

Περιεχόμενα.....	1
Περίληψη.....	3
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
1.1. Ο ρόλος του λιγνίτη	5
1.2. Η χρήση του λιγνίτη στην Ελλάδα.....	6
1.3. Η σημασία στην ξήρανση του λιγνίτη.....	7
1.4. Σύγχρονοι μέθοδοι ξήρανσης.....	9
1.4.1.Θερμικές διαδικασίες αφαίρεσης της υγρασίας	9
1.4.2. Διαδικασίες απομάκρυνσης νερού με την αφαίρεση της υγρασίας.....	12
1.4.3. Μέθοδος ξήρανσης WTA.....	15
2. WTA Η ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ.....	18
2.1. Η σημασία στην επεξεργασία λιγνίτη.....	18
2.2. Τεχνολογίες ξήρανσης του φυσικού λιγνίτη.....	19
2.3. Η πρώτη εφαρμογή στο εργοστάσιο στο frechen.....	21
2.4. Η βασική ιδέα της προξηρανσης του λιγνίτη.....	24
2.5. Τεχνολογία wta για την ξήρανση λιγνίτη.....	25
2.6. Λειτουργία της wta.....	27
2.7. Η υγρασία είναι κριτήριο για την απόδοση της μονάδας wta.....	28
2.8. Παραλλαγές της χρησιμοποίησης ατμού.....	30
2.8.1.Ξήρανση wta με τη συμπύκνωση ατμού.....	31
2.8.2. Ξήρανση wta με τη συμπίεση ατμού και προθέρμανση του φυσικού λιγνίτη.....	33
2.9 Ανάπτυξη της μεθόδου ξήρανσης WTA.....	34
3. ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΩΣ ΠΡΩΣ ΤΗΝ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΗ.....	38
3.1. Εισαγωγή λιγνίτη με διαφορετική κοκκομετρία.....	38
3.2. Γενική διαδικασία λεπτόκοκκου λιγνίτη.....	38
3.3.Ικανότητα και εξοπλισμός εγκαταστάσεων	41
3.4.Επανασχεδιασμός των επιμέρους τμημάτων της μονάδας	41
3.5. Ατμοπαραγωγοί προξηραμένου λιγνίτη.....	42
3.6. Σχεδιασμός ξηραντήρα.....	44
3.7. Σχεδιασμός λέβητα.....	45
3.8. Συμμετρική καύση.....	47
3.9. Κόστος επένδυσης για την μονάδα.....	48
3.10. Εγκατάσταση σε συμβατική μονάδα.....	49

3.11. Δοκιμαστική εγκατάσταση wta.....	51
3.12. Η αποδοχή των λιγνιτικών μοναδών συμπεριλαμβανομένου και της προξυρανσης.....	54
3.13. Μείωση των ρύπων με την αύξηση της απόδοσης της μονάδας wta.....	55
4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΗΣ 5ΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ.....	57
4.1. Αρχή λειτουργίας της συμβατικής μονάδας.....	57
4.1.2.Υπολογισμός της σύστασης των καυσαερίων.....	61
4.1.3.Εύρεση της ωφελουμένης ενέργειας στο λέβητα	63
4.1.4.Θερμότητα που προσφέρεται στους μύλους.....	64
4.1.5. Ισολογισμός στο μύλο για εύρεση της ποσότητας της μάζας του αέρα και των καυσαερίων.....	65
4.2.Αρχή λειτουργίας της μονάδας με χρήση WTA.....	66
4.2.2.Προθερμαντές.....	68
4.2.3.Εσωτερικά της κλίνης.....	70
4.2.4.Στρόβιλοι.....	72
5. ΣΥΝΟΨΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	74
Παράρτημα.....	76
Βιβλιογραφία.....	79

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία έχει ως θέμα την εσωτερική ανάκτηση της θερμότητας από την εξατμιζόμενη υγρασία του λιγνίτη στον θερμικό κύκλο. Γίνεται εκτενή αναφορά και μελέτη στην χρήση της μεθόδου WTA (Wirbelschicht Trocknung mit interner Abwarmenutzung) κατά την οποία η θερμότητα ανάκτησης χρησιμοποιείται προς αύξηση της θερμοκρασίας του τροφοδοτικού νερού του συστήματος ,αλλά και η συμπυκνωμένη υγρασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συμπληρωματικό νερό στον πύργο ψύξης λόγω της αναγκαιότητας της μονάδας για μεγάλες ποσότητες νερού. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της απόδοσης της μονάδας ,την μείωση της κατανάλωσης καυσίμου εξαιτίας της αύξησης της θερμογόνου δύναμης του λόγω της προξήρανσης που υπέστη, με συνέπεια να έχουμε λιγότερους ρύπους αλλά και λειτουργικά – κατασκευαστικά έξοδα. Ακόμη έχουμε μεγάλη εξοικονόμηση νερού από την συμπύκνωση της εξατμιζόμενης υγρασίας του λιγνίτη κατά την ξήρανση του.

Χρησιμοποιήθηκε ως πρότυπο αναφοράς στους υπολογισμούς η 5^η μονάδα Αγίου Δημητρίου ισχύος 366MW και ως συμβατική περίπτωση αλλά και ως προς την περίπτωση εκείνη όπου έχουμε την τοποθέτηση της τεχνολογίας WTA.Για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας όσον αφορά το υπολογιστικό της μέρος χρησιμοποιήθηκε το MS Excel ,και για τον υπολογισμό, αλλά και για τον εν μέρει σχεδιασμό κάποιων διαγραμμάτων ροής των επιμέρους τμημάτων της μονάδας, όπως προθερμαντές τροφοδοτικού νερού και στρόβιλοι ατμού.

Η εργασία χωρίζεται ουσιαστικά σε δύο (2) μέρη. Το πρώτο μέρος είναι το θεωρητικό κομμάτι της εργασίας και αποτελείται από τα τρία πρώτα κεφάλαια ,ενώ

το δεύτερο μέρος που είναι το υπολογιστικό κομμάτι της αναπτύσσεται στο 4^ο κεφάλαιο.

Στο πρώτο κεφάλαιο σχολιάζεται ο ρόλος του λιγνίτη στις μέρες μας και η σημασία της ξήρανσης του . Αναφέρονται επίσης οι σύγχρονοι μέθοδοι ξήρανσης που επικρατούν στις λιγνιτικές μονάδες παραγωγής ενέργειας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται εκτενή αναφορά στην μέθοδο WTA και στους λόγους για τους οποίους είναι η επικρατέστερη μέθοδος αλλά και μία ιστορική αναδρομή της μεθόδου με την τοποθέτηση της στην μονάδα Frechen. Αναφέρονται επίσης οι δύο διαφορετικοί τρόποι της μεθόδου ως προς την χρησιμοποίηση του ατμού ξήρανσης.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρεται η διαφοροποίηση της μεθόδου ως προς την εισαγωγή λιγνίτη διαφορετικής κοκκομετρίας. Οι διαφορές λεπτόκοκκου-χονδρόκοκκου λιγνίτη ως προς τη λειτουργία της μονάδας και τι επικρατεί σήμερα. Ακόμη αναφέρεται στην τοποθέτηση της WTA εγκατάστασης σε συμβατική μονάδα τι επανασχεδιασμός της μονάδας θα χρειαστεί ως προς τον λέβητα τον ξηραντήρα αλλά και το κόστος επένδυσης της.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την προσομοίωση της 5^{ης} μονάδας Αγ. Δημητρίου με την τοποθέτηση της εγκατάστασης WTA. Αρχικά σχολιάζεται η συμβατική περίπτωση της μονάδας με την εύρεση των διάφορων λειτουργικών παραμέτρων . Με την τοποθέτηση της WTA θα έχουμε αναδιάταξη των προθερμαντών και θα μειωθούν σε αριθμό κατά έναν προθερμαντή, ακόμη θα υπάρξουν αλλαγές και στους στροβίλους χαμηλής και μέσης πίεσης λόγω των αλλαγών στις απομαστεύσεις.

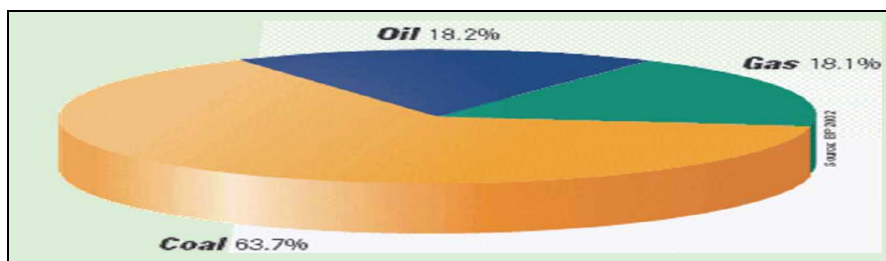
Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο επιχειρείται η σύνοψη της διπλωματικής εργασίας και η εξαγωγή συμπερασμάτων από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης και της μεθόδου ξήρανσης WTA.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

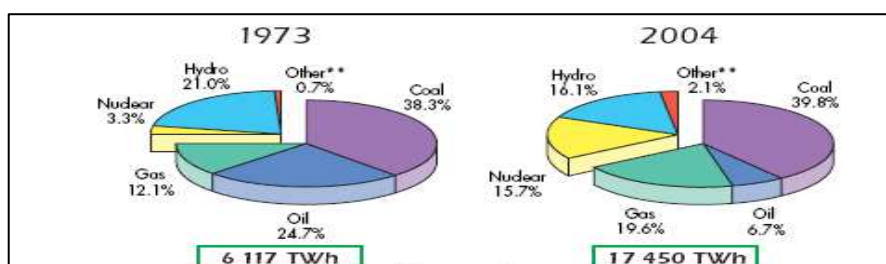
1.1. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΗ

Ο άνθρακας διεθνώς παραμένει ο σπουδαιότερος ενεργειακός πόρος με πολύ μεγάλη συμμετοχή στην ηλεκτροπαραγωγή(εικόνα1.2). Από τα μέσα του 21^{ου} και κατά τον 22^ο αιώνα η κατανάλωση άνθρακα θα φτάσει στα μέγιστα επίπεδα παίζοντας πρωτεύοντα ρόλο στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών. Η πρόβλεψη βασίζεται στο γεγονός ότι το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο μακροπρόθεσμα δεν αποτελούν μία ρεαλιστική και οικονομική λύση.

Τα εκμεταλλεύσιμα αποθέματα άνθρακα αποτελούν τα πιο σημαντικά ενεργειακά αποθέματα (εικόνα 1) και παρουσιάζουν έντονη γεωγραφική εξάπλωση με ομαλή κατανομή σχεδόν σε όλες τις ηπείρους. Αντίθετα τα αποθέματα φυσικού αερίου και πετρελαίου είναι συγκεντρωμένα σε μικρό αριθμό χωρών και κυρίως σε περιοχές που τα τελευταία χρόνια χαρακτηρίζονται από αστάθεια και συγκρούσεις. Το γεγονός αυτό καθιστά των άνθρακα την ασφαλέστερη πηγή τροφοδοσίας



Εικόνα 1. Βεβαιωμένα αποθέματα ορυκτών καυσίμων παγκοσμίως[19]



Εικόνα 1.2 Παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανά καύσιμο[19]

1.2. Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Το 65% της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στηρίζεται στον εγχώριο λιγνίτη. Τα οφέλη από τη χρήση του λιγνίτη είναι τεράστια και είναι τα εξής :

Η ΔΕΗ εξασφάλισε μια από της χαμηλότερες τιμές ηλεκτρικού ρεύματος στην Ευρώπη

Η χρήση του λιγνίτη υποκαθιστά την εισαγωγή καυσίμων με πολύ μεγαλύτερο κόστος.

Ασφάλεια εφοδιασμού

Ο λιγνίτης είναι εγχώριος και για τις περιοχές που λειτουργούν τα ορυχεία και η θερμοηλεκτρικές μονάδες, έχει ξεχωριστή σημασία. Στις τοπικές κοινωνίες δίδονται πολλά χρήματα ετησίως με την μορφή μισθών, έργων και τοπικών προμηθειών.

Διατίθενται αρκετοί πόροι ώστε να ευνοείται η βιομηχανική ανάπτυξη των περιοχών που λειτουργούν οι μονάδες.

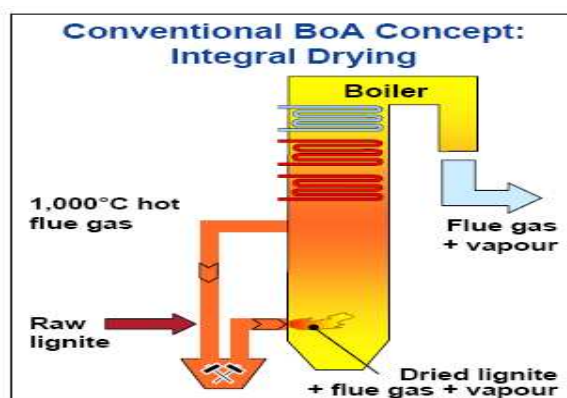
Έχουν δημιουργηθεί 11.150 θέσεις εργασίας από τις οποίες η 9800 θέσεις αφορούν τακτικό προσωπικό.

Και τέλος η τηλεθέρμανση προσφέρει με οικολογικό τρόπο, φθηνή οικιακή θέρμανση.

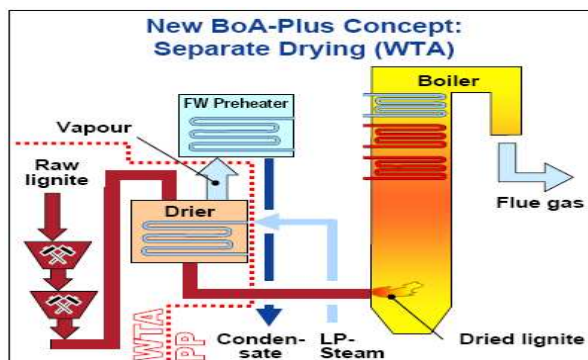
Η ποιότητα του λιγνίτη χειροτερεύει καθώς τελειώνουν τα αποθέματα. Το υψηλό ποσοστό τέφρας σε συνδυασμό με την υψηλή υγρασία κρατούν την απόδοση των μονάδων σε χαμηλά επίπεδα. Οι περισσότερες μονάδες είναι πάνω από 20 ετών με διάρκεια ζωής γύρω στα 50 χρόνια. Τέλος η ποιότητα του λιγνίτη συχνά είναι εκτός των προδιαγραφών των λεβήτων με αποτέλεσμα να μην έχουμε σωστή καύση και συνεπώς οι εκπομπές ρύπων να είναι μεγάλες.

1.3. Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΗ

Η σημαντική περιεκτικότητα σε υγρασία που υπάρχει στον λιγνίτη έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της απόδοσης της μονάδας λόγω του αυξανόμενου όγκου θερμών καυσαερίων που χρειάζεται για την ξήρανση του. Προκειμένου να κρατηθεί η ανταγωνιστικότητα του λιγνίτη σε υψηλά επίπεδα, απαιτείται μια βελτίωση της αποδοσης των εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας. Ένας τρόπος για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος είναι να γίνει η ξήρανση του φυσικού λιγνίτη πριν από την καύση “εξωτερικά”. Συμβατικά, η απαραίτητη διαδικασία εξαγωγής υγρασίας είναι ενσωματωμένη στον μύλο άλεσης όπου χρησιμοποιούνται θερμά καυσαέρια από την καύση του λιγνίτη (σχήμα 1). Η εξωτερική ξήρανση του λιγνίτη προσφέρει τη δυνατότητα να αυξηθεί η καθαρή απόδοση ολόκληρης της διαδικασίας ηλεκτρικής παραγωγής του θερμικού κύκλου μέχρι και 5%.



Σχήμα.1(ξήρανση με θερμά καυσαέρια)[28]



Σχήμα.2(εξωτερική ξήρανση λιγνίτη με χρήση ατμού)[28]

Η ιδιαιτερότητα των ελληνικών λιγνιτών έναντι των αυστραλιανών και γερμανικών λιγνιτών είναι η χαμηλή θερμογόνος δύναμη και οι υψηλές δαπάνες επένδυσης των εγκαταστάσεων. Όταν ο λιγνίτης έχει υψηλή υγρασία αυξάνεται η αποδοχή και η τοποθέτηση τέτοιων τεχνολογιών ξήρανσης συμφερει(εξωτερικής ξήρανσης) .

Οι πύο ελπιδοφόρες τεχνολογίες ξήρανσης λιγνίτη περιλαμβάνουν τους άμεσους και έμμεσους ξηραντήρες με ρευστοποιημένες κλίνες χρησιμοποιώντας τον ατμό ως μέσο ξήρανσης. Αυτό μπορεί να είναι είτε μια απομάστευση από το στρόβιλο ατμού είτε η συμπιεσμένη εξατμισμένη υγρασία του λιγνίτη. Το πλεονέκτημα των προαναφερθεισών τεχνολογιών ξήρανσης με ατμό είναι η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί η θερμότητα της εξατμισμένης υγρασίας των καυσίμων στη διαδικασία εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας..

Η ξήρανση του φυσικού λιγνίτη σε έναν εξωτερικό ξηραντήρα είναι μεγάλης σπουδαιότητας στη βελτιστοποίηση της χρήσης του λιγνίτη, όπως υπολογίζεται για να αυξηθεί η αποδοχή των εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας. Η βελτίωση της αποδοχής των εγκαταστάσεων ποικίλλει μεταξύ 3 και 5% ανάλογα με την περιεκτικότητα σε υγρασία των καυσίμων και στο βαθμό ξήρανσης. Κατά συνέπεια, μειώνονται οι εκπομπές CO₂ λόγω της μειωμένης κατανάλωσης καυσίμων για την ίδια ισχύ.

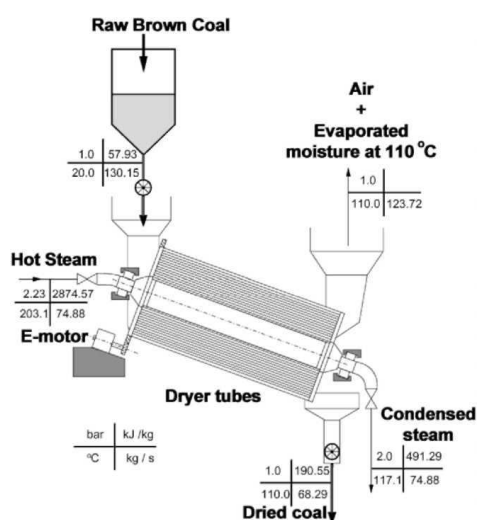
Προκειμένου να είναι σε θέση να καλύψουν τις αυξανόμενες απαιτήσεις από την άποψη της αποδοχής και της προστασίας του περιβάλλοντος, τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει πολλές προσπάθειες, στοχεύοντας στην ανάπτυξη των νέων εξωτερικών τεχνολογιών ξήρανσης για μια χρησιμοποίηση ενεργειακά αποδοτικότερου λιγνίτη.

1.4. ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΞΗΡΑΝΣΗΣ

1.4.1. ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΑΦΑΙΡΕΣΗΣ ΤΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

Αυλωτός ξηραντήρας (Tubular dryer)

Ο αυλωτός ξηραντήρας (tubular dryer) αποτελείται από ένα τύμπανο, που διαμορφώνεται από ένα ελαφρώς-κεκλιμένο σωληνοειδές σύστημα, το οποίο περιστρέφεται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ξήρανσης (το σχήμα 3). Ο φυσικός λιγνίτης τροφοδοτείται συνεχώς στους σωλήνες του ξηραντήρα και μεταφέρεται στην έξοδο με την περιστροφική κίνηση. Η ενέργεια που απαιτείται για την εξάτμιση υγρασίας παρέχεται από τον ατμό χαμηλής πίεσης, ο οποίος με την είσοδο του στον ξηραντήρα κατά μήκος του άξονα επεκτείνεται στις επιφάνειες των σωλήνων. Ο αέρας, που περνά από τους σωλήνες στην ίδια κατεύθυνση με τον λιγνίτη, απορροφά την εξατμισμένη υγρασία. Αφού καθαριστεί από τα ξηρά μόρια άνθρακα στο ηλεκτροστατικό φίλτρο, εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα. Η περαιτέρω χρησιμοποίηση της εξατμισμένης υγρασίας δεν είναι δυνατή, επειδή το 50% αποτελείται από αέρα. Αυτή η μέθοδος έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως για πολλά έτη μπρικετοποίησης λιγνίτη στις εγκαταστάσεις[30].



Σχήμα.3 Αυλωτός ξηραντήρας[30]

Οι συνηθισμένοι αυλωτοί ξηραντήρες είναι εξοπλισμένοι με 1600 σωλήνες, οι οποίοι παρέχουν μια επιφάνεια ανταλλαγής θερμότητας περίπου 4100 μ^2 . Τα τεχνικά και λειτουργικά στοιχεία του αυλωτού ξηραντήρα παρατίθενται στον πίνακα 1.

Dryer weight	2801
Drum length	8 m
Drum diameter	5.6 m
Tube diameter	100 mm
Rotation rate	4-10 mnT ¹
Particle size of raw brown coal	≤10 mm
Specified capacity of evaporated moisture	6.2 kg/m ² h
Evaporated steam capacity	25 t/h
Steam temperature	180°C
Steam pressure	0.4-0.5 Mpa
Specified heating energy consumption	3000 kJ/kg H ₂ O
Heat transfer coefficient	50 W/m ² K

(Πίνακας 1) Τεχνικά στοιχεία του αυλωτού ξηραντήρα

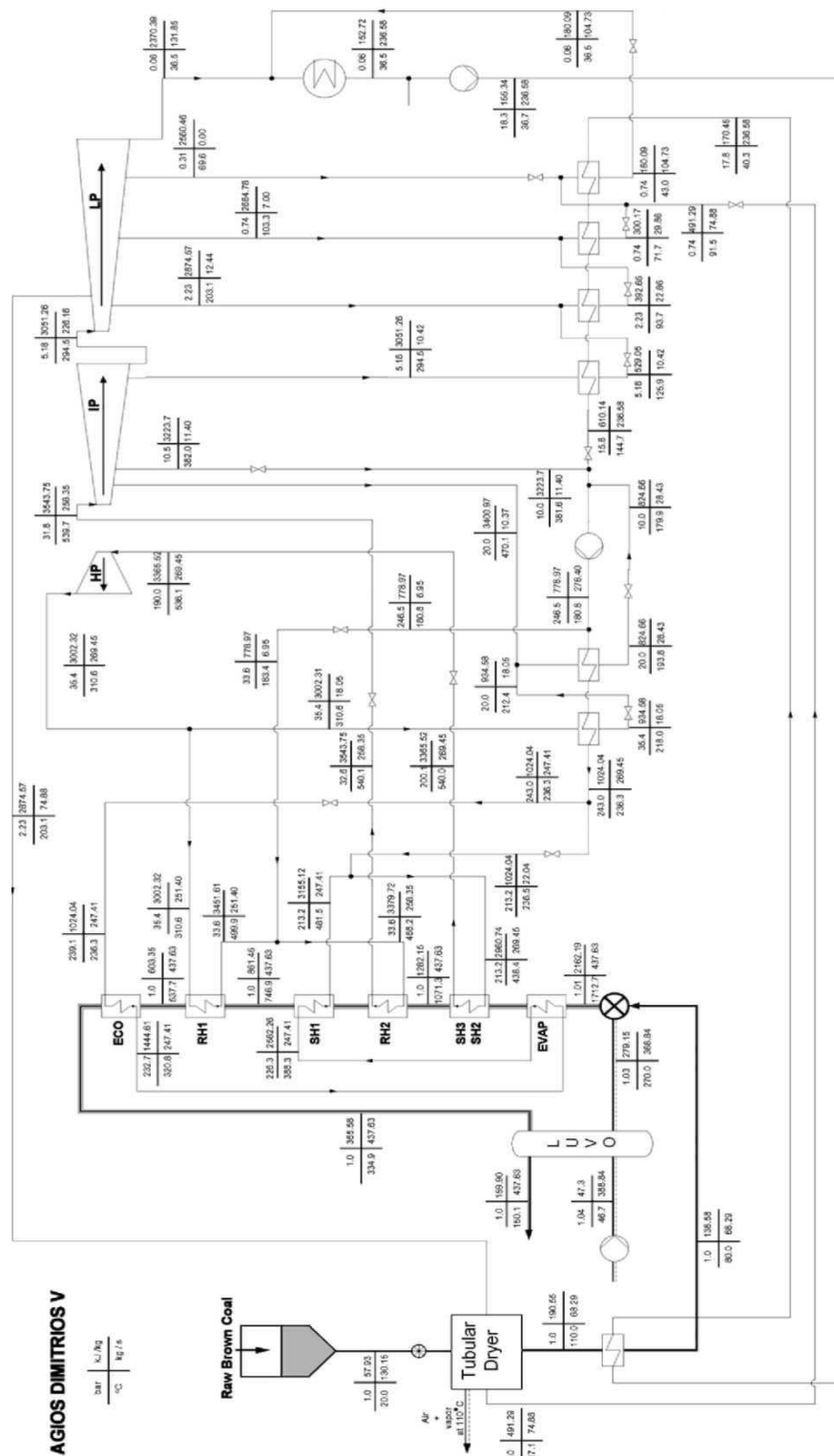
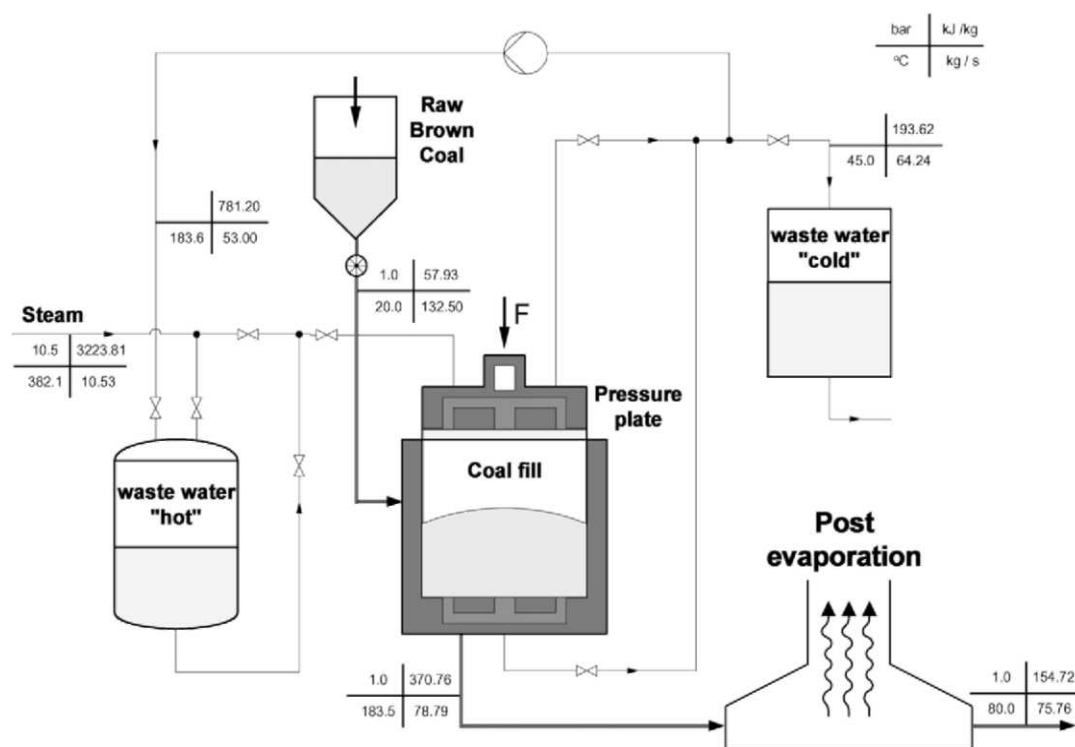


Fig. 5. Test Case 1-1—tubular dryer, plant configuration—calculated data.

1.4.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΝΕΡΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

Μηχανική-θερμική απομάκρυνση νερού(MTE)

Σύμφωνα με το γεγονός ότι μόνο ένα μικρό μέρος του ύδατος που περιλαμβάνεται στον λιγνίτη είναι έντονα συνδεδεμένο ο άνθρακας καθ'αυτού ,αναπτύχθηκε μια μέθοδος διαχωρισμού της υγρασίας στο πανεπιστήμιο της Ντόρτμουντ η οποία ονομάστηκε mechanical-thermal dewatering.η διεργασία αυτή γνωστή κα ως MTE περιγράφεται στο παρακάτω σχημα 4.



Σχήμα.4 MTE-driver

Προκειμένου να επιτευχθεί μια ομοιογενής ροή των μεταξύ του στρώματος άνθρακα και των μέσω ξήρανσης, ο ακατέργαστος άνθρακας προσυμπιέζεται ελαφρώς από το έμβολο. Το ζεστό νερό, που βγαίνει από τη διαδικασία ξήρανσης της προηγούμενης διαδικασίας, διανέμεται έπειτα ομοιόμορφα στην επιφάνεια του στρώματος άνθρακα με τη χρησιμοποίηση ενός συστήματος ψεκαστήρων μέσα στο έμβολο. Υπό την πίεση του κορεσμένου ατμού, ο οποίος εισάγεται έπειτα στον θάλαμο πίεσης, τα ζεστού νερού περνάει μέσω του ακατέργαστου στρώματος άνθρακα και μεταφέρει όλη την θερμότητά του στον άνθρακα και βγαίνει από τον θάλαμο πίεσης με μια θερμοκρασία περιβάλλοντος. Ο κορεσμένος ατμός χαμηλής πίεσης συμπυκνώνεται μόλις έρχεται σε επαφή με τον άνθρακα, του οποίου η θερμοκρασία κατόπιν φθάνει σε 150-180°C. Το τέλος του σταδίου θέρμανσης επιτυγχάνεται όταν προστίθεται όλο το νερό, καθώς επίσης και, ένα μέρος του συμπυκνωμένου ατμού περνάει μέσω του στρώματος άνθρακα. Τέλος, μόλις φθάσει ο άνθρακας στη θερμοκρασία κορεσμού μετά από επαναλαμβανόμενος εισαγωγές του κορεσμένου ατμού, το υπόλοιπο νερό συμπιέζεται σε υγρή μορφή με πίεση μέχρι τα 3 MPa . Πρέπει να παρατηρηθεί εδώ, ότι αυτή η μέθοδος έχει εξεταστεί μόνο για σχετικά μικρή κλίμακα. Ένα προσεχώς ημιβιομηχανικό πρόγραμμα είναι υπό κατασκευή στοχεύοντας να περιγράψει τη λειτουργία με τις ικανότητες μέχρι 14 t/h.

Το μεγάλο πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι απαιτεί σχετικά λίγη ενέργεια για την απομάκρυνση της υγρασίας αλλά μειονεκτεί στο γεγονός ότι η μέθοδος δεν είναι συνεχούς λειτουργίας και δεν μπορεί να ξηραίνει μεγάλες ποσότητες λιγνίτη ανά μονάδα χρόνου[10].

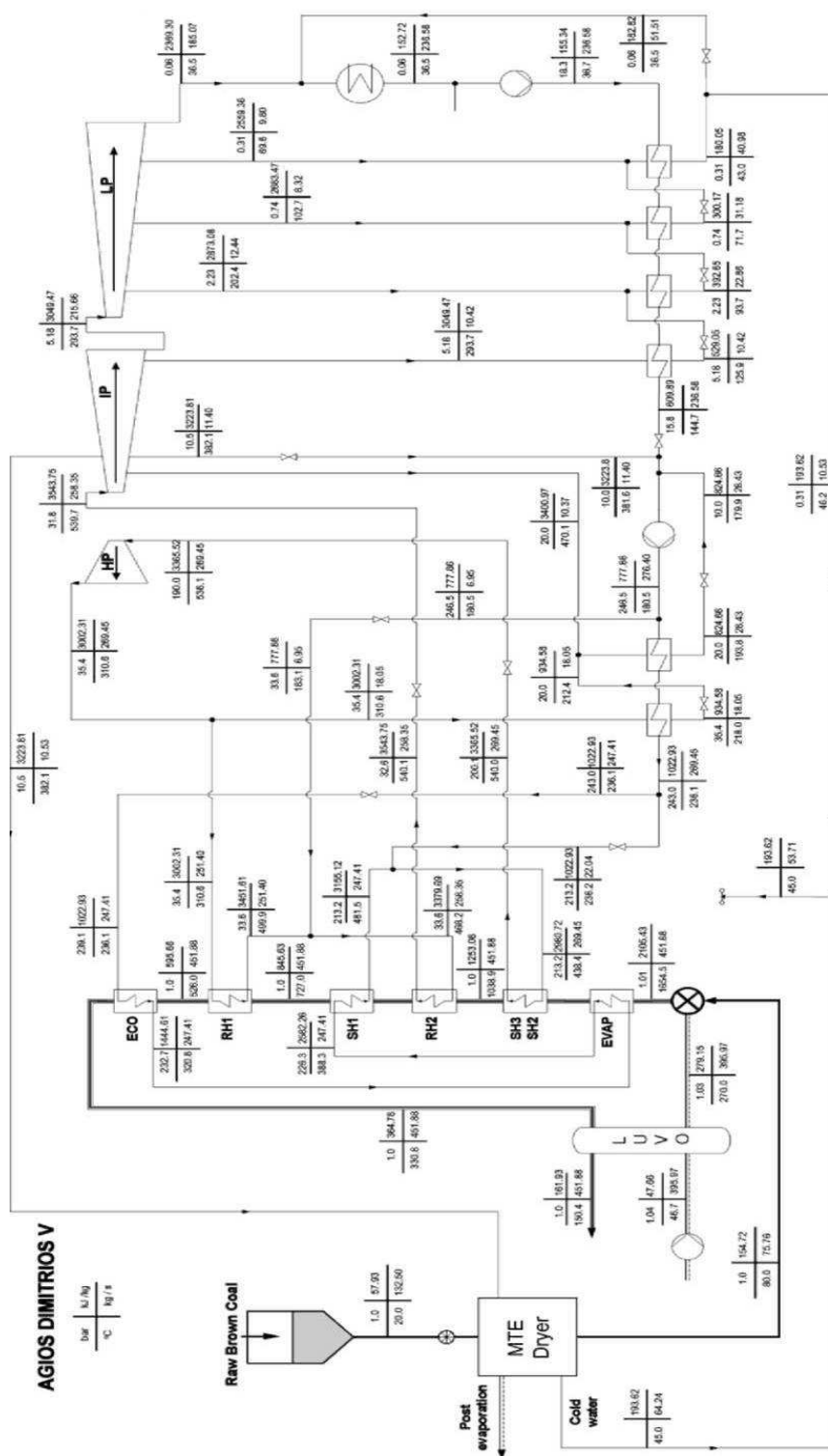
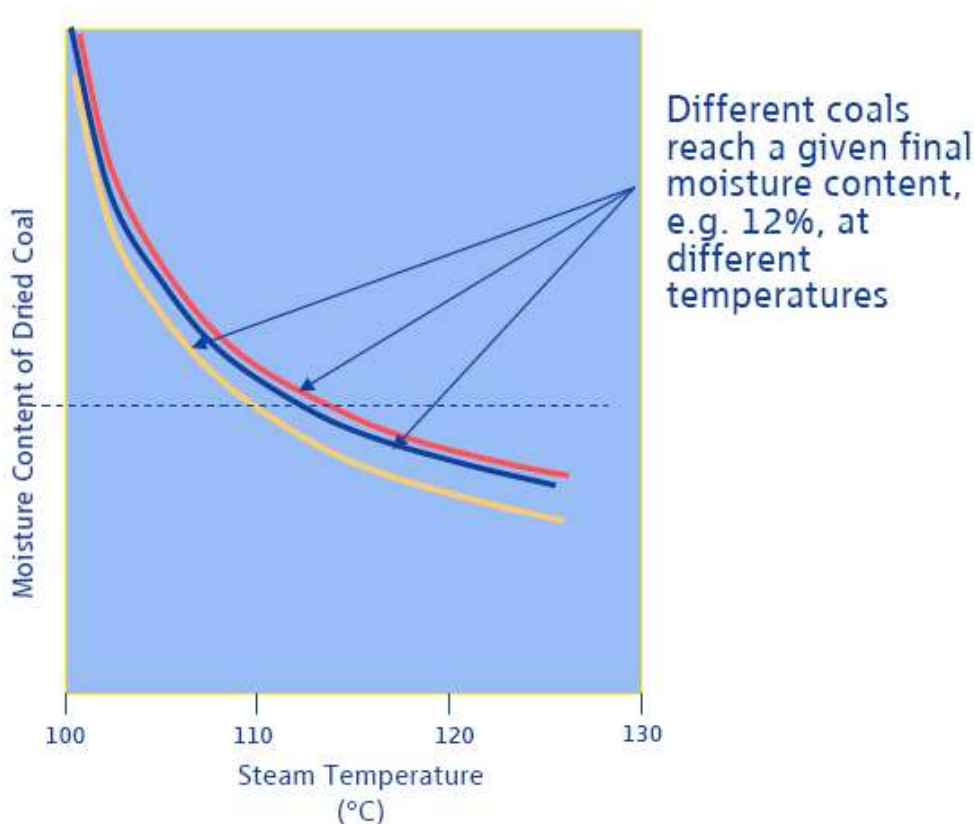


Fig. 7. Test Case 3—MTE-dryer, plant configuration—calculated data.

1.4.3. ΜΕΘΟΔΟΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ WTA

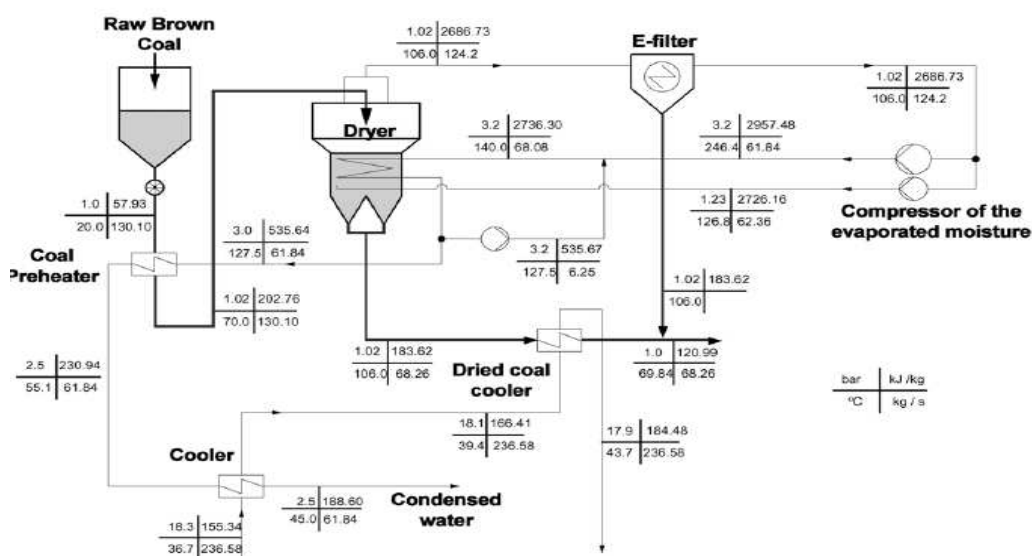
Η μέθοδος WTA είναι η πλέον προηγμένη μέθοδος ξήρανσης λιγνίτη και επειδή είναι συνεχούς λειτουργίας έχει σημαντικότερο προβάδισμα. Ο λιγνίτης προθερμαίνεται στους 65°C σε εναλλάκτη θερμότητας με νερό συμπύκνωσης από την ίδια τη διεργασία. Κατόπιν προσάγεται στον ξηραντήρα που είναι μια ρευστοποιημένη κλίνη σε θερμοκρασία 110°C (σχήμα 5) και υπό την επίδραση ατμού σε υπερπίεση 0,1-0,2 bar. Για την υπερθέρμανση και ατμοποίηση της υγρασίας του λιγνίτη απαιτείται ατμός που στο μεγαλύτερο μέρος προέρχεται από τον ατμό που δημιουργείται από την ατμοποίηση της υγρασίας του λιγνίτη και κατά ένα μέρος από τον ατμό που χρησιμοποιείται για την ρευστοποίηση της κλίνης.



Σχήμα.5(Το επίπεδο ισορροπίας της υγρασίας εξαρτάται μόνο από τη θερμοκρασία)

Ο ατμός που εξέρχεται από την κλίνη καθαρίζεται από τα σωματίδια του ξηρού λιγνίτη στα ηλεκτροστατικά φίλτρα και κατόπιν συμπιέζεται σε πολλά στάδια μέχρι την πίεση 4-5 bar και θερμοκρασία 150°C έτσι ώστε να επαναχρησιμοποιηθεί στην θέρμανση του λιγνίτη στον ξηραντήρα. Ο χρόνος παραμονής στον ξηραντήρα είναι 60-90 min και η υγρασία του ξηρού λιγνίτη 15%. Η μέθοδος αυτή λοιπόν χρησιμοποιεί την λανθάνουσα θερμότητα της εξατμιζόμενης υγρασίας του ιδίου του λιγνίτη και αυτό αποτελεί μεγάλη καινοτομία. Παράλληλα προκύπτουν μεγάλες ποσότητες νερού που προέρχονται από την υγρασία του λιγνίτη και συνεπώς εάν συλλεχθούν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τις μεγάλες ανάγκες του σταθμού σε νερό αντί να εξέρχονται και ουσιαστικά να χάνονται από την καμινάδα του λέβητα.

Η μέθοδος αυτή ήδη χρησιμοποιείται στην Γερμανία για την ξήρανση του λιγνίτη πριν την καύση του με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης σημαντικά >38% και να μειώνεται το κόστος επένδυσης στον λέβητα και τα παρεπόμενα του. Παράλληλα εξοικονομείται τεράστια ποσότητα νερού για την ανάγκες του θερμικού κύκλου στον πύργο ψύξης. Με αυτήν την καινοτομία θα είναι σύντομα δυνατή η κατασκευή μονάδων ηλεκτρικής ισχύος με καύσιμο λιγνίτη ονομαστικής ισχύος πάνω από 950 MW όπως συμβαίνει ήδη στο λιγνιτικό σταθμό του Berheim – Niederaubem[10].



Σχήμα.6 WTA μέθοδος[30]

Main characteristics of raw brown coal

C (wt%)	H (wt%)	S (wt%)	O (wt%)	N (wt%)	Ash (wt%)	H ₂ O (wt%)	Hu (MJ/kg)
15–21	1.2–1.8	0.4–1.4	5–10	0.– 0.8	16–20	50–60	3.7–6.7

Πίνακας 2 Βασικά χαρακτηριστικά του φυσικού λιγνίτη [30]

	C (wt%)	H (wt%)	S (wt%)	O (wt%)	N (wt%)	Ash (wt%)	H ₂ O (wt%)	Hu (MJ/kg)
All Cases	35.2	2.8	0.8	16.6	1.0	28.5	15.0	12.85
MTE	32.3	2.6	0.8	15.2	0.9	26.2	22.0	11.59

Πίνακας 3 Βασικά χαρακτηριστικά του ξηραμένου λιγνίτη [30]

2. WTA Η ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ

2.1. Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΣΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΙΓΝΙΤΗ

Όλες οι βιομηχανικές χρήσεις του λιγνίτη απαιτούν την ξήρανση του. Εξ αιτίας του υψηλού ποσού υγρασίας που αφαιρείται, η ξήρανση του λιγνίτη είναι μια διαδικασία που χρειάζεται πολλή ενέργεια και γι αυτό παίζει μεγάλο ρόλο στην συνολική αποδοχή του κύκλου.

Στις συμβατικές λιγνιτικές εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας, ο λιγνίτης ξηραίνεται από τα καυσαέρια που διανέμονται εκ νέου από τον θάλαμο καύσης στις θερμοκρασίες μεταξύ 900 και 1,000° C. Η αντικατάσταση του συμβατικού συστήματος μύλου - καυσαερίων, διαδικασία που εφαρμόστηκε μέχρι τώρα, με έναν εξωτερικό ξηραντήρα θα επιτρέπει την διαδικασία ξήρανσης να γίνεται σε επίπεδα χαμηλής θερμοκρασίας με έναν εξεργιακά αποδοτικότερο τρόπο και, ως εκ τούτου, βοηθά να επιτύχει μια ουσιαστική αύξηση στη συνολική αποδόση των εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας.

Όταν η ηλεκτροπαραγωγή γίνεται σε εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας συνδυασμένου κύκλου αεριοποίησης άνθρακα, τότε για λόγους αρχής απαιτείται η προξήρανση του λιγνίτη. Εδώ επίσης μια ενεργειακά αποδοτική διαδικασία ξήρανσης μπορεί να συμβάλει στην περαιτέρω αύξηση της απόδοσης.

Για τους χαμηλής ποιότητας λιγνίτες, που όχι μόνο χαρακτηρίζονται από το περιεχόμενο υψηλής υγρασίας αλλά και έχουν υψηλό περιεχόμενο τέφρας, η θερμογόνος δύναμη μπορεί να αυξηθεί από την προξήρανση σε τέτοιο βαθμό ώστε αυτοί οι άνθρακες να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την καύση στους συμβατικούς ατμοπαραγωγούς χωρίς την ανάγκη των βοηθητικών καυσίμων.

Για να μετατραπεί ο λιγνίτης σε υψηλής ποιότητας στερεό καύσιμο, η περιεκτικότητα σε υγρασία του πρέπει να μειωθεί μέχρι να απομείνει 10- 20%, ανάλογα με το στόχο παραγωγής. Καθώς είναι μια βασική λειτουργία η ξήρανση διαδραματίζει έναν βασικό ρόλο στη γενική διαδικασία βελτίωσης του λιγνίτη. Μια

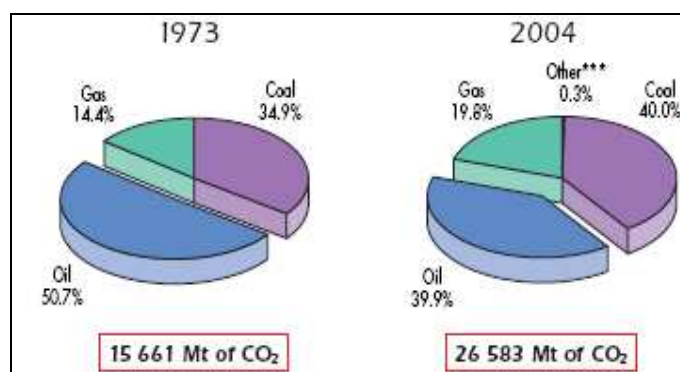
ενεργειακά αποδοτική διαδικασία ξήρανσης βελτιώνει την ενεργειακή απόδοση όλου του θερμικού κύκλου.

Σαν προηγμένη μέθοδο για την ξήρανση του λιγνίτη, η τεχνολογία WTA μπορεί να υιοθετηθεί σε όλες τις διαδικασίες και να προσαρμοστεί στις συγκεκριμένες απαιτήσεις σε κάθε περίπτωση. Συμβάλλει σημαντικά στη βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης και της μείωσης των ρύπων κατά τη χρήση του λιγνίτη.

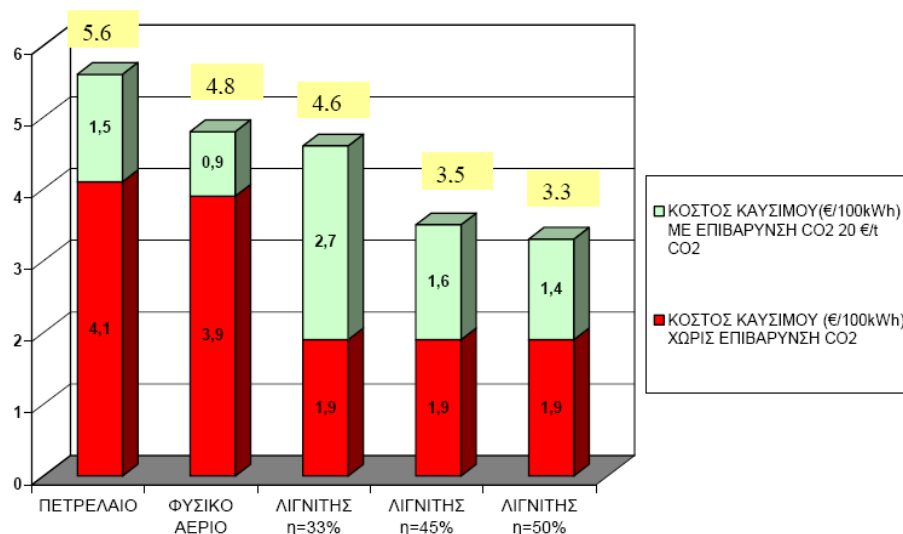
2.2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΛΙΓΝΙΤΗ

Το επόμενο μεγάλο βήμα για τους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής με καύσιμο τον λιγνίτη φαίνεται να είναι αυτό που αναπτύσσει η RWE δηλαδή την ρευστοποιημένη κλίνη η οποία βασίζεται στην διαδικασία της WTA προξήρανσης για την ξήρανση του λιγνίτη υψηλής υγρασίας .

Κατά τις δύο τελευταίες δεκαετίες, έχουν γίνει σημαντικές βελτιώσεις στην τεχνολογία της παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με καύσιμο τον λιγνίτη . Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1980, η προσπάθεια αυτή κατευθύνεται προς τη συμμόρφωση με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς, με έμφαση σε ρύπους όπως τα NO_x και SO₂ (εικόνα 1, εικόνα 2), ενώ κατά τη διάρκεια της μετέπειτα δεκαετίας, ο κύριος στόχος ήταν η βελτίωση της απόδοσης των μονάδων λόγω ανησυχιών σχετικά με την αύξηση του φαινομένου του θερμοκηπίου και την ανάγκη να γίνει εξοικονόμηση των καυσίμων.



Εικόνα.1.Εκπομπές CO₂ από καύσιμα[19]



Εικόνα.2 Κόστος καυσίμου (€ ανά 100 kWh) για ηλεκτροπαραγωγή για διάφορα καύσιμα ,και λιγνίτη για διάφορους βαθμούς απόδοσης χωρίς επιβάρυνση εκπομπών CO₂ (τιμές 2003) και με επιβάρυνση 20 €/t CO₂[30].

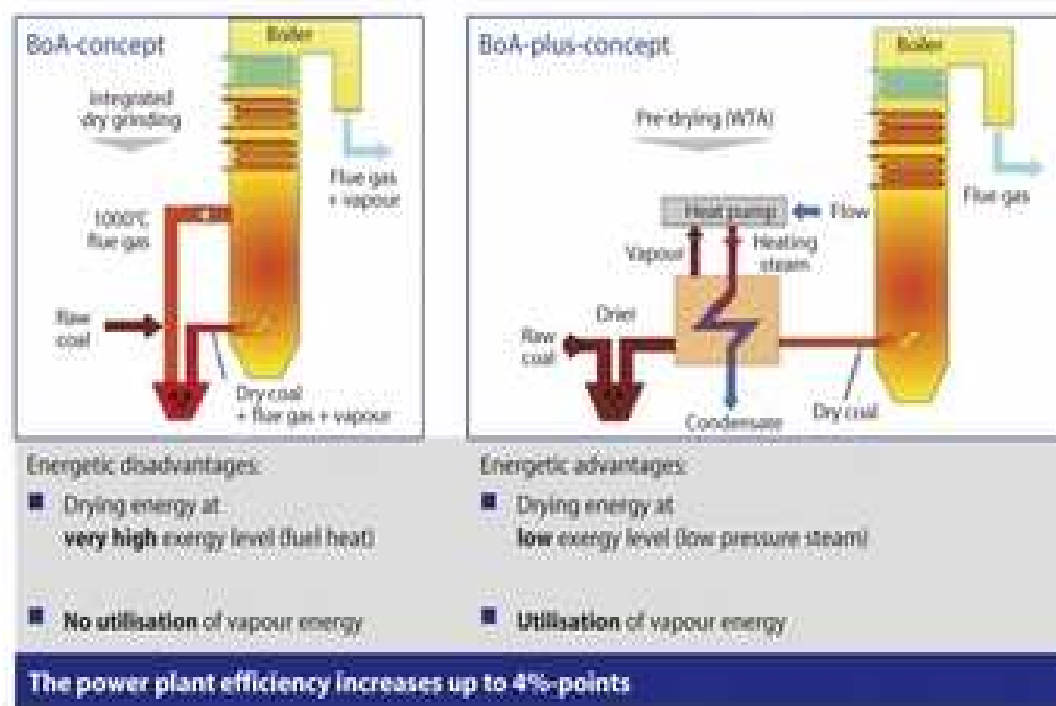
Η 1000 MW μονάδα BoA που βρίσκεται στο σταθμού RWE Niederaussem είναι ένα παράδειγμα για τον λιγνίτη η οποία βασίζεται στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση βελτιστοποιημένων εγκαταστάσεων. Αυτό οδήγησε στη βελτιστοποίηση των παραμέτρων του ατμού 580 ° C και 600 ° C και σε προχωρημένο σύστημα ανάκτησης θερμότητας των καυσαερίων που συντελεί για να επιτευχθεί μια συνολική απόδοση άνω του 43%. Η μονάδα ανέλαβε το 2002 και είναι πλέον σε εμπορική λειτουργία. Μετά από αυτό, η νέα γενιά των BoA εργοστασίων είναι υπό κατασκευή στο Neurath, που αποτελείται από δύο μονάδες των 1.100 MWe.

Το επόμενο βήμα για την τεχνολογία της ξήρανσης του λιγνίτη είναι η ξήρανση του λιγνίτη υψηλής περιεκτικότητας σε υγρασία χρησιμοποιώντας ενέργεια χαμηλής θερμοκρασίας. Η πιο προηγμένη τεχνολογία τέτοιας ξήρανσης είναι η τεχνολογία WTA η οποία αναπτύχθηκε από την RWE.

Ο φυσικός λιγνίτης έχει περιεκτικότητα σε υγρασία που υπερβαίνει το 50%. Ως εκ τούτου στο ισχύον τεχνολογίας συμβατικό λέβητα με καύσιμο τον λιγνίτη ένα σημαντικό μέρος της ενέργειας της καύσης πρέπει να δαπανηθεί για την εξάτμιση της υγρασίας. Στην προξήρανση με την τεχνολογία ρευστοποιημένης κλίνης η

θερμότητα εξάτμισης που παράγεται μπορεί να ανακτηθεί και να χρησιμοποιηθεί και για περαιτέρω χρήση, αντί την χρησιμοποίηση της ενέργειας από την καύση(καυσάεριο). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξησή της συνολικής απόδοσης του κύκλου (Σχήμα 7).

Figure 1. Coal drying, conventional and WTA (source: RWE)



Σχήμα.7(ζήρανση λιγνίτη συμβατικής μονάδας και μονάδας με χρήση WTA)[28]

2.3. Η ΠΡΩΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΣΤΟ FRECHEN

Το πρώτο ορόσημο στην ανάπτυξη της τεχνολογίας WTA ήταν η κατασκευή και λειτουργία του εργοστασίου επίδειξης στο Frechen της Γερμανία, από την RWE .

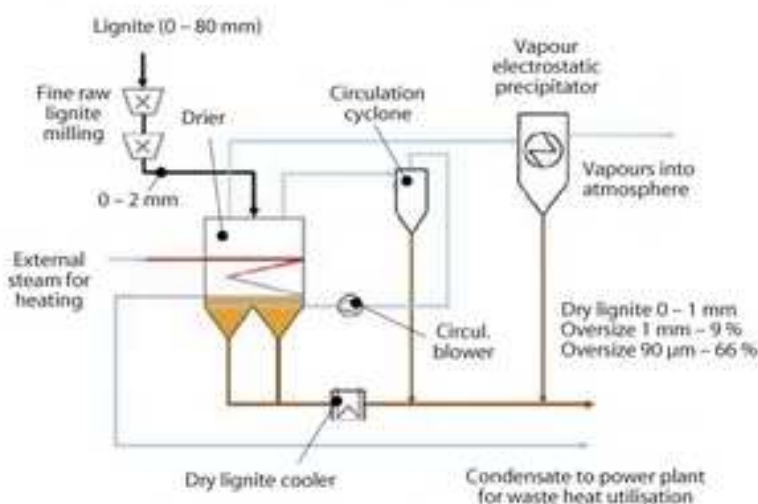
Τα χαρακτηριστικά της διαδικασίας περιλαμβάνουν:

- ζήρανση σε σταθερή ρευστοποιημένη κλίνη με υπέρθερμο ατμό
- μετάδοση της ενέργειας ζήρανσης μέσω εναλλάκτη θερμότητας ο οποίος έχει εγκατασταθεί στον μύλο ζήρανσης

- χρησιμοποίηση των ατμών από την ξήρανση με μία αντλία θερμότητας για την απαραίτητη θερμότητα ξήρανσης.
- αξιοποίηση των συμπυκνωμένων ατμών για προθέρμανση του άνθρακα ή του συμπυκνώματος του σταθμού
- το μέγεθος του ακατέργαστου άνθρακα να είναι μικρότερο των 2 mm κατά την εισροή.

Το σχήμα 8 δείχνει μια σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας. Ο φυσικός λιγνίτης από 0 έως 80 mm που είναι αλέθεται σε 0 έως 2 mm σε δύο σφυρόμυλους συνδεδεμένους σε σειρά.

Figure 2. Schematic of the WTA fine grain drying process (source: RWE)



Εικόνα 8 Σχηματική διαδικασία της WTA Λεπτόκοκκης ξήρανσης [28]

. Μετά την φάση της άλεσης, το καύσιμο τροφοδοτείται στη ρευστοποιημένη κλίνη, στην οποία το μέσο για την ρευστοαιώρηση είναι οι ατμοί που προκύπτουν από τη διαδικασία ξήρανσης.

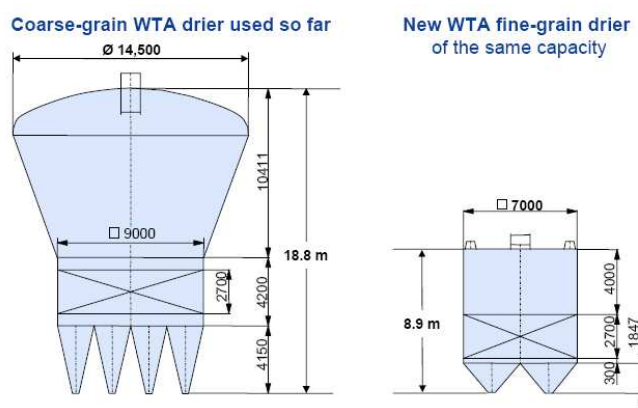
Η ξήρανση σε ρευστοποιημένη κλίνη μειώνει περαιτέρω το μέγεθος κόκκου του λιγνίτη, έτσι ώστε ο ξηρός λιγνίτης που εξέρχεται από το ξηραντήριο με ποσοστό υγρασίας 12% έχει συνήθως μέγεθος κόκκου μικρότερο από 1 mm, με περίπου το 9% να αποκλίνει και να είναι μεγαλύτερο του ενός χιλιοστού.

Το προξηραμένο καύσιμο εξέρχεται από την κλίνη και περνάει πρώτα για διαχωρισμό από έναν κυκλώνα και στη συνέχεια από ένα ηλεκτροστατικό φίλτρο (ESP). Ο ατμός στην έξοδο του κυκλώνα είναι αυτός που χρησιμοποιείται για την ρευστοποίηση στην κλίνη, ενώ ο ατμός από την έξοδο του ESP θα οδηγηθεί στην ατμόσφαιρα.

Επιπλέον, υπάρχει μια εξαγωγή, για τα καύσιμα στο κάτω μέρος της κλίνης, το οποίο αναμειγνύεται με το καύσιμο που διαχωρίζονται στον κυκλώνα και τα ESP από τον ατμό, αφού περάσει πρώτα από ένα ψυγείο για να πέσει η θερμοκρασία του λιγνίτη.

Η θερμότητα που απαιτείται για την ξήρανση του καυσίμου παρέχεται από εξωτερικό ατμό, ο οποίος συνήθως λαμβάνεται από το στρόβιλο με απομάστευση από την βαθμίδα χαμηλής πίεσης, όπου η μεταφορά θερμότητας γίνεται μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας εντός της κλίνης.

Όταν χρησιμοποιείται λεπτόκοκκος φυσικός λιγνίτης τότε το ποσό του ατμού που απαιτείται για ρευστοποίηση στο ξηραντήριο είναι μειωμένος κατά περίπου 70% σε σύγκριση με τον χονδρόκοκκο άνθρακα. Επιπλέον η χρήση του λεπτόκοκκου άνθρακα αυξάνει την απόδοση της μεταφοράς θερμότητας κατά 80% περίπου. Τα χαρακτηριστικά αυτά έχουν ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση του μεγέθους του εξοπλισμού που χρειάζεται, για παράδειγμα ο όγκος του ξηραντήρα μπορεί να μειωθεί σχεδόν κατά 70%, όπως φαίνεται στην εικόνα 9 (στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται εκτενέστερη αναφορά).



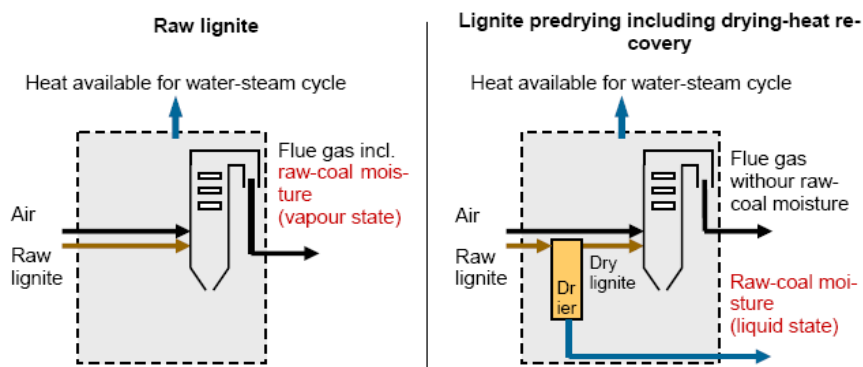
Σχήμα 9. Διαφορά ως προς το μέγεθος του ξηραντήρα [28]

Με τη WTA, η καθαρή αύξηση της απόδοσης του κύκλου είναι της τάξης των τεσσάρων ποσοστιαίων μονάδων, ανάλογα με το ποσοστό υγρασίας του ακατέργαστου άνθρακα και την τελική υγρασία στον ξηραμένο λιγνίτη. Το μέγεθος των κόκκων του ξηραμένου λιγνίτη είναι 1 mm ή και λιγότερο αλλά εάν η ορθή λειτουργία της ανάφλεξης και της σταθερότητας του συστήματος απαιτεί λεπτότερη άλεση, στη συνέχεια, ένας επιπλέον μύλος μπορεί να προστεθεί μετά το ξηραντήριο και πριν τους καυστήρες.

Ένα εργοστάσιο υποστήριξης με χρήση της WTA είναι υπό κατασκευή από την RWE για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό θα επιτρέψει το 30% της ικανότητας για την παραγωγή να παρέχονται από τον προξηραμένο λιγνίτη, που ισοδυναμεί με περίπου 220 t / h, ώστε να διασφαλιστεί ότι η χρήση προξηραμένου λιγνίτη είναι επικερδής. Ο Alstom υλοποίησε την ενσωμάτωση της WTA μεθόδου με τον υπάρχοντα συμβατικό λέβητα συμπεριλαμβανομένης της διάταξης του συστήματος τροφοδοσίας με καύσιμο και τροποποιήσεις του συστήματος C&I(αναπτύσσεται περαιτέρω στην 2.5 σελ27).

2.4. Η ΒΑΣΙΚΗ ΙΔΕΑ ΤΗΣ ΠΡΟΞΗΡΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΗ

Ο λιγνίτης όπως έχει προαναφερθεί είναι καύσιμο με περιεκτικότητα σε υγρασία που ξεπερνά το 50%. Κατά συνέπεια, σε συμβατικές λιγνιτικές μονάδες ένα μέρος της θερμότητας των καυσίμων καταναλώνεται στο λέβητα κατά τη διάρκεια της καύσης και για να εξατμίσει την υγρασία του άνθρακα. Αυτή η φυσική υγρασία φεύγει από τις εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας ως ατμός μαζί με τα καυσαέρια από την καμινάδα με αποτέλεσμα αυτή η θερμότητα να μην μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη μονάδα και να χάνεται.



Σχήμα 10 Ανάκτηση της θερμότητας από την εξατμιζόμενη υγρασία

Η προξήρανση του λιγνίτη είναι βασισμένη στην ιδέα της πρόσδοσης θερμότητας που απαιτείται για να ατμοποιηθεί η φυσική υγρασία του άνθρακα. Μια λύση σε αυτό ώστε να γίνει η ξήρανση εξεργειακά αποδοτικότερα (σε σχέση με την χρήση θερμών καυσασερίων) γίνεται με την εκτέλεση της σε επίπεδο χαμηλότερης θερμοκρασίας, σε μια ξεχωριστή λειτουργούσα μονάδα τοποθετημένη πριν το στρόβιλο και τη χρησιμοποίηση της ενέργειας από τη εξατμιζόμενη υγρασία του λιγνίτη στην παραγωγική διαδικασία της μονάδας.

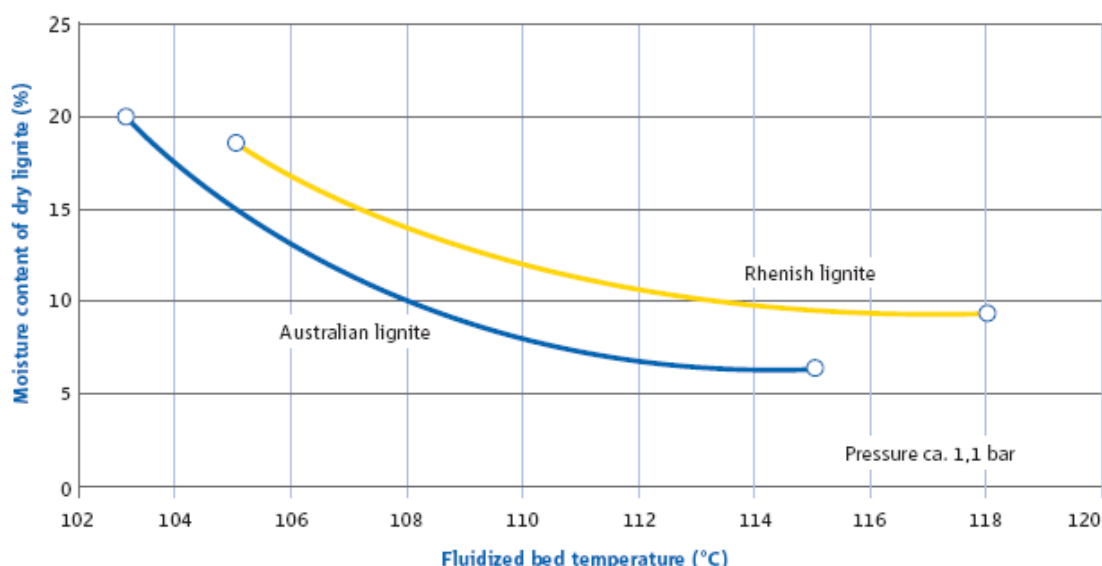
Το σχήμα 10 παρουσιάζει, πώς αυτό έχει επιπτώσεις στην ενεργειακή ισορροπία των εγκαταστάσεων. Απεικονίζει την ισορροπία του ατμοπαραγωγού, με τον ξηραντήρα να θεωρείται ως στάδιο το οποίο βρίσκεται μέσα στον ατμοπαραγωγό, το οποίο είναι παραπλήσιο με τον τρόπο που εκτελείται σε μία συμβατική μονάδα παραγωγής ενέργειας. Αυτοί οι υπολογισμοί επεξηγουν πώς το ποσό της διαθέσιμης θερμότητας που μπορεί να εξαχθεί από τον φυσικό λιγνίτη μπορεί να αυξηθεί από την προξήρανση.

2.5. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ WTA ΓΙΑ ΤΗΝ ΞΗΡΑΝΣΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΗ

Βασικές αρχές της διαδικασίας

Η τεχνολογία WTA είναι βασισμένη στην αρχή της ρευστοποιημένης κλίνης. Η ενέργεια που απαιτείται για την ξήρανση παρέχεται μέσω των ανταλλακτών

θερμότητας που είναι ενσωματωμένοι στην ρευστοποιημένη κλίνη του ξηραντήρα και θερμούνται με ατμό. Η ξήρανση πραγματοποιείται με σχεδόν 100% καθαρό ατμό που είναι ελαφρώς υπέρθερμος. Με σταθερή πίεση επιτυγχάνεται η ισορροπία – ανάλογα με τη θερμοκρασία του ατμού – μεταξύ της θερμοκρασίας ατμού και της υπόλοιπης υγρασίας στον ξηρό λιγνίτη. Το σχέδιο 12 παρουσιάζει αυτήν την εξάρτηση για τον λιγνίτη σε πίεση, 1,1 bar. Για μια θερμοκρασία περ. 110° C (Rhenish) και περ. 107° C (αυστραλιανός λιγνίτης), επιτυγχάνεται μια περιεκτικότητα σε υγρασία περίπου 12% . Με τον έλεγχο της θερμοκρασίας στην ρευστοποιημένη κλίνη, η περιεκτικότητα της υγρασία μπορεί να ρυθμιστεί και να διατηρηθεί σταθερή στην επιθυμητή τιμή.



Σχήμα.12 ισορροπία ατμού-άνθρακα

Στις εγκαταστάσεις που υιοθετούν WTA ο λιγνίτης ξηραίνεται σε μια στάθερή ρευστοποιημένη κλίνη χρησιμοποιώντας υπερθερμό ατμό. Η ξήρανση του λιγνίτη γίνεται σε μια ουσιαστικά καθαρή ατμόσφαιρα, και είναι η προϋπόθεση για την ισόθερμη συμπίκνωση των ατμών που παράγονται κατά τη διάρκεια της ξήρανσης, και για μια εκτενή αποκατάσταση της ενέργειας που απαιτείται για την ξήρανση. Αυτό αλλά και το γεγονός ότι η ξήρανση γίνεται σε σχετικά χαμηλή θερμοκρασία περ. 110°C κάνει τη WTA μια ιδιαίτερα ενεργειακά αποδοτική τεχνολογία που παίζει έναν κρίσιμο ρόλο στην αύξηση των αποδόσεων των σύγχρονων λιγνιτικών μονάδων.

Ανάλογα με τις απαιτήσεις των ομμόρων τμημάτων (π.χ. γεννήτριες ατμού, εξαερωτές άνθρακα) η τεχνολογία WTA μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ξήρανση λιγνίτη με διάμμετρο κόκκου αρχικού μέγεθους 0-6 χιλ. ή για την ξήρανση λιγνίτη κοκκομετρίας 0-2 χιλ. Όταν γίνει χρήση της προξήρανσης σε συμβατική λιγνιτική μονάδα, η ξήρανση με WTA 0-2 χιλ έχουν ουσιαστικά τεχνικά και οικονομικά πλεονεκτήματα από τον χονδρόκοκκο λιγνίτη.

2.6. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ WTA

Η WTA λειτουργία περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Εκκαθάριση του συστήματος με το άζωτο, προκειμένου να απομακρυνθούν τυχόν ο αέρας και άλλα εύφλεκτα αέρια. Το άζωτο παρέχεται από ένα ξεχωριστό σύστημα παροχής αζώτου.

- Αύξηση της πίεσης στο σύστημα μέχρι την πίεση λειτουργίας με την εισαγωγή του αζώτου. Εκτός από την λειτουργία της εκκαθάρισης, το άζωτο χρησιμοποιείται για να αυξήσει την πίεση και να διατηρήσει την πίεση λειτουργίας σταθερή. Η πίεση του συστήματος εμποδίζει την είσοδο του αέρα από τις διαρροές.

- Εάν η περιεκτικότητα σε O₂ του ατμού στο ESP είναι κάτω από μια κρίσιμη τιμή τίθεται σε λειτουργία ο ανεμιστήρας .

- Η θερμοκρασία της ρευστοποιημένης κλίνης αυξάνεται μέχρι τη θερμοκρασία λειτουργίας από την εισαγωγή ατμού ο οποίος λαμβάνεται με απομάστευση από τον ατμοστρόβιλο (ή από βοηθητικό λέβητα ή / και από ένα σύστημα θέρμανσης). Η θερμοκρασία θα αυξηθεί μέχρι τη θερμοκρασία λειτουργίας.

- Το άζωτο στον ξηραντήρα θα αντικατασταθεί από τον ατμό, ενώ η πίεση θα διατηρηθεί σταθερή στην τιμή της πίεσης λειτουργίας.

- Ο προξηραμένος λιγνίτης τροφοδοτείται στο ξηραντήριο πριν του ακατέργαστου λιγνίτη, γιατί ο προξηραμένος λιγνίτης έχει καλύτερες ιδιότητες στη ρευστοποίηση από τον ακατέργαστο λιγνίτη.

- Μετά την ρευστοαιώρηση του προξηραμένου λιγνίτη έχει σειρά ο ακατέργαστος λιγνίτης να τροφοδοτηθεί στο ξηραντήριο και ξεκινά η διαδικασία της ξήρανσης.

- Ο συμπιεστής ατμού τίθεται σε λειτουργία, επιτρέποντας την παύση λειτουργίας του ατμού που χρησιμοποιήθηκε για την εκκίνηση της διαδικασίας.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι:

- Η φόρτιση μπορεί να διαφοροποιείται για τον ξηραντήρα WTA προσαρμόζοντας τη ροή του ακατέργαστου λιγνίτη στον ξηραντήρα.

- Η ταχύτητα της ρευστοαιώρησης παραμένει σταθερή και, συνεπώς, είναι ανεξάρτητη του φορτίου.

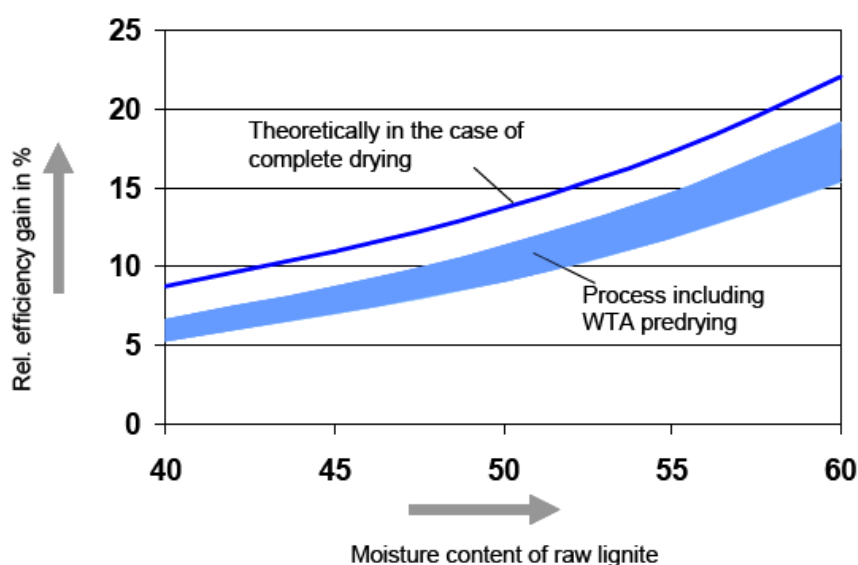
- Η απαιτούμενη ενέργεια ξήρανσης προσαρμόζεται με τη μεταβολή της θερμότητας από τον εγκατεστημένο εναλλάκτη θερμότητας.

- Η ποιότητα της διεργασίας ξήρανσης ελέγχεται μέσω ενός μετρητή υγρασίας στο ξηραντήριο.

2.7. Η ΥΓΡΑΣΙΑ ΕΙΝΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ WTA

Η διαφορά μεταξύ μιας συμβατικής λιγνιτικής μονάδας ατμοπαραγωγού και της διαδικασίας που περιλαμβάνει την προξήρανση του λιγνίτη γίνεται φανερή κατά την παρατήρηση της χαμένης ενέργειας και των καμινάδων των καυσαερίων. Στην πρώτη περίπτωση, η φυσική υγρασία του λιγνίτη φεύγει από την καμινάδα με τα καυσαέρια. Στην περίπτωση της προξήρανσης του λιγνίτη το καυσαέριο δεν περιέχει πλέον υγρασία. Ως εκ τούτου, η διαφορά βρίσκεται στη θερμότητα εξάτμισης της φυσικής υγρασίας του άνθρακα, το οποίο στην περίπτωση της προξήρανσης του λιγνίτη μπορεί να μεταφερθεί στο θερμικό κύκλο των εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας προκειμένου να χρησιμοποιηθεί σαν πρόσθετη διαθέσιμη θερμότητα. Εάν, ιδανικά, ήταν δυνατό να χρησιμοποιηθεί αυτή η θερμότητα χωρίς οποιεσδήποτε απώλειες όταν δηλαδή ο λιγνίτης είναι ξηρός εντελώς (τελική περιεκτικότητα σε υγρασία = 0), θεωρητικά το κέρδος σε αποδοση όπως αυτό παρουσιάζεται στο σχήμα 13, θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί η κορυφαία καμπύλη στο διάγραμμα. Όσο

υψηλότερη η περιεκτικότητα σε υγρασία του λιγνίτη στη WTA, τόσο μεγαλύτερο το κέρδος στην αποδοχή έναντι των συμβατικών εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι μια περιεκτικότητα σε υψηλότερη υγρασία επιτρέπει να ανακτηθεί ένα μεγαλύτερο ποσό θερμότητας από την ξήρανση. Αλλά φυσικά, όπως συμβαίνει με τη συμβατική διαδικασία του φυσικού λιγνίτη συμπεριλαμβανομένου και της διαδικασίας της προξήρανσης απαιτείται επίσης περισσότερη θερμότητα ξήρανσης εάν ο λιγνίτης που χρησιμοποιείται έχει υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία.



Σχήμα 13(αύξηση της απόδοσης όσο μεγαλύτερη η περιεκτικότητα σε υγρασία)

Φυσικά οι απώλειες μετατροπής που εμφανίζονται σε μια πραγματική διαδικασία πρέπει να συμπεριληφθούν κατά την εφαρμογή αυτής της αρχής, και υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι ενσωμάτωσης της διαδικασίας ξήρανσης το οποίο θα έχει επίδραση στην αποδοχή. Σε γενικές γραμμές, εντούτοις, αυτή η διαδικασία καθιστά να έχει η μονάδα την υψηλότερη αύξηση στην απόδοση σε σχέση από οποιαδήποτε άλλη τεχνολογική ανάπτυξη στο εγγύς μέλλον.

Λαμβάνοντας υπόψη την γενική ισορροπία, η προξήρανση του λιγνίτη συμπεριλαμβανομένης της εσωτερικής ανάκτησης της θερμότητας από τη

συμπύκνωση της υγρασίας του λιγνίτη μπορεί να θεωρηθεί ως εφαρμογή η αποκαλούμενη υψηλής απόδοσης τεχνολογία λεβήτων.

2.8. ΠΑΡΑΛΛΑΓΕΣ ΤΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΤΜΟΥ

Έναντι άλλων διαδικασιών, η ξήρανση λιγνίτη με χρήση ατμού έχει το πλεονέκτημα, μεταξύ των άλλων, ότι το εξατμισμένο νερό του άνθρακα μπορεί να συμπυκνωθεί ισοθερμικά και, ως εκ τούτου, να χρησιμοποιηθεί με έναν ενεργειακά αποδοτικό τρόπο. Η RWE έχει αναπτύξει δύο σχέδια χρησιμοποίησης του ατμού σε βιομηχανική κλίμακα

Μηχανική επανασυμπύεση ατμού ως ανοικτό κύκλωμα αντλιών θερμότητας για τους ανταλλάκτες θερμότητας του ξηραντήρα με ή χωρίς τη χρησιμοποίηση προθέρμανσης του λιγνίτη

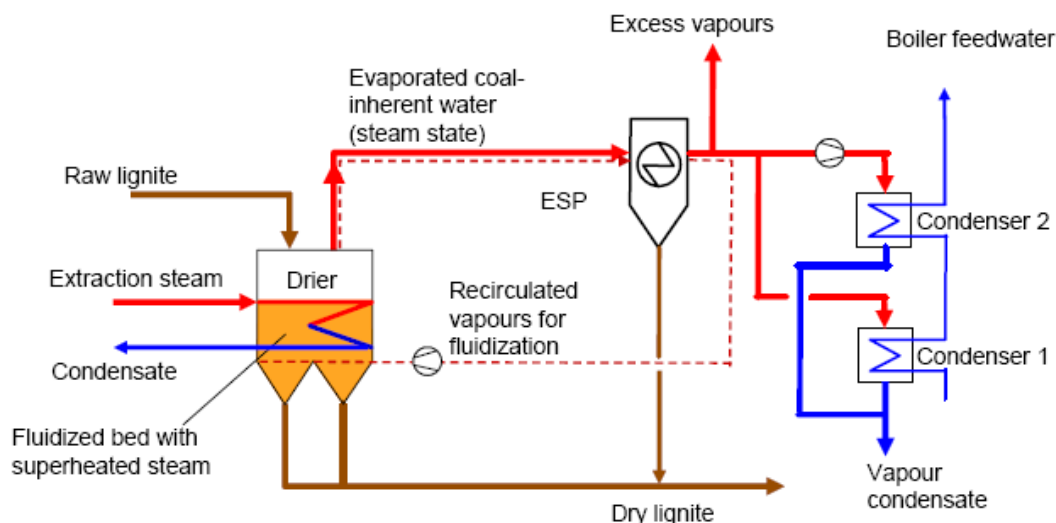
Συμπύκνωση ατμού για την προθέρμανση, π.χ., ο λεβήτας τροφοδοτεί νερό στη διαδικασία του θερμικού κύκλου.

Και οι δύο παραλλαγές μπορούν να ενσωματωθούν στη διαδικασία WTA και να επιτρέψουν την αύξηση της απόδοσης από την ξήρανση μειώνοντας τις εκπομπές των ρύπων. Το συμπύκνωμα ατμού που παράγεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συμπληρωματικό νερό στις βιομηχανικές διαδικασίες. Η επιλογή ως προς τη χρήση του ατμού εξαρτάται, από την ποσότητα της ξήρανσης.

Το βασικό τμήμα της τεχνολογίας WTA είναι ένας ξηραντήρας ρευστοποιημένης κλίνης που χρησιμοποιεί μικρή υποπίεση. Η ενέργεια που απαιτείται για την ξήρανση παρέχεται από τους ανταλλάκτες θερμότητας που είναι εγκατεστημένοι μέσα στον ξηραντήρα, οι οποίοι θερμαίνονται από ατμό χαμηλής πίεσης. Η ρευστοποίηση πετυχαίνεται χρησιμοποιώντας ατμό που ανακυκλοφορεί.

Το σχήμα 14 επεξηγεί την αρχή της διαδικασίας. Κατά γενικό κανόνα, ο ξηρός λιγνίτης φεύγοντας από τον ξηραντήρα έχει μια περιεκτικότητα σε υγρασία περ. 12 %, που αυτό σημαίνει, ότι μια περιεκτικότητα σε υγρασία φυσικού λιγνίτη 50% εξατμίζεται περίπου το 86% της αρχικής υγρασίας. Σε περιεκτικότητα υγρασίας

φυσικου λιγνίτη 60% εξατμίζεται περίπου το 91% της αρχικής υγρασίας. Ο προξηραμένος λιγνίτης στη συνέχεια παρέχεται στον ατμοπαραγωγό.



Σχήμα 14 Μέσο ξήρανσης ατμός χαμηλής πίεσης από τον στρόβιλο

Διάφορες παραλλαγές εγκαταστάσεων έχουν αναπτυχθεί για να επιτρέψουν στη WTA τεχνολογία να ενσωματώθει στις λιγνιτικές μονάδες. Κυρίως, αυτοί διαφέρουν στον τρόπο που χρησιμοποιούνται οι ατμοί αλλά και το πώς η ενέργεια παρέχεται στον ξηραντήρα.

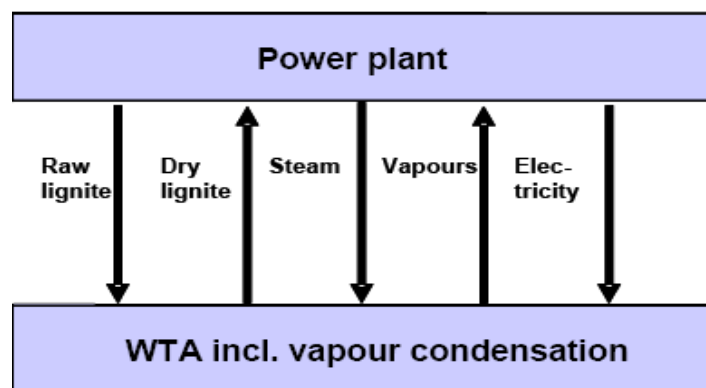
Τα αποτελέσματα στο θερμοδυναμικό σχέδιασμό των εγκαταστάσεων και του εγκατεστημένου εξοπλισμού διαφέρουν ανάλογα με την παραλλαγή της WTA που χρησιμοποιείται. Παρακάτω, παρουσιάζονται συνοπτικά δύο παραλλαγές.

2.8.1.ΞΗΡΑΝΣΗ WTA ΜΕ ΤΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ ΑΤΜΟΥ

Το σχήμα 14 παρουσιάζει ένα απλοποιημένο διάγραμμα διαδικασίας της παραλλαγής WTA με την συμπύκνωση του ατμού που χρησιμοποιείται για να προθερμάνει το τροφοδοτικό νερό των λεβήτων. Σε αυτήν την παραλλαγή, ο ξηραντήρας θερμαίνεται με πίεση περίπου 4 bar που λαμβάνεται από το τμήμα χαμηλής πίεσης του κύριου στρόβιλου. Η φυσική υγρασία που έχει αφαιρεθεί υπό μορφή ατμού καθαρίζεται στα ηλεκτροστατικά φίλτρα και στη συνέχεια

συμπυκνώνεται ισοθερμικά, με κρύο τροφοδοτικό νερό λεβήτων που προέρχεται από το συμπυκνωτή του στροβίλου όπου θερμαίνεται σε θερμοκρασία περ. 100°C. Άρα, ο ατμός που απαιτείται για να προθερμάνει το τροφοδοτικό νερό των λεβήτων σε μια συμβατική διαμόρφωση παραμένει μέσα στο τμήμα χαμηλής πίεσης του στροβίλου, και αυτό οδηγεί σε μια αύξηση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και μια αντίστοιχη αύξηση στην αποδοχή.

Από τη μία είναι η ποσότητα των ατμών που μπορούν να παρασχεθούν στους εναλλάκτες του τροφοδοτικού νερού και η υγρασία που περιέχεται στον φυσικό λιγνίτη και αφαιρείται υπό μορφή ατμού, και, αφ' ετέρου, από την κατάσταση που βρίσκεται το κρύο τροφοδοτικό νερό του λέβητα από το συμπυκνωτή του στροβίλου. Συμπιέζοντας τους ατμούς περισσότερο και τοποθετώντας δεύτερο συμπυκνωτή ατμού αυξάνεται η ποσότητα των ατμών που χρησιμοποιούνται ως ενέργεια για να προθερμάνουν το τροφοδοτικό νερό. Οι υπολογισμοί παρουσιάζουν ότι για μια περιεκτικότητα σε υγρασία του φυσικού λιγνίτη περ. 50% επιτρέπει περίπου στο 65% της ποσότητας του ατμού που χρησιμοποιείται για να προθερμάνει το τροφοδοτικό νερό όταν χρησιμοποιείται μία συμπύκνωση ατμού, και 85% όταν έχουμε δύο στάδια συμπύκνωσης ατμού.



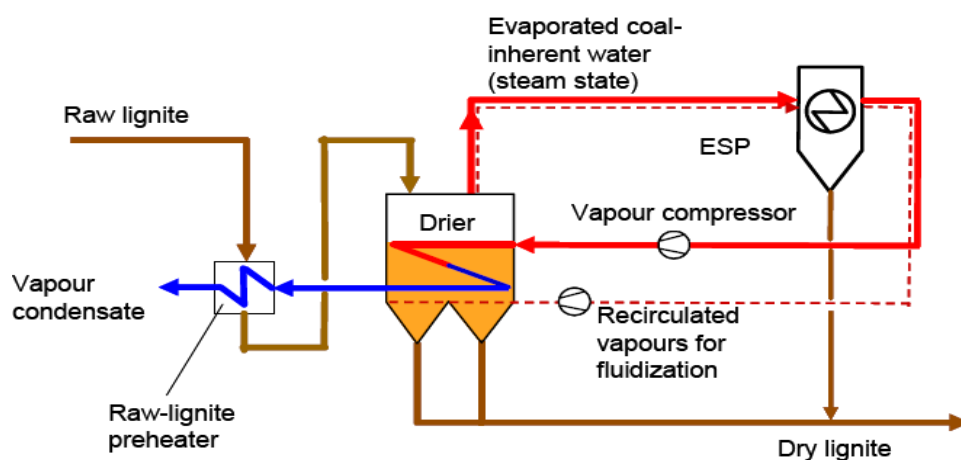
Σχήμα 15 Ενεργειακές συνδέσεις μεταξύ του σταθμού παραγωγής και της WTA

Το σχήμα 15 παρουσιάζει τις σημαντικότερες ενεργειακές συνδέσεις μεταξύ της διαδικασίας εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας και της WTA συμπεριλαμβανομένης της συμπύκνωσης ατμού.

Εξαιτίας του γεγονότος ότι παρέχεται ο ατμός από τον κύριο στρόβιλο, η λειτουργία της ξήρανσης είναι συνδεδεμένη με τη λειτουργία της μονάδας παραγωγής ενέργειας. Στο φυσικό λιγνίτη η περιεκτικότητα σε υγρασία είναι περίπου 50 %, και

η αύξηση στην αποδοση έναντι της συμβατικής λιγνιτικής μονάδας παραγωγής ενέργειας είναι περ. 9,3% σε γενικές γραμμές όταν έχουμε μια συμπύκνωση, και περ. 10,2% σε γενικές γραμμές όταν έχουμε δύο σταδίων συμπύκνωση .

2.8.2. ΞΗΡΑΝΣΗ WTA ΜΕ ΤΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΑΤΜΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΛΙΓΝΙΤΗ

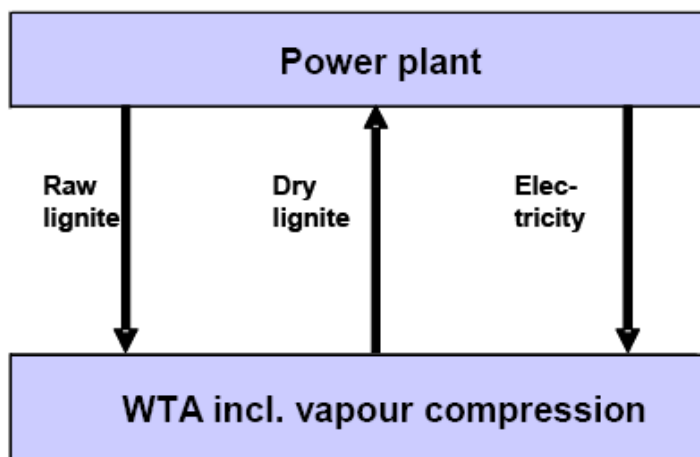


Σχήμα .16 Μέσο ξήρανσης η εξατμιζόμενη υγρασία του φυσικολυ λιγνίτη

Το σχήμα 16 παρουσιάζει το απλοποιημένο διάγραμμα της διαδικασίας WTA με συμπίεση του ατμού και προαιρετική προθέρμανση του φυσικού λιγνίτη .Η υγρασία του φυσικού λιγνίτη αφαιρείται υπό τη μορφή ατμού, όπου συμπιέζεται σε πίεση περ. 4 bar σε έναν συμπιεστή αφού καθαριστεί στο ηλεκτροστατικό φίλτρο, έτσι ώστε είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί ο ατμός για να θερμάνει τον ανταλλάκτη θερμότητας που εγκαθίσταται στον ξηραντήρα. Η θερμότητα του συμπυκνώματος που παράχθηκε χρησιμεύει στο να προθερμάνει τον φυσικό λιγνίτη περίπου στους 65 – 70°C, εφοδιάζοντας κατά συνέπεια ένα ουσιαστικό μέρος της ενέργειας που απαιτείται για την διαδικασία ξήρανσης.

Για περιεκτικότητα σε υγρασία του φυσικού λιγνίτη περ. 55 %, που μετά την ξήρανση μειώνεται σε μια τελική περιεκτικότητα 12 %, ο απολογισμός ατμού που χρειάζεται είναι ισορροπημένος. Για περιεκτικότητα υγρασίας < περ. 55%

απαιτείται η παροχή με εξωτερικό ατμό χαμηλής πίεσης, για περιεχόμενο υγρασίας > περ. 55% τότε απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα οι ατμοί.



Σχήμα 17 Ενεργειακές συνδέσεις μεταξύ του σταθμού παραγωγής και της WTA

Το σχήμα 17 παρουσιάζει σημαντικότερες ενεργητικές συνδέσεις μεταξύ της διαδικασίας εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας και της WTA συμπεριλαμβανομένης της συμπίεσης του ατμού και της προθέρμανσης του φυσικού λιγνίτη.

Το γεγονός ότι η λειτουργία των εγκαταστάσεων ξήρανσης είναι ουσιαστικά αυτάρκης στον ατμό, αυτό επιτρέπει να χρησιμοποιηθεί ανεξάρτητα από τη μονάδα παραγωγής ενέργειας. Σε έναν φυσικό λιγνίτη με περιεκτικότητα σε υγρασία περ. 50% η αύξηση στην απόδοση θα είναι περίπου 11,6 % έναντι συμβατικών λιγνιτικών μονάδων

2.9. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΞΗΡΑΝΣΗΣ WTA

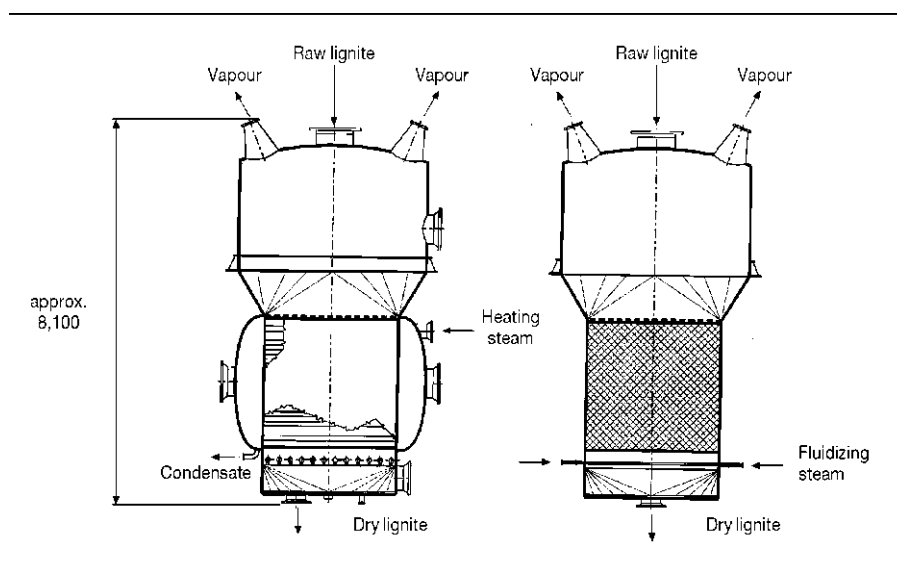
Η τεχνολογία WTA είναι βασισμένη στην αρχή της σταθερής ρευστοποιημένης κλίνης με τους ενσωματωμένους εναλλάκτες θερμότητας, όπου η ξήρανση πραγματοποιείται με ελαφρώς υπέρθερμο ατμό. Στο πρώτο στάδιο ανάπτυξης, η

διαδικασία σχεδιάστηκε ως μέθοδος ξήρανσης κοκκομετρίας από 0 έως 6 χιλ. και εξετάστηκε στην εγκατάσταση επίδειξης WTA στο Frechen κοντά στην Κολωνία. Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας δοκιμής 20.000 ωρών από το 1993 ως το 1999, οι εγκαταστάσεις επίδειξης WTA και το σύστημα συμπίεσης ατμού για την θερμότητα ξήρανσης, που υιοθετήθηκε για πρώτη φορά παγκοσμίως στις εφαρμογές λιγνίτη, απέδειξαν ότι συνδυάζονται εξαιρετικά. Η συστηματική αξιολόγηση της συμπληρωματικής θεωρητικής εργασίας της δοκιμαστικής λειτουργίας, αποκάλυψε περαιτέρω τεχνικές και οικονομικές δυνατότητες για τη βελτιστοποίηση της διαδικασίας:

Διάφορες γραμμές ανάπτυξης της ρευστοποιημένης κλίνης τεχνολογίας ερευνήθηκαν. Αποδείχθηκε ότι η περαιτέρω μείωση της κοκκομετρίας εισαγωγής έδωσε την μεγαλύτερη υπόσχεση δεδομένου ότι όχι μόνο θα αύξανε τη μεταφορά θερμότητας μεταξύ των μορίων άνθρακα και των εναλλακτών θερμότητας στο ξηραντήρα, αλλά θα μείωνε επίσης την απαραίτητη ταχύτητα ρευστοαιώρησης. Και τα δύο αποτελέσματα συμβάλλουν σημαντικά στη βελτιστοποίηση της διαδικασίας σε τεχνικούς και οικονομικούς όρους. Εντούτοις, για να ωφεληθεί από τα πλεονεκτήματα του λεπτόκοκκου μεγέθους εισαγωγής, ο φυσικός λιγνίτης πρέπει να αλεστεί σε πολύ λεπτότερα μεγέθη κόκκου από εκείνους που εφαρμόζονται μέχρι τώρα στη βιομηχανία λιγνίτη. Επομένως, ενσωματώθηκε μια διαδικασίας άλεσης δυο σταδίων για τον φυσικό λιγνίτη. Τον καλύτερο αλεσμένο φυσικό λιγνίτη στόχευσαν επίσης να χρησιμοποιήσουν μαζί με τον ξηρό λιγνίτη σε έναν λέβητα προξηραμένου λιγνίτη χωρίς οποιοδήποτε μύλο ή με μόνο μία δευτερεύουσα άλεση.

Η περαιτέρω ανάπτυξη τεχνολογίας εγκαταστάσεων εστίασε σε μια συστηματική απλοποίηση των οργάνων και του εξοπλισμού και στην επίτευξη μιας μικρότερης γενικής σύνθεσης. Για να μειωθεί το κόστος της επένδυσης και των λειτουργικών δαπανών για το ξεσκόνισμα του ατμού, μόνο το μέρος του εξατμισμένου νερού του άνθρακα καθαρίζεται σε ηλεκτροστατικό φίλτρο το οποίο αφαιρείται από το σύστημα, ενώ το μέρος του ατμού που απαιτείται για τη ρευστοαιώρηση του ξηραντήρα ξεσκονίζεται μη σχολαστικά σε έναν κυκλώνα. Κατά συνέπεια το ηλεκτροστατικό φίλτρο θα μπορούσε να είναι το μισό σε μέγεθος από αυτό ενός ξηραντήρα WTA που χρησιμοποιεί χονδρόκοκκο λιγνίτη. Πολλή έμφαση δόθηκε και στην ανάπτυξη του ξηραντήρα. Σημαντικοί στόχοι ήταν εδώ να ενισχυθεί η απόδοση της μεταφοράς θερμότητας του εναλλάκτη θερμότητας και να περιορίσει τον

σχηματισμό σκόνης, προκειμένου να αποκλειστούν τα δυσμενή αποτελέσματα στη λειτουργούσα συμπεριφορά του ξηραντήρα και, εάν είναι δυνατόν, να αποφευχθεί ένα τεχνικά σύνθετο σύστημα επανακυκλοφορίας της σκόνης. Από τον ατμό που χρησιμοποιείται για τη ρευστοαιώρηση του λεπτόκοκκου λιγνίτη στην ρευστοποιημένη κλίνη ξεσκονίζεται μόνο από έναν κυκλώνα, γι' αυτό το σύστημα της ρευστοαιώρησης πρέπει να σχεδιαστεί για 500 φορές υψηλότερο φορτίο σκόνης από αυτό που απαιτείται για έναν ξηραντήρα χονδρόκοκκου λιγνίτη WTA.



Σχ 11. WTA λεπτόκοκκος ξηραντήρας

Το νέο σχέδιο χαρακτηρίζεται από μια πολύ μικρότερη δομή ,προκύπτοντας από το ουσιαστικά μειωμένο ύψος και την αντικατάσταση του κωνικού τμήματος της εξόδου του ξηραντήρα από μια επίπεδη βάση (σχήμα 9 και 11).

Αν και η συμπίεση ατμού είχε αποδείξει ότι ταιριάζει εξάίσια για να υλοποιηθεί στο εργοστάσιο επίδειξης WTA, ένα νέο σύστημα συμπύκνωσης ατμού αναπτύχθηκε ως εναλλακτική λύση χρησιμοποιώντας την εσωτερική θερμότητα του λιγνίτη. Ο στόχος ήταν να επιτευχθούν οι τεχνικές και οικονομικές βελτιστοποιήσεις με την προθέρμανση του τροφοδοτικού νερού των λεβήτων στο θερμικό κύκλο των μονάδων παραγωγής ενέργειας προξηραμένου λιγνίτη. Έναντι της συμπίεσης ατμού, αυτή η

νέα έννοια είναι όχι μόνο απλούστερη, αλλά και απαιτεί πολύ χαμηλότερες δαπάνες επένδυσης, επειδή ο ατμός συμπύκνωσης αντικαθιστά τους συμβατικούς προθερμαντές του τροφοδοτικού νερού των λεβήτων. Οι υπολογισμοί έχουν αποδείξει ότι, ακόμη και με συγκριτικά χαμηλή σε περιεκτικότητα υγρασία του φυσικού λιγνίτη (π.χ. 50%), η αύξηση της απόδοσης του κύκλου της εγκατάστασης παραγωγής ενέργειας είναι ελαφρώς λιγότερη, δηλ. 4,0% έναντι των 4,4% σε σχέση με αυτήν της συμπίεσης ατμού.

Οι δραστηριότητες ανάπτυξης που εξετάζουν την ξήρανση με χρήση του λεπτόκοκκου λιγνίτη στο WTA, συμπληρώθηκαν από την πειραματική εργασία στη μονάδα ανάπτυξης με αντικείμενο της ελαχιστοποίησης του κόστους επένδυσης και τον σχετικό κίνδυνο στην κατασκευή των εγκαταστάσεων δοκιμής. Η σημαντικότερη εστίαση αυτής της εργασίας ήταν στη επεξεργασία του φυσικού λιγνίτη προς λεπτόκοκκο και οι ρευστομηχανικές έρευνες σχετικές με τη ρευστοποιημένη κλίνη. Παράλληλα, όλα τα βήματα ανάπτυξης εξετάστηκαν με προσοχή στην καταλληλότητά τους για τη βιομηχανικής κλίμακας εφαρμογή στις εμπορικές εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας.

3. ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΗ

3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΗ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ

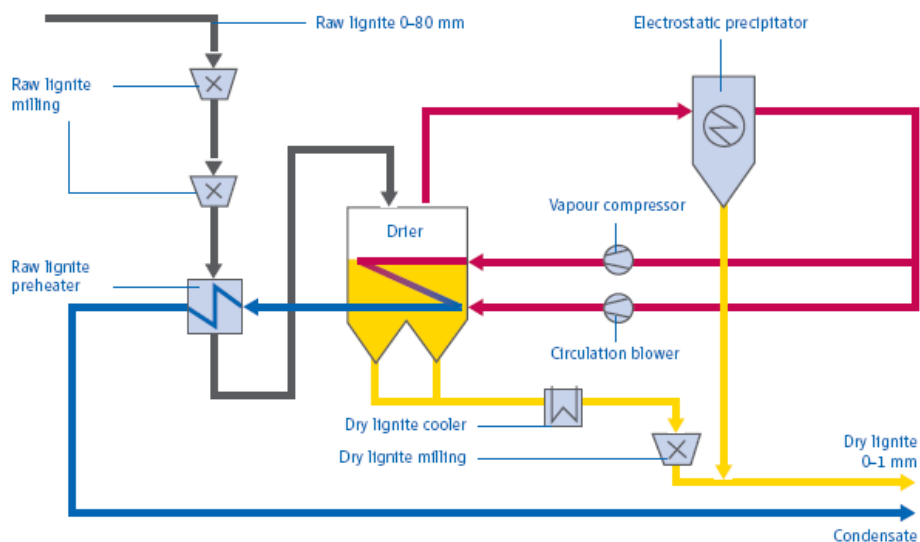
Η διαδικασία ξήρανσης WTA έχει αναπτυχθεί για δύο διαφορετικά μεγέθη κόκκου λιγνίτη: ο αποκαλούμενος χονδρόκοκκος λιγνίτης όπου ο WTA λειτουργεί με τα μεγέθη κόκκου άνθρακα εισαγωγής μεταξύ 0 και 6 χιλ., ενώ στο λεπτόκοκκο λειτουργεί ο WTA με διαμετρο κόκκου 0 έως 2 χιλ. Ο χονδρόκοκκος άνθρακας χρησιμοποιείται σε ειδικές περιπτώσεις για να είναι ξηρός και να έχει ένα συγκεκριμένο μέγεθος κόκκου, π.χ. για την εξαερίωση του λιγνίτη στη διαδικασία HTW ή για την παραγωγή κοκ από το λιγνίτη. Για όλες τις άλλες διαδικασίες, η χρήση του λεπτόκοκκου είναι συνήθως η καλύτερη επιλογή για τεχνικούς και οικονομικούς όρους. Ειδικότερα, στο στάδιο της προξήρανσης στις συμβατικές εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας, η δημιουργία λεπτόκοκκου WTA προσφέρει τα πλεονεκτήματα δεδομένου ότι ο ξηρός άνθρακας έχει ήδη μια απόκλιση περίπου 0 έως 1 χιλ., που το καθιστούν κατάλληλο για την άμεση χρήση στον ατμοπαραγωγό.

Για την άλεση του λιγνίτη, η RWE έχει αναπτύξει μια συγκεκριμένη διαδικασία που προσαρμόζεται στις ιδιαίτερες απαιτήσεις του λιγνίτη για την ξήρανση σε ρευστοποιημένη κλίνη. Αποτελείται από δύο μύλους άλεσης που συνδέονται στη σειρά όπου τα μεγέθη κόκκου του άνθρακα μειώνονται από 0 έως 80 χιλ. στα επιθυμητά 0 έως 2 χιλ.

3.2. ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟΥ ΛΙΓΝΙΤΗ

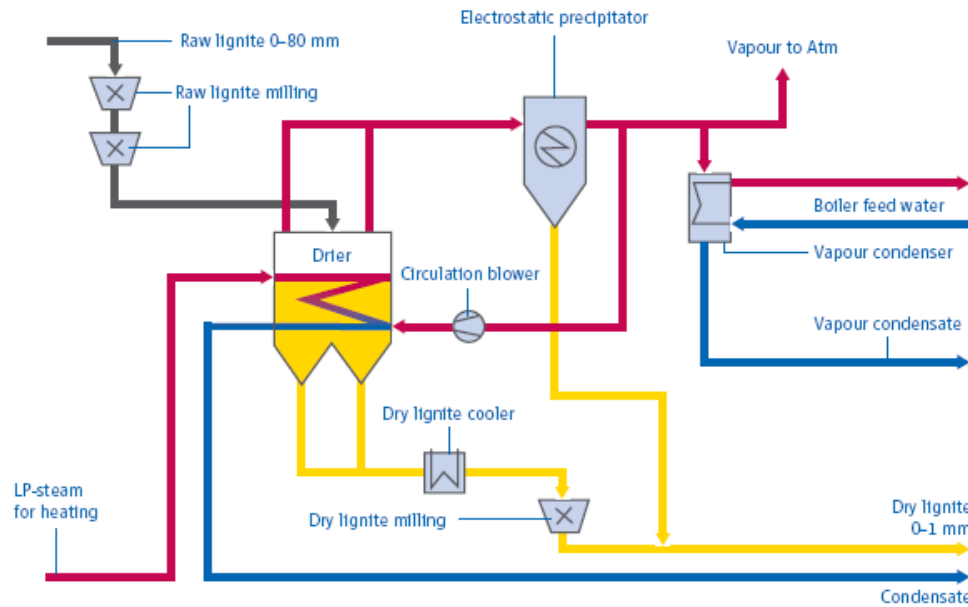
Το σχήμα.18 παρουσιάζει τη γενική διαδικασία για την χρήση του λεπτόκοκκου λιγνίτη στο WTA και το ολοκληρωμένο σύστημα της μηχανικής συμπίεσης του ατμού ώστε να επιτρέψει στην ενέργεια ατμού να χρησιμοποιηθεί στη διαδικασία ξήρανσης. Μετά από τον καθαρισμό των ηλεκτροστατικών φίλτρων, το εξατμισμένο νερό του άνθρακα είναι σε πίεση περίπου 4 bar από έναν συμπιεστή, έτσι ώστε ο ατμός να

μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να θερμάνει τον εναλλάκτη θερμότητας που είναι εγκατεστημένος στον ξηραντήρα. Η θερμότητα του συμπυκνώματος του ατμού χρησιμοποιείται για να προθερμάνει τον φυσικό λιγνίτη σε περίπου 65 με 70° C και, ως εκ τούτου, συμβάλλει σημαντικά στην κάλυψη της ενεργειακής απαίτησης του ξηραντήρα. Μέρος του καθαρισμένου ατμού χρησιμοποιείται για την ρευστοποίηση εσωτερικά της κλίνης. Ο ξηραμένος λιγνίτης ψύχεται και ξανααλέθεται – όπου απαιτείται – για δεύτερη φορά σε ένα μέγεθος κόκκου 0 έως 1 χιλ. από έναν μύλο που ενσωματώνεται στην εγκατάσταση WTA ,έτσι ώστε να καταστεί άμεσα κατάλληλο για καύση στις εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας.



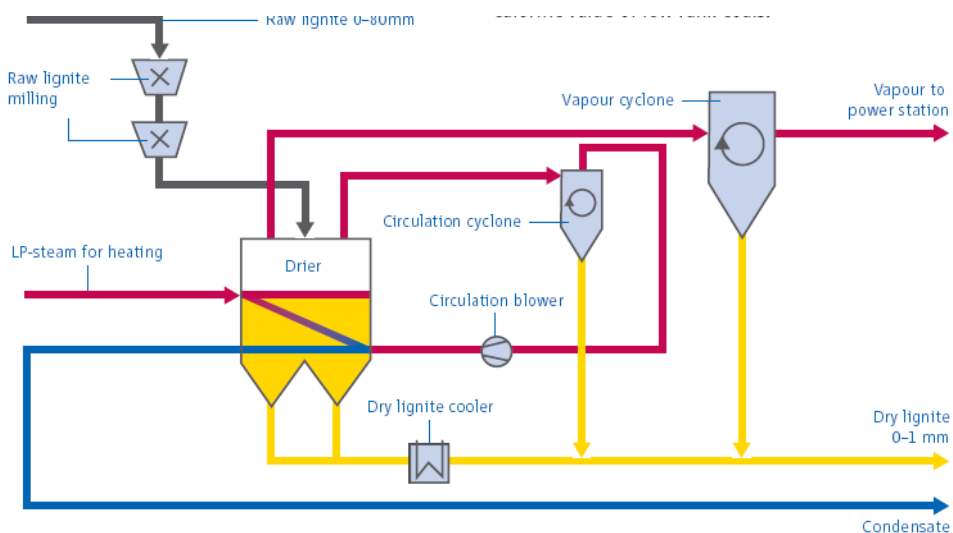
Σχήμα.18 διαδικασία ξήρανσης με επανασυμπίεση ατμού

Στο σχήμα 19 επεικονίζεται η γενική διαδικασία ξήρανσης WTA όπου κάνουμε χρήση της εξατμιζόμενης υγρασίας του λιγνίτη για προθέρμανση του τροφοδοτικού νερού του λέβητα.



Σχήμα.19 Διαδικασία ξήρανσης με συμπύκνωση ατμού

Το σχήμα 20 αποικονίζει μία χαμηλού κόστους παραλλαγή χωρίς να γίνεται εκμετάλευση του ατμού ,το οποίο να εφαρμοστεί για την αύξηση της θερμογόνου δύναμης σε λιγνίτες χαμηλής ποιότητας



Σχήμα.20 χαμηλού κόστους παραλλαγής WTA

3.3. ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Η διαδικασία ξήρανσης WTA χαρακτηρίζεται από μια υψηλή συγκεκριμένη ικανότητα ανά τετραγωνικό μέτρο της ξηρότερης διατομικής περιοχής και μιας χαμηλής πίεσης ατμού θέρμανσης. Είναι επομένως δυνατό να επιτευχθεί μια πολύ υψηλή τιμή ξήρανσης. Η συμπαγής δομή και το ενσωματωμένο σύστημα άλεσης για τον ακατέργαστο και τον ξηρό άνθρακα προσθέτουν μία σύνθετη δομή στις γενικές εγκαταστάσεις. Κατασκευάζεται αυτήν την περίοδο το πρωτότυπο WTA, η μεγαλύτερη παγκόσμια εγκατάσταση ξύρανσης για το λιγνίτη: έχει εισαγωγή φυσικού λιγνίτη 210 t/h και ικανότητα εξάτμισης 100 t/h.

3.4. ΕΠΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ

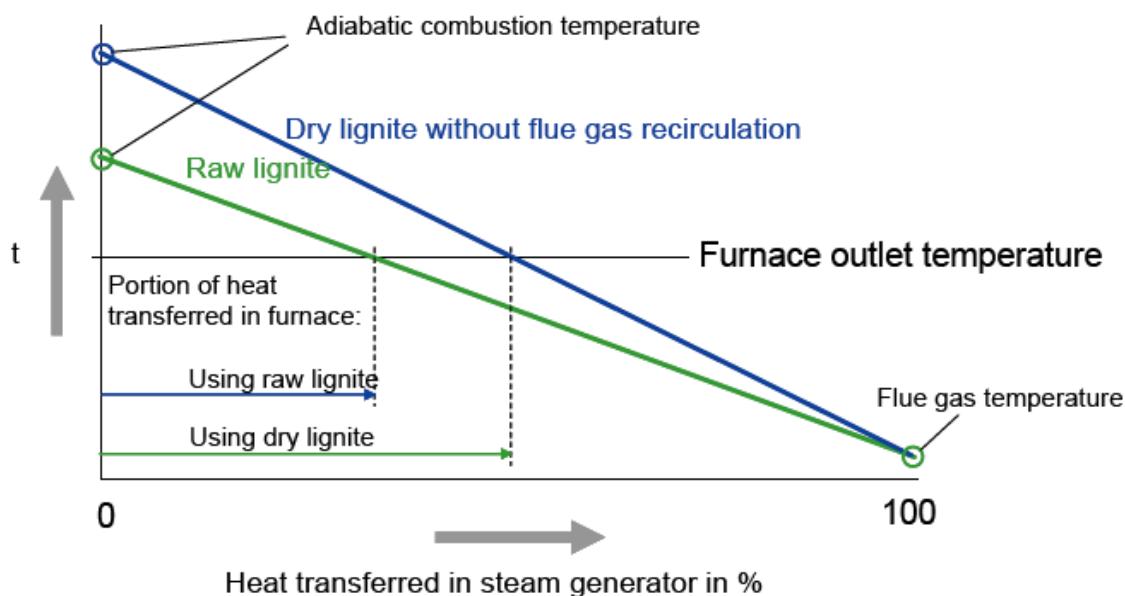
Καταρχήν όπως συμβαίνει σε όλες τις περιπτώσεις με τις αυξήσεις στην αποδοχή, τα συστατικά λιγνίτη/αέρας/καυσαέριο πρέπει να σχεδιαστούν για τις χαμηλότερες δυνατές τιμές. Εάν, για περίπτωση, έχουμε αύξηση της απόδοσης κατά 10% σε γενικές γραμμές, μειώνεται η εισαγωγή φυσικού λιγνίτη 9,1 %. Το καυσαέριο θα μειώνεται και αυτό αναλόγως. Αλλά η προξύρανση του λιγνίτη έχει μια άλλη επίδραση. Δεν είναι μόνο η μειωμένη κατανάλωση του φυσικού λιγνίτη, αλλά και η εξατμιζόμενη υγρασία που εξάγεται στον ξηραντήρα και η επιμέρους χρήση της, ακόμη δεν εισάγεται πλέον καυσαέριο έτσι υπάρχει περισσότερη ποσότητα προς την χρησιμοποίηση του.

Το σύστημα ατμοποίησης(σωλήνες ανόδου-καθόδου) στις μονάδες προξηραμένου λιγνίτη δεν θα υποστούν οικονομικές αλλαγές σε σχέση με το συμβατικό σύστημα φυσικού λιγνίτη. Οι παράμετροι ατμού, πίεση συμπυκνωτών, εναλλακτες τροφοδοτικού νερού, και τα σημεία εξαγωγής παραμένουν τα ίδια και – ανάλογα με

το πώς οι εγκαταστάσεις ξήρανσης είναι τοποθετημένες – ακόμη και οι ποσότητες ενεργού ατμού παραμένουν όπως είναι ή τροποποιούνται ελαφρώς.

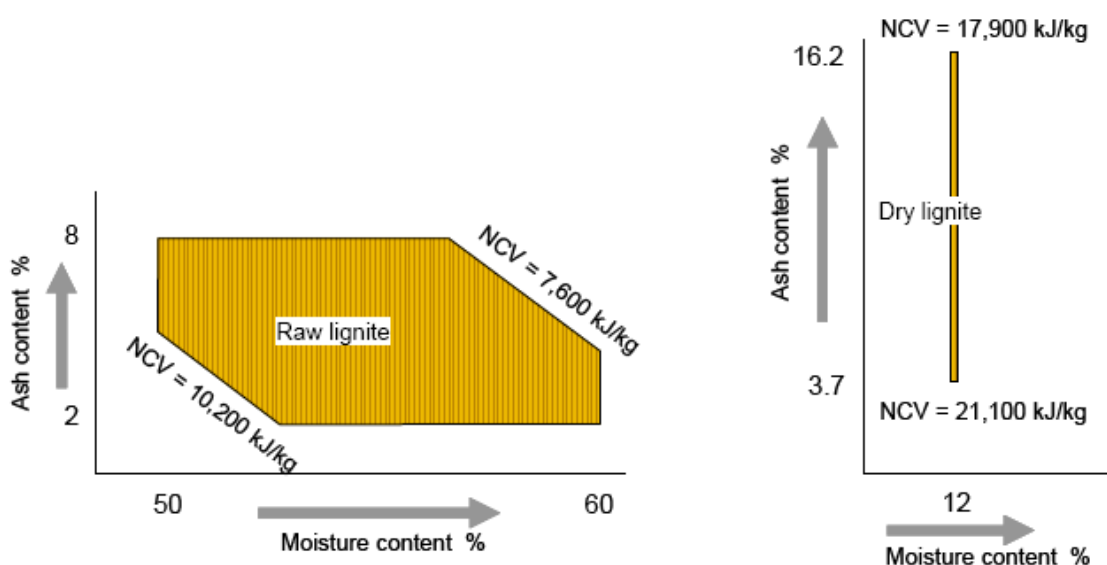
3.5. ΑΤΜΟΠΑΡΑΓΩΓΟΙ ΠΡΟΞΗΡΑΜΕΝΟΥ ΛΙΓΝΙΤΗ

Οι ατμοπαραγωγοί που εγκαθίστανται στις εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας προξηραμένου λιγνίτη υποβάλλονται σε αρκετές τροποποιήσεις εκτός από το γεγονός ότι η μονάδα ξήρανσης είναι απαλλαγμένη από μύλους και ανακυκλοφορούντα καυσάεργα.. Οι σημαντικότερες τροποποιήσεις γίνονται στο σύστημα καύσης . Ο ξηρός λιγνίτης αποθηκεύεται προσωρινά στα σιλό και μεταβιβάζεται πνευματικά απευθείας στους καυστήρες χωρίς περαιτέρω άλεση ως εκ τούτου, αυτό το σύστημα είναι ένα έμμεσο σύστημα καύσης. Δεδομένου ότι δεν υπάρχει ανάγκη ώστε να εγκατασταθούν μύλοι ξήρανσης όπως στην περίπτωση του συμβατικού ατμοπαραγωγού, οι καυστήρες είναι τοποθετημένοι ο ένας επάνω από τον άλλον, επιτρέποντας σε γενικές γραμμές τη συμμετρική τροφοδοσία της εστίας. Αυτοί οι καυστήρες δεν είναι multi-jet καυστήρες όπως εκείνοι που χρησιμοποιούνται στις εστίες φυσικού λιγνίτη, αλλά καυστήρες παρόμοιοι με εκείνους που χρησιμοποιούνται μέσα στους ατμοπαραγωγούς με καύσιμο τον λιθάνθρακα.



Σχήμα 21 Η υψηλή θερμογόνος δύναμη αλλάζει τη θερμική κατάσταση που επικρατεί στους ατμοπαραγωγούς,, Q-t διάγραμμα

Η υψηλή θερμογόνος δύναμη του προξηραμένου λιγνίτη αλλάζει τη θερμική κατάσταση που επικρατεί στους ατμοπαραγωγούς. Η μετάδοση θερμότητας ξεκινά σε μια πολύ υψηλότερη θερμοκρασία αδιαβατικής καύσης. Κατά συνέπεια, έναντι των λεβήτων φυσικού λιγνίτη ένα μεγαλύτερο μέρος από το σύνολο της θερμότητας που παράγεται εκλύεται μέχρι να φτάσει τη θερμοκρασία εξόδου της εστίας (είναι προκαθορισμένη από τις ιδιότητες της τέφρας) . Αυτό διευκρινίζεται από το απλό Q-t διάγραμμα που παρουσιάζεται στο σχήμα 21. Το ποσό θερμότητας που απορροφάται από τη μεμβράνη του τοιχώματος του ατμοπαραγωγού είναι αντίστοιχα υψηλότερο, οδηγώντας σε μια άνοδο της θερμοκρασίας του ατμού στον τοίχο. Η θερμοκρασία υπερβαίνει τα όρια της αντοχής των υλικών του τοιχώματος που είναι διαθέσιμα σήμερα. Ο αποτελεσματικότερος τρόπος να πέσει η θερμοκρασία του ατμού στο τοίχωμα είναι με την ανακυκλοφορία των καυσαερίων. Για να γίνει αυτό, ένα μέρος του ψυχόμενου καυσαερίου διακλαδίζεται από τα ηλεκτροστατικά φίλτρα και μεταφέρεται πίσω στη ζώνη καύσης. Κατ' αυτό τον τρόπο, η αδιαβατική θερμοκρασία πέφτει πάλι και το ποσό θερμότητας που μεταφέρεται στο φούρνο μειώνεται. Από θερμικής απόψης, το καυσαέριο που ανακυκλοφορεί αντικαθιστά την υγρασία που λείπει από τον προξηραμένο λιγνίτη .



Σχήμα 22: Ποιοτικές περιοχές του φυσικού λιγνίτη και του προξηραμένου λιγνίτη

Συνολικά, οι συνθήκες που επικρατούν στους ατμοπαραγωγούς είναι ευνοϊκότεροι όταν χρησιμοποιείται ξηρός λιγνίτης σε σύγκριση με όταν

χρησιμοποιείται ο φυσικός λιγνίτης. Γι' αυτό ο λιγνίτης έχει γενικά μια σταθερή περιεκτικότητα σε υγρασία περ. 12 %, και έτσι η τιμή της θερμογόνου δύναμης αυξομειώνεται πολύ λιγότερο. Όταν υπάρχει διακύμανση, αυτό μπορεί να γίνεται από την περιεκτικότητα της τέφρας, και γι' αυτό η διακύμανση είναι η μισή σε σχέση με τον φυσικό λιγνίτη. (Σχήμα 22). Συνεπώς, οι διακυμάνσεις έχουν πολύ λιγότερη επίδραση και στο σχεδιασμό και στη λειτουργία του ατμοπαραγωγού και των τμημάτων τους. Επιπλέον, η ανακυκλοφορία των καυσαερίων προσφέρει πρόσθετη δυνατότητα στο να εξαληφθούν οι διαφορές στην ποιότητα του λιγνίτη. Κατά συνέπεια, το σημείο σχεδιασμού προσεγγίζει το σημείο λειτουργίας, και αυτοί οι ατμοπαραγωγοί μπορούν να λειτουργήσουν μέσα στο εύρος του ιδανικού σημείου λειτουργίας συχνότερα από ότι οι ατμοπαραγωγοί φυσικού λιγνίτη. Η μικρή διακύμανση στις ιδιότητες του άνθρακα και το γεγονός ότι οι καυστήρες είναι τοποθετημένοι ένας επάνω από άλλο, επιτρέποντας πάντα την συμμετρική καύση, το αποτέλεσμα στην εστία στις επιφάνειες συναλλαγής θερμότητας είναι ότι εκτίθενται στη θερμότητα πύο ομοιόμορφα όσον αφορά τη ροή, έτσι ώστε ο κίνδυνος δημιουργίας σκουριάς και επικαθίσεων να μειώνεται.

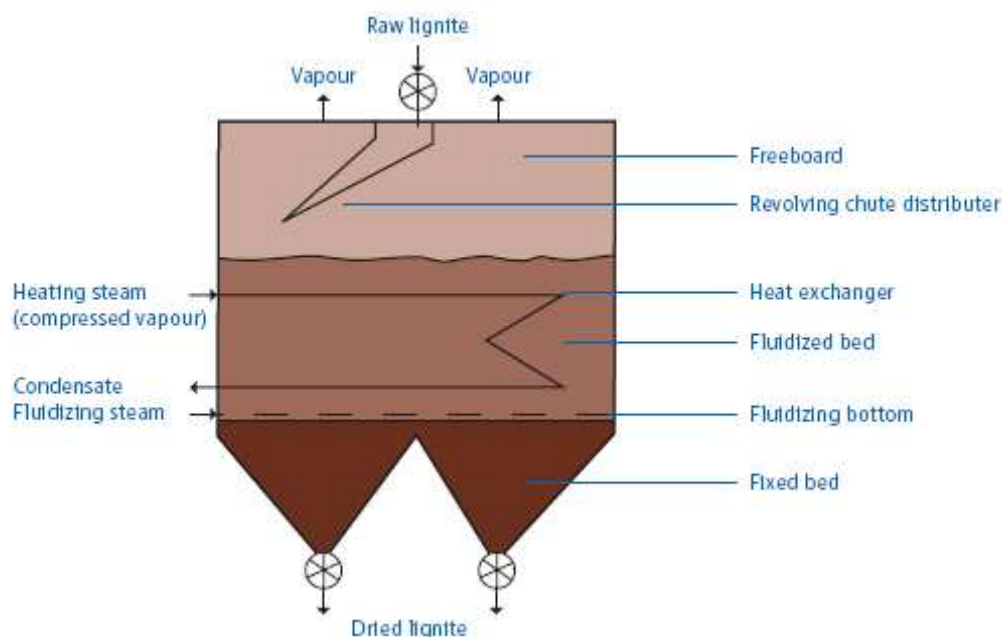
Τα τμήματα που βρίσκονται στο κάτω μέρος του ατμοπαραγωγού είναι ωφελούμενα από τις σταθερότερες θερμογόνους δυνάμεις του λιγνίτη.

Τα σημεία σχεδίασης των ESP, που επηρεάζονται από τον ανεμιστήρα έλξης, και του FGD, τα οποία είναι καθορισμένα από τη χρησιμοποίηση του λιγνίτη με μικρότερη θερμογόνο δύναμη, προσεγγίζει επίσης τα στοιχεία της κανονικής λειτουργίας, έτσι ώστε – όπως αντίθετα επικρατούν συνθήκες στις μονάδες με φυσικό λιγνίτη– να υπάρχει λιγότερη ανάγκη για μεγαλύτερο μεγεθος σε σχέση με την κανονική λειτουργία.

3.6. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΞΗΡΑΝΤΗΡΑ

Η τροφοδοσία του άνθρακα γίνεται διατηρώντας σταθερή ατμοσφαιρική πίεση στον ξηραντήρα. Ένα σύστημα αναπτύχθηκε συγκεκριμένα για την τεχνολογία WTA που εγκαθίσταται στο πάνω μέρος του ξηραντήρα όπου διανέμει τον φυσικό λιγνίτη στην επιφάνεια της ρευστοποιημένης κλίνης. Η ρευστοποιημένη κλίνη με τον εναλλάκτη θερμότητας βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα του ξηραντήρα. Η θέρμανση

γίνεται από το χαμηλής πίεσεως ατμό ή εναλλακτικά (ανάλογα με την παραλλαγή της διαδικασίας) από πεπιεσμένο ατμό όπου η πίεση παίρνει τιμές μεταξύ 3 και 4 bar. Η ρευστοαιώρηση επιτυγχάνεται από ένα σύστημα που προσαρμόζεται αναλόγως τους όρους της ξήρανσης λιγνίτη. Στο κατώτατο σημείο της ρευστοαιώρησης, ο ξηρός άνθρακας απομακρύνεται από τη σταθερή κλίνη μέσω τροφοδοτών. Το σχέδιο²³ παρουσιάζει σχηματικά το σχέδιο του ξηραντήρα. Χαρακτηρίζεται από μια υψηλή συγκεκριμένη ικανότητα και μια ιδιαίτερα συμπαγή δομή.



Σχήμα.23 Σχηματικό διάγραμμα του ξηραντήρα

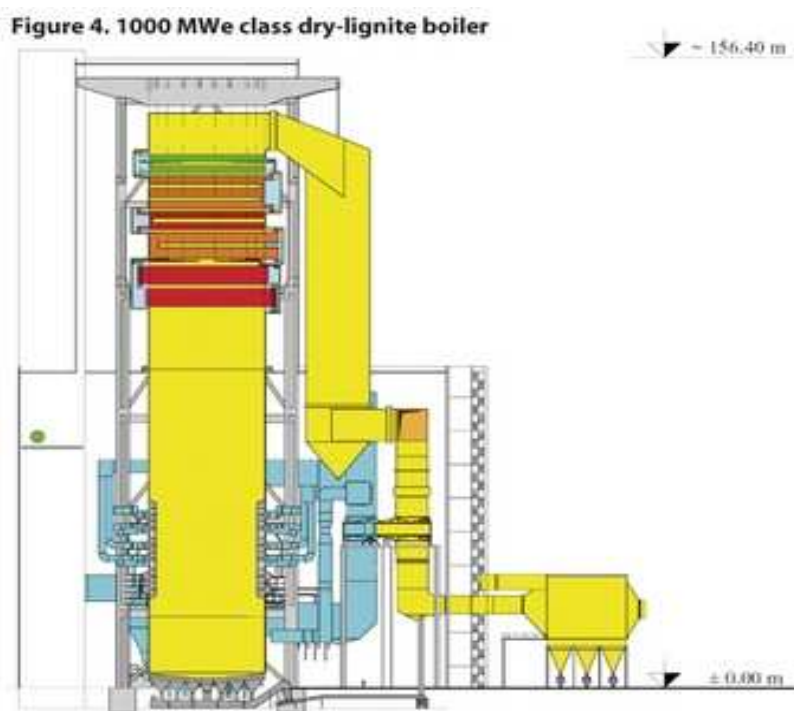
3.7. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΛΕΒΗΤΑ

Τα ακόλουθα δεδομένα ισχύουν για το σχεδιασμό ενός λέβητα που χρησιμοποιεί ξηρό λιγνίτη από την διαδικασία WTA:

- Οι λέβητες προξηραμένου λιγνίτη συνεπώς έχουν σχεδιαστεί με θερμοκρασίες εξόδου των καυσαερίων τέτοιων ώστε να μην απέχουν πολύ από εκείνες με των λεβήτων που λειτουργούν με φυσικό λιγνίτη. Λόγω της υψηλής αδιαβατικής θερμοκρασίας καύσης, τα μεγαλύτερα ποσά θερμότητας θα πρέπει να μεταφερθούν στο θάλαμο καύσης το οποίο έχει σημαντικές επιπτώσεις για το σχεδιασμό του κλιβάνου.

Η βέλτιστη θερμοκρασία επιτυγχάνεται με θερμές ζώνες στο κέντρο του φούρνου και ψυχρότερες περιοχές στα άκρα, ενώ οι ασυμμετρίες είναι αναπόφευκτες. Λαμβάνοντας υπόψη αυτά τα δύο στοιχεία υπόψη ο Alstom πρότεινε έναν κλίβανο θερμοκρασίας εξόδου καυσαερίου για το λέβητα προξηραμένου λιγνίτη να είναι 20 K υψηλότερο από ένα λέβητα φυσικού λιγνίτη, η ελαφρά αύξηση της θερμοκρασίας είναι λόγω της συμμετρικής διαμόρφωσης.

Αυτές οι προϋποθέσεις ωστόσο, θα οδηγήσουν σε ύψος θαλάμου καύσης για 1000 MWe λέβητες άνω των 100 μ. Για την επιστροφή στην οικονομικότερη λύση όσον αφορά τις διαστάσεις και για την αποφυγή χρησιμοποίησης επιπλέον υλικών για το παρόν διαθέσιμο σύστημα σωληνώσεων ανόδου-καθόδου, μπορεί να γίνει χρήση ενός συστήματος ανακυκλοφορίας καυσαερίων



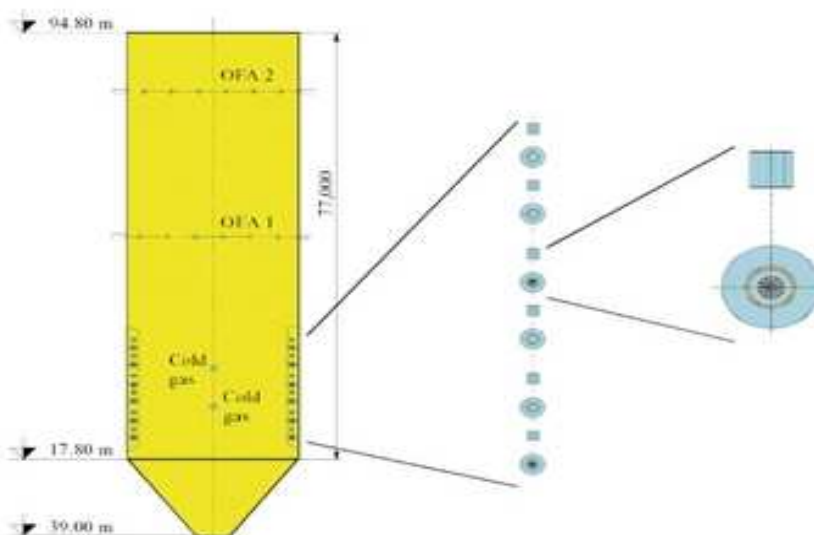
Σχήμα 24. 1000 MWe κατηγορίας λέβητα προξηραμένου λιγνίτη

Επίσης, η κατακόρυφη διάσταση του λέβητα και, συνεπώς την κατασκευή για το ύψος μπορεί να μειωθεί περαιτέρω με την αύξηση της διατομής του λέβητα. Επί του παρόντος, διατομές 26 x 26 m θεωρούνται κατασκευάσιμες.

3.8. ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΥΣΗ

Η έννοια της συμμετρικής καύσης αποτελεί ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του λέβητα φυσικού λιγνίτη. Αυτό το χαρακτηριστικό εξασφαλίζει επίσης μια ενιαία προμήθεια πρώτων υλών στην κάμινο σε μερικό φορτίο λειτουργίας. Αυτή η ρύθμιση επιτρέπει πιο ομοιόμορφη ροή θερμότητας και διανομή της θερμοκρασίας που πρέπει να επιτευχθεί στην περιοχή του καυστήρα, η οποία θα έχει ευνοϊκή επίδραση στον σχηματισμό υπολλυμάτων. Η κατάσταση αυτή συμφωνεί και με τα αποτελέσματα της CFD ανάλυσης. Παρόμοια με τον ασφαλούχο άνθρακα, οι καυστήρες είναι διατεταγμένοι κατά τις γωνίες που επιτρέπει έτσι τη μέγιστη αξιοποίηση του όγκου του κλιβάνου. Επιπλέον, η ρύθμιση αυτή ελαχιστοποιεί την αντιροή στον επιμέρους καυστήρα. Ως αποτέλεσμα, οι μικρότερες ποσότητες θερμών καυσαερίων που περιέχουν σωματίδια άνθρακα, που δεν έχουν ακόμη καεί να καίγονται στα τοιχώματα του θαλάμου καύσης μειώνοντας έτσι την τάση για επικαθήσεις.

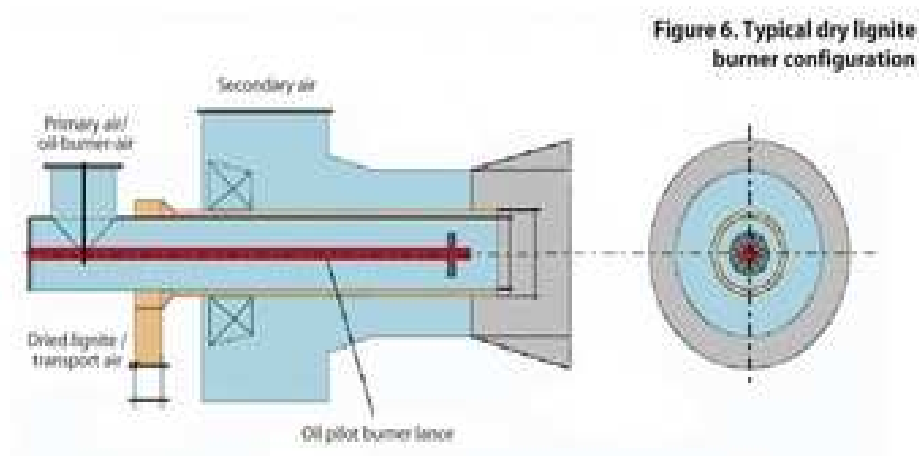
Figure 5. Firing concept for a utility scale dry lignite-fired boiler



Σχήμα 25 θάλαμος καύσης για λέβητα 1000 MWe

Το Σχήμα 25 παρέχει μια επισκόπηση των καυστήρων. Δείχνει έναν θάλαμο καύσης για λέβητα 1000 MWe. Ο θάλαμος καύσης αποτελείται από έξι καυστήρες ξηρού λιγνίτη τοποθετημένοι σε σειρά ο ένας πάνω από τον άλλο. Καθένας από αυτούς τους καυστήρες διατεθεί ένα άνοιγμα για αέρα. Οι βοηθητικοί καυστήρες πετρελαίου είναι ενσωματωμένοι στους καυστήρες ξηρού λιγνίτη.

Το Σχήμα 26 δίνει περισσότερες λεπτομέρειες για τους καυστήρες ξηρού λιγνίτη.



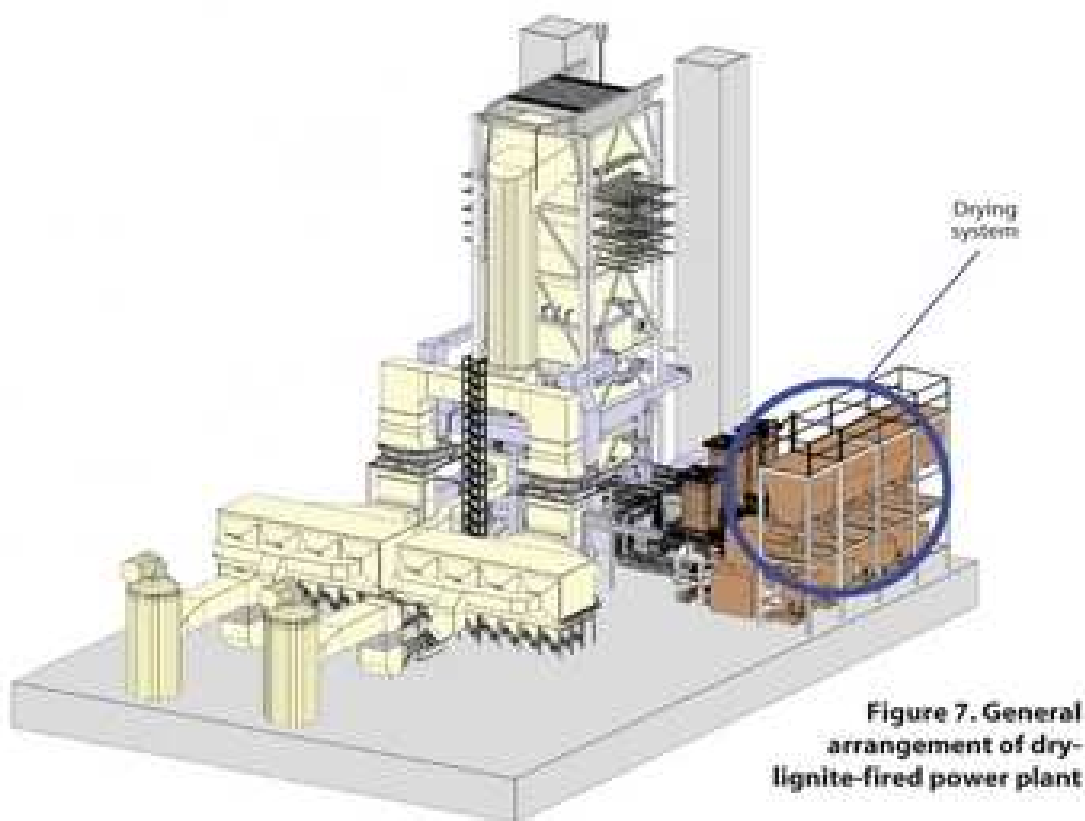
Σχήμα 26. Καυστήρες ξηρού λιγνίτη

3.9. ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΟΝΑΔΑ

Η τεχνολογία WTA για την ξήρανση του λιγνίτη υψηλής περιεκτικότητας σε υγρασία είναι πολύ κοντά στην εμπορευματοποίηση. Αρκετά έργα επίδειξης που είναι σε εξέλιξη θα οδηγήσουν στην επόμενη γενιά εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση λιγνίτη. Μια αύξηση της απόδοσης πάνω από τέσσερις ποσοστιαίες μονάδες είναι πραγματοποιήσιμη, ανάλογα με το ποσοστό υγρασίας του φυσικού λιγνίτη, αλλά το κόστος επένδυσης δεν αναμένεται να αυξηθεί σε σύγκριση με τα συμβατικά εργοστάσια παραγωγής ενέργειας με καύσιμο το λιγνίτη. Το πρόσθετο κόστος που συνδέεται με το ξηραντήριο θα αντισταθμίζεται από την εξοικονόμηση του λέβητα (εξάλειψη των αποθηκών του ακατέργαστου άνθρακα αλλά και οι μύλοι και οι αγωγοί για την ανακυκλοφορία καυσαερίων που προορίζονταν για

την αποξήρανση) και η μείωση της διαδρομής των καυσαερίων, συμπεριλαμβανομένων το σύστημα καθαρισμού των καυσαερίων, το οποίο ελαττώνεται λόγω του μικρότερου όγκου καυσαερίων και την αύξηση της αποδοτικότητας.

Το Σχήμα 27 δίνει μια γενική εικόνα της μονάδας παραγωγής ενέργειας, που δείχνει την περιοχή WTA.



Σχήμα 27 Περιοχή τοποθέτησης της WTA

3.10. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΕ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ

Ενώ αναγνωρίζεται ότι το μεγαλύτερο τεχνικό και οικονομικό όφελος για την εφαρμογή της τεχνολογίας αυτής προκύπτουν στην περίπτωση των νέων λεβήτων,

μπορεί να υπάρξει και εκ των υστέρων εφαρμογή της τεχνολογίας αυτής στους είδη υπάρχοντες σταθμούς .

Οι Αμερικανοί και οι Αυστραλοί επίσης δέχθηκαν θετικά την ξήρανση του λιγνίτη, δεν είναι μόνο οι Ευρωπαίοι που έχουν αναγνωρίσει τα πιθανά οφέλη από την ξήρανση του λιγνίτη για τη βελτίωση της απόδοσης των σταθμών παραγωγής ενέργειας. Στις ΗΠΑ, ένα πρωτότυπος ξηραντήρας λιγνίτη έχει σχεδιαστεί στο λιγνιτικό σταθμό Coal Creek της Βόρεια Ντακότα, το οποίο έχει αποδειχθεί τόσο επιτυχημένο ώστε η εταιρεία δεν προτίθεται να εγκαταστήσει μόνο έναν ξηραντήρα στη μονάδα 2 των 546 MWe για του σταθμού ,το οποίο χρηματοδοτείται από την κυβέρνηση και το υπουργείο ενέργειας, αλλά και στη συνέχεια να εγκαταστήσει την τεχνολογία αυτήν και στην μονάδα 1 (επίσης 546 MWe) - με δικά της έξοδα.



Εναέρια άποψη του σταθμού Coal Creek

Η τεχνολογία, η οποία είχε επιλεγεί το 2003 για την παραγωγή ενέργειας από ορυκτά καύσιμα Clean Coal Power Initiative (CCPI), θα χρησιμοποιεί την θερμότητα που αποβάλλεται από το εργοστάσιο ηλεκτρικής ενέργειας για τη μείωση της περιεκτικότητας σε υγρασία του λιγνίτη, δίνοντας την δυνατότητα να εξάγεται περισσότερη ενέργεια από τα καύσιμα και, ταυτόχρονα, τη μείωση των εκπομπών του υδραργύρου, το διοξείδιο του θείου και των οξειδίων του αζώτου.

Στο σχεδιασμό αυτού του συστήματος για μια ευρείας κλίμακας σύστημα περιλαμβάνει τέσσερεις ξηραντές, όπου ο καθένας θα έχει την δυνατότητα

επεξεργασίας 135 τόνων άνθρακα την ώρα. Αυτό θα ικανοποιήσει τις ανάγκες για την ποσότητα του καυσίμου για την μονάδα 2. Το σύστημα, το οποίο βρίσκεται υπό κατασκευή και αναμένεται να ολοκληρωθεί τον Μάρτιο του 2008, θα επεξεργάζεται περίπου 3,75 εκατ. τόνοι φυσικού άνθρακα ανά έτος. Οι δοκιμές αυτές θα πραγματοποιηθούν, για το ολοκληρωμένο σύστημα κατά τη διάρκεια του 2008, το οποίο θα παρέχει στοιχεία χρήσιμα για άλλες μονάδες παραγωγής ενέργειας που καίνε υψηλής υγρασίας άνθρακες.

3.11. ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ WTA

Για να εξεταστεί τη λεπτόκοκκη επεξεργασία και τη λεπτόκοκκη ξήρανση, εγκατάσταση δοκιμής χτίστηκε στις εγκαταστάσεις καθαρισμού Frechen RWE Power, το αρχικό σχέδιο του οποίου είχε τα ακόλουθα στοιχεία:

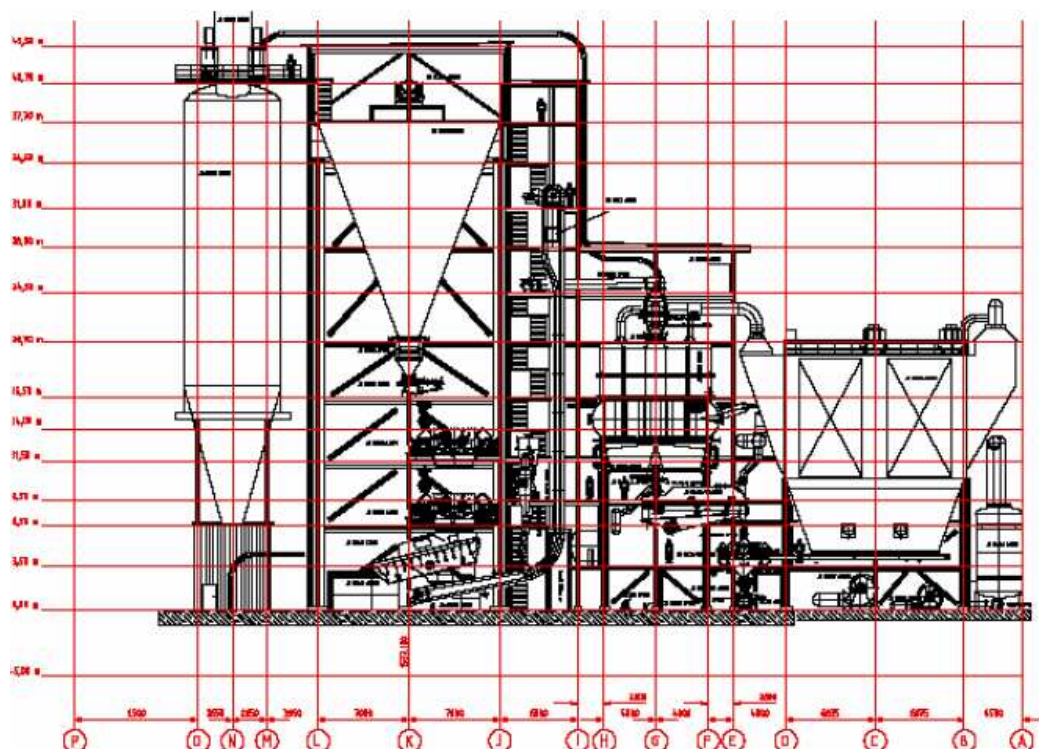
τροφοδοσία φυσικού λιγνίτη:	16.4 t/h	
έξοδος ξηρού λιγνίτη:	8.4 t/h	
συμπύκνωση νερού:	8.0 t/h	
- επεξεργασία λιγνίτη κοκκομετρία	0 to 100 mm	
-	ξήρανση	λιγνίτη
κοκκομετρία:	0 to 2 mm	
κοκκομετρία, ξηρού λιγνίτη	0 to 1 mm	

Η νέα εγκατάσταση δοκιμής (WTA 2) χτίστηκε αμέσως και ενσωματώθηκε στην



Σχήμα 28. WTA Fine grain drying plant in the Frechen refining facilities.

δομή της υπάρχουσα εγκατάσταση επίδειξης WTA (σχήμα 28 και 29).



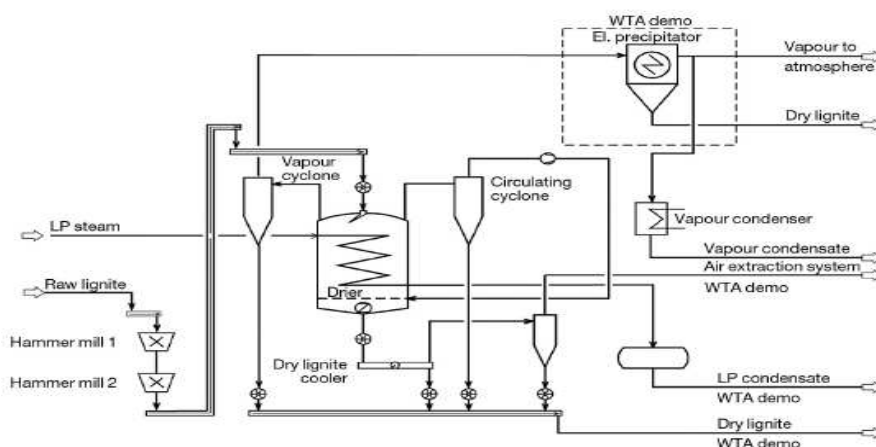
Σχήμα.29 διάγραμμα προτότυπου WTA

Δεδομένου ότι τα δύο εργοστάσια δεν λειτουργούν ποτέ ταυτόχρονα, το WTA 2 χρησιμοποιεί το σύστημα των εγκαταστάσεων WTA της επίδειξης που έχει αποδειχθεί η αξία του και δεν απαιτεί την περαιτέρω ανάπτυξη (π.χ. καθαρισμός αερίου, συστήματα ανεφοδιασμού αζώτου). Αυτό επέτρεψε να περιοριστεί ο εξοπλισμός των εγκαταστάσεων, το οποίο συνέβαλε σημαντικά στο χαμηλό κόστος επένδυσης των 4 εκατομμύριο euro. Για λόγους ασφάλειας και προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν το κόστος επένδυσης, οι εγκαταστάσεις WTA 2 σχεδιάστηκε ως μερικώς υπαίθριο. Εσωκλείστηκαν μόνο εκείνα τα τμήματα που σχετικά χρειαζόνταν για τη διαδικασία ηχομόνωσης και αδιαβροχοποίησης.

Για να επιτραπεί στο WTA 2 να παρασχεθεί η καλύτερη πιθανή ποικιλία του λιγνίτη, προβλέφθηκαν δύο συστήματα ανεφοδιασμού: Το πρώτο σύστημα είναι με άνθρακα χαμηλής περιεκτικότητας σε τέφρα όπως γίνεται στις εγκαταστάσεις καθαρισμού Frechen, δηλ. με τα μεγέθη κόκκου από 0 έως 6 χιλ. Στη δεύτερη

περίπτωση γίνεται χρήση του εξωτερικά παρεχόμενου άνθρακα (π.χ. άνθρακας υψηλής-τέφρας) που έχει μια μέγεθος κόκκου 0 έως 100 χιλ.

Ο ακατέργαστος λιγνίτης, που πρέπει να παραδοθεί αλεσμένος σε 0-100 χιλ., αλέθεται σε δύο διαδοχικούς σφυρόμυλους διπλού άξονα σε μέγεθος κόκκου 0 έως 2 χιλ. (σχήμα 30). Εν συνεχεία, ο λεπτόκοκκος άνθρακας μεταφέρεται από έναν αλυσομεταφορέα στον κολπίσκο του λεπτόκοκκου ξηραντήρα που λειτουργεί σύμφωνα με την αρχή της ρευστοποιημένης κλίνης. Σε μια σχεδόν καθαρή ατμόσφαιρα ατμού και σε μικρή υποπίεση, ο άνθρακας είναι ξηραίνεται σε περίπου 110 °C και υγρασία 12%. Το μεγαλύτερο μέρος της απαραίτητης ενέργειας παρέχεται μέσω των εναλλακτών θερμότητας που βυθίζονται στη ρευστοποιημένη κλίνη. Μετά από έναν χρόνο 30 έως 60 λεπτών, ο ξηρός άνθρακας απαλλάσσεται μέσω των περιστροφικών βαλβίδων από το κάτω μέρος και ψύχεται έμμεσα με τον αέρα..



Σχήμα .30 Σχηματική απεικόνιση της WTA με δύο σφυρόμυλους

Ο ατμός που εξατμίζεται από το λεπτόκοκκο ξηραντήρα διανέμεται ως εξής: Ένα μέρος χρησιμοποιείται για να ρευστοποιήσει την κλίνη και, μετά από το καθάρισμα σε έναν κυκλώνα, διανέμεται εκ νέου μέσω του ανεμιστήρα κυκλοφορίας στο κατώτατο σημείο της κλίνης. Η ισορροπία του ατμού, ο οποίος είναι ισοδύναμος με το ποσό του εξατμιζόμενης υγρασίας του λιγνίτη, ξεσκονίζεται αρχικά σε έναν κυκλώνα (λόγω της μεγάλης απόστασης των σωλήνων ηλεκτροστατικών φίλτρων), και έπειτα ξανατοποθετείται στα φίλτρα των εγκαταστάσεων WTA για τη δευτεροβάθμια εκκαθάριση σκόνης. Η σκόνη που εξάγεται από τους κυκλώνες του συστήματος ατμού και του ξηρού δοχείου ψύξης άνθρακα τροφοδοτείται τον ξηρό

εκφορτωτή άνθρακα. Ο ξηρός άνθρακας παρέχεται στις εγκαταστάσεις παραγωγής καθαρισμού του Frechen όπου υποβάλλεται σε περαιτέρω επεξεργασία

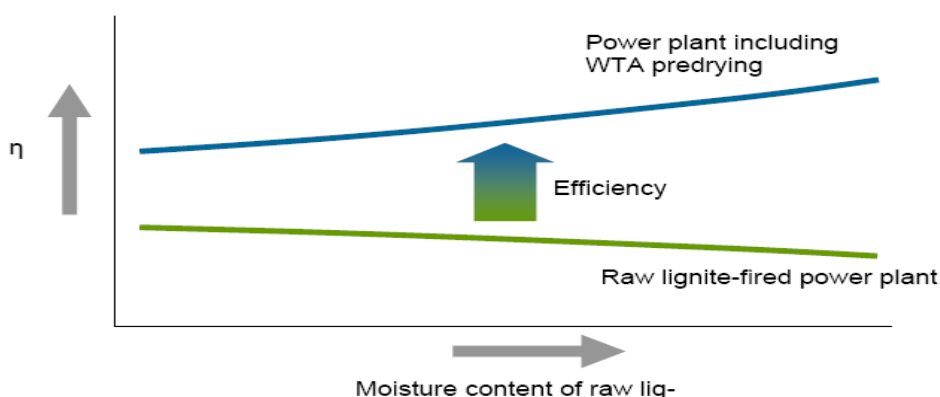
Μέρος του ατμού που καθαρίζεται από το ηλεκτροστατικό φίλτρο είναι συμπυκνωμένο στον συμπυκνωτή ατμού. Η απελευθερωμένη ενθαλπία συμπύκνωσης μεταφέρεται στο τροφοδοτικό νερό των λεβήτων, το οποίο θερμαίνεται από 30 σε 98 °C. Το τροφοδοτικό νερό λεβήτων χαναψύχεται για να προσομειώσει τις συνθήκες που επικρατούν στους προθερμαντές του τροφοδοτικού νερού.

Οι εγκαταστάσεις WTA 2 είναι εξοπλισμένες με ένα σύστημα ελέγχου διεργασίας, το οποίο συλλέγει όλα τα ουσιαστικά στοιχεία μετρησης σε περίπου 175 κύκλων και τους τοποθετεί σε ένα σύστημα καταγραφής στοιχείων. Η χρήση των οργάνων επιτρέπει σε όλα τα σημαντικά στοιχεία της λειτουργίας να καθορίζονται με τη βοήθεια των πολλαπλών ισορροπιών, έτσι ώστε η μέτρηση με το λάθος να προσδιορίζεται εύκολα. Κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας η διαδικασία είναι πλήρως αυτόματη: η ρύθμιση του φορτίου γίνεται χειροκίνητα βασισμένη στην ροή μάζας του φυσικού άνθρακα, όλες οι άλλες παράμετροι διαδικασίας ελέγχονται ανεξάρτητα από το σύστημα ελέγχου διεργασίας.

Εξ αιτίας του χαρακτήρα ανάπτυξής του, το πρόγραμμα (εφαρμοσμένη μηχανική, προμήθεια, επίβλεψη ανέγερσης και ανάθεση) εφαρμόστηκε εσωτερικά από RWE Power. Αυτό είχε ως αποφυγή τη δαπανηρή και χρονοβόρα ανταλλαγή τεχνογνωσίας με τους εξωτερικούς αναδόχους εφαρμοσμένης μηχανικής και τα προκύπτοντα λάθη. Ξανακοιτάζοντας, αυτή η στρατηγική έχει αποδειχθεί εξαιρετικά συμφέρουσα και απο τεχνικής και από οικονομικής άποψης.

3.12. Η ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΛΙΓΝΙΤΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΥΜΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΡΟΞΗΡΑΝΣΗΣ

Το σχήμα 11 δείχνει την αποδοση της συμβατικής λιγνιτικής μονάδας και της μονάδας που συμπεριλαμβάνει την προξήρανση . Ο ξηρός άνθρακας έχει μια περιεκτικότητα σε υγρασία 12 %.Όπως φαίνεται και στο σχήμα 31 η απόδοση της μονάδας αυξάνεται με την προξήρανση του λιγνίτη,και φαίνεται ότι με την αύξηση της υφρασίας έχουμε και αύξηση της απόδοσης.



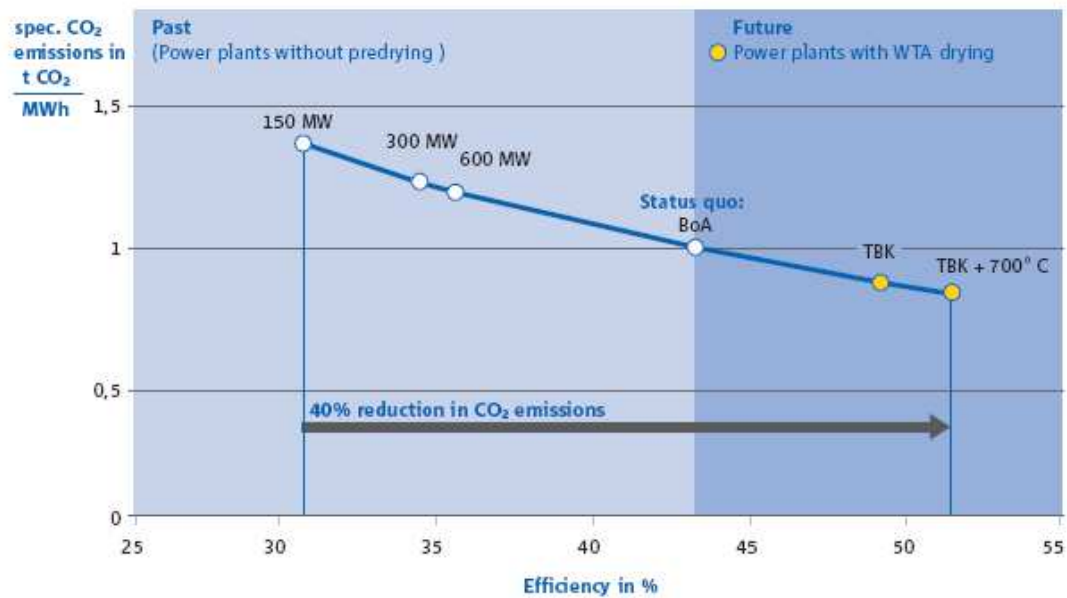
Σχήμα. 31 Αύξηση της απόδοσης με μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε υγρασία του φυσικού λιγνίτη

Η χαμηλότερη καμπύλη στο σχήμα 31 είναι μια γενική αντιπροσώπευση της αύξησης στην αποδοχή κατά την αλλαγή στον ξηρό λιγνίτη.

3.13. ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΡΥΠΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ WTA

Δεδομένου ότι το ενεργειακό ποσό που απαιτείται για την ξήρανση αυξάνεται με το αυξανόμενο περιεχόμενο υγρασίας, η αύξηση της απόδοσης μπορεί να επιτευχθεί από την τεχνολογία WTA στο θερμικό κύκλο η οποία απόδοση δεν έχει μια σταθερή τιμή, αλλά είναι συνάρτηση της περιεκτικότητας σε υγρασία: Όσο υψηλότερο το ποσό υγρασίας που αφαιρείται με την ξήρανση, τόσο μεγαλύτερη η καθαρή θερμιδική αξία βάση στην δυνατότητα αύξησης της απόδοσης που μπορεί να πραγματοποιηθεί με την τεχνολογία WTA. Οι εκπομπές καυσαερίου που συνδέονται με την ηλεκτρική παραγωγή (CO_2 , SO_2 , NO_x) είναι άμεσα ανάλογες προς τα καύσιμα που εισάγονται ή ανάλογα προς την αποδοτικότητα των εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας. Η αύξηση της απόδοσης που επιτυγχάνεται μέσω της τεχνολογίας WTA έχει έτσι μια

άμεση συμβολή στη μείωση των ρύπων και περαιτέρω τη βελτίωση της περιβαλλοντικής συμβατότητας της ηλεκτρικής παραγωγής. Το σχήμα 32 επεξηγεί τη δυνατότητα μείωσης της εκπομπής των ρύπων με την αύξηση της απόδοσης της μονάδας



Σχήμα.32 Το CO₂ ως μεταβλητή της απόδοσης

4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΗΣ 5ΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ

Προκειμένου να αποτιμηθεί η νέα αυτή τεχνολογία καύσης και να γίνει σύγκριση με την υπάρχουσα συμβατική τεχνολογία της ΔΕΗ Α.Ε., έγινε σύγκριση του θερμικού κύκλου της μονάδας ξηραίνοντας τον λιγνίτη με την μέθοδο WTA και συγκρίθηκε με την 5 μονάδα του ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου που είναι και η πιο σύγχρονη και μεγαλύτερη μονάδα της ΔΕΗ.

Για την σύγκριση της 5^{ης} μονάδας του ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου και την προσομοίωσή της με ενσωμάτωση της μεθόδου ξήρανσης WTA, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα MS Excel όπου με αυτό έγινε και ο σχεδιασμός των διαγραμμάτων ροής όλου του κυκλώματος ,αλλά κυρίως οι προθερμαντές τροφοδοτικού νερού χαμηλής πίεσεως με τις απομαστεύσεις από το στρόβιλο χαμηλής πίεσης.

4.1. ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ

Χρησιμοποιήθηκε λιγνίτης με την εξής σύσταση επί φυσικού:

W	A	C	H	N	S	O	CO ₂	αθροισμα
0,5113	0,1751	0,1826	0,0138	0,0045	0,0051	0,0734	0,0342	1,00

Τα δεδομένα λειτουργίας της συμβατικής μονάδας :

λόγος αέρα καύσης $\lambda=1,27$

θερμοκρασία καυσαερίων κατά την έξοδο=165C

θερμοκρασία περ/ντος=20 C

Η θερμοκρασία του μίγματος καυσίμου στην είσοδο των καυστήρων=120C

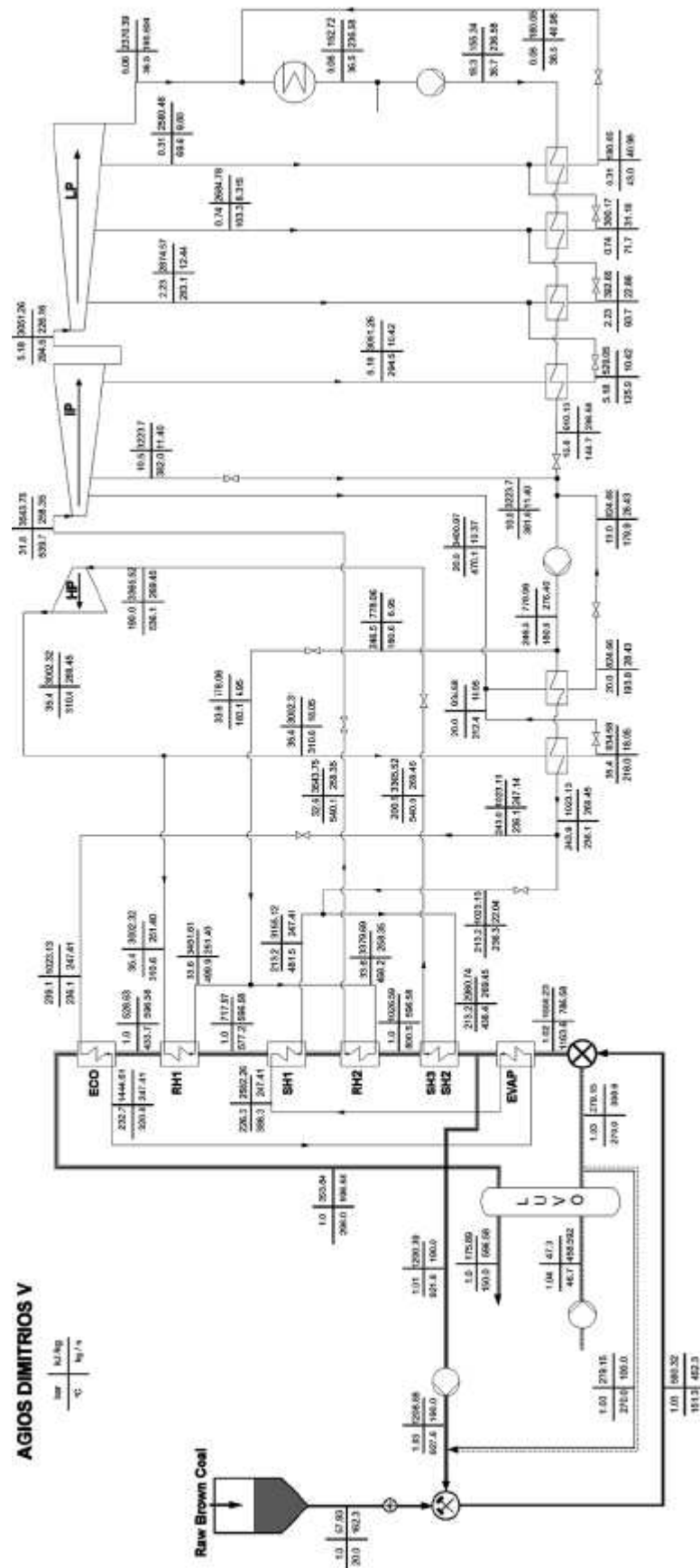
θερμοκρασία καυσαερίων στην έξοδο του θαλάμου καύσης = 930 C

θερμοκρασία αέρα προς τους μύλους = 305 C

υγρασία του λιγνίτη στην είσοδο των καυστήρων = 15%

Βαθμός αποθείωσης στο καυσάεριο= 80

απόδοσης της εστίας η_E = 0,975



Η κατώτερη θερμογόνοος δύναμη του φυσικού λιγνίτη θα είναι :

$$H_u = 34834 \cdot C + 93868 \cdot H + 10132 \cdot S + 5945 \cdot N - 1002 \cdot O - 2449 \cdot W \Rightarrow$$

$$H_u = 5689 \text{ kJ/kg}$$

Ο στοιχειομετρικός αέρας καύσης θα είναι :

$$\mu_{L0} = 11,48 \cdot C + 34,194 \cdot H + 4,30 \cdot S - 4,308 \cdot O \Rightarrow$$

$$\mu_{L0} = 2,273 \frac{\text{kg αέρα}}{\text{kg λιγνίτη}}$$

Ο πραγματικός αέρας καύσης θα είναι :

$$\mu_L = \lambda \cdot \mu_{L0} = 1,27 \cdot \mu_{L0} = 2,887 \frac{\text{kg αέρα}}{\text{kg λιγνίτη}} \cdot 2,273 \Rightarrow$$

Το υγρό καυσάεριο θα είναι :

$$\mu_G = \mu_L + 1 - \alpha \Rightarrow$$

$$\mu_G = 3,7127 \frac{kg \text{ καυσάεριου}}{kg \text{ λιγνίτη}}$$

(Όπου α είναι η τέφρα του λιγνίτη για σύσταση επί φυσικού)

4.1.2.ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ

$$\text{Παραγόμενο } CO_2 : \mu_{CO_2} = 3,665 \cdot \gamma_c \Rightarrow$$

$$\mu_{CO_2} = 0,7033 \frac{kg CO_2}{kg \text{ καυσίμου}}$$

$$\text{Παραγόμενο } SO_2 : \mu_{SO_2} = 1,998 \cdot \gamma_s \Rightarrow$$

$$\mu_{SO_2} = 0,0020 \frac{kg SO_2}{kg \text{ καυσίμου}}$$

Παραγόμενο N_2 : Ο αέρας περιέχει 76,79 % N_2 και 23,21 % O_2 .

$$\text{Άρα } \mu_{N_2} = 0,7679 \cdot \mu_L + \gamma_{N_2} \Rightarrow$$

$$\mu_{N_2} = 2,2222 \frac{kgN_2}{kg\text{καυσίμου}}$$

$$\text{Παραγόμενο } O_2 : \mu_{O_2} = 0,2321 \cdot (\lambda - 1) \cdot \mu_{LOT} \Rightarrow$$

$$\mu_{O_2} = 0,1425 \frac{kgO_2}{kg\text{καυσίμου}}$$

$$\text{Παραγόμενο } H_2O : \mu_{H_2O} = 8,936 \cdot \gamma_c + w = 8,936 \cdot 0,0142 + 0,579 \Rightarrow$$

$$\mu_{H_2O} = 0,6356 \frac{kgH_2O}{kg\text{καυσίμου}}$$

κατά βάρος σύσταση του καυσαερίου %

$$X_{CO_2} = \frac{\mu_{CO_2}}{\mu_G} \Rightarrow X_{CO_2} = 18,9794 \frac{kgCO_2}{kg\text{καυσαερίου}}$$

$$X_{SO_2} = \frac{\mu_{SO_2}}{\mu_G} \Rightarrow X_{SO_2} = 0,0550 \frac{kgSO_2}{kg\text{καυσαερίου}}$$

$$X_{N_2} = \frac{\mu_{N_2}}{\mu_G} \Rightarrow X_{N_2} = 59,9666 \frac{kgN_2}{kg\text{καυσαερίου}}$$

$$X_{O_2} = \frac{\mu_{O_2}}{\mu_G} \Rightarrow X_{O_2} = 3,8456 \frac{kg_{O_2}}{kg_{καυσσαερίου}}$$

$$X_{H_2O} = \frac{\mu_{H_2O}}{\mu_G} \Rightarrow X_{H_2O} = 17,1534 \frac{kg_{H_2O}}{kg_{καυσσαερίου}}$$

4.1.3.ΕΥΡΕΣΗ ΤΗΣ ΩΦΕΛΟΥΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΛΕΒΗΤΑ

ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΕΝΘΑΛΠΙΑΣ ΣΤΟ ΛΕΒΗΤΑ (ΣΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΝΕΡΟΥ-ΑΤΜΟΥ) ΓΙΑ ΝΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΩ ΤΟ $Q_{ωφ}$

από το διάγραμμα ροής έχω:

	Παροχή (kg/s)	Ενθαλπία (kJ/kg)	Ενθαλπία (kJ/s)	
Τροφοδοτικό Νερό	269,45	1023,13	-275682,38	
Έξοδος Υπερθέρμου	269,45	3365,52	906839,36	
Εξοδος Αναθέρμου	258,35	3543,75	915527,81	
Νερό Για Ψυκτήρες Αναθέρμου	6,95	778,06	-5407,52	
Είσοδος Αναθέρμου	251,4	3002,32	-754783,25	
Σύνολο			786494,03	kW

Για την απόδοση του λέβητα θα χρησιμοποιήσω:

$$nF = 100 - (uG + uL) \%$$

$$\text{απώλειες καυσαερίων} \quad uG = \mu G * (hG\alpha - hGo) / Hu$$

$$\text{απώλειες ακτινοβολίας} \quad QL = 0,0315 * Q_{\omega\phi 0,7}$$

$$uL = QL / m\beta * Hu =$$

$$nF = 1 - uG - uL =$$

άρα η κατανάλωση καυσίμου $m\beta = 159,7 \text{ kg/sec}$ (βλέπε παράρτημα 1)

4.1.4. ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΠΟΥ ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ ΣΤΟΥΣ ΜΥΛΟΥΣ

από τον τύπο

$$Q_{\xi\eta\rho} = m_B [N(r_{20} + \Delta h_D) + (w - N) * \Delta h_w + (1 - w) * \Delta h_k]$$

θα έχουμε $Q_{\xi\eta\rho} = 194175,5732 \text{ KW}$

4.1.5. ΙΣΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΟ ΜΥΛΟ ΓΙΑ ΕΥΡΕΣΗ ΤΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΜΑΖΑΣ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΚΑΙ ΤΩΝ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ

$$Q_{\xi\eta\rho} = mL1*(hL305-hL120)+mg1*(hg930 - hg120)$$

Όπου y το ποσοστό αέρα που πάει στον μύλο είναι 25%

και χ το ποσοστό καυσαερίου που πάει στον μύλο 25,8%

$$\text{έχοντας } mL1=m\beta1*\mu L*y$$

$$mg1=m\beta1*\mu G*\chi$$

Η ποσότητα μάζας για τον αέρα στον μύλο θα είναι

$$mL1= 116,233362 \quad \text{kg/sec}$$

Η ποσότητα μάζας για τα καυσαέρια στον μύλο θα είναι

$$mg1= 144,5271586 \quad \text{kg/sec}$$

Άρα στην περίπτωση της συμβατικής μονάδας η ποσότητα από τα θερμά καυσαέρια που χρειάζονται για την ξήρανση του λιγνίτη είναι πολύ μεγάλη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η ξήρανση να πραγματοποιείται κάτω από υψηλές θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα να χάνεται αρκετή ενέργεια.

Κάνοντας ένα ισοζύγιο ενέργειας στο λέβητα θα υπολογιστεί η αδιαβατική θερμοκρασία καύσης

$$m_{\beta1}*Hu+m_L*(h_L-h_{L0})+m_{g1}*(h_{g1}-h_{g0})=(m_g+m_{g1})*(h_{g\max}-h_{g0})$$

βρίσκοντας την ενθαλπία $hg_{max} = 1671,755526 \text{ kJ/kg}$ με δοκιμή και σφάλμα βρίσκεται και η θερμοκρασία αδιαβατικής καύσης, η οποία είναι ίση με

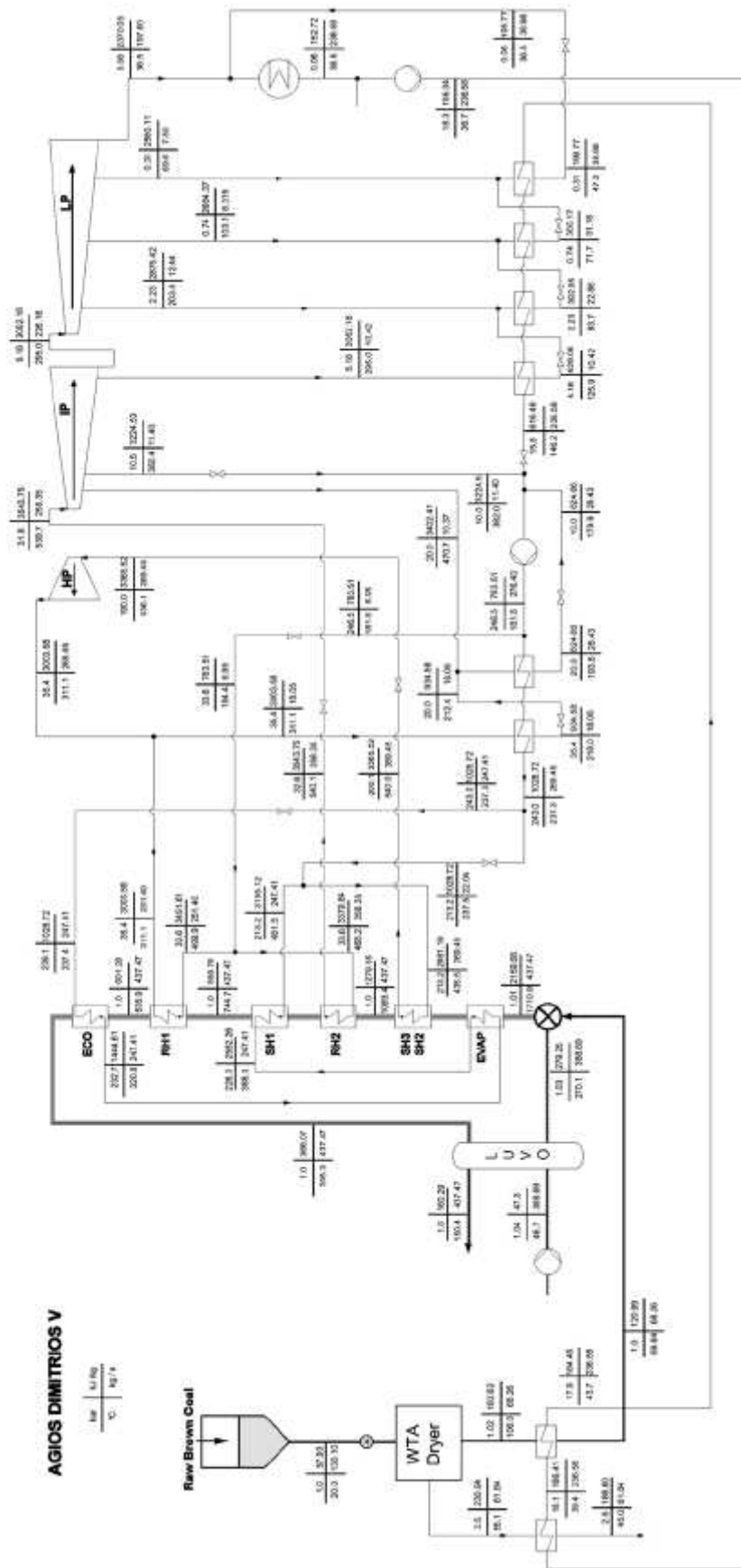
$$T = 1144\text{C} \text{ .}$$

4.2.ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ WTA

Η τοποθέτηση της WTA στην 5^η μονάδα Αγ. Δημητρίου θα έχει ως αποτέλεσμα να αλλάξουν κάποιοι παράμετροι στην λειτουργία της μονάδας όπως η απόδοσης τη εστίας η_E , αυξάνεται από 0.975 σε 0.98 γιατί ο προξηραμένος λιγνίτης καίγεται καλύτερα από τον φυσικό. Ο λόγος αέρα και αυτός με τη σειρά του μειώνεται από 1.27 σε 1.25. Ακόμη μία διαφορά τους είναι στην υγρασία μετά την ξήρανση, όπου στην περίπτωση με τον WTA ο λιγνίτης ξηραίνεται μέχρι 12% σε αντίθεση με την συμβατική περίπτωση όπου είναι στα 15% υγρασία κατά την είσοδο του λιγνίτη στους καυστήρες.

Αλλά στο παρόν σύγγραμμα η βασική ιδέα είναι να κρατηθούν σταθερές η συνθήκες καύσης στο λέβητα στις ίδιες τιμές με την συμβατική μονάδα έτσι ώστε να επιτευχθεί η σύγκριση.

Παρακάτω φαίνεται το διάγραμμα ροής της μονάδας με την τοποθέτηση WTA



Διάγραμμα ροής του θερμικού κύκλου της περίπτωσης WTA

Φαίνεται ότι απόδοση του ατμοπαραγωγού είναι αυξημένη σε σχέση με την πρώτη περίπτωση

$$n=n_F \cdot n_E=0,9024 \quad \text{ή } 90,24\%$$

σε αντίθεση με την συμβατική που είναι

$$n=n_F \cdot n_E=0,8620 \quad \text{ή } 86.2 \%$$

Η κατανάλωση καυσίμου πλέον πέφτει περίπου στο μισό

$$\dot{m}_B=73,21523911 \quad \text{kg/sec}$$

Στην μείωση της κατανάλωσης συντελεί η αύξηση της Θερμογόνου δύναμης του προξηραμένου λιγνίτη σχεδόν στη διπλάσια τιμή

$$H_u= 11854,85703 \text{ kJ/kg}$$

Η σημασία στην μείωση της κατανάλωσης είναι η μείωση των εκπομπών των ρύπων ,η καλύτερη διαχείριση των αποθεμάτων του λιγνίτη και το κόστος λειτουργίας.

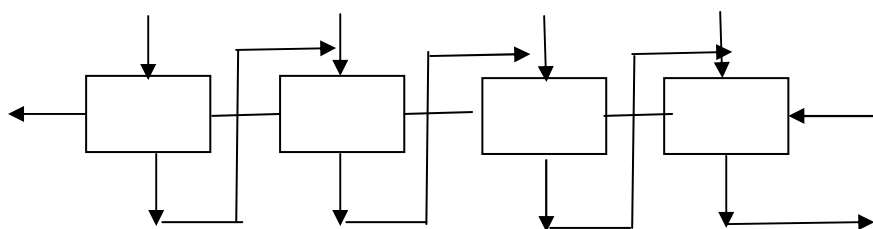
Με έναν ισολογισμό στους μύλους φαίνεται ότι το ποσοστό αέρα που πάει σε αυτούς είναι 11.12% με ποσότητα 39.46 kg/sec, ενώ δεν χρησιμοποιούμε καθόλου καυσαέριο για την ξήρανση του λιγνίτη στο WTA. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μειωθεί κατά πολύ ο όγκος του λέβητα και συνεπώς το κόστος εγκατάστασης.

Η θερμοκρασία αδιαβατικής καύσης θα είναι $T=1707^{\circ}\text{C}$ σύμφωνα με τους υπολογισμούς

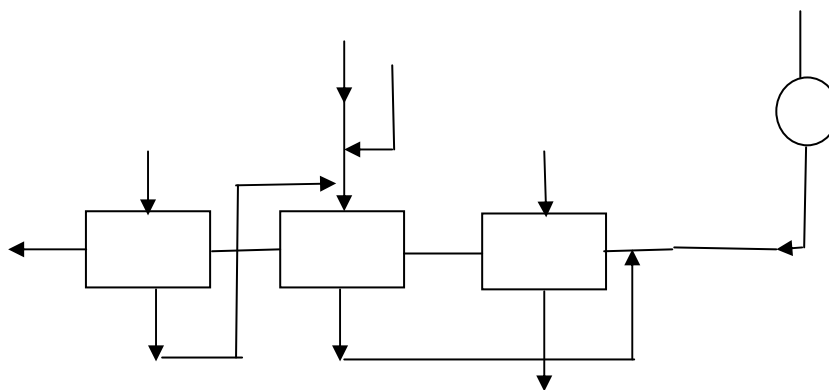
4.2.2.ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΤΕΣ

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω θα υπάρξουν αλλαγές κατά την σύγκριση των δύο μονάδων. Εκτός των προαναφερθέντων παραμέτρων θα έχουμε αλλαγή και στο

διάγραμμα ροής της μονάδας. Θα καταργηθούν οι δύο τελευταίες απομαστεύσεις από τον στρόβιλο χαμηλής πίεσης, που χρησιμοποιούνταν για την προθέρμανση του τροφοδοτικού νερού. Για την αντιστάθμιση αυτήν η ποσότητα ενέργειας που χρειάζεται το τροφοδοτικό νερό για να προθερμανθεί, θα την παραλάβει από την εξατμιζόμενη υγρασία η οποία θα αντικαταστήσει τις δύο τελευταίες απομαστεύσεις. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του αριθμού των προθερμαντών από 4 σε 3 (σχεδιαγράμματα 1 και 2).



Σχεδιάγραμμα.1(προθερμαντές στην συμβατική μονάδα)



Σχεδιάγραμμα.2(προθερμαντές στην μονάδα WTA)

Όπως φαίνεται στο σχεδιάγραμμα 1 για τους τέσσερις προθερμαντές χρησιμοποιούνται τέσσερις απομαστεύσεις, τρεις από την χαμηλή πίεση και μία από τη μέση πίεση που είναι και η τελευταία.

Αντίθετα στο σχεδιάγραμμα 2 χρησιμοποιούνται δύο απομαστεύσεις για την

προθέρμανση νερού μία από την μέση πίεση και μία από την χαμηλή. Αρχικά το νερό θερμαίνεται από την από την επιστροφή του 2^{ου} προθερμαντή και από 36,7C ανεβαίνει στους 59,4 C. Μετά διέρχεται από τον 1^ο προθερμαντή όπου ως μέσω θέρμανσης χρησιμοποιείται η εξατμιζόμενη υγρασία του λιγνίτη από το WTA σε θερμοκρασία 106C. Το νερό από τους 59,4 φτάνει στους 100C πριν την είσοδό του στον 2^ο προθερμαντή. Σε αυτόν καταλήγουν τρία ρεύματα θερμών ρευμάτων, το ένα ρεύμα είναι η επιστροφή από την απομάστευση του ατμού που χρησιμοποιήθηκε για την ξήρανση στην κλίνη ο οποίος έρχεται στους 153,17 C και σε ποσότητα 60,75 kg. Το δεύτερο ρεύμα είναι η έξοδος του 1^{ου} προθερμαντή και το τρίτο είναι η απομάστευση από την χαμηλή πίεση σε θερμοκρασία 203,1 C και ποσότητα 5,59 kg/sec. Το τροφοδοτικό νερό αφού εξέρχεται από τον 2^ο προθερμαντή έχει θερμοκρασία 128C. Τέλος στον 3^ο προθερμαντή χρησιμοποιείται η απομαστεύση από τον στρόβιλο μέσης πίεσης σε θερμοκρασία 294.5 C και ποσότητα 6,94 kg/sec όπου το τροφοδοτικό νερό θερμαίνεται στους επιθυμητούς 144,7 C.

4.2.3.ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΤΗΣ ΚΛΙΝΗΣ

Η ενέργεια της ξήρανσης στην κλίνη ισούται με την αύξηση της θερμοκρασίας του λιγνίτη συν την αύξηση της θερμοκρασίας του νερού και την ατμοποίηση του νερού.

$$Q_{ξηρ} = N \cdot (H + 1,86 \cdot (106 - 20)) + (W - N) \cdot c_{pw} \cdot (106 - 10) + (1 - W) \cdot c_{pk} \cdot (106 - 20) -$$

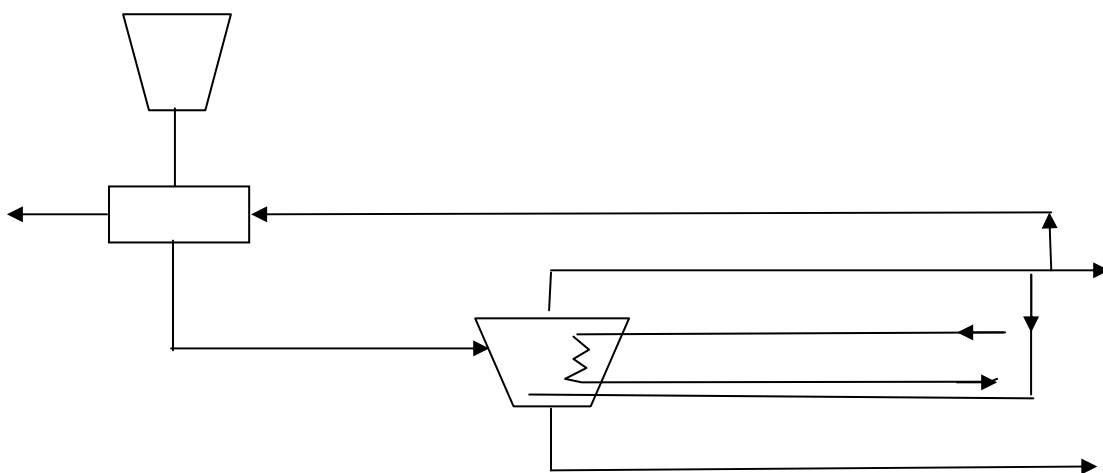
θερμοτητα για να παω από 20 σε 75C

$$Q_{ξηρ} = 1136,76 \text{ kJ/kg λιγνίτη}$$

Η ποσότητα ατμού που χρειάζεται για ρευστοαίωρηση της κλίνης από την βιβλιογραφία είναι ίση για μια τέτοια μονάδα αυτής της ισχύος με 60 kg/sec

Η κατανάλωση του φυσικού λιγνίτη θα είναι $m_{b'} = 127,34 \text{ kg/sec}$, άρα η ποσότητα της απομάστευσης που γίνεται για την ξήρανση του λιγνίτη στην WTA είναι ίση με $60,75 \text{ kg/sec}$

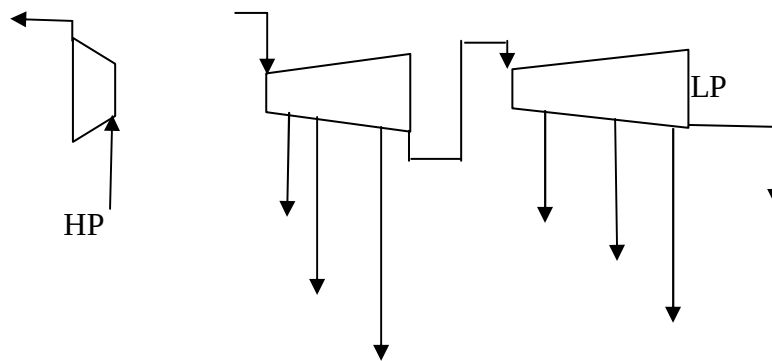
Μια ποσότητα από την εξατμιζόμενη υγρασία χρησιμοποιείται για προθέρμανση του τροφοδοτικού νερού ($17,71 \text{ kg/sec}$), άλλη μία για την προθέρμανση του λιγνίτη από τους 20°C στους 75°C ($4,51 \text{ kg/sec}$) σε σύνολο εξατμιζόμενης υγρασίας η οποία είναι περίπου 54 kg/sec . Άρα περισσεύει ποσότητα ατμού από την εξάτμιση του λιγνίτη η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε άλλες εφαρμογές όπως π.χ τηλεθέρμανση.



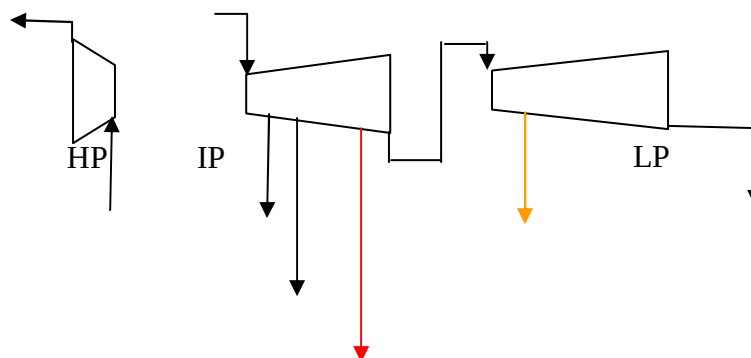
Σχεδιάγραμμα,3(WTA και προθέρμανση φυσικού λιγνίτη)

4.2.4.ΣΤΡΟΒΙΛΟΙ

Στην συμβατική μονάδα η παραγόμενη ισχύς θα είναι μεγαλύτερη κατά 38 MW (362 έναντι 324MW)σε σχέση με τη WTA. Αυτό οφείλεται στο ότι οι ανάγκες στην μονάδα WTA για απομάστευση ατμού είναι μεγαλύτερες, χρειάζεται μεγάλη ποσότητα ατμού χαμηλής πίεσης για την ξήρανση του λιγνίτη εντός της κλίνης(σχεδιαγράμματα 4 και 5).



Σχεδιάγραμμα.4(στρόβιλοι συμβατικής μονάδας)



Σχεδιάγραμμα.5(στρόβιλοι μονάδας WTA)

Στα σχεδιαγράμματα 4 και 5 φαίνονται αντίστοιχα η απομαστεύσεις που χρειάζονται. Στο σχεδιάγραμμα 4 της συμβατικής μονάδας οι τέσσερις τελευταίες απομαστεύσεις χρησιμοποιούνται για την προθέρμανση του τροφοδοτικού νερού, ενώ στην περίπτωση της WTA μόνο δύο απομαστεύσεις χρησιμοποιούνται. Στην απομάστευση με το κόκκινο χρώμα το μεγαλύτερο μέρος της περίπου 60kg πηγαίνει στην κλίνη για την ξήρανση του λιγνίτη και -κατά την επιστροφή του από την κλίνη προθερμαίνει το τροφοδοτικό νερό στον 2^ο προθερμαντή (βλέπε προηγούμενως σχεδιάγραμμα.2)-, ο υπόλοιπος ατμός της απομάστευσης περίπου 6 kg προθερμαίνει το νερό στον 3^ο προθερμαντή. Η απομάστευση με το πορτοκαλί χρώμα είναι μικρότερη σε ποσότητα σε σχέση με εκείνη της συμβατικής μονάδας και χρησιμοποιείται ως συμπληρωματική στον 2^ο προθερμαντή. Αυτό γίνεται διότι προτιμάται να απομαστεύεται ατμός χαμηλότερης πίεσης και ενέργειας ενώ θα μπορούσε να είχε απομαστευτεί περισσότερη ποσότητα από την προηγούμενη απομάστευση (κόκκινη)κάτι που κρίνεται θερμοδυναμικά ασύμφορο.

Ενώ φαίνεται ότι η ισχύς είναι λιγότερη στην περίπτωση της WTA έχουμε αύξηση της συνολικής απόδοσης κατά 5 ποσοστιαίων μονάδων από 39,9 σε 44,6%.

Σύμφωνα με τον τύπο

$$\text{απόδοση} = \frac{\text{παραγομένη ισχύς}}{(\text{θερμογόνος δύναμη} * \text{κατανάλωση καυσίμου})}$$

Φαίνεται ότι η αύξηση της απόδοσης οφείλεται στην μείωση της κατανάλωσης του φυσικού λιγνίτη από 159,7 kg/sec σε 127,34 kg/sec.(παράρτημα. Πίνακας 2)

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως γίνεται φανερό από την σύγκριση των δύο διαφορετικών συστημάτων, της συμβατικής ξήρανση λιγνίτη και της ξήρανσης λιγνίτη με ανάκτηση της θερμότητας της εξατμιζόμενης υγρασίας, παρατηρείται ότι τόσο ο συντελεστής απόδοσης όσο και το κόστος λειτουργίας και επένδυσης(μείωση του μεγέθους των εγκαταστάσεων αλλά και του κόστους της επένδυσης των ηλεκτροστατικών φίλτρων λόγω των μειωμένων καυσαερίων κατά 35% τουλάχιστον) είναι βελτιωμένα σε σχέση με την υπάρχουσα κατάσταση (Πίνακας 1, παραρτημα). Εκτός αυτού, η μεγάλη αύξηση του συντελεστή απόδοσης οδηγεί σε λιγότερες εκπομπές σωματιδίων τέφρας, SO₂ και NO_x. Μολονότι αυτές οι βελτιώσεις δεν εισέρχονται στον υπολογισμό του κόστους ηλεκτροπαραγωγής, είναι πολύ σημαντικές και ίσως επηρεάσουν την ηλεκτροπαραγωγή από λιγνίτη. Επίσης δεν έχει υπεισέλθει στο κόστος λειτουργίας η μείωση των αναγκών σε νερό που μπορεί να φθάσει τα 1,4 εκατομμύρια κυβικά μέτρα ετησίως και ανταποκρίνεται σε μείωση κατά 30 % των αναγκών της μονάδος. Συν τοις άλλοις, η νέα τεχνολογία θα δώσει την δυνατότητα σε χώρες που έχουν επιλέξει τον λιγνίτη ως βασικό καύσιμο να κτίσουν στο μέλλον μονάδες βάσης με πολύ μεγαλύτερη ονομαστική ισχύ, ίσως και μέχρι 600 MW για την περίπτωση της Ελλάδος[29].

Τέλος, όπως προκύπτει από την ανάλυση των αποτελεσμάτων, η καύση ξηρού λιγνίτη σε υπάρχουσες εγκαταστάσεις της Δ.Ε.Η Α.Ε. είναι δυνατόν να λύσει λειτουργικά προβλήματα που οφείλονται σε πρόσκαιρα κακή ή μη ομογενοποιημένη τροφοδοσία φυσικού λιγνίτη προκειμένου να επιτευχθεί η ονομαστική ισχύς. Όμως, εφόσον δεν έχει γίνει εξ αρχής ο σχεδιασμός των εγκαταστάσεων προξήρανσης κοντά στον ατμοπαραγωγό, μέρος του κόστους παραγωγής του ξηρού λιγνίτη επιβαρύνει το κόστος της ηλεκτροπαραγωγής ενώ παράλληλα ο ατμολέβητας λειτουργεί υπερδιαστασιολογημένος λόγω μειωμένου όγκου καυσαερίων. Με αυτόν τρόπο δεν ωφελείται η λειτουργία από τα πραγματικά οφέλη της νέας μεθόδου προξήρανσης αλλά απλά μειώνει ζημιές που πιθανώς να προέρχονται από μη

επίτευξη ονομαστικού φορτίου ή χρήση άλλων ενισχυτικών καυσίμων υψηλού κόστους και επιβλαβών για την λειτουργία του ατμοπαραγωγού.

Η Δ.Ε.Η Α.Ε. εξαιτίας όλων αυτών των εξελίξεων που διαδραματίζονται ως προς την τεχνολογία επεξεξεργασίας του λιγνίτη,μελετάει την κατασκευή μιας καινούργιας εξολοκλήρου μονάδας ηλεκτοπαραγωγής με χρήση WTA στην περιοχή της Πτολεμαίδας αντικαθιστώντας δυο παλιές της μονάδες.Η μελέτη γίνεται με γνώμονα την γερμανική τεχνογνωσία και εμπειρία πάνω στην τεχνολογία της WTA ,αλλά και σε ότι αφορά την ηλεκτροπαραγωγική διαδικασία που στιρίζεται στο λιγνίτη.Εν τέλει εάν πραγματοποιηθεί η κατασκευή αυτή θα είναι ένα μεγάλο βήμα για την Ελλάδα και την εξέλιξη του λιγνίτη από περιβαλλοντικής άποψης,διότι ο λιγνίτης είναι το καύσιμο το οποίο παίζει πρωτεύοντα ρόλο στην ηλεκτροπαραγωγή της χώρας.

Μαζί με το έντυπο της διπλωματικής παρατίθεται σε ηλεκτρονική μορφή(cd - rom)το πρόγραμμα προσομοίωσης όπου πραγματοποιήθηκαν όλοι οι υπολογισμοί στο περιβάλλον του MS Excel

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Παράμετροι κοστολόγησης			5η μονάδα Αγ. Δημητρίου	Μονάδα WTA
συνολικό κόστος κατασκευής(ευρω $\times 10^6$)			491,3	460,47
Ειδικό κόστος κατασκευής (ευρώ/kw)			1342,3	1257,97
Ετησιο επιτόκιο(ευρω/Mcal)			5,7	
πληθωρισμός %			2,5	
χρόνος ζωής(yr)			30	
χρόνος κατασκευής(yr)			4	
Συντελεστής ετήσιων εξόδων κεφαλαίου%			0,075	
Μέσος χρόνος λειτουργίας ανοιγμένος στη μέγιστη ισχύ(hr)			6000	
σταθερό κόστος λειτουργίας- συντήρησης και δαπανών κεφαλαίου(ευρω/Mwh)			113,68	107,37
κόστος ηλεκτρικής ενέργειας(ευρω/Mwh)			39,28	36,97

Πίνακας 1 διαφορές Συμβατικής-WTA μονάδας

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	5η μοναδα Αγ.Δημ	Μονάδα WTA
Παραγόμενη ισχύς MW	362	324
Κατανάλωση φυσικού λιγνίτη kg/sec	159,7	127,34
Υγρασία λιγνίτη κατά την εισοδο στον λεβητα %	15	12
Παροχή φρέσκου αέρα kg/sec	449,46	354,69
έξοδος καυσαερίων kg/sec	578,1	404,59
Εξοικονόμηση νερου από συμπύκνωση της εξατμιζόμενης υγρασίας του λιγνίτη kg/sec	0	54,129
καθαρός βαθμός απόδοσης του κύκλου %	39,9	44,86
Ισχύς ανεμιστήρα αέρα MW	2,1	1,656
Ισχύς ανεμιστήρα καυσαερίων MW	5,631	0
παραγωγή CO2 kg/kwh	1,1154	1,6416
παραγωγή SO2 kg/kwh	0,0032	0,00019
παραγωγή τέφρας kg/kwh	0,2777	0,247
καταναλωση καυσιμου ανα kwh	1,5861	1,41

Πίνακας 2 διαφορές Συμβατικής-WTA μονάδας

General Conversion Factors for Energy

To:	TJ	Gcal	Mtoe	MBtu	GWh
From:	multiply by:				
TJ	1	238.8	2.388×10^{-5}	947.8	0.2778
Gcal	4.1868×10^{-3}	1	10^{-7}	3.968	1.163×10^{-3}
Mtoe	4.1868×10^4	10^7	1	3.968×10^7	11630
MBtu	1.0551×10^{-3}	0.252	2.52×10^{-8}	1	2.931×10^{-4}
GWh	3.6	860	8.6×10^{-5}	3412	1

Conversion Factors for Mass

To:	kg	t	lt	st	lb
From:	multiply by:				
kilogram (kg)	1	0.001	9.84×10^{-4}	1.102×10^{-3}	2.2046
tonne (t)	1000	1	0.984	1.1023	2204.6
long ton (lt)	1016	1.016	1	1.120	2240.0
short ton (st)	907.2	0.9072	0.893	1	2000.0
pound (lb)	0.454	4.54×10^{-4}	4.46×10^{-4}	5.0×10^{-4}	1

Conversion Factors for Volume

To:	gal U.S.	gal U.K.	bbl	ft ³	l	m ³
From:	multiply by:					
U.S. Gallon (gal)	1	0.8327	0.02381	0.1337	3.785	0.0038
U.K. Gallon (gal)	1.201	1	0.02859	0.1605	4.546	0.0045
Barrel (bbl)	42.0	34.97	1	5.615	159.0	0.159
Cubic foot (ft ³)	7.48	6.229	0.1781	1	28.3	0.0283
Litre (l)	0.2642	0.220	0.0063	0.0353	1	0.001
Cubic metre (m ³)	264.2	220.0	6.289	35.3147	1000.0	1

Πίνακες μετατροπής μονάδων

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Σύγχρονες εξελίξεις και προοπτικές ανάπτυξης μεταλλευτικής και μεταλλουργίας, ΤΕΕ, Αθήνα, 15 Μαΐου 2003. Κ.Ν. Μελάς, Θ.Π.Βλάχος.
2. Λιγνίτης και φυσικό αέριο στην ηλεκτροπαραγωγή της χώρας, ΤΕΕ, Αθήνα, 9-10 Ιουνίου, 2005 . Κ.Β. Καβουρίδης, Κ. Χαλούλο, Μ. Λεοντίδη, Χ. Ρούμπο.
3. ΤΕΕ/ΤΔΜ «Παρόν και μέλλον της ηλεκτροπαραγωγής στο Ενεργειακό Κέντρο Δυτικής Μακεδονίας». Ν. Κοϊμτσίδης.
4. Coal Production in the United States Energy Information Administration, October 2006.
5. Παραγωγή ενέργειας από συμβατικά ορυκτά καύσιμα και από εναλλακτικές πηγές ενέργειας. Τσακαλάκης Κώστας, Αναπλ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.– Σχολή Μηχ. Μεταλλείων-Μεταλλουργών
6. A BIBLIOGRAPHY ON DEEP MINING. John E. Udd, Principal Research Scientist
7. Deep Mining Technologies St. Andrews, New Brunswick, September 19, 2005
8. Energy Tec. Γ. Μαρούδας
9. Ενέργεια 2006. Μορφές & Διαχείριση Ενέργειας. Αβραάμ Μιζάν.
10. Τεχνολογίες εκμετάλλευσης ορυκτών πόρων. Δρ. Ι.Π. Νικολαΐδης.
11. Energy Information Administration <http://www.eia.doe.gov>
12. Information Energy Agency <http://www.iea.org>
13. The CIA World Factbook
<http://www.cia.gov/cia/publications/factbook/geos/gr.html>
14. World Energy Council <http://www.worldenergy.org/wec-geis/>
15. Ατμοπαραγωγοί Ι – Γενικές Αρχές. Ν. Παπαγεωργίου
16. Ατμοπαραγωγοί ΙΙ – Εμβάθυνση . Ν. Παπαγεωργίου
17. Θερμοϋδραυλικός Σχεδιασμός των Στοιχείων Λέβητα, Ορυκτών Καυσίμων. Sadik KAKAC.
18. Σχεδιασμός Λεβήτων. Σωτηρόπουλος.
19. International Energy Agency. Key World Energy Statistics 2006.
20. The future of coal, B. Kavalov & S.D. Peteves – Institute for energy 2007
21. Enerdata S.A., Global Stat – April 2006 Database, 2006.
22. U.S Environmental protection agency. American gas association.

23. Ορυκτές Πηγές Ενέργειας – Α. Γεωργακόπουλος.
24. aix.meng.auth.gr/Ihtee/education/IAxBE6.pdf
25. Το περιβάλλον, Ρύπανση και προστασία-Στέφανος Ε. Μπινιάρης.
26. λιγνίτης και φυσικό αέριο στην ηλεκτροπαραγωγή της χώρας, ΤΕΕ, Αθήνα, 9-10 Ιουνίου, 2005-Kavouridis.
27. World Coal Institute, www.worldcoal.org
28. German electric power and natural gas public utility company based in Essen.
<http://www.rwe.com>
29. Μία ενεργειακά ολοκληρωμένη πρόταση καύσης λιγνίτη για ηλεκτροπαραγωγή, Ι. Νικολαΐδη και Α. Λογοθέτη
30. Euracoal (2003). Coal- a safe, cost-effective and environmentally friendly energy, Jan., Brussels, Belgium.