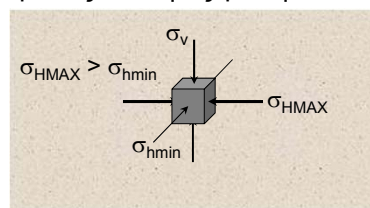


Φυσικό εντατικό πεδίο και Μέτρηση των τάσεων in-situ

1

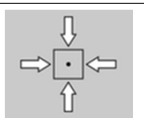
Φυσικό εντατικό πεδίο

- Βασική γνώση της διεύθυνσης του εντατικού πεδίου
- Οριακές συνθήκες για την ανάλυση

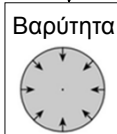
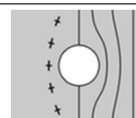


Εντατική κατάσταση του πετρώματος

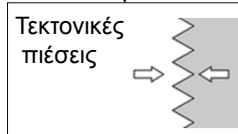
Φυσικό εντατικό πεδίο
(Natural stress field,
Primary stresses)



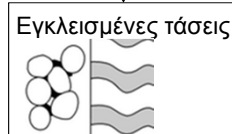
Δευτερογενές
εντατικό
πεδίο



Βαρύτητα



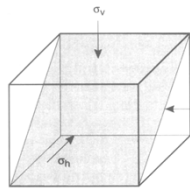
Τεκτονικές
πιέσεις



Εγκλεισμένες τάσεις

2

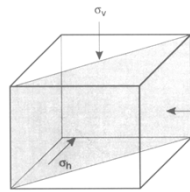
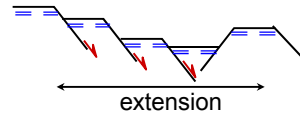
Εντατικό πεδίο σε μεγάλη κλίμακα



$$\sigma_v > \sigma_H > \sigma_h$$

Κανονικό ρήγμα, NF

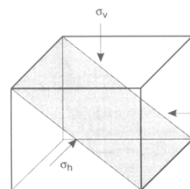
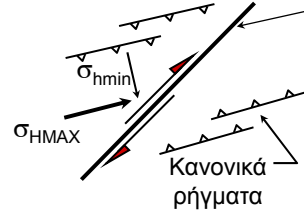
Χαρακτηριστικό σε αβαθή πετρώματα σε μη τεκτονισμένες ιζηματογενείς λεκάνες χωρίς μεγάλη διάβρωση



$$\sigma_H > \sigma_v > \sigma_h$$

Οριζόντιας διάτμησης SF

Χαρακτηριστικό στα όρια των τεκτονικών πλακών. Συνήθως, σε κοντινή απόσταση από το κύριο ρήγμα συναντώνται κανονικά ρήγματα στην επιφάνεια



$$\sigma_H > \sigma_h > \sigma_v$$

Ανάστροφο ρήγμα, TF

3

World Stress Map

dc-app3-14/gfz-potsdam.de/pub/introduction/introduction_frame.html

The World Stress Map Project - A Service for Earth System Management

GFZ
Helmholtz Centre
POTSDAM

The World Stress Map (WSM) is the global compilation of information on the present-day stress field of the Earth's crust with 21,750 stress data records in its current WSM database release 2008. It is a collaborative project between academia, industry and government that aims to characterize the stress patterns and to understand the stress sources.

The project commenced in 1986 as a part of the International Lithosphere Program (ILP). From 1995-2008, the WSM was a research project of the Heidelberg Academy of Sciences and Humanities. Since 2009 the project is maintained and further developed at the Helmholtz Centre Potsdam - GFZ German Research Centre for Geosciences. The WSM project is a task group of the International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior (IASPEI), a constituent association of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG). The WSM is also one of the 13 global services within the Federation of Astronomical and Geophysical Data Analysis Services (FAGS) that was formed by the International Council for Science (ICSU). Recently, after the nomination by the IUGG nominated with the support of the ILP and the Commission for the Geological Map of the World (CGMW), the WSM project became in 2009 the co-label as an legacy item of the International Year of Planet Earth (IYPE).

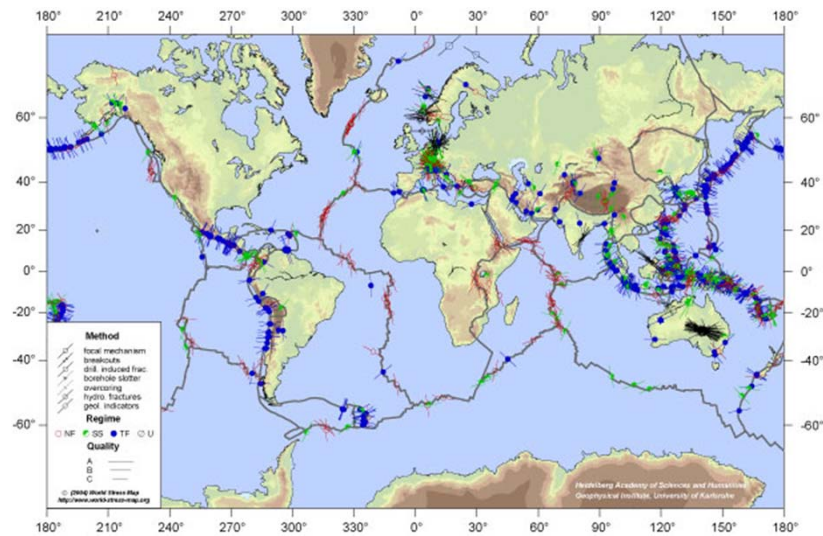
Who uses the WSM data?
The World Stress Map is used by various academic and industrial institutions working in a wide range of Earth science disciplines

planetearth®
Earth Sciences for Society

SMO

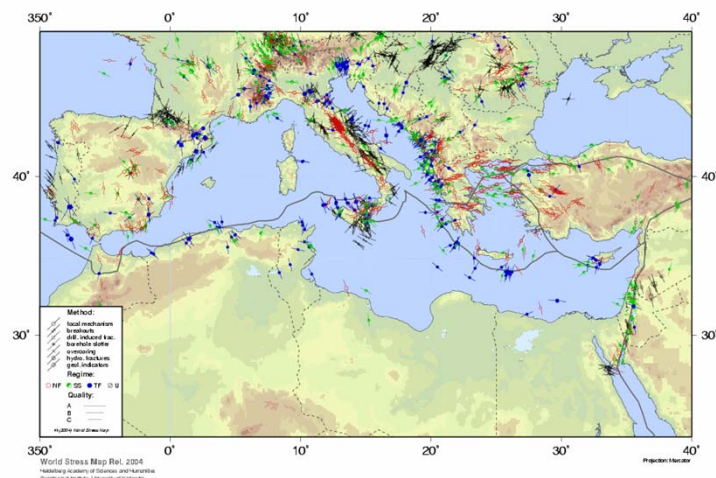
4

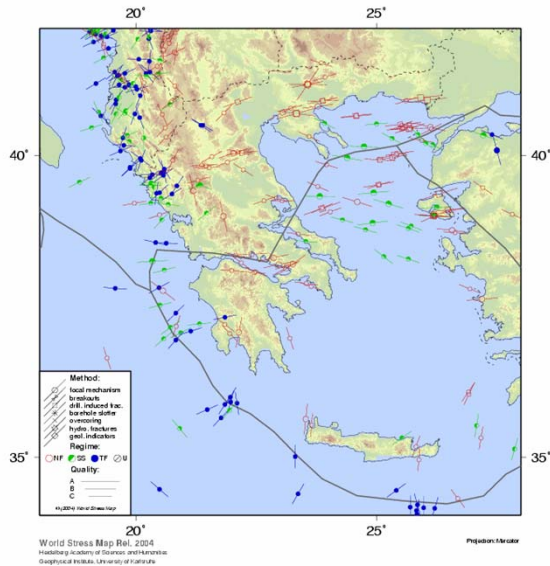
Χάρτης τεκτονικών πλακών και γήινου εντατικού πεδίου



5

Προσανατολισμός των μέγιστων κύριων τάσεων στην περιοχή της μεσογείου

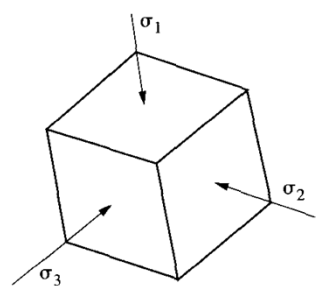




Προσανατολισμός των τάσεων στην Ελλάδα

7

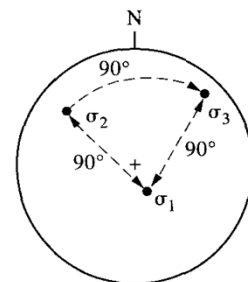
Παρουσίαση της επί τόπου τάσης



(α)

$$\begin{bmatrix} \sigma_1 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_3 \end{bmatrix}$$

(β)



(γ)

(α) Κύριες τάσεις που δρουν σε απειροστό κύβο. (β) Κύριες τάσεις εκφρασμένες με μορφή μητρώων. (γ) Προσανατολισμοί κύριων τάσεων που παρουσιάζονται σε ημισφαιρική προβολή.

8

Μέθοδοι προσδιορισμού της τάσης

Άμεσες μέθοδοι συνιστώμενες από την ISRM

Επίπεδου γρύλου

Υδραυλικής θραύσης

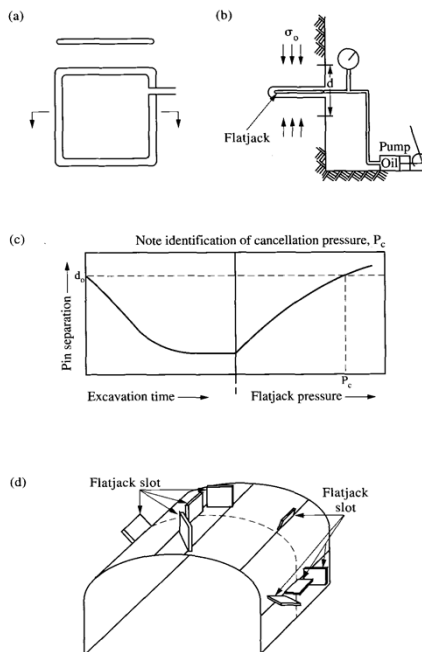
USBM βολίδα υπερδιάρτησης

Κυψέλη CSIRO

Έμμεσες μέθοδοι εξαγωγής δεικτών

Θραύση γεώτρησης, Ανάδρομη ανάλυση δημιουργίας ρήγματος, Ακουστική εκπομπή, Δημιουργία δίσκων πυρήνα, κλπ

9



Δοκιμή επίπεδου γρύλου

(από τις προτεινόμενες μεθόδους της ISRM 1987).

(α) Επίπεδος γρύλος.

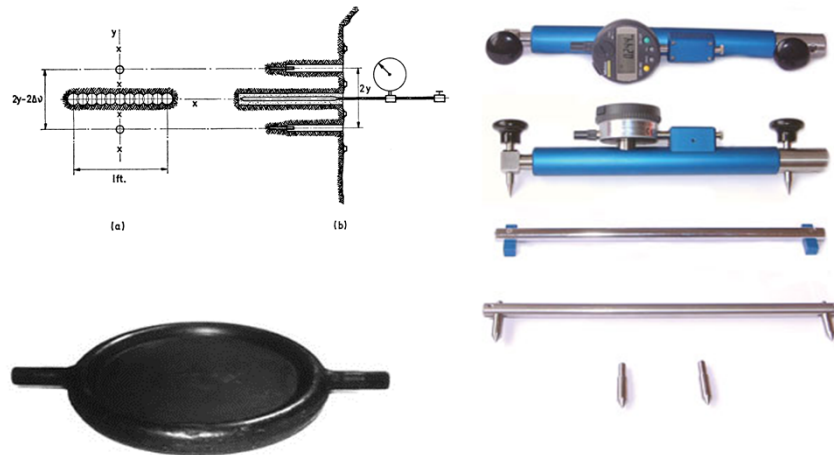
(β) Διάταξη δοκιμής.

(γ) Απομάκρυνση ακίδων σε σχέση με το χρόνο διάνοιξης της εγκοπής και σε σχέση με την πίεση του γρύλου.

(δ) Θέσεις μέτρησης σε σήραγγα

10

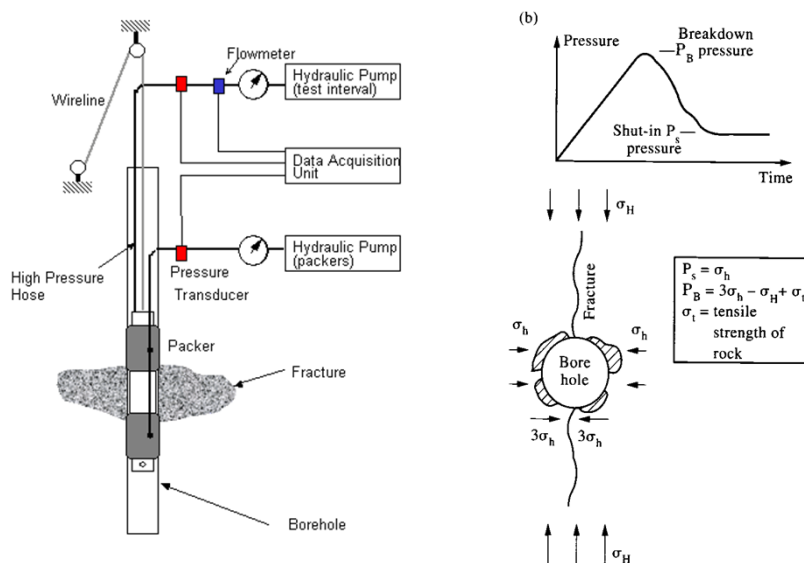
Επιμέρους στοιχεία



11

Υδραυλική θραύση

(α) Σύστημα υδραυλικής θραύσης και (β) Σχετικοί υπολογισμοί



12

Υπολογισμός εντατικού πεδίου

$$P_B = 3 \cdot \sigma_h - \sigma_H + \sigma_t$$

$$\sigma_h = P_s$$

$$\sigma_v = \rho g z$$

P_B : Πίεση ρωγμάτωσης

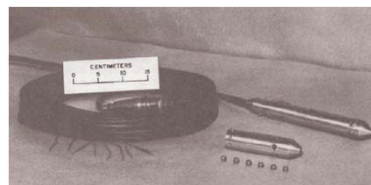
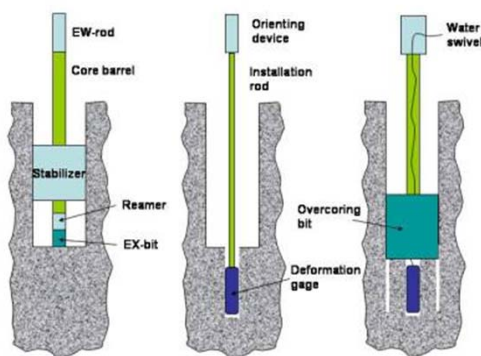
P_s : Πίεση κλεισίματος της ρωγμάτωσης

σ_h, σ_H : Ελάχιστη και μέγιστη κύρια τάση αντίστοιχα

σ_t : Εφελκυστική αντοχή του πετρώματος (Θετικό πρόσημο)

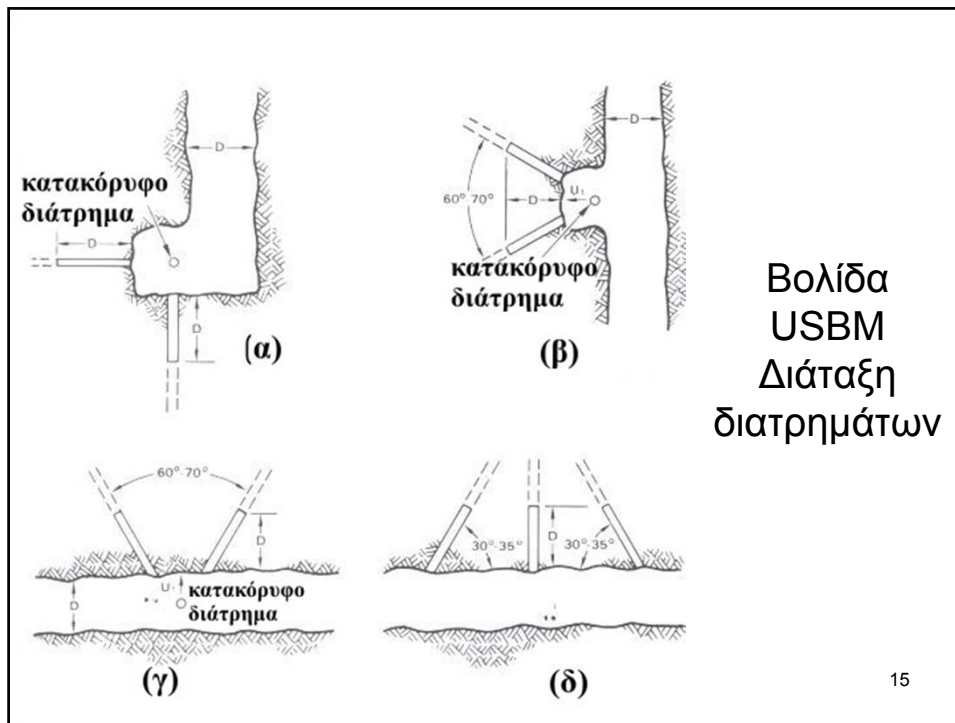
13

Μέθοδοι υπερδιάτρησης γεωτρήσεων



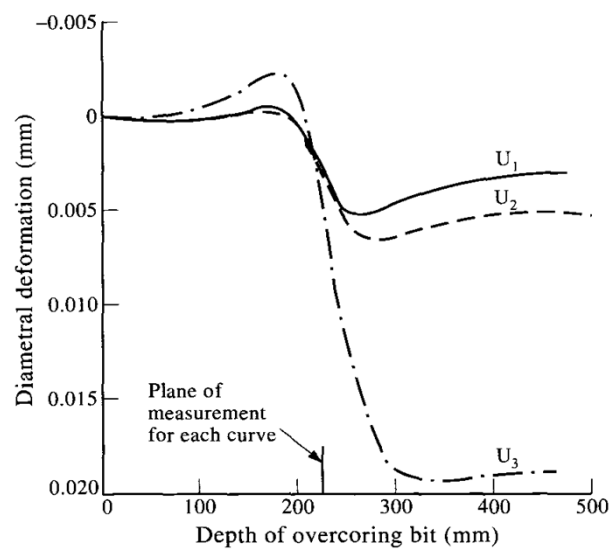
Βολίδα υπερδιάτρησης USBM

14



15

Στοιχεία που λαμβάνονται κατά τη διάρκεια μιας δοκιμής υπερδιάτρησης USBM.



16

Κύριες τάσεις

$$P + Q = \{E/[3d(1 - 2\nu^2)]\}(U_1 + U_2 + U_3)$$

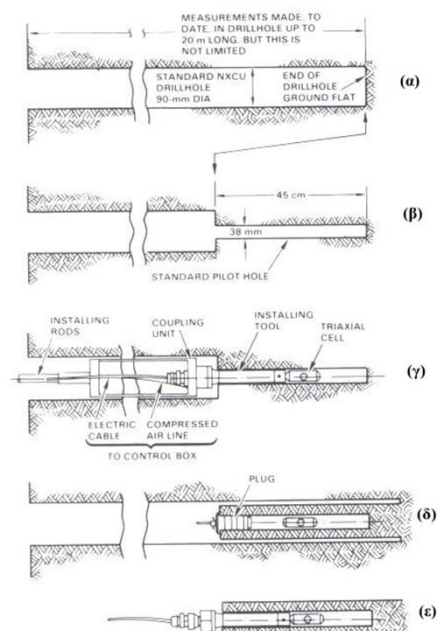
$$P - Q = \{\nu^2 \cdot E/[6d \cdot (1 - \nu^2)]\}\{(U_1 - U_2)^2 + (U_2 - U_3)^2 + (U_1 - U_3)^2\}$$

$$\tan 2\theta = \nu^3(U_2 - U_3)/[2U_1 - U_2 - U_3]$$

P και Q: η μέγιστη και ελάχιστη κύρια τάση, αντίστοιχα, στο επίπεδο το κάθετο στη γεώτρηση

θ: η γωνία από την U_1 στη μέγιστη τάση P

17



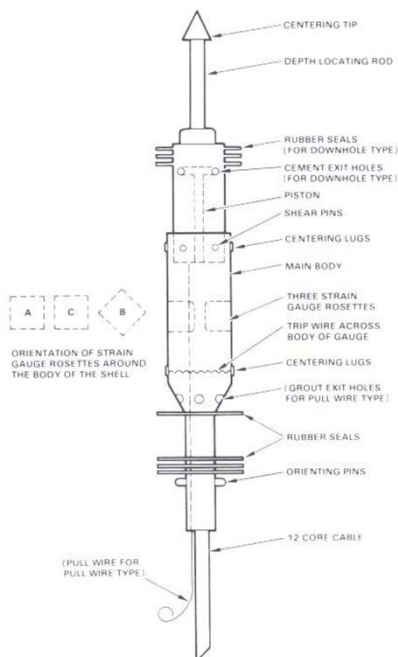
Απεικόνιση
της χρήσης
της
τριαξονικής
κυψέλης
CSIR

18

Κελί CSIRO HI



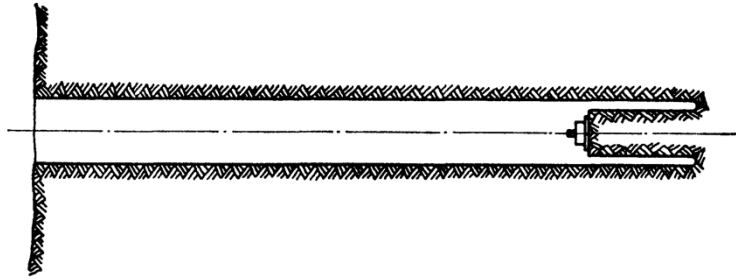
19



Σχηματική
διάταξη της
κυψέλης
CSIRO HI

20

Μετρήσεις στον πυθμένα γεώτρησης



21

Δυνατότητες μέτρησης των άμεσων μεθόδων

Επίπεδος γρύλος

$$\begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ & \sigma_{yy} & \sigma_{yz} \\ \text{symmetry} & & \sigma_{zz} \end{bmatrix}$$

Υδραυλική θραύση

$$\begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ & \sigma_{yy} & \sigma_{yz} \\ \text{symmetry} & & \sigma_{zz} \end{bmatrix}$$

Βολίδα υπερδιάτρησης USBM

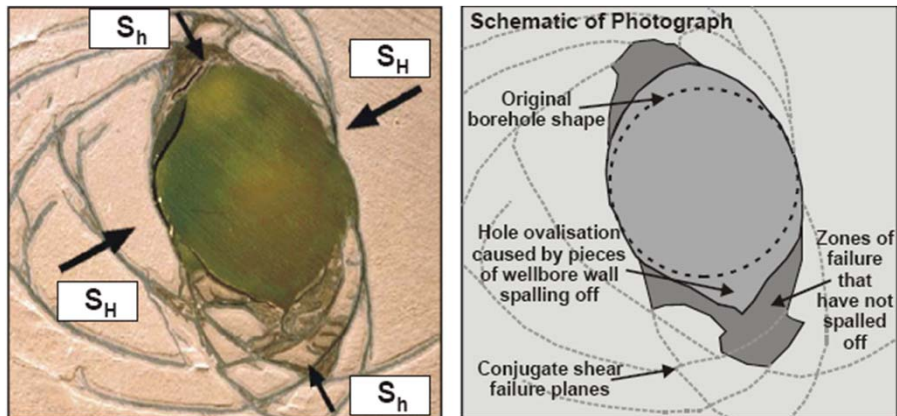
$$\begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ & \sigma_{yy} & \sigma_{yz} \\ \text{symmetry} & & \sigma_{zz} \end{bmatrix}$$

Μετρητής υπερδιάτρησης CSIRO

$$\begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ & \sigma_{yy} & \sigma_{yz} \\ \text{symmetry} & & \sigma_{zz} \end{bmatrix}$$

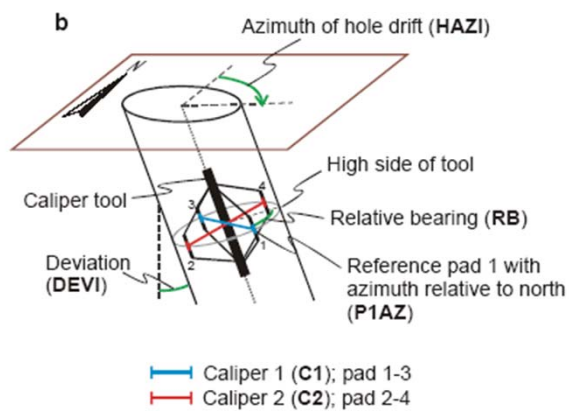
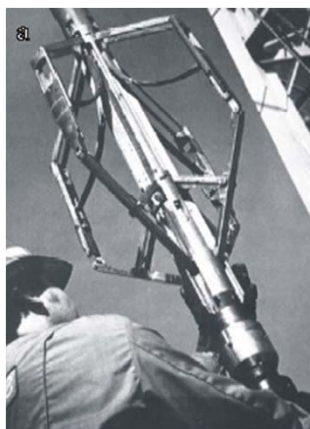
22

Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών σε κυλίνδρους με οπή



23

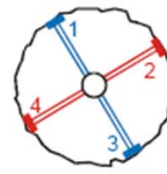
Μετρητής διαμέτρου γεώτρησης, με τέσσερις βραχίονες



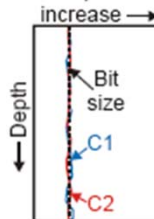
Συνήθεις τύποι διευρυμένης γεώτρησης



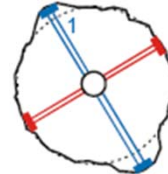
(a) In gauge hole



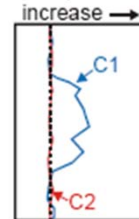
Caliper increase →



(b) Breakout



Caliper increase →



25

Πρόβλεψη του φυσικού εντατικού πεδίου με βάση τη θεωρία ελαστικότητας

K για Ισοτροπία

$$\sigma_{xx} = \frac{\nu}{1-\nu} \sigma_{zz} \Rightarrow K = \frac{\nu}{1-\nu}$$

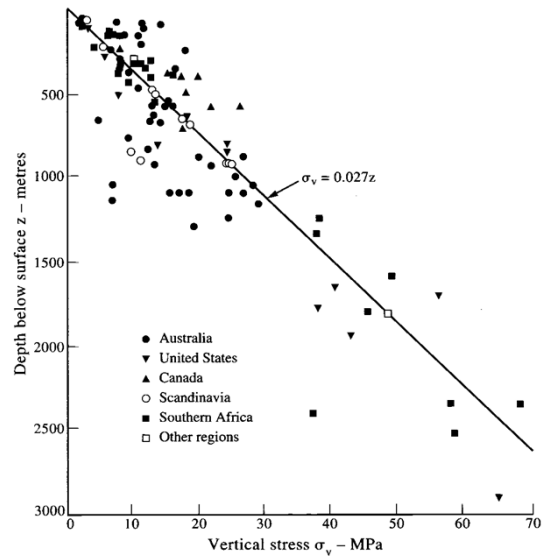
$$\nu = 0 \Rightarrow K = 0$$

$$\nu = 0.33 \Rightarrow K = 0.5$$

$$\nu = 0.5 \Rightarrow K = 1$$

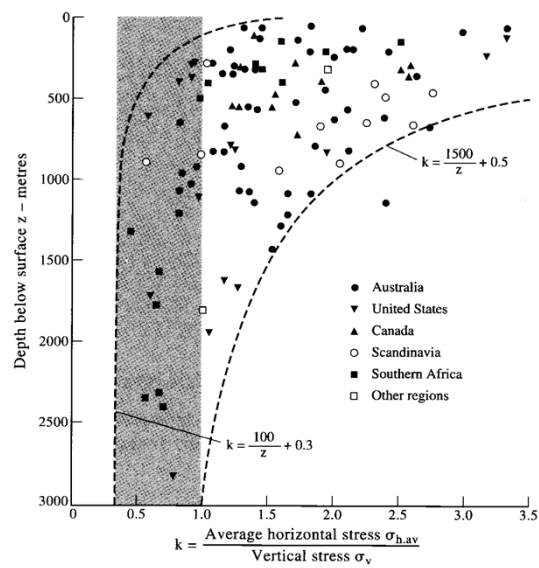
26

Παγκόσμια καταγεγραμμένα στοιχεία της κατακόρυφης συνιστώσας της τάσης (Hoek and Brown, 1980).



27

Παγκόσμια καταγεγραμμένα στοιχεία του συντελεστή πλευρικής ώθησης του πετρώματος (Hoek and Brown, 1980).



28

Αυστραλία. Κατανομή των κυρίων τάσεων

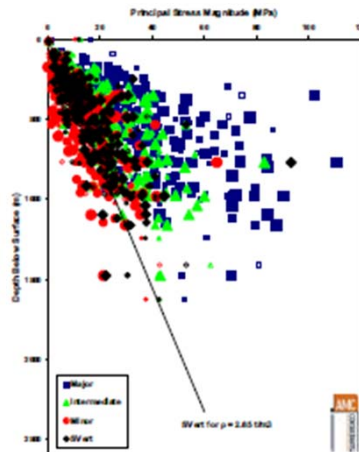


Figure 2: Australia - Principal stress magnitudes vs depth

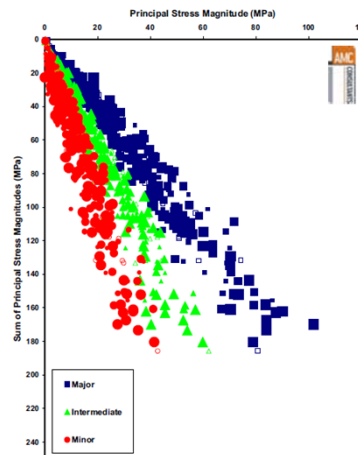


Figure 4: Australia - Principal stress magnitudes vs 1st invariant

29

Β.Α. Κατανομή των κυρίων τάσεων

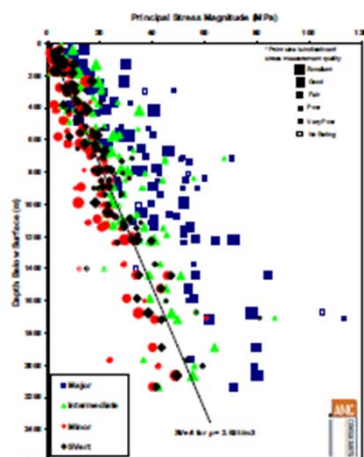


Figure 3: North American - Principal stress magnitudes vs depth

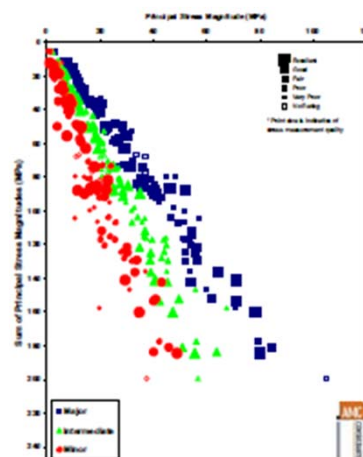


Figure 5: North America - Principal stress magnitudes vs 1st invariant

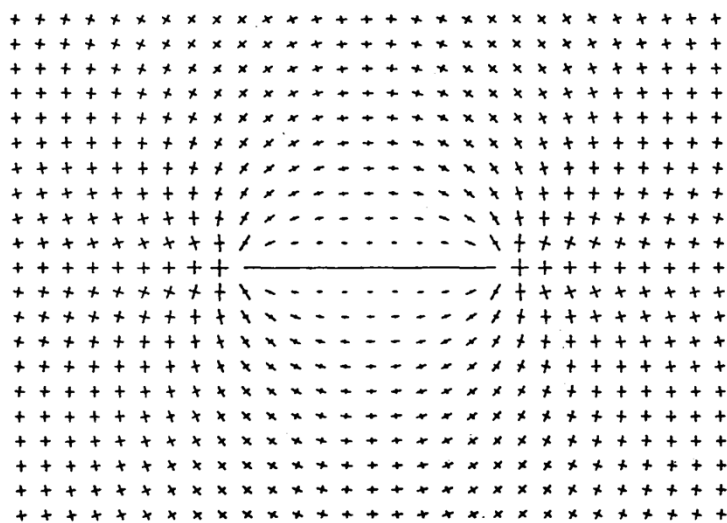
30

Αιτίες απόκλισης

- Διάβρωση
- Τεκτονική δραστηριότητα
- Ανισοτροπία του πετρώματος
- Ασυνέχειες
- Καμπυλότητα της γης
- Τοπογραφικό ανάγλυφο
- Άλλοι παράγοντες

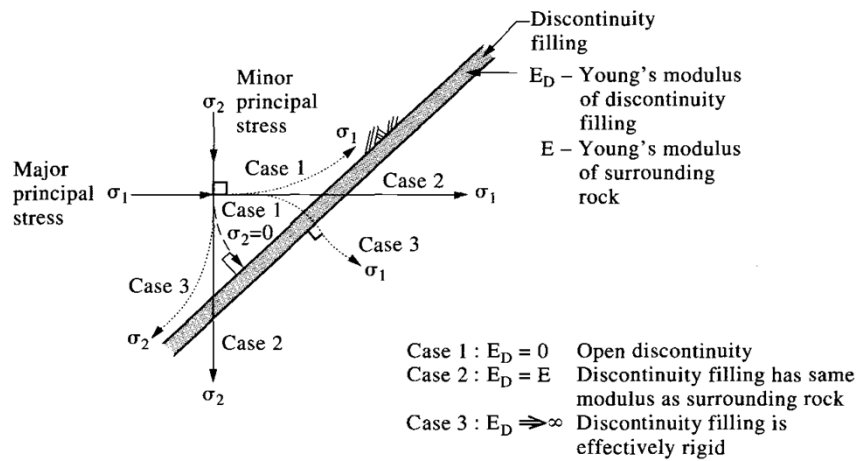
31

Παράδειγμα επίδρασης μιας ασυνέχειας στην κατάσταση του εγγύς πεδίου των τάσεων, για υδροστατικό διδιάστατο εντατικό πεδίο και μία ασυνέχεια που έχει μέτρο παραμόρφωσης 10% του περιβάλλοντος πετρώματος (Hyett, 1990).

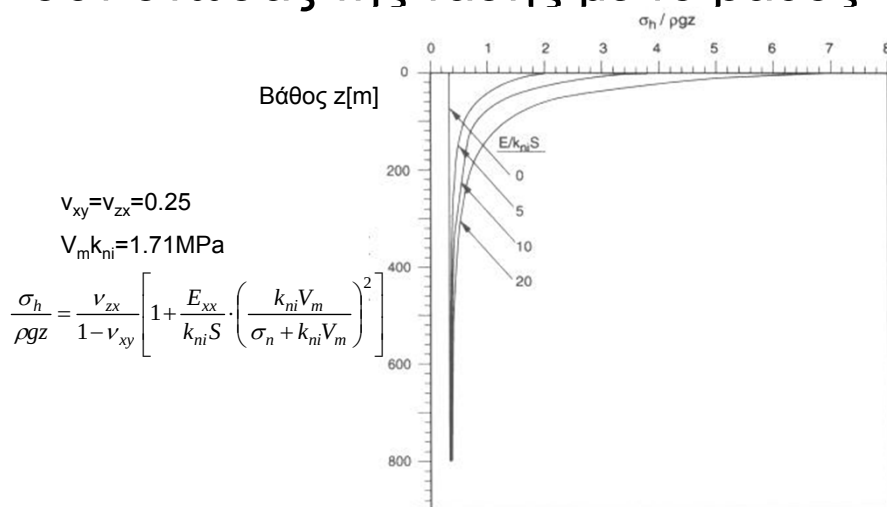


32

Επίδραση της δυστροπίας του υλικού πλήρωσης ασυνέχειας στην κατάσταση των τάσεων. Παρουσιάζονται δύο ακραίες περιπτώσεις του μέτρου ελαστικότητας του υλικού πλήρωσης: μηδέν (περίπτωση 1) και άπειρο (περίπτωση 3)-καθώς και η ενδιάμεση περίπτωση που η πλήρωση ασυνέχειας έχει το ίδιο μέτρο με το περιβάλλον πέτρωμα (περίπτωση 2).



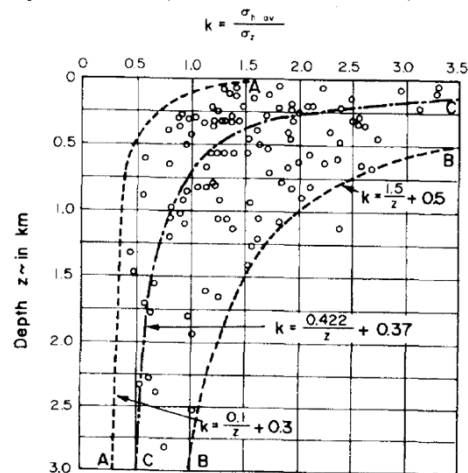
Μεταβολή της οριζόντιας συνιστώσας της τάσης με το βάθος



Θεώρηση καμπυλότητας της γης

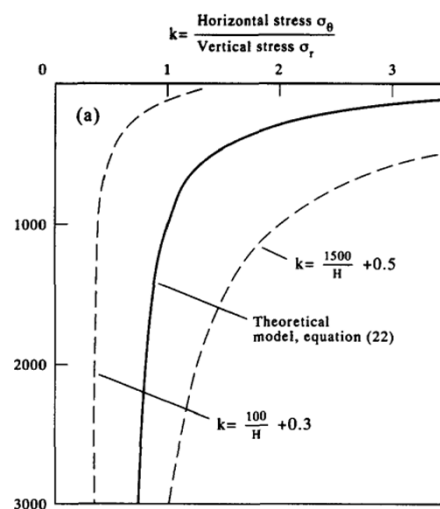
Θεώρηση ομοιογενούς ισότροπου φλοιού επί ασυμπίεστου μανδύα (McCutchen 1982)

- για πάχος φλοιού $t=40\text{km}$
- μέση πυκνότητα πετρωμάτων $\rho=2700\text{kg/m}^3$,
- λόγο Poisson $\nu=0.25$,
- και ακτίνα γης 6400km ,



35

Θεώρηση ανομοιογενούς ελαστικού φλοιού επί ελαστικού μανδύα, και μεταβολή της θερμοκρασίας με το βάθος (Sheorey, 1994).



36