



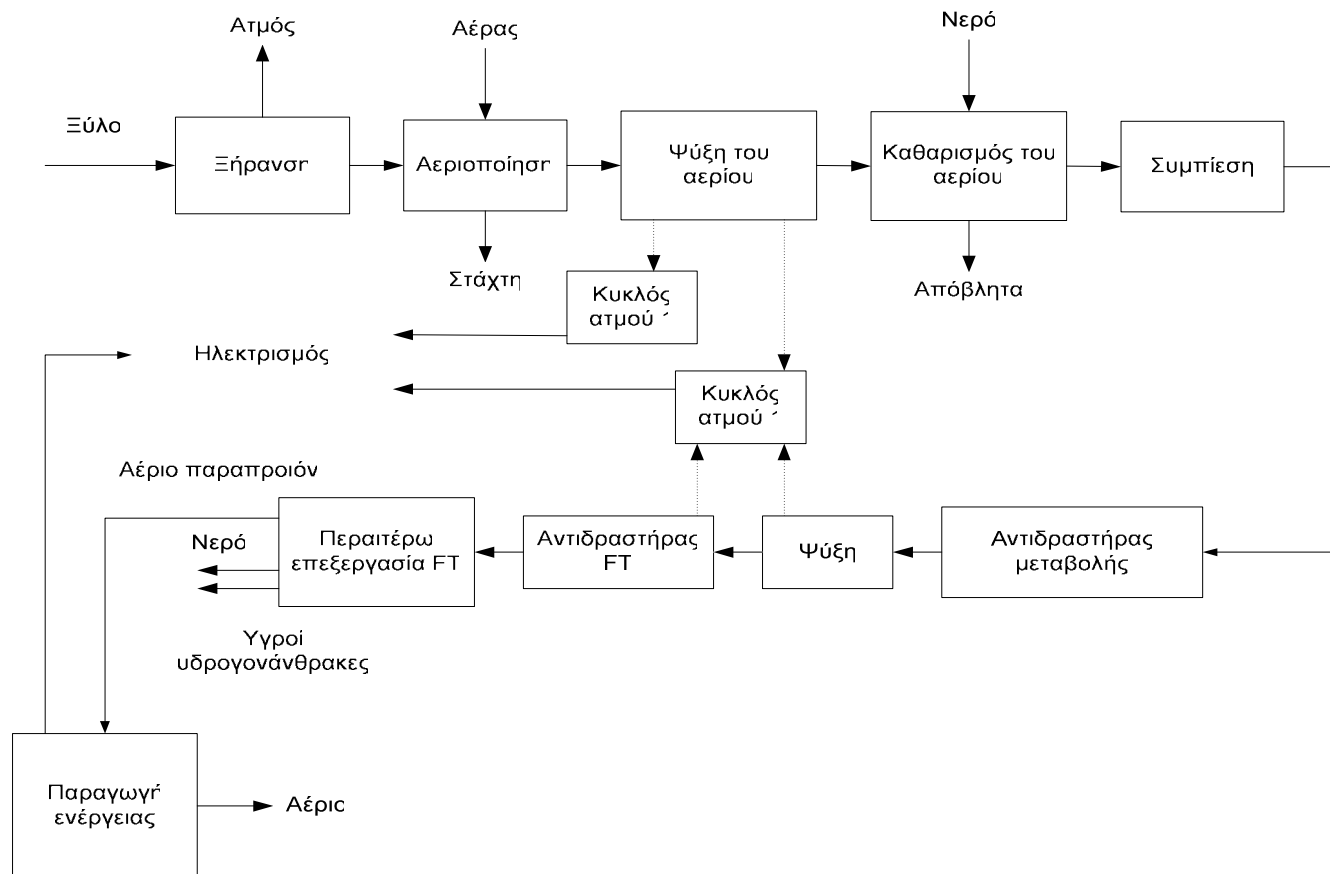
Παραγωγή Βιοκαυσίμων Εξεργειακή Προσέγγιση

**Κορωναίος Χριστοφής
Σπυρίδης Χρήστος
Ρόβας Δημήτριος**



- Η Διαδικασία παραγωγής Fischer-Tropsch καυσίμων από βιομάζα
- Η Διαδικασία παραγωγής μεθανόλης από λάσπη λυμάτων
- Η διαδικασία της υδροθερμικής αναβάθμισης (HTU)
- Αεριοποίηση

J



Η Διαδικασία παραγωγής Fischer-Tropsch καυσίμων από βιομάζα

Για κάθε τμήμα της διαδικασίας έχει υπολογιστεί και ένα εξεργειακό ισοζύγιο:

$$\sum_{in} E_i - \sum_{out} E_i + E^Q - w = I$$

Η συνολική εξεργειακή απόδοση μπορεί να υπολογιστεί:

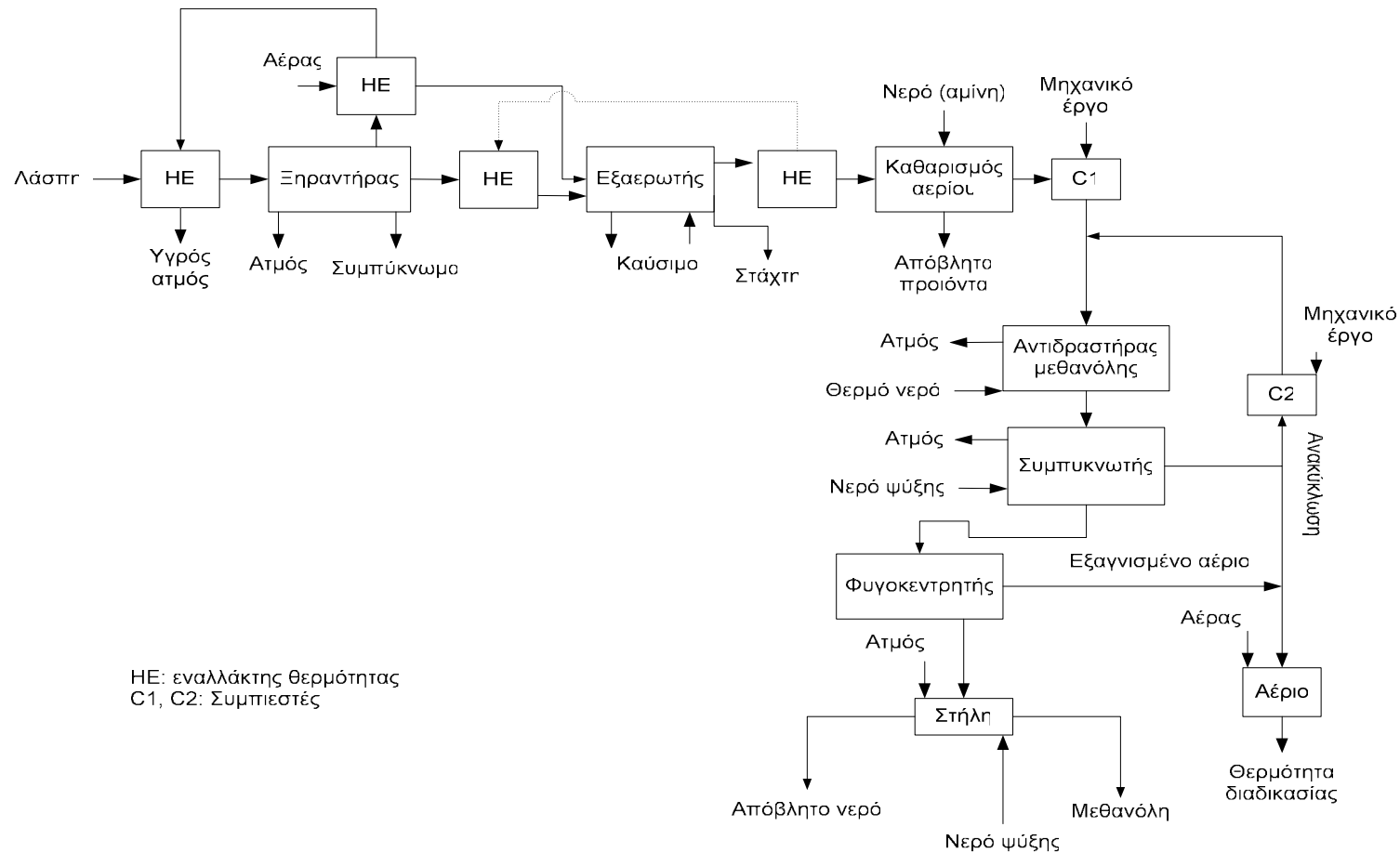
$$\eta_{overall} = \frac{E_{liquid} + W_{net}}{E_{biomass}}$$

[Η Διαδικασία παραγωγής Fischer-Tropsch καυσίμων από βιομάζα]

Αποτελέσματα της εξεργειακής ανάλυσης

- Σε μια κλίμακα διαδικασίας της τάξης των **36.7 ton/h** οργανικού υλικού (57 ton/h βιομάζας), η εγκατάσταση παράγει περίπου **5.6 ton/h** υγρών προϊόντων Fischer-Tropsch. Επομένως η καθαρή έξοδος των καυσίμων υδρογονανθράκων είναι 15.2% κατά βάρος. Στηριζόμενοι στις υψηλότερες θερμογόνους δυνάμεις, η απόδοση σε καύσιμα είναι 36.5 %.
- Το απόθεμα παροχής περιέχει χημική εξέργεια **210.8 MW** και τα τελικά υγρά προϊόντα περιέχουν **72.9 MW** μαζί με την συν-παραγωγή **4.0 MW** ηλεκτρισμού. Η συνολική απόδοση της διαδικασίας υπολογίζεται στα **36.4%**, από το ποσοστό αυτό το εξεργειακό περιεχόμενο των υγρών FT καυσίμων είναι **34.5%** του εξεργειακού περιεχομένου στο απόθεμα παροχής βιομάζας,.
- Για την ατμοσφαιρική αεριοποίηση με κύριο μέσο τον αέρα, η μέγιστη **θερμοδυναμική απόδοση που μπορεί να επιτευχθεί είναι 46.2%**, περιέχοντας **41.8%** σε καύσιμα και **4.4%** σε ηλεκτρισμό.

Η Διαδικασία παραγωγής μεθανόλης από λάσπη λυμάτων



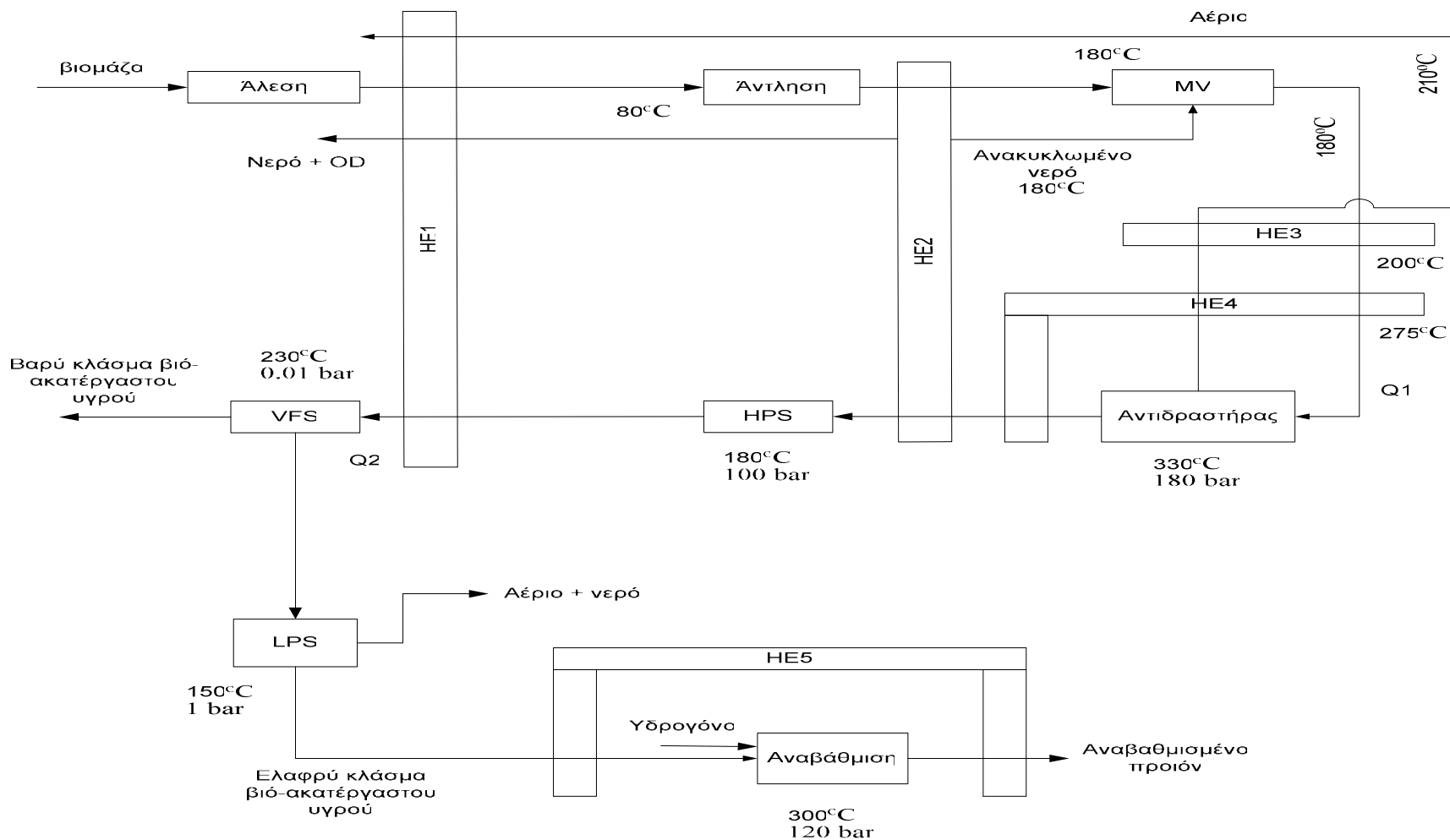
[Η Διαδικασία παραγωγής μεθανόλης από λάσπη λυμάτων]

- Η χημική εξέργεια της λάσπης έχει υπολογιστεί σύμφωνα με την μέθοδο που έχει παρουσιαστεί από Szargut et al. [7] για τεχνικά καύσιμα. Η υπολογισμένη αξία της χημικής εξέργειας της λάσπης είναι **2845 kJ/kg ds**. Ο λόγος της χημικής εξέργειας και της ελάχιστης θερμογόνου αξίας της λάσπης είναι **14225:12000 = 1.18**,
- Η βέλτιστη τιμή της ειδικής αναστρεψιμότητας των **21.1 MJ/kg** μεθανόλης αντιστοιχεί σε περιεκτικότητα ξηρών στερεών **80 κ.β.%** και σε θερμοκρασία εξαερωτή **900 °C**. Από την άλλη η βέλτιστη λογική απόδοση, (η τιμή της οποίας είναι **0.56**), επιτυγχάνεται για την ίδια τιμή της περιεκτικότητας ξηρών στερεών, αλλά για υψηλότερη θερμοκρασία εξαερωτή ίση με **1000 °C**. Αυτή η απόκλιση μπορεί να εξηγηθεί λαμβάνοντας υπ' όψη τους ορισμούς των δύο παραπάνω εξεργειακών εννοιών.

[Η Διαδικασία παραγωγής μεθανόλης από λάσπη λυμάτων]

- Οι περισσότερες από τις απώλειες συνδέονται με την **αεριοποίηση, την συμπίεση και την θερμική ξήρανση** (7.8 MJ/kg, 6.1 MJ/kg και 3.9 MJ/kg μεθανόλης αντίστοιχα).
- Οι αναστρεψιμότητες των άλλων τμημάτων της εγκατάστασης όπως της ανάκτησης θερμότητας (2.6 MJ/kg μεθανόλης), σύνθεση μεθανόλης (0.5 MJ/kg μεθανόλης), διαχωρισμός μεθανόλης (0.3 MJ/kg μεθανόλης) και καθαρισμός αερίου (0.3 MJ/kg μεθανόλης) είναι κατά πολύ μικρότερες

]



Η διαδικασία της υδροθερμικής αναβάθμισης (HTU)

- Η χημική εξέργεια του ξύλου και του βιό-ακατέργαστου υγρού υπολογίζεται με την χρήση της εξίσωσης (4.1) όπως έχει προταθεί από τον Szargut [7].

- **$Exch = \beta(CF - 9LZH) + bchwZW$**

Όπου L είναι η ενθαλπία εξατμίσου του νερού στους 25 οC, bchw η χημική εξέργεια του νερού, και ZW το περιεχόμενο σε νερό.

$$\beta = \frac{\{1.0412 - 0.216(Z_H/Z_C) - 0.249(Z_O/Z_C)[1 + 0.788(Z_H/Z_C)] + 0.045(Z_N/Z_C)\}}{[1 - 0.303(Z_O/Z_C)]}$$

- Όπου ZH, ZO, ZC, ZN είναι η στοιχειομετρική σύνθεση του υδρογόνου, οξυγόνου, άνθρακα και αζώτου, αντίστοιχα, στην βιομάζα.
- Το CF υπολογίζεται από την εξίσωση [9].
- $CF = 33.5(\%C) + 142.3(\%H) - 15.4(\%O)$

[Αεριοποίηση]

- Η εξεργειακή απόδοση μπορεί να οριστεί ως ο λόγος των χημικών εξεργειών του προϊόντος αερίου και της βιομάζας που εισρέει στο σύστημα

$$\Psi_2 = \frac{\mathcal{E}_{ch, gas}}{\mathcal{E}_{ch, biomass}}$$

- Οι δύο παραπάνω ορισμοί εμφανίζουν ένα μειονέκτημα: δεν λαμβάνουν υπόψη τους την αισθητή θερμότητα που περιέχεται στα αέρια προϊόντα. Η περιεχόμενη θερμότητα, στο αέριο της σύνθεσης είναι εκμεταλλεύσιμη, για αυτόν τον λόγο προτιμάται το αέριο σε ανυψωμένη θερμοκρασία από αυτό σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και έτσι η υπολογισμένη απόδοση του θα έπρεπε να εμφανίζεται υψηλότερη. Εντούτοις, αν η αισθητή θερμότητα προστεθεί στην ενεργειακή απόδοση, τότε αυτή η απόδοση θα εμφανίζεται πάντα 100% γιατί ο εξαερωτής λειτουργεί αδιαβατικά.

[Αεριοποίηση]

- Αυτό το πρόβλημα μπορεί να ξεπεραστεί αν η εξεργειακή απόδοση εκφραστεί με βάση την χημική καθώς και την φυσική εξέργεια

$$\Psi_3 = \frac{\mathcal{E}_{ch, gas} + \mathcal{E}_{ph, gas}}{\mathcal{E}_{ch, biomass}}$$

- Η εξεργειακή ανάλυση διενεργείται σύμφωνα με την μέθοδο που έχει προταθεί από τον Szargut et al. [7]. Η χημική εξέργεια της βιομάζας υπολογίζεται με την βοήθεια συσχετισμών για τεχνικά καύσιμα χρησιμοποιώντας την κατώτερη θερμογόνο δύναμη, και τα τμήματα της μάζας της οργανικής ύλης, του θείου, του νερού, αλλά και της στάχτης στην βιομάζα
- $E_{ch, total} = z_{org}(\beta LHV_{org}) + z_s(e_{ch, s} - C_s) + z_{water}e_{ch, water} + z_{ash}e_{ch, ash}$.
- Ο όρος β είναι ο λόγος της χημικής εξέργειας προς την κατώτερη θερμογόνο δύναμη του οργανικού τμήματος της βιομάζας.

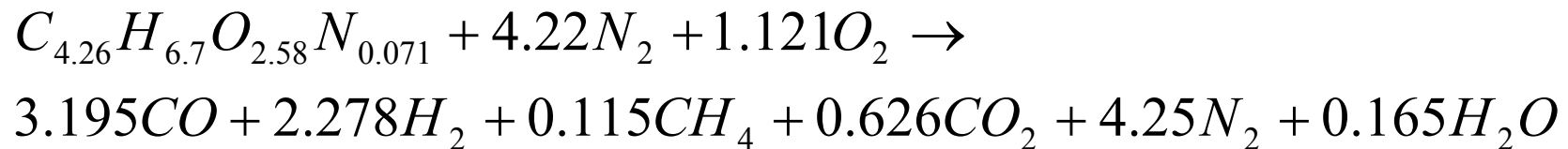
Παραγωγή 1MWeI από τα αστικά απορρίμματα της Θεσσαλονίκης

Τύπος καυσίμου	T (°C)	Σύνθεση του παραγόμενου αερίου (μοριακό κλάσμα)					
		H ₂ O	N ₂	H ₂	CO	CO ₂	CH ₄
<i>RDF</i>	651	0.015	0.397	0.213	0.298	0.061	0.011

Παραγωγή 1MWel από τα αστικά απορρίμματα της Θεσσαλονίκης

Καύσι μο	Μερική ανάλυση (κ.β.%)			Στοιχειομετρική ανάλυση (κ.β.% του οργανικού κλάσματος)				
	Υγρο σία	Στάχ τη	Οργαν ικό κλάσ μα	C	H	O	N	S
<i>RDF</i>	20	-	74.6	51.2	6.7	40.5	1	0.6

Παραγωγή 1MWel από τα αστικά απορρίμματα της Θεσσαλονίκης



$$E_{ch, gas} = \sum x_i \varepsilon_{0i} + RT_0 \sum x_i \ln x_i$$

$$E_{ph, gas} = \sum x_i ((h_i - h_{0i}) - T_0 (s_i - s_{0i}))$$

$$E_{ch, bio} = \beta(C'_i L_W z_W) + z_S (\varepsilon_{CH, S} - C'_S) +$$

$$\varepsilon_{ch, a} Z_a - \varepsilon_{ch, w} Z_w$$

