|  |  |
| --- | --- |
| **Β** | Όνομα:  Επώνυμο: Αρ. Μητρώου: 13 Ιανουαρίου 2020 |

ΘΕΜΑ 1Ο (10 μονάδες)

Σε μέση απόσταση 300 χλμ από τη θέση όπου πρόκειται να εγκατασταθεί μονάδα συμπαραγωγής από βιομάζα, υπάρχουν διαθέσιμα 3 εκ στρ για την παραγωγή αγριαγκινάρας. Τα ετήσια καλλιεργητικά κόστη για την παραγωγή αγριαγκινάρας είναι 20 €/στρ, η ετήσια αποπληρωμή της αρχικής εγκατάστασης της φυτείας 10 €/στρ και το επιθυμητό περιθώριο κέρδους από τον παραγωγό 50 €/στρ. Αν η μέση στρεμματική απόδοση της αγριαγκινάρας στην περιοχή αναμένεται να είναι 1 ξ.τν/στρ και η σύσταση της φυσικής βιομάζας είναι C 52 %, Η 7 %, Ο 41, Τέφρα 6 % και υγρασία 12 %, να υπολογιστεί το ειδικό κόστος (€/ΜWh) της θερμικής ενέργειας εισόδου στη μονάδα με βάση την ΑΘΔ και την ΚΘΔ της πρώτης ύλης. Για τη μεταφορά βιομάζας αγριαγκινάρας χρησιμοποιούνται “μπάλες” με φαινόμενη πυκνότητα 250 kg/m3. Δίνονται: μέγιστη χωρητικότητα φορτηγού 40 tn (ή 130 m3), κόστος φορτοεκφόρτωσης 65 €, μέση ταχύτητα 65 km/hr, κατανάλωση καυσίμου 45 lt/100 km, κόστος καυσίμου 1,5 €lt και κόστος οδηγού και ιδιοκτήτη φορτηγού 25 €/hr.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Σύσταση ξετ βιομάζας** | **C** | 520,00 | **gr/kg** | 43,33 | **mol/kg** |
|  | **H** | 70,00 | **gr/kg** | 70,00 | **mol/kg** |
|  | **O** | 410,00 | **gr/kg** | 25,63 | **mol/kg** |
| **ΑΘΔ ξετ βιομάζας** | 20326,39 | **kJ/kg ξετ βιομ.** | **Παραγωγή βιομ.** | 1,14 | **tn βιομ./στρ** |
| **ΑΘΔ βιομάζας** | 16667,64 | **kJ/kg βιομ.** | **Συνολική παραγωγή βιομ.** | 3409091 | **tn βιομ./έτος** |
| **Περιεχόμενη Υγρασία** | 6,67 | **mol/kg βιομ.** | **Φορτίο βιομ.** | 32,50 | **tn βιομ./δρομολόγιο** |
| **Παραγόμενη Υγρασία** | 28,70 | **mol/kg βιομ.** | **Κόστος μεταφοράς βιομ.** | 21,56 | **€/tn βιομ.** |
| **Ολική υγρασία** | 35,37 | **mol/kg βιομ.** | **κέρδος παραγωγού** | 44,00 | **€/tn** |
| **ΚΘΔ βιομάζας** | 15228,22 | **kJ/kg βιομ.** | **κόστη παραγωγού** | 26,40 | **€/tn** |
| **ΑΘΔ βιομάζας** | 4,63 | **MWh/tn βιομ.** | **Συνολικό κόστος βιομ.** | 91,96 | **€/tn** |
| **ΚΘΔ βιομάζας** | 4,23 | **MWh/tn βιομ.** | **κόστος θερμικής ενέργειας** | 19,863 | **€/MWh ΑΘΔ** |
|  |  |  |  | 21,740 | **€/MWh ΚΘΔ** |

ΘΕΜΑ 2Ο (10 μονάδες)

Η βιομάζα του Θέματος 1 τροφοδοτείται σε καυστήρα τα απαέρια του οποίου εξέρχονται στους 120 οC και περιέχουν 2 % CO, ενώ τροφοδοτείται 50 % περίσσεια αέρα. Να υπολογιστεί η ωφέλιμη θερμική ισχύς και η απόδοση του καυστήρα ως προς την ΚΘΔ της τροφοδοτούμενης βιομάζας. Ο καυστήρας χρησιμοποιείται για την υπερθέρμανση ατμού στους 500 oC και την τροφοδοσία του σε ατμοστρόβιλο. Να υπολογιστεί η ονομαστική ηλεκτρική και θερμική ισχύς της διάταξης καυστήρα – ατμοστροβίλου, καθώς και η ηλεκτρική απόδοση αν η πίεση λειτουργίας του τελευταίου είναι 10 MPa και για τη συμπαραγωγή η θερμοκρασία στον συμπυκνωτή είναι 80 oC. Οι ισεντροπικές αποδόσεις της αντλίας και του στροβίλου είναι 90 %.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Θερμ. σχημ. ξετ βιομ.** | 6728,27 | **kJ/kg ξετ βιομ.** | **h1** | 335,02 | **kJ/kg** | **wout** | 980,41 | **kJ/kg** |
| **Οξυγόνο για πλ. Καύση** | 39,38 | **mol O2/kg βιομ.** | **wins** | 12,35 | **kJ/kg** | **h4** | 2.394,69 | **kJ/kg** |
| **Τροφοδοσία Οξυγόνου** | 59,07 | **mol O2/kg βιομ.** | **win** | 13,72 | **kJ/kg** | **Wout** | 4.063,59 | **kJ/kg βιομ.** |
| **Τροφοδοσία Αζώτου** | 222,20 | **mol O2/kg βιομ.** | **h2** | 348,74 | **kJ/kg** | **Win** | 56,86 | **kJ/kg βιομ.** |
| **Παραγόμενη θερμότητα** | 16121,43 | **kJ/kg βιομ.** | **Ατμός** | 4,14 | **kg/kg βιομ.** | **Wel** | 4.006,73 | **kJ/kg βιομ.** |
| **Απώλειες καυσαερίων** | 895,25 | **kJ/kg βιομ.** | **x4s** | 0,85 |  | **Q** | 8.536,93 | **kJ/kg βιομ.** |
| **Λανθάνουσα θερμότητα** | 1439,42 | **kJ/kg βιομ.** | **h4s** | 2.285,76 | **kJ/kg** | **nel** | 26,31 | **%** |
| **Ωφέλιμη θερμότητα** | 13786,75 | **kJ/kg βιομ.** | **wouts** | 1.089,34 | **kJ/kg** | **nth** | 56,06 | **%** |
| **Απαέρια** |  |  |  |  |  | **ncogen** | 82,37 | **%** |
| **CO2** | 29,21 | **mol/kg βιομάζας** |  |  |  |  |  |  |
| **H2O** | 35,37 | **mol/kg βιομάζας** |  |  |  |  |  |  |
| **CO\*** | 6,32 | **mol/kg βιομάζας** |  |  |  |  |  |  |
| **O2** | 22,85 | **mol/kg βιομάζας** |  |  |  |  |  |  |
| **N2** | 222,20 | **mol/kg βιομάζας** |  |  |  |  |  |  |
| **Συνολικά** | 315,95 | **mol/kg βιομάζας** |  |  |  |  |  |  |

ΘΕΜΑ 3Ο (10 μονάδες)

Η βιομάζα του Θέματος 1 τροφοδοτείται σε μονάδα αεριοποίησης. Να συμπληρωθούν οι Πίνακες λύσης. Δίνονται:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Οξυγόνο Αεριοποίησης | 15 | % Ο2 καύσης | **Υπόλειμ. (οργανικό μέρος)** | | |
| Η2Ο Αεριοποίησης | 3 | mol/mol O2 | C | 90 | % |
| Έκταση Αεριοποίησης | 90 | % ξηρής βιομ. | H | 1 | % |
| CH4 στο αέριο αεριοπ. | 8 | % | O | 9 | % |

Πίνακας Λύσης

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Αεριοιποιητής** | | | | | | | |  | | | | |  | |  | | | |  | | |  |
| **μέσο αεριοποίησης** | | | | **Ισοζύγια mol** | | | **είσοδος** | | | | **υπόλειμμα** | | | **αέριο** | | **Παραγόμενο Αέριο** | | | | | | |
| Ο2 | | 5,91 | mol/kg βιομ. | C, mol/kg βιομ. | | | 35,53 | | | | 0,00300 | | | 35,530 | | Η2 | 40,86 | | | mol/kg βιομ. | | |
| Η2Ο | | 17,72 | mol/kg βιόμ. | Η, mol/kg βιομ. | | | 106,17 | | | | 0,00040 | | | 106,172 | | CO | 1,63 | | | mol/kg βιομ. | | |
| Οργανικό Υπόλειμμα | | |  | Ο, mol/kg βιομ. | | | 57,21 | | | | 0,00023 | | | 57,212 | | CH4 | 6,11 | | | mol/kg βιομ. | | |
| 0,040 | kg/kg βιομ. | |  | | |  | | | |  | | |  | | | CO2 | 27,79 | | | mol/kg βιομ. | | |
| Θερμότητα Αντίδρασης | | | 157,68 | | kJ/kg βιομ. | | | |  | | | Θερμοκρασία αερίου | | | | | | 906,48 | | | οC | |
| Θερμότητα εξάτμισης νερού | | | 992,52 | | kJ/kg βιομ. | | | |  | | | ΚΘΔ αερίου | | | | | | 15245,94 | | | kJ/kg βιομ. | |
| ΚΘΔ υπολείμματος | | | 1212,84 | | kJ/kg βιομ. | | | |  | | | Όγκος αερίου | | | | | | 1,71 | | | m3/kg βιομ. | |
|  | | |  | |  | | | |  | | | ΚΘΔ αερίου | | | | | | 8909,42 | | | kJ/m3 | |
| Θερμοκρασία αερίου | | | 1179,48 | | K | | | |  | | | Αισθητή θερμ. αερίου | | | | | | 2363,04 | | | kJ/kg βιομ. | |

ΘΕΜΑ 4Ο (10 μονάδες)

Μονάδα αναερόβιας χώνευσης τροφοδοτείται με ζωικά απόβλητα (2000 tn/yr) και ενεργειακό αραβόσιτο (2000 tn/gr – Πίνακας Δεδομένων). Να συμπληρωθεί ο Πίνακας Αποτελεσμάτων.

Πίνακας Δεδομένων

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ολικά στερεά στον χωνευτή | | 8 | % |  |  |  |
|  | ζωικά | αραβόσιτος |  |  |  |  |
| C | 60 | 55 | % κ.β. | μετατροπή πτητικών στερεών | 70 | % VS |
| O | 35 | 40 | % κ.β. | Θερμοκρασία χώνευσης | 37 | οC |
| H | 5 | 5 | % κ.β. |  |  |  |
| ανόργανα | 10 | 4 | % κ.β. |  |  |  |
| πτητικά στερεά (VS) | 60 | 80 | % TS |  |  |  |

Πίνακας Αποτελεσμάτων

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Σύσταση ολικών στερεών (2,5 μονάδες)** | |  |  |  | **Χωνευτής (2,5 μονάδες)** | |  |  |  |
| C | 53,40 | % κ.β. |  |  | Μετατροπή στερεών | 70,00 | % VS |  |  |
| O | 34,95 | % κ.β. |  |  | HRT | 62,08 | days |  |  |
| H | 4,65 | % κ.β. |  |  | Τροφοδοσία | 136,99 | m3/d | **0,0016** | m3/s |
| ανόργανα | 7,00 | % κ.β. |  |  | V υγρής φάσης | 8504,69 | m3 |  |  |
| σταθερός άνθρακας | 23,00 | % TS |  |  | V χωνευτή | 11339,58 | m3 |  |  |
| **Σύσταση πτητικών στερεών (2,5 μονάδες)** | | |  |  | **Παραγωγή βιοαερίου (2,5 μονάδες)** | | |  |  |
| C | 43,43 | % κ.β. | 36,19 | mol/kgVS | CH4 | 18,60 | mol/kgVS |  |  |
| O | 49,93 | % κ.β. | 31,21 | mol/kgVS | CO2 | 17,59 | mol/kgVS |  |  |
| H | 6,64 | % κ.β. | 66,43 | mol/kgVS | CH4 | 51,39 | % κ.ο. |  |  |
| **Τροφοδοσία πτητικών στερεών** | 70,00 | % TS |  |  | CO2 | 48,61 | % κ.ο. |  |  |
|  | 2800 | tnVS/yr |  |  | βιοαέριο | 50,38 | lt/s |  |  |
|  | 0,089 | kgVS/s |  |  | ΚΘΔ βιοαερίου | 18,41 | kJ/lt | **927,69** | kJ/s |

ΑΘΔ = 33.890,4 xC + 144.180,6 x (H – O/8) [kJ/kg] Λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης νερού: 40,7 kJ/mol

Αντίδραση χώνευσης: **CaHbOcNd** + [(4a-b-2c+3d)/4]**H2O** => [(4a+b-2c-3d)/8]**CH4** + [(4a-b+2c+3d)/8]**CO2** + d**NH3**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Θερμοδυναμικά Δεδομένα Ατμού** | | |  | **Άλλα θερμοδυναμικά δεδομένα** | | |
| **Τ, οC** | 80 | 311 | 500 | **ΔΗCO2** | 393,5 | kJ/mol |
| **P, bar** | 0,47416 | 100 | 100 | **ΔΗCO** | 110,5 | kJ/mol |
| **vl, m3/kg** | 0,001029 | 0,001452 |  | **ΔΗH2Og** | 241,8 | kJ/mol |
| **hl, kJ/kg** | 335,02 |  |  | **ΔΗCH4** | 74,5 | kJ/mol |
| **hv, kJ/kg** | 2643,0 |  | 3375,1 | **kJ/molK** | **α** | **β** |
| **sl, kJ/kgK** | 1,0756 |  |  | **cpH2** | 0,028 | 0,00000339 |
| **sg, kJ/kgK** | 7,6111 |  | 6,5995 | **cpCO** | 0,028 | 5,02E-06 |
|  |  |  |  | **cpCH4** | 0,022 | 4,81E-06 |
|  |  |  |  | **cpCO2** | 0,043 | 1,15E-05 |
|  |  |  |  | **cpH2O** | 0,034 | 6,28E-07 |
|  |  |  |  | **cpO2** | 0,035 | 1,08E-06 |