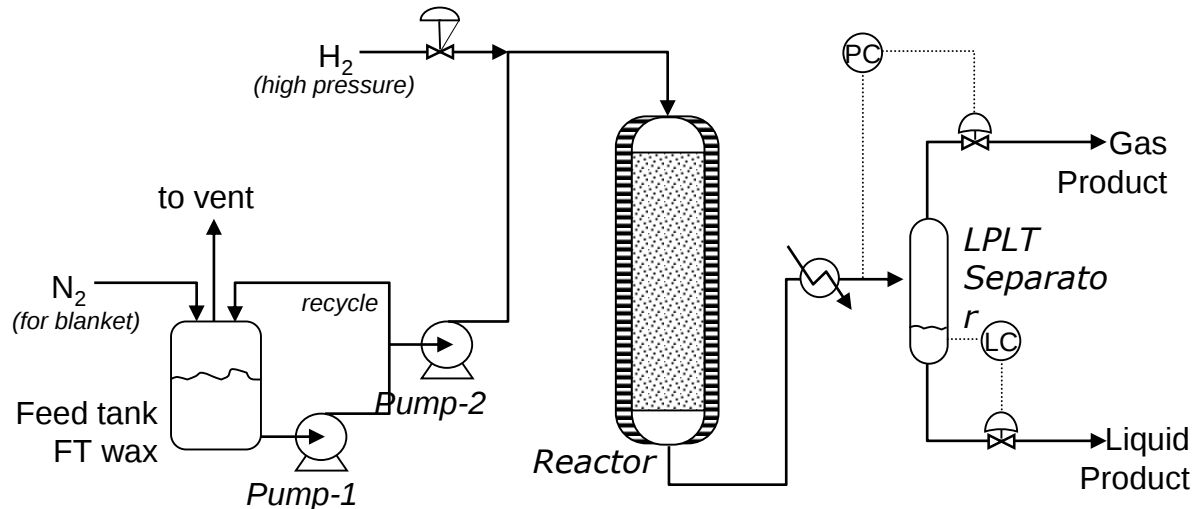
- 50.8 % κ.β. Ολεφίνες
- 36.6 % κ.β. N-Παραφίνες
- 6.2 % κ.β. Ναφθένια
- 3.7 % κ.β. Αρωματικά



Αξιολόγηση – Βελτιστοποίηση Αναβάθμισης Ελαίου Πυρόλυσης Πλαστικών

- **Εξοπλισμός: TRL 3 συνεχούς λειτουργίας μονάδα υδρογονοεπεξεργασίας (ΕΚΕΤΑ)**
 - Αντιδραστήρας με 6 ζώνες θέρμανσης
 - Σύστημα αέριων προϊόντων εξοπλισμένο με Online GC chromatograph
- **Δυναμικότητα 20-60 ml/h**
- **Θερμ. εύρος: 200°-390°C / Εύρος πιέσεων: 600-2000 psi**

- **Εμπορικοί καταλύτες**
 - Έχουν παρουσιάσει στο παρελθόν, πολύ καλά αποτελέσματα στην αναβάθμιση βιοελαίου από λιγνοκυτταρινική βιομάζας
- **Στόχοι:**
 - Μεγιστοποίηση εκλεκτικότητας σε ντίζελ ναυτιλίας
 - Σταθερή ποιότητα προϊόντων
 - Ελαχιστοποίηση κόστους διεργασίας



Πιλοτική μονάδα υδρογονοεπεξεργασίας TRL3 (ΕΚΕΤΑ)



Εξεταζόμενο Παράθυρο Λειτουργίας

- **Κύριος στόχος: Βελτιστοποίηση – Αξιολόγηση τεχνολογίας**

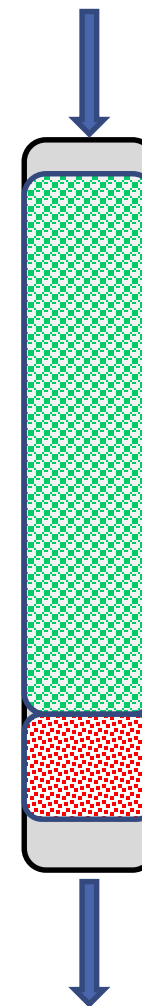
- 5 συνθήκες λειτουργίας εξετάστηκαν

- Θερμοκρασία 345°-375°C
- Πίεση 1200-1500 psi
- LHSV 0.75-1 hr⁻¹
- H₂/έλαιο 3000-5000 scfb



Συνθήκες	1	2	3	4	5
Θερμ. (°C)	345	375	375	375	375
Πίεση. (psi)	1200	1200	1200	1500	1200
LHSV (hr ⁻¹)	1	1	0.75	0.75	0.75
H ₂ /έλαιο (scfb)	5000	5000	5000	5000	3000
Ροή ελαίου (ml/h)	40	40	30	30	30

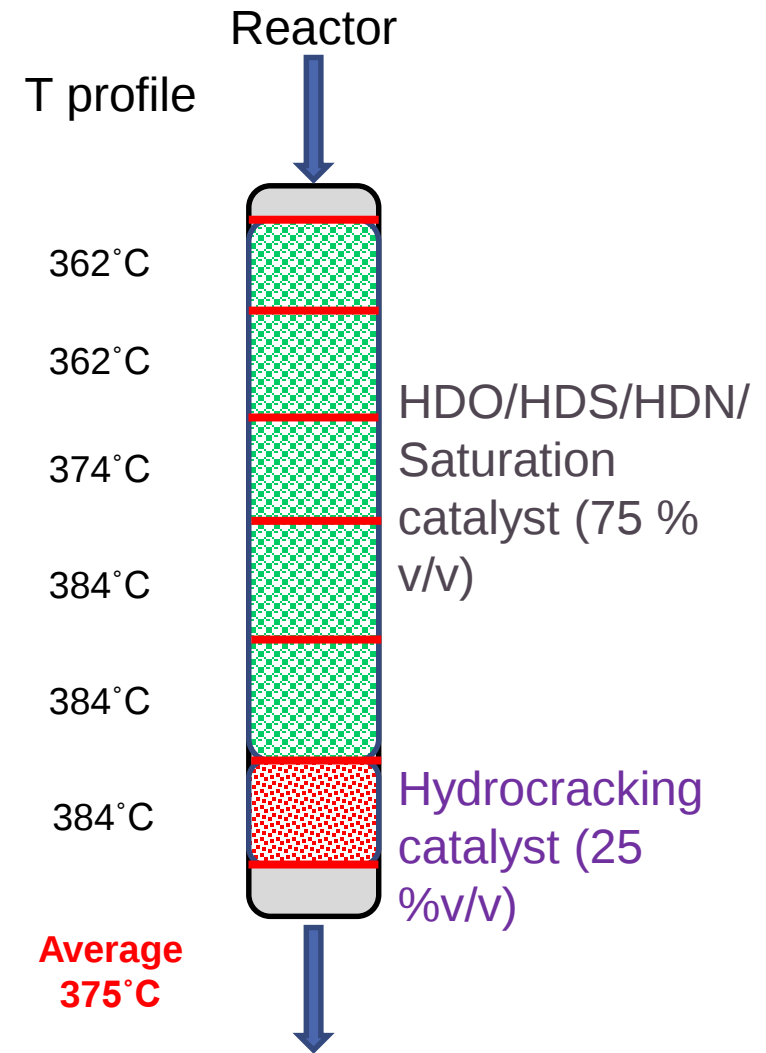
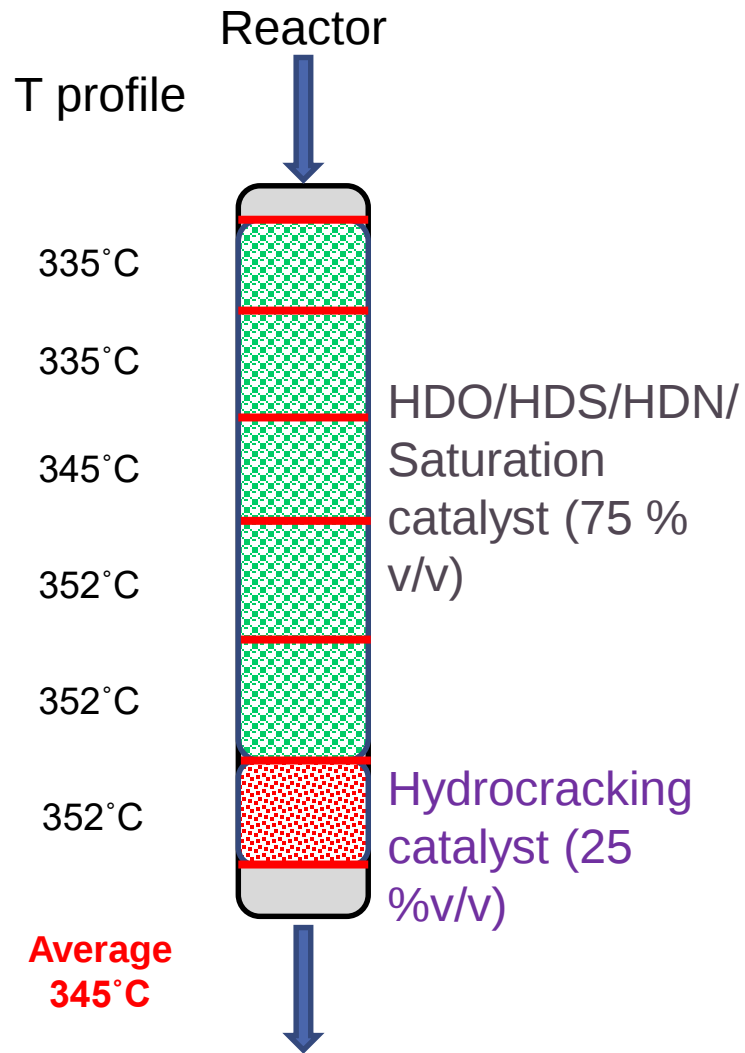
Αντιδραστήρας
downflow



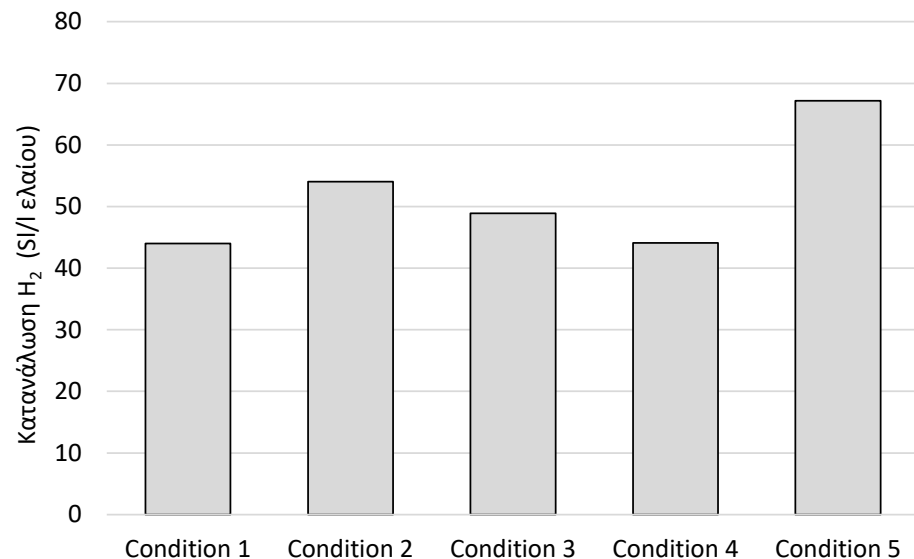
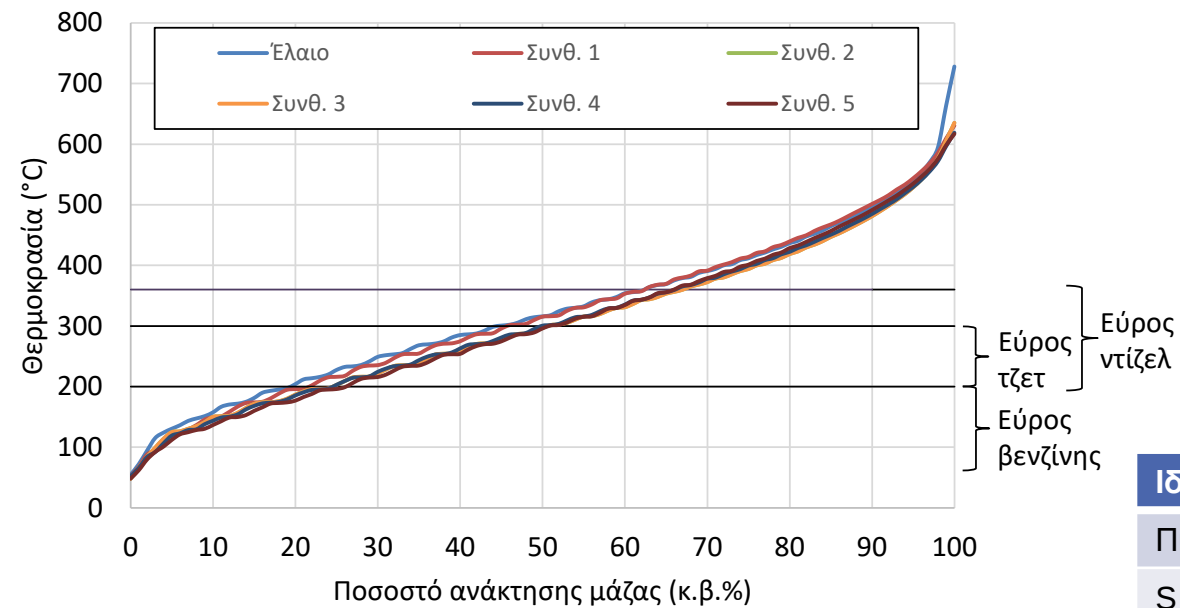
HDO/HDS/HDN/
καταλύτης
κορεσμού
(75 % v/v)

Καταλύτης
hydrocracking
(25 %v/v)

Θερμοκρασιακό Προφίλ Αντιδραστήρα



Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων 1/2

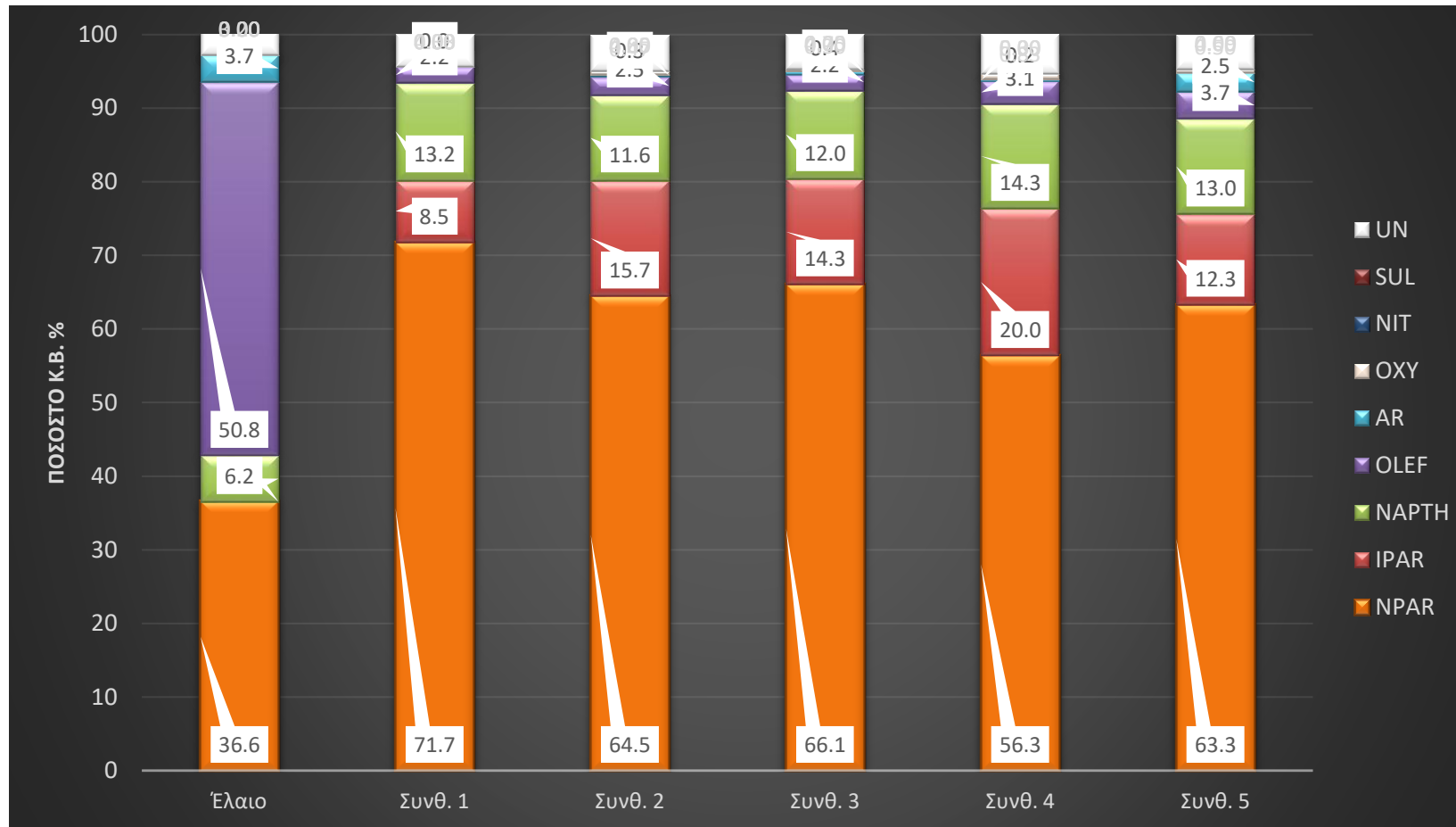


Αξιολόγηση υγρών προϊόντων

- Θείο <10 wppm
- Σχεδόν μηδενικό άζωτο
- Μείωση σημείου ροής ~15°C
- Υψηλό αριθμό κετανίου >72

Ιδιότητες	Μονάδες	Έλαιο	1	2	3	4	5
Πυκ. @ 15°C	g/ml	0.814	0.797	0.792	0.794	0.794	0.795
S	Wppm	156	10.6	7.6	10.9	6.4	16.9
C	wt%	86.05	84.76	85.19	85.22	84.92	84.93
H	wt%	13.73	14.55	14.67	14.67	14.74	14.76
N	wppm	1066	0	0	0	0	0
O	wt%	0.10	0.68	0.14	0.10	0.33	0.31
H ₂ O	wt%	0.0609	0.011	-	-	-	-
Αρ. Κετανίου	-	67.13	74.07	73.54	72.10	73.65	72.62
HHV	MJ/Kg	46.180	46.65	47.00	47.02	46.97	47.00
Σημείο ροής	°C	24	<42	15	15	22	21
Ιξώδες	cSt	7.59	2.85	2.25	2.16	2.28	2.35

Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων 1/2



- Μετατροπή Ολεφίνων σε N- παραφίνες, ισο-παραφίνες και Ναφθένια

2' Φάση:

Κλιμάκωση & Επίδειξη τεχνολογίας σε επίπεδο TRL 5

Κλιμάκωση & Επίδειξη Τεχνολογίας σε TRL5

- **Κύριος στόχος:** Κλιμάκωση τεχνολογίας σε TRL5 κλίμακα

- Παραγωγή 62 λίτρα τελικού υγρού προϊόντος
- Συνεχής λειτουργία για 15 ημέρες

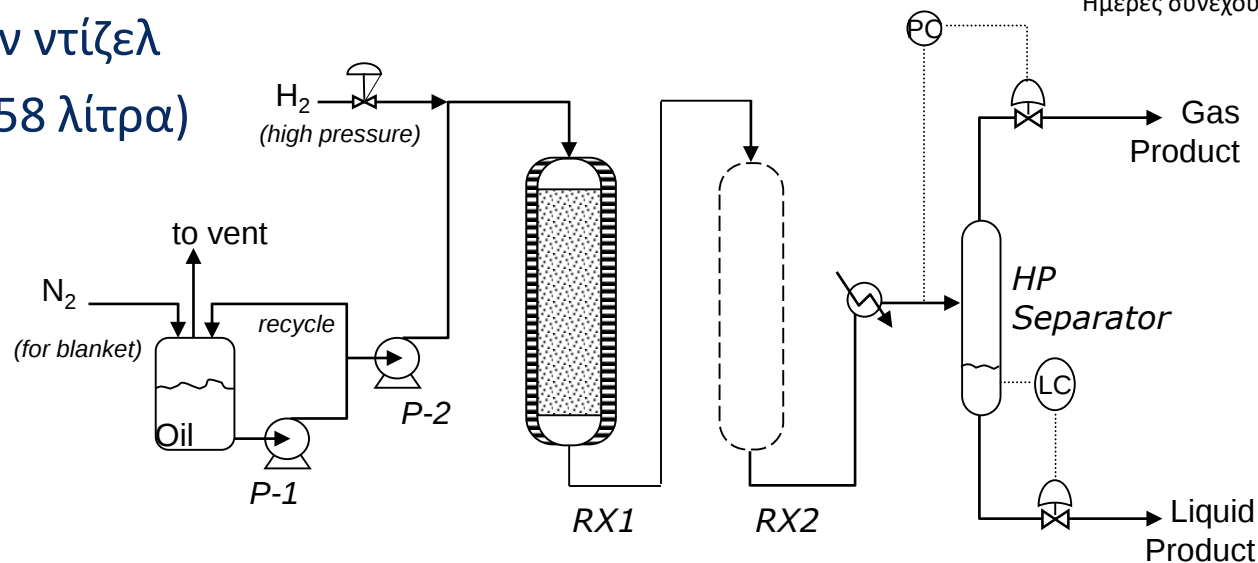
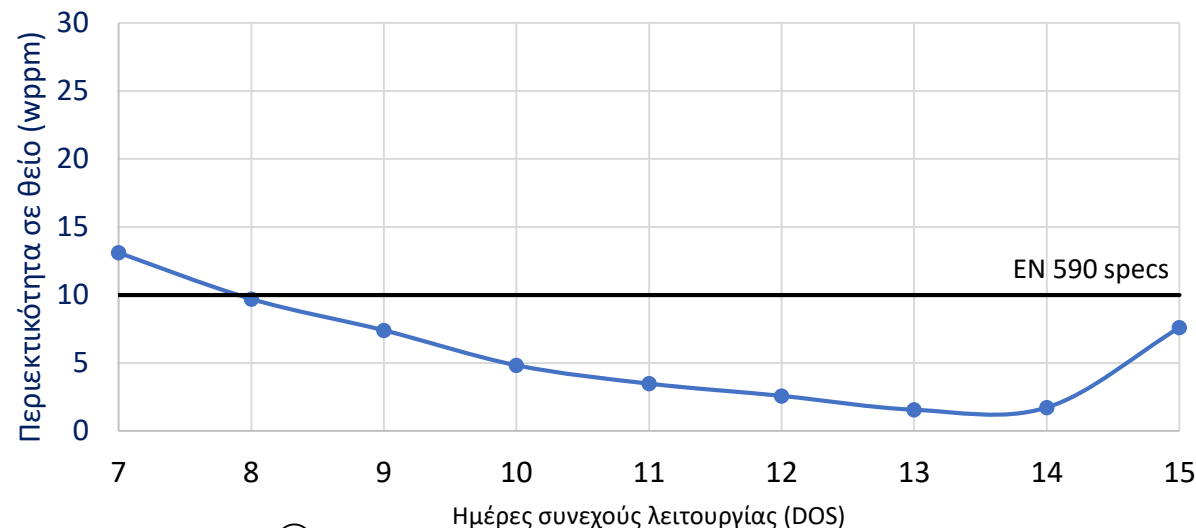
- Λειτουργία με 1 αντιδραστήρα

- Ροή 250 ml/h

- Στόχος: παραγωγή 20 λίτρων ντίζελ ναυτιλίας (παρήχθησαν 23.58 λίτρα)

Συνθήκη	1
Θερμ. (°C)	375
Πίεση. (psi)	1200
LHSV (hr ⁻¹)	1
H ₂ /έλαιο (scfb)	5000

Αναβαθμισμένο
έλαιο

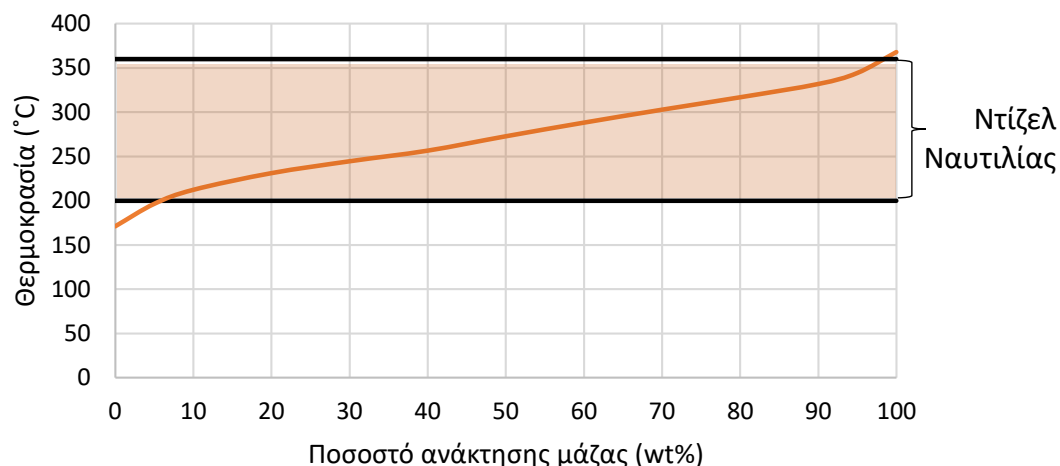


Επίδειξη Τεχνολογίας σε TRL 5 Κλίμακα

- **Κλασματική απόσταξη τελικού προϊόντος**
 - 21.98 % κ.β. HC στο εύρος βρασμού της βενζίνης (<200°C)
 - 43.26 % κ.β. HC στο εύρος βρασμού του ντίζελ ναυτιλίας (200°-360°C)
 - 34.77 % κ.β. βαρύτεροι HC (>360°C)
- **Ποιοτική αξιολόγηση ναυτιλιακού ντίζελ**
 - Πληροί τις προδιαγραφές DMA
- **Το καύσιμο παραδόθηκε στη Σχολή Ναυτικών Δοκιμών (HNA, Hellenic Naval Academy)**
 - Δοκιμή σε κινητήρα Volvo



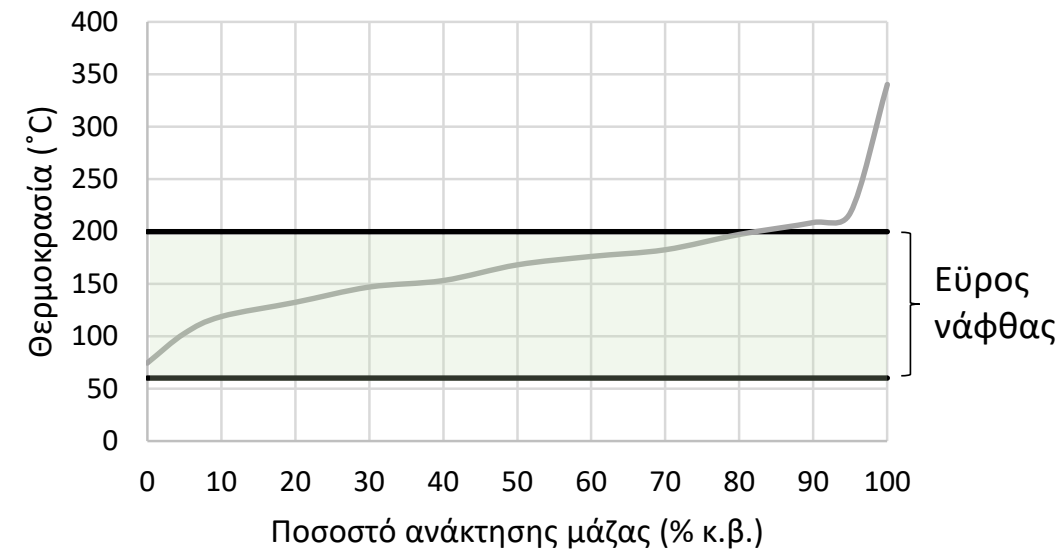
Ιδιότητες	Μον.	Προϊόν	DMA
Πυκ. @ 15°C	g/ml	0.7932	<0.89
S	wppm	5.3	<1000
H	wt%	14.66	-
C	wt%	85.06	-
O	wt%	0.27	-
N	Wppm	0.4	-
TAN	mgKOH/g	0	<0.5
Ιξώδες @ 40°C	cSt	2.602	2-6
Σημείο ανάφλεξης	°C	93	>60
Σημείο ροής: - Χειμερινό - Καλοκαιρινό	°C	-6	<-6 Χειμ. <0 Καλ.
Αρ. Κετανίου	-	69.9	>40
TAN	h	>27	-
CFPP	°C	-6	-
H ₂ O	wt%	0.002	-
HHV	MJ/kg	46.93	-
Διάβρωση	-	1B	-



Μονάδα Απόσταξης

Αξιολόγηση Κλάσματος Βενζίνης

- Το κλάσμα της νάφθας αποτελείται από:
 - 80 % κ.β. HC στο εύρος βρασμού της νάφθας
 - 20 % κ.β. HC στο εύρος βρασμού του ντίζελ
- Ανάγκη για αποδοτικότερη απόσταξη
- Αξιολόγηση νάφθας
 - Πυκνότητα εντός προδιαγραφών
 - Χαμηλό θείο (<10 wppm) εντός προδιαγραφών
 - Χαμηλό σημείο ροής
 - Υψηλή θερμογόνο δύναμη
 - Χρειάζεται περεταίρω αναλύσεις για πλήρης αξιολόγηση (π.χ. αριθμό οκτανίου κτλ.)
- Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτικό καύσιμο χερσαίων μεταφορών (drop-in naphtha)



Ιδιότητες	Μον.	Προϊόν	EN 228
Πυκ. @ 15°C	g/ml	0.7645	0.72-0.775
S	wppm	2.16	<10
H	wt%	14.95	-
C	wt%	85.04	-
O	wt%	0.009	-
N	Wppm	0.3	-
Σημείο ροής:	°C	-53	-
HHV	MJ/kg	47.3	-

Συμπεράσματα

- Επιτυχής ανάπτυξη τεχνολογίας υδρογονοεπεξεργασία ελαίου πυρόλυσης πλαστικών αποβλήτων σε τεχνολογική κλίμακα TRL 3
- Επιτυχής μεταφορά και επίδειξη της τεχνολογίας σε μονάδα τεχνολογικής ετοιμότητας TRL 5
- Η υδρογονοεπεξεργασία ελαίου πυρόλυσης πλαστικών μπορεί να οδηγήσει σε ναυτιλιακά καύσιμα υψηλής ποιότητας που πληρούν όλες τις προδιαγραφές DMA
 - Πολύ υψηλός αριθμός κετανίου (~70)
 - Πολύ καλό σημείο ροής (-6°C)
 - Πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο (5 wppm)



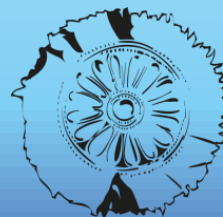


Ευχαριστώ για την Προσοχή σας!

For more information:

Dr. Athanasios Dimitriadis
adimitr@certh.gr

Tel: +30-2310-498-348 | Fax: +30-2310-498-380



CERTH
CENTRE FOR
RESEARCH & TECHNOLOGY
HELLAS

