



ΑΑΔΕ

Ανεξάρτητη Αρχή
Δημοσίων Εσόδων

ΥΠΗΡΕΤΟΥΜΕ ΠΙΣΤΑ
ΔΗΜΟΣΙΟ ΣΥΜΦΕΡΟΝ
ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ

Μηχανισμός Συνοριακής Προσαρμογής Άνθρακα (CBAM) & Γενικό Χημείου του Κράτους

Αριστοτέλης Παπαγεωργίου, Β' Χημική Υπηρεσία Αθηνών
Λαμπρινή Φασιά, Προϊσταμένη Τμήματος Α'
Ευγενία Λαμπή, Προϊσταμένη Β' ΧΥ Αθηνών
Ευάγγελος Μαντάς, Τμήμα Χημικοτεχνικής Δασμολογίου

Προσδιορισμός ποσοστού Κλίνκερ στο τσιμέντο

1. **Κλίνκερ:** Κύριο ενεργοβόρο συστατικό και βασικός οδηγός εκπομπών CO₂ στην παραγωγή τσιμέντου.
2. **Αδιαπραγμάτευτη Ακρίβεια:** Ο προσδιορισμός του ποσοστού (%) κλίνκερ απαιτεί πλέον **στενό εύρος διακύμανσης**, καθώς καθορίζει άμεσα το οικονομικό κόστος των πιστοποιητικών CBAM.
3. **Πρόκληση Δεδομένων:** Ανάγκη για ένα ευέλικτο πρωτόκολλο ελέγχου τόσο για τις περιπτώσεις πλήρους διαφάνειας όσο και για τις περιπτώσεις έλλειψης στοιχείων.



ΑΑΔΕ

Ανεξάρτητη Αρχή
Δημοσίων Εσόδων

Κλασικές Μέθοδοι EN 196-2 & EN 196-4

Θεσμικό Πλαίσιο

Επίσημες Ευρωπαϊκές σταθμικές αναλύσεις:

- **EN 196-2:** Χημική ανάλυση
- **EN 196-4:** Προσδιορισμό σύστασης/επιλεκτική διαλυτότητα

Η Πραγματικότητα των Πόρων

- **Χρονοβόρες:** Απαιτούνται ημέρες χημικής ανάλυσης.
- **Κοστοβόρες:** Υψηλό κόστος αντιδραστηρίων και ανάγκη για επιπλέον ανθρώπινους πόρους.

Στρατηγικός Ρόλος

Δεν αποτελούν μεθόδους ρουτίνας για γρήγορο εκτελωνισμό, λειτουργούν ως ανώτατη δικλείδα ασφαλείας.



ΑΑΔΕ

Ανεξάρτητη Αρχή
Δημοσίων Εσόδων

Κωδικοί συνδυασμένης ονοματολογίας

Τσιμέντο, ως εμπόρευμα/αντικείμενο του Κανονισμού CBAM

L 130/90

EL

Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης

16.5.2023

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I

Κατάλογος εμπορευμάτων και αερίων θερμοκηπίου

1. Για τους σκοπούς του προσδιορισμού των εμπορευμάτων, ο παρών κανονισμός εφαρμόζεται στα εμπορεύματα που εμπίπτουν στους κωδικούς της συνδυασμένης ονοματολογίας («ΣΟ») οι οποίοι παρατίθενται στον ακόλουθο πίνακα. Οι κωδικοί ΣΟ είναι εκείνοι που αναφέρονται στον κανονισμό (ΕΟΚ) αριθ. 2658/87.
2. Για τους σκοπούς του παρόντος κανονισμού, τα αέρια του θερμοκηπίου που σχετίζονται με τα εμπορεύματα που αναφέρονται στο σημείο 1 είναι εκείνα που ορίζονται στον ακόλουθο πίνακα για τα σχετικά εμπορεύματα.

Τσιμέντο

Κωδικός ΣΟ	Αέριο του θερμοκηπίου
2507 00 80 – Άλλες καολινικές άργιλοι	Διοξείδιο του άνθρακα
2523 10 00 – Τσιμέντα που δεν είναι σε σκόνη, με την ονομασία «clinkers»	Διοξείδιο του άνθρακα
2523 21 00 – Τσιμέντα Portland άσπρα, έστω και τεχνητά χρωματισμένα	Διοξείδιο του άνθρακα
2523 29 00 – Άλλα τσιμέντα Portland	Διοξείδιο του άνθρακα
2523 30 00 – Τσιμέντα που περιέχουν αργίλιο	Διοξείδιο του άνθρακα
2523 90 00 – Άλλα υδραυλικά τσιμέντα	Διοξείδιο του άνθρακα



ΑΑΔΕ

Ανεξάρτητη Αρχή
Δημοσίων Εσόδων

Εναλλακτική μέθοδος Α

Προσδιορισμός % Κλίνκερ με πληροφοριακά στοιχεία εισαγωγέα

Συλλογή Δεδομένων από την πηγή

- Πληροφορίες για τη σύσταση του τσιμέντου μέσω της κατηγορίας (πχ. CEM II: γύψος, ποζολάνη, ασβεστόλιθος, ιπτάμενη τέφρα, σκωρία υψικαμίνου, κλπ.)
- Δεδομένα χημικής ανάλυσης και απωλειών πύρωσης (LOI - Loss on Ignition)
- Χημικές αναλύσεις των επιμέρους συστατικών- εκτός του Κλίνκερ

Υπολογιστικός Προσδιορισμός

Άμεση εισαγωγή των δεδομένων στην εφαρμογή που αναπτύχθηκε στη Β' ΧΥ Αθηνών (υπό επικύρωση).

Παρουσίαση Δ. Θεοδοσίου στο Customs Laboratories European Network (CLEN), 9th Seminar of European Customs Chemists, Στοκχόλμη, Ιούλιος 2026

Αποτέλεσμα

Άμεσος, έγκυρος υπολογισμός χωρίς αρχικό εργαστηριακό φόρτο



ΑΑΔΕ

Ανεξάρτητη Αρχή
Δημοσίων Εσόδων

Εναλλακτική μέθοδος Α

Παράδειγμα 78,3% vs 77,7%

[illegible]

MATERIALS SIMULATOR

A/A		Ποσοστό (ξ.β.)	Ποσοστό (μ.β.)	Υγρασία	LOI	IR	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	Cl	LSF
1	Clinker	79.45	77.20	0.01	0.31	0.01	21.53	4.91	3.76	65.56	1.17	0.57	0.08	1.78	0.01	95.6
1	Gypsum	5.71	5.69	2.00	21.36	1.30	2.74	0.51	0.27	32.46	0.54	0.07	0.05	41.50	0.01	384.17
1	Natural Pozzolana	9.98	11.43	18.00	7.94	63.00	46.40	17.50	9.69	9.90	2.42	1.51	3.30	0.83	0.01	6.31
0	Calced Natural Pozzolana	0.00	0.00	0.01	3.80	35.00	32.00	20.00	10.00	2.60	1.33	1.47	0.01	0.01	0.01	2.17
1	Limestone	5.26	5.17	0.50	42.50	0.30	2.01	0.80	0.20	52.90	0.92	0.20	0.03	0.20	0.01	789.32
0	Siliceous Fly Ash	0.00	0.00	12.00	0.01	0.01	70.94	10.93	6.31	2.48	0.98	1.73	0.70	0.01	0.01	1.15
0	Calcareous Fly Ash	0.00	0.00	9.00	0.01	0.01	0.58	0.24	83.00	1.23	0.58	2.13	0.01	0.01	0.01	2.20
0	Blast Furnace Slag	0.00	0.00	6.00	0.67	0.01	33.30	14.20	0.93	47.92	0.98	0.85	0.31	0.05	0.01	43.33
0	Silica Fume	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	13.70	3.30	2.65	43.50	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	98.92
0	Burned Shale	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	11.50	3.00	2.11	41.23	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	111.10
0	Other Material 1	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	53.50	23.20	7.30	4.30	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	2.38
0	Other Material 2	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	21.60
0	Other Material 3	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	21.60
0	Other Material 4	0.00	0.00	4.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	21.60
0	Other Material 5	0.00	0.00	4.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	21.60
0	Other Material 6	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	21.60
0	Other Material 7	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	21.60
0	Other Material 8	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	21.60
0	Other Material 9	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	21.60

			Υγρασία	LOI	IR	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	Cl	LSF
Μίγμα (LOI)				4.46	6.14	21.81	5.65	3.94	57.67	1.24	0.61	0.38	3.86	0.01	82.02
Μίγμα (LOI-Free)				0		22.83	5.91	4.13	60.36	1.30	0.64	0.40	4.04	0.01	82.02

			Υγρασία	LOI	IR	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	Cl	LSF
Στόχοι Υλικού			0	3.91	0	20.9	5.9	4.92	55.5	0	0	0	3.37	0	0
Συντελεστής Βαρύτητας			0	5	0	5	1	1	1	0	0	0	5	0	0

Εναλλακτική μέθοδος Α

Έλλειψη Στοιχείων Εισαγωγέα

Το Πρόβλημα:

Ο εισαγωγέας αδυνατεί να προσκομίσει αναλύσεις συστατικών

Η Λύση:

- Διεξαγωγή ταχείας στοιχειακής ανάλυσης **XRF** στο τελικό τσιμέντο
- Προσδιορισμός των πτητικών/ανθρακικών μέσω **LOI** στο εργαστήριο
- Χρήση **τυπικών/βιβλιογραφικών χημικών αναλύσεων** για τα επιμέρους συστατικά (γύψος, τέφρα κ.λπ.)
- Εισαγωγή πειραματικών (XRF, LOI) και τυπικών τιμών στην **εφαρμογή** για την εξαγωγή του % Κλίνκερ



ΑΑΔΕ

Ανεξάρτητη Αρχή
Δημοσίων Εσόδων

Εναλλακτική μέθοδος Β

Προσδιορισμός % κλίνκερ με Συνδυασμό ΑΙ και Χημικών Αναλύσεων

- **Αναλύσεις δείγματος τσιμέντου: XRD, XRF (CRM) και LOI**
- **Συνδυαστική Ισχύς:** Εισαγωγή των αποτελεσμάτων σε εκπαιδευμένο μοντέλο Τεχνητής Νοημοσύνης (ΑΙ)
- **Υπεροχή ΑΙ**
 - Αναγνωρίζει ορυκτολογικά μοτίβα σύνθετων τσιμέντων (CEM II-V)
 - Παρακάμπτει τα σφάλματα που προκαλούν οι άμορφες φάσεις (π.χ. σκωρίες υψικαμίνου)
 - Επιβεβαιώνει το στενό εύρος του % Κλίνκερ



ΑΑΔΕ

Ανεξάρτητη Αρχή
Δημοσίων Εσόδων

Εναλλακτική μέθοδος Β

Παράδειγμα Εφαρμογής στο τσιμέντο

Method	Clinker %	Deviation from reported	Reliability
EN 197-1nominal	87,0%	+8,7%	Standard reference
Nominal - Bassanite	80,9%	+2,6%	Good estimate
XRD visual only	~80,0%	+1,7%	Semi-quantitative ($\pm 5\%$)
XRF corrected Bogue - bassanite	80,9%	+2,6%	Limited for blended cements
Reported actual	78,3%	-	Reference value



ΑΑΔΕ

Ανεξάρτητη Αρχή
Δημοσίων Εσόδων

Βαθμονόμηση XRF με Πρότυπα CRM

- **Θωράκιση της Μεθόδου:**

Η αξιοπιστία του XRF βασίζεται αποκλειστικά σε **Πιστοποιημένα Υλικά Αναφοράς (CRMs)**

- **Διαδικασία:**

Δημιουργία εξειδικευμένων καμπυλών βαθμονόμησης για τα κύρια οξείδια (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO) με χρήση πρότυπων δειγμάτων τσιμέντου

- **Πλεονεκτήματα:**

- **Ταχύτητα:** Μέτρηση σε ελάχιστα λεπτά- Ιδανική για την ομαλή διεκπεραίωση της τελωνειακής ροής
- **Νομική Ιχνηλασιμότητα (Traceability):** Απόλυτη κάλυψη έναντι των Ευρωπαϊκών ελεγκτών



ΑΑΔΕ

Ανεξάρτητη Αρχή
Δημοσίων Εσόδων

Συζήτηση & προτεινόμενο Πρωτόκολλο

Ζητήματα για Συζήτηση

- **Αποδοχή Μοντέλων:** Πώς θα διασφαλιστεί η θεσμική έγκριση της εφαρμογής και των μοντέλων AI από τους Ευρωπαίους ελεγκτές;
- **Όρια Αβεβαιότητας:** Ποιο θα είναι το επίσημα αποδεκτό εύρος σφάλματος (uncertainty) στις τελωνειακές μετρήσεις;

Προτεινόμενη Ροή (Protocol)

1. Προσδιορισμός % Κλίνκερ με την εναλλακτική **μέθοδο Α** βάσει των στοιχείων εισαγωγής
2. Σε περίπτωση έλλειψης στοιχείων: XRD, XRF (CRM) + LOI + Τυπικές Αναλύσεις Συστατικών
3. Προσδιορισμός % Κλίνκερ μέσω των εναλλακτικών **μεθόδων Α και Β**
4. Ενεργοποίηση **EN 196-2/4** αποκλειστικά σε περιπτώσεις υψηλού ρίσκου



ΑΑΔΕ

Ανεξάρτητη Αρχή
Δημοσίων Εσόδων

Ευχαριστούμε!



ΑΑΔΕ

Ανεξάρτητη Αρχή
Δημοσίων Εσόδων

ΥΠΗΡΕΤΟΥΜΕ ΠΙΣΤΑ
ΔΗΜΟΣΙΟ ΣΥΜΦΕΡΟΝ
ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ