

ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΒΙΟΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
Δ/ΝΤΗΣ ΚΑΘ. ΔΙΟΝΥΣΗΣ ΜΠΟΧΤΗΣ

**ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ
ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ
ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΣΙΜΕΝΤΩΝ
ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ ΤΙΤΑΝ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
ΓΙΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΜΙΓΜΑΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ**

Καθ. Ν. Μουσιόπουλος

Δρ.-Μηχ. Γ. Μπανιάς

Φεβρουάριος 2024

Περίληψη

Η παρούσα μελέτη περιλαμβάνει τη διερεύνηση και ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων στην ποιότητα αέρα από τη λειτουργία της μονάδας της τσιμεντοβιομηχανίας TITAN στην Θεσσαλονίκη. Εξετάζονται διάφορα σενάρια αξιοποίησης εναλλακτικών καυσίμων και η επίδρασή τους στην ποιότητα της ατμόσφαιρας της ευρύτερης περιοχής..

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών που διενεργήθηκαν οδηγούν στο συμπέρασμα ότι κατά τη χρήση τόσο των υφιστάμενων, όσο και ενός νέου μίγματος εναλλακτικών με συμβατικό καύσιμο, η μονάδα δεν έχει επιβαρυντική επίδραση στην ποιότητα αέρα της γύρω περιοχής. Υπό ακραίες μετεωρολογικές συνθήκες, μοναδική εξαίρεση αποτελεί ο ρύπος NO₂, για τον οποίο μπορεί να προκύψει παροδική επιβάρυνση, χωρίς όμως αυτή να οδηγεί σε υπέρβαση τεθειμένων ορίων. Η χρήση εναλλακτικών καυσίμων οδηγεί γενικά σε μείωση της συνεισφοράς της μονάδας στα επίπεδα συγκεντρώσεων ρύπων στη γύρω περιοχή, συμπεριλαμβανομένου του NO₂, και ως εκ τούτου κρίνεται περιβαλλοντικά συμφέρουσα.

Στη μελέτη που ακολουθεί αρχικά γίνεται εκτίμηση των εκπομπών αερίων ρύπων, αερολυμάτων και βαρέων μετάλλων από τη λειτουργία της μονάδας, τόσο κατά τη χρήση υφιστάμενων μιγμάτων συμβατικού καυσίμου (pet coke) με εναλλακτικά καύσιμα, όσο και για σενάριο μίγματος με αυξημένη περιεκτικότητα σε εναλλακτικά καύσιμα. Γίνεται επίσης εκτίμηση του ρυθμού εκπομπής Ολικού Οργανικού Άνθρακα (TOC) ως συνάρτηση της περιεκτικότητας του μίγματος σε εναλλακτικά καύσιμα.

Στη συνέχεια πραγματοποιείται προσομοίωση της διασποράς των εκπεμπόμενων αερίων ρύπων, αερολυμάτων, βαρέων μετάλλων και TOC στην περιοχή γύρω από το εργοστάσιο με χρήση του μαθηματικού μοντέλου AUSTAL. Ειδικά για τον TOC αποτιμάται και η προσαύξηση συγκέντρωσης που αντιστοιχεί σε δύο πρόσθετες επιλεγμένες τιμές ρυθμού εκπομπής.

Στη βάση της εκτίμησης αυτής, αποτιμάται αναλυτικά η συνεισφορά της λειτουργίας της μονάδας στην ποιότητα αέρα για σενάρια μιγμάτων καυσίμων, διερευνώνται οι προοπτικές υποκατάστασης του υφιστάμενου μίγματος με το υπό εξέταση νέο μίγμα και διατυπώνονται συγκεκριμένες προτάσεις για τη βέλτιστη λειτουργία της μονάδας και για τον αποτελεσματικό έλεγχο τήρησης των περιβαλλοντικών όρων.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	4
2. Μίγματα καυσίμων.....	5
3. Μεθοδολογία.....	5
4. Εκτίμηση εκπομπών αερίων ρύπων, αερολυμάτων και βαρέων μετάλλων.....	6
5. Αποτίμηση εκπομπών Ολικού Οργανικού Άνθρακα.....	8
6. Υπολογισμός διασποράς ρύπων.....	11
7. Συμπεράσματα.....	17
8. Βιβλιογραφία.....	18

1. Εισαγωγή

Η χρήση εναλλακτικών καυσίμων στη βιομηχανία τσιμέντου έχει καθιερωθεί τα τελευταία 40 χρόνια στις περισσότερες από τις ανεπτυγμένες χώρες, με πρωταγωνιστές κυρίως τις Ιαπωνία, Ελβετία, Η.Π.Α., Βέλγιο, Γερμανία, Τσεχία, Πολωνία, Σουηδία, ΗΒ και Γαλλία. Στο πλαίσιο της διερεύνησης των δυνατοτήτων εναρμόνισης της παραγωγικής διαδικασίας της τσιμεντοβιομηχανίας TITAN με τις πρακτικές που ακολουθούνται σε διεθνές και ευρωπαϊκό επίπεδο σε αντίστοιχες παραγωγικές διαδικασίες, πραγματοποιήθηκε μελέτη με αντικείμενο την ποσοτικοποίηση εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων και την αποτίμηση της επίδρασης στην ποιότητα αέρα της ευρύτερης περιοχής από τη μονάδα της τσιμεντοβιομηχανίας TITAN στη Θεσσαλονίκη, με βάση το υφιστάμενο μίγμα συμβατικών και εναλλακτικών καυσίμων και ένα νέο σενάριο αυξημένης χρήσης εναλλακτικών καυσίμων.

Για τον σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω δραστηριότητες:

1. Ποσοτικοποίηση και αποτίμηση των εκπομπών αέριων ρύπων, αερολυμάτων και βαρέων μετάλλων από τη μονάδα, τόσο κατά τη χρήση υφιστάμενου μίγματος συμβατικού καυσίμου και εναλλακτικών καυσίμων, όσο και κατά τη χρήση μίγματος καυσίμου με αυξημένη περιεκτικότητα σε εναλλακτικά καύσιμα. Συγκεκριμένα διενεργήθηκαν:

- Σύγκριση των υφιστάμενων εκπομπών ελεγχόμενων ρύπων, όπως προκύπτουν από το σύστημα συνεχούς παρακολούθησης εκπομπών της μονάδας, με τα ισχύοντα νομοθετικά όρια.
- Συγκριτική αποτίμηση των μετρούμενων εκπομπών, ανά ελεγχόμενο ρύπο, με τις εκτιμήσεις εκπομπών προηγούμενης μελέτης που είχε εκπονηθεί για την ίδια μονάδα.
- Εκτίμηση των εκπομπών ελεγχόμενων ρύπων κατά την υφιστάμενη κατάσταση και για σενάριο χρήσης νέου μίγματος καυσίμων με τη χρήση προσαρμοσμένων συντελεστών εκπομπής.

2. Αποτίμηση της επίδρασης στην ποιότητα αέρα της ευρύτερης περιοχής με αριθμητική προσομοίωση της διασποράς νομοθετικά ελεγχόμενων ρύπων που εκλύονται από τη μονάδα και, όπου προκύπτει αυξημένη επίδραση, σύγκριση με τα νομοθετημένα όρια.

Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης δραστηριότητας πραγματοποιήθηκαν:

- Υπολογισμοί διασποράς με βάση την ως άνω αναθεωρημένη αποτίμηση εκπομπών.
- Ενσωμάτωση στους υπολογισμούς διασποράς δεδομένων από το λεπτομερές τρισδιάστατο ανεμολογικό πεδίο μοντέλου μεσοκλίμακας MEMO.

Οι παραπάνω εργασίες πραγματοποιήθηκαν βάσει ενός σεναρίου αναφοράς και ενός σεναρίου χρήσης μίγματος συμβατικού με εναλλακτικά καύσιμα από την μονάδα παραγωγής, τα οποία περιγράφονται στην επόμενη ενότητα.

Οι εκτιμώμενες προσαυξήσεις συγκέντρωσης αποτιμώνται με βάση τα όρια που προβλέπονται από την κείμενη νομοθεσία, η οποία καλύπτει τόσο την συνεπεξεργασία στην τσιμεντοβιομηχανία, όσο και τις οδηγίες σχετικά με την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα. Πιο συγκεκριμένα, στο Παράρτημα VI, μέρος 4, παράγραφος 2.1 «Ειδικές διατάξεις για τους τσιμεντοκλιβάνους που συναποτεφρώνουν απόβλητα» και στο Παράρτημα V της Οδηγίας 2010/75/EK

ορίζονται οι οριακές τιμές για τις εκπομπές. Για την υφιστάμενη κατάσταση και τη χρήση μίγματος καυσίμου με αυξημένη περιεκτικότητα σε εναλλακτικά καύσιμα, τα όρια που προβλέπονται έχουν καθοριστεί από την άδεια έγκρισης περιβαλλοντικών όρων της μονάδας. Τα όρια για την ποιότητα αέρα καθορίζονται στην οδηγία 2008/50/EK για όλους τους ρύπους πλην των As, Cd, Ni και B(a)P, για τους οποίους οριακές τιμές προδιαγράφονται στην οδηγία 2004/107/EK.

2. Μίγματα καυσίμων

Τα μίγματα καυσίμων που μελετήθηκαν συμπεριλαμβάνουν υποκατάσταση του συμβατικού καυσίμου pet coke κατά ένα ποσοστό από τα εναλλακτικά καύσιμα Υπολειμμάτων Μπλε Κάδων (YMK), ASR και SRF/RDF. Πιο αναλυτικά, στις επόμενες παραγράφους εξετάζονται τα εξής σενάρια μίγματος καυσίμων κατά θερμική συμμετοχή:

- Σενάριο αναφοράς (baseline): Pet coke 70% - YMK/ASR 30%
- Σενάριο αυξημένης υποκατάστασης (σενάριο A): Pet coke 25% - SRF/RDF 75%

Στη βάση των ως άνω σεναρίων μίγματος καυσίμων, και με δεδομένες τις θερμογόνους δυνάμεις των εναλλακτικών καυσίμων, είναι δυνατή η εκτίμηση του λόγου μάζας συμβατικού καυσίμου/εναλλακτικών καυσίμων σε κάθε μίγμα. Πιο αναλυτικά, η Κατώτερα Θερμογόνος Δύναμη (ΚΘΔ) κάθε καυσίμου υπολογίστηκε από τον μέσο όρο των ΚΘΔ με βάση τα στοιχεία από το Σύστημα Διαχείρισης Ποιότητας της TITAN A.E.. Από τις αναλύσεις προκύπτει ότι για το pet coke η ΚΘΔ είναι ίση με 32,19 MJ/kg, ενώ για τα YMK και ASR (υιοθετώντας τις ελάχιστες τιμές από τα διαθέσιμα δείγματα, στο πλαίσιο συντηρητικής προσέγγισης) 16,20 MJ/kg και 19,43 MJ/kg, αντίστοιχα. Τέλος, για την περίπτωση του SRF/RDF η ΚΘΔ ανέρχεται σε 16 MJ/kg. Βάσει των λόγων των ΚΘΔ, υπολογίζονται οι λόγοι συμμετοχής συμβατικού καυσίμου / εναλλακτικού καυσίμου κατά μάζα για κάθε μίγμα, που παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Για την περίπτωση του σεναρίου αναφοράς (baseline), χρησιμοποιήθηκε ο σταθμισμένος μέσος όρος των ΚΘΔ των δύο καυσίμων ASR και YMK, ως ΚΘΔ του εναλλακτικού καυσίμου.

Πίνακας 1: Σύσταση μίγματος αναφοράς και σεναρίου A κατά ποσοστό θερμικής συμμετοχής και κατά μάζα.

Σενάρια	Αναλογία θερμικής συμμετοχής	Αναλογία κατά μάζα
Baseline	Pet coke 70% - YMK/ASR 30%	Pet coke 56% - YMK/ASR 44%
A	Pet coke 25% - SRF/RDF 75%	Pet coke 16% - SRF/RDF 84%

3. Μεθοδολογία

Για τον υπολογισμό των εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων της υφιστάμενης κατάστασης λειτουργίας της μονάδας στο σενάριο αναφοράς (baseline) πραγματοποιήθηκε στατιστική συσχέτιση μεταξύ των δεδομένων δραστηριότητας (όγκος παραγωγής), μέσης σύστασης μίγματος καυσίμου και δεδομένων εκπομπών από την υψικάμινο της μονάδας, όπως

προκύπτουν από συνεχείς και περιοδικές μετρήσεις για το έτος 2023. Με τον τρόπο αυτό προσδιορίστηκαν οι μέσοι ρυθμοί εκπομπής για τους ρύπους SO₂, NO_x, PM₁₀, σκόνη, HCl, βενζόλιο, B(a)P, CO και PCDD/Fs, όπως και των μετάλλων Cd, Tl, Hg, Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V. Οι εκπομπές που προσδιορίστηκαν κατ' αυτόν τον τρόπο συγκρίθηκαν στη συνέχεια με εκτίμηση εκπομπών για το ίδιο σενάριο στη βάση προσαρμοσμένων συντελεστών εκπομπής ανά ρύπο, όπως είχαν υπολογιστεί σε προγενέστερη μελέτη (ΕΜΘΠΜ, 2011).

Στην περίπτωση του υπό εξέταση σεναρίου αυξημένης υποκατάστασης (σενάριο Α), η εκτίμηση των εκπομπών βασίστηκε αποκλειστικά σε προσαρμοσμένους συντελεστές εκπομπής σύμφωνα με προγενέστερη μελέτη (ΕΜΘΠΜ, 2011).

Και για τα δύο σενάρια, κατά την εκτίμηση των εκπομπών με χρήση προσαρμοσμένων συντελεστών εκπομπής, υιοθετήθηκαν οι εξής παραδοχές:

- Ειδική κατανάλωση ενέργειας (Specific Energy Consumption)¹: 3354 kJ/kg.
- Μέση παραγωγή: 2329,4 t clinker/ημέρα
- Ποσοστό PM₁₀ επί του συνόλου της εκπεμπόμενης σκόνης: 84% (EPA, 1994).
- Βαθμός απόδοσης συστήματος Επιλεκτικής Μη-Καταλυτικής Αναγωγής (Selective Non-Catalytic Reduction - SNCR) όσον αφορά στον περιορισμό των εκπομπών NO₂: 45%.

4. Εκτίμηση εκπομπών αερίων ρύπων, αερολυμάτων και βαρέων μετάλλων

Όπως ήδη σημειώθηκε, στην παρούσα μελέτη αποτιμώνται οι εκπομπές για το σενάριο αναφοράς στη βάση μετρήσεων που παρασχέθηκαν από το σύστημα συνεχούς παρακολούθησης εκπομπών της τσιμεντοβιομηχανίας TITAN στον περιστροφικό κλίβανο της μονάδας. Δεδομένου ότι παρόμοιες μετρήσεις δεν θα μπορούσαν να είναι διαθέσιμες για το σενάριο Α, και προς εξασφάλιση βάσης σύγκρισής του με το σενάριο αναφοράς, έγινε εκτίμηση των εκπομπών και για τα δύο σενάρια μίγματος, βάσει προσαρμοσμένων συντελεστών εκπομπής που υπολογίσθηκαν σε προηγούμενη μελέτη (ΕΜΘΠΜ, 2011) για όλους τους ρύπους που ελέγχονται σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία. Στην ως άνω μελέτη για κάθε σενάριο θεωρήθηκε τόσο η μέση στοιχειομετρική περιεκτικότητα, όπως προέκυψε από το σύνολο των διαθέσιμων δειγμάτων καυσίμων, όσο και η μέγιστη περιεκτικότητα που καταγράφηκε μεταξύ των δειγμάτων.

Στους Πίνακες 2 και 3 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι εκτιμήσεις των εκπομπών για το σενάριο αναφοράς σε αντιπαραβολή με το σενάριο αυξημένης υποκατάστασης (σενάριο Α) όσον αφορά στη μέση σύσταση και τη μέγιστη περιεκτικότητα των εναλλακτικών καυσίμων, αντίστοιχα. Υπερβάσεις οριακής τιμής για τη μέση σύσταση εμφανίζονται μόνο στις περιπτώσεις του NO₂ και του HCl, με τις εκπομπές του τελευταίου να αυξάνουν σημαντικά στο σενάριο Α. Πλην όμως, η αντιπαραβολή των εκτιμήσεων σε προηγούμενη μελέτη (ΕΜΘΠΜ, 2011) με τις μετρηθείσες τιμές εκπομπής HCl για το σενάριο αναφοράς καταδεικνύει ότι οι πρώτες είναι υπερεκτιμημένες κατά μιάμιση περίπου τάξη μεγέθους. Κατ' αναλογία λοιπόν

¹ Μέγεθος που εκφράζει την κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα παραγόμενου προϊόντος.

Πίνακας 2: Ποσοτικοποίηση εκπομπών αερίων ρύπων, αερολυμάτων και βαρέων μετάλλων κατά την παραγωγική διαδικασία της τσιμεντοβιομηχανίας TITAN στη βάση μετρήσεων που διεξήχθησαν το έτος 2023 και εκτιμήσεων για τη μέση σύσταση του εναλλακτικού καυσίμου

Ρύπος	Εκτίμηση Ρυθμού Εκπομπής (μέση σύσταση) (mg/Nm ³)			Οριακή τιμή νομοθεσίας (mg/Nm ³)
	Baseline (70% PC – 30% ΥΜΚ/ΑΣΡ)		Σενάριο Α (25% PC – 75% SRF/RDF)	
	Εκτίμηση	Μετρήσεις	Εκτίμηση	
SO ₂	26,85	1,71	21,53	200
NO ₂	660,47	467,36	521,92	500
Σκόνη	11,80	0,80	9,33	20
PM ₁₀	9,91	0,71	7,81	
HCl	19,41	0,553	42,41	10
TOC	7,4	4,4	7,4	40
NH ₃	3	3,30	3	50
HF	0,06	0,013	0,024	1
CO	1233,41	203,67	1444,54	
PCDD/Fs	2,35·10 ⁻⁸	6,99·10 ⁻⁹	1,25·10 ⁻⁸	10 ⁻⁷
Hg	0,032	0.0091	0,0017	0,05
Cd + Tl	0,0076	0.0032	0,0005	0,05
Sb+As+Pb+Cr+ Co+Cu+Mn+Ni+V	0,1897	0.0138	0,0451	0,5

μπορεί με ασφάλεια να θεωρηθεί ότι οι πραγματικές τιμές ρυθμού εκπομπής HCl για το σενάριο Α θα υπολείπονται σημαντικά της οριακής τιμής. Και ως προς το NO₂ διαπιστώνεται (μικρότερη βέβαια) διαφορά ανάμεσα σε προγενέστερη εκτίμηση και την μετρηθείσα τιμή εκπομπής, ούτως ώστε να μπορεί βάσιμα να αναμένεται ότι και ο ρυθμός εκπομπής NO₂ για το σενάριο Α θα είναι σαφώς χαμηλότερος της οριακής τιμής.

Πίνακας 3: Ποσοτικοποίηση εκπομπών αερίων ρύπων, αερολυμάτων και βαρέων μετάλλων κατά την παραγωγική διαδικασία της τσιμεντοβιομηχανίας TITAN στη βάση εκτιμήσεων για μέγιστη περιεκτικότητα εναλλακτικού καυσίμου

Ρύπος	Εκτίμηση Ρυθμού Εκπομπής (μέγιστη περιεκτικότητα) (mg/Nm ³)		Οριακή τιμή νομοθεσίας (mg/Nm ³)
	Baseline (70% PC – 30% ΥΜΚ/ΑΣΡ)	Σενάριο Α(25% PC – 75% SRF/RDF)	
SO ₂	28,03	21,65	200
NO ₂	1254,9	991,65	500
Σκόνη	16,06	12,71	20
PM ₁₀	13,49	10,69	
HCl	31,06	90,4	10
TOC	7,4	7,4	40
NH ₃	3	3	50
HF	0,097	0,039	1
CO	1541,76	1805,69	
PCDD/Fs	2,5211·10 ⁻⁸	1,3517·10 ⁻⁸	10 ⁻⁷
Hg	0,0587	0,0362	0,05
Cd + Tl	0,0148	0,0114	0,05
Sb+As+Pb+Cr+ Co+Cu+Mn+Ni+V	0,6999	2,4543	0,5

5. Αποτίμηση εκπομπών Ολικού Οργανικού Άνθρακα

Για την αποτίμηση του ρυθμού εκπομπής Ολικού Οργανικού Άνθρακα (TOC) χρησιμοποιήθηκαν ημίωρα δεδομένα από τις συνεχείς μετρήσεις που διεξήγαγε η τσιμεντοβιομηχανία TITAN για το έτος 2023. Αξιοποιήθηκαν επίσης στοιχεία σύστασης χρησιμοποιούμενου καυσίμου και όγκου παραγωγής clinker, όπως καταγράφηκαν σε ημερήσια βάση για το 2023.

Στην Εικόνα 1 παρουσιάζεται η χρονική εξέλιξη εκπομπών TOC καθώς και παραμέτρων που σχετίζονται με το χρησιμοποιούμενο μίγμα καυσίμων: ποσοστό θερμικής υποκατάστασης από εναλλακτικά καύσιμα (TSR), ώρες λειτουργίας του κλιβάνου, συνολική μάζα εναλλακτικών

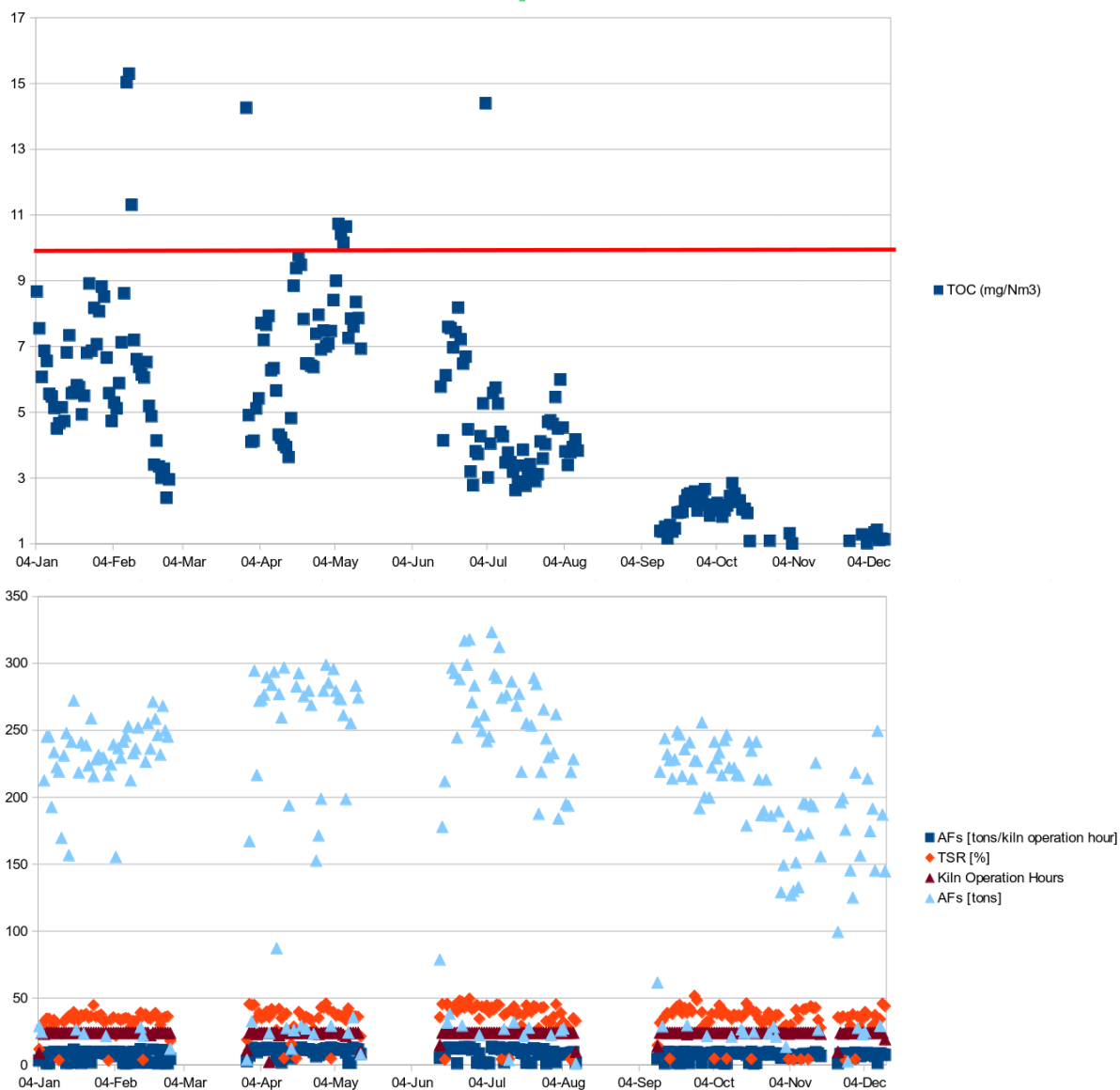
καυσίμων (AF) και καταναλισκόμενη μάζα AF ανά ώρα λειτουργίας του κλιβάνου. Η κόκκινη οριζόντια γραμμή αντιστοιχεί στη ημερήσια οριακή τιμή των 10 mg/Nm³.

Από τη μορφή των καμπυλών γίνεται προφανές ότι οι ημίωρες τιμές εκπομπών TOC συσχετίζονται ασθενώς με το είδος του καυσίμου καθώς και με τη θερμική υποκατάσταση από εναλλακτικά καύσιμα. Για τις ημέρες κατά τις οποίες σημειώθηκαν εκπομπές άνω των 10 mg/Nm³ δεν προκύπτει κάποια προφανής συσχέτιση με οποιαδήποτε από τις υπόλοιπες παραμέτρους που απεικονίζονται. Η ελάττωση του ρυθμού εκπομπής TOC κατά τους τελευταίους μήνες του έτους συσχετίζεται ασθενώς με τη συνολική μάζα εναλλακτικών καυσίμων κατά τις ίδιες περιόδους. Πλην όμως, η εν λόγω μείωση της συνολικής μάζας οφείλεται σε μείωση της συνολικής παραγωγής το ίδιο διάστημα και όχι σε ελάττωση της περιεκτικότητας σε εναλλακτικά καύσιμα.

Πίνακας 4: Εκπομπή TOC άνω των των 10 mg/Nm³ για το 2023 και καταγραφείσες τιμές παραμέτρων παραγωγής και σύστασης καυσίμου για τις συγκεκριμένες ημερομηνίες

Ημερομηνία	Εκπομπή TOC (mg/Nm ³)	TSR (%)	Ώρες Λειτουργίας Κλιβάνου	Μάζα AF (τόνοι)	Μάζα AF (τόνοι ανά ώρα λειτουργίας)
2023/02/09	15,44	34,68	24,00	252,86	10,54
2023/02/10	14,99	28,24	24,00	212,66	8,86
2023/02/11	10,99	32,92	24,00	232,88	9,70
2023/05/05	10,74	37,45	24,00	274,48	11,44
2023/05/06	10,54	36,53	24,00	273,16	11,38
2023/05/07	10,16	36,71	22,60	261,32	11,56
2023/05/08	10,28	33,04	21,50	198,65	9,24
2023/07/03	13,18	42,85	24,00	261,32	10,89
Μ.Ο. Ημερών με τιμές άνω των των 10 mg/Nm³	12,04	35,30	23,51	245,92	10,45
Μ.Ο. Έτους	4,34	35,86	23,47	219,79	9,51

Συνολικά σημειώθηκαν 8 περιπτώσεις με τιμές άνω των των 10 mg/Nm³ , για τις ημερομηνίες που σημειώνονται στον Πίνακα 4. Στον ίδιο πίνακα σημειώνονται οι τιμές παραμέτρων που σχετίζονται με το χρησιμοποιούμενο μίγμα καυσίμων και καταγράφηκαν κατά τις ίδιες ημερομηνίες. Συγκρίνοντας τις τιμές των εν λόγω παραμέτρων κατά τις ημέρες αυτές με τις μέσες τιμές για ολόκληρο το 2023, δεν προκύπτει κάποια σημαντική απόκλιση που να μπορεί να ερμηνευτεί ως συσχετισμένη με την εμφάνιση τιμών TOC άνω των 10 mg/Nm³.



Εικόνα 1: Μετρούμενες ωριαίες τιμές εκπομπών TOC και παράμετροι λειτουργίας και μίγματος καυσίμων κατά τη διάρκεια του ημερολογιακού έτους 2023 (AF: εναλλακτικά καύσιμα)

Τέλος, εξετάστηκε η συσχέτιση των τιμών εκπομπής TOC με χρήση άλλων εναλλακτικών καυσίμων, όπως ορυζοφλοιού και υφαντικών υλών, για μικρές χρονικές περιόδους και όπως καταγράφονται στο ημερολόγιο λειτουργίας της τσιμεντοβιομηχανίας TITAN. Για κανένα από τα παραπάνω υλικά δεν προέκυψε συσχέτιση με αυξημένη εκπομπή TOC.

6. Υπολογισμός διασποράς ρύπων

Η εισαγωγή της χρήσης νέου τύπου εναλλακτικού καυσίμου στο μίγμα καυσίμων της μονάδας (σενάριο A) επιτάσσει την εκτίμηση της επίδρασής του στα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην περιοχή και για τις δύο υποθέσεις στοιχειομετρικής σύστασης του σεναρίου A (μέση σύσταση και μέγιστη περιεκτικότητα) σε σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση.

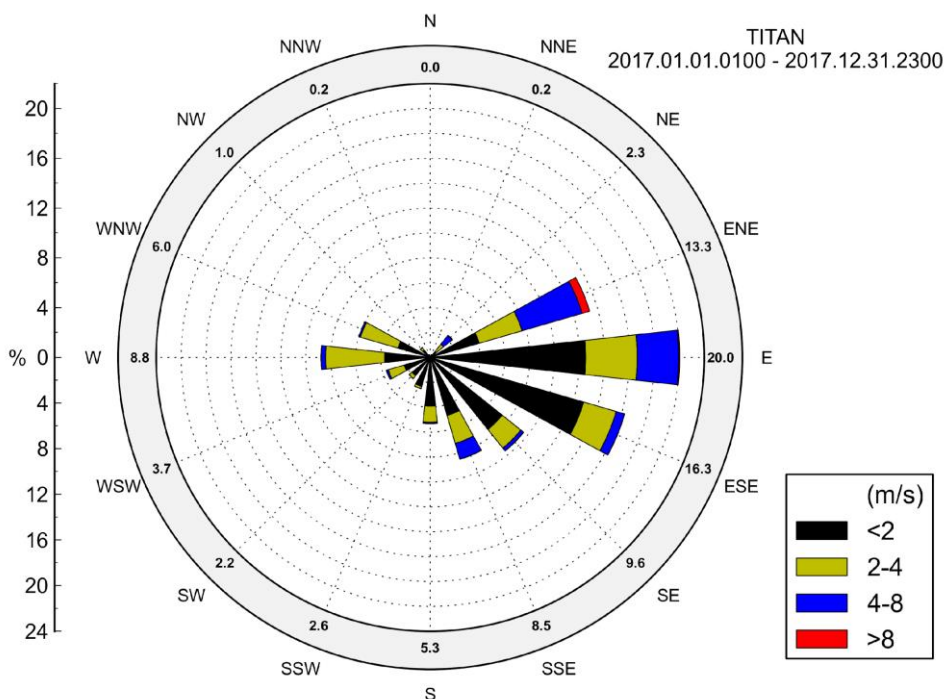
Για τον υπολογισμό της διασποράς των αερίων ρύπων και των αερολυμάτων από την υψικάμινο της μονάδας στη γύρω περιοχή χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο AUSTAL 2000 (Janicke, 2002; Janicke et al., 2003). Πρόκειται για ένα Λαγκρανζιανό μοντέλο, διαμορφωμένο σύμφωνα με το γερμανικό πρότυπο αναφοράς VDI 3945 (VDI, 2011), το οποίο αναπτύχθηκε για λογαριασμό της γερμανικής Ομοσπονδιακής Περιβαλλοντικής Υπηρεσίας, ενώ προτείνεται από το 2002 ως πρότυπο μοντέλο διασποράς από τον γερμανικό κανονισμό για την ποιότητα αέρα (TA Luft, 2002). Η επίδραση του ανάγλυφου της περιοχής στη διασπορά του πλουμίου λαμβάνεται υπόψη από το μοντέλο με τη βοήθεια του ενσωματωμένου διαγνωστικού μοντέλου ροής TALdia. Όσον αφορά στους χημικούς μετασχηματισμούς κατά τη διασπορά των ρύπων, εξετάστηκε η οξειδωση του NO στα εκπεμπόμενα οξειδία του αζώτου (NO_x) σε NO₂.

Η εφαρμογή πραγματοποιήθηκε για μία περιοχή 10×10 km² με κέντρο την καμινάδα του Περιστροφικού Κλιβάνου της τσιμεντοβιομηχανίας TITAN. Η εφαρμογή του μοντέλου αφορά ένα ολόκληρο ημερολογιακό έτος, μια χρονική περίοδο η οποία θεωρείται πως αποτυπώνει με επαρκή τρόπο και ικανοποιητική ακρίβεια τη μεταβλητότητα των μετεωρολογικών καταστάσεων που είναι δυνατόν να εμφανιστούν στην περιοχή μελέτης. Τα απαιτούμενα ως στοιχεία εισόδου μετεωρολογικά δεδομένα ανέμου και θερμοκρασίας ελήφθησαν από δύο πηγές:

1. Από τις ωριαίες μετρήσεις, για ολόκληρο το ημερολογιακό έτος 2017, του μετεωρολογικού σταθμού που λειτουργεί στους χώρους της μονάδας της τσιμεντοβιομηχανίας TITAN, στην οροφή κτιρίου κοντά στο ΝΔ άκρο της μονάδας και σε ύψος ~3 m από το έδαφος.
2. Από εφαρμογή του μετεωρολογικού μοντέλου μεσοκλίμακας MEMO για την ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης, με έτος αναφοράς το 2003, με τη μέθοδο της συνοπτικής ταξινόμησης και ανασύνθεσης ετήσιων χρονοσειρών.

Με τη χρήση τοπικών δεδομένων μετεωρολογίας επιδιώχθηκε η βελτίωση των υπολογισμών διασποράς έναντι εκείνων προηγούμενης μελέτης (ΕΜΘΠΜ, 2011), που είχε βασιστεί αποκλειστικά σε μετεωρολογικά δεδομένα του αεροδρομίου Μακεδονία, αποτυπώνοντας ακριβέστερα πλέον τις θερμικές και δυναμικές επιδράσεις του τοπικού αναγλύφου. Φαινόμενα όπως καταβατικοί άνεμοι / άνεμοι πλαγιάς, καναλισμοί και τοπικές θερμοκρασιακές αναστροφές μπορούν δυνητικά να επηρεάσουν ισχυρά τη διασπορά ρύπων στην κλίμακα των μερικών χιλιομέτρων, και είναι δυνατόν να προσεγγιστούν μόνο μέσω τοπικών μετρήσεων ή υπολογισμών μοντέλων υψηλής χωρικής διακριτότητας. Στην παρούσα μελέτη, και για τις δύο εναλλακτικές πηγές δεδομένων εισόδου μετεωρολογίας λήφθηκαν υπόψη επιπρόσθετα δεδομένα νεφοκάλυψης για το 2017 από τον μετεωρολογικό σταθμό του αεροδρομίου Μακεδονία.

Στην Εικόνα 2 παρουσιάζεται το ροδόγραμμα διευθύνσεων ανέμου όπως προέκυψε από τις μετρήσεις του τοπικού σταθμού για το 2017. Γίνεται εμφανές ότι οι επικρατούσες διευθύνσεις ανέμου είναι οι A και A-NA που συσχετίζονται με ανέμους κυρίως μικρής και μέτριας έντασης, με ένα δευτερεύον μέγιστο από Δ και Δ-ΒΔ, συσχετιζόμενο με ανέμους μέτριας έντασης.



Εικόνα 2: Ροδόγραμμα διευθύνσεων ανέμου για την περιοχή της μονάδας, όπως προέκυψε από τοπικές μετρήσεις του μετεωρολογικού σταθμού της τσιμεντοβιομηχανίας TITAN

Για την πραγματοποίηση των προσομοιώσεων με το μοντέλο διασποράς απαιτείται η εκτίμηση της εκάστοτε ανύψωσης του πλουμίου των απαερίων πάνω από το γεωμετρικό ύψος της καμινάδας του περιστροφικού κλιβάνου (ΠΚ). Η ανύψωση εξαρτάται από τις συνθήκες που επικρατούν τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή στην περιοχή, καθώς και από τις διεργασίες που επηρεάζουν τη θερμοκρασία και την ταχύτητα εκροής των καυσαερίων κατά την έξοδό τους στην ατμόσφαιρα. Για τη συγκεκριμένη μελέτη οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση της ανύψωσης του πλουμίου παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5: Γεωμετρικά δεδομένα και χαρακτηριστικά του απαερίου

Παράμετρος	Τιμή	Μονάδες
Ύψος καμινάδας ΠΚ	124	m
Διάμετρος καμινάδας ΠΚ	4,0	m
Διατομή καμινάδας ΠΚ	12,56	m ²
Παροχή απαερίου	144	m ³ /s
Μέση θερμοκρασία απαερίου	110	°C

Κατά τις προσομοιώσεις διασποράς που παρουσιάζονται στη συνέχεια, αγνοήθηκε η συνεισφορά των διάχυτων εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων από τις υπόλοιπες εγκαταστάσεις της μονάδας, πλην του κλιβάνου, που περιλαμβάνουν δραστηριότητες όπως μεταφορά, επεξεργασία και μεταφόρτωση καυσίμων, πρώτων υλών, τελικού προϊόντος κλπ.

Η προσέγγιση αυτή θεωρείται ρεαλιστική, με δεδομένο ότι οι εκπομπές επαναιώρησης εντός της μονάδας έχουν περιοριστεί στο ελάχιστο μέσω της εφαρμογής τεχνικών μέτρων (ασφαλτόστρωση, κλειστοί χώροι μεταφόρτωσης, αναχώματα, δένδροφύτευση) και εργοταξιακών πρακτικών (διαβροχή, πλύση επίσωτρων).

Μία συγκριτική ποιοτική αποτίμηση των αποτελεσμάτων διασποράς που προέκυψαν στη βάση των τοπικών μετεωρολογικών χρονοσειρών του 2017 με εκείνα που προέκυψαν από τις συνθετικές μετεωρολογικές χρονοσειρές εφαρμογής MEMO για το 2003 δείχνει γενική συμφωνία σε ό,τι αφορά τα υπολογιζόμενα χωρικά μέγιστα των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων. Παρόλα αυτά, λόγω της προσεγγιστικής φύσης της μεθοδολογίας συνοπτικής ταξινόμησης για το 2003, στην παρούσα μελέτη προκρίθηκε η ακριβέστερη προσέγγιση που αξιοποιεί δεδομένα της τοπικής μετεωρολογίας.

Οι υπολογιζόμενες μέσες ετήσιες προσαυξήσεις συγκέντρωσης είναι πάρα πολύ χαμηλές, για τους περισσότερους ρύπους κατά μία με δύο τάξεις μικρότερες από το κατώφλι διακριτικής ικανότητας των οργάνων που τυπικά χρησιμοποιούνται για τη συνεχή παρακολούθηση ποιότητας αέρα (ambient concentrations).

Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται τα χωρικά μέγιστα των μέσων συγκεντρώσεων των αερίων ρύπων στο επίπεδο του εδάφους πάνω από την ξηρά εντός της περιοχής μελέτης όσον αφορά στο σενάριο αναφοράς (Pet coke 70% - ΥΜΚ/ΑΣΡ 30%). Κατ' αυτόν τον τρόπο, αποτυπώνεται η μέγιστη επίδραση εντός της περιοχής μελέτης, που αποδίδεται στη λειτουργία της μονάδας. Οι συγκεκριμένοι υπολογισμοί διεξήχθησαν χρησιμοποιώντας εκπομπές που υπολογίστηκαν βάσει μετρήσεων. Σε ότι αφορά τον Ολικό Οργανικό Άνθρακα, εκτιμήθηκαν οι προσαυξήσεις συγκέντρωσης που αντιστοιχούν στον μέσο ρυθμό εκπομπής όπως μετρήθηκε κατά τη διάρκεια του έτους (TOC), την τιμή εκπομπής των 10 mg/Nm³ (TOC_10) και την ενδεικτική τιμή εκπομπής των 40 mg/Nm³ (TOC_40), αντίστοιχα. Επίσης, ανάλογα με τις περιόδους εξέτασης του κάθε ρύπου, όπως αυτές ορίζονται από τη νομοθεσία, παρουσιάζονται εκτιμήσεις για τις μέσες ετήσιες τιμές, τις μέγιστες κατά τη διάρκεια του έτους μέσες ημερήσιες τιμές, καθώς και τις μέγιστες κατά τη διάρκεια του έτους ωριαίες τιμές.

Τα απόλυτα επίπεδα των συνεισφορών στις συγκεντρώσεις είναι χαμηλά για το σύνολο των ρύπων. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τα επίπεδα συγκεντρώσεων που προέκυψαν από τις μετρηθείσες εκπομπές για το 2023. Τα αποτελέσματα αυτά είναι για τους περισσότερους ρύπους σημαντικά χαμηλότερα από αυτά που προέκυψαν βάσει εκτιμήσεων για τις εκπομπές. Ειδικά για το SO₂, τη σκόνη, το HCl και το CO, η χρήση μετρήσεων εκπομπών οδηγεί σε μια εξαιρετικά χαμηλή τιμή σε σχέση με εκείνη που προκύπτει από τους κατ' εκτίμηση συντελεστές εκπομπής, γεγονός που αντικατοπτρίζεται και στις αντίστοιχες υπολογιζόμενες προσαυξήσεις συγκεντρώσεων.

Στην περίπτωση του NO₂, υπό δυσμενείς μετεωρολογικές συνθήκες υπολογίζονται αυξημένες ωριαίες συγκεντρώσεις, για αριθμό ωρών όμως που σαφώς υπολείπεται του νομοθετικά προβλεπόμενου ορίου. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι για τον έλεγχο των εκπομπών NO₂ στη μονάδα λειτουργεί σύστημα επιλεκτικής μη-καταλυτικής αναγωγής με δυνατότητα ρύθμισης σε σχεδόν πραγματικό χρόνο μέσω δυναμικά ελεγχόμενης έγχυσης αμμωνίας. Κατ' αυτόν τον τρόπο, οι εκπομπές NO₂ μπορούν να ελέγχονται, εντός ενός σχετικά μεγάλου εύρους τιμών, προκειμένου οι διασπειρόμενες ποσότητες να μην οδηγούν σε υπερβάσεις ορίων.

Πίνακας 6: Μέγιστες εντός της περιοχής μελέτης εκτιμώμενες πρόσθετες συγκεντρώσεις για το Σενάριο Αναφοράς (Pet coke 70% - ΥΜΚ/ΑΣΡ 30%) στη βάση εκτιμήσεων για τη μέση σύσταση του καυσίμου και με βάση τις μετρήσεις εκπομπών του 2023

Ρύπος ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Μέση ετήσια συγκέντρωση		Μέγιστη ημερήσια συγκέντρωση		Μέγιστη ωριαία συγκέντρωση	
	Εκπομπές βάσει εκτίμησης	Εκπομπές από μετρήσεις	Εκπομπές βάσει εκτίμησης	Εκπομπές από μετρήσεις	Εκπομπές βάσει εκτίμησης	Εκπομπές από μετρήσεις
SO ₂	0,039	0,002	0,91	0,06	19,94	0,92
NO ₂	0,55	0,39	23,22	16,51	355,92	253,02
Dust	0,0178	0,0012	0,4156	0,0283		
PM ₁₀	0,0148	0,0011	0,3468	0,0248		
HCl	0,042	0,0008	0,99	0,019		
HF	$9,08 \cdot 10^{-5}$	$1,96 \cdot 10^{-5}$	0,002	0,0003		
CO	1,87	0,30	43,69	7,19		
NH ₃	0,0045	0,0050	0,11	0,11		
PCDD/Fs	$3,56 \cdot 10^{-11}$	$1,06 \cdot 10^{-11}$	$8,30 \cdot 10^{-10}$	$2,46 \cdot 10^{-10}$		
Cd+Tl	$2,3 \cdot 10^{-4}$	$4,83 \cdot 10^{-6}$				
Hg	$9,26 \cdot 10^{-5}$	$1,37 \cdot 10^{-5}$				
SB+As+Pb +Cr+Co+Mn +Ni+V	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$2,08 \cdot 10^{-5}$				
TOC		0,004				
TOC_10		0,009				
TOC_40		0,034				

Στους Πίνακες 7 και 8 παρουσιάζονται οι υπολογιζόμενες συγκεντρώσεις για το σενάριο αυξημένης υποκατάστασης (σενάριο Α) λαμβάνοντας υπόψη τη μέση και δυσμενέστερη περίπτωση (μέγιστη περιεκτικότητα), αντίστοιχα. Οι Πίνακες περιέχουν αποτελέσματα στη

Πίνακας 7: Χωρικά μέγιστα προσαυξήσεων συγκέντρωσης για το σενάριο A -Pet coke 25% - SRF/RDF 75% («τιμή») και ποσοστιαία μεταβολή σε σχέση με το σενάριο αναφοράς Pet coke 70% - ΥΜΚ/ASR 30% («μεταβολή») στη βάση εκτιμήσεων για τη μέση σύσταση του εναλλακτικού καυσίμου

Ρύπος ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Μέση ετήσια συγκέντρωση (Μέση Σύσταση)		Μέγιστη ημερήσια συγκέντρωση (Μέση Σύσταση)		Μέγιστη ωριαία συγκέντρωση (Μέση Σύσταση)	
	Τιμή	Μεταβολή (%)	Τιμή	Μεταβολή (%)	Τιμή	Μεταβολή (%)
SO₂	0,031	-19,8	0,73	-19,8	11,18	-19,8
NO₂	0,43	-21,0	18,34	-21,0	281,18	-21,0
Dust	0,0141	-21,0	0,3283	-21,0		
PM₁₀	0,0117	-21,0	0,2740	-21,0		
HCl	0,093	118,5	2,17	118,5		
HF	$9,08 \cdot 10^{-5}$	0,0	0,002	0,0		
CO	2,19	17,1	51,16	17,1		
NH₃	0,0045	0,0	0,11	0,0		
PCDD/Fs	$1,89 \cdot 10^{-11}$	-46,8	$4,42 \cdot 10^{-10}$	-46,8		
Cd+Tl	$1,61 \cdot 10^{-6}$	-99,3				
Hg	$4,91 \cdot 10^{-6}$	-94,7				
SB+As+Pb+Cr +Co+Mn+Ni+V	$1,2 \cdot 10^{-4}$	-76,2				

βάση εκτιμήσεων για τις εκπομπές (βλ. Ενότητα 4) και τις αντίστοιχες ποσοστιαίες μεταβολές σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Επισημαίνεται ότι οι μεταβολές νοούνται ως προς τις τιμές για το σενάριο αναφοράς που έχουν προκύψει στη βάση εκτιμήσεων εκπομπών, οι οποίες όπως υπογραμμίσθηκε οδηγούν για τους περισσότερους ρύπους σε μεγάλη υπερεκτίμηση της επίδρασης στην ποιότητα αέρα. Επομένως, οι λίγες ποσοστιαίες αυξήσεις σε σύγκριση με το σενάριο αναφοράς μπορούν με ασφάλεια να χαρακτηρισθούν πλασματικές, και στην πράξη στις περιπτώσεις αυτές είναι ασφαλές να αναμένονται το πολύ αμελητέες απόλυτες αυξήσεις

Πίνακας 8: Χωρικά μέγιστα προσαυξήσεων συγκέντρωσης για το σενάριο A - Pet coke 25% - SRF/RDF 75% («τιμή») και ποσοστιαία μεταβολή σε σχέση με το σενάριο αναφοράς Pet coke 70% - ΥΜΚ/ΑΣΡ 30% («μεταβολή») στη βάση εκτιμήσεων για τη μέγιστη περιεκτικότητα του εναλλακτικού καυσίμου

Ρύπος ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Μέση ετήσια συγκέντρωση (Μέγιστη Περιεκτικότητα)		Μέγιστη ημερήσια συγκέντρωση (Μέγιστη Περιεκτικότητα)		Μέγιστη ωριαία συγκέντρωση (Μέγιστη Περιεκτικότητα)	
	Τιμή	Μεταβολή (%)	Τιμή	Μεταβολή (%)	Τιμή	Μεταβολή (%)
SO₂	0,032	-22,8	0,76	-22,8	11,66	-22,8
NO₂	0,82	-21,0	34,86	-21,0	534,26	-21,0
Dust	0,0191	-20,9	0,4466	-20,9		
PM₁₀	0,0159	-20,8	0,3726	-20,8		
HCl	0,197	191,2	4,60	191,2		
HF	$1,45 \cdot 10^{-4}$	-59,5	0,003	-59,5		
CO	2,74	17,1	63,95	17,1		
NH₃	0,0045	0,0	0,11	0,0		
PCDD/Fs	$2,03 \cdot 10^{-11}$	-46,4	$4,73 \cdot 10^{-10}$	-46,4		
Cd+Tl	$9,08 \cdot 10^{-6}$	-23,0				
Hg	$2,37 \cdot 10^{-5}$	-38,0				
SB+As+Pb+Cr +Co+Mn+Ni+V	$1,3 \cdot 10^{-4}$	102,0				

επί των συγκεντρώσεων του σεναρίου αναφοράς, και συνεπώς να αποκλείεται ακόμα και η προσέγγιση των όποιων οριακών τιμών. Όσον αφορά στη χωρική κατανομή της συνεισφοράς στις μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις εντός της περιοχής μελέτης, σημειώνεται πως δεν παρατηρούνται αξιοσημείωτες διαφοροποιήσεις σε σχέση με τα αποτελέσματα προγενέστερης μελέτης (ΕΜΘΠΜ, 2018).

7. Συμπεράσματα

Στο πλαίσιο της διερεύνησης των δυνατοτήτων εναρμόνισης της παραγωγικής διαδικασίας της τσιμεντοβιομηχανίας TITAN με τις πρακτικές που ακολουθούνται σε διεθνές και ευρωπαϊκό επίπεδο σε αντίστοιχες παραγωγικές διαδικασίες, πραγματοποιήθηκαν

- ποσοτικοποίηση και αποτίμηση των εκπομπών αέριων ρύπων, αερολυμάτων και βαρέων μετάλλων και
- αποτίμηση της επίδρασης στην ποιότητα αέρα της ευρύτερης περιοχής από τη μονάδα της τσιμεντοβιομηχανίας TITAN στη Θεσσαλονίκη

για το υφιστάμενο μίγμα συμβατικού και εναλλακτικών καυσίμων καθώς και για νέο σενάριο χρήσης μίγματος με επέκταση της χρήσης εναλλακτικών καυσίμων (σενάριο Α).

Σε ό,τι αφορά στις ατμοσφαιρικές εκπομπές του υφιστάμενου μίγματος, αυτές βασίστηκαν τόσο σε μετρήσεις εκπομπών, οι οποίες προήλθαν από το σύστημα συνεχούς παρακολούθησης εκπομπών που λειτουργεί στη μονάδα, όσο και σε προσαρμοσμένους συντελεστές εκπομπής που υπολογίστηκαν σε προηγούμενη μελέτη (ΕΜΘΠΜ, 2011) και ανήχθησαν στο χρησιμοποιούμενο κατά το έτος 2023 μίγμα καυσίμων. Στην περίπτωση του σεναρίου επέκτασης χρήσης εναλλακτικών καυσίμων, σε ποσοστό θερμικής συμμετοχής 75% στο μίγμα καυσίμων, οι αντίστοιχες εκτιμήσεις εκπομπών έγιναν βάσει συντελεστών εκπομπής της προαναφερθείσας μελέτης με κατάλληλη αναγωγή στην προβλεπόμενη σύσταση μίγματος καυσίμων.

Για τους ρύπους SO₂, NO₂, σκόνη, PM₁₀, HF και PCDD/Fs, ο υπολογισμός στη βάση εκτιμήσεων για τις εκπομπές υποδεικνύει μείωση των εκπομπών για το σενάριο αυξημένης χρήσης εναλλακτικών καυσίμων, σε σχέση με το υφιστάμενο μίγμα. Όσον αφορά στις εκπομπές των βαρέων μετάλλων, δεν προκύπτει άξια λόγου μεταβολή των εκπομπών τους κατά την αυξημένη χρήση εναλλακτικών καυσίμων. Η εκτίμηση εκπομπών με βάση συντελεστές εκπομπής οδηγεί σε αυξημένες τιμές στην περίπτωση των CO, HCl και NO₂, χωρίς για το πρώτο να υπάρχει όριο εκπομπής. Η αύξηση αυτή είναι όμως πλασματική, αν ληφθεί υπόψη η μεγάλη υπερεκτίμηση στην οποία οδηγεί αυτή η μεθοδολογία, όπως καταδεικνύει η σύγκριση με τις μετρήσεις ρυθμού εκπομπών του 2023. Κατά συνέπεια μπορεί ασφαλώς να αποκλεισθεί το ενδεχόμενο οποιασδήποτε υπέρβασης νομοθετικά προβλεπόμενων ορίων εκπομπών. Σε ό,τι αφορά τον Ολικό Οργανικό Άνθρακα, καταγράφεται μικρός αριθμός ημερών με εκπομπές άνω των 10mg/Nm³, χωρίς όμως, στη βάση των διαθέσιμων στοιχείων της τσιμεντοβιομηχανίας TITAN, ο χρονισμός της εμφάνισής τους να μπορεί να συσχετιστεί με κάποια αυξημένη αναλογία εναλλακτικών καυσίμων στο εκάστοτε μίγμα καυσίμου ή με οποιαδήποτε άλλη παράμετρο λειτουργίας του κλιβάνου.

Στη συνέχεια αποτιμήθηκε η επίδραση της λειτουργίας της μονάδας στα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης, εστιάζοντας στη διαφοροποίηση των συγκεντρώσεων ανάμεσα στο νέο σενάριο με επέκταση της χρήσης εναλλακτικών καυσίμων (σενάριο Α) και το υφιστάμενο μίγμα συμβατικού και εναλλακτικών καυσίμων (σενάριο αναφοράς).

Βασικό εξαγόμενο της διερεύνησης είναι ότι, ενώ η επίδραση της μονάδας για το σενάριο αναφοράς είναι ήδη χαμηλή για όλους τους ρύπους, μπορεί να αναμένεται ακόμα χαμηλότερη επίδραση για το νέο σενάριο με επέκταση της χρήσης εναλλακτικών καυσίμων. Πρέπει βέβαια

να σημειωθεί ότι για την περίπτωση του NO₂ και υπό δυσμενείς μετεωρολογικές συνθήκες είναι δυνατόν να υπάρξει παροδική επιβάρυνση, δηλαδή μεμονωμένες αυξημένες ωριαίες συγκεντρώσεις, αλλά πάντως για αριθμό ωρών που σαφώς υπολείπεται του νομοθετικά προβλεπόμενου ορίου.

Συνολικά, η διεύρυνση της χρήσης εναλλακτικών καυσίμων αποδεικνύεται ότι οδηγεί σε μείωση της επίδρασης της μονάδας στα επίπεδα των συγκεντρώσεων ατμοσφαιρικών ρύπων στη γύρω περιοχή, συμπεριλαμβανομένου και του διοξειδίου του αζώτου.

8. Βιβλιογραφία

AEA Technology (AEAT), 2003. Emission factors programme Task 4(b) – Review of cement sector Pollution Inventory Report to the Department for Environment, Food and Rural Affairs; the National Assembly of Wales: the Scottish Executive; and the Department of Environment in Northern Ireland, AEAT/ENV/R/1425/Issue, August.

Cembureau CSI, 2009. Sustainable cement production. Co-Processing of alternative fuels and raw materials in the European Cement Industry, January.

Institute of Clean Air Companies Inc. (ICAC), 2000. White paper, Selective Non-Catalytic Reduction (SNCR) for controlling NO_x emissions, May.

Janicke, L., 2002: Lagrangian dispersion modelling. Particulate Matter in and from Agriculture, 235, 37-41, ISBN 3-933140-58-7.

Janicke, L., and U. Janicke, 2003: (A modelling system for licensing industrial facilities) Entwicklung eines modellgestützten Beurteilungssystems für den anlagenbezogenen Immissionsschutz. UFOPLAN 200 43 256, on behalf of the German Federal Environmental Agency (UBA).

Kleppinger E.W., 1993, "Cement clinker: an environmental sink for residues from hazardous waste treatment in cement kilns", Waste Management 13 (8), 553-572.

Richards J., Goshaw D., Speer D. and T. Holder, 2008. Air Emissions Data Summary for Portland Cement Pyroprocessing Operations Firing Tire-Derived Fuels, Portland Cement Association.

Schreiber & Yonley Associates, 2008. Current State of Practice for Selective Non-Catalytic Reduction, Portland Cement Association, PCA R&D Serial No. 3046.

TA Luft (2002): (German Regulation on Air Quality Control) Erste allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft TA-Luft GMBI (2002), 25-29, 511-605).

U. S. Environmental Protection Agency (EPA), 1994. Emission Factor Documentation for AP-42, Section 11.6, Portland Cement Manufacturing, Final Report, May.

Verein Deutscher Ingenieure, (VDI) 2011. Richtlinie VDI 3945 Blatt 3 „Umweltmeteorologie. Atmosphärische Ausbreitungsmodelle. Partikelmodell", URL: <http://www.vdi.de/4790.0.html>, last accessed: 25.07.2011.

ΕΜΘΠΜ (Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής), 2011. Εκτίμηση των εκπομπών αέριων ρύπων και προσομοίωση της διασποράς τους στην περιοχή γύρω από το εργοστάσιο παραγωγής τσιμέντων της εταιρίας TITAN στη Θεσσαλονίκη για διαφορετικά σενάρια μίγματος καυσίμων.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2000. Οδηγία 2000/76/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 4ης Δεκεμβρίου 2000 για την αποτέφρωση των αποβλήτων.

Κολοβός Κ., Τσιβίλης Σ., Κάκαλη Γ., 2006. Χρήση Δευτερογενών Υλικών και Καυσίμων κατά την Έψηση του Μίγματος των Πρώτων Υλών στη Βιομηχανία Τσιμέντου, Τεχνικά Χρονικά, Επιστημονική Έκδοση ΤΕΕ, V, τεύχος 1-2.

TITAN A.E, 2023. Καταγραφές αέριων ρύπων από συσκευές συνεχούς μέτρησης και εκθέσεις από περιοδικές μετρήσεις αέριων ρύπων.

ΕΜΘΠΜ (Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής), 2018. Εκτίμηση των εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων και προσομοίωση της διασποράς τους στην περιοχή γύρω από το εργοστάσιο παραγωγής τσιμέντων της εταιρίας TITAN στη Θεσσαλονίκη για διαφορετικά σενάρια μίγματος καυσίμων.