

2nd Energy Tech Forum,
Ίδρυμα Ευγενίδου
Αθήνα, 25 Νοεμβρίου 2017

**ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΚΑΙ
ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΒΑΘΕΙΑΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΩΣ ΚΑΙΝΟΤΟΜΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ
ΒΕΛΤΙΩΜΕΝΩΝ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ (EGS)
- ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΕΡΓΟΥ CHPM2030**



CHPM2030



N. Κούκουζας¹, A. Αρβανίτης², Π. Μάιδα³, Π. Κρασάκης⁴



¹ Γεωλόγος, Επιστημονικώς Υπεύθυνος Έργου, Διευθυντής Ερευνών ΕΚΕΤΑ/ΙΔΕΠ

² Διαχειριστής του Έργου (Project Manager) και Επιστημονικώς Υπεύθυνος για θέματα Γεωθερμίας

³ Μεταλλειολόγος-Γεωλόγος MSc ΕΜΠ

⁴ Γεωλόγος, MSc



- Το CHPM2030 αποτελεί ένα καινοτόμο ερευνητικό Πρόγραμμα διάρκειας 42 μηνών, χρηματοδοτούμενο από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (συνολικού προϋπολογισμού 4.2 εκ. ευρώ) και τον «**Ορίζοντα 2020**» (H2020-LCE-2014-2015) με ημερομηνία έναρξης την 1η Ιανουαρίου 2016 και στόχο την ανάπτυξη τεχνολογίας για την ικανοποίηση των Ευρωπαϊκών αναγκών σε ενέργεια και μέταλλα στρατηγικής σημασίας.
- **Συντονιστής** του προγράμματος είναι το Πανεπιστήμιο Miskolc της Ουγγαρίας, με εταίρους από Κρατικά Ινστιτούτα (BGS, LNEG, IGR, SGU), Ερευνητικούς και Ακαδημαϊκούς φορείς (ISOR, VITO, UNIM, USZ, KLeuven) μικρομεσαίες επιχειρήσεις (MinPol, LPRC) καθώς και η Ευρωπαϊκή Ομοσπονδία Γεωλόγων (EFG). **επιχειρήσεις**
- (Στο έργο αυτό από **Ελληνικής πλευράς** συμμετέχει ο **Σύλλογος Ελλήνων Γεωλόγων** (ΣΕΓ) μέσω της Ευρωπαϊκής Ομοσπονδίας Γεωλόγων (EFG).





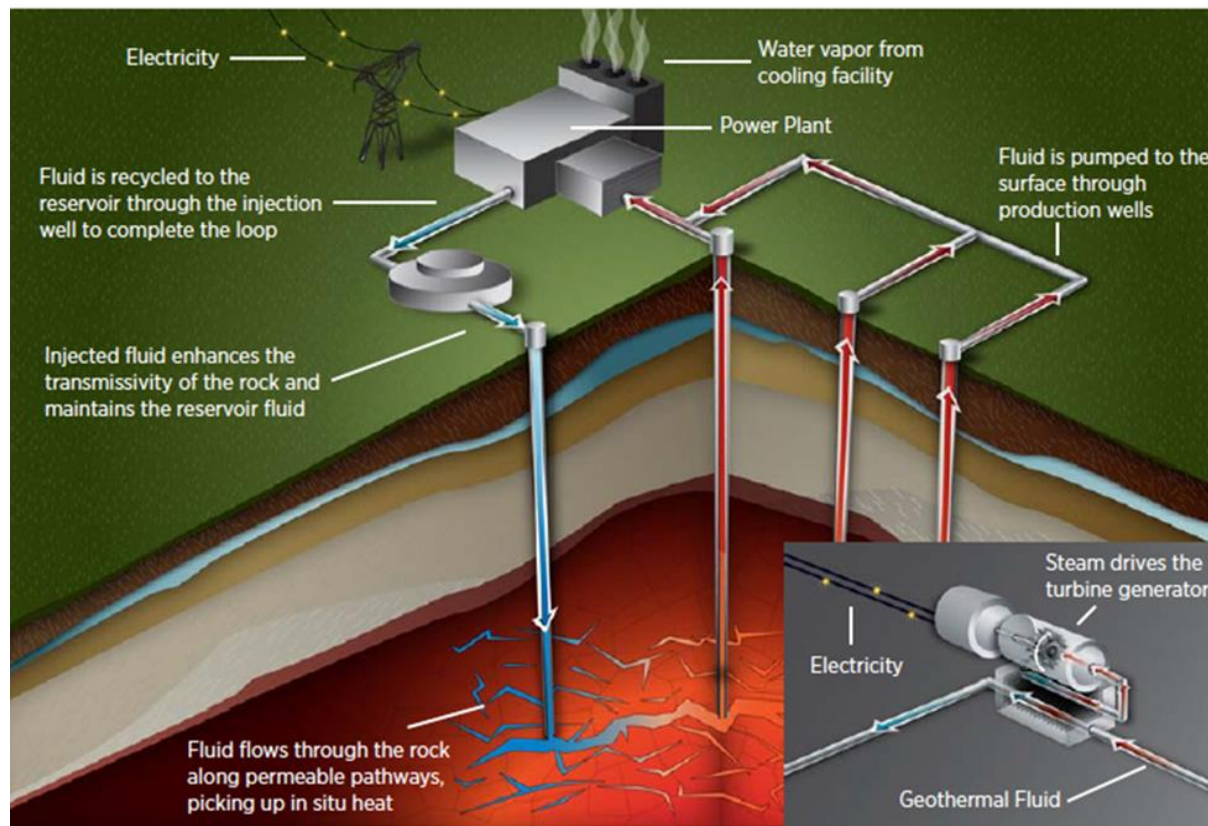
Στόχοι - Προκλήσεις

- Η Ευρωπαϊκή Ένωση χρειάζεται **‘καθαρή ενέργεια’** - Τα λειτουργικά κόστη των Βελτιωμένων Γεωθερμικών Συστημάτων - Enhanced Geothermal Systems (EGS) είναι υψηλά.
- Η Ευρωπαϊκή Ένωση χρειάζεται στρατηγικά μέταλλα – **περιορισμένη μεταλλευτική δραστηριότητα.**
- Ανάπτυξη νέας τεχνολογίας που να **συνδυάζει** την παραγωγή γεωθερμικής **ενέργειας και ανάκτησης μετάλλων.**
- Τεκμηρίωση της τεχνικής και οικονομικής ωριμότητας της νέας τεχνολογίας σε εργαστηριακή κλίμακα





Βελτιωμένα Γεωθερμικά Συστήματα (EGS)



Σχηματική απεικόνιση λειτουργίας τυπικής μονάδας EGS

(Πηγή: <http://energyinformative.org>)

Τα Βελτιωμένα Γεωθερμικά Συστήματα (EGS) αποβλέπουν στην απόσπαση θερμότητας από γεωλογικούς σχηματισμούς μεγάλου βάθους, οι οποίοι παρουσιάζουν έλλειψη φυσικής διαπερατότητας και κυκλοφορίας ρευστών. Για να μειωθεί το υψηλό κόστος των EGS, δημιουργούνται **τεχνητοί ταμιευτήρες** σε μεταλλοφόρους σχηματισμούς μεγάλου βάθους (4-7 km), ώστε να είναι δυνατή η ανάκτηση στρατηγικών μετάλλων από την παραγόμενη γεωθερμική άλμη.

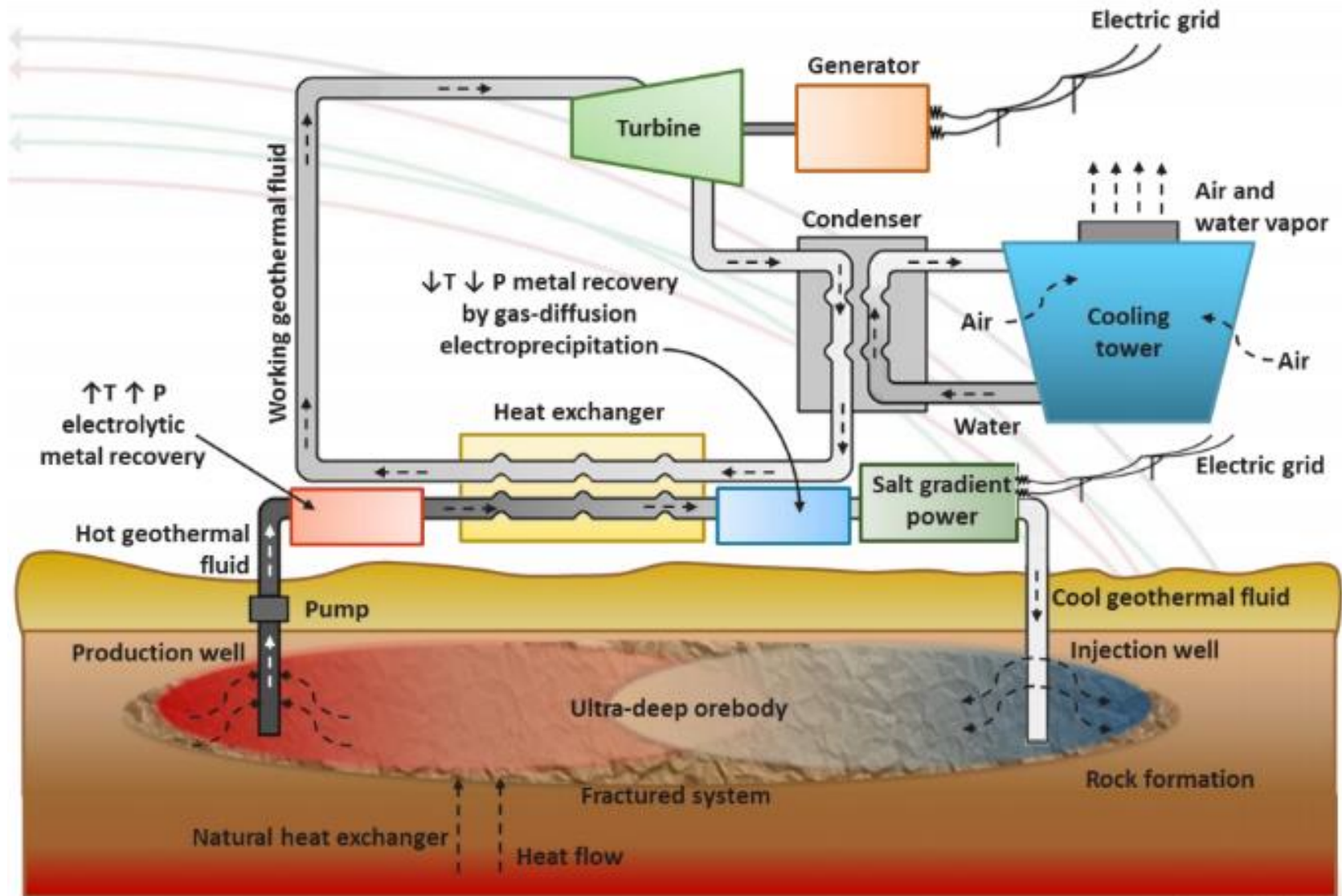


Γενική θεώρηση και βασικές αρχές της τεχνολογίας CHPM

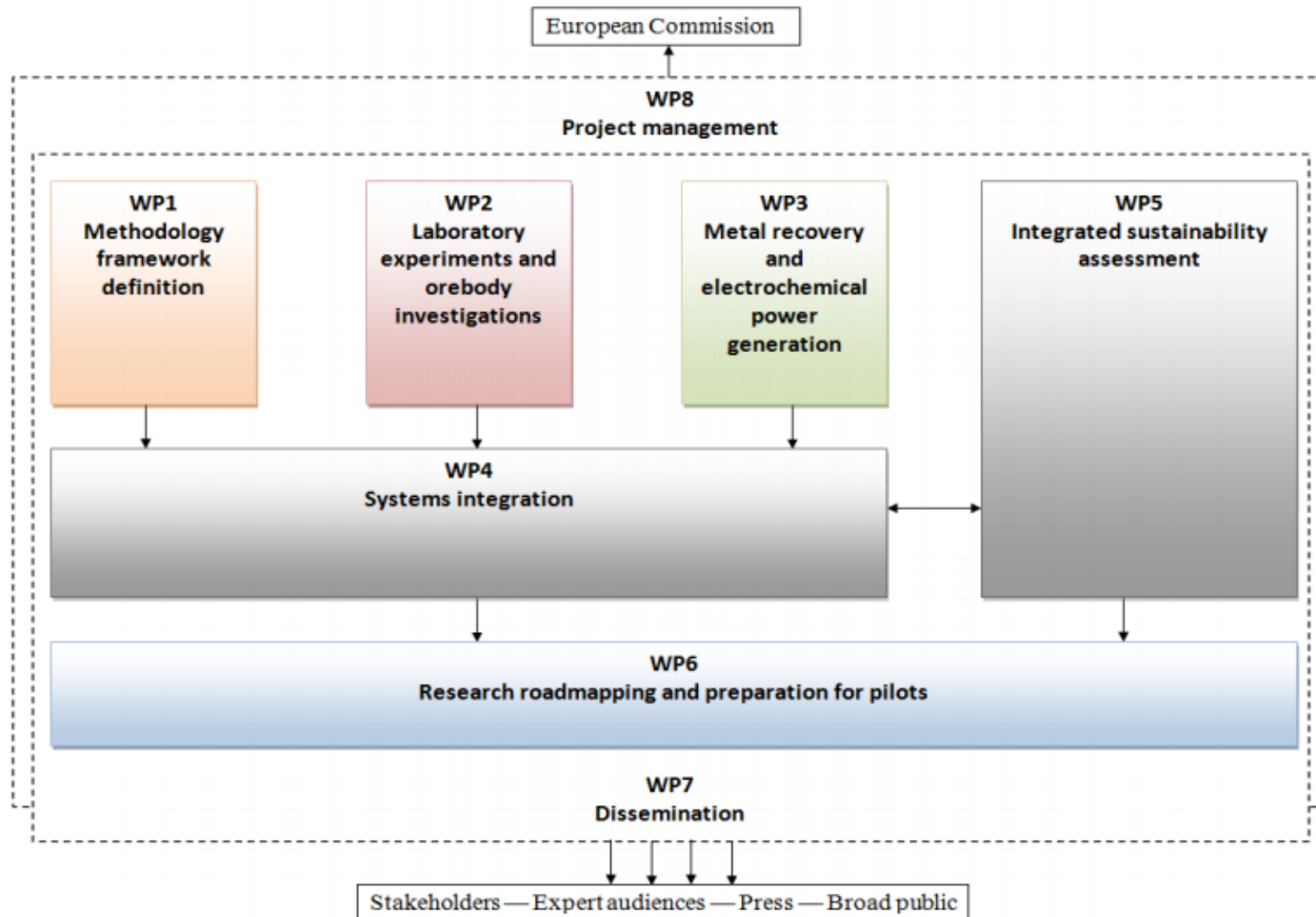
- Αναγνώριση εξαιρετικά βαθιών μεταλλοφόρων σχηματισμών (4-7 km) για την εγκατάσταση των EGS.
- Ενίσχυση της διασύνδεσης των ρωγματώσεων στο μεταλλοφόρο γεωλογικό σχηματισμό.
- Ανάκτηση μετάλλων από τη γεωθερμική άλμη και το μεταλλοφόρο σχηματισμό.
- Παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας .



Σχηματική απεικόνιση της μονάδας CHPM



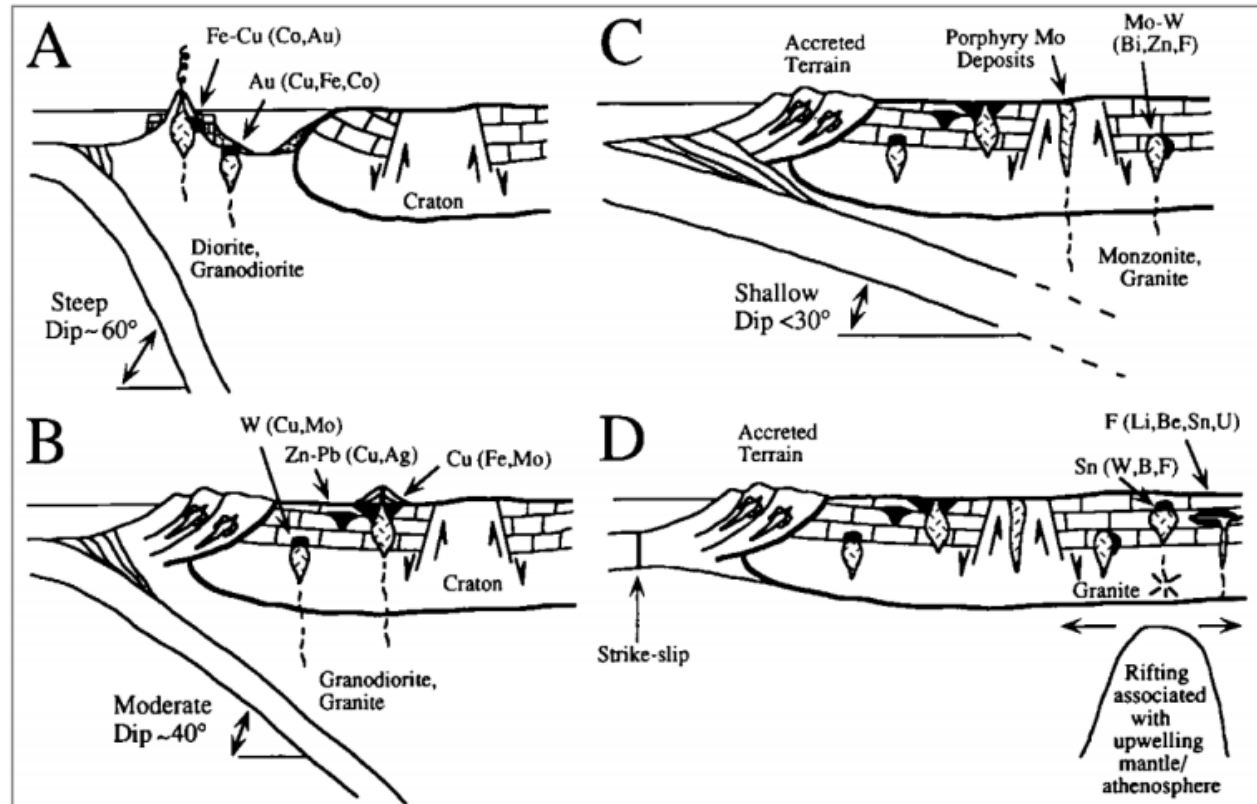
Διάγραμμα Ενοτήτων Εργασιών Έργου





Γεωλογικά περιβάλλοντα εφαρμογής της τεχνολογίας EGS - CHPM (1)

- Τα κοιτάσματα τύπου Skarn δημιουργούνται σε περιβάλλοντα ενεργού ηπειρωτικού περιθωρίου εμφανίζοντας μεταλλοφορία σε ευρύ φάσμα (όπως Sn, Mo, Cu, Fe, Pb-Zn, Au)



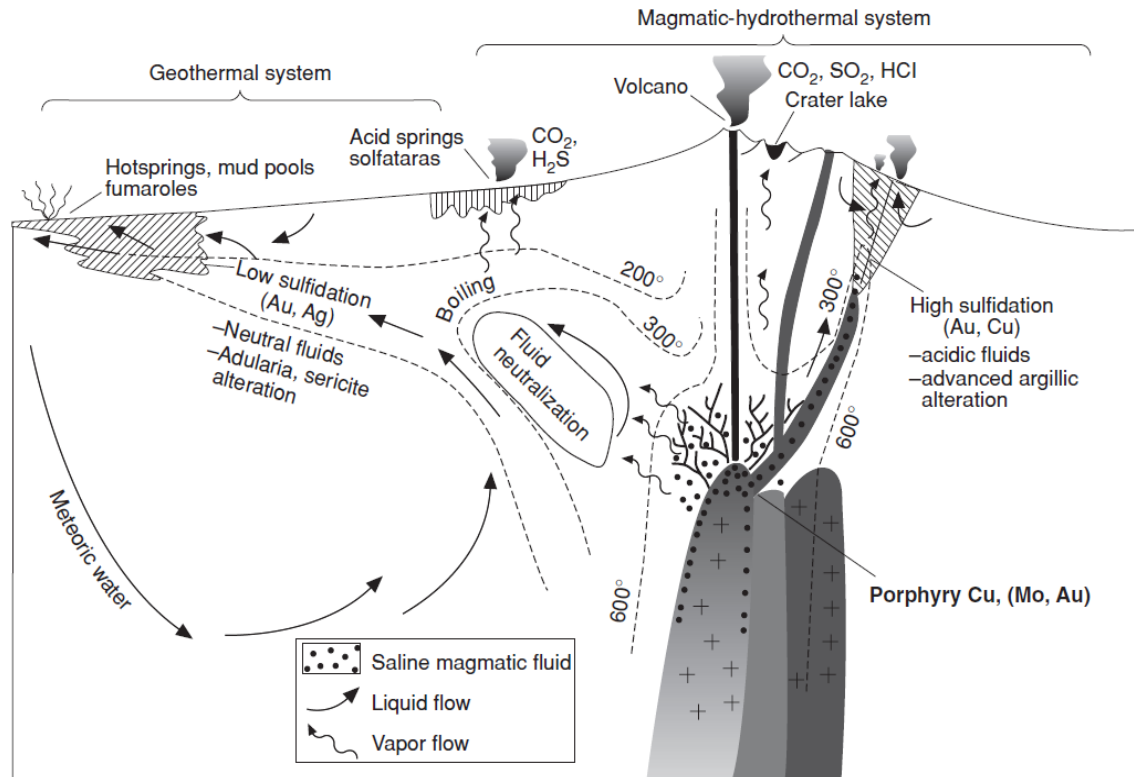
Τεκτονικό μοντέλο ανάπτυξης κοιτάσματος Skarn

Πηγή : (Meinert 1992)



Γεωλογικά περιβάλλοντα εφαρμογής της τεχνολογίας EGS -CHPM (2)

- ❑ Κοιτάσματα **πορφυρικού τύπου** χαλκού και μολυβδαίνιου (Cu, Mo, Au).
- ❑ Κοιτάσματα **επιθερμικού τύπου** χρυσού χαλκού και αργύρου (Au, Ag, Cu).



Σχηματική απεικόνιση πορφυρικού κοιτάσματος

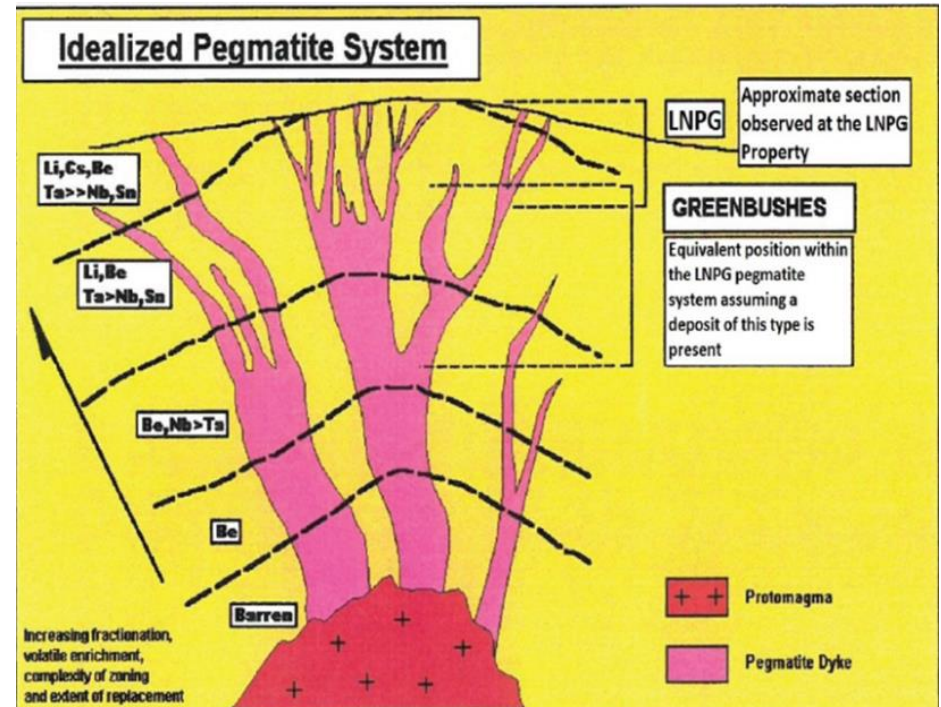
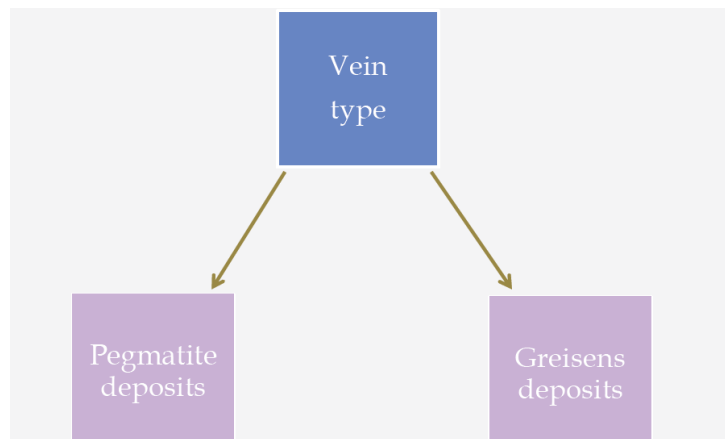
Πηγή : (Hedenquist et al., 2000)



Γεωλογικά περιβάλλοντα εφαρμογής της τεχνολογίας EGS - CHPM (3)

□ Κοιτάσματα φλεβικής μεταλλοφορίας

Αποθέσεις πηγματίτη και εξαλλοιωμένου γρανίτη, με ορυκτά όπως χαλαζία, μαρμαρυγία για χρήση σε τομείς όπως στη βιομηχανία, στην ενέργεια και στην αεροναυπηγική.



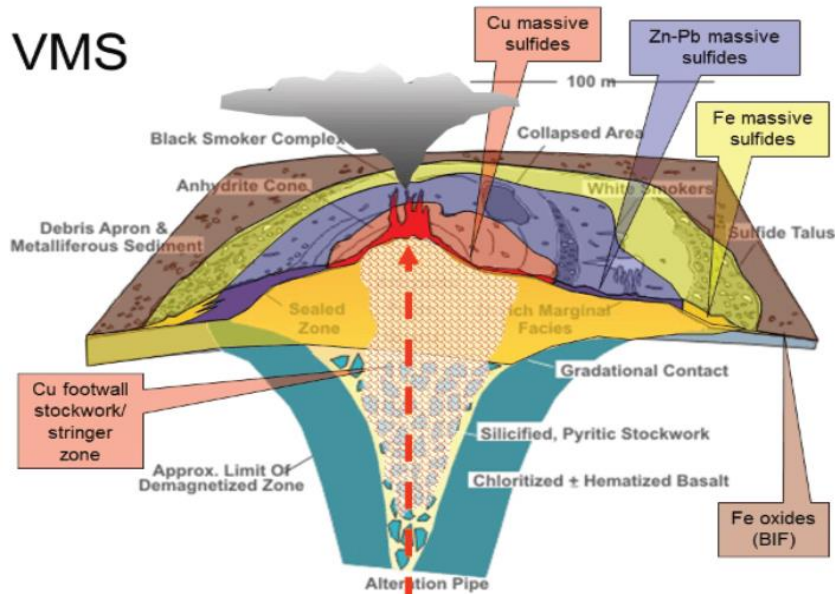
Σχηματική Απεικόνιση πηγματιτικής φλέβας

Πηγή: <http://rockstone-research.com/images/10C/EXX9.jpg>

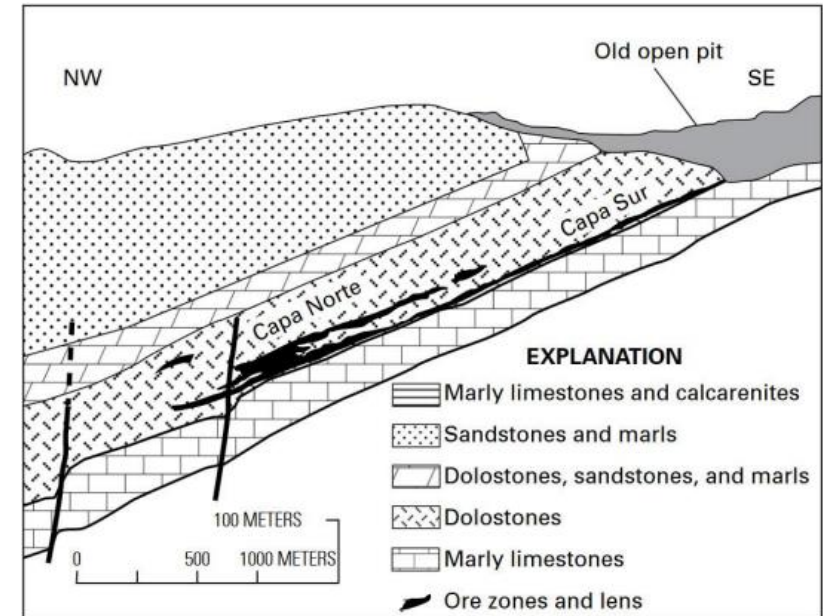
Γεωλογικά περιβάλλοντα εφαρμογής της τεχνολογίας EGS - CHPM (4)

- Μεταλλοφορίες συμπαγείς φιλοξενούμενες κυρίως σε υδροθερμικά **κοιτάσματα-ηφαιστειακά (Volcanogenic massive sulfide (VMS) deposits)** στρωματόμορφης ανάπτυξης (Cu, Zn, Pb, Fe).

VMS



Σχηματική απεικόνιση γεωλογικής τομής VMS αποθέσεων (Morgan 2012)



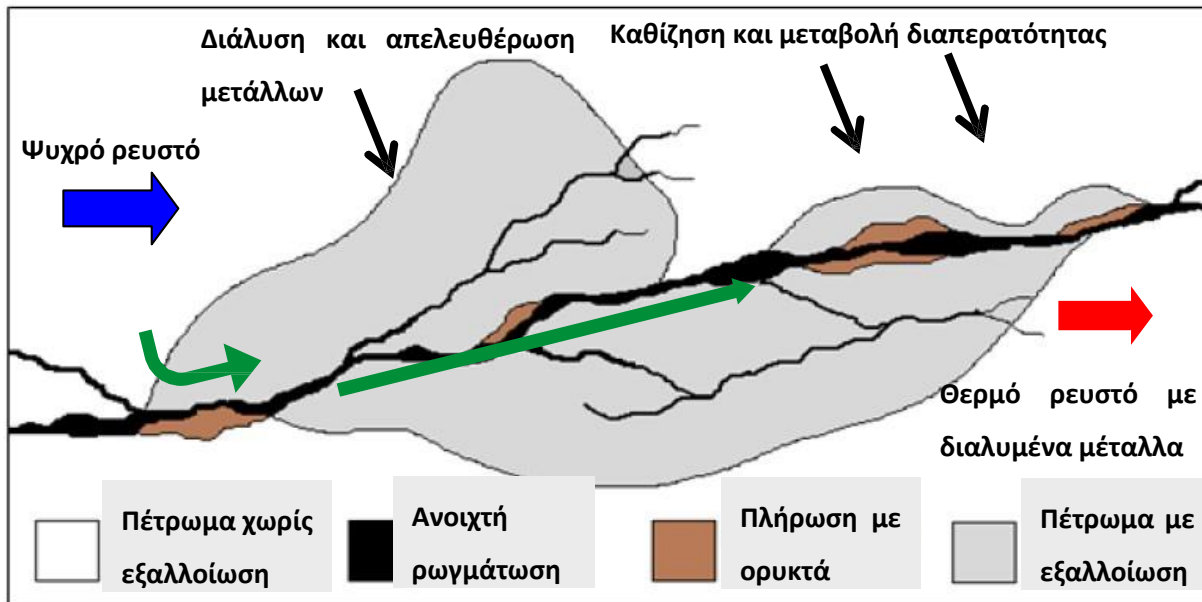
Σχηματική απεικόνιση γεωλογικής τομής MVT αποθέσεων (Leach et al., 2010)

- Μεταλλοφορίες φιλοξενούμενες σε υδροθερμικές αποθέσεις τύπου Mississippi Valley (**Mississippi Valley-Type (MVT) deposits**) (Pb, Zn).



Εργαστηριακά πειράματα σε μεταλλοφόρα γεωλογικά πετρώματα κατάλληλα για την εφαρμογή της τεχνολογίας EGS -CHPM (1)

- ❑ Οι εργαστηριακές έρευνες στοχεύουν στην κατανόηση της τεχνικής ανάκτησης μετάλλων από γεωθερμικά ρευστά (καθίζηση/ διαλυτότητα μετάλλων).

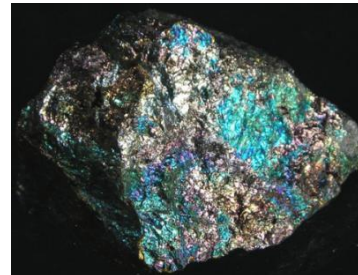


Αντιδραστήρας ροής υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας εγκατεστημένος στη Γεωλογική Υπηρεσία του Ηνωμένου Βασιλείου (B.G.S).

Πηγή: <http://mailchi.mp/58fc3d36c592/chpm2030-project-news>



Εργαστηριακά πειράματα σε μεταλλοφόρα γεωλογικά πετρώματα κατάλληλα για την εφαρμογή της τεχνολογίας EGS - CHPM (2)



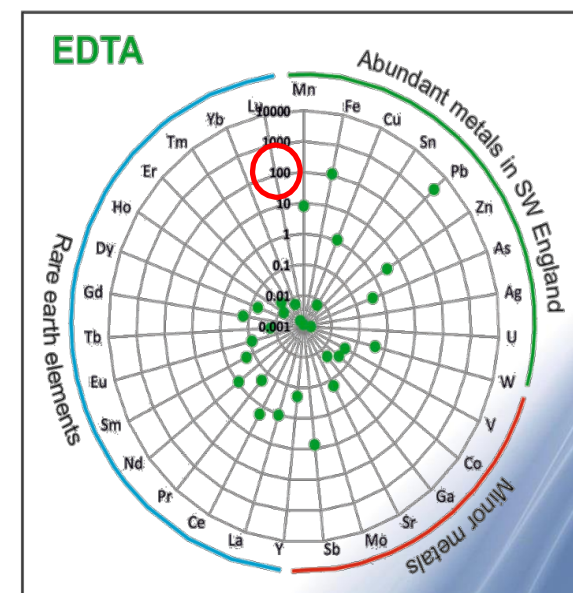
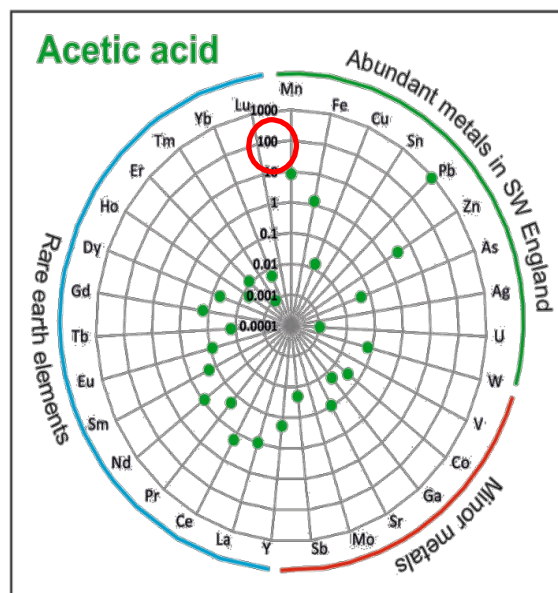
Οξικό Οξύ

Στοιχειακή συγκέντρωση μετάλλων σε ppm, μετά από 4 εβδομάδες στους 70 °C

EDTA

Στοιχειακή συγκέντρωση μετάλλων σε ppm, μετά από 4 εβδομάδες στους 70 °C

Εργαστηριακές έρευνες σε δείγματα μεταλλοφόρων σωμάτων (Pb-Ag-Sb) σε θερμοκρασίες 70-150 °C έδωσαν καλύτερη ανάκτηση μετάλλων σε 70 °C μετά από 4 εβδομάδες με χρήση οξικού οξέος και αιθυλενοδιαμινοτετραοξικού οξέος (EDTA)



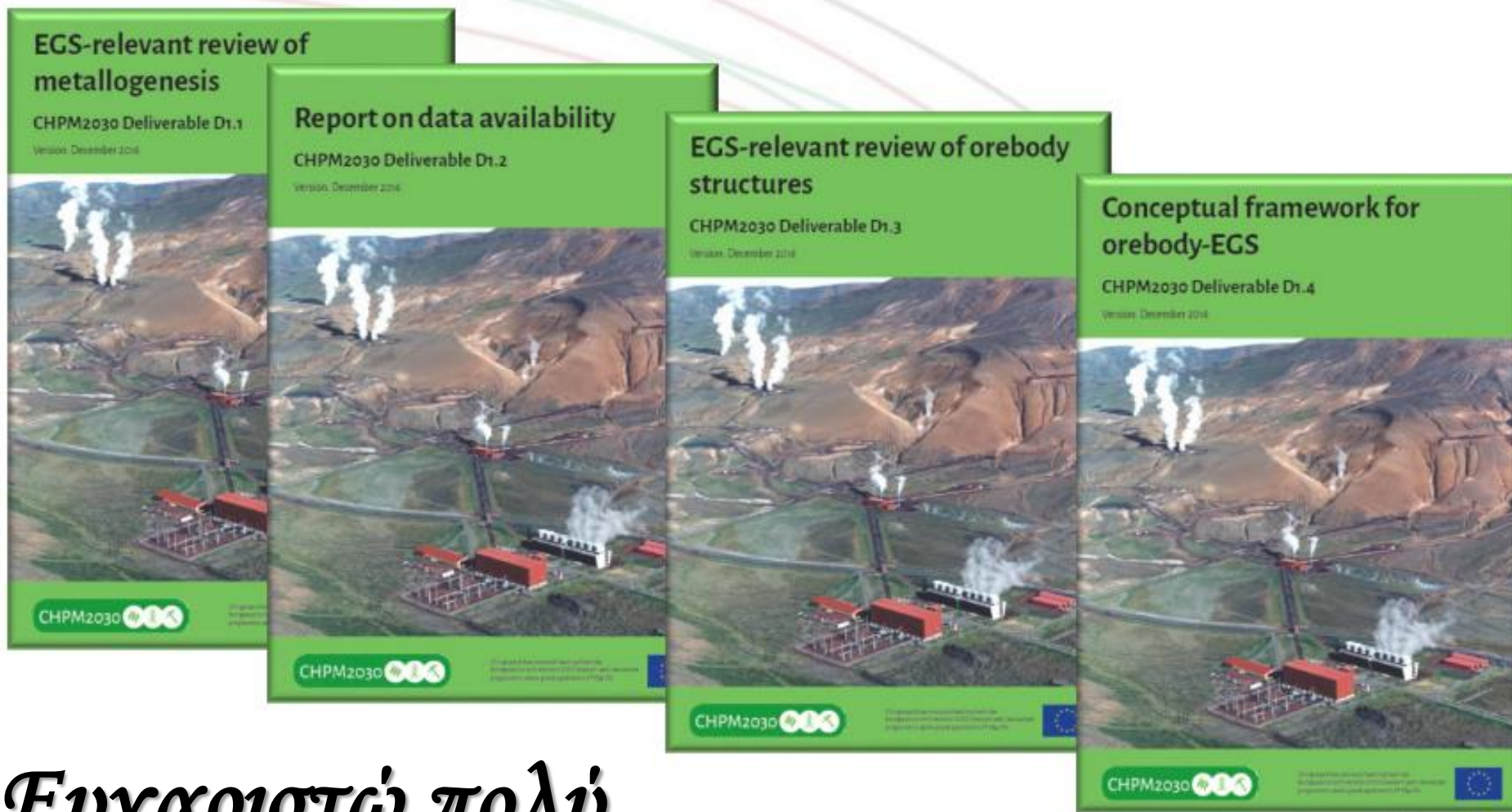


Η τεχνολογία CHPM στοχεύει να αποδείξει ότι:

- ❑ Η σύνθεση και η δομή των μεταλλοφόρων κοιτασμάτων έχουν ευνοϊκά χαρακτηριστικά για την ανάπτυξη ενός συστήματος EGS.
- ❑ Τα μέταλλα μπορούν να ανακτώνται από τα κοιτάσματα σε **υψηλές συγκεντρώσεις** και για **παρατεταμένο χρονικό διάστημα** ως αντιστάθμισμα του κόστους ενός EGS.
- ❑ Η **συνεχής ανάκτηση** μετάλλων θα αυξήσει την **απόδοση του συστήματος** με την πάροδο του χρόνου, με ελεγχόμενο τρόπο και χωρίς την ανάγκη χρήσης υψηλής πίεσης για τη διέγερση του ταμιευτήρα, ελαχιστοποιώντας τις πιθανές επιζήμιες επιπτώσεις τόσο στην παραγωγή θερμότητας όσο και την ανάκτηση μετάλλων.
- ❑ Περαιτέρω έρευνα απαιτείται για τη **γνώση** των μεταλλοφόρων σχηματισμών σε πολύ μεγάλα βάθη, αφού τα τρέχοντα τρισδιάστατα μοντέλα μεταλλογένεσης επικεντρώνονται συνήθως στα ανώτερα 3 km του φλοιού.



Ιστοσελίδα Έργου : <http://chpm2030.eu/>



Ευχαριστώ πολύ