

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Γαρουφαλής Βενέδικτος

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΓΝΩΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΟΚΙΩΝ ΑΝΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΕ ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

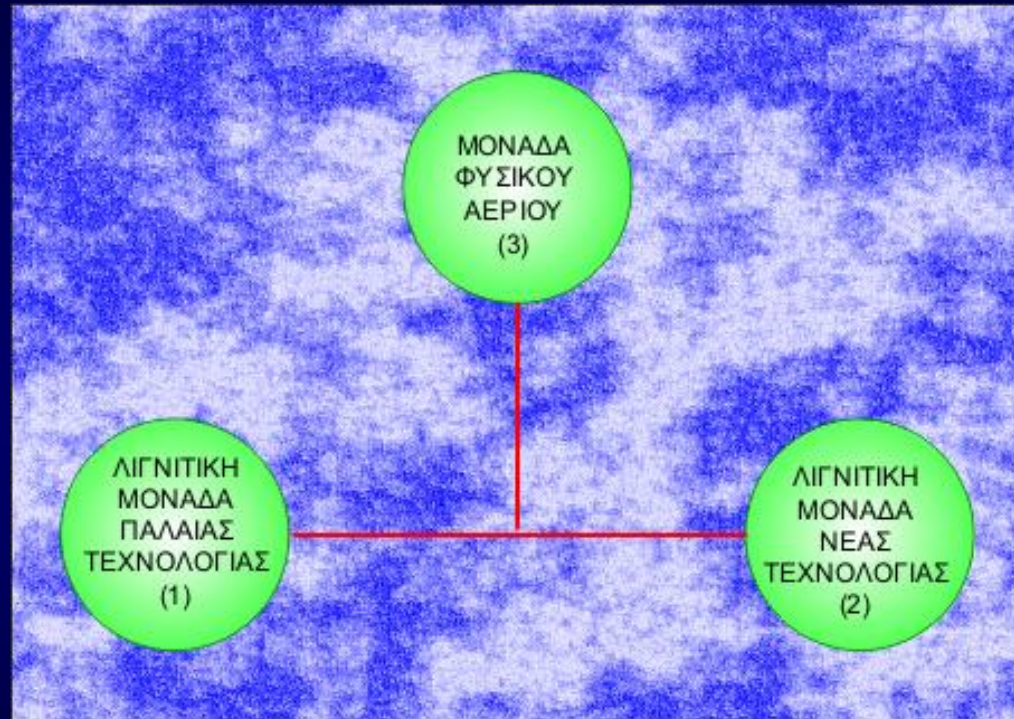
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΗΛΙΑΣ Π. ΤΑΤΣΙΟΠΟΥΛΟΣ



ΕΠΟΨΗ

ΕΠΕΝΔΥΤΗΣ

- ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ
- ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ
- ΕΥΕΛΙΞΙΑ-ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ
- ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ



•Εισαγωγή

- Βιβλιογραφική ανασκόπηση
- Μαθηματικό Μοντέλο
- Υπολογιστικό Μοντέλο
- Αποτελέσματα
- Συμπεράσματα
- Επίλογος



ΔΟΜΗ - ΣΚΕΠΤΙΚΟ ΜΕΛΕΤΗΣ

- ΕΙΣΑΓΩΓΗ
- ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ
- ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ
- ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ
- ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ
- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

•Εισαγωγή

•Βιβλιογραφική ανασκόπηση

•Μαθηματικό Μοντέλο

•Υπολογιστικό Μοντέλο

•Αποτελέσματα

•Συμπεράσματα

•Επίλογος



ΒΑΣΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Kakaras E, Doukelis A, Giannakopoulos D, Koumanakos A. Novel concepts for near-zero emissions IGCC power plants. Therm Sci J 2006;10(3):81–92
2. Hull J, Options – Futures and other Derivatives, Prentice Hall
3. Banks F, Energy Economics: A modern Introduction, Kluwer Academic Publishers
4. Dixit A, Pindyck R. Investment under uncertainty. Princeton: Princeton University Press; 1994
5. Doukelis A, Vorrias I, Grammelis P, Kakaras E, Whitehouse M, Riley G. Partial O₂-fired coal power plant with post combustion CO₂ capture: A retrofitting option for CO₂ ready plants. In: 7th European conference on coal research & its applications. Wales, UK: Cardiff University

•Εισαγωγή

•Βιβλιογραφική
Ανασκόπηση

•Μαθηματικό
Μοντέλο

•Υπολογιστικό
Μοντέλο

•Αποτελέσματα

•Συμπεράσματα

•Επίλογος



REAL OPTIONS

ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΕΠΙΛΟΓΕΣ

- Επιλογή εξάπλωσης (πραγματοποίησης περαιτέρω επενδύσεων)
- Επιλογή συρρίκνωσης του μεγέθους λειτουργίας του έργου
- Επιλογή αναβολής του έργου
- Επιλογή εγκατάλειψης (Option to abandon)
- Επιλογή παράτασης της διάρκειας ζωής ενός κεφαλαίου

• Εισαγωγή

• **Βιβλιογραφική
Ανασκόπηση**

• Μαθηματικό
Μοντέλο

• Υπολογιστικό
Μοντέλο

• Αποτελέσματα

• Συμπεράσματα

• Επίλογος



ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΙΚΕΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ

Brownian motion

$$dX_t = \mu dt + \sigma dW_t$$

dW

: απειροστή αυξητική τάση

χρονικά συνεχής « τυχαίος περίπατος »

μ

: παράμετρος ροπής

καθορίζει τα όρια

•Εισαγωγή

•Βιβλιογραφική
Ανασκόπηση

•**Μαθηματικό
Μοντέλο**

•Υπολογιστικό
Μοντέλο

•Αποτελέσματα

•Συμπεράσματα

•Επίλογος



Γεωμετρική Brownian motion

$$dX_t = \mu(t) \cdot X_t dt + D(t, X_t) \cdot V(t) dW_t$$

- το X_t είναι το διάνυσμα των εναπομεινασών στοχαστικών διαδικασιών (μεταβλητών)
- το $\mu(t)$ είναι το διάνυσμα της κλίσης ως συνάρτηση του χρόνου (t)
- το $V(t)$ είναι η διανυσματική συνάρτηση της μεταβολής του χρόνου (t)
- το $D(t, X_t)$ είναι η διανυσματική συνάρτηση διάχυσης του χρόνου (t)

•Εισαγωγή

•Βιβλιογραφική
Ανασκόπηση

•**Μαθηματικό
Μοντέλο**

•Υπολογιστικό
Μοντέλο

•Αποτελέσματα

•Συμπεράσματα

•Επίλογος



Διαδικασία Cox-Ingersoll-Ross (CIR)

$$dr_t = S(t) \cdot [L(t) - r_t]dt + D(t, r_t^{1/2}) \cdot V(t)dW_t$$

- το r_t είναι το επιτόκιο
- το $V(t)$ είναι η διανυσματική συνάρτηση της μεταβολής του χρόνου (t)
- το $D(t, r_t^{1/2})$ είναι η διανυσματική συνάρτηση διάχυσης του χρόνου (t)
- το $S(t)$ είναι η ταχύτητα επαναφοράς περί τη μέση τιμή ως συνάρτηση του χρόνου (t),
- το $L(t)$ είναι το επίπεδο του μοντέλου CIR
- το dW_t είναι η διανυσματική διαφορική της GBM

•Εισαγωγή

•Βιβλιογραφική
Ανασκόπηση

•**Μαθηματικό
Μοντέλο**

•Υπολογιστικό
Μοντέλο

•Αποτελέσματα

•Συμπεράσματα

•Επίλογος



Το πρόβλημα που πραγματευόμαστε:

Αναβάθμιση μιας τυπικής
λιγνιτικής μονάδας
(330 MW_{el} μεικτής ισχύος)

•Εισαγωγή

•Βιβλιογραφική
Ανασκόπηση

•Μαθηματικό
Μοντέλο

•**Υπολογιστικό
Μοντέλο**

•Αποτελέσματα

•Συμπεράσματα

•Επίλογος



Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΠΟΥ ΜΕΛΕΤΟΥΜΕ - ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ

Υποθέσεις:

- Η μονάδα θα μπορεί να λειτουργεί για τουλάχιστον 15 χρόνια.
- Παραμένει η επιθυμία του παραγωγού ηλεκτρικής ενέργειας για επένδυση στο ίδιο φάσμα επενδυτικής ικανότητας
- Κόστη, τεχνικές προδιαγραφές, αποδοτικότητα της παραγωγής είναι παρόμοια

•Εισαγωγή

•Βιβλιογραφική
Ανασκόπηση

•Μαθηματικό
Μοντέλο

•**Υπολογιστικό
Μοντέλο**

•Αποτελέσματα

•Συμπεράσματα

•Επίλογος



Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΠΟΥ ΜΕΛΕΤΟΥΜΕ – ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ

Σύγκριση του υπάρχοντος εργοστασίου (παλαιάς τεχνολογίας) καύσης λιγνίτη με:

- Μετασκευή του ίδιου αυτού εργοστασίου σε ένα άλλο με τεχνολογία CCS (Carbon Capture and Storage – δέσμευσης CO₂)
- Νέο εργοστάσιο τεχνολογίας NGCC (Natural Gas Combined- Cycle)
- Νέο εργοστάσιο τεχνολογίας NGCC, εξοπλισμένου με CCS.

•Εισαγωγή

•Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

•Μαθηματικό Μοντέλο

•**Υπολογιστικό Μοντέλο**

•Αποτελέσματα

•Συμπεράσματα

•Επίλογος



Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΠΟΥ ΜΕΛΕΤΟΥΜΕ – ΣΕΝΑΡΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΕΠΙΤΟΚΙΑ

•Εισαγωγή

•Βιβλιογραφική
Ανασκόπηση

•Μαθηματικό
Μοντέλο

•Υπολογιστικό
Μοντέλο

•Αποτελέσματα

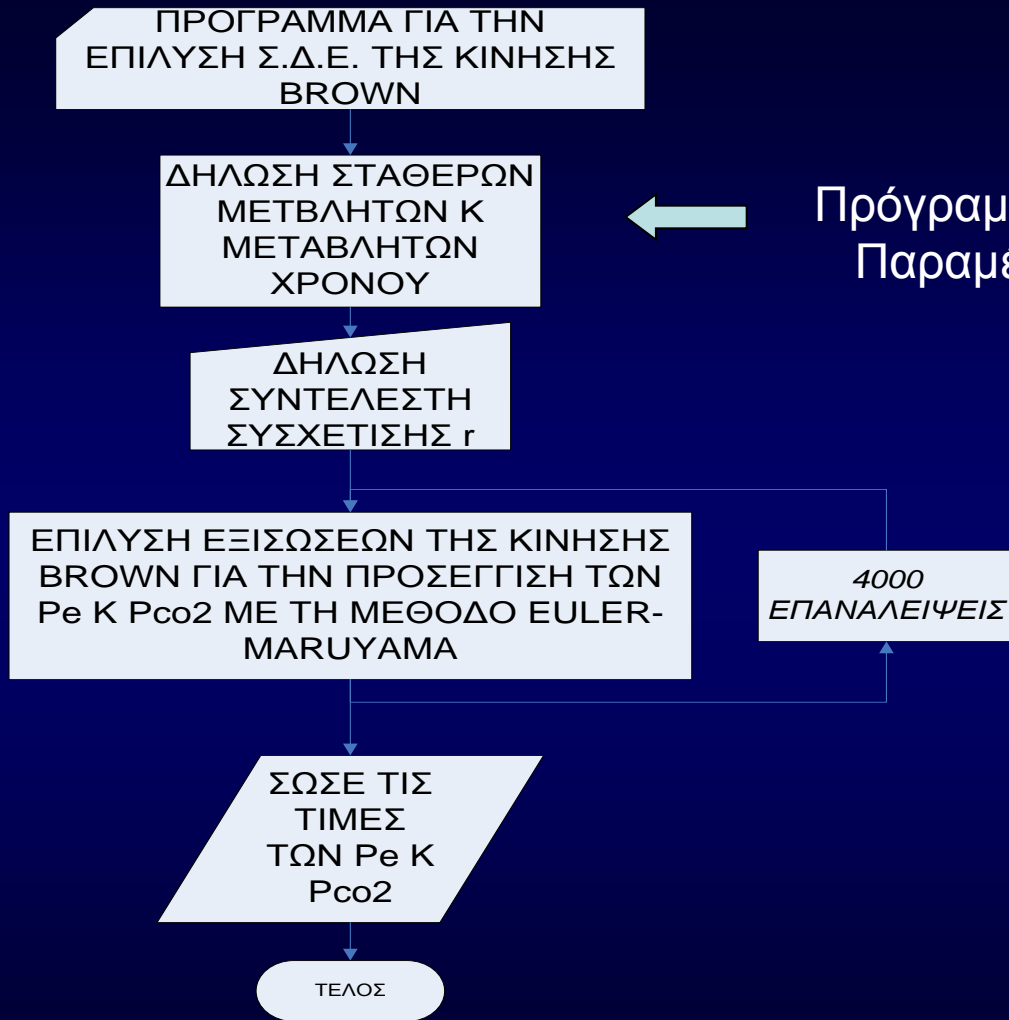
•Συμπεράσματα

•Επίλογος

- Σενάριο Σ.Δ.Ε. – α: εφαρμογή ενός μοντέλου CIR (Cox-Ingersoll-Ross) για την προσομοίωση των επιτοκίων και ενός μοντέλου GBM για την προσομοίωση των ποσοστών πληθωρισμού. Χρησιμοποιείται ένας μέτριος αριθμός δοκιμών Monte Carlo (< 400) που οδηγεί σε υψηλή μεταβλητότητα των επιτοκίων.
- Σενάριο Σ.Δ.Ε. – β: το ίδιο με σενάριο Σ.Δ.Ε. – α, αλλά χρησιμοποιείται ένας μεγάλος αριθμός δοκιμών Monte Carlo (> 5000) που οδηγεί σε ομαλή διαδρομή επιτοκίων με μια τάση επαναφοράς περί τη μέση τιμή.
- Σενάρια 0,1,...,6: εφαρμογή σταθερών επιτοκίων για όλο το διάστημα λειτουργίας. Αυτά τα επιτόκια βασίζονται στην τελευταία προβλεφθείσα τιμή (άστατη πρόβλεψη) πριν αυξηθούν οι εισροές επένδυσης κατά ένα επιτόκιο κινδύνου στο εύρος $[0, 0,06]$ με βήμα προσαύξησης ίσο με 0,01. Τα ποσοστά πληθωρισμού προσομοιώνονται με τη χρήση μιας στοχαστικής διαδικασίας GBM όπως και στα σενάρια Σ.Δ.Ε..



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ – ΕΠΙΛΥΣΗ Σ.Δ.Ε.



Πρόγραμμα για τον Υπολογισμό των Παραμέτρων της Κίνησης Brown

•Εισαγωγή

•Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

•Μαθηματικό Μοντέλο

•Υπολογιστικό Μοντέλο

•Αποτελέσματα

•Συμπεράσματα

•Επίλογος



Πρόβλεψη των στοχαστικών μεταβλητών

$$X_{i,t} = \int_0^t \rho dX_2 + \int_0^t \sqrt{1-\rho^2} dX_3 \quad \rho \in (0,1)$$

όπου το ρ (συντελεστής συσχέτισης) είναι:

$$\rho = \frac{\sum X_1 X_2 - \frac{\sum X_1 \sum X_2}{N}}{\sqrt{\left[\sum X_1^2 - \frac{(\sum X_1)^2}{N} \right] \left[\sum X_2^2 - \frac{(\sum X_2)^2}{N} \right]}}$$

- το N είναι ο αριθμός των ιστορικών δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό του ρ , ο οποίος είναι κοντά στο 0,3.

• Εισαγωγή

• Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

• Μαθηματικό Μοντέλο

• **Υπολογιστικό Μοντέλο**

• Αποτελέσματα

• Συμπεράσματα

• Επίλογος



ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ

Έρευνα για τις διαθέσιμες αριθμητικές εισροές (είτε τεχνολογικές, είτε οικονομικές)

Πρόβλεψη των στοχαστικών μεταβλητών με τη χρήση κατάλληλων μοντέλων Σ.Δ.Ε. που προσομοιώνονται σε επιλύτη Euler – Maruyama. Οι διαφορικές εξισώσεις GBM με κανονική κατανομή εκλέγονται τυχαία μέσω μιας υπορουτίνας Monte Carlo.

Υπολογισμός της ΚΠΑ του έργου για τα διάφορα σενάρια και τις χρονικές στιγμές έναρξης της επένδυσης.

Προσδιορισμός της βέλτιστης ΚΠΑ του έργου, της στρατηγικής επένδυσης και της χρονικής στιγμής έναρξης της επένδυσης.

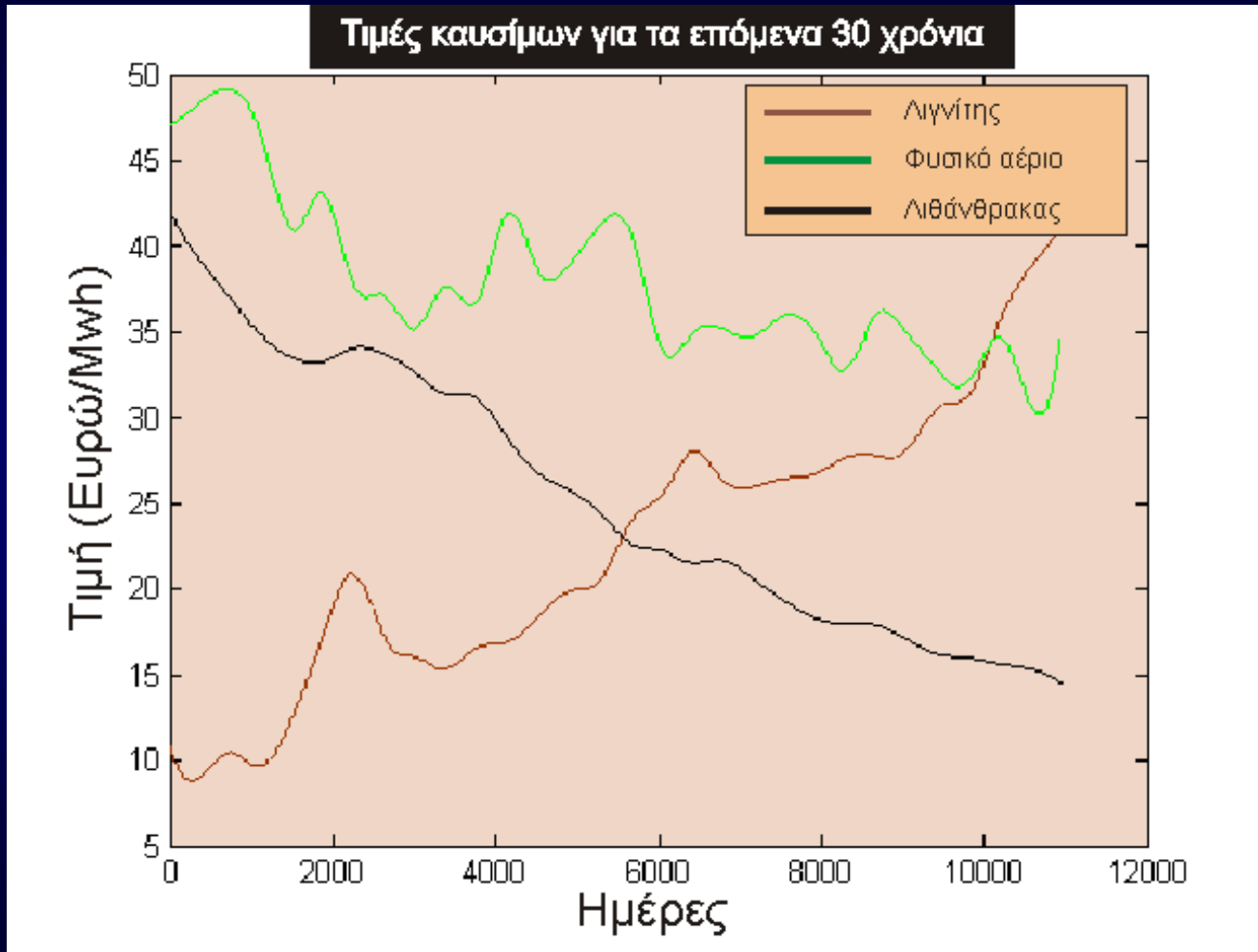
ΤΕΛΟΣ

- Εισαγωγή
- Βιβλιογραφική Ανασκόπηση
- Μαθηματικό Μοντέλο
- **Υπολογιστικό Μοντέλο**
- Αποτελέσματα
- Συμπεράσματα
- Επίλογος



ΤΙΜΕΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Μετά από την επίλυση των Σ.Δ.Ε

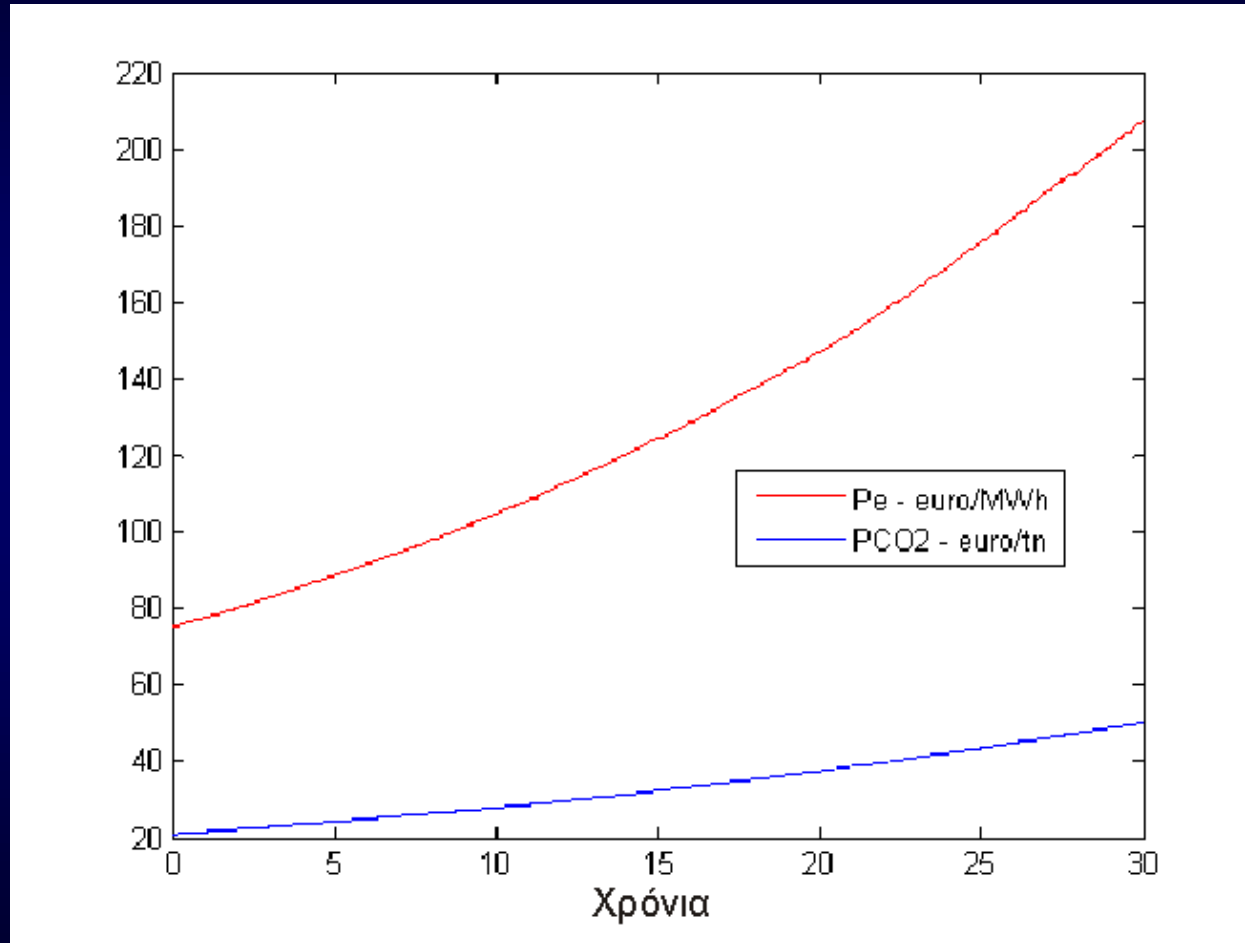


- Εισαγωγή
- Βιβλιογραφική Ανασκόπηση
- Μαθηματικό Μοντέλο
- Υπολογιστικό Μοντέλο
- **Αποτελέσματα**
- Συμπεράσματα
- Επίλογος



ΤΙΜΕΣ ΕΜΠΟΡΙΑΣ ΡΥΠΩΝ-ΠΩΛΗΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

Μετά από την επίλυση των Σ.Δ.Ε.



•Εισαγωγή

•Βιβλιογραφική
Ανασκόπηση

•Μαθηματικό
Μοντέλο

•Υπολογιστικό
Μοντέλο

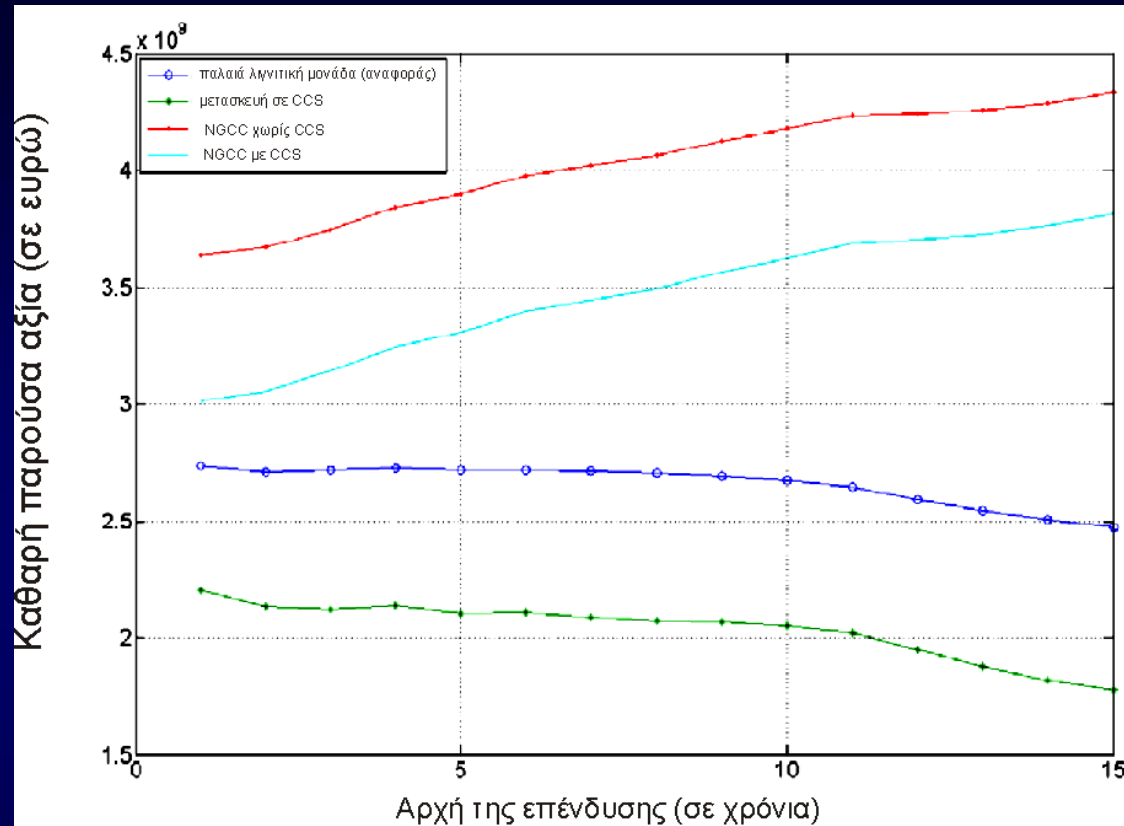
•**Αποτελέσματα**

•Συμπεράσματα

•Επίλογος



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΠΑ – ΣΕΝΑΡΙΟ Σ.Δ.Ε. – Α

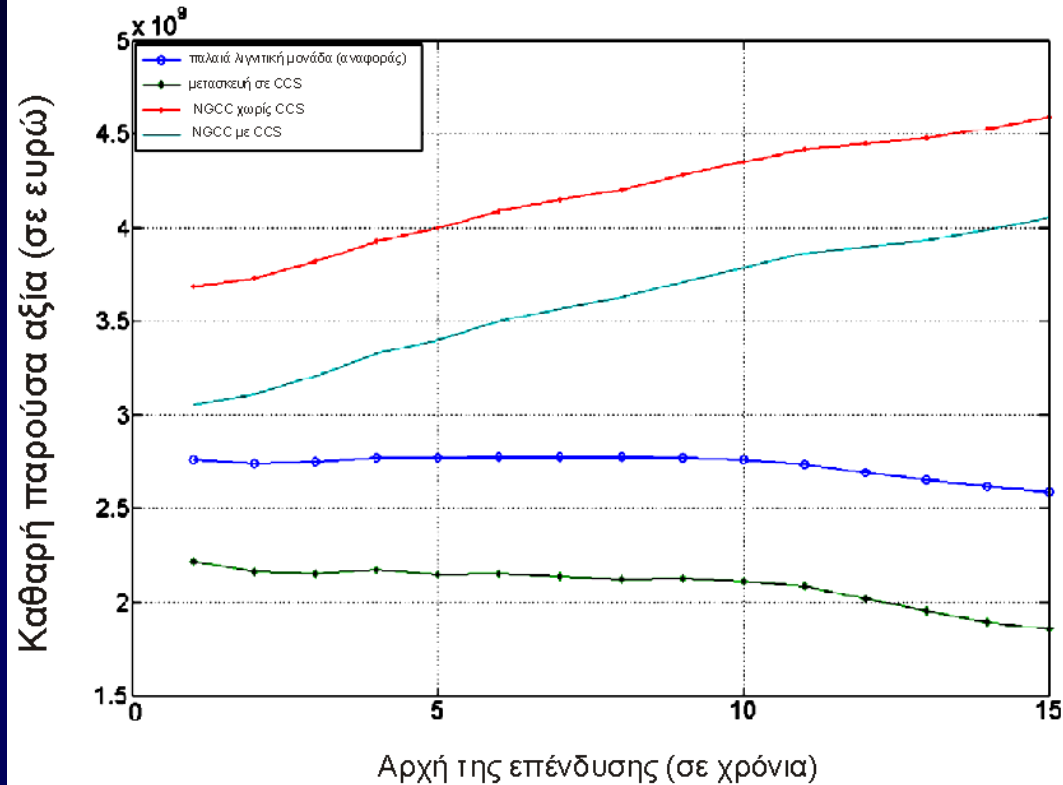


Η ΚΠΑ για τα στοχαστικά επιτόκια και πληθωρισμό του σεναρίου Σ.Δ.Ε. α – μικρός αριθμός προσομοιώσεων Monte Carlo

- Εισαγωγή
- Βιβλιογραφική Ανασκόπηση
- Μαθηματικό Μοντέλο
- Υπολογιστικό Μοντέλο
- Αποτελέσματα
- Συμπεράσματα
- Επίλογος



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΠΑ – ΣΕΝΑΡΙΟ Σ.Δ.Ε. – Β

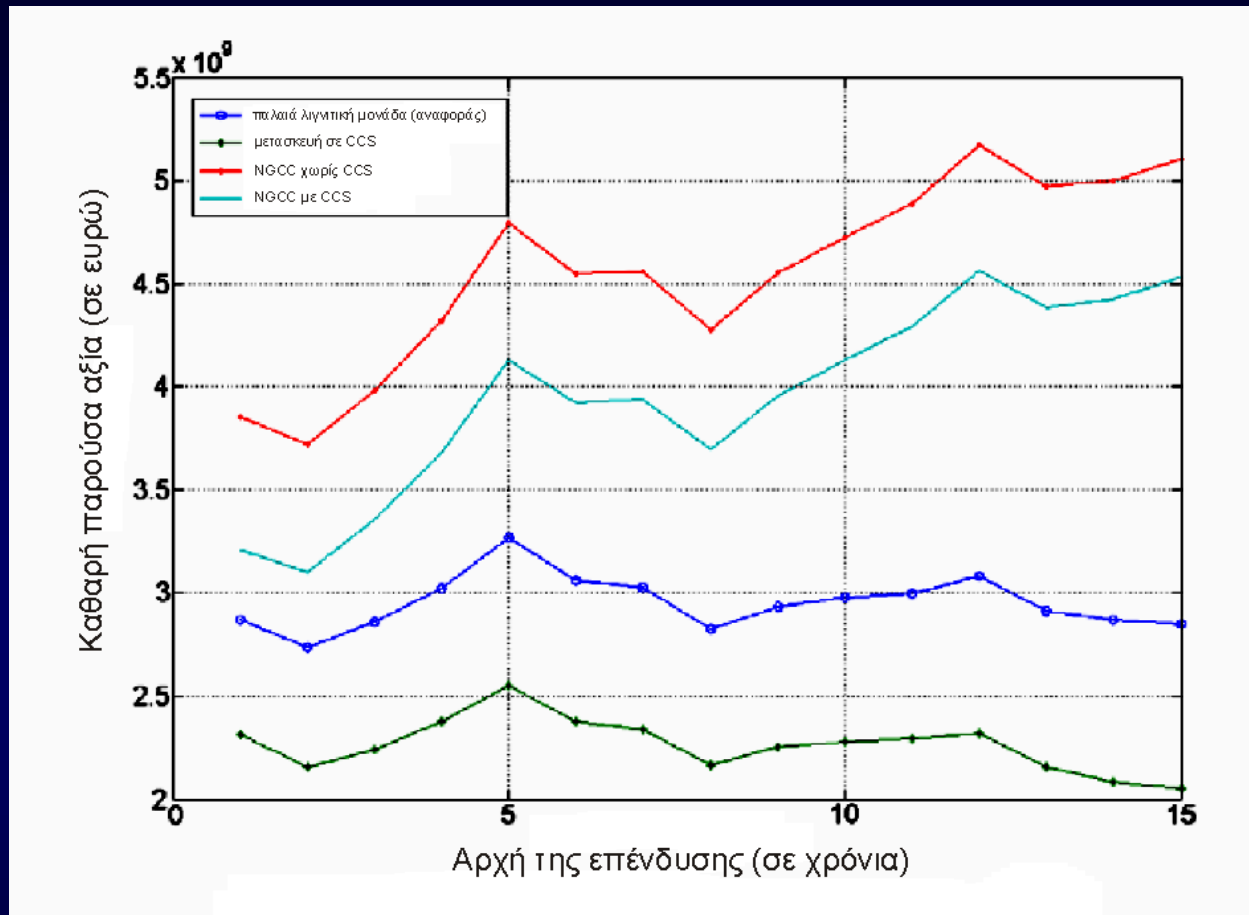


Η ΚΠΑ για τα στοχαστικά επιτόκια και πληθωρισμό του σεναρίου Σ.Δ.Ε. β – μεγάλος αριθμός προσομοιώσεων Monte Carlo

- Εισαγωγή
- Βιβλιογραφική Ανασκόπηση
- Μαθηματικό Μοντέλο
- Υπολογιστικό Μοντέλο
- Αποτελέσματα**
- Συμπεράσματα
- Επίλογος



Εξέλιξη της ΚΠΑ με την υπόθεση συνεχούς επιτοκίου - 1

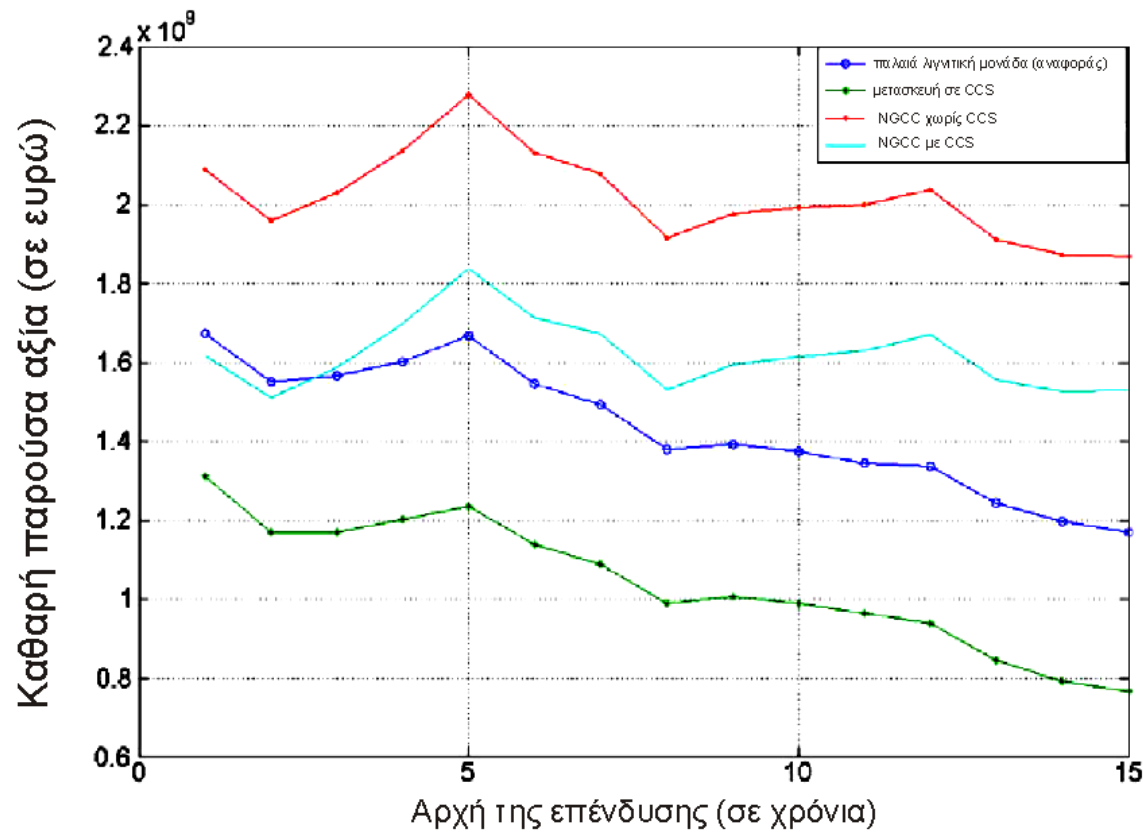


Η ΚΠΑ υποθέτοντας συνεχές επιτόκιο και πληθωρισμό και 0% επιτόκιο κινδύνου (σενάριο 0)

- Εισαγωγή
- Βιβλιογραφική Ανασκόπηση
- Μαθηματικό Μοντέλο
- Υπολογιστικό Μοντέλο
- Αποτελέσματα
- Συμπεράσματα
- Επίλογος



Εξέλιξη της ΚΠΑ με την υπόθεση συνεχούς επιτοκίου - 2

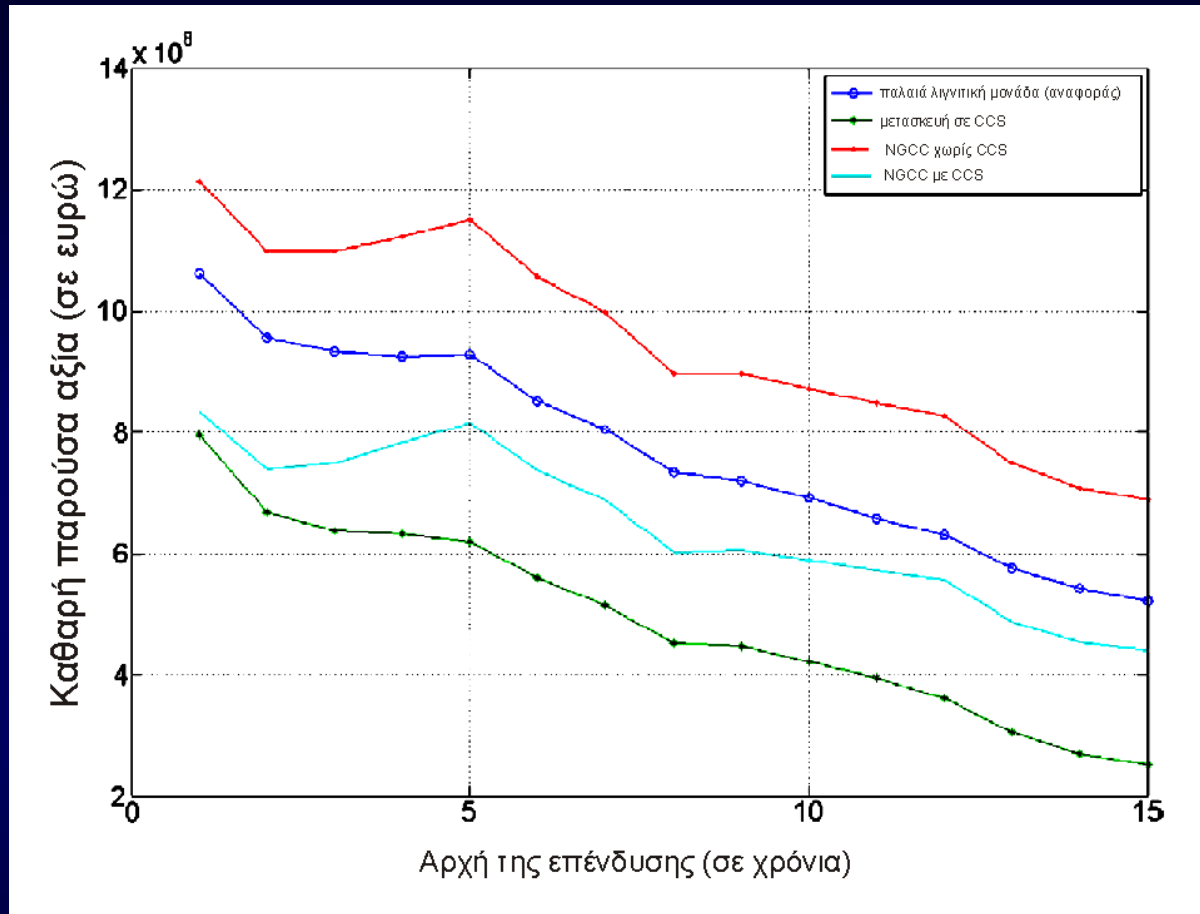


Η ΚΠΑ υποθέτοντας συνεχές επιτόκιο και πληθωρισμό και 3% επιτόκιο κινδύνου (σενάριο 3)

- Εισαγωγή
- Βιβλιογραφική Ανασκόπηση
- Μαθηματικό Μοντέλο
- Υπολογιστικό Μοντέλο
- Αποτελέσματα
- Συμπεράσματα
- Επίλογος



Εξέλιξη της ΚΠΑ με την υπόθεση συνεχούς επιτοκίου - 3

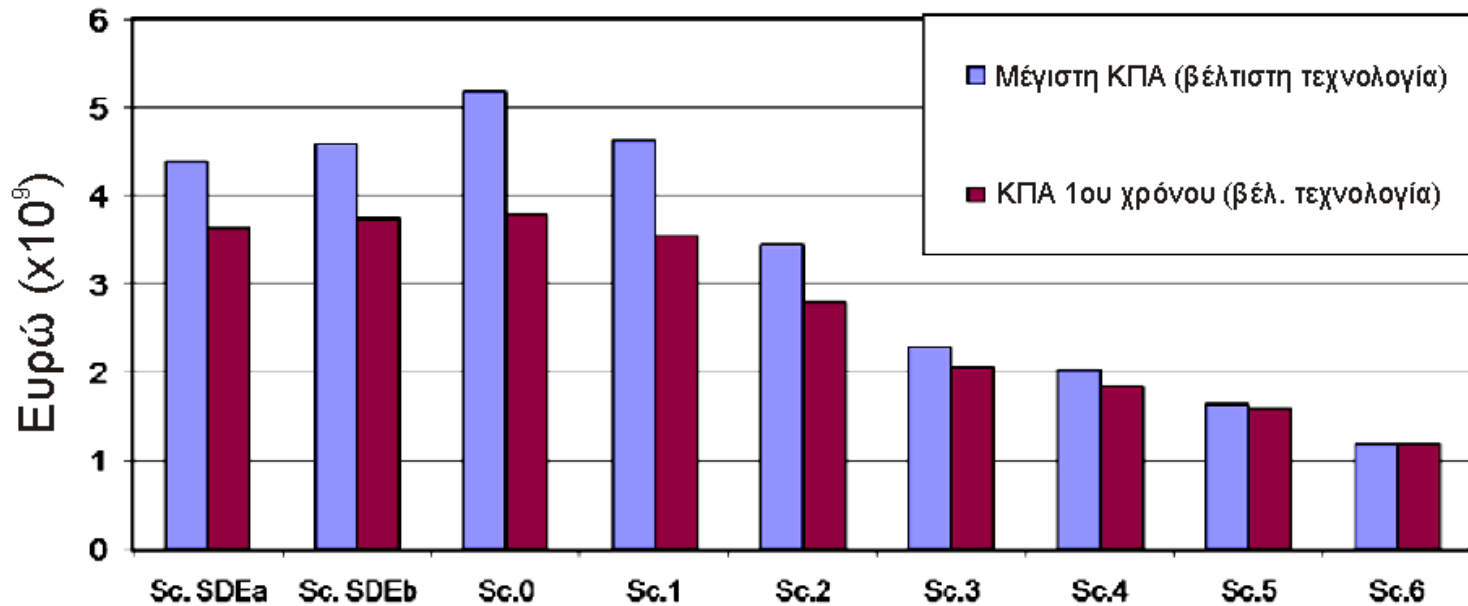


Η ΚΠΑ υποθέτοντας συνεχές επιτόκιο και πληθωρισμό και 6% επιτόκιο κινδύνου (σενάριο 6)

- Εισαγωγή
- Βιβλιογραφική Ανασκόπηση
- Μαθηματικό Μοντέλο
- Υπολογιστικό Μοντέλο
- **Αποτελέσματα**
- Συμπεράσματα
- Επίλογος



Βέλτιστη αναμενόμενη ΚΠΑ



Η βέλτιστη αναμενόμενη ΚΠΑ για τα διάφορα σενάρια για τη βέλτιστη τεχνολογία

•Εισαγωγή

•Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

•Μαθηματικό Μοντέλο

•Υπολογιστικό Μοντέλο

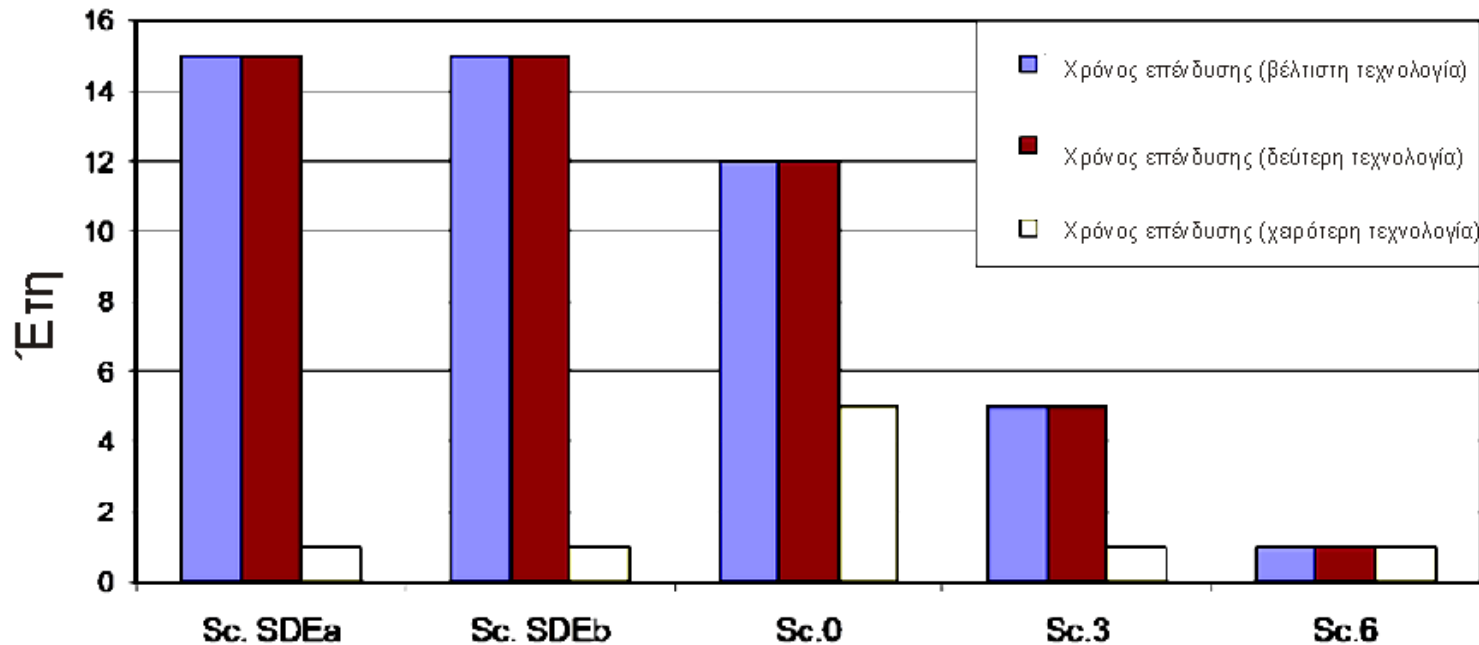
•Αποτελέσματα

•Συμπεράσματα

•Επίλογος



Βέλτιστη στιγμή επένδυσης



Η βέλτιστη στιγμή επένδυσης για τα διάφορα σενάρια και τεχνολογίες

•Εισαγωγή

•Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

•Μαθηματικό Μοντέλο

•Υπολογιστικό Μοντέλο

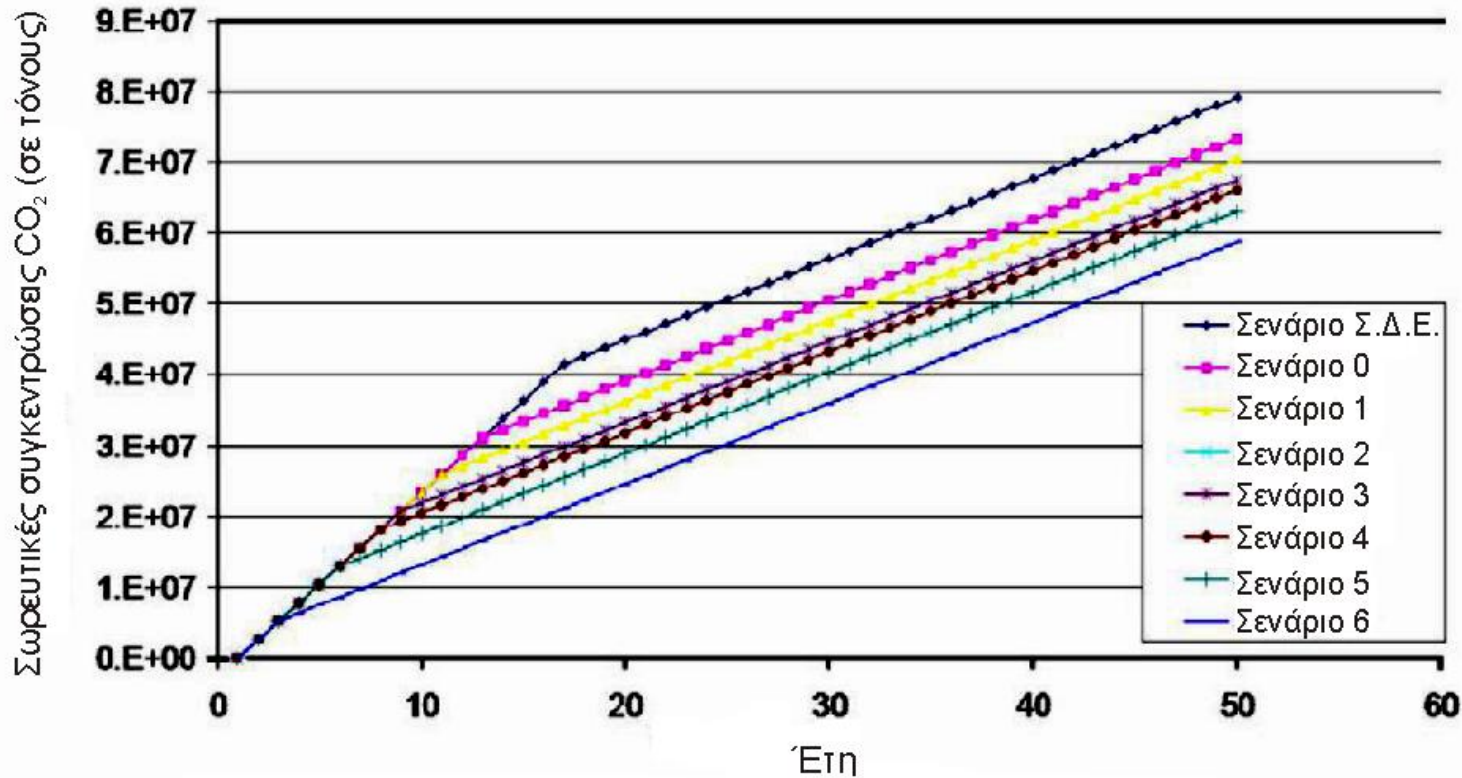
•Αποτελέσματα

•Συμπεράσματα

•Επίλογος



Συγκέντρωση CO₂ εξαιτίας της αναβολής της επένδυσης



Η συγκέντρωση CO₂ εξαιτίας της αναβολής της επένδυσης για τα διάφορα σενάρια

•Εισαγωγή

•Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

•Μαθηματικό Μοντέλο

•Υπολογιστικό Μοντέλο

•Αποτελέσματα

•Συμπεράσματα

•Επίλογος



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - 1

- Μπορούν να εντοπιστούν ελάχιστες διαφορές στους υπολογιζόμενους βέλτιστους χρόνους έναρξης των επενδύσεων μεταξύ υψηλά διακυμαινόμενης και ομαλής εξέλιξης των επιτοκίων, που παράγονται από διαφορετικούς αριθμούς δοκιμών Monte Carlo (μικρότερες των 400 δοκιμών και μεγαλύτερες των 5.000 δοκιμών αντίστοιχα)
- Στην υψηλά διακυμαινόμενη εξέλιξη, η βέλτιστη καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης υπολογίζεται περίπου κατά 8% μικρότερη από την περίπτωση της ομαλής εξέλιξης των επιτοκίων.

•Εισαγωγή

•Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

•Μαθηματικό Μοντέλο

•Υπολογιστικό Μοντέλο

•Αποτελέσματα

•**Συμπεράσματα**

•Επίλογος



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - 2

- Καθώς μειώνεται το επίπεδο των επιτοκίων, παρατηρούμε ότι αυξάνονται οι αναμενόμενες τιμές καθαρών παρουσών αξιών
- Οι παραδοχές για σταθερά επιτόκια (ακόμη και για επιτόκια υψηλού κινδύνου) μπορεί να σημάνουν τη σύγκλιση των καθαρών παρουσών αξιών μεταξύ του βέλτιστου και του άμεσου χρόνου έναρξης της επένδυσης.
- Αντίθετα, τα στοχαστικά ή μηδενικά επιτόκια μπορεί να οδηγήσουν σε σημαντικά αποκλίνουσες καθαρές παρούσες αξίες.

•Εισαγωγή

•Βιβλιογραφική
Ανασκόπηση

•Μαθηματικό
Μοντέλο

•Υπολογιστικό
Μοντέλο

•Αποτελέσματα

•**Συμπεράσματα**

•Επίλογος



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - 3

- Ενδέχεται να υπάρξουν κάποιες επιδράσεις στη βιωσιμότητα, ανάλογα με τη χρονική στιγμή αντικατάστασης ή μετασκευής του παλαιού εργοστασίου.
- Ταχύτερα χρονικά σημεία έναρξης της επένδυσης ενδέχεται να οδηγήσουν σε ταχύτερη μείωση του ποσοστού συσσώρευσης του CO₂ (όπως στην περίπτωση των σταθερών επιτοκίων).

• Εισαγωγή

• Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

• Μαθηματικό Μοντέλο

• Υπολογιστικό Μοντέλο

• Αποτελέσματα

• **Συμπεράσματα**

• Επίλογος



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - 4

- Όταν λαμβάνονται υπόψη τα επιτόκια που εξελίσσονται βάσει στοχαστικών προβλέψεων, η λειτουργία του παλαιού εργοστασίου θα πρέπει να επεκταθεί προς το όφελος των μελλοντικών και πιο αποδοτικών μετασκευών (ή αντικαταστάσεων)

•Εισαγωγή

•Βιβλιογραφική
Ανασκόπηση

•Μαθηματικό
Μοντέλο

•Υπολογιστικό
Μοντέλο

•Αποτελέσματα

•**Συμπεράσματα**

•Επίλογος



ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Χρειάζεται επιπλέον έρευνα για την αξιολόγηση των επιπτώσεων των αλμάτων στις τιμές των καυσίμων και της ηλεκτρικής ενέργειας, τα οποία άλματα των τιμών μπορούν να τροποποιήσουν τα μελλοντικά σχέδια για τα έργα που αφορούν την ενέργεια.

•Εισαγωγή

•Βιβλιογραφική
Ανασκόπηση

•Μαθηματικό
Μοντέλο

•Υπολογιστικό
Μοντέλο

•Αποτελέσματα

•**Συμπεράσματα**

•Επίλογος



ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Ευχαριστώ
για την προσοχή σας!!

- Εισαγωγή
- Βιβλιογραφική Ανασκόπηση
- Μαθηματικό Μοντέλο
- Υπολογιστικό Μοντέλο
- Αποτελέσματα
- Συμπεράσματα
- Επίλογος**

