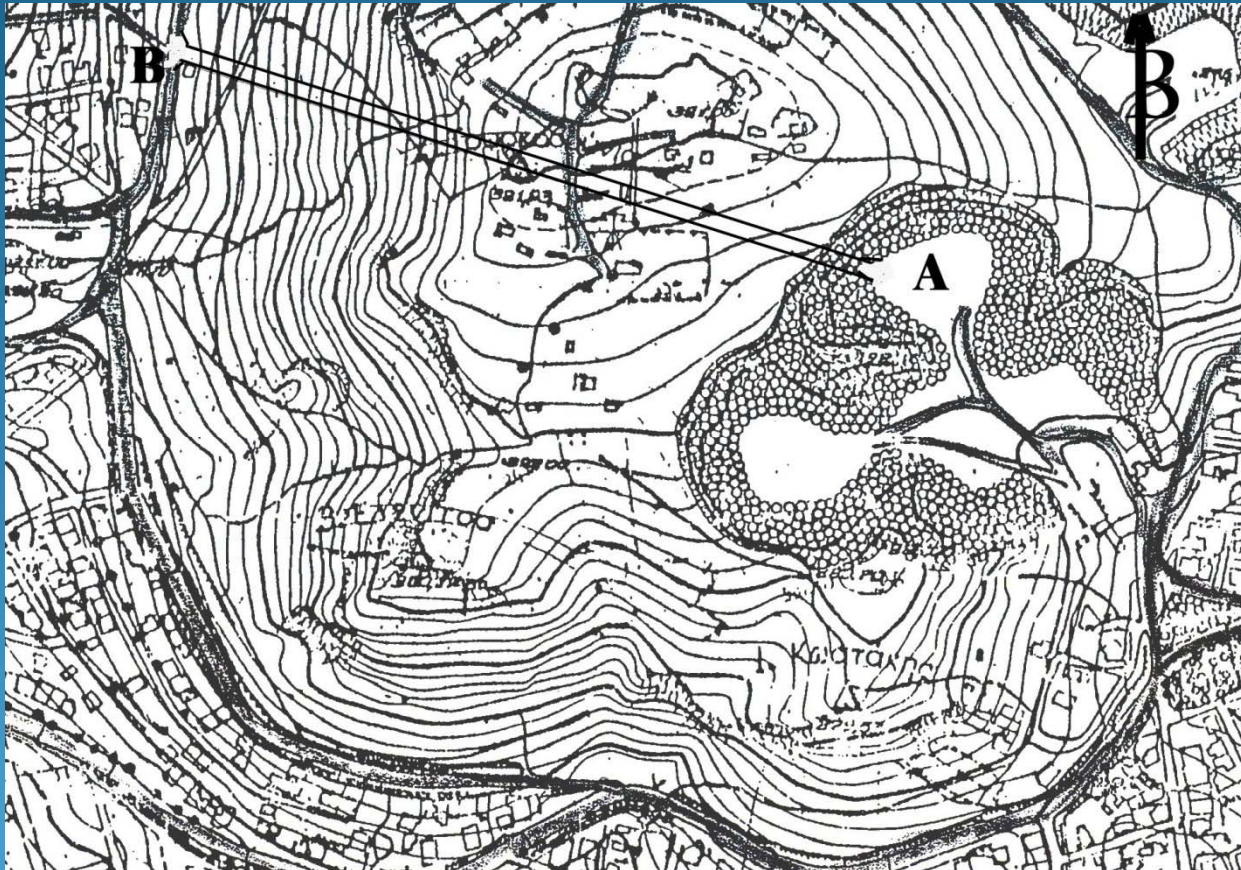


ΑΣΚΗΣΗ 9^η

ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ ΚΑΤΑ GSI



Δείκτης GSI

Ο Hoek κ.α., στην προσπάθεια βελτίωσης του κριτηρίου αστοχίας, που είχε διατυπωθεί από τους Hoek & Brown, διαπίστωσαν ότι η χρήση του κριτηρίου εκτός από τα υγιή πετρώματα, μπορεί να επεκταθεί και σε πολύ κατακερματισμένες βραχομάζες, αν πέρα από την προϋπόθεση της ομοιογένειας και ισοτροπίας, βρεθεί τρόπος εύκολου υπολογισμού των παραμέτρων που υπεισέρχονται στον τύπο και αφορούν στα χαρακτηριστικά της βραχομάζας και του υγιούς πετρώματος.

Το κριτήριο αστοχίας είναι της μορφής :

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \left\langle m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right\rangle^a$$

όπου,

- m_b = η τιμή της σταθεράς m (του υλικού) για τη βραχομάζα (m_i η αντίστοιχη για υγιές πέτρωμα),
- s & a = σταθερές των χαρακτηριστικών της βραχομάζας,
- σ_{ci} = η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη του υγιούς πετρώματος,
- σ'_1 & σ'_3 = οι αξονική και η πλευρική ενεργή τάση αντίστοιχα.

Η πρακτική αξία του ανωτέρω τύπου του κριτηρίου, αλλά και των διάφορων παραλλαγών του, **έγκειται στον εύκολο προσδιορισμό των τριών σταθερών m_b , s και a .**

Η αρχική πρόταση των Hoek & Brown για προσδιορισμό των παραμέτρων αυτών ήταν με τη βοήθεια του συστήματος ταξινόμησης RMR του 1976, με την προϋπόθεση τελείως στεγνών συνθηκών και πολύ ευνοϊκού προσανατολισμού ασυνεχειών.

Η πρόταση αυτή δεν ήταν αποδεκτή **για πολύ πτωχές ποιοτικά βραχομάζες (RMR<25)**.

Για να ξεπεραστεί το πρόβλημα αυτό, οι συγγραφείς που είχαν ασχοληθεί με τη βελτίωση του κριτηρίου, **πρότειναν τη χρήση ενός νέου δείκτη που τον ονόμασαν GSI**.

Το εύρος τιμών του δείκτη αυτού κυμαινόταν από **10 για την πάρα πολύ πτωχή ποιοτικά βραχομάζα μέχρι 100 για το υγιές πέτρωμα**.

Για τιμές του GSI αδιατάρακτης βραχομάζας >25 οι αναγκαίες σταθερές προσδιορίζονται από τις σχέσεις:

$$m_b = m_i \exp\left[\frac{GSI - 100}{28}\right]$$

$$s = \exp\left[\frac{GSI - 100}{9}\right]$$

ενώ για GSI αδιατάρακτης βραχομάζας <25

$$s = 0$$

$$a = 0.65 - \frac{GSI}{200}$$

Οι τιμές της σταθεράς m_i για άρρηκτο (ακέραιο) βράχο ανά κατηγορία. (Οι τιμές σε παρένθεση είναι εκτιμήσεις), από Σακελλαρίου, 2008.

ΤΥΠΟΣ	ΟΜΑΔΑ		ΣΥΣΤΑΣΗ			
			ΑΔΡΗ	ΜΕΣΗ	ΛΕΠΤΗ	ΠΟΛΥ ΛΕΠΤΗ
ΙΣΑΝΟΒΕΗ	Κλαστικά		Κροκαλοπαγή *	Ψαμμίτες 17 ± 4	Ιλυόλιθοι 7 ± 2	Αργιλόλιθοι 4 ± 2
			Λατυποπαγή *		Γραουβάκες (18 ± 3)	Αργ. Σχιστόλιθοι (6 ± 2)
						Μάργες (7 ± 2)
	Μη κλαστικά	Ανθρακικά	Κρυσταλλικοί Ασβεστόλιθοι (12 ± 3)	Σπαριτικοί Ασβεστόλιθοι (10 ± 2)	Μικριτικοί Ασβεστόλιθοι (9 ± 2)	Δολομίτες (9 ± 3)
		Εβαπτορίτες	Γύψος 8 ± 2	Ανωδρίτης 12 ± 2		
		Οργανικά				Κρητίν 7 ± 2
ΜΕΣΟΚΡΙΣΙΜΑ	Μη πτυχωμένα		Μάρμαρο 9 ± 3	Χαλαζίτες 20 ± 3	Κερατόλιθοι (19 ± 4)	
				Μεταψαμμίτες (19 ± 3)		
	Ελαφρά πτυχωμένα		Μιγματίτες (29 ± 3)	Αμφιβολίτες 26 ± 6	Γνεύσιοι 28 ± 5	
	Πτυχωμένα **			Σχιστόλιθοι 12 ± 3	Φυλλίτες (7 ± 3)	Σχίστες 7 ± 4
ΠΥΡΙΤΗ	Πλουτώμα	Ανοιχτόχρωμα	Γρανίτης 27 ± 3	Διορίτης (25 ± 5)		
			Γρανодиότης (29 ± 3)			
		Σκοτεινόχρωμα	Γάββρος 27 ± 3	Δολερίτης (16 ± 5)		
			Νορίτης 20 ± 5			
	Υποαβυσσικά		Πορφύρης (20 ± 5)		Διαβάσης (15 ± 5)	Περιδοτίτης (25 ± 5)
	Ηφαιστειακά	Λάβα		Ρυόλιθος (25 ± 5)	Δακίτης (25 ± 5)	
				Ανδεσίτης 15 ± 5	Βασάλτης (25 ± 5)	
		Πυροκλαστικά	Ηφ. Κροκαλοπαγή (19 ± 3)	Ηφ. Λατυποπαγή (19 ± 3)	Τόφφοι (19 ± 3)	

* Τα κροκαλοπαγή και τα λατυποπαγή μπορεί να παρουσιάσουν ένα ευρύ πεδίο τιμών της σταθεράς m_i ανά-λογα με την φύση του συγκολλητικού υλικού και τον βαθμό συγκόλλησης, και έτσι μπορεί να έχουν τιμές παρόμοιες με αυτές των ψαμμιτών μέχρι και τιμές που χρησιμοποιούνται και λεπτόκοκκα ιζηματογενή πετρώματα (ακόμη και < 10).

** Αυτές οι τιμές αφορούν δείγματα του ακέραιου πετρώματος (άρρηκτου βράχου) δοκιμασμένα κάθετα στις στρώσεις ή στην φύλλωση. Η τιμή της σταθεράς m_i μπορεί να είναι διαφορετική σε σημαντικό βαθμό εάν η αστοχία πραγματοποιηθεί κατά μήκος ενός αδύναμου επιπέδου.

Στη συνέχεια για να ποσοτικοποιηθούν οι άγνωστες παράμετροι του κριτηρίου, προέκυψαν σχέσεις μεταξύ GSI και των γνωστών ταξινομήσεων της βραχομάζας όπως RMR, και Q-system.

Πράγματι, αρχικά για $RMR_{76} > 18$ και με τις προϋποθέσεις της πλήρως στεγνής βραχομάζας (βαθμονόμηση για την κατάσταση από πλευράς νερού 10), του πολύ ευνοϊκού προσανατολισμού των ασυνεχειών (τιμή προσαρμογής προσανατολισμού ασυνεχειών = 0), βρέθηκε ότι ισχύει η **σχέση $GSI = RMR_{76}$** .

Για $RMR_{76} < 18$ δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί η RMR_{76} , οπότε για προσδιορισμό του GSI χρησιμοποιείται η τιμή “Q” (Barton et. al.)

Με την τροποποίηση του RMR (Bieniawski, RMR_{89}), **η μικρότερη τιμή που μπορεί να ληφθεί για το RMR είναι 23**. Τότε, η τιμή για στεγνή βραχομάζα ήταν 15 πλέον και όχι 10 (RMR_{76}) και με πάλι αποδεκτό τον πολύ ευνοϊκό προσανατολισμό ασυνεχειών (τιμή = 0), βρέθηκε να ισχύει η σχέση **$GSI = RMR_{89} - 5$** , για **$RMR_{89} > 23$** . Ξανά για $RMR_{89} < 23$ χρησιμοποιείται η τιμή “Q” των Barton et. al.

Αναλύοντας περισσότερο τη σχέση GSI και τιμής Q, στην τελευταία περίπτωση ο Hoek και οι συνεργάτες του διαπίστωσαν ότι υπάρχει μια πολύ καλή σχέση υπολογισμού του GSI, σύμφωνα με τον τύπο:

$$GSI = 9 \cdot \ln Q' + 44,$$

όπου ο Q' (τροποποιημένος δείκτης ποιότητας) προκύπτει από τη γνωστή σχέση του Barton,

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

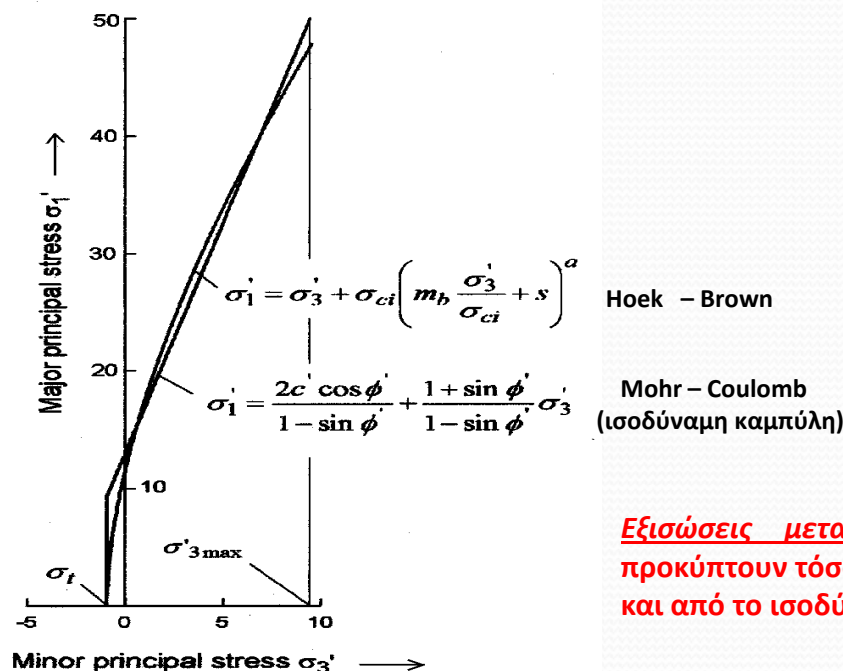
αν δεχτούμε ότι για τις παραμέτρους J_w (για το νερό που κυκλοφορεί στις ασυνέχειες) και SRF (παράγων για τις τάσεις) η τιμή είναι ίση με τη μονάδα, δηλαδή υποθέτοντας ότι υπάρχουν ξηρές συνθήκες και κατάσταση μέτρων τάσεων.

Σε αυτή την περίπτωση η τιμή Q γίνεται Q' , όπου:

$$Q' = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a}$$

(η μικρότερη τιμή του Q' είναι 0.0208) όποτε το GSI περίπου 9,
που αντιστοιχεί σε διατμητική ζώνη ή σε παχιά αργιλική
πλήρωση ρήγματος.

Επειδή στα περισσότερα λογισμικά χρησιμοποιείται το κριτήριο
Mohr – Coulomb, υπάρχουν επίσης τρόποι υπολογισμού της
ισοδύναμης γωνίας τριβής και συνοχής, για κάθε βραχομάζα και
εύρος τιμών τάσεων με τη χρήση των σταθερών για τις τιμές
αντοχής και της κύριας και πλευρικής δρώσας τάσης.



Εξισώσεις μεταξύ κυρίων τάσεων όπως αυτές
προκύπτουν τόσο από το κριτήριο Hoek – Brown όσο
και από το ισοδύναμο κριτήριο Mohr - Coulomb.

Σύμφωνα με τον Σακελλαρίου, 2008, από τη μέση γραμμική σχέση για ένα εύρος τιμών της ελάχιστης κύριας τάσης στην προηγούμενη καμπύλη, που ορίζεται από την ανισότητα $\sigma_t < \sigma_3 < \sigma'_{3\max}$, δίνονται τα c' και ϕ' της βραχομάζας ως:

$$\phi' = \sin^{-1} \left[\frac{6am_b \cdot (s + m_b \sigma'_{3n})^{(a-1)}}{2(1+a) \cdot (2+a) + 6am_b \cdot (s + m_b \sigma'_{3n})^{(a-1)}} \right] \quad c' = \frac{\sigma_{ci} \left[(1+2a) \cdot s + (1-a) \cdot m_b \sigma'_{3n} \right] \cdot (s + m_b \sigma'_{3n})^{(a-1)}}{(1+a) \cdot (2+a) \cdot \sqrt{1 + \left(6am_b \cdot (s + m_b \sigma'_{3n})^{(a-1)} \right) / ((1+a) \cdot (2+a))}}$$

Σε κάποιες περιπτώσεις όμως χρειάζεται η συνολική αντοχή της βραχομάζας (περίπτωση κολώνας μεταλλείου). Τότε αυτή υπολογίζεται από τη σχέση Mohr – Coulomb : $\sigma'_{cm} = \frac{2c' \cos \phi'}{1 - \sin \phi'}$ και με αντικατάσταση των c' και ϕ'

παίρνουμε

$$\sigma'_{cm} = \sigma_{ci} \cdot \frac{\left(m_b + 4s - a \cdot (m_b - 8s) \right) \cdot \left(m_b / 4 + s \right)^{(a-1)}}{2 \cdot (1+a) \cdot (2+a)}$$

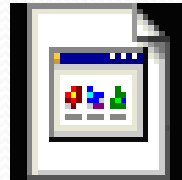
Τελικός σχολιασμός

Το κριτήριο Hoek – Brown, *το οποίο υποθέτει ισότροπη συμπεριφορά της βραχομάζας*, πρέπει μόνο να εφαρμόζεται στις βραχομάζες με επαρκή αριθμό ασυνεχειών, πολύ κοντά η μία στην άλλη και με παρόμοια τα χαρακτηριστικά των επιφανειών τους.

Ακόμη, εφαρμόζεται όπου η περιοχή έρευνας είναι μεγάλη και το μέγεθος των τεμαχίων είναι μικρό.

Στις περιπτώσεις όπου όμως το μέγεθος των τεμαχίων έχουν την ίδια τάξη μεγέθους με την υπό ανάλυση περιοχή (π.χ. πρανές), ή όταν ένα από τα σετ των ασυνεχειών είναι σημαντικά πιο αδύναμο από τα υπόλοιπα, *η ευστάθεια πρέπει να αναλυθεί* έχοντας υπ' όψιν μηχανισμούς αστοχίας που περιλαμβάνουν *περιστροφή* των τεμαχίων, αλλά και *σφήνες* οριζόμενες από διασταυρώσεις ασυνεχειών.

Για την ανάλυση του κριτηρίου Hoek – Brown, ο Hoek χρησιμοποιεί τα προγράμματα “RocLab” και “RocData”.



Roclab.Ink

Για παράδειγμα το “RocLab” περιλαμβάνει πίνακες και σχήματα για την εκτίμηση των παραμέτρων του κριτηρίου με χρήση της μοναξονικής αντοχής σε θλίψη των στοιχείων του ακέрайου πετρώματος (σ_{ci}), της σταθεράς του υλικού (m_i) και του Γεωλογικού Δείκτη Αντοχής (GSI).

Πλέον πρόσφατα, ο προσδιορισμός του GSI γίνεται στην ύπαιθρο με τη χρήση Πίνακα, που συνδυάζει τις ακριβείς παρατηρήσεις των λιθολογικών συνθηκών, τη δομή της βραχομάζας και την κατάσταση των ασυνεχειών που τη διασχίζουν.

Παράμετροι γεωλογικού δείκτη αντοχής (GSI) για κερματισμένα πετρώματα (από Hoek).

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΡΗΓΜΑΤΩΜΕΝΟΥΣ ΒΡΑΧΟΥΣ (Hoek and Marinos, 2000) Βασίζονται στην εμφάνιση της βραχόμαζας (περιγραφή δομής και κατάσταση επιφανείας ασυνεχειών) εκτιμήστε τη μέση τιμή του GSI, χωρίς υποχρεωτικά μεγάλη ακρίβεια. Το να επιλέξετε ένα εύρος τιμών από 33 ως 37 είναι πιο ρεαλιστικό από το να δηλώσετε ότι GSI=35. Σημειώνεται ότι ο Πίνακας δεν εφαρμόζεται σε κινηματικά ελεγχόμενες αστάθειες. Στην περίπτωση που οι ασθενείς επιπέδες επιφανείες έχουν μη ευνοϊκό προσανατολισμό σε σχέση με το πρηνές εκσκαφής, τότε αυτές καθορίζουν την συμπεριφορά της βραχόμαζας. Η διατμητική αντοχή επιφανειών σε βράχους που υπόκεινται σε εξασθένιση λόγω διακύμανσης της περιεκτικότητας σε υγρασία, είναι περαιτέρω μειωμένη όταν υπάρχει νερό. Όταν, οι βραχόμαζες ανήκουν στις μέτριες έως πτωχές κατηγορίες και υπάρχει νερό τότε μετακινούμαστε προς τα δεξιά. Η υδροστατική πίεση λαμβάνεται υπόψη με την ανάλυση ενεργών τάσεων.		ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΑΣ	ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ Πολύ τραχείες, μη αποσαθρωμένες επιφάνειες	ΚΑΛΗ Τραχείες, ελαφρά αποσαθρωμένες και οξείδωμένες επιφάνειες	ΜΕΤΡΙΑ Λείες, μετρίως αποσαθρωμένες και εξαιλιωμένες επιφάνειες	ΠΤΩΧΗ Επιφανείες ολίσθησης, πολύ αποσαθρωμένες με συμπληρωματικά ή υλικά πλήρωσης με γωνιώδη βράσματα	ΠΟΛΥ ΠΤΩΧΗ Επιφανείες ολίσθησης πολύ αποσαθρωμένες με μαλακό αργιλικό υλικό πλήρωσης
ΔΟΜΗ		ΜΕΙΟΥΜΕΝΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ →					
	INTACT OR MASSIVE - Άρρηκτα βραχώδη τεμάχια ή άστρωτος βράχος με λίγες ασυνέχειες σε μεγάλη απόσταση	90				N/A	N/A
	BLOCKY - Αδιατάρακτη βραχόμαζα με πολύ καλό αλληλοκλείδωμα που αποτελείται από κυβικά τεμάχια οριζόμενα από τρεις ορθογώνια τεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών	80					
	VERY BLOCKY- Μερικώς διαταραγμένη βραχόμαζα με πολύπλευρα γωνιώδη τεμάχια (blocks) που σχηματίζονται από τέσσερις ή περισσότερες οικογένειες ασυνεχειών	70					
	BLOCKY/DISTURBED/SEAMY Πτυχωμένη με γωνιώδη τεμάχια που σχηματίζονται από πολλές αλληλοτεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών. Εμμονή στρώσης ή σχιστότητας	60					
	DISINTEGRATED - Ισχυρά κερματισμένη βραχόμαζα με πτωχό αλληλοκλείδωμα και με ταυτόχρονη παρουσία γωνιωδών και αποστρωγυλωμένων τεμαχίων	50					
	LAMINATED/SHEARED - Φυλλώδης ή σχιστοποιημένη και τεκτονικώς διατμημένη ασθενής βραχόμαζα. Η σχιστότητα επικρατεί έναντι οποιασδήποτε άλλης οικογένειας ασυνεχειών εμποδίζοντας την δημιουργία νευριδίων τεμαχίων	40					
	LAMINATED/SHEARED - Φυλλώδης ή σχιστοποιημένη και τεκτονικώς διατμημένη ασθενής βραχόμαζα. Η σχιστότητα επικρατεί έναντι οποιασδήποτε άλλης οικογένειας ασυνεχειών εμποδίζοντας την δημιουργία νευριδίων τεμαχίων	30					
	LAMINATED/SHEARED - Φυλλώδης ή σχιστοποιημένη και τεκτονικώς διατμημένη ασθενής βραχόμαζα. Η σχιστότητα επικρατεί έναντι οποιασδήποτε άλλης οικογένειας ασυνεχειών εμποδίζοντας την δημιουργία νευριδίων τεμαχίων	20					
	LAMINATED/SHEARED - Φυλλώδης ή σχιστοποιημένη και τεκτονικώς διατμημένη ασθενής βραχόμαζα. Η σχιστότητα επικρατεί έναντι οποιασδήποτε άλλης οικογένειας ασυνεχειών εμποδίζοντας την δημιουργία νευριδίων τεμαχίων	10	N/A	N/A			

Ο καθορισμός του GSI για τις ετερογενείς βραχομάζες όπως των κυκλοθεματικών σχηματισμών (π.χ. φλύσξης), παρουσιάζει δυσκολίες.

Όταν υπερτερούν π.χ. οι στρώσεις των αργίλων σε πάχος, όλος ο σχηματισμός χαρακτηρίζεται από τις ιδιότητες των αργίλων, ενώ όταν στη σειρά επικρατούν παχιά στρώματα ψαμμιτών, αυτά είναι που καθορίζουν τη συμπεριφορά του σχηματισμού.

Για τον λόγο αυτό πρέπει να είναι γνωστή η λιθολογική σύσταση του κυκλοθεματικού σχηματισμού, π.χ. του φλύσχη, σε κάθε θέση που ενδιαφέρει.

Λόγω έργων σε τέτοιους σχηματισμούς, καθίσταται αναγκαία η χρήση πλέον εξειδικευμένων πινάκων.

Ως εκ τούτου, και με σκοπό να ενταχθούν και οι βραχομάζες αυτού του είδους, στο σύστημα GSI, οι Marinos & Hoek, διαμόρφωσαν σχετικό πίνακα για τις ανάγκες ταξινόμησης των μαλακών βραχωδών (κυκλοθεματικών) σχηματισμών του Ελληνικού χώρου, όπως ο φλύσξης, κλπ.

COMPOSITION AND STRUCTURE		SURFACE CONDITIONS OF DISCONTINUITIES				
		VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
	A. Thick bedded, very blocky sandstone The effect of pelitic coatings on the bedding planes is minimized by the confinement of the rock mass. In shallow tunnels or slopes these bedding planes may cause structurally controlled instability.	70	60			
	B. Sandstone with thin inter-layers of siltstone		50			
	C. Sandstone and siltstone in similar amounts					
	D. Siltstone or silty shale with sandstone layers					
	E. Weak siltstone or clayey shale with sandstone layers					
C, D, E and G - may be more or less folded than illustrated but this does not change the strength. Tectonic deformation, faulting and loss of continuity moves these categories to F and H.			40			
	F. Tectonically deformed, intensively folded/faulted, sheared clayey shale or siltstone with broken and deformed sandstone layers forming an almost chaotic structure			30		
	G. Undisturbed silty or clayey shale with or without a few very thin sandstone layers				20	
	H. Tectonically deformed silty or clayey shale forming a chaotic structure with pockets of clay. Thin layers of sandstone are transformed into small rock pieces.					10
→ : Means deformation after tectonic disturbance						

Λόγω διαχωρισμού σκληρών - μαλακών στρώσεων, η επαφή των φαμμιτικών στρωμάτων μεταξύ τους είναι περιορισμένη. Άρα δεν χρησιμοποιούνται οι ιδιότητές τους για την αντοχή της βραχομάζας. Από την άλλη, είναι συντηρητική η χρήση του ιλυόλιθου αφού συμμετέχει και ο φαμμίτης στην αντοχή της βραχομάζας.

Άρα, συνιστάται η χρήση ενός “Σταθμισμένου Μέσου Όρου” των ιδιοτήτων αντοχής ισχυρών και αδύνατων στρωμάτων. Προτεινόμενες τιμές των συνιστώντων μερών του “Σταθμισμένου Μέσου Όρου” παρουσιάζονται στο πίνακα (Σακελλαρίου, 2008).

Συνιστώμενες αναλογίες των τιμών του GSI για την εκτίμηση των ιδιοτήτων της βραχομάζας από φλύσχη

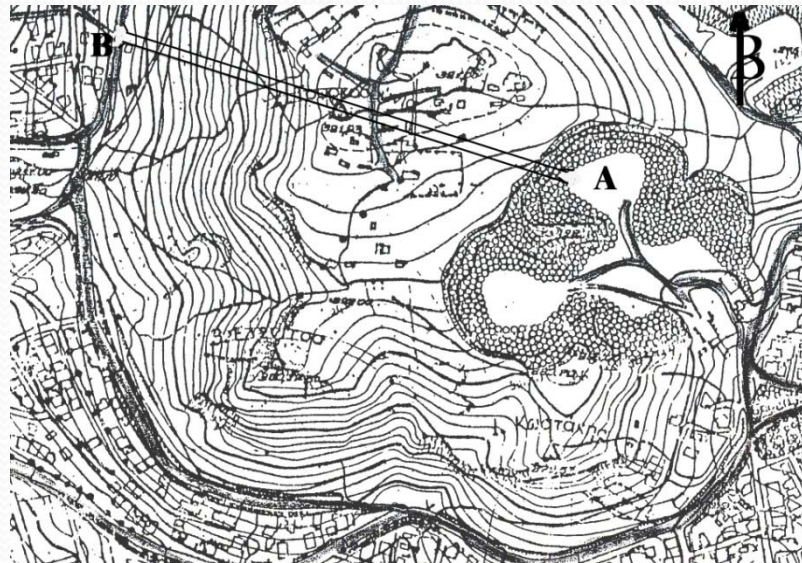
ΤΥΠΟΣ ΦΛΥΣΧΗ	ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΤΙΜΩΝ GSI ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΤΥΠΟ ΒΡΑΧΟΥ ΠΟΥ ΘΑ ΠΕΡΙΛΗΦΘΕΙ ΣΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΤΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΗΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ
A & B	Χρήση των τιμών GSI των ψαμμιτικών στρωμάτων
C	Μείωση κατά 20 % των τιμών GSI για τους ψαμμίτες και χρήση των κανονικών τιμών GSI για τους υνδολίθους
D	Μείωση κατά 40 % των τιμών GSI για τους ψαμμίτες και χρήση των κανονικών τιμών GSI για τους υνδολίθους
E	Μείωση κατά 40 % των τιμών GSI για τους ψαμμίτες και χρήση των κανονικών τιμών GSI για τους υνδολίθους
F	Μείωση κατά 60 % των τιμών GSI για τους ψαμμίτες και χρήση των κανονικών τιμών GSI για τους υνδολίθους
G	Χρήση των τιμών GSI των υνδολίθων ή των σχιστολίθων
H	Χρήση των τιμών GSI των υνδολίθων ή των σχιστολίθων



ΑΣΚΗΣΗ 9^η ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ II

ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ ΚΑΤΑ GSI

Για τις ανάγκες της μελέτης διάνοιξης της οδικής σήραγγας στη θέση A-B διαμέτρου 10m (από τη θέση A προς τη θέση B), ταξινομήστε τη βραχομάζα κατά GSI, με την παραδοχή ότι ισχύει για όλο το μήκος της το τεκτονικό καθεστώς που διαπιστώθηκε από τη μικροτεκτονική ανάλυση που έγινε στο πλαίσιο των ασκήσεων στα νταμάρια των Τουρκοβουνίων, θέση A).



Ισχύουν δηλαδή οι παράμετροι των ασυνεχειών που μετρήθηκαν στο πρανές του νταμαριού (απόσταση, άνοιγμα, συνέχεια, τραχύτητα, υλικό πλήρωσης, κλπ), ενώ θεωρείται ότι η ζώνη διέλευσης διέρχεται από τους ίδιους ασβεστολίθους που υπάρχουν στο πρανές μικροτεκτονικής ανάλυσης.

Έτσι σύμφωνα με τα δεδομένα της 7ης άσκησης, στο χώρο έρευνας η βραχομάζα διελαύνεται από έξι (6) συστήματα ασυνεχειών, τα γεωμετρικά στοιχεία των οποίων δίνονται στον Πίνακα που ακολουθεί.

Συστήματα ασυνεχειών στα πρανή του λατομείου Τουρκοβουνίων.

A/A	Διευθ. Μεγ. κλίσης	Μεγ. κλίση	Διεύθυνση				Κλίση			Χαρακτηρισμός
1.	274°	65°	B	4	°	A	65	°	NΔ	Διάρρηξη
2.	314°	57°	B	44	°	A	57	°	BΔ	Διάρρηξη
3.	073°	57°	B	17	°	Δ	57	°	BA	Διάρρηξη
4.	142°	74°	B	52	°	A	74	°	NA	Διάρρηξη
5.	209°	79°	B	61	°	Δ	79	°	NΔ	Διάρρηξη
6.	308°	85°	B	38	°	A	85	°	BΔ	Διάρρηξη

Επιπρόσθετα, ισχύει ότι τα συστήματα των καταγραφέντων ασυνεχειών χαρακτηρίζονται από:

- μικρή έως μέτρια συνέχεια (σπανιότερα μεγάλη),
- απόσταση που κυμαίνεται κυρίως από 5 έως 20 cm,
- ελαφρά τραχεία επιφάνεια,
- με μικρή αποσάθρωση (αποχρωματισμός των επιφανειών κάποιων κύριων ασυνεχειών),
- πολύ μικρό άνοιγμα (<1mm) καθώς και (1-5mm) ή και σπάνια με άνοιγμα >5mm,
- τοπική μόνο πλήρωση στιφρού (ασβεστίτη)
- χωρίς νερό το πρανές.

Υπενθυμίζεται ότι,

• Η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη των ασβεστολίθων, που μετρήθηκε με τη βοήθεια της δοκιμής σημειακής φόρτισης (Point Load Test), βρέθηκε 50MPa (500Kg/cm²).

•Το RQD που βρέθηκε να έχει τιμή ίση με 29%.

•Ο προσανατολισμός της σήραγγας (από Α προς Β) είναι 70° Δ.

Σύμφωνα με την κατάταξη της βραχομάζας κατά Bieniawski (7η άσκηση), αυτή είχε τελική βαθμονόμηση 53 (με απομείωση λόγω προσανατολισμού των ασυνεχειών ίση με -5), οπότε ανήκει στην κατηγορία III, δηλαδή χαρακτηρίζεται σαν μέτριο ποιοτικά πέτρωμα (Fair rock).

Επίσης σύμφωνα με την κατάταξη της βραχομάζας κατά Barton (8η άσκηση), αυτή είχε τελική βαθμονόμηση 0,6, οπότε ανήκει στην κατηγορία του πολύ κακής ποιότητας πέτρωμα.

A. Κατατάξετε τη βραχομάζα κατά GSI, χρησιμοποιώντας τα σχετικά στοιχεία με βάση την τιμή του RMR, αλλά και από το σχετικό πίνακα που προτείνει ο Hoek.

Ο τύπος για το RMR_{89} είναι $GSI = RMR_{89} - 5$ και ο πίνακας δίνεται στην επόμενη σελίδα.

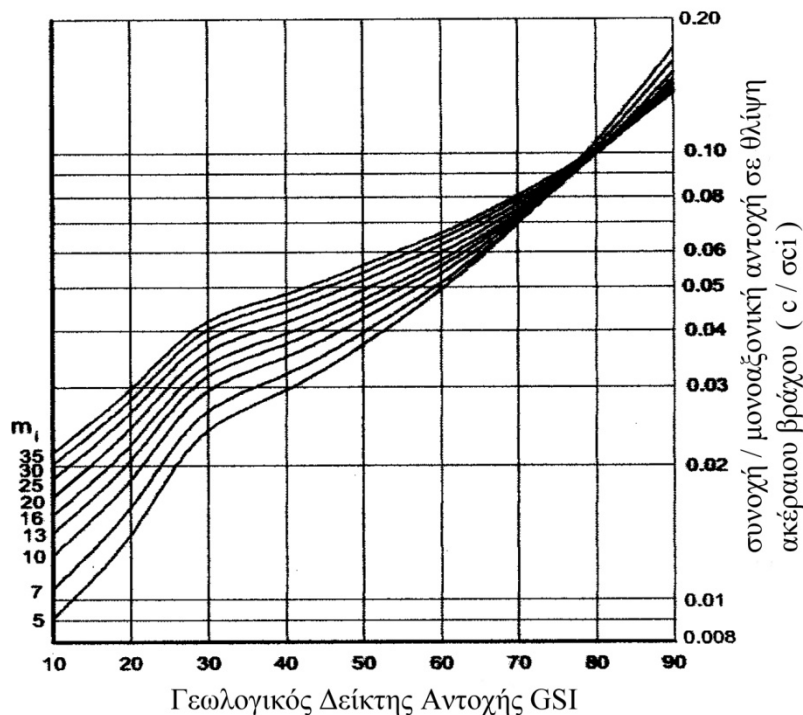
Συσχετίστε τις δυο τιμές.

Παράμετροι γεωλογικού δείκτη αντοχής (GSI) για κερματισμένα πετρώματα (από Hoek).

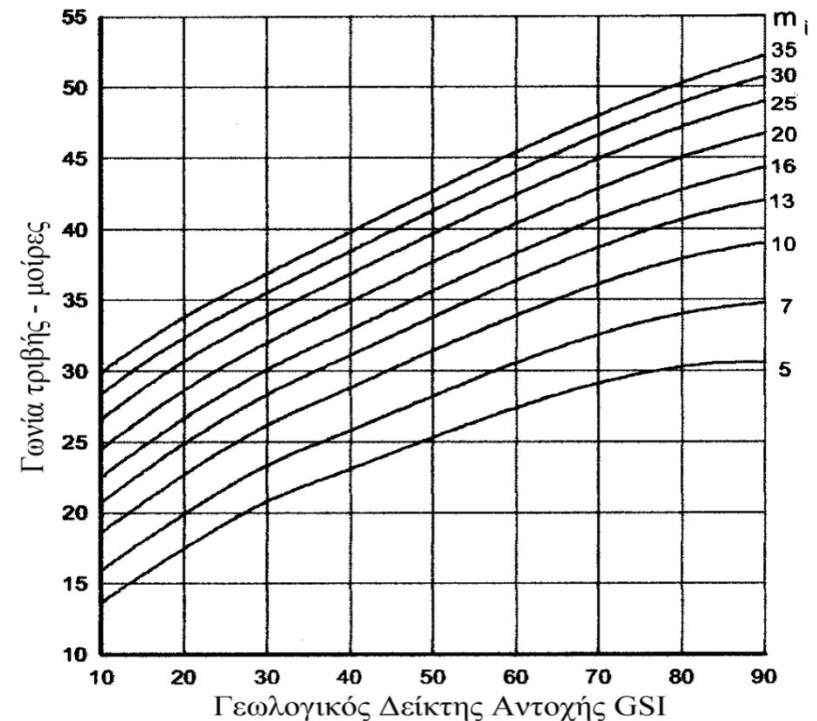
ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΡΗΓΜΑΤΩΜΕΝΟΥΣ ΒΡΑΧΟΥΣ (Hoek and Marinos, 2000) Βασίζονται στην εμφάνιση της βραχόμαζας (περιγραφή δομής και κατάσταση επιφάνειας ασυνεχειών) εκτιμήστε τη μέση τιμή του GSI, χωρίς υποχρεωτικά μεγάλη ακρίβεια. Το να επιλέξετε ένα εύρος τιμών από 33 ως 37 είναι πιο ρεαλιστικό από το να δηλώσετε ότι GSI=35. Σημειώνεται ότι ο Πίνακας δεν εφαρμόζεται σε <u>κινηματικά ελεγχόμενες αστάθειες</u> . Στην περίπτωση που οι ασθενείς επιπέδες επιφάνειες έχουν μη ευνοϊκό προσανατολισμό σε σχέση με το πρηνές εκσκαφής, τότε αυτές καθορίζουν την συμπεριφορά της βραχόμαζας. Η διατμητική αντοχή επιφανειών σε βράχους που υπόκεινται σε εξασθένιση λόγω διακύμανσης της περιεκτικότητας σε υγρασία, είναι περαιτέρω μειωμένη όταν υπάρχει νερό. Όταν, οι βραχόμαζες ανήκουν στις μέτριες έως πτωχές κατηγορίες και υπάρχει νερό τότε μετακινούμαστε προς τα δεξιά. Η υδροστατική πίεση λαμβάνεται υπόψη με την ανάλυση ενεργών τάσεων.		ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΑΣ	ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ Πολύ τραχιές, μη αποσπασθριμένες επιφάνειες	ΚΑΛΗ Τραχιές, ελαφρά αποσπασθριμένες και οξείδωμένες επιφάνειες	ΜΕΤΡΙΑ Λείες, μετρίως αποσπασθριμένες και εξαιλιωμένες επιφάνειες	ΠΤΩΧΗ Επιφάνειες ολίσθησης, πολύ αποσπασθριμένες με συμπαγή επιφλοιώματα ή υλικό πλήρωσης με γωνιώδη βράσιμα	ΠΟΛΥ ΠΤΩΧΗ Επιφάνειες ολίσθησης πολύ αποσπασθριμένες με μαλακό αργιλικό υλικό πλήρωσης
ΔΟΜΗ		ΜΕΙΟΥΜΕΝΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ →					
	INTACT OR MASSIVE - Άρηκτα βραχώδη τεμάχια ή άστρωτος βράχος με λίγες ασυνέχειες σε μεγάλη απόσταση	90				N/A	N/A
	BLOCKY - Αδιατάρακτη βραχόμαζα με πολύ καλό αλληλοκλειδωμά που αποτελείται από κυβικά τεμάχια οριζόμενα από τρεις ορθογώνια τεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών	80	70				
	VERY BLOCKY- Μερικώς διαταραγμένη βραχόμαζα με πολύπλευρα γωνιώδη τεμάχια (blocks) που σχηματίζονται από τέσσερις ή περισσότερες οικογένειες ασυνεχειών	60		50			
	BLOCKY/DISTURBED/SEAMY Πτυχωμένη με γωνιώδη τεμάχια που σχηματίζονται από πολλές αλληλοτεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών. Εμμονή στρώσης ή σχιστότητας			40		30	
	DISINTEGRATED - Ισχυρά κερματισμένη βραχόμαζα με πτωχό αλληλοκλειδωμά και με ταυτόχρονη παρουσία γωνιωδών και αποστρωγυλωμένων τεμαχίων					20	
	LAMINATED/SHEARED - Φυλλώδης ή σχιστοποιημένη και τεκτονικώς διατμημένη ασθενής βραχόμαζα. Η σχιστότητα επικρατεί έναντι οποιασδήποτε άλλης οικογένειας ασυνεχειών εμποδίζοντας την δημιουργία γωνιωδών τεμαχίων						10

Β. Με βάση τα παρακάτω διαγράμματα και με δεδομένο ότι οι ασβεστόλιθοι στο χώρο έρευνας χαρακτηρίζονται μικριτικοί, βρείτε:

Τη συνοχή, τη γωνία τριβής, το μέτρο παραμόρφωσης και την αντοχή της βραχομάζας,



Σχέση μεταξύ λόγου c / σ_{ci} και του GSI για διάφορες τιμές της σταθεράς m_i , για βάθη > 30 μ.



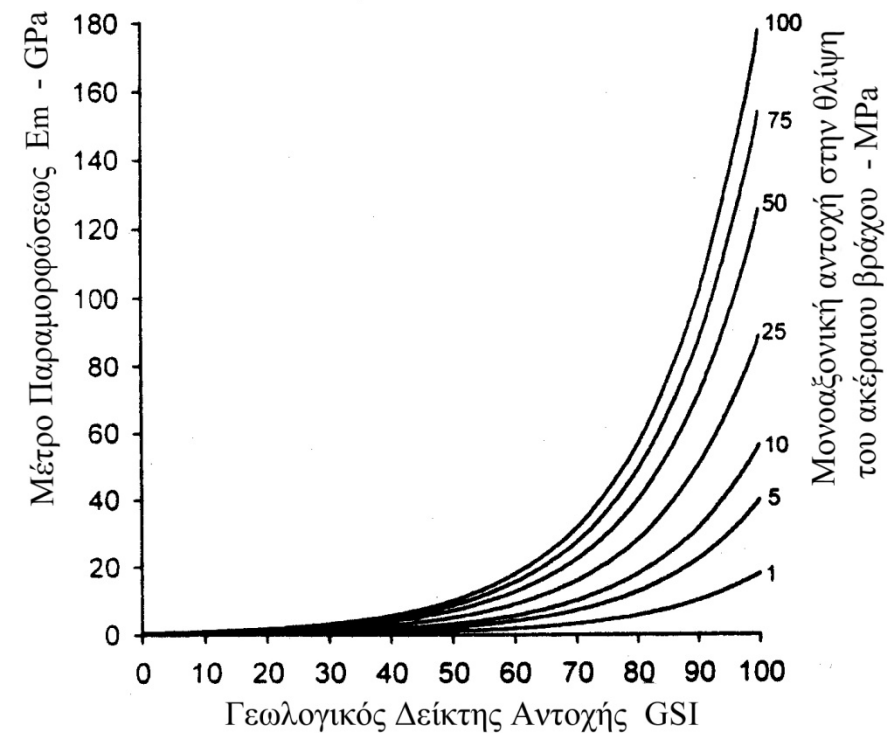
Γωνία τριβής για διαφορετικές τιμές του GSI, για βάθη > 30 μ.

Οι τιμές της σταθεράς m_i για άρρηκτο (ακέραιο) βράχο ανά κατηγορία. (Οι τιμές σε παρένθεση είναι εκτιμήσεις).

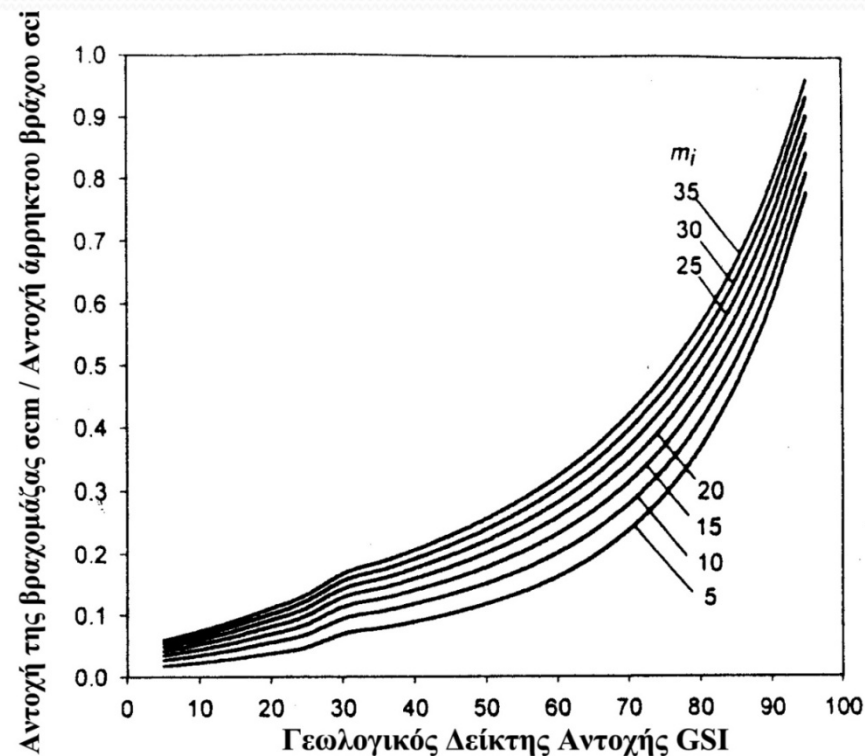
ΤΥΠΟΣ	ΟΜΑΔΑ		ΣΥΣΤΑΣΗ			
			ΑΔΡΗ	ΜΕΣΗ	ΛΕΠΤΗ	ΠΟΛΥ ΛΕΠΤΗ
ΙΣΑΝΟΒΗ	Κλαστικά		Κροκαλοπαγή *	Ψαμμίτες 17 ± 4	Ιλυόλιθοι 7 ± 2	Αργιλόλιθοι 4 ± 2
			Λατυποπαγή *		Γραουβάκες (18 ± 3)	Αργ. Σχιστόλιθοι (6 ± 2)
						Μάργες (7 ± 2)
	Μη κλαστικά	Ανθρακικά	Κρυσταλλικοί Ασβεστόλιθοι (12 ± 3)	Σπαριτικοί Ασβεστόλιθοι (10 ± 2)	Μικριτικοί Ασβεστόλιθοι (9 ± 2)	Δολομίτες (9 ± 3)
		Εβαπτορίτες	Γύψος 8 ± 2	Ανωδρίτης 12 ± 2		
		Οργανικά				Κρητίν 7 ± 2
ΜΕΣΟΚΡΙΜΕΝΑ	Μη πτυχωμένα		Μάρμαρο 9 ± 3	Χαλαζίτες 20 ± 3	Κερατόλιθοι (19 ± 4)	
				Μεταψαμμίτες (19 ± 3)		
	Ελαφρά πτυχωμένα		Μιγματίτες (29 ± 3)	Αμφιβολίτες 26 ± 6	Γνεύσιοι 28 ± 5	
	Πτυχωμένα **			Σχιστόλιθοι 12 ± 3	Φυλλίτες (7 ± 3)	Σχίστες 7 ± 4
ΠΑΡΕΝΗ	Πλουτώμα	Ανοιχτόχρωμα	Γρανίτης 27 ± 3	Διορίτης (25 ± 5)		
			Γρανοδιωτίτης (29 ± 3)			
		Σκοτεινόχρωμα	Γάββρος 27 ± 3	Δολερίτης (16 ± 5)		
			Νορίτης 20 ± 5			
	Υποαβυσσικά		Πορφύρης (20 ± 5)		Διαβάσης (15 ± 5)	Περιδοτίτης (25 ± 5)
	Ηφαιστειακά	Λάβα		Ρυόλιθος (25 ± 5)	Δακίτης (25 ± 5)	
				Ανδεσίτης 15 ± 5	Βασάλτης (25 ± 5)	
		Πυροκλαστικά	Ηφ. Κροκαλοπαγή (19 ± 3)	Ηφ. Λατυποπαγή (19 ± 3)	Τόφφοι (19 ± 3)	

* Τα κροκαλοπαγή και τα λατυποπαγή μπορεί να παρουσιάσουν ένα ευρύ πεδίο τιμών της σταθεράς m_i ανά-λογα με την φύση του συγκολλητικού υλικού και τον βαθμό συγκόλλησης, και έτσι μπορεί να έχουν τιμές παρόμοιες με αυτές των ψαμμιτών μέχρι και τιμές που χρησιμοποιούνται και λεπτόκοκκα ιζηματογενή πετρώματα (ακόμη και < 10).

** Αυτές οι τιμές αφορούν δείγματα του ακέραιου πετρώματος (άρρηκτου βράχου) δοκιμασμένα κάθετα στις στρώσεις ή στην φύλλωση. Η τιμή της σταθεράς m_i μπορεί να είναι διαφορετική σε σημαντικό βαθμό εάν η αστοχία πραγματοποιηθεί κατά μήκος ενός αδύναμου επιπέδου.



Μέτρο Παραμορφώσεως της βραχομάζας συναρτήσει του GSI.



Σχέση μεταξύ της αντοχής της βραχομάζας σ_{cm} , της αντοχής του άρρηκτου πετρώματος σ_{ci} , της σταθερά υλικού m_i και του GSI, για βάθος > 30 μ.

Γ. Χρησιμοποιώντας το **πρόγραμμα “RocLab”** και με δεδομένη την πολύ καλή χρήση των εκρηκτικών, (βαθμός διαταραχής, $D=0$) βρείτε :

Τις τιμές των παραμέτρων των κριτηρίων **Hoek – Brown** και **Mohr – Coulomb**



Roclab.Ink