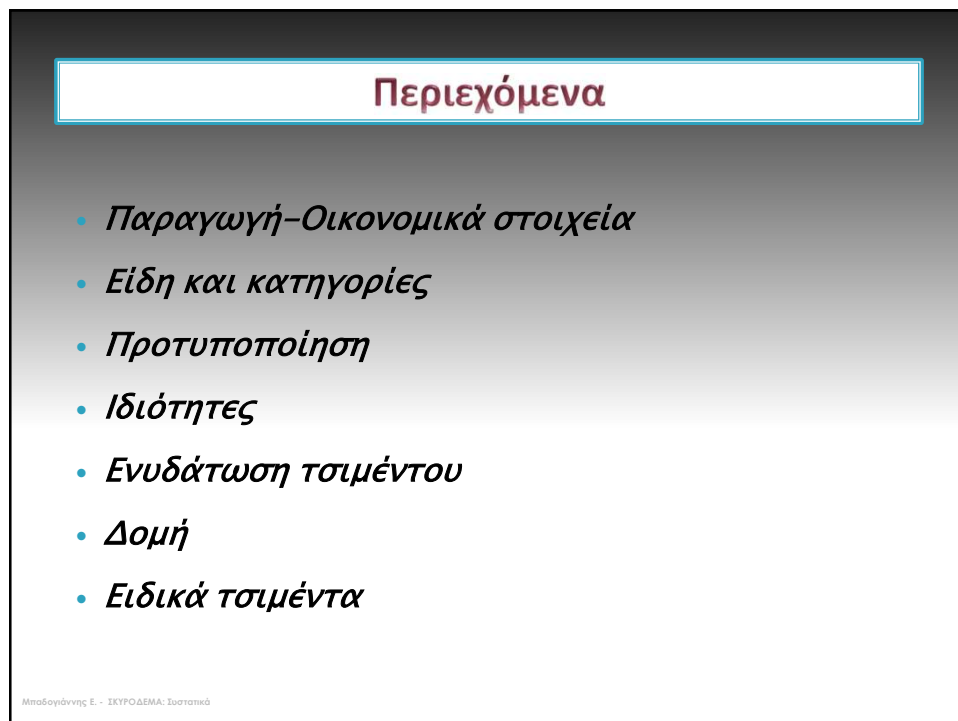
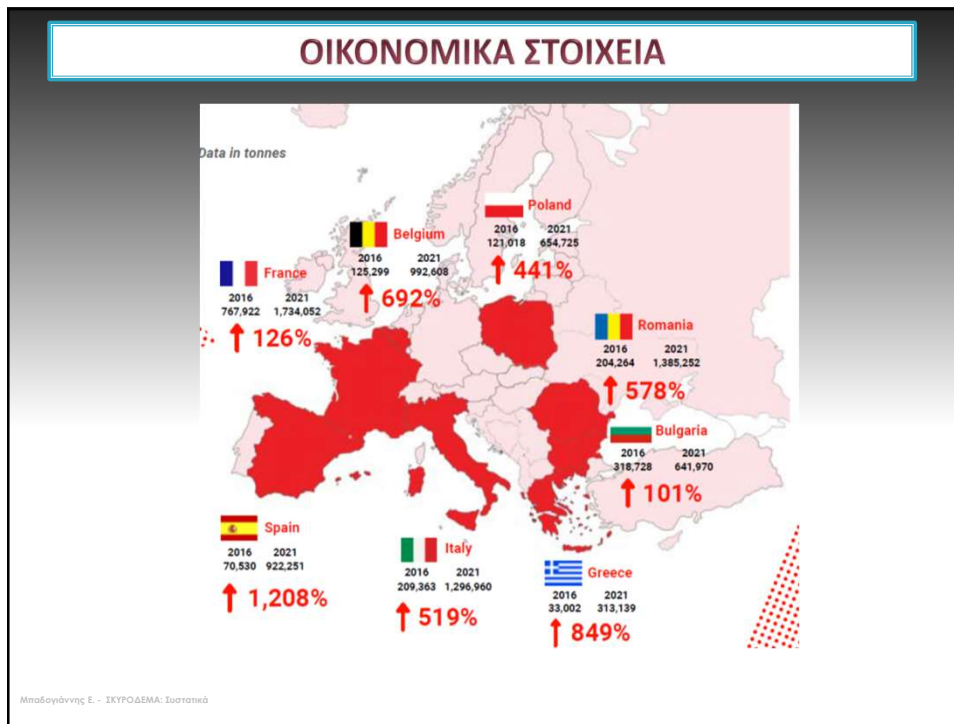




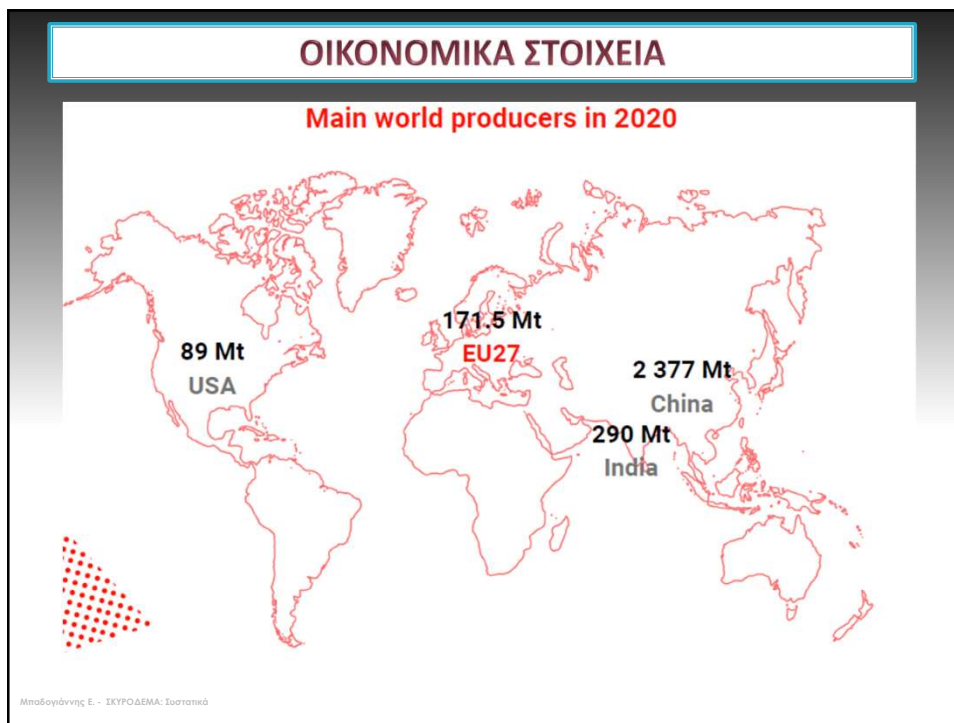
91



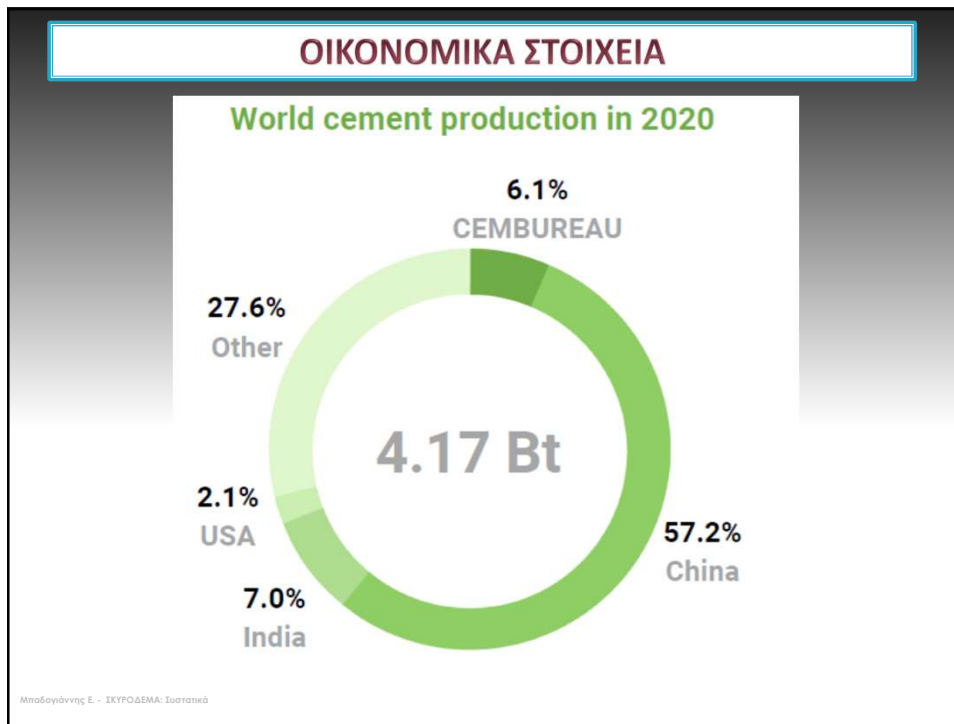
92



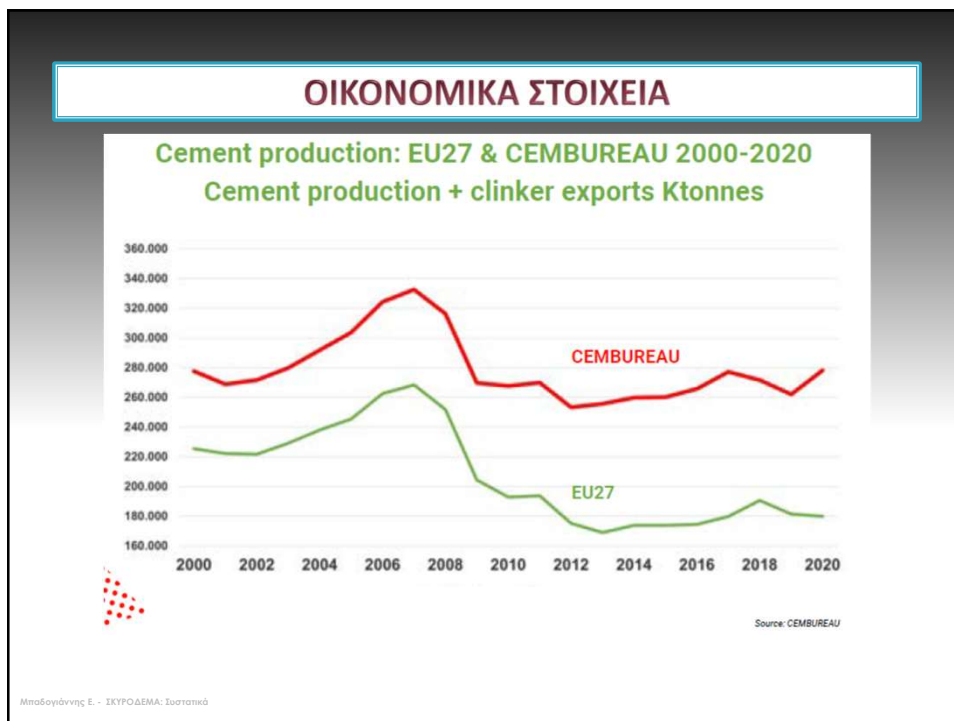
93



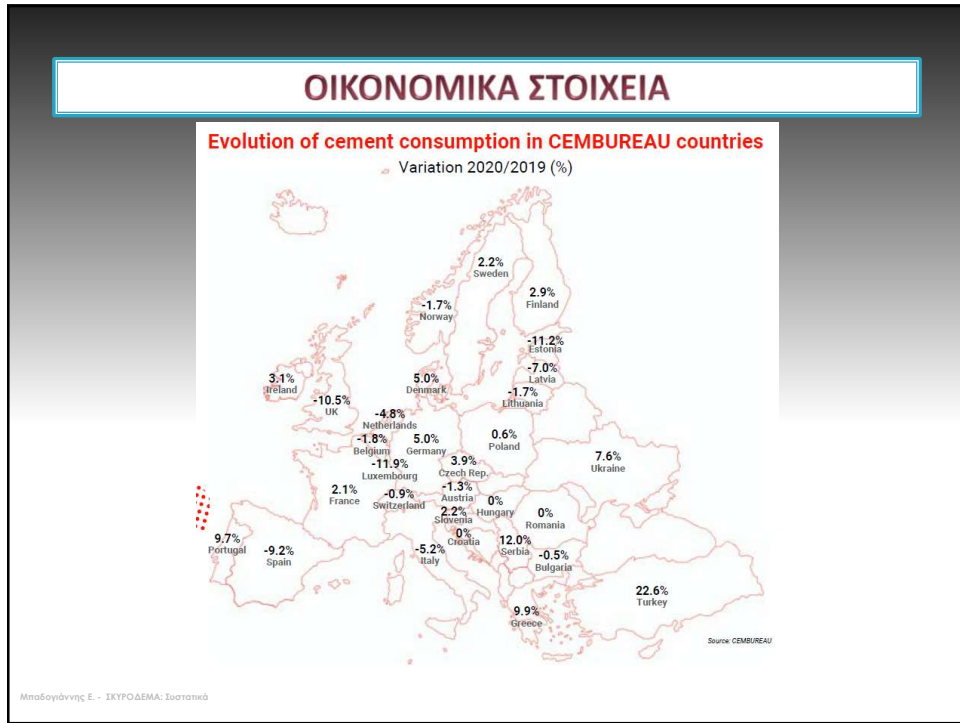
94



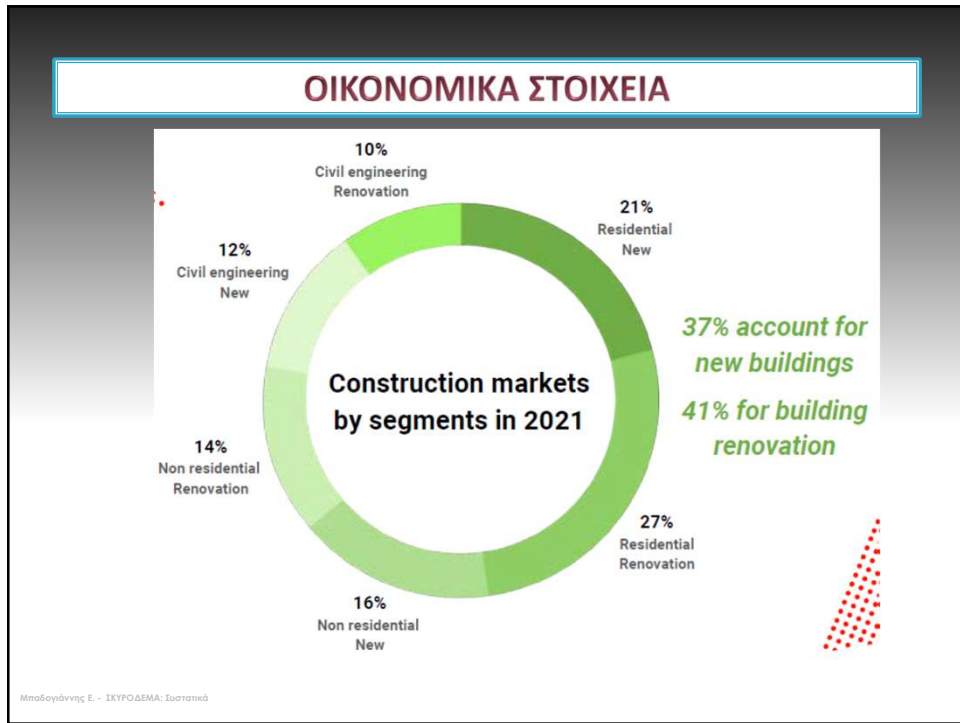
95



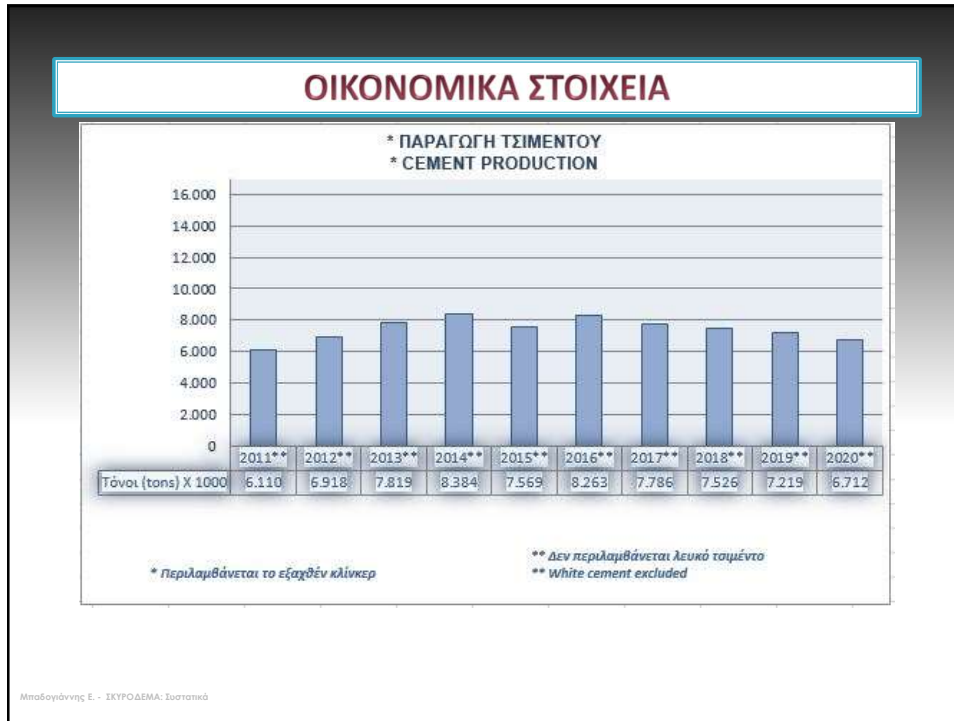
96



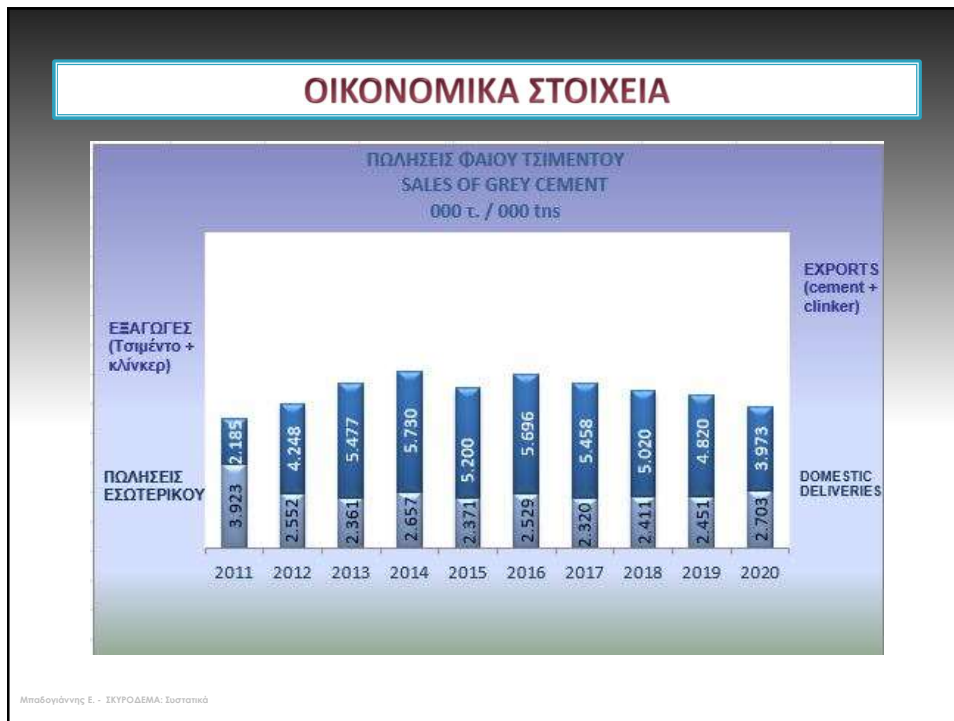
97



98



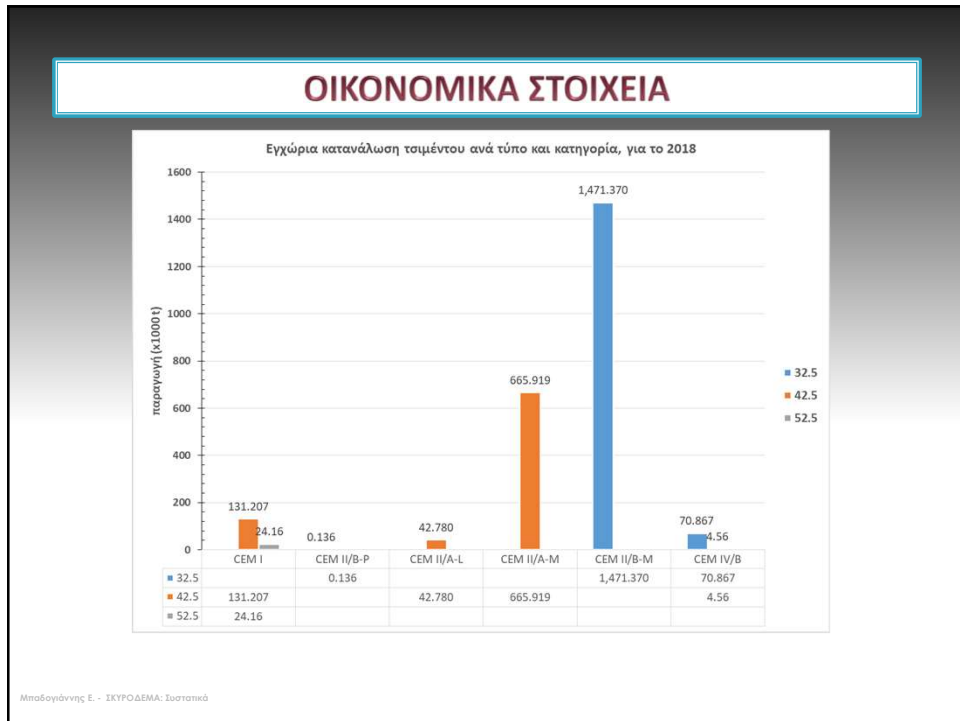
99



100



101



102

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ



Μπαδογιάννης Ε. - ΙΚΥΡΟΔΕΜΑ: Συστηικά

103

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

Problem



Η παραγωγή του τσιμέντου θεωρείται υπεύθυνη για την έκλυση CO₂ στην ατμόσφαιρα, σε ποσοστό ~7% παγκοσμίως.

Μπαδογιάννης Ε. - ΙΚΥΡΟΔΕΜΑ: Συστηικά

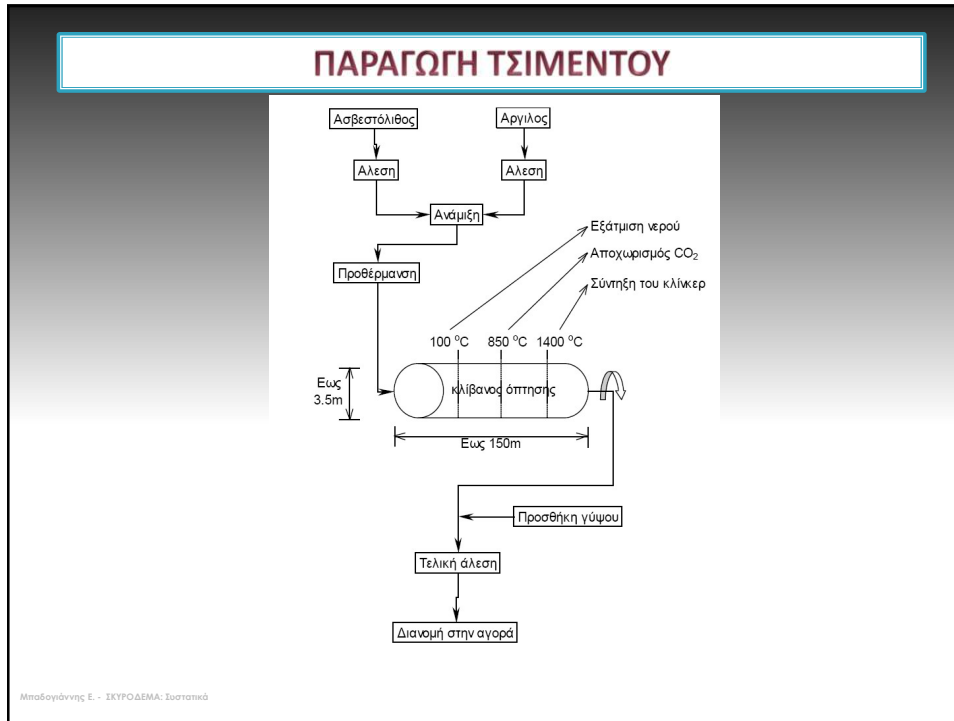
104



105



106

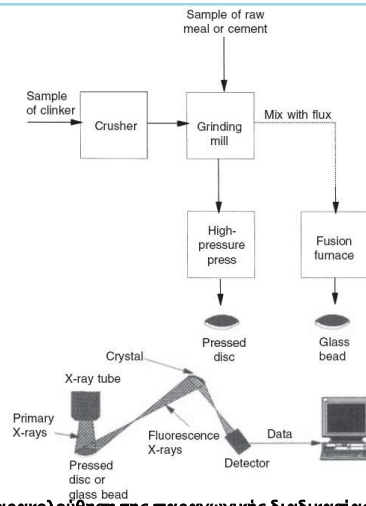


107



108

Έλεγχος ποιότητας παραγωγής



Συνεχής παρακολούθηση της παραγωγικής διαδικασίας και διόρθωση.

Μπαδογιάννης Ε. - ΙΚΥΡΟΔΕΜΑ: Συστατικά

109

ΤΣΙΜΕΝΤΟ - ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Τσιμέντο = Κλίνκερ + Γύψος + Πρόσθετα

- ▶ **Κλίνκερ (Κ)**: το προϊόν που προκύπτει μετά από έψηση στους 1380-1450 °C, μίγματος 75% - 25% ασβεστολιθικών και αργιλοπηριτικών υλικών (φαρίνα)
- ▶ Το κλίνκερ του τσιμέντου Πόρτλαντ (Κ) είναι ένα υδραυλικό υλικό που συνίσταται τουλάχιστο κατά τα 2/3 κ.β. από C_3S και C_2S ενώ το υπόλοιπο κατά κύριο λόγο συνίσταται από τις αργλικές και σιδηραργλικές φάσεις του κλίνκερ.
- ▶ Η αναλογία CaO/SiO_2 δεν πρέπει να είναι μικρότερη του 2 και το περιεχόμενο MgO δεν πρέπει να ξεπερνά το 5% κ.β.

Συστατικά φαρίνας	Διάσπαση 500-800 °C	Κλινκεροποίηση 800-1450 °C	Συστατικά κλίνκερ	Συμβ/μός
Ασβεστόλιθος	→	$CaO + CO_2$	$3CaO \cdot SiO_2$	(C_3S)
			$2CaO \cdot SiO_2$	(C_2S)
Άργιλος	→	$SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 + H_2O$	$3CaO \cdot Al_2O_3$	(C_3A)
			$4CaO \cdot Al_2O_3 + Fe_2O_3$	(C_4AF)

Μπαδογιάννης Ε. - ΙΚΥΡΟΔΕΜΑ: Συστατικά

110

ΤΣΙΜΕΝΤΟ - ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Τσιμέντο = Κλίνκερ + Γύψος + Πρόσθετα

- Γύψος: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, για τον έλεγχο της πήξης
- Πρόσθετα: Ιπτάμενη Τέφρα (V, W), Σκωριά Υψικαμίνου (K, S), Silica Fume (D), Φυσικές Ποζολάνες (P, Q), κ.α.

Τσιμέντο Πόρτλαντ (Portland cement): "είναι το προϊόν που προκύπτει μετά από έψηση σε θερμοκρασία κλινκεροποίησης (1380–1420 °C) ενός κατάλληλα αλεσμένου και πλήρως ομογενοποιημένου μίγματος που αποτελείται από 75% (περίπου) ασβεστολιθικά υλικά και 25% (περίπου) αργιλοπυριτικά υλικά και συνάλεση του προκύπτοντος προϊόντος με κατάλληλη ποσότητα γύψου".

Τυπική χημική σύσταση αμιγούς τσιμέντου Portland

Οξειδίο	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	K ₂ O, Na ₂ O	Άλλα
σύσταση (%) κ.β.	64	22	6	3	1.5	2	0.5	1

Μπαδογιάννης Ε. - ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ: Συστατικά

111

Συντμήσεις

C = CaO A = Al₂O₃ S = SiO₂ F = Fe₂O₃

M = MgO H = H₂O N = Na₂O K = K₂O

P = P₂O₅ T = TiO₂ \hat{S} = SO₃ \hat{C} = CO₂

Μπαδογιάννης Ε. - ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ: Συστατικά

112

ΚΛΙΝΚΕΡ- ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ


Τύποι Bogue:

$$C_3S = 4.071 C - 7.600 S - 6.718 A - 1.430 F$$

$$C_2S = 8.602 S + 5.068 A + 1.078 F - 3.071 C = 2.867 S - 0.7544 C_3S$$

$$C_3A = 2.650 A - 1.692 F$$

$$C_4AF = 3.043 F$$

Χημική σύσταση φαρίνας (% κ.β.)			Τύποι Bogue	Ορυκτολογική σύσταση κλίνκερ (% κ.β.)	
% χημική σύσταση	συμβολ.	ΦΑΡΙΝΑ (Α)		συμβολισμός	% κ.β.
CaO	C	65,00		C ₃ S	62,73
SiO ₂	S	20,00		C ₂ S	19,48
Al ₂ O ₃	A	7,00		C ₃ A	15,17
Fe ₂ O ₃	F	2,00		C ₄ AF	6,09

Μπαδογιάννης Ε. - ΙΚΥΡΟΔΕΜΑ: Συστατικά

113

Τσιμέντο: Συστατικά

1. Κύρια συστατικά:

- Κλίνκερ
- Σκωρία υψικαμίνων
- Πυριτική παιπάλη
- Ποζολάνες
- Ιπτάμενες τέφρες
- Ψημένος σχιστόλιθος
- Ασβεστόλιθος

2. Δευτερεύοντα συστατικά

3. Θεϊκό ασβέστιο (Portland)

4. Πληρωτικά

Μπαδογιάννης Ε. - ΙΚΥΡΟΔΕΜΑ: Συστατικά

114

ΤΣΙΜΕΝΤΟ - ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ

Πέντε (5) βασικοί τύποι κατά EN 197-1 με πολλές υποδιαίρεσεις, με βάση τη σύσταση του τσιμέντου:

- **CEM I Τσιμέντο Portland (K>95 %)**
- **CEM II Σύνθετα τσιμέντα Portland (K, P, Q, V, W, T, L, S, D)**
 - A: 80%<K<94%, B: 65%<K<79%
- **CEM III Σκωριοτσιμέντα (K,S)**
 - A: 35%<K<65%, B: 20%<K<34%, C: 5%<K<19%
- **CEM IV Ποζολανικά τσιμέντα (K, P, Q, V, W, D)**
 - A: 65%<K<89%, B: 45%<K<64%
- **CEM V Σύνθετα τσιμέντα (K, S, P, Q, V)**
 - A: 40%<K<64%, B: 20%<K<39%

Μπακογιάννης Ε. - ΙΚΥΡΟΔΕΜΑ: Συστατικά

115

ΤΣΙΜΕΝΤΟ - ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ

ΤΥΠΟΣ	Όνομασία	Κύρια συστατικά										Δευτ. συστ.		
		Κλίνκερ	Σκωρία υψικαμίνου	Πυριτική παιπάλη	Ποζολάνη	Ιπάμενες τέφρες			Ψημένος σχιστόλιθος	Ασβεστόλιθος				
		K	S	D	P	Q	V	W	T	L	LL			
ΤΣΙΜΕΝΤΑ PORTLAND														
CEM I	CEM I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
ΣΥΝΘΕΤΑ ΤΣΙΜΕΝΤΑ PORTLAND														
CEM II	CEM II/A-S	80-94	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	CEM II/B-S	65-79	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	CEM II/A-D	90-94	-	6-10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	CEM II/A-P	80-94	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	CEM II/B-P	65-79	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	CEM II/A-Q	80-94	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	CEM II/B-Q	65-79	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	CEM II/A-V	80-94	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5
	CEM II/B-V	65-79	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	0-5
	CEM II/A-W	80-94	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	0-5
	CEM II/B-W	65-79	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	0-5
	CEM II/A-T	80-94	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	0-5
	CEM II/B-T	65-79	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	0-5
	CEM II/A-L	80-94	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	0-5
	CEM II/B-L	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	0-5
CEM II/A-LL	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	0-5	
CEM II/B-LL	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	0-5	
CEM II/A-M	80-94	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5	
CEM II/B-M	65-79	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	0-5	
ΣΚΩΡΙΟΤΣΙΜΕΝΤΑ														
CEM III	CEM III/A	35-64	36-65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	CEM III/B	20-34	66-80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	CEM III/C	5-19	81-95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
ΠΟΖΟΛΑΝΙΚΑ ΤΣΙΜΕΝΤΑ														
CEM IV	CEM IV/A	65-89	-	-	-	11-35	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	CEM IV/B	45-64	-	-	-	36-55	-	-	-	-	-	-	-	0-5
ΣΥΝΘΕΤΑ ΤΣΙΜΕΝΤΑ														
CEM V	CEM V/A	40-64	18-30	-	-	18-30	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	CEM V/B	20-39	31-50	-	-	31-50	-	-	-	-	-	-	-	0-5

α) Οι τιμές του πίνακα αναφέρονται στο σύνολο των κυρίων και δευτερευόντων συστατικών

Μπακογιάννης Ε. - ΙΚΥΡΟΔΕΜΑ: Συστατικά

116

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΣΙΜΕΝΤΩΝ (EN 197-1)

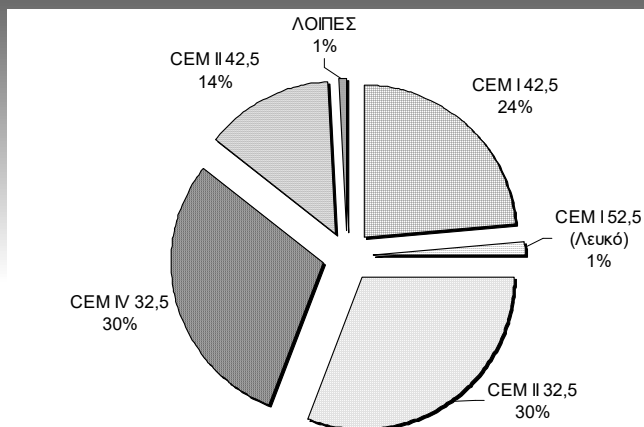
Μηχανικές και φυσικές απαιτήσεις οριζόμενες ως χαρακτηριστικές τιμές (EN 197.1)

Κατηγορία αντοχής	Αντοχή σε θλίψη (MPa)			Χρόνος αρχής πήξης (min)	Σταθερότητα όγκου (διαστολή) (mm)
	Πρώιμη αντοχή		Τυπική αντοχή		
	2 ημέρες	7 ημέρες			
32.5 N	--	≥16	32.5 - 52.5	≥75	≤10
32.5 R	≥10	--	32.5 - 52.5	≥75	≤10
42.5 N	≥10	--	42.5 - 62.5	≥60	≤10
42.5 R	≥20	--	42.5 - 62.5	≥60	≤10
52.5 N	≥20	--	≥52.5	≥45	≤10
52.5 R	≥30	--	≥52.5	≥45	≤10

Μπαδογιάννης Ε. - ΙΚΥΡΟΔΕΜΑ: Συστατικά

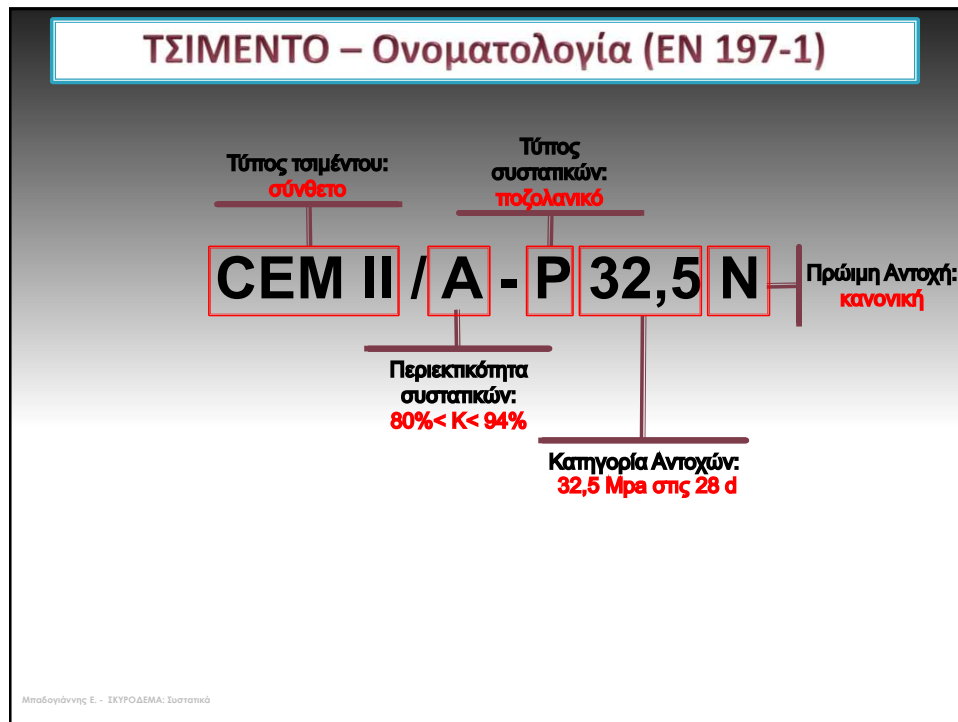
117

Κατανάλωση διαφόρων τύπων τσιμέντου στην Ελλάδα (2001)



Μπαδογιάννης Ε. - ΙΚΥΡΟΔΕΜΑ: Συστατικά

118



119