



Centre for Research & Technology Hellas/ Chemical Process & Energy Resources Institute (CERTH/CPERI)



Καινοτόμα ερευνητική δραστηριότητα σε θέματα αποθήκευσης CO₂

**Δρ. Ν. Κούκουζας
Δ/ντής Ερευνών**

**Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης/
Ινστιτούτο Χημικών Διεργασιών και Ενεργειακών Πόρων (ΕΚΕΤΑ/ΙΔΕΠ)**

**1st Energy Tech Forum
Αθήνα, 1 Απριλίου 2016**



Καινοτόμα ερευνητική δραστηριότητα σε θέματα αποθήκευσης CO₂



Περιοχόμενο

1. Δκπεηξα ηηπ ΔΚΔΤΑ/ΙΓΔΠ ζε έξγα CCS
2. Δθπνκ πέο CO₂ θαηρώξ νηαπνζήθεπζεο ζ ηελ Δπρώπηα
3. Γεσι νγηθή κνληεινπνίεζε (Μεζ νειε ληθήΑύι αθα)
4. Γεσρεκηθή κνληεινπνίεζε ηηπ CO₂ (Μεζ νειε ληθήΑύι αθα)
5. Αζθαίεηα ζ ηελ απνζήθεπζε ηηπ CO₂ (Λεθάιε ηεο Φι ώξ ηιαφ)
6. Γεσι νγηθή κνληεινπνίεζε (Λεθάιε ηεο Φι ώξ ηιαο)
7. ECCSEL H2020 Infradev-3
Γε κηηπξγία παλεπξσπαηθύ δηθάηηπ ππνδνκώλ γηαCCS



Καινοτόμα ερευνητική δραστηριότητα σε θέματα αποθήκευσης CO₂



1. Εμπειρία του ΕΚΕΤΑ/ΙΔΕΠ σε έργα CCS - Ολοκληρωμένα

Δέσμευση

- ✚ Modelling and experimental validation of Calcium Looping CO₂-capture process for near-zero CO₂ emission power plants (CAL-MOD) – RFCS
- ✚ CO₂ mineralisation – ΓΓΕΤ Διακρατική Συνεργασία (Ελλάδα – Η.Π.Α.)

Μεταφορά και Αποθήκευση

- ✚ Research into Impacts and Safety in CO₂ Storage (RISCS) – FP7
- ✚ Panarea Natural CO₂ seeps: fate and impact of the leaking gas (PaCO₂) – FP7 (EUROFLEET)
- ✚ Study of Deep Underground Coal Gasification and the Permanent Storage of CO₂ in the Affected Areas (UCG-CO₂) - RFCS
- ✚ European Carbon Dioxide Capture and Storage Laboratory Infrastructure (ECCSEL I & II) – FP7
- ✚ Geomechanics and environment of CO₂ geological storage - ΘΑΛΗΣ
- ✚ NOVEL Technologies on the Implementation of CCS – ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ 2011



Τεχνικο-οικονομικά

- ✚ Research and Civil Society Dialogue towards a low-carbon society (R&Dialogue) – FP7





Καινοτόμα ερευνητική δραστηριότητα σε θέματα αποθήκευσης CO₂



1. Εμπειρία του ΕΚΕΤΑ/ΙΔΕΠ σε έργα CCS - Τρέχοντα

- ✚ Accelerating CCS Technologies – Horizon2020
- ✚ European Carbon Dioxide Capture and Storage Laboratory Infrastructure (ECCSEL) – INFRADEV 3 – Horizon2020
- ✚ Enhanced Coal Exploitation through Underground Gasification in European Lignite Mines (COAL2GAS) - RFCS





Καινοτόμα ερευνητική δραστηριότητα σε θέματα αποθήκευσης CO₂



2. Εκπομπές CO₂ και χώροι αποθήκευσης στην Ελλάδα

Φάξηο ηρ λ εθπνκπώλ CO₂ θα η ηρ λ
ρώξσ λ απνζήθεπζο CO₂ ζηελ Διιάδα,
ζε :

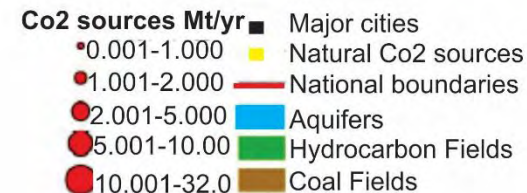
(i) Μεζνει ι εληθ Αύι αθα,

(ii) Γπηηθ Θεζζαι νλίθε (Αι εμάλδεξηα),

(iii) Λεθάλε Πξίλνπ



Sources and sinks

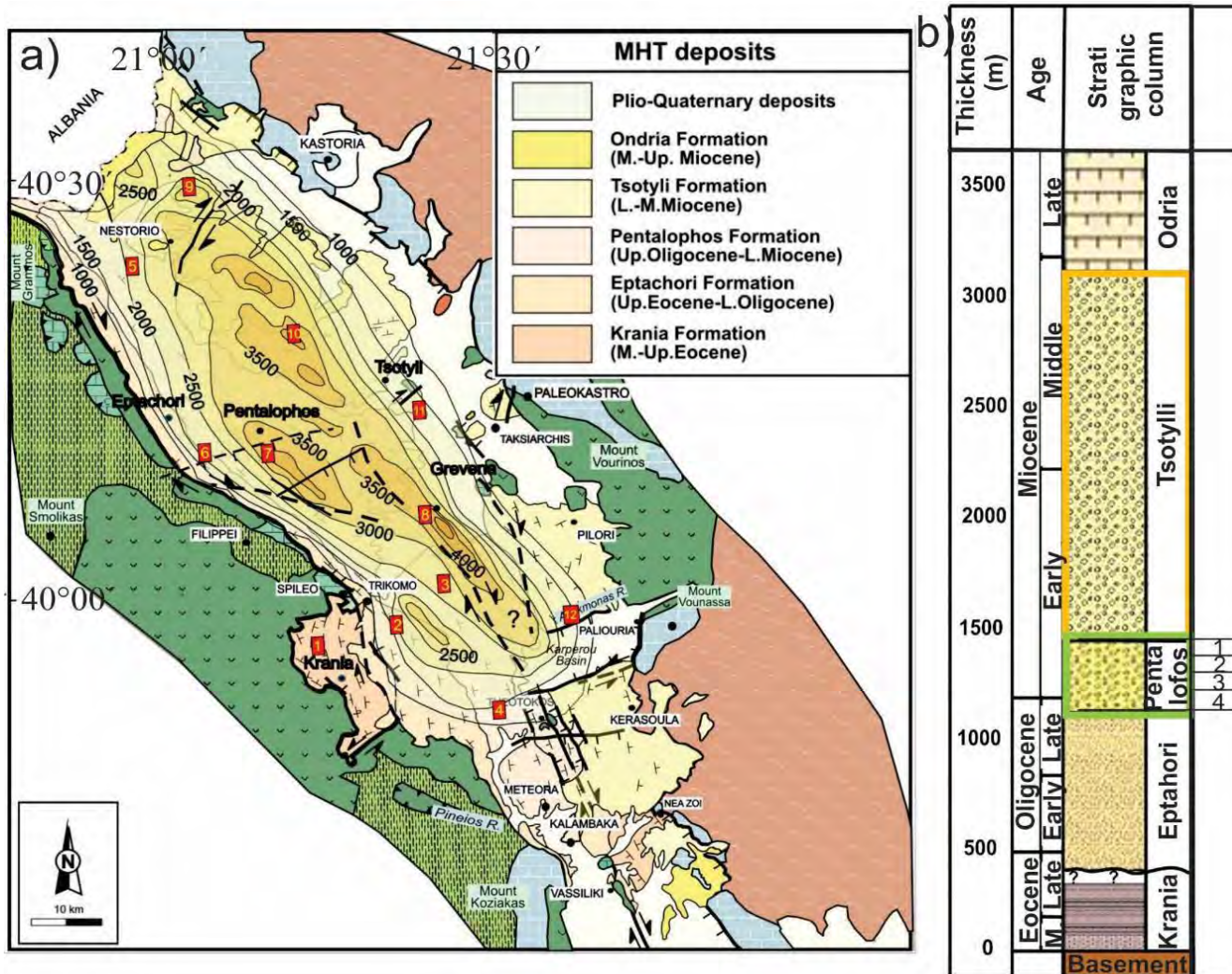




Καινοτόμα ερευνητική δραστηριότητα σε θέματα CO₂



3. Γεωλογική μοντελοποίηση (Μεσοελληνική Αύλακα)(1)



(α) Γεσι νγηθόο ράξεο ηο Μεζνιεε ληθήο Αύι αθαο κε ηζνβαζείο,

(β) Σηξ σκαηγγαθηθήξ ηή ε ηο ηηζν νγίαο ηο πεξηηρήο κείέηο

- 1: Σρεκα ηηζόο Αλζξ αθηά
- 2: Σρεκα ηηζόο Καη ακπάθα
- 3: Σρεκα ηηζόο Καη νλή
- 4: Σρεκα ηηζόο Τζ αξ λνο

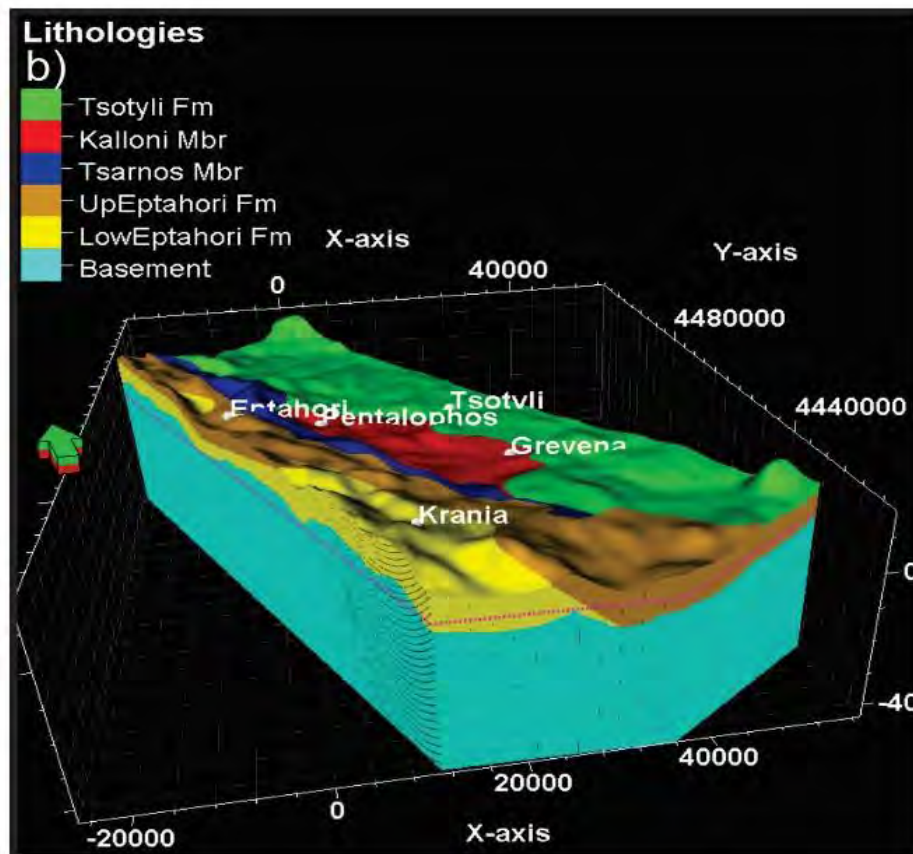
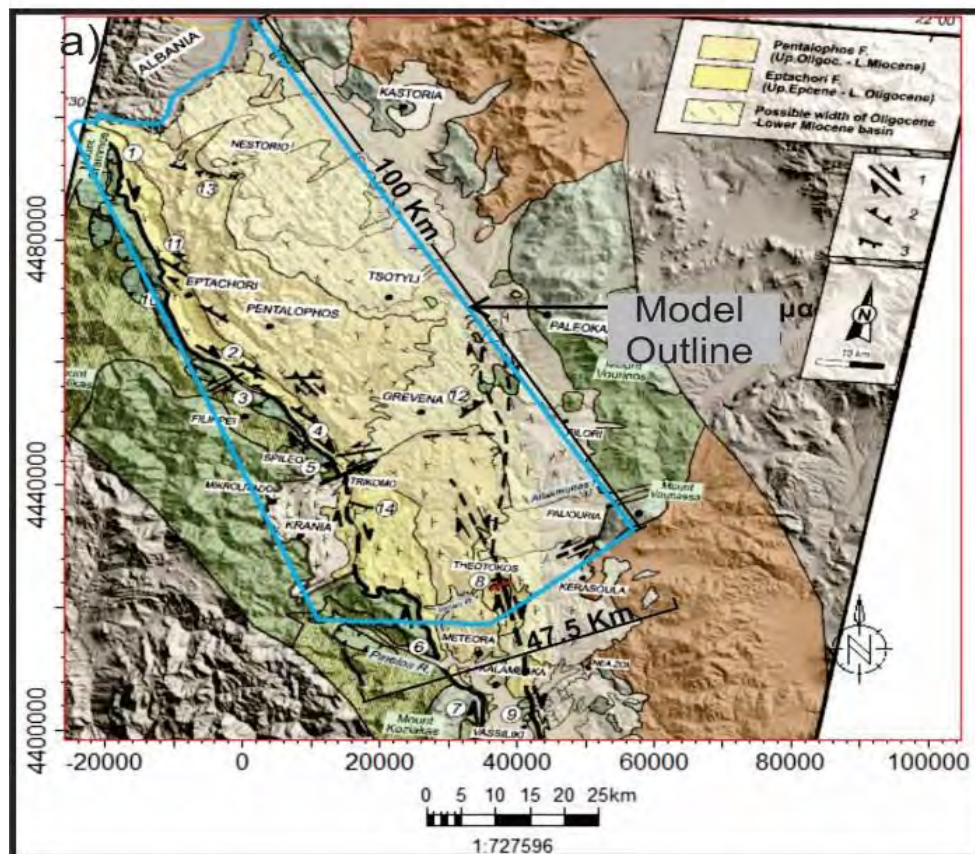
Χακκίεα ππνζήθηνη ρώξ νη γηαγεσ νγηθή απνζήθεπζε



Καινοτόμα ερευνητική δραστηριότητα σε θέματα CO₂



3. Γεωλογική μοντελοποίηση (Μεσοελληνική Αύλακα)(2)



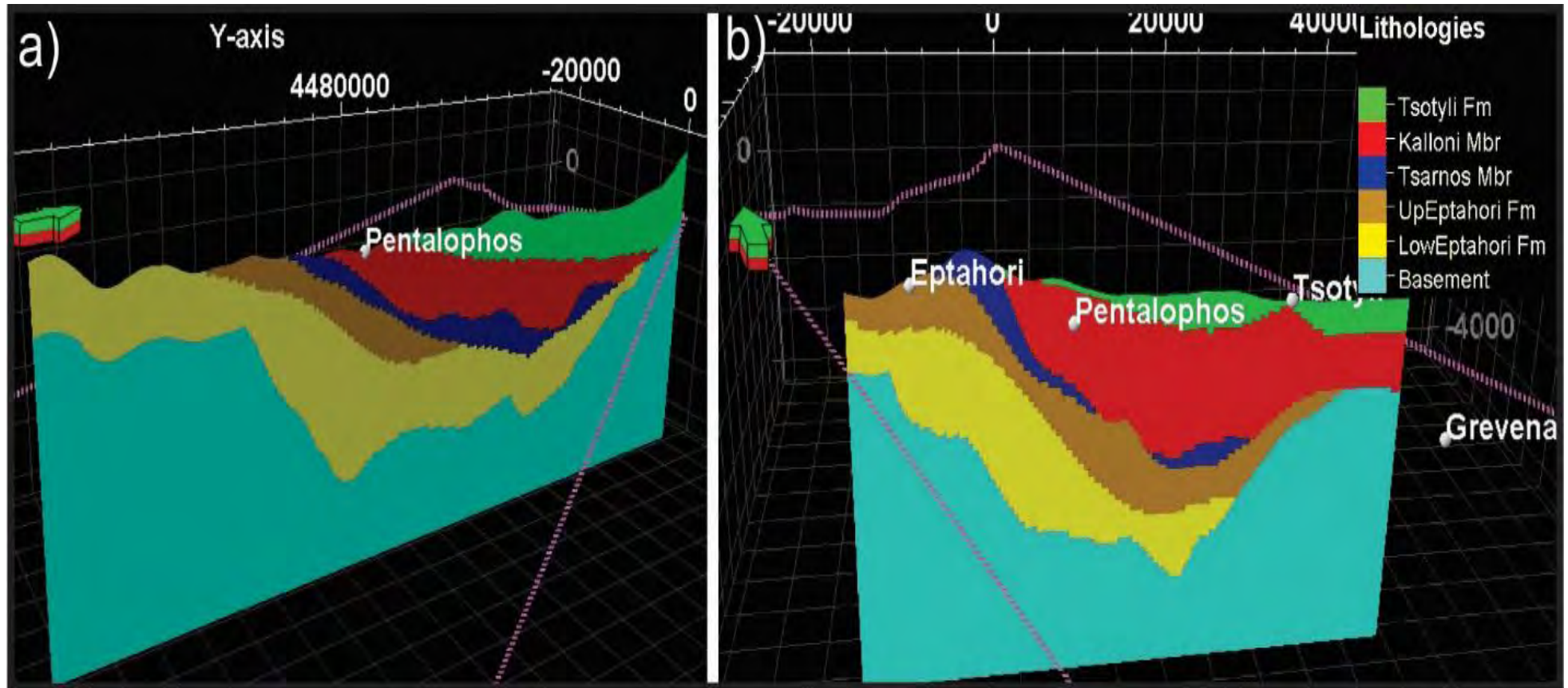
Γεσι νγηθ κνλ ηί ν ηρο Μεζννειελ ηθθ Αύι αθαο α) δηα γράζη ακνλ ηεί νπ θαηβ) ιηζνι νγηθο ραζ αηηξ ηζκό ππεδάθηπο



Καινοτόμα ερευνητική δραστηριότητα σε θέματα CO_2



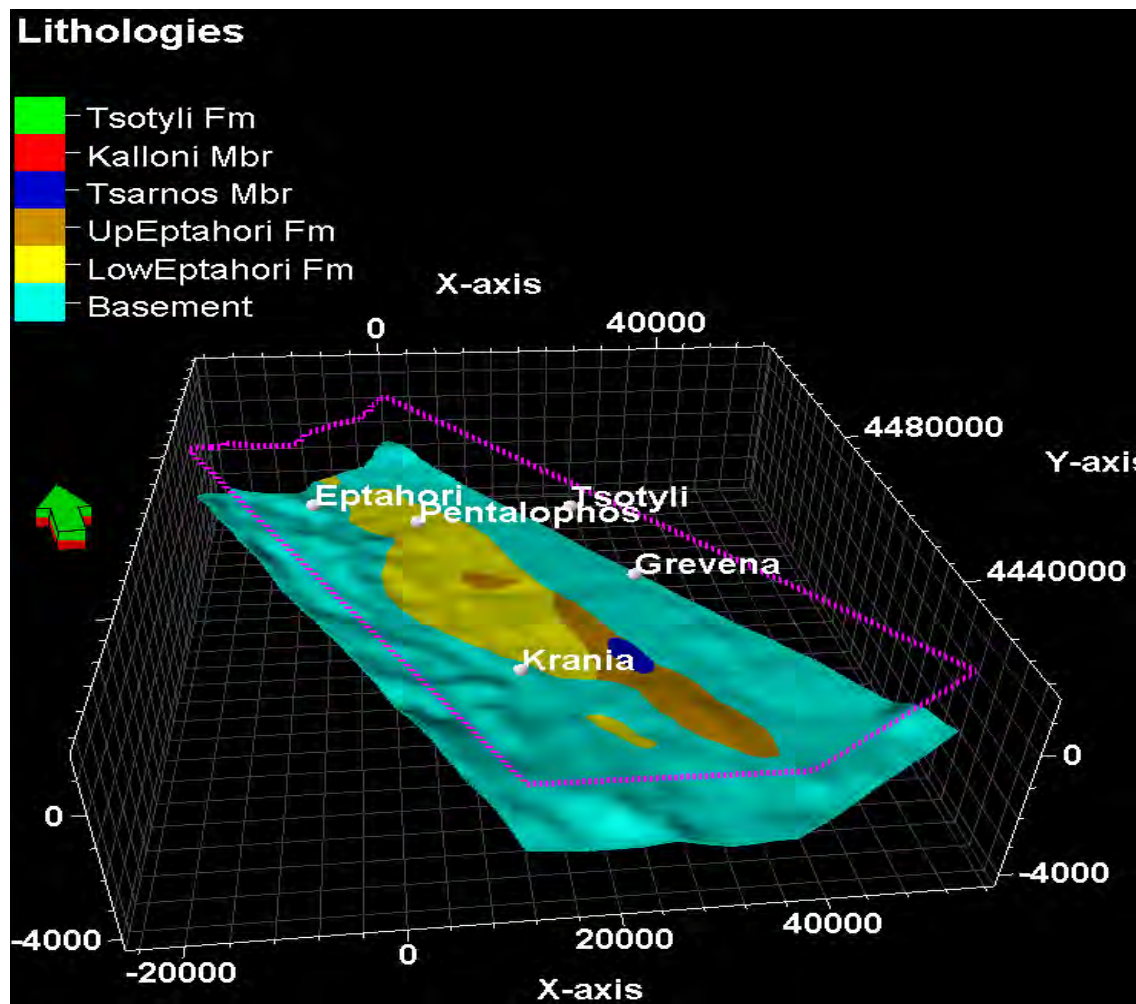
3. Γεωλογική μοντελοποίηση (Μεσοελληνική Αύλακα)(3)



Γεσι νγηθ κνλρεί ν ηρο Μεζ νειιε ληθιο Αύι αθαο κε ραξαθρεξ ηζηηθιο ηγκέο δηεξώ κελεο από ηηλ νηηηζκό Πεληρί νθοο, όπην ηη παξ νηηηζάδεηρε η ηζ νγία ηη ηη πεδάθηηπο



3. Γεωλογική μοντελοποίηση (Μεσοελληνική Αύλακα)(4)



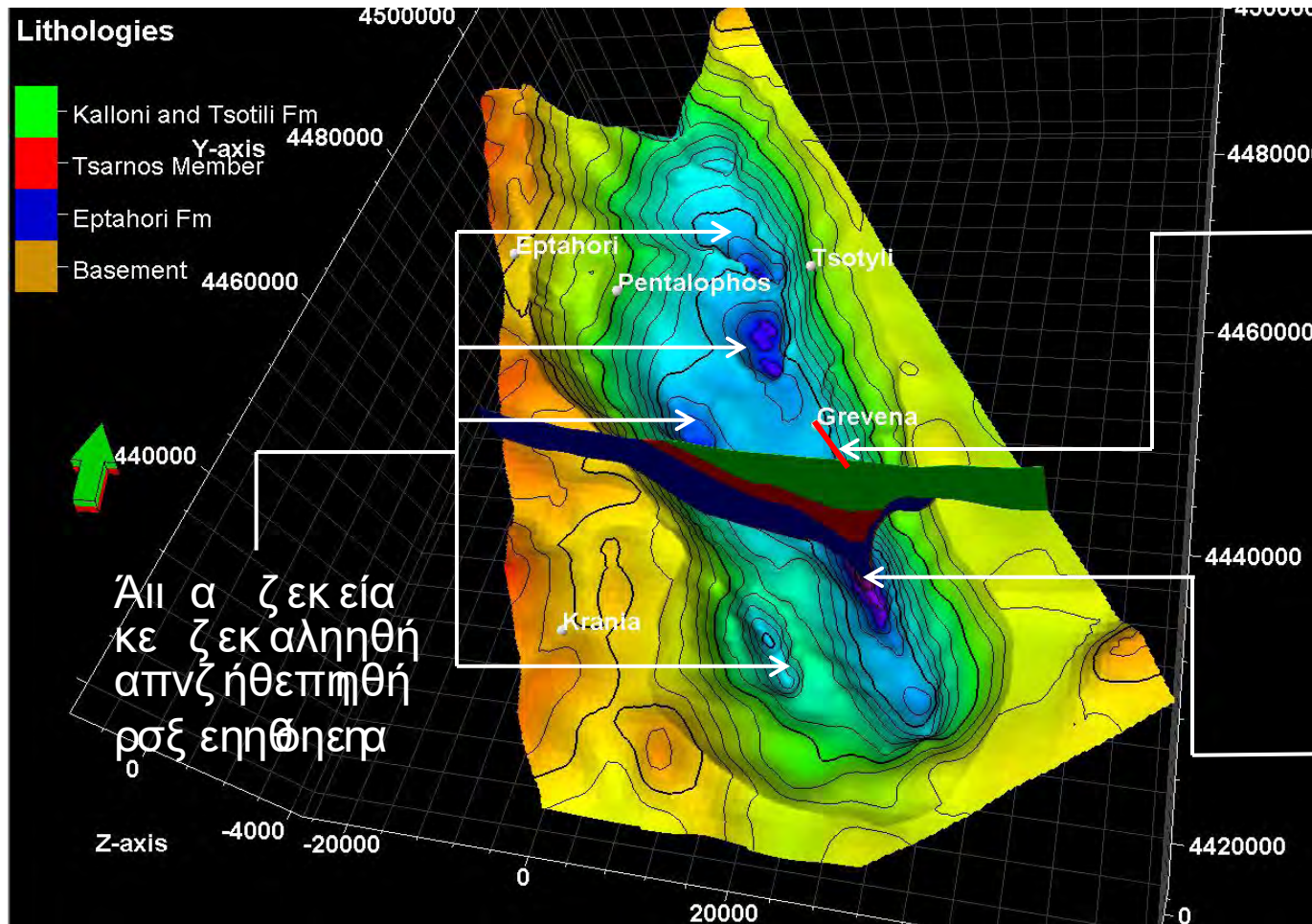
3D απεικόνιση της γεωλογικής μοντελοποίησης της Μεσοελληνικής Αύλακας. Το μοντέλο απεικονίζει την κατασκευή της Αύλακας με τις διάφορες γεωλογικές μονάδες. Οι άξονες είναι X-axis (0, 40000), Y-axis (4480000, 4440000, 0, -4000) και Z-axis (0, -4000). Οι μονάδες που απεικονίζονται είναι: Tsotyli Fm (κόκκινο), Kalloni Mbr (μπλε), Tsarnos Mbr (πράσινο), UpEptahori Fm (κίτρινο), LowEptahori Fm (πορτοκαλί) και Basement (γκρι). Οι τοποθεσίες που σημειώνονται είναι: Eptahori, Pentalophos, Tsotyli, Grevena και Krania.



Καινοτόμα ερευνητική δραστηριότητα σε θέματα CO₂



3. Γεωλογική μοντελοποίηση (Μεσοελληνική Αύλακα)(5)



Σε απόζηαζε
5 Φκ ΝΑ ηρο
πόιο ηρλ
Γξεβελώλ

Βαζύηεξ ν
ζε κείν
απνζήθεπζεο
CO₂: ζηνλ
ζε κείν
Δπηρεξ ζην
ζε κείν (-4221 κ)

3D απεικόνιση ηης γεωλογικής δομής της Μεσοελληνικής Αύλακας, η οποία απεικονίζει την κατανομή των γεωλογικών μονάδων και την παρουσία του CO₂ στην περιοχή.



Καινοτόμα ερευνητική δραστηριότητα σε θέματα CO_2



4. Γεωχημική μοντελοποίηση του CO_2 (Μεσοελληνική Αύλακα)(1)

Πξαγκαηνηπνηζεθε δεηγκαηιεσί α ρακκ ίφε από ηε Μεζνειιε ληθή Αύι αθα θαη
εηζήρζεθε ζε απηόθιεΐην κε ηηοπαξαθάηρ ζπλζήθεο, γηα λα πξνζνκνηεί ζε
πξαγκ αηηηθέ ζπλζήθεο απνξρόθεζε ηνπ CO_2 από ηελ ρακκ ίφε.

T: 70 °C

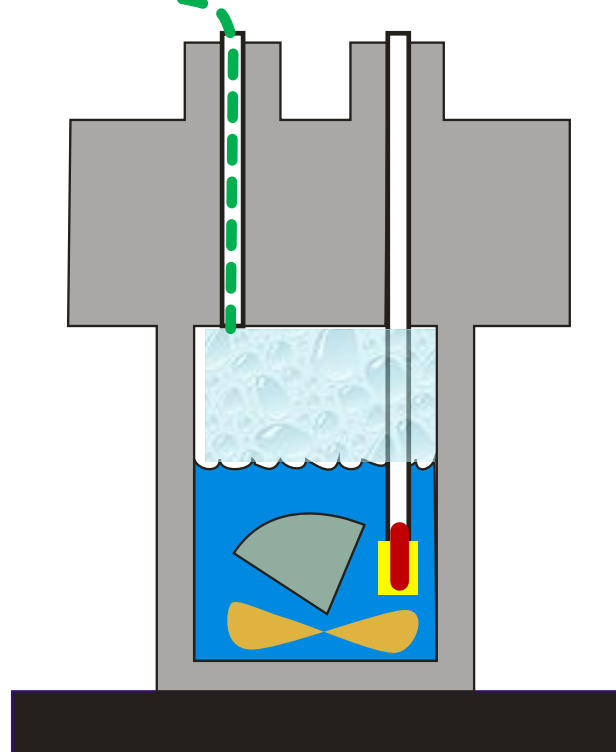
P: 15 bar

Εισπνεζόμενο αέριο:

N_2

Μερική ισορροπία

Αριθμός δειγμάτων: 2



T: 70 °C

P: 150 bar

Εισπνεζόμενο

αέριο: CO_2

Αριθμός

δειγμάτων: 8



Καινοτόμα ερευνητική δραστηριότητα σε θέματα CO_2



4. Γεωχημική μοντελοποίηση του CO_2 (Μεσοελληνική Αύλακα)(2)

Αληθές ηήξεο απηγθειίζη νπ κέζ α ζε θνύξλν

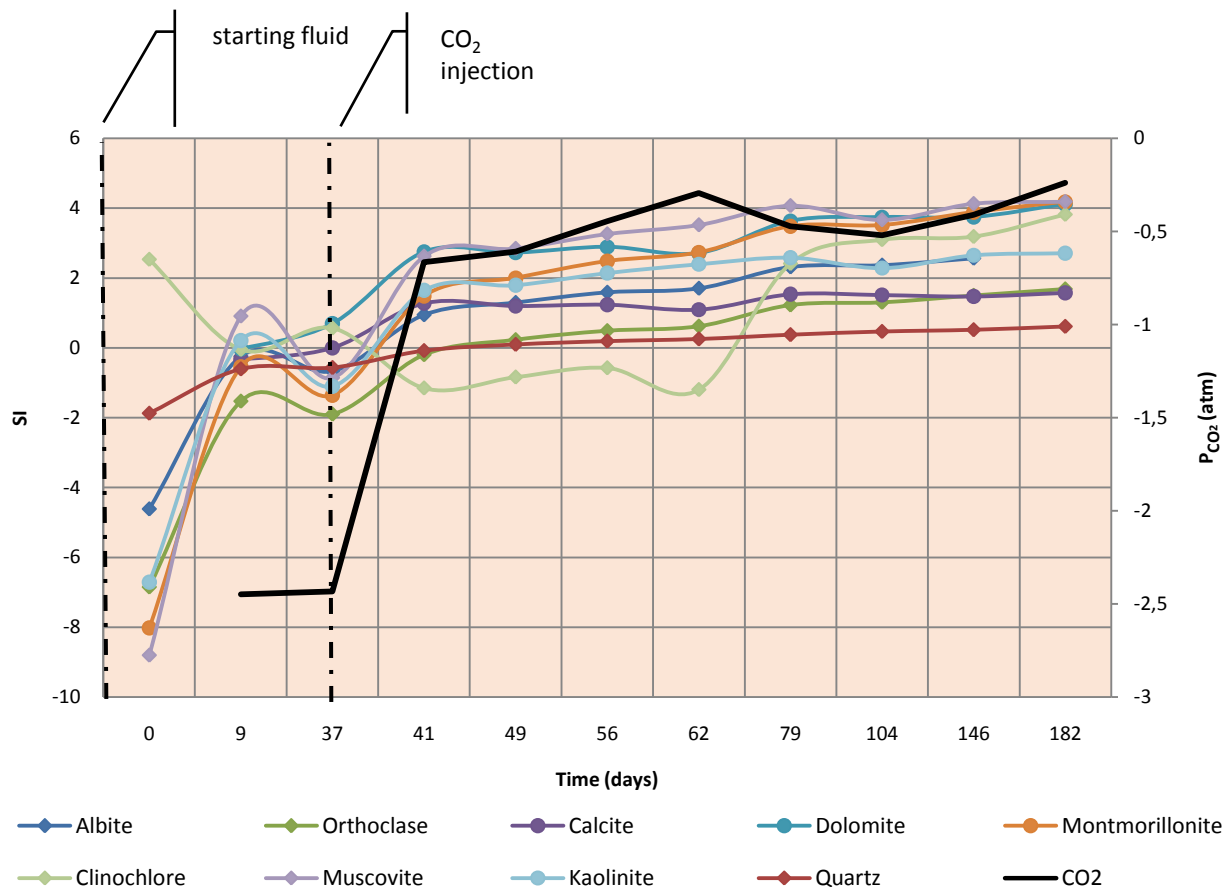




Καινοτόμα ερευνητική δραστηριότητα σε θέματα CO_2



4. Γεωχημική μοντελοποίηση του CO_2 (Μεσοελληνική Αύλακα)(3)



Για ηε γεσρεκηθή
κνληεινπνίεζε
ρξεζηκνπνηήξεθε
ζύλζεζε ηηπ κεηξεκέλνπ
ξεπζηηνύ κε ζηνπό ηε
δηεξύλεζε ηηλ νξνθώλ
θάδεολ πνπ ζπκβάλλνπλ
ζε ζύλζεζε ηηπ ξεπζηηνύ.

Υπνι νγίζεθαλ νη δείηεο
θηεζκνύ (SI) γηα ηην
νξνθώο θάδεο ηηπ
δηαύκαηο NaCl.

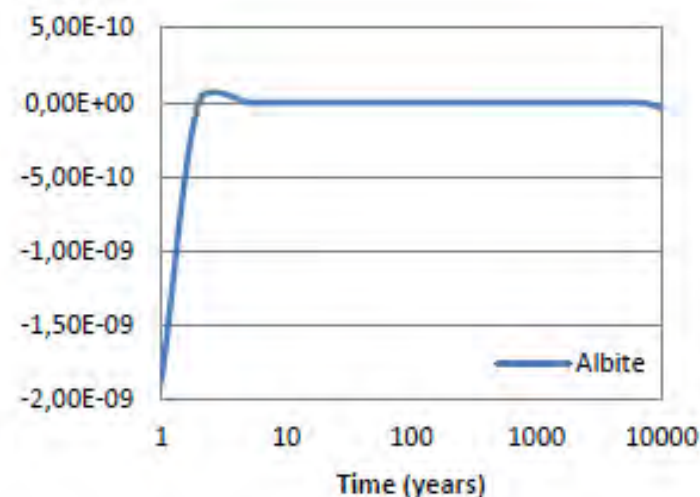
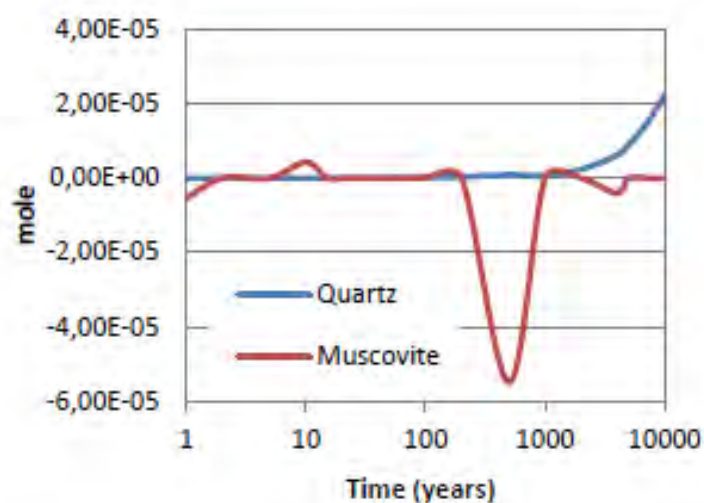
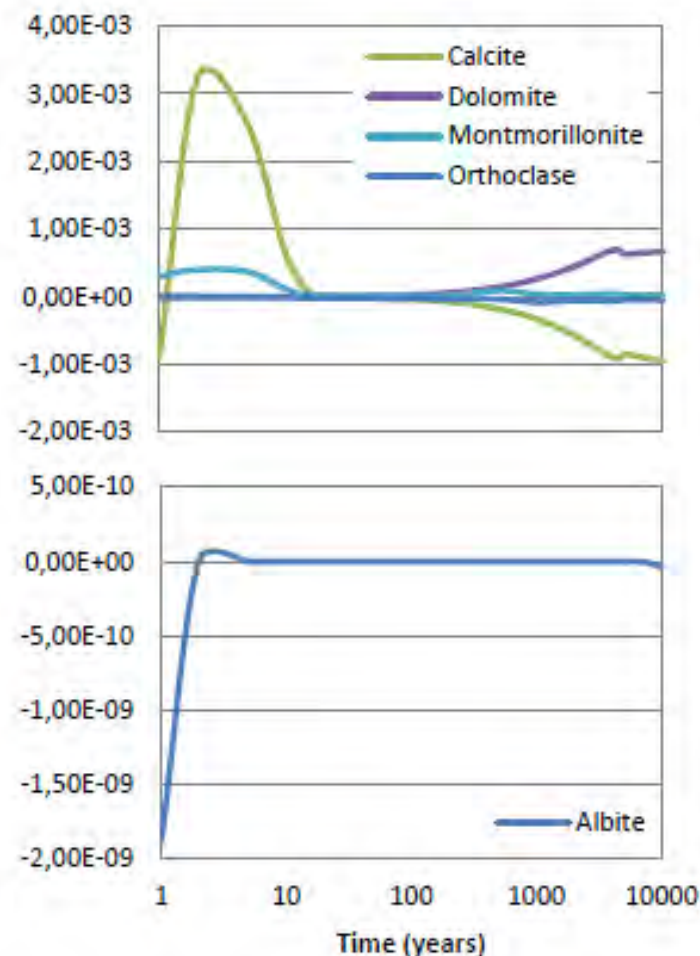
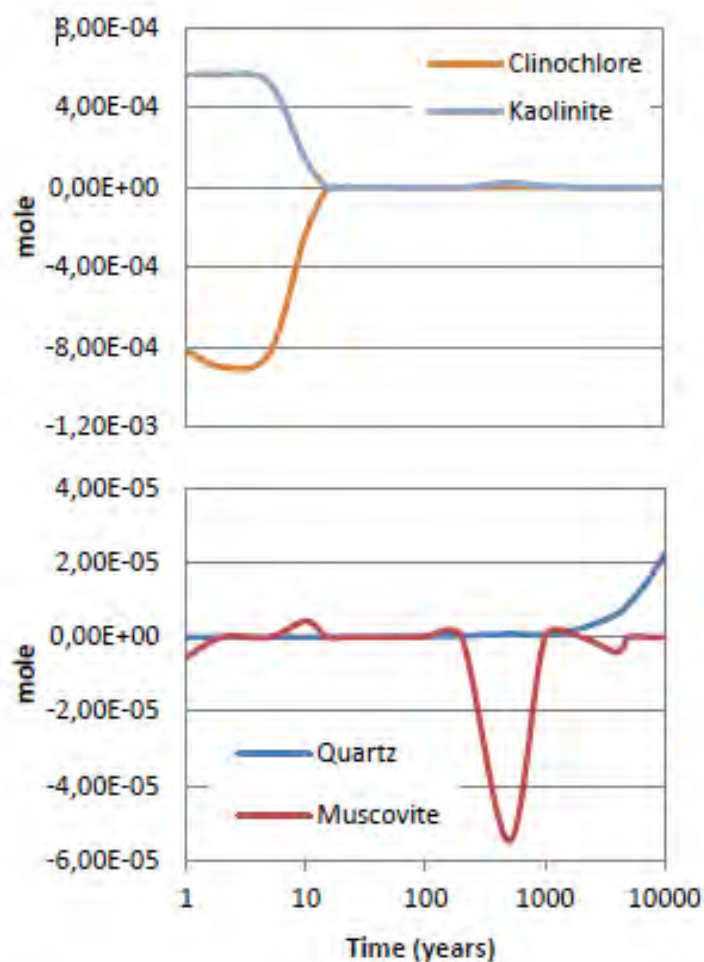


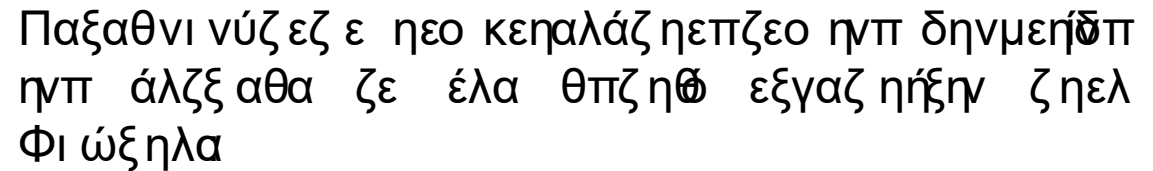
Καινοτόμα ερευνητική δραστηριότητα σε θέματα CO_2



4. Γεωχημική μοντελοποίηση του CO_2 (Μεσοελληνική Αύλακα)(4)

Πξόβιεζε ηεο
εμέηημνο ηεο
νξ πθηώλ ηεο
δείγκαηνο
ζακκ ίηε σο
ζ πλάξεζε ηεο
ρξόλνπ (έσο
10,000 έηε).





- Γεηγκαηηεσί α λεςν ύ θαηρεκ ηθέαλαι ύζε ηο
- Αλαι ύζεηο αεξίνηπ ηηπ εδάθνπ θαη ηεο ξνής ηηπ CO_2
- Γεηγκαηηεσί α θαηαλαι ύζε ηεο εδάθνπ
- Βηηαιην γηγθή έμεπια
- Έμεπια γηα ηελ αμηνλόγεζε ησλ γεσ-εηεθηηθώλ δεδνκέλσλ

Γύν πξν γζάκ καηα παξαθνι νύζεζεο κέρζηζήκεξα
έρνπλ νι νθιεζζ εί έηζη ώζηε λα εμεπαζηήνύλ νη
επνρηθέο θαξοζη ήθεοδθαθπάλζεο ηεο ξλώ CO₂
θαηηεο ζπγθεληρώζεο ηηπνζη έδαθνο.



Καινοτόμα ερευνητική δραστηριότητα σε θέματα CO_2



5. Ασφάλεια στην αποθήκευση του CO_2 (2)



Η ηεθγλρθή ηεο ιεθάλεο ηεο Φιώςηλαο δηαξακηίδεη ζεκαληηθό ρόλο ζε ρεκηθό ζύζηαζε ηηπ λεξνύ θαζώο ηα ξήγκαηα απηεηννύλ δησλπο θίλεζεο ηηπ CO_2 . Φακείο ηηέο pH παξαηεξνύληαη θήηνο ξεκελώλ επηθαλεώλ, θηίξο ΒΑ-ΝΓ δηεξύλζεο.

Διηπίζεθαλ επηθαλεαίεο εθδειώζεο αξίηηπ ηηπ επηβεβαίωηη ηελ θίλεζε ηηπ αξίηηπ κέζο ξεκελώλ επηθαλεώλ. Η δηεύηηζε ηηπ επηθαλεαίεο εθδειώζεο είλαη επίζεο ΒΑ-ΝΓ.

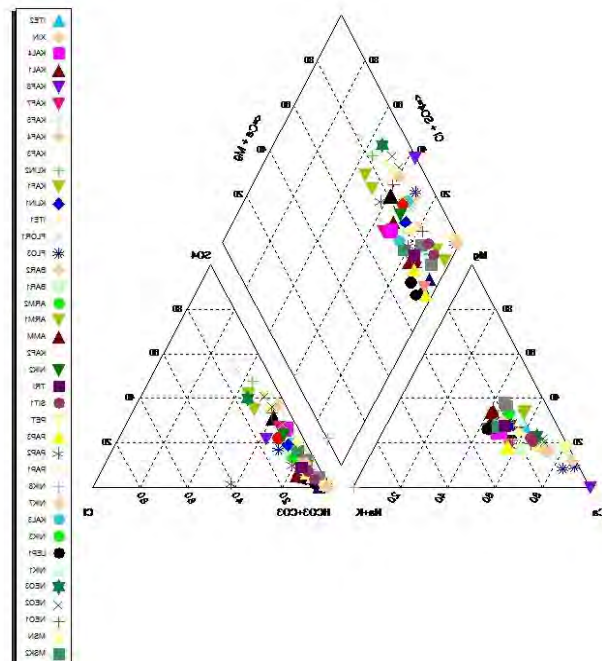
Μεξηθά είδε θηηώλ κηηνχλ λα πξνζαξκνζνύλ ζε ηηπθά θαη αλκηθά πεξηβάηη νηηο πεξηέξν CO_2 .



Καινοτόμα ερευνητική δραστηριότητα σε θέματα CO_2



5. Ασφάλεια στην αποθήκευση του CO_2 (3)



Η παξαθινύζεζε ηηπ CO_2 ζε έλα θηζηεξν πεδίν ζπκβάλλεη ζε κείωζε απνζήθεπζεο δηγμεθννπ ζην ππέδαθνο θαη ζε ηεηαλό επηηηώζεζεο:

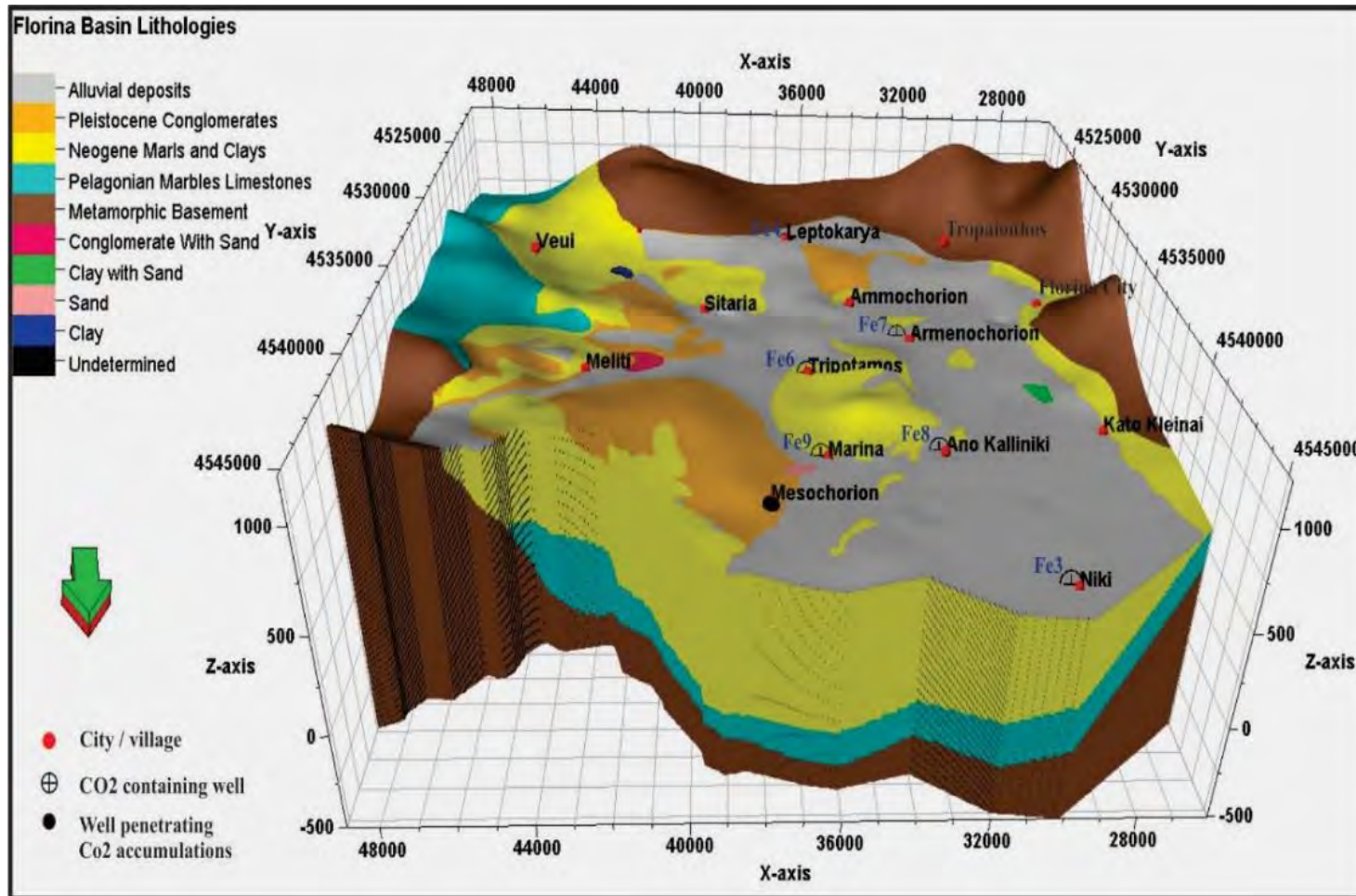
- Τα γεσρεκθά εξγαεία ζπκβάλλνπλ ζηνλ πξνβλεπνκέλν ηεηαλό δηαξξήο ηηπ CO_2 από έλα ηαθηεπήζα ζε έλαλ ππεξθείκελν πδρννξέα
- Βεηδείο κπνύλ λα παέξνπλ πλεξννξέα ζε πεηξεό πνπ εκθαλίδνπλ θάπνηα δηαξξή
- Τεηαλό επηηηώζεο ζην πεηξάηη νλ εμαηώιεηαπό ηε γεσγνμία θαηελεθνγνγή ηεο ιεοάλεο



Καινοτόμα ερευνητική δραστηριότητα σε θέματα αποθήκευσης CO₂



6. Γεωλογική μοντελοποίηση (Λεκάνη της Φλώρινας)(1)



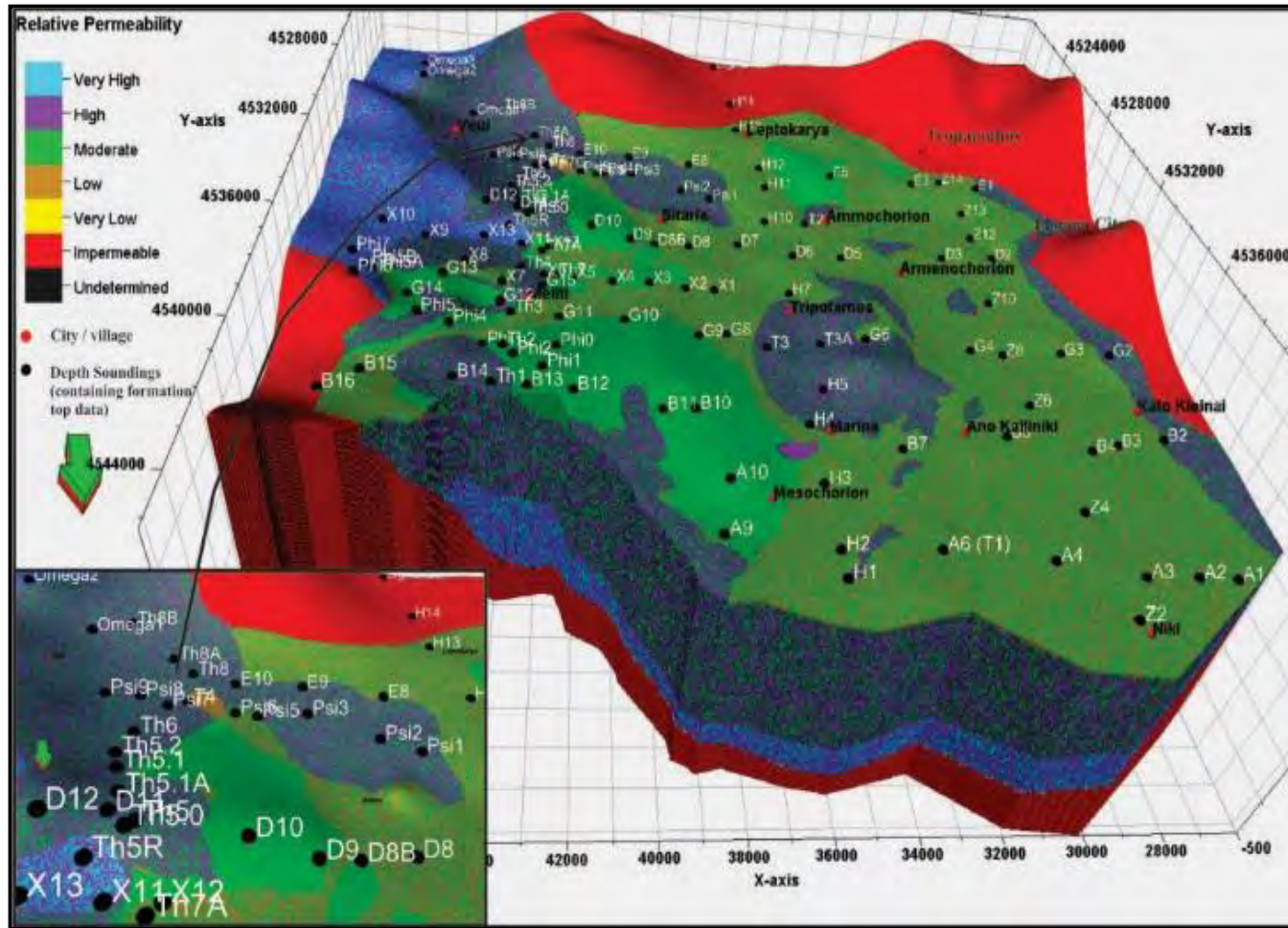
Γεσι νγηθ κνληά ν ηεοι εθάλεο Φι ώξηλιο



Καινοτόμα ερευνητική δραστηριότητα σε θέματα αποθήκευσης CO₂



6. Γεωλογική μοντελοποίηση (Λεκάνη της Φλώρινας)(2)



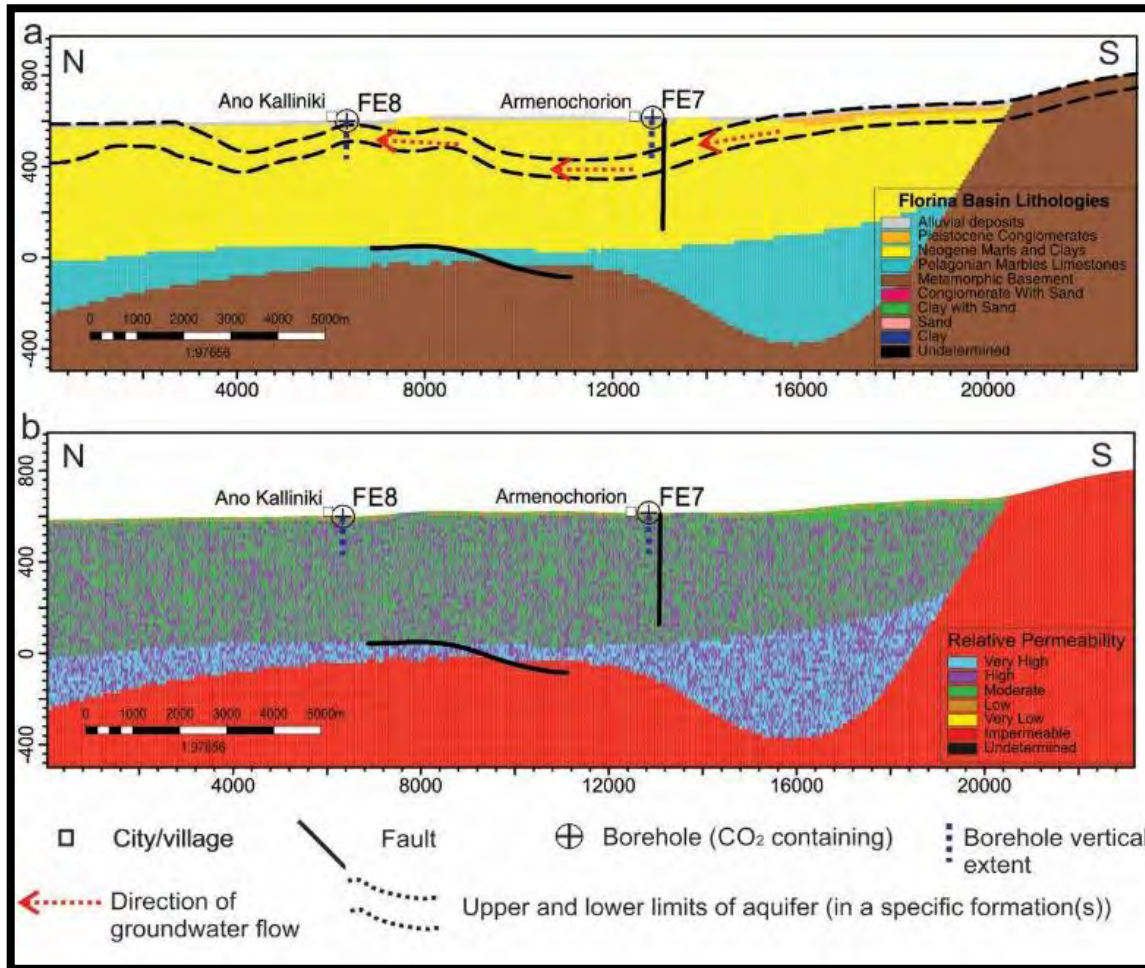
3D άπνς ε ηεο ζρεηθηό δηατεξαήήεηρο ηηπ γεοι γνηθού κηλήά νη ηεοι εθάλεο ηεο Φι ώς ηαιο (ζέα από ην Βνξξ ά)



Καινοτόμα ερευνητική δραστηριότητα σε θέματα αποθήκευσης CO₂



6. Γεωλογική μοντελοποίηση (Λεκάνη της Φλώρινας)(3)



Παξαγεξνύκε όηη

Η κνξ θνι νγία ηηπ ππνβάζεηπ
ξαααηεξίδεπ ηε «θέξαο" θαη
«ύβσκα"

Τα πρε ι όηεξα επίπεδα CO₂
βξίζθνληαη ηελ FE7: ην ξήγκα
δεπθί ύιεη ηελ θάζεη
κεηαλάηεπζε ηηπ CO₂ κε
απνηείεζκα λα ελνπίδνληαη
πρε ι ά πνζνξ ή α ζε CO₂ ζηα
ππόγεια ύδαηα.

Η γεληθήξάζε γηα ηελ θίιεζε ηηπ
ππνγείσλ πδάηηλ ζηα Νενγελή
ήδθαηα είλαη από ηηλ λόην πξνο
ηηλ βνξξά θαη από ηα άξηα ηεο
ιεθάλεο πξνο ηελ θέληξ.

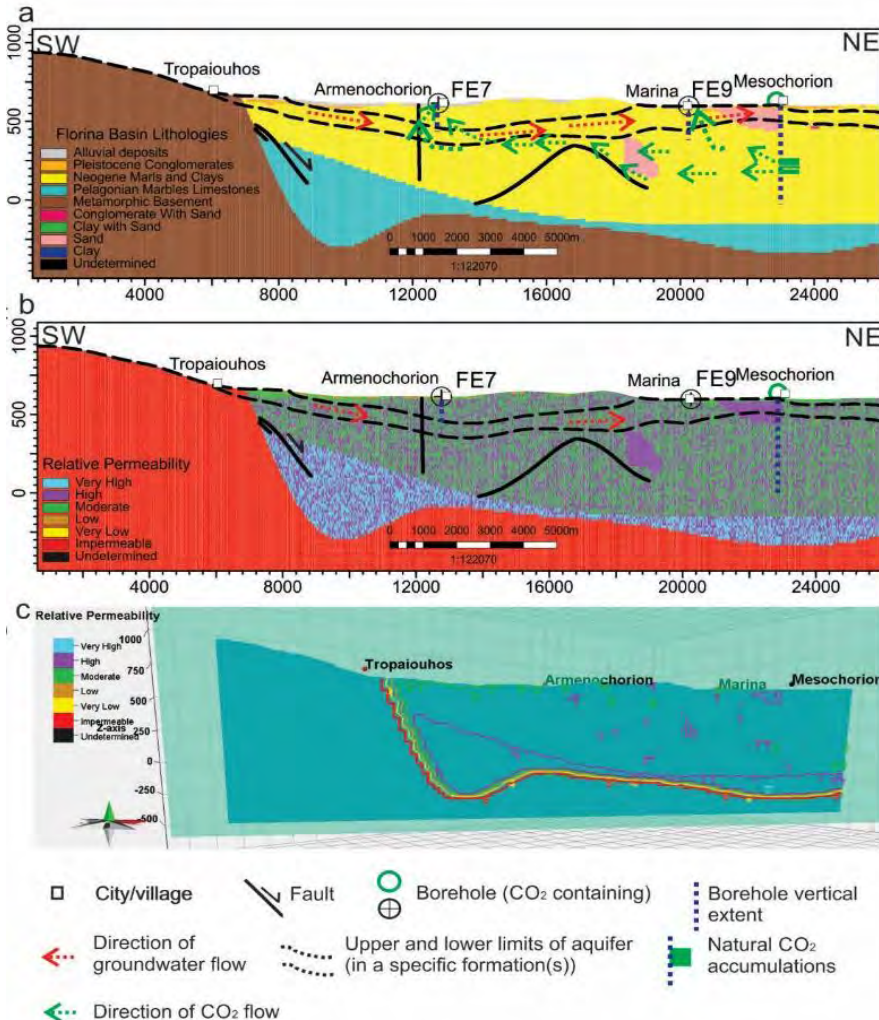
Γεσι νγίθν κνι ή ν ηεο ι εθάλεο Φι ώξ ηα κε κηα ρααηεξίηηη γεσι νγίθν ηηκή δεξό κελε από ηα ραηή ηεο Άλσ
Και ι ηεο θαη ηηπ Αξκ ελνρ ζίνπ, όπνηπ παζνπζηάδεηαη) ε ι ηζμ νγία θαη β) ε ζρεηηθό δαππεζαηόηεηα.



Καινοτόμα ερευνητική δραστηριότητα σε θέματα αποθήκευσης CO₂



6. Γεωλογική μοντελοποίηση (Λεκάνη της Φλώρινας)(4)



Απνπζία ηηπ γεσι νγηθού ζηξώκαηηο
θαί πξεο (cap rock) ηηπ CO₂ πηηπ είιαη
ζ πζζ ζς επκέλν θάησ από ην Μεζ νρώξ ην
Τν CO₂ κπνξεί λα δηαξρεύζεη, ζε απηέο
ηηο ζπγθεθξηκέλεο ζέζεηο ηάξν πη αγίσο
όζν θαηαπεπζείαο πξν ν ηα πάλσ.

Φαηνί ζε ηδκαηηγελείο αηηη νπζίεο κε
πξε ί όηε ξε ζξεηθή δηαπεξαήαηερα (κε
κώβ ρώκα), δηάζπαξηηε κέζα ζε
Νε νγηή ηδκαηα, κπνξνύλ λα
δηεπθί ύλνπληε ξεή ηηπ CO₂.

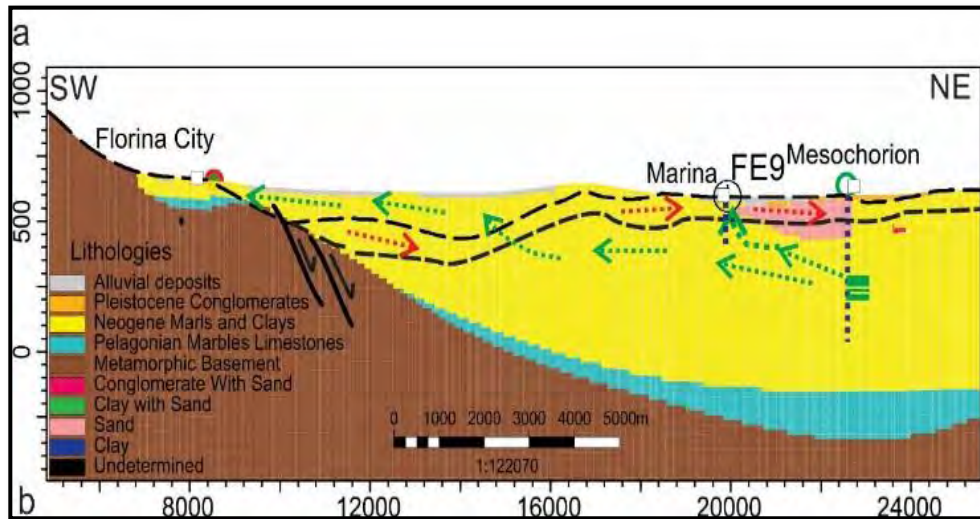
Γεσι νγηή ηηκή πηηπ πεξιάεη από ηηπο νηηθό
Μεζ νρζίηη θαη Τξ νπαηώρνο, παξ νπζηαηηα
Λεξι νγία, β) ηε ζξεηθή δηαπεξαήαηερα θαη γ) ηηο ηηέο
πεξηξάκκαηο ηεο ζξεηθή δηαπεξαήαηερα.



Καινοτόμα ερευνητική δραστηριότητα σε θέματα αποθήκευσης CO₂



6. Γεωλογική μοντελοποίηση (Λεκάνη της Φλώρινας)(5)



Άκεζε επαθή κεραμύ ηνπ
κερακν ξθ σκ έλνπ πποβάξζν π θαη
ηρλ Νενγελώλ ηδκ άηρλ



Δλδείμεη επηθαλεηαθήο δηαξξήο CO₂ πνπ
ακβάλν πλρώζα γύςσ από ηε Φι ώς ηλα

Γεοιγνγηή ηεκή πνπ πεξλάεη από ηελ νηζκό ηνπ Μεζ νξό ζίνπ θαη θαηαι ήγεηζε Φι ώς ηλα, παξνπζηάδνληα) ηε Ληζι νγία
θαηβ) θο ηγγέαθία έλδεημο ηεο επηθαλεηαθήο δηαξρής ηνπ CO₂.



Καινοτόμα ερευνητική δραστηριότητα σε θέματα CO₂



7. ECCSEL: στόχοι του έργου

Έλα παλεπξσ πατθ εξγαιείν γηαθαηληάκν έξεπλα ζ ηη ηερλν γίεο δέζ κεπζεο θαη απνζήθεπζεο ηηπ CO₂ (CCS)

- Βαζ ηθή έξεπλα
- Δθαξκνζέλε έξεπλα
- Πνηνηή εθαξκνγή

Έλα δίθηπν κε πξείηηο πνηήηεο εξγαζ ηεξαθέο ππνδνκέο γηα ηελ αμέεζε ηεο Δπξσπαθήο αλαγσληζηηθήο ηη ηερλν γίεο CCS θαη ζ πλεζθέξνπλ ζ ηελ αλάπηπξη ηηπ

Πεδίλ έξεπλαο γηα ηε δεξέμεζε θαη δνκή

- Νέο ηερλν γίεο δέζ κεπζεο, κεηαθνάο θαη απνζήθεπζεο ηηπ CO₂

Μηα πηαξόδα κεηαίλεζεο θαη θηλύνπν γξακκαηηκό ηηπ Δπξσπαθώλ πόξσλ γηα ηηπ CCS



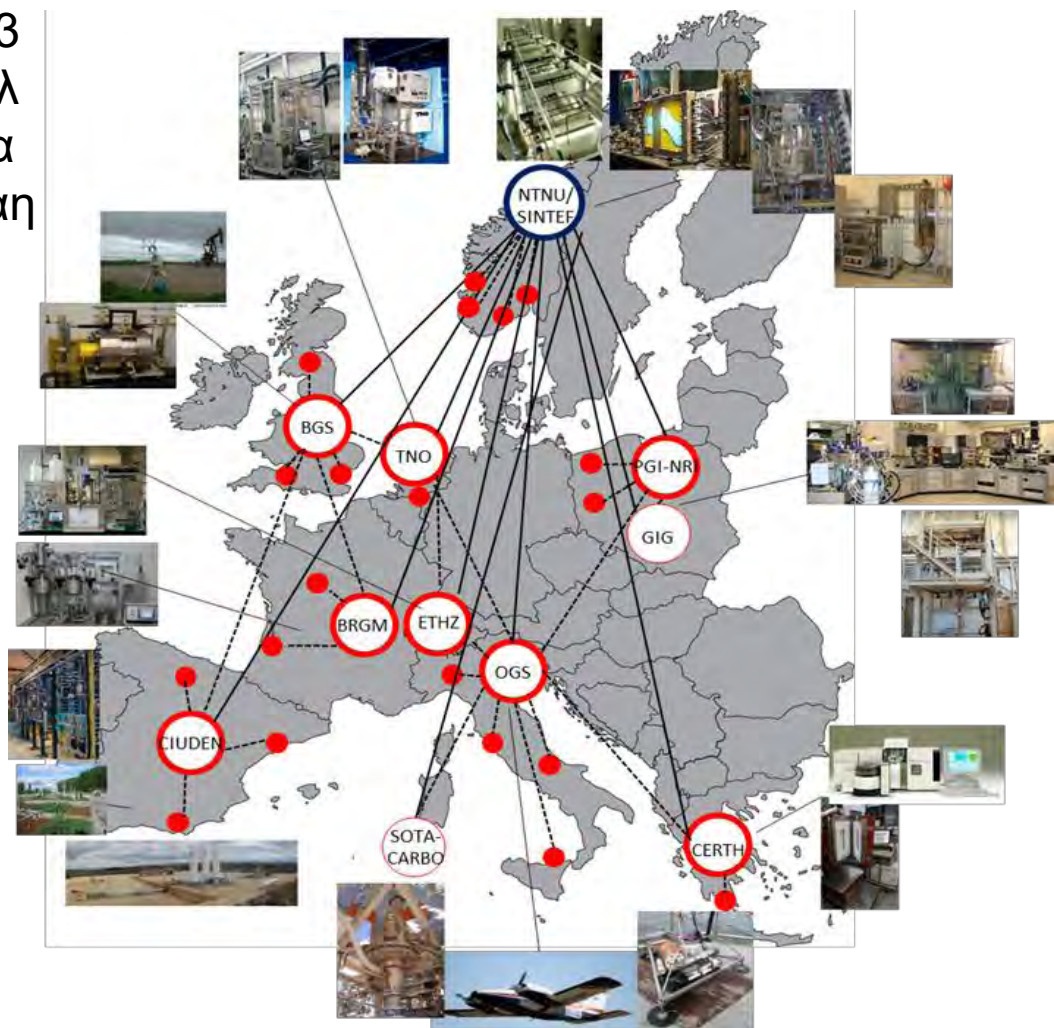
Καινοτόμα ερευνητική δραστηριότητα σε θέματα CO_2



7. ECCSEL: Υλοποίηση έργου H2020 Infradev-3 (2015-2017)

Γραφισαηθή πξόζβαζε ζε 43
εξεπλεηθεό εγθαηξάξηεζε όηε ηελ
Δπξώπε πνπ αθνινπεί έμγα
δέξκεπζεο, κεηαθνκίζεο θαη
απνξνήεπζεο ηνπ CO_2 κε 14 εηαίξηα

- NTNU (Ννξβηγία) – Σπληελεξγία
- BGS (Μεγάλε Βρετανία)
- BRGM (Γαλλία)
- CERTH (Ελλάδα)
- CIUDEN (Ισπανία)
- ETH Zurich (Ελβετία)
- GIG (Πορτογαλία)
- OGS (Ιταλία)
- PGI-NRI (Πορτογαλία)
- SINTEF Energy (Νορβηγία)
- SINTEF Materials and Chemistry (Νορβηγία)
- SINTEF Petroleum (Νορβηγία)
- SOTACARBO (Ιταλία)
- TNO (Ολλανδία)





Καινοτόμα ερευνητική δραστηριότητα σε θέματα CO_2



ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ