

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΓΕΝΙΚΗ Δ/ΝΣΗ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ ΜΟΥΣΕΙΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ ΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΚΑΙ  
ΜΕΤΑΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ



ΕΡΓΟ

ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΤΗΣ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ - ΕΡΜΗΝΕΙΑΣ ΤΗΣ  
ΠΑΘΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΡΣΗ ΕΤΟΙΜΟΡΡΟΠΙΑΣ ΤΟΥ  
ΣΥΝΟΛΟΥ ΤΟΥ ΕΠΙΠΡΟΜΑΧΩΝΑ ΤΟΥ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΠΑΛΙΑ ΠΟΛΗ ΧΑΝΙΩΝ

ΜΕΛΕΤΗ

ΕΚΘΕΣΗ ΤΕΛΙΚΗΣ ΛΥΣΗΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΓΙΑ ΟΛΟΚΛΗΡΟ ΤΟ  
ΜΝΗΜΕΙΟ ΜΕΤΑ ΠΡΟΜΕΤΡΗΣΕΩΝ, ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΚΑΙ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΝΟΡΓΑΝΗΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ

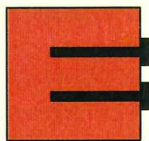
ΤΙΤΛΟΣ ΤΕΥΧΟΥΣ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΕΛΙΚΗΣ ΛΥΣΗΣ

ΑΡΙΘ. ΤΕΥΧΟΥΣ

Τ. 1

ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ

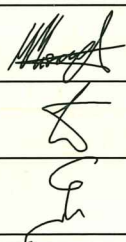


ΕΔΑΦΟΣ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ Α.Ε.

Υπερείδου 9, 105 58 Αθήνα, Τηλ: 2103222050 Fax: 2103241607  
e-mail: admin@edafos.gr, www.edafos.gr

ΕΔΑΦΟΣ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ Α.Ε.  
ΥΠΕΡΕΙΔΟΥ 9 - ΑΘΗΝΑ Τ.Κ. 105 58  
ΤΗΛ. 210 3222050 - FAX: 210 3241607  
Α.Φ.Μ. 095678181 - Α.Ο.Υ. Π.Α.Ε. ΑΘΗΝΩΝ  
ΑΡ. Μ.Α.Ε. 055000/01Β/08/66 - ΑΡ. Φ.Α.Κ. 676194  
22050 Ε.Φ.Α.Κ. 000054501000



	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΟΝΟΜΑ		ΥΠΟΓΡΑΦΕΣ	ΕΚΠΡΟΣΩΠΟΣ	
ΣΥΝΤΑΞΗ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2019	Μ. ΜΠΑΡΔΑΝΗΣ			Σ. ΚΑΒΟΥΝΙΔΗΣ Υπερείδου 9, 10558, Αθήνα Τηλ. 2103222050	
ΕΛΕΓΧΟΣ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2019	Σ. ΚΑΒΟΥΝΙΔΗΣ				
ΕΓΚΡΙΣΗ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2019	Γ. ΝΤΟΥΝΙΑΣ				
		ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΘΕΣΗ	ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΥΠΟΓΡΑΦΗ
		ΕΛΕΓΧΘΗΚΕ	ΟΙ ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ			
		ΕΓΚΡΙΘΗΚΕ	Ο ΠΡΟΪΣΤΑΜΕΝΟΣ			
ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ	Ο ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ					
A/A	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΕΙΣ - ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ				
A	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2019	Α' ΕΚΔΟΣΗ				

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΓΕΝΙΚΗ Δ/ΝΣΗ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ ΜΟΥΣΕΙΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ ΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΚΑΙ  
ΜΕΤΑΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ

ΕΡΓΟ

ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΤΗΣ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ - ΕΡΜΗΝΕΙΑΣ ΤΗΣ  
ΠΑΘΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΡΣΗ ΕΤΟΙΜΟΡΡΟΠΙΑΣ ΤΟΥ  
ΣΥΝΟΛΟΥ ΤΟΥ ΕΠΙΠΡΟΜΑΧΩΝΑ ΤΟΥ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΠΑΛΙΑ ΠΟΛΗ ΧΑΝΙΩΝ

ΜΕΛΕΤΗ

ΕΚΘΕΣΗ ΤΕΛΙΚΗΣ ΛΥΣΗΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΓΙΑ ΟΛΟΚΛΗΡΟ ΤΟ  
ΜΝΗΜΕΙΟ ΜΕΤΑ ΠΡΟΜΕΤΡΗΣΕΩΝ, ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΚΑΙ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΝΟΡΓΑΝΗΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ

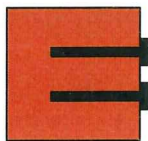
ΤΙΤΛΟΣ ΤΕΥΧΟΥΣ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΕΛΙΚΗΣ ΛΥΣΗΣ

ΑΡΙΘ. ΤΕΥΧΟΥΣ

Τ. 1

ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ



ΕΔΑΦΟΣ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ Α.Ε.

Υπερείδου 9, 105 58 Αθήνα, Τηλ: 2103222050 Fax: 2103241607  
e-mail: admin@edafos.gr, www.edafos.gr



	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΟΝΟΜΑ	ΥΠΟΓΡΑΦΕΣ	ΕΚΠΡΟΣΩΠΟΣ
ΣΥΝΤΑΞΗ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2019	Μ. ΜΠΑΡΔΑΝΗΣ		Σ. ΚΑΒΟΥΝΙΔΗΣ Υπερείδου 9, 10558, Αθήνα Τηλ. 2103222050
ΕΛΕΓΧΟΣ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2019	Σ. ΚΑΒΟΥΝΙΔΗΣ		
ΕΓΚΡΙΣΗ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2019	Γ. ΝΤΟΥΝΙΑΣ		

		ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΘΕΣΗ	ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΥΠΟΓΡΑΦΗ
		ΕΛΕΓΧΘΗΚΕ	ΟΙ ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ			
		ΕΓΚΡΙΘΗΚΕ	Ο ΠΡΟΪΣΤΑΜΕΝΟΣ			
		ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ	Ο ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ			

A/A	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΕΙΣ - ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
A	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2019	A' ΕΚΔΟΣΗ



## ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ ΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ

Εργασίες καταγραφής της υπάρχουσας κατάστασης – ερμηνείας της  
παθολογίας και μέτρα αντιμετώπισης για την άρση ετοιμορροπίας του  
συνόλου του Επιπρωμαχώνα του Αγίου Δημητρίου στην Παλιά Πόλη  
Χανίων

### Τεύχος Μελέτης & Υπολογισμών

Αθήνα, Νοέμβριος 2019

### Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	3
1.1 ΓΕΝΙΚΑ .....	3
1.2 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ .....	3
1.3 ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ ΥΠΟΒΑΘΡΑ .....	8
1.4 ΣΥΝΟΨΙΣΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΑΠΟ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ.....	9
1.5 ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΕΔΙΑ.....	10
2. ΤΟ ΣΚΕΠΤΙΚΟ ΤΗΣ ΛΥΣΗΣ.....	11
3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΤΩΝ ΑΣΤΟΧΙΩΝ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2017.....	13
3.1 ΟΙ ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΤΩΝ ΤΕΙΧΩΝ ΤΟΥ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2017 .....	13
3.2 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΠΡΟ ΤΩΝ ΑΣΤΟΧΙΩΝ .....	13
3.3 ΠΙΘΑΝΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΑ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ ΑΣΤΟΧΙΩΝ .....	13
3.4 ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΤΩΝ ΔΥΟ ΘΕΣΕΩΝ ΑΣΤΟΧΙΑΣ .....	14
3.5 Η ΑΣΤΟΧΙΑ ΤΟΥ ΤΕΙΧΟΥΣ ΤΟΥ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2019 .....	18
3.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	18
4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΕΡΓΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ .....	20
4.1 ΓΕΝΙΚΑ .....	20
4.2 ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΠΡΑΝΟΥΣ ΑΝΑΝΤΗ ΣΤΕΨΗΣ ΤΕΙΧΟΥΣ.....	20

4.3	ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΟΛΟΚΛΗΡΟΥ ΤΟΥ ΠΡΑΝΟΥΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΤΩΝ ΕΝΕΜΑΤΩΣΕΩΝ.....	22
5.	ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΩΝ .....	23
5.1	ΕΡΓΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΩΝ .....	23
5.2	ΕΡΓΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΟΝ ΥΠΟΛΟΙΠΟ ΕΠΙΠΡΟΜΑΧΩΝΑ.....	25
5.3	ΕΡΓΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ.....	28
5.4	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΑΝΤΗΡΙΔΕΣ ΚΑΙ ΑΝΤΗΡΙΔΕΣ ΑΜΕΣΩΝ ΜΕΤΡΩΝ .....	28
5.5	ΣΥΝΔΕΣΗ ΝΕΟΥ ΤΕΙΧΟΥΣ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΩΝ ΜΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΤΕΙΧΟΣ .....	28
5.6	ΠΕΡΙΟΧΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΣΕ ΕΠΑΦΗ ΜΕ ΤΟΝ ΕΠΙΠΡΟΜΑΧΩΝΑ .....	30
5.7	ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΚΑΛΑΣ ΣΤΗ ΒΟΡΕΙΑ ΠΛΕΥΡΑ ΤΟΥ ΕΠΙΠΡΟΜΑΧΩΝΑ .....	31
5.8	ΔΙΚΤΥΟ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ .....	34
6.	ΣΥΝΟΨΙΣΗ .....	35

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα Α                      Αποτελέσματα αναλύσεων ευσταθείας





## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Με την από 29/7/2019 σύμβαση μεταξύ της Διεύθυνσης Αναστήλωσης Βυζαντινών και Μεταβυζαντινών Μνημείων και της ΕΔΑΦΟΣ Σύμβουλοι Μηχανικοί Α.Ε. ανατέθηκαν στη δεύτερη «Εργασίες καταγραφής της υπάρχουσας κατάστασης – ερμηνείας της παθολογίας και μέτρα αντιμετώπισης για την άρση ετοιμορροπίας του συνόλου του Επιπρωμαχώνα του Αγίου Δημητρίου στην Παλιά Πόλη Χανίων».

Στο πλαίσιο της σύμβασης αυτής συντάχθηκε και υποβάλλεται η παρούσα υποβολή «Έκθεση Τελικής Λύσης Αντιμετώπισης για Ολόκληρο το Μνημείο μετά Προμετρήσεων, Προϋπολογισμού και Συστήματος Ενόργανης Παρακολούθησης». Η υποβολή επικεντρώνεται στην περιοχή των καταρρεύσεων του Επιπρωμαχώνα τον Φεβρουάριο του 2019 και τον Φεβρουάριο του 2017, τις μικροκαταρρεύσεις χωματισμών στις θέσεις των καταρρεύσεων του Φεβρουαρίου του 2017, και στα γενικότερα μέτρα για την άρση του συνόλου της ετοιμορροπίας ολόκληρου του Επιπρωμαχώνα.

Το παρόν τεύχος αποτελεί το Τεύχος 1 Μελέτης και Υπολογισμών, ενώ στην υποβολή περιλαμβάνεται ξεχωριστό τεύχος με την Παρουσίαση και Αξιολόγηση της Γεωτεχνικής Έρευνας (Τεύχος 2), τεύχος Μελέτης Σεισμικής Απόκρισης (Τεύχος 3) και τα Τεύχη Δημοπράτησης (Τεύχος 4).

Για τη σύνταξη της παρούσας υποβολής συνεργάστηκαν οι: Μ. Μπαρδάνης, Δρ Πολιτικός Μηχανικός-Εδαφομηχανικός, Ι. Τσιάπας, Δρ Πολιτικός Μηχανικός-Εδαφομηχανικός, Δ. Αργυρίου, Γεωλόγος, Α. Ντουρούπη, Γεωλόγος MSc και Γ. Ντουνιάς, Δρ Πολιτικός Μηχανικός-Εδαφομηχανικός.

### 1.2 Το ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Τον Φεβρουάριο του 2017 έγιναν δύο αστοχίες στο τείχος του Επιπρωμαχώνα Αγίου Δημητρίου (ή Lando) –**Φωτ. 1.1 και 1.2**. Η πρώτη έγινε στις 10 προς 11/2/2017 στο νοτιοανατολικό τμήμα του τείχους (εφεξής ανατολική αστοχία) και η δεύτερη στις 14/2/2017 στο νοτιοδυτικό τμήμα του τείχους (εφεξής δυτική αστοχία). Στις **Φωτ. 1.3 και 1.4** διακρίνονται οι δύο αστοχίες πριν την απομάκρυνση των χωματισμών και τη διαμόρφωση της σημερινής κατάστασης. Στη **Φωτ. 1.5** παρατίθεται αλληλουχία δορυφορικών φωτογραφιών από το 2013 έως 9/5/2017, στην οποία διακρίνεται η γεωμετρία του τείχους πριν την εκδήλωση των αστοχιών, και η καθαρή επιφάνεια της περιμετρικής ράμπας πριν τις αστοχίες. Η εμφάνιση σκούρων περιοχών στις δύο τελευταίες είναι ενδεικτικές της χλωρίδας που έχει αναπτυχθεί σε θέσεις που έχει σπάσει η επιφάνεια της ράμπας.





ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ  
ΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΚΑΙ  
ΜΕΤΑΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ  
ΜΝΗΜΕΙΩΝ

Εργασίες καταγραφής της υπάρχουσας κατάστασης – ερμηνείας της  
παθολογίας και μέτρα αντιμετώπισης για την άρση ετοιμορροπίας του  
συνόλου του Επιπρομαχώνα του Αγίου Δημητρίου στην Παλιά Πόλη Χανίων

Μελέτη Τελικής Λύσης

Τεύχος 1 – Τεύχος μελέτης και υπολογισμών



**Φωτ. 1.1.** Δορυφορική φωτογραφία από το GoogleEarth της περιοχής του επιπρομαχώνα Αγίου Δημητρίου (ή αλλιώς επιπρομαχώνα Lando) ευρισκόμενος βορειοανατολικά του προμαχώνα Schiavo. Παρέχονται ονόματα κοντινών οδών για προσανατολισμό.



**Φωτ. 1.2.** Αεροφωτογραφία του επιπρομαχώνα από νότια/νοτιοδυτικά προς βόρεια/βορειοδυτικά μετά τις αστοχίες Φεβρουαρίου 2017 και πριν την απομάκρυνση των χωματισμών.

**ΕΔΑΦΟΣ Σύμβουλοι Μηχανικοί Α.Ε.**

Κεντρικά: Υπερείδου 9, Πλάκα, 10558 Αθήνα, 210.32.22.050, Fax: 210.32.41.607, [admin@edafos.gr](mailto:admin@edafos.gr)

Εργαστήριο: Θεραπειών 2, Κολωνός, 10444 Αθήνα, 210.514.90.20, Fax: 210.514.90.38, [lab@edafos.gr](mailto:lab@edafos.gr)



Ακολούθως, τον Φεβρουάριο του 2019 (28/2/2019) έγινε νέα κατάρρευση του τείχους του επιπρωμαχώνα στη βορειοδυτική πλευρά του μνημείου (πρόσοψη στην οδό Μελετίου Πηγά) στη θέση που είχε γίνει και παλιότερη κατάρρευση στη δεκαετία του 1990 και το τείχος είχε αποκατασταθεί (ενσωματώθηκε το ίχνος της παλιάς κατάρρευσης στο Σχέδιο 002 της παρούσας υποβολής) -βλ. **Φωτ. 1.6**.



**Φωτ. 1.3.** Φωτογραφίες της δυτικής αστοχίας του επιπρωμαχώνα τον Φεβρουάριο του 2017 πριν την απομάκρυνση των χωματισμών. Διακρίνεται προς τα δεξιά πλάτυσμα του τείχους το οποίο φαίνεται σήμερα και στην ανατολική πλευρά του σπασμένου τείχους στη δυτική αστοχία.



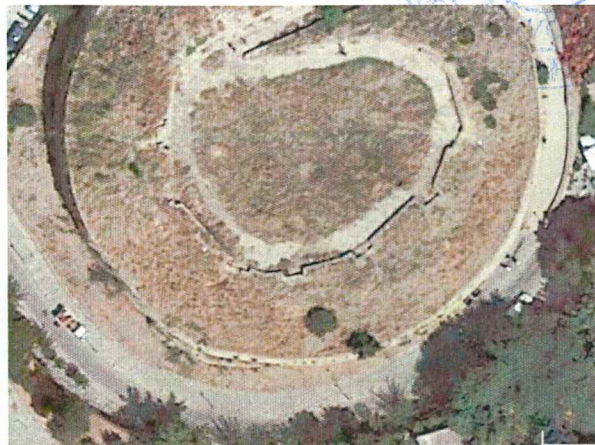


**Φωτ. 1.4.** Φωτογραφίες της ανατολικής αστοχίας του επιπρομαχώνα τον Φεβρουάριο του 2017 πριν την απομάκρυνση των χωματισμών. Διακρίνεται προς τα δεξιά η περιμετρική ράμπα προς τη στέψη του επιπρομαχώνα.





α – 10/6/2013



β – 31/8/2015



γ – 20/4/2017



δ – 9/5/2017

**Φωτ. 1.5.** Δορυφορικές φωτογραφίες της περιοχής των αστοχιών του επιπρομαχώνα πριν τις αστοχίες Φεβρουαρίου 2017 και μετά (πηγή φωτογραφιών GoogleEarth). α) λήψη της 10/6/2013, β) λήψη της 31/8/2015, γ) λήψη της 20/4/2017 (έχουν γίνει οι αστοχίες, έχουν απομακρυνθεί οι χωματισμοί αλλά δεν έχουν τοποθετηθεί οι αντηρίδες), και δ) λήψη της 9/5/2017 (έχουν πλέον τοποθετηθεί και οι αντηρίδες).





**ΦΩΤ. 1.6.** Φωτογραφίες της βορειοδυτικής αστοχίας του επιπρομαχώνα (2/2019). Διακρίνεται προς τα δεξιά στην πάνω φωτογραφία η περιοχή από την οποία είναι δυνατή η πρόσβαση μηχανημάτων.

### 1.3 ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ ΥΠΟΒΑΘΡΑ

Χρησιμοποιήθηκαν τα τοπογραφικά υπόβαθρα που παρήχθησαν μετά τη νεώτερη αεροφωτογράφιση που πραγματοποιήθηκε τον Αύγουστο του 2019.



ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ ΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ	Εργασίες καταγραφής της υπάρχουσας κατάστασης – ερμηνείας της παθολογίας και μέτρα αντιμετώπισης για την άρση ετοιμορροπίας του συνόλου του Επιπρωμαχώνα του Αγίου Δημητρίου στην Παλιά Πόλη Χανίων <b>Μελέτη Τελικής Λύσης</b> <b>Τεύχος 1 – Τεύχος μελέτης και υπολογισμών</b>
-----------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### 1.4 ΣΥΝΟΨΙΣΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΑΠΟ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Με βάση τα ευρήματα των γεωτρήσεων, των πενετρομετρήσεων, των διερευνητικών τομών και των δειγμάτων από επιφανειακές θέσεις δειγματοληψίας, που προέκυψαν από την παρούσα σύμβαση και την παλαιότερη σύμβαση της ΕΔΑΦΟΣ Σύμβουλοι Μηχανικοί Α.Ε. με την Εφορεία Αρχαιοτήτων Χανίων και παρουσιάστηκαν και αξιολογήθηκαν στο Τεύχος 2 της παρούσας υποβολής, εντοπίστηκαν και διακρίθηκαν οι ακόλουθοι σχηματισμοί:

*ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΕΠΙΧΩΣΕΩΝ ΕΠΙΠΡΟΜΑΧΩΝΑ (από πάνω προς τα κάτω)*

- Ανώτερος ορίζοντας ΑΡΓΙΛΟ-ΙΛΥΩΔΟΥΣ ΑΜΜΟΥ (πάνω 1-2m)
- Αμμώδης ΑΡΓΙΛΟ-ΙΛΥΣ (πάχος 6-7m, κάτω όριο λίγο χαμηλότερα από τη στέψη του τείχους του επιπρωμαχώνα)
- ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΟ (πάχος περί τα 2m)
- ΒΡΑΧΟΡΡΙΠΗ (πάχος περί τα 4-5m, κάτω όριο λίγο χαμηλότερα από τη βάση του τείχους του επιπρωμαχώνα)

Οι τιμές παραμέτρων των σχηματισμών αυτών με βάση τη γεωτεχνική αξιολόγηση που πραγματοποιήθηκε συνοψίζονται στον **Πιν. 1.1 (Πιν. 5.1 Τεύχους 2)**.

**Πίν. 1.1.** Συνοψιση τιμών παραμέτρων για τους απαντώμενους σχηματισμούς των επιχώσεων του επιπρωμαχώνα.

Σχηματισμός	Φαινόμενο βάρος $\gamma$	Συνοχή $c'$	Γωνία διατμητικής αντοχής $\phi'$	Μέτρο ελαστικότητας $E$
	(kN/m <sup>3</sup> )	(kPa)	(°)	(MPa)
Ανώτερος ορίζοντας αργιλοϊλυδούς άμμου	18-19	0-5	24-28	3-5
Αμμώδης αργιλοϊλός	18-20	10-20	20-24	6-8
Αμμοχάλικο	18-20	10-15	30-35	10-15
Βραχορριπή	17-19	0-10	40-45	40-50

Κάτω από τη βάση των τειχών του Επιπρωμαχώνα εντοπίστηκαν και διακρίθηκαν οι ακόλουθοι σχηματισμοί:

*ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΕΠΙΧΩΣΕΩΝ ΠΡΟΜΑΧΩΝΑ (από το επίπεδο της οδού Ντουνόπαπα προς τα κάτω)*

- Εναλλαγές Ιλυωδών Άμμων και Αμμωδών Αργιλοϊλύν (τεχνητές αποθέσεις) - πάχος 6-7m
- ΑΡΓΙΛΟΣ (τεχνητές αποθέσεις) -πάχος 2-6m, εμφάνιση κατά τόπους
- Κερματισμένος και εδαφοποιημένος Μαργαϊκός Ασβεστόλιθος (τεχνητές αποθέσεις) -πάχος 2m, εμφάνιση κατά τόπους
- Άμμος -πάχος 2-6m, εμφάνιση κατά τόπους

**ΕΔΑΦΟΣ Σύμβουλοι Μηχανικοί Α.Ε.**

Κεντρικά: Υπερείδου 9, Πλάκα, 10558 Αθήνα, 210.32.22.050, Fax: 210.32.41.607, [admin@edafos.gr](mailto:admin@edafos.gr)

Εργαστήριο: Θεραπειών 2, Κολωνός, 10444 Αθήνα, 210.514.90.20, Fax: 210.514.90.38, [lab@edafos.gr](mailto:lab@edafos.gr)

- Αμμώδης Ιλύς -πάχους τουλάχιστον 2m, εμφάνιση κατά τόπους

Οι τιμές παραμέτρων των σχηματισμών αυτών με βάση τη γεωτεχνική αξιολόγηση που πραγματοποιήθηκε συνοψίζονται στον **Πιν. 1.2 (Πιν. 5.2 Τεύχους 2)**.

**Πίν. 1.2.** Συνόψιση τιμών παραμέτρων για τους απαντώμενους σχηματισμούς των επιχώσεων του προμαχώνα.

Σχηματισμός	Φαινόμενο βάρος γ	Συνοχή c'	Γωνία διατμητικής αντοχής φ'	Μέτρο ελαστικότητας E
	(kN/m <sup>3</sup> )	(kPa)	(°)	(MPa)
Εναλλαγές ιλυωδών άμμων και αμμωδών αργιλοϊλύων	18-20	10-15	30-34	15-20
Άργιλος	17-19	20-25	20-22	10-15
Αμμώδεις σχηματισμοί	18-20	10-15	30-33	15-20
Αμμώδης Ιλύς	18-20	10-15	28-30	15-20

## 1.5 ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΕΔΙΑ

Η παρούσα υποβολή περιέχει εννέα (9) σχέδια:

- 001 Οριζοντιογραφία με νέες γεωτεχνικές έρευνες
- 002 Γεωτεχνικές Διατομές
- 003 Οριζοντιογραφία κατασκευής προσωρινών έργων – Δάπεδα κατασκευής ενεματώσεων
- 004 Οριζοντιογραφία μονίμων έργων
- 005 Διατομές με τα έργα στις θέσεις κατάρρευσης
- 006 Διατομή Δ-Δ' (Διατομή σχεδιασμού σε θέσεις εκτός περιοχών κατάρρευσης)
- 007 Λεπτομέρειες συρραφής υφιστάμενου και νέου τείχους
- 008 Απόσπασμα οριζοντιογραφίας βορειοανατολικής περιοχής επιπρομαχώνα με έργα επέμβασης
- 009 Οριζοντιογραφία μονίμων έργων με θέσεις οργάνων παρακολούθησης



## 2. ΤΟ ΣΚΕΠΤΙΚΟ ΤΗΣ ΛΥΣΗΣ

Στο πλαίσιο συμβάσεων της ΕΔΑΦΟΣ Σύμβουλοι Μηχανικοί Α.Ε. με την Εφορεία Αρχαιοτήτων Χανίων έχουν εξεταστεί (και μελετηθεί) διάφορες εναλλακτικές λύσεις αποκατάστασης των περιοχών κατάρρευσης Φεβρουαρίου 2017 (Σύμβαση «Διερευνητικές εργασίες εδαφομηχανικών ιδιοτήτων και αντοχής υπεδάφους για την αναστήλωση των τειχών του Επιπρωμαχώνα Αγίου Δημητρίου των Ενετικών Οχυρώσεων της Παλιάς Πόλης Χανίων» 30/10/2017 και «Μελέτη εφαρμογής και Τευχών Δημοπράτησης για εργασίες αποκατάστασης των καταπτώσεων των τειχών του Επιπρωμαχώνα Αγίου Δημητρίου των Ενετικών Οχυρώσεων της Παλιάς Πόλης Χανίων» της 3/12/2018).

Στο πλαίσιο της σύμβασης «Διερευνητικές εργασίες εδαφομηχανικών ιδιοτήτων και αντοχής υπεδάφους για την αναστήλωση των τειχών του Επιπρωμαχώνα Αγίου Δημητρίου των Ενετικών Οχυρώσεων της Παλιάς Πόλης Χανίων» εξετάστηκαν εναλλακτικές λύσεις και τελικά επιλέχθηκε η κατασκευή τοίχου από οπλισμένο σκυρόδεμα εδραζόμενου επί πασσάλων με ελαφρύ λιθόσωμα στην μπροστινή πλευρά και αντικατάσταση των υλικών πίσω από τον νέο τοίχο. Η λύση αυτή, παρά τα βαριά έργα που περιελάμβανε, κρίθηκε μελετητικά ως απλούστερη και πλέον ασφαλής κατά τη διάρκεια της κατασκευής των έργων. Μελετήθηκε με λεπτομέρεια και με τεχνική περιγραφή των έργων που απαιτούνταν για την εφαρμογή της. Από την εξέταση των εναλλακτικών λύσεων στη σχετική υποβολή προκύπτει επίσης ότι αυτή είναι η μόνη λύση που ικανοποιεί τους απαιτούμενους συντελεστές ασφαλείας των κείμενων κανονισμών για νεόδμητα έργα. Η λύση αυτή υποβλήθηκε στο ΚΑΣ χωρίς να εγκριθεί στη σχετική συνεδρίαση. Ακολούθησε αυτοψία στις 4/6/2018 στην οποία παρίσταντο τα μέλη του ΚΑΣ κ.κ. Ε. Γατοπούλου, Ό. Γκράτζιου και Β. Κουμούσης, ο προϊστάμενος της Διεύθυνσης Αναστήλωσης Βυζαντινών και Μεταβυζαντινών Μνημείων κ. Θ. Βλαχούλης, καθώς και ο μελετητής της αναδόχου εταιρείας κ. Μ. Μπαρδάνης. Από την Εφορεία Αρχαιοτήτων Χανίων, εκτός από την Προϊσταμένη κ. Ε. Παπαδοπούλου, παρευρέθησαν οι κ.κ. Α. Μαΐλης, αρχαιολόγος, Ι. Χριστοδουλάκος και Ε. Βεργεράκης, αρχιτέκτονες μηχανικοί και η κ. Χ. Φραγκονικολάκη, τοπογράφος μηχανικός. Συμμετείχε επίσης ο πρώην προϊστάμενος της 28ης ΕΒΑ κ. Μ. Ανδριανάκης, αρχαιολόγος. Με βάση το πρακτικό της αυτοψίας «Επισημάνθηκε ότι η προτεινόμενη 3η Λύση (δηλαδή η κατασκευή τοίχων από οπλισμένο σκυρόδεμα με εξωτερική λιθοδομή επικάλυψης, οι οποίοι θα εδράζονται σε πασσάλους που θα παραλαμβάνουν και θα μεταφέρουν τις ωθήσεις στο έδαφος χωρίς μεγάλες αποχωματώσεις), είναι μεν ασφαλέστερη και ταχύτερη, αλλά περιλαμβάνει βαριά έργα και μεγάλες επεμβάσεις που είναι ασύμβατες με τον ιστορικό χαρακτήρα και τον τρόπο κατασκευής του μνημείου. Τέθηκαν επίσης ερωτήματα για τον τρόπο σύνδεσης των νέων τοίχων των περιοχών επέμβασης με το απομένον τείχος του επιπρωμαχώνα και επισημάνθηκε ότι ανάλογες μελλοντικές επεμβάσεις θα το αλλοιώσουν υπερβολικά.» Στο ίδιο πρακτικό καταγράφεται η προτροπή των μελών του ΚΑΣ για λύση με παραδοσιακούς τοίχους βαρύτητας παρά την επισημάνση εκ μέρους των μελετητών ότι μία τέτοια λύση πολύ πιθανόν δεν ικανοποιεί τους συντελεστές ασφαλείας των κείμενων κανονισμών για νεόδμητα έργα.



Σε αυτό το πλαίσιο οδηγιών και μέσω της Σύμβασης «Μελέτη εφαρμογής και Τευχών Δημοπράτησης για εργασίες αποκατάστασης των καταπτώσεων των τειχών του Επιπρωμαχώνα Αγίου Δημητρίου των Ενετικών Οχυρώσεων της Παλιάς Πόλης Χανίων» της 3/12/2018, εκπονήθηκε μελέτη που βασίζεται στην κατασκευή ενός βαρύτερου λιθοσώματος (βελτιστοποιημένου ως προς τη γεωμετρία του) το οποίο θα κατασκευαστεί μετά την κατασκευή ενεματώσεων με ενέματα βαρύτητας έως μικρής πίεσης από δάπεδο προσωρινής επίχωσης μπροστά από τον επιπρωμαχώνα, σταδιακή («ντουλαπιαστή») εκσκαφή της προσωρινής επίχωσης με αντίστοιχη κατασκευή του νέου λιθοσώματος. Η κατασκευή αυτή θα συνδυαστεί με αντικατάσταση των κατολισθημένων υλικών του επιπρωμαχώνα με επίλεκτη λιθορριπή μέχρι την επιφάνεια του μνημείου προ αστοχιών και σφράγιση της επιφάνειας της λιθορριπής αυτής με στρώση αδιαπέρατου αργιλικού υλικού. περιλαμβάνει βαριά έργα, αλλά έχει τα εξής πλεονεκτήματα: i) δεν απαιτεί την αφαίρεση άλλων χωματισμών από την τρέχουσα κατάσταση στις περιοχές των αστοχιών, ii) δεν απαιτεί αντικατάσταση/βελτίωση των υλικών επί των οποίων εδράζεται ο επιπρωμαχώνας, iii) δεν βασίζεται στην ανάπτυξη παραμορφώσεων με επίφοβα αποτελέσματα. Κατασκευαστικά, περιλαμβάνει πιο ελαφρά έργα, δεν βασίζεται στην τοποθέτηση οπλισμών ή σκυροδέματος, αλλά δεν πληροί συντελεστές ασφαλείας σύγχρονου έργου αντίστοιχων διαστάσεων και γεωμετρίας καθώς και αντίστοιχης στρωματογραφίας και ιδιοτήτων αντιστηριζόμενων χωματισμών. Η υποβολή αυτή έχει εγκριθεί επί της αρχής από το ΚΑΣ και αυτή χρησιμοποιήθηκε ως βάση για το σχεδιασμό των έργων αποκατάστασης στις περιοχές των αστοχιών Φεβρουαρίου 2017 αλλά και του Φεβρουαρίου 2019 που μεσολάβησε εν τω μεταξύ και μελετήθηκαν στην παρούσα υποβολή.

Για τις περιοχές εκτός καταρρεύσεων υιοθετήθηκε η ίδια βασική αρχή: χρήση αυτοδιατρυόμενων αγκυρίων, τα οποία χρησιμοποιούνται ως μέσο σταδιακής κατά τη διάτρηση ενεμάτωσης των χωματισμών πίσω από το υφιστάμενο τείχος για την ενίσχυση της αντοχής των χωματισμών, και τη δημιουργία συνθηκών ευκολότερης διάτρησης χωρίς την ανάγκη μεγάλων διαμέτρων οπών που επιβάλλει η φύση και οι μηχανικές ιδιότητες των αντιστηριζόμενων χωματισμών ως έχουν. Το μέτρο αυτό ενίσχυσης της αντοχής των χωματισμών συνδυάζεται με την ενίσχυση της δομικής επάρκειας της τοιχοποιίας μέσω ενεματώσεων και συρραφής των υφιστάμενων ρωγμών με χαλύβδινα βλήτρα καθώς και της συστηματικής αποστράγγισης των χωματισμών του επιπρωμαχώνα μέσω παραοριζόντιων αποστραγγιστικών γεωτρήσεων, ανακουφιστικών οπών και του ελέγχου της επιφανειακής απορροής των ομβρίων (όπως έχει περιγραφεί στο πλαίσιο των Άμεσων Μέτρων που μελετήθηκαν σε αυτή τη σύμβαση).



### 3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΤΩΝ ΑΣΤΟΧΙΩΝ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2017

#### 3.1 ΟΙ ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΤΩΝ ΤΕΙΧΩΝ ΤΟΥ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2017

Η πρώτη αστοχία έγινε στις 10 προς 11/2/2017 στο νοτιοανατολικό τμήμα του τείχους (εφεξής ανατολική αστοχία) και η δεύτερη στις 14/2/2017 στο νοτιοδυτικό τμήμα του τείχους (εφεξής δυτική αστοχία). Στις **Φωτ. 1.3 και 1.4** διακρίνονται οι δύο αστοχίες πριν την απομάκρυνση των χωματισμών και την διαμόρφωση της σημερινής κατάστασης. Στην **Φωτ. 1.5** παρατίθεται αλληλουχία δορυφορικών φωτογραφιών από το 2013 έως 9/5/2017 (τελευταία δορυφορική λήψη διαθέσιμη στο GoogleEarth), στην οποία διακρίνεται η γεωμετρία του τείχους πριν την εκδήλωση των αστοχιών. Στο Κεφάλαιο 2 παρατίθενται πολλές φωτογραφίες που δείχνουν το τείχος πριν την αστοχία καθώς και ότι μάλλον οι πρόσφατες αστοχίες έχουν γίνει σε σημεία που έχουν γίνει και παλιότερες αστοχίες και οριοθετούνται από όρια μεταβολών ιδιοτήτων του λιθοσώματος από παλαιότερες παρεμβάσεις.

#### 3.2 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΠΡΟ ΤΩΝ ΑΣΤΟΧΙΩΝ

Με βάση τον μετεωρολογικό σταθμό στο κέντρο των Χανίων, από τον Σεπτέμβριο του 2016 μέχρι και τις 11/2/2017, η αθροιστική βροχόπτωση στην περιοχή έφτασε τα 604.9mm. Στις 10/2/2017 η βροχόπτωση ήταν 16.4mm και στις 11/2/2017 ήταν 75.8mm (μέσα σε μία ημέρα). Πριν από τον Σεπτέμβριο του 2016 είχε προηγηθεί μία ξηρή περίοδος πρακτικά από τον Απρίλιο έως και τον Αύγουστο με συνολικά μόλις 17.4mm βροχόπτωσης μεταξύ 1/4/2016 και 31/8/2016 (0 βροχόπτωση μεταξύ 1/6/2016 και 31/8/2016). Την προηγούμενη βροχερή περίοδο, μεταξύ 1/9/2016 και 31/3/2016 η βροχόπτωση ήταν μόνο 264mm.

Εκτιμάται ότι ο συνδυασμός προηγούμενο ξηρού για την περιοχή χειμώνα με παρατεταμένη ανομβρία μετά και ισχυρές αθροιστικές βροχοπτώσεις συνδυαζόμενες με πολύ έντονο επεισόδιο βροχόπτωσης αμέσως πριν τις αστοχίες συνετέλεσαν στην αύξηση των πιέσεων πόρων στους ανώτερους σχηματισμούς των επιχώσεων του επιπρωμαχώνα, στην πλήρωση ρωγμών με όμβρια και την εν γένει επιδείνωση των συνθηκών ευσταθείας του επιπρωμαχώνα.

#### 3.3 ΠΙΘΑΝΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΑ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ ΑΣΤΟΧΙΩΝ

Από τις φωτογραφίες προηγούμενων περιστατικών αστοχίας, την γενική διαστρωμάτωση που διαπιστώθηκε και τη φύση των υλικών, θεωρείται πιθανότερο ότι η θραύση εντός των υλικών επιχώσης έγινε εντός των ανώτερων και πτωχότερων μηχανικών χαρακτηριστικών οριζόντων παρά στους κατώτερους και ανθεκτικότερους (αμμοχάλικα και βραχορριπή).

Οι ανώτεροι ορίζοντες στον επιπρωμαχώνα είναι γενικά πιο αργιλοκοί και μάλλον συνεισφέρουν στην αντοχή του συνόλου με τις βελτιωμένες ιδιότητές τους όταν είναι μη κορεσμένοι (περίοδοι ξηρασίας και χαμηλών βροχοπτώσεων). Υπό τις βροχομετρικές συνθήκες που προηγήθηκαν των αστοχιών είναι πολύ πιθανόν ότι αυτοί κορέστηκαν,

**ΕΔΑΦΟΣ Σύμβουλοι Μηχανικοί Α.Ε.**

Κεντρικά: Υπερείδου 9, Πλάκα, 10558 Αθήνα, 210.32.22.050, Fax: 210.32.41.607, [admin@edafos.gr](mailto:admin@edafos.gr)

Εργαστήριο: Θεραπειών 2, Κολωνός, 10444 Αθήνα, 210.514.90.20, Fax: 210.514.90.38, [lab@edafos.gr](mailto:lab@edafos.gr)



ανέπτυξαν μεγάλο συντελεστή πίεσης πόρων  $u$  (από την άλλη η χαμηλή διαπερατότητά τους δεν επέτρεψε να φτάσουν όμβρια στους κατώτερους ορίζοντες αν και αυτοί είναι πιο χονδροκόκκοι). Εκτός αυτού πάνω από την άργιλο που εντοπίζεται στις επιχώσεις του επιπρομαχώνα, υπάρχει ο ανώτερος πιο αμμώδης ορίζοντας. Η εκτίμηση είναι ότι αυτός στη συγκεκριμένη περίπτωση και γενικότερα λειτουργεί αρνητικά μέσω της υψηλότερης διαπερατότητάς του. Αν η άργιλος εκτεινόταν μέχρι την επιφάνεια, θα ρωγματονόταν περισσότερο μεν αλλά τουλάχιστον εκτός ρωγμών δεν θα μπορούσε να γίνει κατείσδυση λόγω της μικρότερης διαπερατότητας. Ο ανώτερος πιο αμμώδης ορίζοντας δρα σαν ένα «σφουγγάρι» το οποίο δεν επιτρέπει την ταχεία απορροή των ομβρίων (ειδικά σε περιστατικά ραγδαίας βροχόπτωσης) διατηρώντας όμβρια που αργά κατεisdύουν στον κατώτερο αργιλικό ορίζοντα.

Η εκτίμηση για τον μηχανισμό αστοχίας είναι ότι η συνολική υψηλή βροχόπτωση της προηγούμενης περιόδου αύξησε τον συντελεστή πίεσης πόρων  $u$  στην αργιλική στρώση, ενώ ο συνδυασμός της προηγούμενης περιόδου ανομβρίας που σίγουρα θα είχε οδηγήσει σε μεγαλύτερες επιφανειακές ρωγμές με το επεισόδιο ραγδαίας βροχόπτωσης αμέσως πριν την αστοχία οδήγησε σε πλήρωση των ρωγμών ξήρανσης και άρα άμεση συνεισφορά της υδροστατικής πίεσης των λιμναζόντων υδάτων στις ρωγμές εκτός και από τις αυξημένες πιέσεις πόρων. Ο μηχανισμός αυτός διερευνήθηκε διά αντιστρόφων αναλύσεων ευσταθείας στην ακόλουθη παράγραφο.

### 3.4 ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΤΩΝ ΔΥΟ ΘΕΣΕΩΝ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

Για την πραγματοποίηση των αντίστροφων αναλύσεων ευσταθείας των δύο αστοχιών χρησιμοποιήθηκαν οι διατομές I-I' και Z-Z' που φαίνονται στην οριζοντιογραφία του **Σχεδίου 001**. Η στρωματογραφία που υιοθετήθηκε είναι αυτή που παρουσιάζεται στις γεωτεχνικές διατομές του **Σχεδίου 002**. Η θέση του τείχους προ αστοχίας αναπαρήχθη θεωρώντας τόξα εφαπτόμενα στις ισοϋψείς από το νεώτερο τοπογραφικό, ενώ για επιφάνεια ολίσθησης ελήφθη πρακτικά η σημερινή επιφάνεια ελαφρώς προς τα έξω.

Για την πραγματοποίηση των αναλύσεων ευσταθείας χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος οριακής ισορροπίας όπως ενσωματώνεται στο πρόγραμμα Slide Version 5.044 της Rocscience Inc, με την μορφή της μεθόδου των τεμαχίων. Το Slide είναι πρόγραμμα ανάλυσης ευστάθειας που ενσωματώνει τις περισσότερες διατυπωμένες μεθόδους ανάλυσης οριακής ισορροπίας για προσδιορισμό του συντελεστή ασφαλείας έναντι ολίσθησης πρηνών (limit equilibrium analysis methods for slope stability). Το πρόγραμμα επιτρέπει τον προσδιορισμό του συντελεστή ασφαλείας για κυκλικές, πολυγωνικές ή σύνθετες επιφάνειες διερχόμενες από έναν ή περισσότερους εδαφικούς σχηματισμούς με διάφορους τρόπους περιγραφής του καθεστώτος των υπογείων υδάτων. Αυτοί περιλαμβάνουν εισαγωγή φρεάτιας ή πιεζομετρικής επιφάνειας, καθορισμό τιμής συντελεστή πίεσης πόρων  $u$ , καθορισμό τιμών πίεσης πόρων επί καννάβου ή πλήρη πρόβλεψη καθεστώτος υπογείων υδάτων μέσω της διαμόρφωσης υπολογισμού του καθεστώτος της υπόγειας ροής με χρήση της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων (Groundwater Analysis Model). Σε ό,τι αφορά τις μεθόδους ανάλυσης ευστάθειας χρησιμοποιήθηκε η διορθωμένη μέθοδος του Janbu (1957, 1973) και η μέθοδος Bishop (1959).



Αρχικά εκτελέστηκε η αντίστροφη ανάλυση ευσταθείας στην Διατομή Ι-Ι'. Στο **Σχ. 3.1** παρουσιάζεται το προσομοίωμα που δημιουργήθηκε για την διατομή Ι-Ι' και εισήχθη στο πρόγραμμα Slide. Δεδομένου ότι οι αστοχίες υπήρξαν καταστροφικές με ραγδαία εξελισσόμενες παραμορφώσεις και όχι αργές μετακινήσεις, στους σχηματισμούς εισήχθησαν τα κάτω όρια των προτεινόμενων τιμών παραμέτρων του **Πιν. 1.1**, διατηρώντας όμως την τιμή συνοχής μη μηδενική (αντίθετα από τις περιπτώσεις παλαιών κατολισθήσεων που η συνοχή τίθεται 0 λόγω των μεγάλων παραμορφώσεων που έχουν συμβεί στην ιστορία των φαινομένων). Εκτελέστηκαν 3 αναλύσεις εισάγοντας διαδοχικά βάθος ρωγμών 2m, 1m και 0 και θεωρώντας τις ρωγμές πλήρως γεμάτες με νερό στις αναλύσεις που υπήρχαν. Για το λιθόσωμα εισήχθησαν τιμές  $c'=50$  kPa και  $\phi'=30^\circ$ . Τα αποτελέσματα των αναλύσεων αυτών παρουσιάζονται στον **Πιν. 3.1**. Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα του **Πιν. 3.1**, η επιρροή των ρωγμών, δεδομένης της γεωμετρίας θραύσης που εισήχθη μοιάζει να έχει μικρή επιρροή. Οι δε τιμές παραμέτρων που εισήχθησαν είναι μάλλον λογικές, επιβεβαιώνοντας τις τιμές στις οποίες κατέληξε η γεωτεχνική αξιολόγηση. Ενδεικτικά αναζητήθηκε στην περίπτωση που δεν υπάρχει ρωγμή η τιμή συνοχής της αργίλου για να γίνει ο Σ.Α. με την μέθοδο Bishop 1.0 και βρέθηκε τιμή 11.7 kPa αντί για 10, και η τιμή συνοχής της αργίλου για να γίνει ο Σ.Α. με την διορθωμένη μέθοδο Janbu 1.0 και βρέθηκε τιμή 15.4 kPa αντί για 10. Οι τιμές αυτές δείχνουν ότι τα υλικά του επιπρωμαχώνα, σε συνθήκες μέγιστου συντελεστή πίεσης πόρων είναι σε οριακή ισορροπία. Ομοίως αναζητήθηκαν εναλλακτικές τιμές συνοχής και γωνίας διατμητικής αντοχής για το λιθόσωμα και βρέθηκε ότι μικρή μόνο μεταβολή τους φέρνει τους Σ.Α. στο 1.0, άρα και αυτές οι τιμές παραμέτρων είναι λογικές. Τέλος πραγματοποιήθηκε μία παραμετρική ανάλυση για να βρεθεί στην περίπτωση που δεν υπάρχουν ρωγμές ποια είναι η επιρροή της μείωσης της τιμής του συντελεστή πίεσης πόρων  $r_u$ . Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον **Πιν. 3.2**. Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα του πίνακα αυτού ακόμα και αν δεν υπήρχαν πιέσεις πόρων ( $r_u=0$ ) ο Σ.Α. με την μέθοδο Bishop αυξάνεται κατά 9% και με την διορθωμένη μέθοδο Janbu κατά 15%. Και οι δύο ποσοστιαίες μεταβολές δείχνουν ότι με βάση τις τιμές παραμέτρων των υλικών της επίχωσης του επιπρωμαχώνα ακόμα και όταν δεν υπάρχουν πιέσεις πόρων το πρυνές σαν σύνολο μαζί με το λιθόσωμα του τείχους είναι πρακτικά σε οριακή ισορροπία με την διαφορά μεταξύ ευστάθειας και καταστροφικής αστοχίας να μπορούν να την προκαλέσουν ακόμα και μικρές μεταβολές κατά το μέγεθος της απόλυτης τιμής της πίεσης πόρων. Σε κάθε περίπτωση η μεταβολή αυτή υποδεικνύει ότι αν μπορούσαν να υιοθετηθούν στραγγιστικά μέτρα που θα απέτρεπαν την δυνατότητα αύξησης των πιέσεων πόρων αυτό θα βελτίωνε την ευστάθεια.

Τα αναλυτικά αποτελέσματα των αναλύσεων ευσταθείας στη διατομή Ι-Ι' παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α.

Στη συνέχεια εκτελέστηκαν οι ίδιες αντίστροφες αναλύσεις ευσταθείας στην Διατομή Ζ-Ζ'. Στο **Σχ. 3.2** παρουσιάζεται το προσομοίωμα που δημιουργήθηκε για την διατομή Ζ-Ζ' και εισήχθη στο πρόγραμμα Slide. Εισήχθησαν και εδώ οι ίδιες τιμές παραμέτρων και εκτελέστηκαν 3 αναλύσεις εισάγοντας διαδοχικά βάθος ρωγμών 2m, 1m και 0 και θεωρώντας τις ρωγμές πλήρως γεμάτες με νερό στις αναλύσεις που υπήρχαν. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων αυτών παρουσιάζονται στον **Πιν. 3.2** και είναι πρακτικά τα ίδια με αυτά στον **Πιν. 3.1**. Τα αναλυτικά αποτελέσματα των αναλύσεων ευσταθείας στη διατομή Ζ-Ζ' παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α.



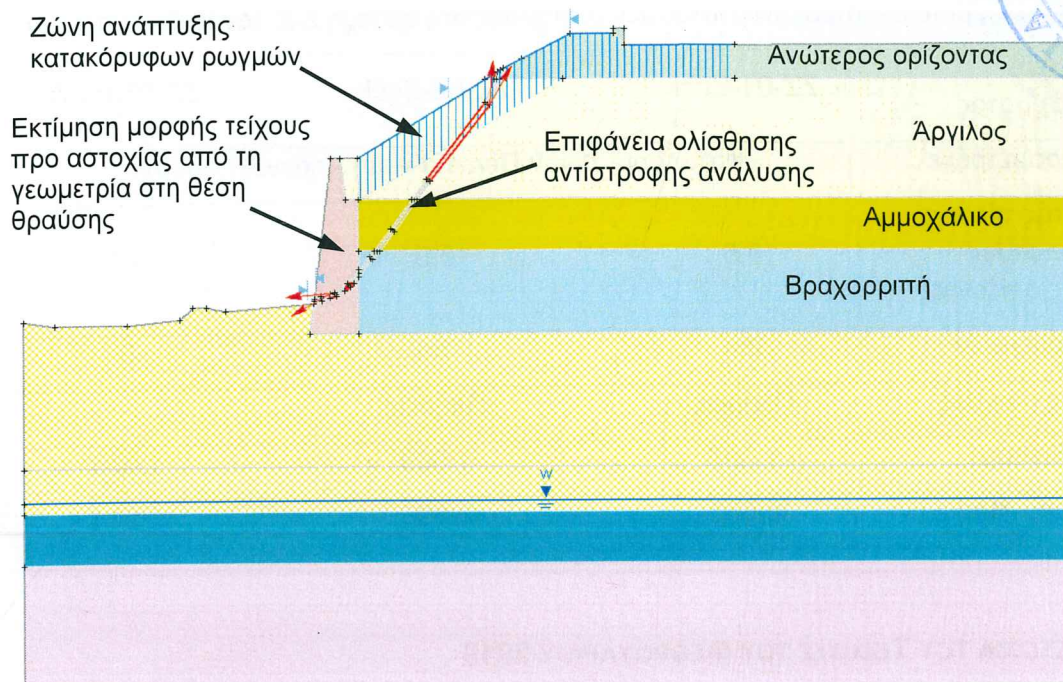
**Πίν. 3.1.** Αποτελέσματα αντίστροφων αναλύσεων ευσταθείας στη διατομή I-I' (δυτική αστοχία).

Αρχείο προγράμματος	II-01-Back	II-02-Back	II-03-Back
Τιμές παραμέτρων	Κάτω όριο τιμών Πίν. 1.1 – μη μηδενική συνοχή		
Συντελεστής πίεσης πόρων στους ανώτερους ορίζοντες	0.5	0.5	0.5
Βάθος ρωγμών	2m	1m	0
Νερό στις ρωγμές	Πλήρεις	Πλήρεις	-
Σ.Α. (Bishop)	0.974	0.978	0.987
Σ.Α. (Janbu Mod.)	0.865	0.876	0.902

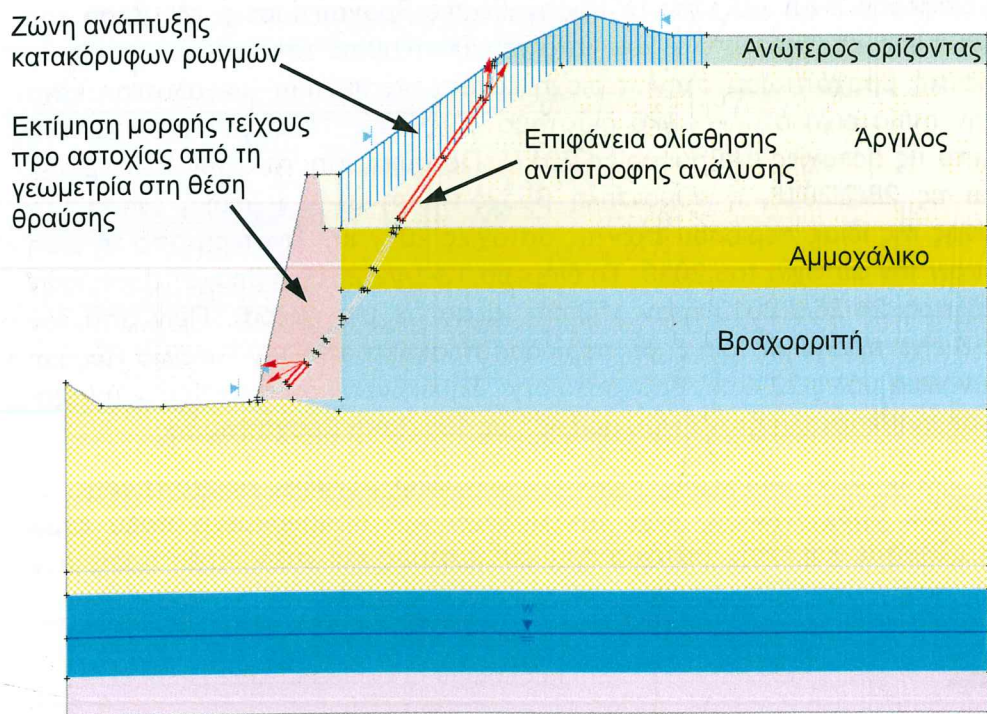
**Πίν. 3.2.** Επιρροή της τιμής του  $r_u$  στον συντελεστή ασφαλείας στη Διατομή II'.

Τιμή $r_u$	Σ.Α. Bishop	Σ.Α. Janbu Cor.
0.5	0.987	0.902
0.4	1.003	0.929
0.3	1.021	0.956
0.2	1.040	0.983
0.1	1.058	1.009
0.0	1.076	1.037





Σχ. 3.1. Προσομοίωμα διατομής I-I' στο πρόγραμμα Slide. Στη συγκεκριμένη ανάλυση έχει εισαχθεί και ζώνη πάχους 2m που μπορούν να αναπτυχθούν ρωγμές γεμάτες με νερό.



Σχ. 3.2. Προσομοίωμα διατομής Z-Z' στο πρόγραμμα Slide. Στη συγκεκριμένη ανάλυση έχει εισαχθεί και ζώνη πάχους 2m που μπορούν να αναπτυχθούν ρωγμές γεμάτες με νερό.



**Πίν. 3.3.** Αποτελέσματα αντίστροφων αναλύσεων ευσταθείας στη διατομή Z-Z' (ανατολική αστοχία).

Αρχείο προγράμματος	ZZ-01-Back	ZZ-02-Back	ZZ-03-Back
Τιμές παραμέτρων	Κάτω όριο τιμών Πίν. 1.1 – μη μηδενική συνοχή		
Συντελεστής πίεσης πόρων στους ανώτερους ορίζοντες	0.5	0.5	0.5
Βάθος ρωγμών	2m	1m	0
Νερό στις ρωγμές	Πλήρεις	Πλήρεις	-
Σ.Α. (Bishop)	1.007	1.009	1.015
Σ.Α. (Janbu Mod.)	0.887	0.896	0.914

### 3.5 Η ΑΣΤΟΧΙΑ ΤΟΥ ΤΕΙΧΟΥΣ ΤΟΥ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2019

Η αστοχία έγινε στις 28/2/2019 στο βορειοδυτικό τμήμα του τείχους. Η στρωματογραφία όπως αποτυπώνεται στη διατομή Z-Z' είναι ίδια με ίδια εξωτερική γεωμετρία όπως και στις άλλες θέσεις αστοχιών 2017 καθιστώντας περιττή νέα αντίστροφη ανάλυση.

Εκείνο που έχει ενδιαφέρον είναι και πάλι οι προηγηθείσες βροχοπτώσεις. Με βάση τον μετεωρολογικό σταθμό στο κέντρο των Χανίων, από τον Σεπτέμβριο του 2018 μέχρι και τις 28/2/2019, η αθροιστική βροχόπτωση στην περιοχή έφτασε τα 957mm (μεγαλύτερη κατά 1μιση φορά από την αντίστοιχη στο χρονικό διάστημα 1/9/16 ως 14/2/2017 όταν έγινε η τελευταία αστοχία από τις αστοχίες Φεβρουαρίου 2017). Για σύγκριση, από τον Σεπτέμβριο του 2017 μέχρι και τις 28/2/2018, η αθροιστική βροχόπτωση στην περιοχή έφτασε τα 457.6mm, 75% εκείνης της ίδιας περιόδου πριν τις αστοχίες 2017 και λιγότερη από τη μισή της ίδιας περιόδου πριν την αστοχία του 2019. Το διήμερο 13-14/2/2019 η βροχόπτωση ήταν 120.2mm και το διήμερο 24-25/2/2019 ήταν 152mm (μέσα σε μία ημέρα). Πριν από τον Σεπτέμβριο του 2018 είχε προηγηθεί μία ξηρή περίοδος πρακτικά από τον Απρίλιο έως και τον Αύγουστο με συνολικά μόλις 22.4mm βροχόπτωσης. Σημειώνεται ότι η περίοδος άνοιξη-καλοκαίρι του 2017 σε αντιδιαστολή ήταν λιγότερο ξηρή με 101.2mm βροχόπτωσης.

Και πάλι λοιπόν, ο συνδυασμός βροχερής περιόδου συνολικά μεγάλης βροχόπτωσης με συχνά έντονα επεισόδια βροχόπτωσης πριν την αστοχία και προηγούμενη πολύ ξηρή περίοδο μοιάζει να οδήγησε και στην αστοχία του 2019 όπως και στην περίπτωση των αστοχιών του 2017.

### 3.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση τα αποτελέσματα των αντιστρόφων αναλύσεων ευσταθείας που εκτελέστηκαν προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

#### ΕΔΑΦΟΣ Σύμβουλοι Μηχανικοί Α.Ε.

Κεντρικά: Υπερείδου 9, Πλάκα, 10558 Αθήνα, 210.32.22.050, Fax: 210.32.41.607, [admin@edafos.gr](mailto:admin@edafos.gr)

Εργαστήριο: Θεραπειών 2, Κολωνός, 10444 Αθήνα, 210.514.90.20, Fax: 210.514.90.38, [lab@edafos.gr](mailto:lab@edafos.gr)



1. Οι τιμές παραμέτρων της γεωτεχνικής αξιολόγησης σε ό,τι αφορά τους ανώτερους ορίζοντες είναι εύλογες δεδομένης της οριακής ευστάθειας του επιπρωμαχώνα.
2. Η ύπαρξη ρωγμών πληρωμένων με νερό έχει μικρή μάλλον επιρροή για τις επιφάνειες αστοχίας των εκδηλωθεισών αστοχιών.
3. Μεγαλύτερη επιρροή μοιάζει να έχει η τιμή του συντελεστή πίεσης πόρων, η μέγιστη τιμή του οποίου (0.5) οδηγεί στην αστοχία, ενώ μικρότερές του τιμές, αντιστοιχούσες σε περιόδους ανομβρίας, οδηγούν σε μεγαλύτερους συντελεστές ασφαλείας μεν, όχι τόσο μεγαλύτερους δε που να αναιρείται το γεγονός ότι ο επιπρωμαχώνας έχει μικρούς συντελεστές ασφαλείας.
4. Από την άλλη, αυτές οι αυξήσεις της πίεσης πόρων που προκαλεί ο αυξημένος συντελεστής πίεσης πόρων μόνο στους ανώτερους ορίζοντες είναι επαρκείς για να υπάρξει αστοχία.

Η εξέταση των βροχομετρικών δεδομένων προ των αστοχιών και η σύγκρισή τους με την ενδιάμεση χρονιά που δεν υπήρξε αστοχία υποδεικνύει ότι ο συνδυασμός βροχερής περιόδου συνολικά μεγάλης βροχόπτωσης με συχνά έντονα επεισόδια βροχόπτωσης πριν την αστοχία και προηγούμενη πολύ ξηρή περίοδο μοιάζει να ευνοεί την εκδήλωση ασταθειών (όπως έγινε και στην αστοχία του 2019 και στην περίπτωση των αστοχιών του 2017) επιβάλλοντας την ταχεία απορροή των επιφανειακών υδάτων και την παρεμπόδιση της κατεύθυνσης από την επιφάνεια της στέψης και της περιοχής μεταξύ της στέψης και του επιπρωμαχώνα και της στέψης του περιμετρικού τείχους.

Τα μέτρα επιφανειακής απορροής και σφράγισης της επιφάνειας της στέψης και της ράμπας έχουν μελετηθεί στο πλαίσιο της Υποβολής των Άμεσων Μέτρων.



## 4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΕΡΓΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

### 4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Οι υπολογισμοί των έργων της μελετηθείσας λύσης περιλαμβάνουν:

- Αναλύσεις ευσταθείας του τμήματος του πρανούς ανάντη της στέψης του τείχους
- Αναλύσεις ευσταθείας ολόκληρου του πρανούς παρουσία της βελτίωσης των ενεματώσεων

### 4.2 ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΠΡΑΝΟΥΣ ΑΝΑΝΤΗ ΣΤΕΨΗΣ ΤΕΙΧΟΥΣ

Όλες οι αναλύσεις ευσταθείας πραγματοποιήθηκαν με το πρόγραμμα Slide. Για τις αναλύσεις στη δυτική αστοχία χρησιμοποιήθηκε η διατομή I-I' και στην ανατολική αστοχία η διατομή Z-Z'.

Στην περιοχή της δυτικής αστοχίας χρησιμοποιήθηκε η Διατομή I-I' για τις ευθείες αναλύσεις ευσταθείας. Χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιες τιμές παραμέτρων με αυτές στις αντίστροφες αναλύσεις ευσταθείας. Για το επίλεκτο υλικό πίσω από τον νέο τοίχο θεωρήθηκαν τιμές παραμέτρων διατμητικής αντοχής  $c'=0$ ,  $\phi'=45^\circ$ . Στον Πιν. 4.1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων ευσταθείας. Αρχικά πραγματοποιήθηκε μία ανάλυση με συντελεστή πίεσης πόρων 0.5 στις ανώτερες στρώσεις. Από αυτήν προέκυψε συντελεστής ασφαλείας 1.254 (αναφέρονται οι τιμές από τη μέθοδο Bishop), τιμή ανεπαρκής. Αν δεν υπάρχει καθόλου πίεσης πόρων ο Σ.Α. γίνεται 1.672. Θεωρήθηκε λοιπόν ότι στις στρώσεις αυτές θα κατασκευαστούν αποστραγγιστικές γεωτρήσεις για την μη ανάπτυξη πιέσεων πόρων ή έστω πολύ μικρών για τις συνήθεις συνθήκες λειτουργίας (υπόθεση  $r_u=0.1$ ). Ο Σ.Α. τότε γίνεται  $1.589 > 1.4$ . Ως συνθήκες αυξημένης «στάθμης υπογείων υδάτων» (αυξημένων πιέσεων πόρων εν προκειμένω) θεωρήθηκε τιμή  $r_u=0.2$  οπότε τότε ο Σ.Α. γίνεται  $1.505 > 1.3$ . Για την περίπτωση της μερικής απόφραξης των αποστραγγιστικών γεωτρήσεων υποτέθηκε τιμή  $r_u=0.3$  οπότε τότε ο Σ.Α. γίνεται  $1.422 > 1.2$ . Τέλος, για υπόθεση  $r_u=0.1$  (συνήθεις συνθήκες λειτουργίας) υποτέθηκε σεισμική φόρτιση με οριζόντια συνιστώσα την μισή της σεισμικής επιτάχυνσης και κατακόρυφη το ένα τέταρτο της σεισμικής επιτάχυνσης. Ο Σ.Α. προέκυψε  $1.237^1 > 1$ . Οι εφαρμοσθείσες τιμές σεισμικής επιτάχυνσης προσαυξήθηκαν κατά 50% και ακόμα και τότε προέκυψε Σ.Α.  $1.101^2 > 1$ . Προς έλεγχο της ευστάθειας ακόμα και χωρίς καθόλου πίεση πόρων ο Σ.Α. είναι 1.672 (αναλύσεις με υπόθεση  $r_u=0$ ) ο οποίος είναι μεγαλύτερος από 1.5.

Στην περιοχή της ανατολικής αστοχίας χρησιμοποιήθηκε η Διατομή Z-Z' για τις ευθείες αναλύσεις ευσταθείας. Χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιες τιμές παραμέτρων με αυτές στις αντίστροφες αναλύσεις ευσταθείας. Για το επίλεκτο υλικό πίσω από τον νέο τοίχο θεωρήθηκαν τιμές παραμέτρων διατμητικής αντοχής  $c'=0$ ,  $\phi'=45^\circ$ . Στον Πιν. 4.2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων ευσταθείας. Αρχικά πραγματοποιήθηκε μία ανάλυση με συντελεστή πίεσης πόρων 0.5 στις ανώτερες στρώσεις. Από αυτήν

<sup>1</sup> Η κατακόρυφη συνιστώσα διερευνάται πάντα ως προς το πρόσημό της προς αναζήτηση του ελάχιστου συντελεστή ασφαλείας. Στο κείμενο αναφέρεται ο ελάχιστος που προέκυψε.



προέκυψε συντελεστής ασφαλείας 1.133 (αναφέρονται οι τιμές από τη μέθοδο Bishop), τιμή ανεπαρκής. Αν δεν υπάρχει καθόλου πίεσης πόρων ο Σ.Α. γίνεται 1.514. Θεωρήθηκε λοιπόν ότι στις στρώσεις αυτές θα κατασκευαστούν αποστραγγιστικές γεωτρήσεις για την μη ανάπτυξη πιέσεων πόρων ή έστω πολύ μικρών για τις συνήθεις συνθήκες λειτουργίας (υπόθεση  $r_u=0.1$ ). Ο Σ.Α. τότε γίνεται  $1.439 > 1.4$ . Ως συνθήκες αυξημένης «στάθμης υπογείων υδάτων» (αυξημένων πιέσεων πόρων εν προκειμένω) θεωρήθηκε τιμή  $r_u=0.2$  οπότε τότε ο Σ.Α. γίνεται  $1.365 > 1.3$ . Για την περίπτωση της μερικής απόφραξης των αποστραγγιστικών γεωτρήσεων υποτέθηκε τιμή  $r_u=0.3$  οπότε τότε ο Σ.Α. γίνεται  $1.289 > 1.2$ . Τέλος, για υπόθεση  $r_u=0.1$  (συνήθεις συνθήκες λειτουργίας) υποτέθηκε σεισμική φόρτιση με οριζόντια συνιστώσα την μισή της σεισμικής επιτάχυνσης και κατακόρυφη

**Πίν. 4.1.** Αποτελέσματα ευθειών αναλύσεων ευσταθείας στη διατομή I-I' (δυτική αστοχία) για το τμήμα του πρानούς πάνω από τη στέψη του νέου τοίχου.

Όνομα αρχείου ανάλυσης	$r_u$	Σ.Α. Bishop	Σ.Α. Janbu cor.
II_04_ru05	0.5	1.254	1.198
II_05_ru0	0	1.672	1.647
II_06_ru03	0.3	1.422	1.381
II_07_ru01	0.1	1.589	1.560
II_07_ru02	0.2	1.505	1.471
II_07_ru01q+	0.1 + σεισμική φόρτιση (κατ/φη συνιστώσα προς τα κάτω)	1.239	1.207
II_07_ru01q-	0.1 + σεισμική φόρτιση (κατ/φη συνιστώσα προς τα πάνω)	1.237	1.204
II_07_ru01q+Ex	0.1 + σεισμική φόρτιση προσαυξημένη κατά 50% (κατ/φη συνιστώσα προς τα κάτω)	1.119	1.086
II_07_ru01q-Ex	0.1 + σεισμική φόρτιση προσαυξημένη κατά 50% (κατ/φη συνιστώσα προς τα πάνω)	1.101	1.065

**Πίν. 4.2.** Αποτελέσματα ευθειών αναλύσεων ευσταθείας στη διατομή Z-Z' (ανατολική αστοχία) για το τμήμα του πρानούς πάνω από τη στέψη του νέου τοίχου.

Όνομα αρχείου ανάλυσης	$r_u$	Σ.Α. Bishop	Σ.Α. Janbu cor.
ZZ_04_ru05	0.5	1.133	1.075
ZZ_05_ru0	0	1.514	1.490
ZZ_06_ru03	0.3	1.289	1.242
ZZ_07_ru01	0.1	1.439	1.408
ZZ_07_ru02	0.2	1.365	1.325
ZZ_07_ru01q+	0.1 + σεισμική φόρτιση (κατ/φη συνιστώσα προς τα κάτω)	1.147	1.114
ZZ_07_ru01q-	0.1 + σεισμική φόρτιση (κατ/φη συνιστώσα προς τα πάνω)	1.155	1.119
ZZ_07_ru01q+Ex	0.1 + σεισμική φόρτιση προσαυξημένη κατά 50% (κατ/φη συνιστώσα προς τα κάτω)	1.042	1.008
ZZ_07_ru01q-Ex	0.1 + σεισμική φόρτιση προσαυξημένη κατά 50% (κατ/φη συνιστώσα προς τα πάνω)	1.035	1.000



το ένα τέταρτο της σεισμικής επιτάχυνσης. Ο Σ.Α. προέκυψε  $1.147^2 > 1$ . Οι εφαρμοσθείσες τιμές σεισμικής επιτάχυνσης προσαυξήθηκαν κατά 50% και ακόμα και τότε προέκυψε Σ.Α.  $1.035^2 > 1$ . Προς έλεγχο της ευστάθειας ακόμα και χωρίς καθόλου πίεση πόρων ο Σ.Α. είναι 1.514 (αναλύσεις με υπόθεση  $r_u=0$ ) ο οποίος είναι μεγαλύτερος από 1.5.

#### 4.3 ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΟΛΟΚΛΗΡΟΥ ΤΟΥ ΠΡΑΝΟΥΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΤΩΝ ΕΝΕΜΑΤΩΣΕΩΝ

Για τις συνήθεις συνθήκες λειτουργίας των αναλύσεων ευσταθείας στις διατομές ελέγχου των δύο αστοχιών πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις ολικής ευστάθειας του επιπρωμαχώνα (πόδας τείχου-οφρύς). Το τμήμα των επιχώσεων του επιπρωμαχώνα που βελτιώνεται με τις ενεματώσεις εισήχθη στις αναλύσεις ευσταθείας με τιμές παραμέτρων αντοχής  $c' = 40$  kPa και  $\phi' = 42^\circ$ . Από αυτές τις αναλύσεις ευσταθείας προέκυψαν Σ.Α. 1.238 (αρχείο Egx01) και 1.00 παρουσία σεισμικού φορτίου (αρχείο Egx01\_q).

#### 4.4 ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΣΕ ΘΕΣΕΙΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΤΕΙΧΟΥΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΤΩΝ ΑΓΚΥΡΙΩΝ

Στις θέσεις του υφιστάμενου τείχους, για το τμήμα του πρανούς ανάντη του τείχους ισχύουν οι ίδιες αναλύσεις με αυτές που παρουσιάστηκαν στην §4.2 λόγω κοινής γεωμετρίας.

Για τον έλεγχο ολικής ευστάθειας χρησιμοποιήθηκε η διατομή Δ-Δ' (πόδας τείχου-οφρύς). Αρχικά πραγματοποιήθηκε ανάλυση ευσταθείας με  $r_u = 0.1$ , χωρίς εισαγωγή μέτρων και προέκυψε οριακός συντελεστής ασφαλείας (0.95, αρχείο DD\_01). Στη συνέχεια εισήχθησαν τα αγκύρια και ο συντελεστής ασφαλείας ανήλθε σε 1.215 (αρχείο DD\_01a). Μετά εισήχθη και η επιρροή της ενεμάτωσης διά των αγκυρίων και ο συντελεστής ασφαλείας ανήλθε σε 1.337 (αρχείο DD\_01b). Για αυτές τις συνθήκες εισήχθη το σεισμικό φορτίο οπότε ο συντελεστής ασφαλείας έγινε 1.117 (αρχείο DD\_01b+q), ενώ για τις ίδιες συνθήκες εισήχθη συντελεστής  $r_u = 0.3$  (θεώρηση αυξημένων πιέσεων πόρων ή αστοχίας ορισμένων στραγγιστικών μέτρων) και ο συντελεστής ασφαλείας προέκυψε 1.291 (αρχείο DD\_01bW).

<sup>2</sup> Η κατακόρυφη συνιστώσα διερευνάται πάντα ως προς το πρόσημό της προς αναζήτηση του ελάχιστου συντελεστή ασφαλείας. Στο κείμενο αναφέρεται ο ελάχιστος που προέκυψε.



## 5. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΩΝ

### 5.1 ΕΡΓΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΩΝ

Τα έργα αποκατάστασης των αστοχιών του τείχους του επιπρωμαχώνα θα περιλαμβάνουν τις εξής επιμέρους εργασίες (οι εργασίες παρακάτω περιγράφονται θεωρώντας δεδομένη την κατασκευή των αμέσων μέτρων που έχουν περιγραφεί με την υποβολή Σεπτεμβρίου 2019 της ΕΔΑΦΟΣ Α.Ε. στο πλαίσιο της ίδιας σύμβασης):

- *Αστοχίες Φεβρουαρίου 2017:* Σε κάθε θέση αστοχίας διαμόρφωση δαπέδου εργασίας μέχρι υψομέτρου 14m στη δυτική αστοχία και στην ανατολική αστοχία. Η επίχωση για την διαμόρφωση του δαπέδου εργασίας θα κατασκευαστεί από συμπυκνωμένο αμμοχάλικο μετά τον καθαρισμό από πρόσφατες μικροκαταρρεύσεις. Το δάπεδο θα έχει πλάτος τουλάχιστον 4.5m όπως φαίνεται στο Σχέδιο 005. Θα προηγηθεί η επιμελής απενεργοποίηση δικτύων κοινής ωφελείας που διέρχονται στο βόρειο πεζοδρόμιο της οδού Ντουνόπαπα ή η μετάθεσή τους στο νότιο πεζοδρόμιο με τη συνδρομή και των τοπικών ΟΚΩ (εκτός αν οι τοπικοί ΟΚΩ βεβαιώσουν ότι μπορούν να κατασκευαστούν οι σχετικές επιχώσεις χωρίς να επηρεάζονται τα διερχόμενα δίκτυα).
- *Αστοχία Φεβρουαρίου 2019:* Θα χρησιμοποιηθεί το δάπεδο που φαίνεται στο Σχέδιο 003 σε οριζοντιογραφία και στο Σχέδιο 005 σε διατομή (διαμόρφωση στο πλαίσιο των Αμέσων Μέτρων).
- Από το προαναφερθέν δάπεδο εργασίας στη θέση κάθε αστοχίας θα διανοιχθούν παραοριζόντιες αποστραγγιστικές γεωτρήσεις ανά 2m όπως φαίνεται σε οριζοντιογραφία στο Σχέδιο 003 και σε διατομή στο Σχέδιο 005. Οι αποστραγγιστικές γεωτρήσεις στα άκρα κάθε δαπέδου εργασίας μπροστά από κάθε αστοχία «στρίβουν» οριζοντιογραφικά έτσι ώστε να δημιουργηθούν γωνιακοί θύσανοι αποστραγγιστικών γεωτρήσεων διά των οποίων καλύπτεται όσο το δυνατόν μεγαλύτερο τμήμα του επιπρωμαχώνα για να εξασφαλίζεται στράγγιση των ανώτερων αργιλικών στρώσεων της επίχωσης. Οι παραοριζόντιες στραγγιστικές γεωτρήσεις θα έχουν διάμετρο οπής Φ76mm ανά 2m με διάτρητο πλαστικό σωλήνα διαμέτρου 2'' περιτυλιγμένο με διπλό γεωύφασμα και προέκτασή του εντός της μάζας του επίλεκτου υλικού επανεπίχωσης. Το μήκος τους θα είναι 15m. Στις θέσεις αστοχιών Φεβρουαρίου 2017 η διάνοιξή τους γίνεται από το υψόμετρο 16m και έχουν κλίση 15° προς τα πάνω, και στη θέση της αστοχίας Φεβρουαρίου 2019 η διάνοιξή τους γίνεται από το υψόμετρο 19m και έχουν κλίση 5° προς τα πάνω.
- Από τη στέψη του κάθε δαπέδου στις θέσεις αστοχιών Φεβρουαρίου 2017 θα κατασκευαστούν ενεματώσεις σε κάνναβο 1x0.5m πεσσοειδώς με βάθος 5m και πλάτος εφαρμογής όπως φαίνεται στο Σχέδιο 005 2m (σύνολο για τη δυτική αστοχία 120 ενεματώσεις και για την ανατολική 140 ενεματώσεις) και στη θέση της αστοχίας Φεβρουαρίου 2019 σε κάνναβο 1x0.5m πεσσοειδώς με βάθος 7m και πλάτος εφαρμογής όπως φαίνεται στο Σχέδιο 005 3.5m (σύνολο 320 ενεματώσεις).
- Οι ενεματώσεις θα υλοποιηθούν με την τεχνολογία εισπιέσεων με βαλβιδοσωλήνες (Tube-A-Manchette / Sleeved grouting pipes injection technology, βλ. Σχ. 5.1). Θα

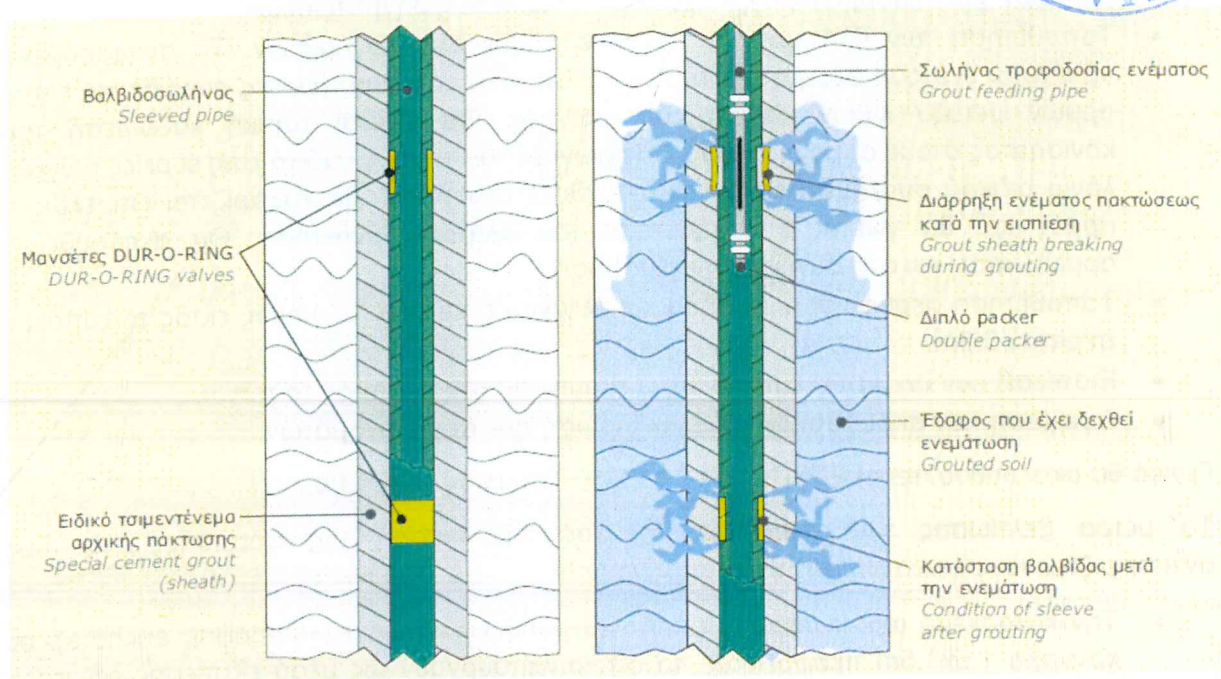


χρησιμοποιηθούν σωλήνες Φ28/38 μίας εξωτερικής βαλβίδας ανά μέτρο μήκους σε οπές διαμέτρου Φ76mm. Μετά την εισαγωγή των σωλήνων και την πλήρωση του διάκενου μεταξύ τοιχωμάτων οπής και σωλήνα με ένεμα θα αρχίζει η εισπίεση ενέματος από κάτω προς τα πάνω. Όριο εισπιεζόμενου όγκου ενέματος θα είναι τα 250lt ανά βαλβίδα.

- Το ένεμα θα είναι αναλογίας νερό:τσιμέντο 1:1 παρουσία 0.5% επιβραδυντή. Εάν με την αναλογία αυτή διαπιστωθεί μεγάλη απώλεια ενέματος (>250lt ανά βαλβίδα), η σύνθεση θα τροποποιείται με αναλογία νερό:τσιμέντο 0.6:1 παρουσία 0.5% επιβραδυντή. Αν και με αυτήν την σύνθεση παρατηρηθούν μεγάλες απώλειες (>250lt ανά βαλβίδα) θα γίνει προσθήκη άμμου σε ποσοστό 20% παρουσία 0.5% επιβραδυντή. Σε κάθε περίπτωση, θα πραγματοποιηθεί μία δοκιμαστική εφαρμογή πριν την κατάληξη στην τελική σύνθεση ενεμάτων. Η δοκιμαστική εφαρμογή θα γίνει με τις προαναφερθείσες οδηγίες για τη σύνθεση και ανάλογα με τα αποτελέσματά της θα διατηρηθεί ως έχει ή θα τροποποιηθεί με τη σύμφωνη γνώμη της Υπηρεσίας.
- Το τσιμέντο που θα χρησιμοποιηθεί στα ενέματα θα είναι τσιμέντο τύπου Portland κατηγορίας CEM I ή II, αντοχής 32.5 ή 42.5, συνήθους πρώιμης αντοχής (κατηγορία N) μεγάλης λεπτότητας (ειδική επιφάνεια κατά Blaine >3500 cm<sup>2</sup>/g).
- Μετά την κατασκευή των ενεματώσεων (τουλάχιστον 14 ημέρες μετά και τις τελευταίες ενεματώσεις) γίνεται η καθαίρεση του δαπέδου εργασίας τμηματικά κατά διάσταση παράλληλη με το πρανάς. Το βήμα καθαίρεσης («ντουλάπια») δεν θα ξεπερνά σε μήκος τα 10m (εκτιμώνται 3 «ντουλάπια» στην δυτική αστοχία και 4 στην ανατολική για τις αστοχίες Φεβρουαρίου 2017 και 4 «ντουλάπια» στην αστοχία Φεβρουαρίου 2019).
- Μετά την καθαίρεση θα γίνεται η κατασκευή του νέου λιθοσώματος όπως προβλέπεται στο Σχέδιο 005 μέχρι τουλάχιστον το υψόμετρο 14m και στη συνέχεια θα προχωρά η διάνοιξη του επόμενου «ντουλαπιού».
- Αφού φτάσουν όλα τα «ντουλάπια» σε ενιαίο υψόμετρο λιθοσώματος 14m θα κατασκευαστεί στραγγιστήριο Φ200mm περιβαλλόμενο από διπλό μη υφαντό γεωύφασμα και θραυστή άμμο λατομείου και στη συνέχεια θα τοποθετηθεί και θα συμπυκνωθεί επίλεκτο κοκκώδες υλικό για ελεύθερη στράγγιση και υψηλή αντοχή παρεμβαλλομένου γεωυφάσματος μεταξύ επίλεκτου υλικού και υφισταμένων υλικών επιπρωμαχώνα. Η κατασκευή θα προχωρά παράλληλα με την κατασκευή του λιθοσώματος μέχρι της τελικής του στέψης (βλ. Σχέδιο 005).
- Στο λιθόσωμα θα υλοποιηθούν με αρχιτεκτονικά άρτιο τρόπο ανοίγματα αποτόνωσης τυχόν συγκεντρούμενων υδάτων σε έναν κάρναβο στην πρόσοψη κατά το αραιότερο 1.5x1.5m πεσσοειδώς («ανακουφιστικές οπές»).
- Η χρήση του επίλεκτου υλικού θα γίνει μέχρι τη στέψη των επιχώσεων για αποκατάσταση της αρχικής γεωμετρίας των επιχώσεων του επιπρωμαχώνα πάνω από τη στέψη του τείχους.
- Ολοκλήρωση του έργου της επανεπίχωσης με αργιλικό υλικό καλά συμπυκνωμένο στην επιφάνεια του επίλεκτου υλικού για να μην κατεισδύουν τα όμβρια.
- Αποκατάσταση του χώρου μπροστά από το ανακατασκευασμένο τείχος στις θέσεις των δύο αστοχιών με επέκταση της ράμπας στην ανατολική πλευρά του επιπρωμαχώνα όπως φαίνεται στο Σχέδιο 004 προκειμένου να βελτιωθεί ακόμα



περισσότερο η ευστάθεια στην ανατολική αποκατεστημένη περιοχή καθώς η ράμπα αυτή λειτουργεί ως αντίβαρο στον πόδα του τοίχου.



**Σχ. 5.1.** Σκαρίφημα επίδειξης τεχνολογίας εισπίσεων ενέματος με βαλβιδωσωλήνες (Tube-A-Manchette / Sleeved grouting pipes injection technology)

## 5.2 ΕΡΓΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΟΝ ΥΠΟΛΟΙΠΟ ΕΠΙΠΡΩΜΑΧΩΝΑ

Με βάση την υποβολή «Παθολογία και Εναλλακτικές Προτάσεις Αποκατάστασης» Σεπτεμβρίου 2019 στο πλαίσιο της ίδιας σύμβασης, το τμήμα του Επιπρωμαχώνα εκτός θέσεων κατάρρευσης έχει διαχωριστεί σε δύο ευρείες περιοχές: την Περιοχή Α που περιλαμβάνει τις περιοχές μεταξύ θέσεων αστοχιών και την περιοχή μεταξύ αστοχίας Φεβρουαρίου 2019 και υφιστάμενων κτιρίων στην οδό Πόρτου, και την Περιοχή Β που είναι όλη η υπόλοιπη περιοχή από την ανατολική αστοχία Φεβρουαρίου 2017 μέχρι τις υφιστάμενες οικίες επί της οδού Πόρτου (ανατολική πλευρά Επιπρωμαχώνα). Πιο επείγοντα είναι τα μέτρα στην Περιοχή Α και αν δεν μπορεί να δρομολογηθεί άμεσα ολόκληρη η επέμβαση, πρώτα θα υλοποιηθούν τα μέτρα στην Περιοχή Α και μετά στην Περιοχή Β.

Τα μέτρα αποκατάστασης περιλαμβάνουν:

- Α. Τα μέτρα αποκατάστασης της δομικής επάρκειας της τοιχοποιίας.
- Β. Τα μέτρα βελτίωσης των προβλημάτων από την ένταση της φόρτισης από τους αντιστηριζόμενους χωματισμούς.

Τα μέτρα αποκατάστασης της δομικής επάρκειας της τοιχοποιίας περιλαμβάνουν:



- Καθαρισμό της επιφάνειας του τείχους από φυτά και κυρίως ρίζες που έχουν προκαλέσει ρωγματώσεις για την προετοιμασία της επιφάνειας για την τοποθέτηση ακροφυσίων εισόδου και ελέγχου ενεμάτων, τα αρμολογήματα και την τοποθέτηση βλήτρων για τη συρραφή της τοιχοποιίας στις θέσεις ρηγματώσεων.
- Τοποθέτηση των βλήτρων και κατασκευή των αρμολογημάτων. Τα αναφερόμενα «βλήτρα» ενέχουν θέση συνδετήρων κάθετα στις παρατηρηθείσες ρωγμές και εντός αρμών μεταξύ λίθων κάθετα στις ρωγμές. Θα γίνεται τοπική καθαίρεση του κονιάματος στους αρμούς κάθετα στις ρωγμές του τείχους (ειδικά στις ευρείες ρωγμές λόγω ριζικού συστήματος που αναπτύχθηκε στα τείχη), θα καθαρίζεται επιμελώς ο αρμός και θα γίνεται η τοποθέτηση του βλήτρου/συνδετήρα. Θα ακολουθεί η αρμολόγηση και στη συνέχεια η ενεμάτωση.
- Τοποθέτηση ακροφυσίων εισόδου και ελέγχου ενεμάτων με μήκος εκτός τοιχοποιίας περίπου 0.5m.
- Εισπίεση των ενεμάτων από το κάτω τμήμα του τείχους προς το πάνω.
- Αφαίρεση των ακροφυσίων και ολοκλήρωση των αρμολογημάτων.

Γενικά θα ακολουθούνται οι ΕΤΕΠ 1501-14-02-03-00 και 14-02-04-00.

Τα μέτρα βελτίωσης των προβλημάτων από την ένταση της φόρτισης από τους αντιστηριζόμενους χωματισμούς περιλαμβάνουν:

- Την κατασκευή αγκυρώσεων με αυτοδιατρυόμενα αγκύρια (self-drilling anchors), σε κάρναβο 1.5x1.5m πεσσοειδώς, τα οποία λειτουργούν ως μέσα εισπίεσης ενέματος με διακοπή της διάτρησης ανά μέτρο μήκους διάτρησης πίσω από το υφιστάμενο τείχος, εισπίεση ενέματος διά των οπών του κοπτικού άκρου και στη συνέχεια προχώρηση της διάτρησης. Στο Σχέδιο 006 παρουσιάζεται η διάταξη των αγκυρίων και στο Σχ. 5.2 παρουσιάζεται η αλληλουχία κατασκευής και επιδεικνύεται η μεθοδολογία διακοπής διάτρησης και εισπίεσης ενέματος ανά σειρά αγκυρίων. Η κατασκευή των αγκυρώσεων γίνεται από κάτω προς τα πάνω. Όριο εισπιεζόμενου όγκου ενέματος θα είναι τα 250lt ανά θέση εισπίεσης ενέματος. Η εισπίεση θα γίνεται με πίεση 0.70-0.75atm.
- Τα αγκύρια τοποθετούνται διά φωλεάς που δημιουργείται στο τείχος μέσω της αποκόλλησης λίθων στις θέσεις του καννάβου διάτρησης των αγκυρίων η οποία μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής του αγκυρίου πληρούται με ένεμα και ξανακλείνεται με λίθο παρόμοιο με τον αφαιρεθέντα για απόκρυψη της κεφαλής του αγκυρίου, όπως φαίνεται στη σχετική λεπτομέρεια του Σχ. 006.
- Το ένεμα για τις αγκυρώσεις αυτές θα είναι αναλογίας νερό:τσιμέντο 0.7:1 παρουσία 0.5% επιβραδυντή. Θα πραγματοποιηθεί μία δοκιμαστική εφαρμογή πριν την κατάληξη στην τελική σύνθεση ενέματος για τις αγκυρώσεις. Η δοκιμαστική εφαρμογή θα γίνει με τις προαναφερθείσες οδηγίες για τη σύνθεση και ανάλογα με τα αποτελέσματά της θα διατηρηθεί ως έχει ή θα τροποποιηθεί με τη σύμφωνη γνώμη της Υπηρεσίας.
- Το τσιμέντο που θα χρησιμοποιηθεί στα ενέματα θα είναι τσιμέντο τύπου Portland κατηγορίας CEM I ή II, αντοχής 32.5 ή 42.5, συνήθους πρώιμης αντοχής (κατηγορία N) μεγάλης λεπτότητας (ειδική επιφάνεια κατά Blaine >3500 cm<sup>2</sup>/g).





<p>ΖΗΤΟΥΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ</p>	<p>1ο Βήμα 1ης Σειράς Αγκυρίων (κατασκευή σειρών από κάτω προς τα πάνω)</p> <p>Διάτρηση με αυτοδιατρυόμενο ανοξείδωτο αγκύριο μέχρι 0.5m πίσω από το τείχος</p>	<p>2ο Βήμα 1ης Σειράς Αγκυρίων</p> <p>Διακοπή διάτρησης και εισπίεση ενέματος από κεφαλή για δημιουργία βολβού</p>	
<p>3ο Βήμα 1ης Σειράς Αγκυρίων</p> <p>Συνέχιση διάτρησης μέχρι 1.5m από την πίσω πλευρά του τείχους</p>	<p>4ο Βήμα 1ης Σειράς Αγκυρίων</p> <p>Διακοπή διάτρησης και εισπίεση ενέματος από κεφαλή για δημιουργία βολβού</p>	<p>5ο Βήμα 1ης Σειράς Αγκυρίων</p> <p>Συνέχιση διάτρησης μέχρι 2.5m από την πίσω πλευρά του τείχους</p>	<p>ΥΠΟΜΝΗΜΑ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Εισπίεση ενέματος 0.5m πίσω από τείχος</li> <li>Εισπίεση ενέματος 1.5m πίσω από τείχος</li> <li>Εισπίεση ενέματος 2.5m πίσω από τείχος</li> <li>Εισπίεση ενέματος 3.5m πίσω από τείχος</li> <li>Εισπίεση ενέματος 4.5m πίσω από τείχος (μόνο για τις 2 πάνω σειρές)</li> </ul>
<p>6ο Βήμα 1ης Σειράς Αγκυρίων</p> <p>Διακοπή διάτρησης και εισπίεση ενέματος από κεφαλή για δημιουργία βολβού</p>	<p>7ο Βήμα 1ης Σειράς Αγκυρίων</p> <p>Συνέχιση διάτρησης μέχρι 3.5m από την πίσω πλευρά του τείχους</p>	<p>8ο Βήμα 1ης Σειράς Αγκυρίων</p> <p>Διακοπή διάτρησης και εισπίεση ενέματος από κεφαλή για δημιουργία βολβού. Αναμονή ανάπτυξης αντοχής. Κοχλίωση. Αποκατάσταση όψης με νέο λίθο.</p>	<p>Επόμενα Βήματα: 2ης Σειράς Αγκυρίων με την ίδια σειρά κ.ο.κ.</p>

**Σχ. 5.2.** Αλληλουχία κατασκευής αυτοδιατρυόμενων αγκυρίων με ταυτόχρονη εισπίεση ενέματος ανά διακοπή διάτρησης (ιδεατά το εισπιεζόμενο ένεμα παρουσιάζεται με τη μορφή βολβών -το διαφορετικό χρώμα δηλώνει διαφορετική εισπίεση). Πάνω δεξιά παρουσιάζονται ενδεικτικά κοπτικές κεφαλές αυτοδιατρυόμενων αγκυρίων με τις οπές από τις οποίες θα γίνεται η εισπίεση ενέματος. Η απεικόνιση της διατομής του υφιστάμενου τείχους είναι τελείως ενδεικτική. Παρουσιάζονται για τυχόν θέση μεγαλύτερου ύψους 5 σειρές αγκυρίων, οι δύο πάνω πάνω έχουν μήκος 6m και οι υπόλοιπες 5m. Η φωτογραφία του κοπτικού άκρου είναι ενδεικτική απλώς προς επίδειξη της γενικής διαμόρφωσης.



ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ ΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ	Εργασίες καταγραφής της υπάρχουσας κατάστασης – ερμηνείας της παθολογίας και μέτρα αντιμετώπισης για την άρση ετοιμορροπίας του συνόλου του Επιπρωμαχώνα του Αγίου Δημητρίου στην Παλιά Πόλη Χανίων <b>Μελέτη Τελικής Λύσης</b> <b>Τεύχος 1 – Τεύχος μελέτης και υπολογισμών</b>
-----------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

- Μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής των αγκυρώσεων και των ενεματώσεων διά αυτών διανοίγονται πάλι αποστραγγιστικές γεωτρήσεις μήκους 15m κλίσης 5° προς τα πάνω ανά 3.5m περιμέτρου επιπρωμαχώνα με διάνοιξη οπής 76mm, τοποθέτησης διάτρητου σωλήνα από PVC 50mm περιτυλιγμένου με διπλό γεωύφασμα όπως φαίνεται στο Σχ. 006 και σε σειρά πάνω από αυτές ανακουφιστικές οπές μήκους 2.5m κλίσης 5° προς τα πάνω ανά 1.5m περιμέτρου επιπρωμαχώνα με διάνοιξη οπής 76mm, τοποθέτησης διάτρητου σωλήνα από PVC 50mm περιτυλιγμένου με διπλό γεωύφασμα όπως φαίνεται στο Σχ. 006.

### 5.3 ΕΡΓΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Τα έργα επιφανειακής απορροής στη στέψη και στην ράμπα έχουν περιγραφεί στην υποβολή των άμεσων μέτρων και θεωρούνται κατασκευασμένα στο χρόνο εκτέλεση των έργων της παρούσας υποβολής. Συμπληρώνονται μόνο στην παρούσα υποβολή από τη συμπύκνωση της αργιλικής στρώσης πάνω από το επίλεκτο υλικό στις θέσεις των καταρρεύσεων.

### 5.4 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΑΝΤΗΡΙΔΕΣ ΚΑΙ ΑΝΤΗΡΙΔΕΣ ΑΜΕΣΩΝ ΜΕΤΡΩΝ

Δίπλα από τις θέσεις θραύσης του τείχους έχουν εγκατασταθεί αντηρίδες για προστασία του μνημείου (εκατέρωθεν αστοχιών Φεβρουαρίου 2017 από την Εφορεία Αρχαιοτήτων Χανίων και εκατέρωθεν αστοχίας Φεβρουαρίου 2019 με βάση τη μελέτη Αμέσων Μέτρων στο πλαίσιο της παρούσας σύμβασης).

Οι αντηρίδες αυτές θα πρέπει να αφαιρεθούν με προσοχή μετά από την ολοκλήρωση των έργων αποκατάστασης στις θέσεις αστοχίας. Η καθαίρεσή τους θα πρέπει να είναι τμηματική με παρατήρηση της απόκρισης του τείχους. Η καθαίρεση θα ξεκινάει από πάνω προς τα κάτω τέμνοντας κατακόρυφα και παρακατακόρυφα τμήματα μέχρι κάθε οριζόντια δοκό. Εφόσον κριθεί ή παρατηρηθεί ότι υπάρχουν μετακινήσεις, θα πρέπει να αφαιρεθούν πρώτα οι χωματισμοί που φορτίζουν το τείχος πίσω από τις αντηρίδες και στη συνέχεια το τείχος το ίδιο. Στην τελική κατάσταση η λύση που έχει προταθεί στην παρούσα μελέτη θα επεκταθεί και στις θέσεις καθαίρεσης των αντηρίδων εάν τελικά παρατηρηθούν μετακινήσεις στις θέσεις των αντηρίδων.

Η παρακολούθηση τυχόν μετακινήσεων στις θέσεις των αντηρίδων κατά την καθαίρεση θα γίνεται με στόχους που θα υλοποιηθούν στη στέψη και θα παρακολουθούνται διαρκούς της καθαίρεσης.

### 5.5 ΣΥΝΔΕΣΗ ΝΕΟΥ ΤΕΙΧΟΥΣ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΩΝ ΜΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΤΕΙΧΟΣ

Το νέο τείχος στις θέσεις των αστοχιών έχει πλάτος 3m κατά μέγιστο μέχρι τη μέση του ύψους του τείχους όπως φαίνεται στο Σχέδιο 005 και ελαχιστοποιείται στη στέψη στα 1.20m, (βλ. Σχέδιο 006) ενώ το υφιστάμενο τείχος έχει μέγιστο πλάτος στη βάση του 1.5-1.80m και στη στέψη 0.40-0.50m (στοιχεία από τις θέσεις καταρρεύσεων).

Κατά την κατασκευή του νέου τείχους στην επαφή με το υφιστάμενο θα γίνεται αποκόλληση όλων των ασταθών λίθων του υφιστάμενου τείχους και τυχόν κονιαμάτων με σφυρί και

**ΕΔΑΦΟΣ Σύμβουλοι Μηχανικοί Α.Ε.**

Κεντρικά: Υπερείδου 9, Πλάκα, 10558 Αθήνα, 210.32.22.050, Fax: 210.32.41.607, [admin@edafos.gr](mailto:admin@edafos.gr)

Εργαστήριο: Θεραπειών 2, Κολωνός, 10444 Αθήνα, 210.514.90.20, Fax: 210.514.90.38, [lab@edafos.gr](mailto:lab@edafos.gr)



καλέμι ή με χρήση ελαφράς αερόσφυρας ή ελαφράς ηλεκτροπνευματικής σφύρας, και με προσοχή ώστε να μη διαταραχθεί ο υπόλοιπος ιστός της τοιχοποιίας του υφιστάμενου τείχους, πριν την κατασκευή του νέου και θα μορφώνεται η επιφάνεια του υφιστάμενου τείχους γεωμετρικά όπως φαίνεται στην διατομή του Σχεδίου 007. Επειδή έχουν παρατηρηθεί στην περιοχή της ανατολικής αστοχίας Φεβρουαρίου 2017 πληρώσεις μεταξύ λίθων με αργιλικό υλικό παρόμοιο με αυτό των χωματισμών του επιπρομαχώνα (Φωτ. 5.1), όπου εντοπιστούν τέτοιες, το αργιλικό υλικό πλήρωσης θα απομακρύνεται με χρήση ελαφράς αερόσφυρας ή ελαφράς ηλεκτροπνευματικής σφύρας μέχρι ένα βάθος περί τα 0.20-0.30m από την επιφάνεια της τομής του υφιστάμενου τείχους. Στη συνέχεια η επιφάνεια της τομής του υφιστάμενου τείχους θα αντιμετωπίζεται όπως η εξωτερική επιφάνεια του τείχους και θα γίνονται ενεματώσεις όπως και από την εξωτερική επιφάνεια (βλ. §5.2).

Μετά την ολοκλήρωση των ενεματώσεων θα γίνονται οι εξής εργασίες:

- Στο υφιστάμενο τείχος θα ανοίγονται οπές για την τοποθέτηση βλήτρων μήκους 0.50m Φ20mm κατηγορίας χάλυβα B500C γαλβανισμένα με νευρώσεις με τη διάταξη του Σχεδίου 007 (μία σειρά παράλληλα με την επιφάνεια του τείχους, μία σειρά κάθετα στην επιφάνεια του τείχους).
- Για την πάκτωση των βλήτρων θα γίνεται χρήση μη συρρικνούμενων κονιαμάτων ή εποξειδικών ρητινών (εάν η χρήση των τελευταίων εγκριθεί από την Υπηρεσία).
- Το ελεύθερο άκρο των πακτωμένων βλήτρων θα εγκιβωτίζεται μέσα στους αρμούς μεταξύ των λίθων του νέου τείχους και το κονίαμα αυτών.

Κατά την έννοια του ύψους η «καθαρισμένη» και προετοιμασμένη τομή του υφιστάμενου τείχους θα έχει κλίση όχι πιο απότομη από 5:1 και εκατέρωθεν αυτής της συρραφής νέου και υφιστάμενου τείχους θα γίνεται στροφή προς την συρραφή και των αυτοδιατρυόμενων αγκυρίων στο υφιστάμενο τείχος και των ανακουφιστικών οπών που θα υλοποιηθούν στο νέο τείχος. Η πρώτη «στήλη» αυτοδιατρυόμενων αγκυρίων θα είναι στραμμένη 15° στο οριζόντιο επίπεδο προς το νέο τείχος (και με την κλίση στο κατακόρυφο επίπεδο που προβλέπει η τυπική διατομή). Ομοίως η πρώτη «στήλη» ανακουφιστικών οπών στο νέο τείχος θα είναι στραμμένη 15° στο οριζόντιο επίπεδο προς το υφιστάμενο τείχος (βλ. λεπτομέρεια Σχεδίου 007). Κάθε επόμενο αγκύριο ή ανακουφιστική οπή μακριά από τη συρραφή θα είναι διατεταγμένο/η κάθετα στην επιφάνεια του τείχους στο οριζόντιο επίπεδο και με την κλίση στο κατακόρυφο επίπεδο που προβλέπει η τυπική διατομή (βλ. Σχέδια 005 και 006). Το πρώτο αγκύριο θα απέχει 0.70m από τη «συρραφή» νέου και υφιστάμενου τείχους.

Κατά την αποκόλληση ασταθών λίθων του υφιστάμενου τείχους, αμέσως πίσω από αυτό μπορεί να δημιουργηθεί κενό λόγω πτώσης χωματισμών πίσω από το υφιστάμενο τείχος (δείχνεται ενδεικτικά στη λεπτομέρεια της κάτοψης στο Σχέδιο 007). Το κενό αυτό θα γεμίζεται με επίλεκτο κοκκώδες υλικό όπως αυτό που τοποθετείται για την πλήρωση πίσω από το τείχος στο ανώτερο τμήμα (βλ. Σχέδιο 005) και θα συμπυκνώνεται τοπικά με χρήση αερόσφυρας με πεπλατυσμένο άκρο συμπύκνωσης.

Στο τμήμα του νέου τείχους σε επαφή με το υφιστάμενο τείχος θα τοποθετούνται επιμήκεις λίθοι με την μεγάλη τους πλευρά παράλληλα με την εξωτερική επιφάνεια του τείχους με την



κατάλληλη αλληλεμπλοκή και ενσωμάτωση των βλήτρων που προεξέχουν από το υφιστάμενο τείχος στους αρμούς μεταξύ τους που θα πληρωθούν με κονίαμα.



Φωτ. 5.1. Κοντινές απόψεις δυτικής θέσης θραύσης ανατολικής αστοχίας Φεβρουαρίου 2019.

## 5.6 ΠΕΡΙΟΧΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΣΕ ΕΠΑΦΗ ΜΕ ΤΟΝ ΕΠΙΠΡΩΜΑΧΩΝΑ

Στη βορειοανατολική πλευρά του Επιπρωμαχώνα, κατά μήκος της Οδού Πόρτου, υπάρχουν συνολικά τρία κτίρια σε επαφή με το σώμα του επιπρωμαχώνα. Τα δύο εφάπτονται μεταξύ τους και βρίσκονται βόρεια-βορειοανατολικά και το ένα ανατολικά με τη μία του πλευρά εντός της Πλατείας Μπαλαντίνου.

Και τα τρία αυτά κτίρια έτυχαν εξωτερικής επιθεώρησης και λεπτομερούς φωτογράφισης σε αλλητάλληλες επισκέψεις χωρίς να εντοπιστούν στο εξωτερικό κέλυφος αυτών ρωγμές μεγαλύτερες, δυσμενέστερες ή πιο επικίνδυνες από εκείνες που φαίνονται σε κτίρια αντίστοιχης ηλικίας π.χ. στην απέναντι πλευρά της οδού Πόρτου. Η λεπτομερέστερη ενασχόληση με τα κτίρια αυτά και την όποια παθολογία τους εκφεύγει των υποχρεώσεων και προβλέψεων της παρούσας μελέτης.

Σε κάθε περίπτωση, τα μέτρα ενίσχυσης πέριξ των κτιρίων αυτών τροποποιούνται κατά πυκνότητα, θέση και μορφή όπως φαίνεται στο Σχέδιο 008.

Δυτικά των κτιρίων στην βόρεια-βορειοανατολική πλευρά στρέφεται η πλησιέστερη στα κτίρια αποστραγγιστική γεώτρηση όπως φαίνεται στην οριζοντιογραφία του Σχεδίου 008 προκειμένου να εξασφαλίζει αποστράγγιση των χωματισμών πίσω από τα κτίρια. Ομοίως



στρέφεται προς το κτίριο το αγκύριο που είναι πλησιέστερα στα κτίρια και ακριβώς δίπλα του κατασκευάζεται και δεύτερο με μεγαλύτερη ακόμη κλίση προς τα κτίρια (βλ. Σχέδιο 008) ώστε να γίνει η καλύτερη δυνατή ενεμάτωση των χωματισμών πίσω από τα κτίρια για την βελτίωση των ιδιοτήτων τους.

Στο πολύ στενό τμήμα της οδού Πόρτου (Φωτ. 5.2) μεταξύ των δύο κτιρίων βόρεια-βορειοανατολικά και το κτιρίου ανατολικά, κατασκευάζονται 43 ενεματώσεις βάθους 8m από τη ράμπα κατά τη διάταξη που φαίνεται στην οριζοντιογραφία του Σχ. 008 και της απεικονιζόμενης διατομής σε αυτό. Χρησιμοποιείται και πάλι τεχνολογία εισπίεσεων με βαλβιδοσωλήνες (Tube-A-Manchette / Sleeved grouting pipes injection technology, βλ. Σχ. 5.1). Θα χρησιμοποιηθούν σωλήνες Φ28/38 μίας εξωτερικής βαλβίδας ανά μέτρο μήκους σε οπές διαμέτρου Φ76mm. Μετά την εισαγωγή των σωλήνων και την πλήρωση του διάκενου μεταξύ τοιχωμάτων οπής και σωλήνα με ένεμα θα αρχίζει η εισπίεση ενέματος από κάτω προς τα πάνω. Όριο εισπιεζόμενου όγκου ενέματος θα είναι τα 250lt ανά βαλβίδα και οι προδιαγραφές για το ένεμα οι ίδιες με τις αναφερόμενες στην §5.1. Οι ενεματώσεις διατάσσονται παράλληλα με το στηθαίο της ράμπας σε απόσταση 0.5m και 1.0m ξεκινώντας από εκείνες στο υψηλότερο σημείο και καταλήγοντας σε εκείνες στο χαμηλότερο. Η κατασκευή των ενεματώσεων αυτών προβλέπει πρώτα την άρση της αντηρίδας στην αρχή της ράμπας.

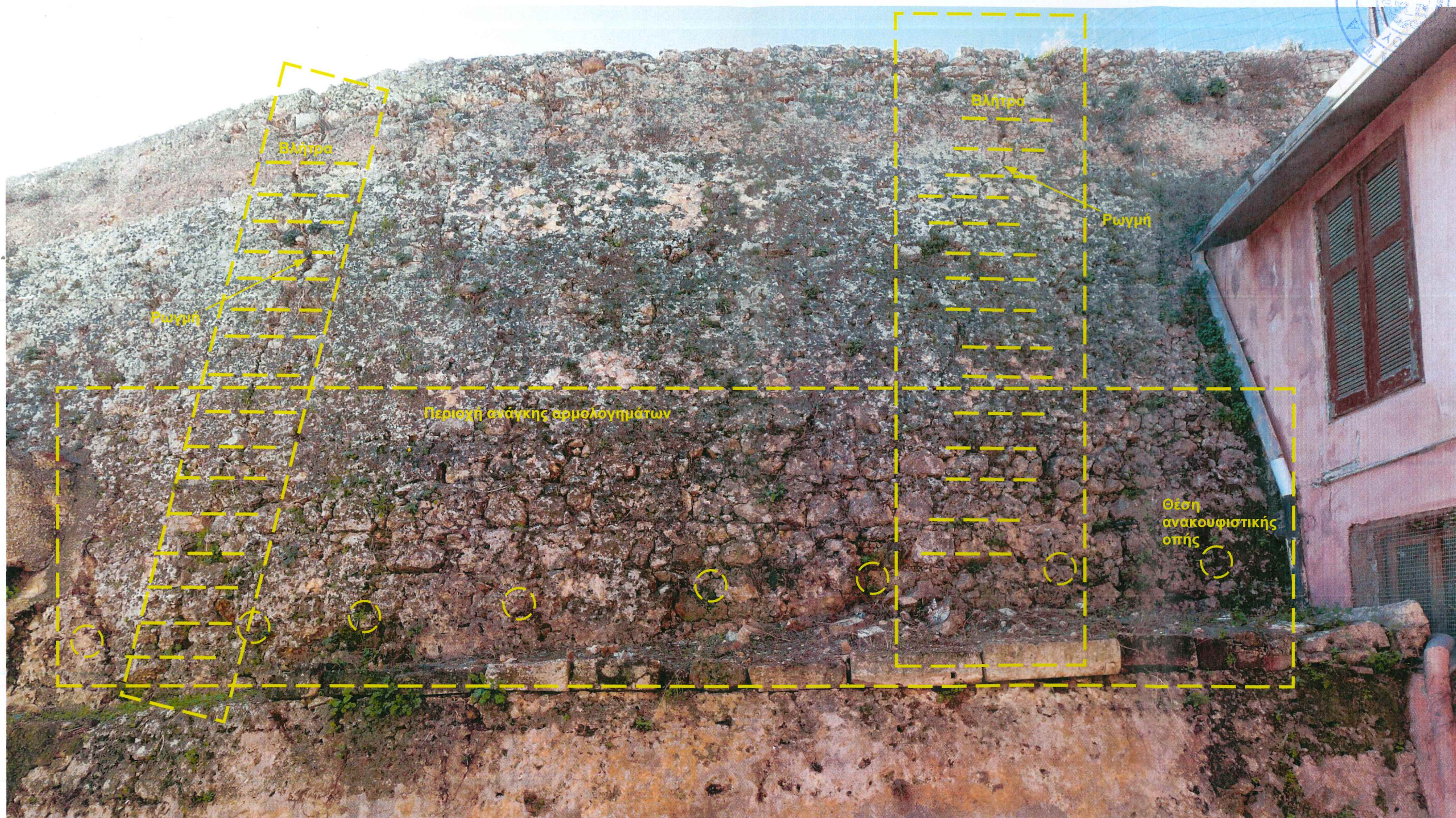
Στο στενό τμήμα της οδού Πόρτου θα υλοποιηθεί ικρίωμα που θα αφήνει τη διέλευση από κάτω του και από αυτό θα διανοιχθούν οι ανακουφιστικές οπές που φαίνονται στα Σχ. 5.2 και 5.3 και στο Σχέδιο 008, θα γίνουν τα αρμολογήματα, η ενεμάτωση του τείχους και η τοποθέτηση των βλήτρων. Από το ίδιο ικρίωμα και μετά την κατασκευή των ενεματώσεων θα κατασκευαστούν δύο σειρές αυτοδιατρυόμενων αγκυρίων (όμοιων με αυτά στο υπόλοιπο τείχος) μήκους 5m με κλίση 5° προς τα κάτω, ενέματα και τρόπο κατασκευής κατά τα αναφερόμενα στην §5.2

## 5.7 ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΚΑΛΑΣ ΣΤΗ ΒΟΡΕΙΑ ΠΛΕΥΡΑ ΤΟΥ ΕΠΙΠΡΩΜΑΧΩΝΑ

Στη βόρεια πλευρά του Επιπρωμαχώνα, δυτικά των κτιρίων σε επαφή με το σώμα του επιπρωμαχώνα βρίσκεται σκάλα με εκτεταμένες και αρκετά ανοιγμένες ρωγμές στο τείχος πάνω από αυτήν αλλά και κάτω από αυτήν, ρωγμή στο πλατύσκαλό της που υποδεικνύει τη συνέχεια της ρωγμής ανάντη της σκάλας με αυτή κατάντη και περίπου οριζοντιοποίηση της ρωγμής κάτω από τη σκάλα όπως φαίνεται στη φωτογραφία στο Σχέδιο 008. Στο ανώτερο τμήμα της σκάλας, υψηλότερα από το πλατύσκαλο εντοπίζεται και το ύβωμα που έχει αναφερθεί και έχει δειχθεί στην υποβολή για την Παθολογία του Επιπρωμαχώνα στο πλαίσιο αυτής της σύμβασης.

Στην περιοχή αυτή υλοποιείται ότι προβλέπεται γενικά για τις θέσεις του υφιστάμενου τείχους με διαχωρισμό των αγκυρίων σε μία ή δύο σειρές στο τμήμα του τείχους κάτω από τη σκάλα και τις υπόλοιπες στο τμήμα του τείχους πάνω από τη σκάλα με κατασκευή από ικρίωμα επί αυτής (όπως φαίνεται στη διατομή 2-2' του Σχεδίου 008). Τοποθετούνται βλήτρα (βλ. §5.2) σε όλες τις ρωγμές κάθετα στη διεύθυνση των ρωγμών και αποκαθίσταται η επιφάνεια της σκάλας και επενδύεται όπως προβλέπεται να επενδυθεί και η ράμπα.





**Φωτ. 5.2.** Κοντινή άποψη ανώτερου τμήματος τείχους Επιπρωμαχώνα στο στενό τμήμα οδού Πόρτου μεταξύ υφισταμένων κτιρίων σε επαφή με τον Επιπρωμαχώνα. Δείχνονται εντοπισθείσες ρωγμές με διάταξη τοποθέτησης βλήτρων, περιοχή ανάγκης αρμολόγησης και θέσεις διάνοιξης ανακουφιστικών οπών (ανά 2m περιμέτρου). Στο τμήμα αυτό κατασκευάζονται τα αυτοδιατρυόμενα αγκύρια μήκους 6m σε δύο σειρές (βλ. Σχέδιο 008).





Φωτ. 5.3. Κοντινή άποψη κατώτερου τμήματος τείχους Επιπρωμαχώνα στο στενό τμήμα οδού Πόρτου μεταξύ υφισταμένων κτιρίων σε επαφή με τον Επιπρωμαχώνα. Δείχνονται εντοπισθείσες ρωγμές με διάταξη τοποθέτησης βλήτρων και θέσεις διάνοιξης ανακουφιστικών οπών (ανά 2m περιμέτρου).





## 5.8 ΔΙΚΤΥΟ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ

Το δίκτυο παρακολούθησης που θα εγκατασταθεί παρουσιάζεται στο Σχέδιο 009.

Τα όργανα παρακολούθησης περιλαμβάνουν διαξονικά αποκλισόμετρα για την παρακολούθηση μετακινήσεων και στροφών, και αισθητήρες μέτρησης θετικής και αρνητικής πίεσης πόρων και ογκομετρικού ποσοστού υγρασίας με αυτόματα καταγραφικά λήψης και αποθήκευσης μετρήσεων.

Τα διαξονικά αποκλισόμετρα (K-1 ως K-10) θα εγκατασταθούν στις θέσεις που δείχνονται στο Σχέδιο 009. Τα όργανα αυτά θα τοποθετηθούν μετά την ολοκλήρωση όλων των έργων αποκατάστασης του επιπρωμαχώνα (και σε θέσεις καταρρεύσεων και σε θέσεις επεμβάσεων στο υφιστάμενο τείχος).

Επίσης, μετά το στάδιο υλοποίησης των αμέσων μέτρων και την άρση της αντηρίδας που εμποδίζει την άνοδο από την ράμπα στη στέψη του Επιπρωμαχώνα, θα τοποθετηθούν εντός γεωτρήσεως στη θέση που φαίνεται στη στέψη (Π-1) δύο πιεζόμετρα δονούμενης χορδής με ικανότητα μέτρησης έως 150 kPa πίεσης πόρων, υψηλής διαπερατότητας πορώδες άκρο προσαρμοζόμενο κοχλιωτά στο σώμα του οργάνου. Η γεώτρηση θα έχει βάθος 6m, θα είναι δειγματοληπτική και τα δείγματά της θα εξεταστούν από έμπειρο γεωτεχνικό μηχανικό ή γεωλόγο, και οι κεφαλές των πιεζομέτρων θα τοποθετηθούν σε βάθη 6 και 3.5m από την επιφάνεια του επιπρωμαχώνα με τα καλώδια να εξέρχονται της γεώτρησης και να συνδέονται με αυτόματο καταγραφικό λήψης και αποθήκευσης μετρήσεων. Στο βάθος κάθε πιεζομέτρου δονούμενης χορδής θα υλοποιείται πέριξ του οργάνου φίλτρο πάχους 0.40m (αποτελούμενο από ποταμίσις άμμο) εγκιβωτιζόμενο πάνω και κάτω από πώμα από πελέτες μπεντονίτη πάχους τουλάχιστον 0.50m το κάθε ένα.

Δίπλα από τη γεώτρηση θα διανοιχθεί χειρωνακτικά σκάμμα βάθους 1m για την εγκατάσταση αισθητήρων πορωδών τεμαχίων για τη μέτρηση αρνητικών πιέσεων πόρων σε βάθος 1m και 0.5m στην πλευρά του τοιχώματος του σκάμματος προς την γεώτρηση μαζί με αισθητήρες μέτρησης ογκομετρικού ποσοστού υγρασίας τεχνολογίας FDR ακριβώς δίπλα από αυτά. Τα καλώδια των αισθητήρων αυτών θα οδηγηθούν στην επιφάνεια του εδάφους, το σκάμμα θα επανεπιχωθεί με επιμέλεια για την αποφυγή διέλευσης υδάτων από επιλεκτικές διαδρομές στα όρια εκσκαφής και τραυματισμού των καλωδίων, και τα καλώδια θα συνδεθούν στο αυτόματο καταγραφικό λήψης και αποθήκευσης μετρήσεων αυτής της ομάδας αισθητήρων.

Και τα δύο αυτόματα καταγραφικά θα ενσωματωθούν σε στεγανό μεταλλικό κλωβό (ανοξείδωτο) με ξύλινο περίβλημα για περιορισμό ακραίων θερμοκρασιών το καλοκαίρι και το χειμώνα και εντός αυτού θα εγκατασταθεί δοχείο με αφυγραντική ουσία για συλλογή της υγρασίας εντός του κλωβού.

Το σύνολο των μετρήσεων από όλα τα είδη οργάνων θα λαμβάνεται από έμπειρο συνεργείο και θα τυγχάνει επεξεργασίας από έμπειρο γεωτεχνικό μηχανικό με εμπειρία στη χρήση τέτοιων οργάνων και την αξιολόγηση των μετρήσεών τους.



## 6. ΣΥΝΟΨΙΣΗ

Μελετήθηκε λύση αποκατάστασης του Επιπρομαχώνα Αγίου Δημητρίου στις θέσεις καταρρεύσεων τείχους 2017 και 2019 βασιζόμενη στην κατασκευή νέου ισχυρού λιθοσώματος, σύνδεσής του με το υφιστάμενο, αντικατάσταση του γεωυλικού στο ανώτερο τμήμα με επίλεκτο κοκκώδες υλικό και συνδυασμό με παραοριζόντιες αποστραγγιστικές γεωτρήσεις για αποστράγγιση των ανώτερων αργιλικών στρώσεων και αποτόνωση πιέσεων πόρων. Για τις θέσεις υφισταμένου τείχους μελετήθηκε λύση βασιζόμενη σε αυτοδιατρυόμενα αγκύρια μήκους 5 ή 6m, εισπίεση ενέματος διά αυτών προς ενίσχυση των χαρακτηριστικών των αντιστηριζόμενων χωματισμών και ενεμάτωση και συρραφή με βλήτρα σε θέσεις ρωγμών για βελτίωση της δομικής επάρκειας της υφιστάμενης τοιχοποιίας.

Η λύση αυτή διαμορφώθηκε τελικά μετά και από οδηγίες και υποδείξεις του ΚΑΣ μετά από αρχική υποβολή μελέτης προς την Εφορεία Αρχαιοτήτων Χανίων και σε ό,τι αφορά την ευστάθεια για προσωρινές ή ακόμα και μόνιμες συνθήκες δεν καταλήγει σε συντελεστές ασφαλείας με τις τιμές που θα απαιτούντο για αντίστοιχο σύγχρονο έργο του ίδιου είδους, διαστάσεων και επαφής με τα γεωυλικά που ευρέθησαν. Από την άλλη, η λύση αυτή αυξάνει στις θέσεις του υφισταμένου τείχους τον συντελεστή ασφαλείας κατά 30% περίπου σε σχέση με τις τωρινές συνθήκες ευστάθειας.

Για την

ΕΔΑΦΟΣ Σύμβουλοι Μηχανικοί Α.Ε.

Μ. Μπαρδάνης

Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Εδαφομηχανικός

Γ. Ντουνιάς

Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Εδαφομηχανικός

ΕΛΕΓΧΘΗΚΕ

Αθήνα .....

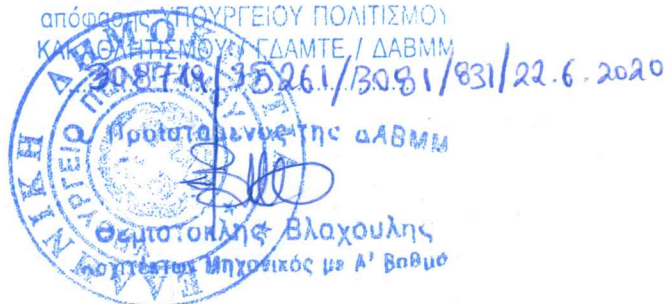
ΕΛΕΓΧΘΗΚΕ

ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ ΛΟΥΠΟΥ  
Πολιτικός Μηχ. - ΔΑΒΜΜ

ΓΙΑΡΓΕΛΗ ΜΑΡΙΑΛΙΖΑ  
Αρχιτέκτων Μηχανικός  
ΥΠΟΠΤ-ΔΑΒΜΜ

ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ

Σύμφωνα με τους όρους της  
απόφασης ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ  
ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ ΓΔΑΜΤΕ / ΔΑΒΜΜ



Θεοτοκλής Βλαχουλης  
Πολιτικός Μηχανικός με Α' βαθμό

ΕΔΑΦΟΣ Σύμβουλοι Μηχανικοί Α.Ε.

Κεντρικά: Υπερείδου 9, Πλάκα, 10558 Αθήνα, 210.32.22.050, Fax: 210.32.41.607, [admin@edafos.gr](mailto:admin@edafos.gr)

Εργαστήριο: Θεραπειών 2, Κολωνός, 10444 Αθήνα, 210.514.90.20, Fax: 210.514.90.38, [lab@edafos.gr](mailto:lab@edafos.gr)



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ



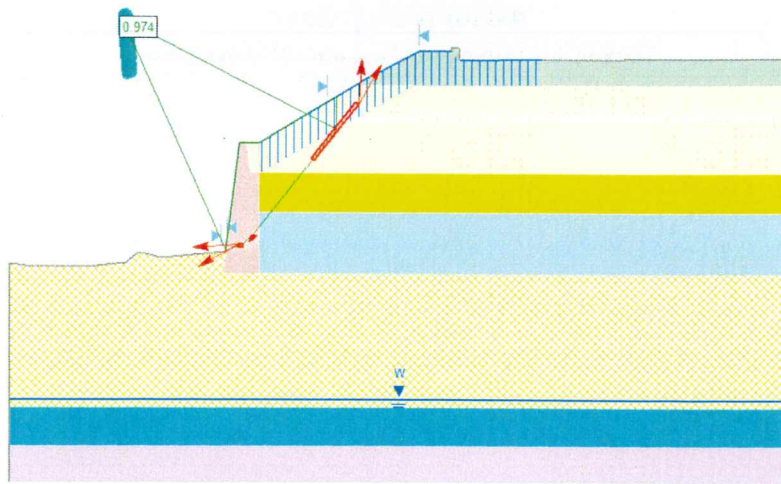
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

### Αποτελέσματα αναλύσεων ευσταθείας



## Αντίστροφες αναλύσεις ευσταθείας (σε ηλεκτρονικό φάκελο στο ψηφιακό αρχείο)





### Document Name

File Name: II\_01\_Back

### Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
 Failure Direction: Right to Left  
 Units of Measurement: SI Units  
 Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>  
 Groundwater Method: Ru Coefficient  
 Data Output: Standard  
 Calculate Excess Pore Pressure: Off  
 Allow Ru with Water Surfaces or Grids: On  
 Random Numbers: Pseudo-random Seed  
 Random Number Seed: 10116  
 Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

### Analysis Methods

Analysis Methods used:  
 Bishop simplified  
 Janbu corrected

Number of slices: 25  
 Tolerance: 0.005  
 Maximum number of iterations: 50

### Surface Options

Surface Type: Non-Circular Block Search  
 Number of Surfaces: 5000  
 Pseudo-Random Surfaces: Enabled  
 Convex Surfaces Only: Disabled  
 Left Projection Angle (Start Angle): 210  
 Left Projection Angle (End Angle): 185  
 Right Projection Angle (Start Angle): 60  
 Right Projection Angle (End Angle): 85  
 Minimum Elevation: Not Defined  
 Minimum Depth: Not Defined

### Tension Crack

Tension crack Water level: filled with water

### Material Properties

#### Material: Clay1

Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 10 kPa  
 Friction Angle: 20 degrees  
 Ru value: 0.5

#### Material: TopSoil

Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 18 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 5 kPa  
 Friction Angle: 24 degrees  
 Ru value: 0.5

#### Material: SSG\_1

Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 10 kPa  
 Friction Angle: 30 degrees  
 Ru value: 0.1

#### Material: Gravel

Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 5 kPa  
 Friction Angle: 40 degrees  
 Ru value: 0

#### Material: Wall

Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 23 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 50 kPa  
 Friction Angle: 30 degrees  
 Ru value: 0

#### Material: SSG\_2

Strength Type: Mohr-Coulomb



Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 10 kPa  
Friction Angle: 30 degrees  
Ru value: 0

Material: Clay 2  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 20 kPa  
Friction Angle: 20 degrees  
Ru value: 0

Material: Gravel Deep  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 10 kPa  
Friction Angle: 40 degrees  
Ru value: 0

Material: SandySilt  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 10 kPa  
Friction Angle: 28 degrees  
Ru value: 0

#### **Global Minimums**

Method: bishop simplified  
FS: 0.974242  
Axis Location: 6.993, 25.857  
Left Slip Surface Endpoint: 13.416, 11.578  
Right Slip Surface Endpoint: 20.194, 19.108  
Left Slope Intercept: 13.416 11.578  
Right Slope Intercept: 20.194 21.179  
Resisting Moment=5878.77 kN-m  
Driving Moment=6034.2 kN-m

Method: janbu corrected  
FS: 0.864546  
Axis Location: 7.025, 25.038  
Left Slip Surface Endpoint: 13.413, 11.560  
Right Slip Surface Endpoint: 20.183, 19.102  
Left Slope Intercept: 13.413 11.560  
Right Slope Intercept: 20.183 21.172  
Resisting Horizontal Force=272.609 kN  
Driving Horizontal Force=315.321 kN

#### **Valid / Invalid Surfaces**

Method: bishop simplified  
Number of Valid Surfaces: 4019  
Number of Invalid Surfaces: 981  
Error Codes:  
Error Code -113 reported for 981 surfaces

Method: janbu corrected  
Number of Valid Surfaces: 4019  
Number of Invalid Surfaces: 981  
Error Codes:

Error Code -113 reported for 981 surfaces

#### **Error Codes**

The following errors were encountered during the computation:

-113 = Surface intersects outside slope limits.

#### **List of All Coordinates**

##### Material Boundary

22.215	22.400
22.018	21.900
21.552	20.718
18.805	17.202
18.205	16.370
17.133	14.884
16.449	14.000
16.132	13.589
15.488	12.797
15.106	12.326
14.466	11.884
13.784	11.705
13.413	11.554
13.246	10.176
15.488	10.176
48.276	10.176

##### Material Boundary

14.627	18.270
14.888	16.370
15.488	16.370
17.958	16.370
18.082	16.370
18.205	16.370
48.276	16.370

##### Material Boundary

21.375	21.900
21.803	21.900
21.910	21.900
22.018	21.900
48.276	21.900

##### Material Boundary

15.488	14.000
16.196	14.000
16.323	14.000
16.449	14.000
48.276	14.000

##### Material Boundary

15.488	10.176
15.488	12.797
15.488	12.955
15.488	13.114
15.488	14.000
15.488	16.370



Material Boundary

0.000	4.000
48.276	4.000

Material Boundary

0.000	1.900
48.276	1.900

Material Boundary

0.000	-0.500
48.276	-0.500

Material Boundary

0.000	2.400
48.276	2.400

Material Boundary

13.427	11.668
13.752	11.800
14.424	11.976
15.037	12.400
15.488	12.955
16.053	13.651
16.323	14.000
17.053	14.944
18.082	16.370
18.725	17.262
21.464	20.768
21.910	21.900
22.080	22.330

Material Boundary

13.440	11.781
13.721	11.895
14.381	12.068
14.969	12.474
15.488	13.114
15.975	13.713
16.196	14.000
16.972	15.004
17.958	16.370
18.645	17.322
21.376	20.818
21.803	21.900
21.938	22.244

External Boundary

0.000	10.797
0.000	4.000
0.000	2.400
0.000	1.900
0.000	-0.500
0.000	-10.500
48.276	-10.500
48.276	-0.500
48.276	1.900
48.276	2.400
48.276	4.000

48.276	10.176
48.276	14.000
48.276	16.370
48.276	21.900
48.276	23.550
27.810	23.450
27.810	24.210
27.310	24.210
27.310	24.000
25.310	24.000
23.055	22.834
22.215	22.400
22.080	22.330
21.938	22.244
21.375	21.900
15.427	18.270
14.627	18.270
14.227	18.270
13.440	11.781
13.427	11.668
13.413	11.554
9.357	11.200
8.458	11.396
7.839	11.400
7.251	10.835
4.809	10.601
1.430	10.601

Water Table

0.000	2.400
48.276	2.400

Tension Crack

15.427	18.270
15.488	16.370
24.991	21.900
32.929	21.900
32.928	23.475
27.810	23.450
27.310	24.000

Focus/Block Search Window

18.645	17.322
18.805	17.202
21.552	20.718
21.376	20.818

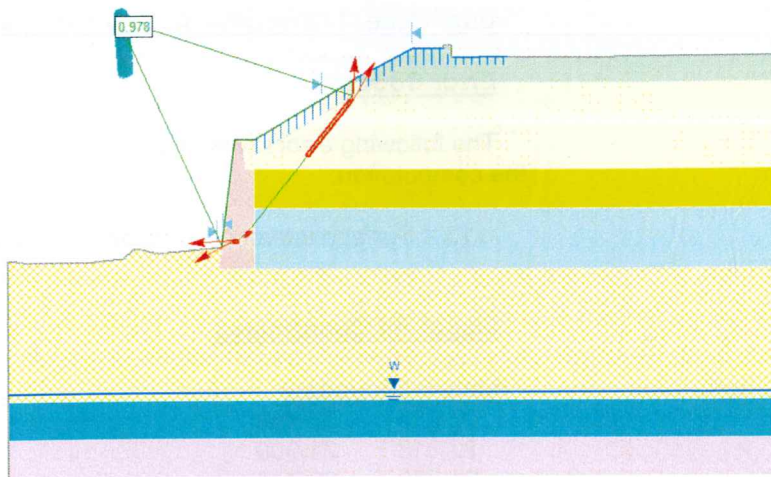
Focus/Block Search Window

14.846	12.146
15.106	12.326
15.260	12.516
14.969	12.474

Focus/Block Search Window

14.147	12.007
14.184	11.810
14.466	11.884
14.381	12.068





### Document Name

File Name: II\_02\_Back

### Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope  
Stability Program  
Failure Direction: Right to Left  
Units of Measurement: SI Units  
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>  
Groundwater Method: Ru Coefficient  
Data Output: Standard  
Calculate Excess Pore Pressure: Off  
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: On  
Random Numbers: Pseudo-random Seed  
Random Number Seed: 10116  
Random Number Generation Method: Park  
and Miller v.3

### Analysis Methods

Analysis Methods used:  
Bishop simplified  
Janbu corrected

Number of slices: 25  
Tolerance: 0.005  
Maximum number of iterations: 50

### Surface Options

Surface Type: Non-Circular Block Search  
Number of Surfaces: 5000  
Pseudo-Random Surfaces: Enabled  
Convex Surfaces Only: Disabled  
Left Projection Angle (Start Angle): 210  
Left Projection Angle (End Angle): 185  
Right Projection Angle (Start Angle): 60  
Right Projection Angle (End Angle): 85  
Minimum Elevation: Not Defined  
Minimum Depth: Not Defined

### Tension Crack

Tension crack Water level: filled with water

### Material Properties

Material: Clay1  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 10 kPa  
Friction Angle: 20 degrees  
Ru value: 0.5

Material: TopSoil  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 18 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 5 kPa  
Friction Angle: 24 degrees  
Ru value: 0.5

Material: SSG 1  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 10 kPa  
Friction Angle: 30 degrees  
Ru value: 0.1

Material: Gravel  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 5 kPa  
Friction Angle: 40 degrees  
Ru value: 0

Material: Wall  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 23 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 50 kPa  
Friction Angle: 30 degrees  
Ru value: 0

Material: SSG 2  
Strength Type: Mohr-Coulomb



Unit Weight: 20 kN/m3  
Cohesion: 10 kPa  
Friction Angle: 30 degrees  
Ru value: 0

Material: Clay 2  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m3  
Cohesion: 20 kPa  
Friction Angle: 20 degrees  
Ru value: 0

Material: Gravel Deep  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m3  
Cohesion: 10 kPa  
Friction Angle: 40 degrees  
Ru value: 0

Material: SandySilt  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m3  
Cohesion: 10 kPa  
Friction Angle: 28 degrees  
Ru value: 0

#### **Global Minimums**

Method: bishop simplified  
FS: 0.977611  
Axis Location: 6.993, 25.857  
Left Slip Surface Endpoint: 13.416, 11.578  
Right Slip Surface Endpoint: 21.555, 21.069  
Left Slope Intercept: 13.416 11.578  
Right Slope Intercept: 21.555 22.010  
Resisting Moment=6253.01 kN-m  
Driving Moment=6396.21 kN-m

Method: janbu corrected  
FS: 0.876159  
Axis Location: 6.993, 25.857  
Left Slip Surface Endpoint: 13.416, 11.578  
Right Slip Surface Endpoint: 21.555, 21.069  
Left Slope Intercept: 13.416 11.578  
Right Slope Intercept: 21.555 22.010  
Resisting Horizontal Force=286.212 kN  
Driving Horizontal Force=326.666 kN

#### **Valid / Invalid Surfaces**

Method: bishop simplified  
Number of Valid Surfaces: 4801  
Number of Invalid Surfaces: 199  
Error Codes:  
Error Code -113 reported for 199 surfaces

Method: janbu corrected  
Number of Valid Surfaces: 4801  
Number of Invalid Surfaces: 199  
Error Codes:

Error Code -113 reported for 199 surfaces

#### **Error Codes**

The following errors were encountered during the computation:

-113 = Surface intersects outside slope limits.

#### **List of All Coordinates**

<u>Material Boundary</u>	
22.215	22.400
22.018	21.900
21.552	20.718
18.805	17.202
18.205	16.370
17.133	14.884
16.449	14.000
16.132	13.589
15.488	12.797
15.106	12.326
14.466	11.884
13.784	11.705
13.413	11.554
13.246	10.176
15.488	10.176
48.276	10.176

<u>Material Boundary</u>	
14.627	18.270
14.888	16.370
15.488	16.370
17.958	16.370
18.082	16.370
18.205	16.370
48.276	16.370

<u>Material Boundary</u>	
21.375	21.900
21.803	21.900
21.910	21.900
22.018	21.900
48.276	21.900

<u>Material Boundary</u>	
15.488	14.000
16.196	14.000
16.323	14.000
16.449	14.000
48.276	14.000

<u>Material Boundary</u>	
15.488	10.176
15.488	12.797
15.488	12.955
15.488	13.114
15.488	14.000
15.488	16.370



Material Boundary

0.000	4.000
48.276	4.000

Material Boundary

0.000	1.900
48.276	1.900

Material Boundary

0.000	-0.500
48.276	-0.500

Material Boundary

0.000	2.400
48.276	2.400

Material Boundary

13.427	11.668
13.752	11.800
14.424	11.976
15.037	12.400
15.488	12.955
16.053	13.651
16.323	14.000
17.053	14.944
18.082	16.370
18.725	17.262
21.464	20.768
21.910	21.900
22.080	22.330

Material Boundary

13.440	11.781
13.721	11.895
14.381	12.068
14.969	12.474
15.488	13.114
15.975	13.713
16.196	14.000
16.972	15.004
17.958	16.370
18.645	17.322
21.376	20.818
21.803	21.900
21.938	22.244

External Boundary

0.000	10.797
0.000	4.000
0.000	2.400
0.000	1.900
0.000	-0.500
0.000	-10.500
48.276	-10.500
48.276	-0.500
48.276	1.900
48.276	2.400
48.276	4.000

48.276	10.176
48.276	14.000
48.276	16.370
48.276	21.900
48.276	23.550
27.810	23.450
27.810	24.210
27.310	24.210
27.310	24.000
25.310	24.000
23.055	22.834
22.215	22.400
22.080	22.330
21.938	22.244
21.375	21.900
15.427	18.270
14.627	18.270
14.227	18.270
13.440	11.781
13.427	11.668
13.413	11.554
9.357	11.200
8.458	11.396
7.839	11.400
7.251	10.835
4.809	10.601
1.430	10.601

Water Table

0.000	2.400
48.276	2.400

Tension Crack

15.427	18.270
15.453	17.320
22.907	21.900
24.694	22.932
31.255	22.932
31.283	23.467
27.810	23.450
27.310	24.000

Focus/Block Search Window

18.645	17.322
18.805	17.202
21.552	20.718
21.376	20.818

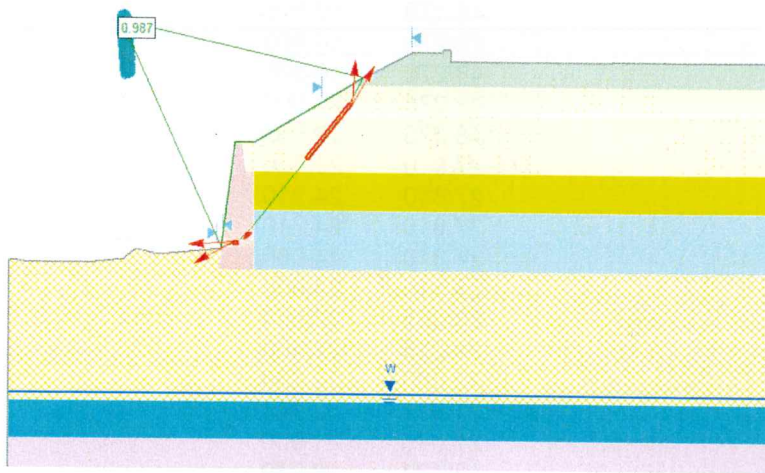
Focus/Block Search Window

14.846	12.146
15.106	12.326
15.260	12.516
14.969	12.474

Focus/Block Search Window

14.147	12.007
14.184	11.810
14.466	11.884
14.381	12.068





### Document Name

File Name: II\_03\_Back

### Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
 Failure Direction: Right to Left  
 Units of Measurement: SI Units  
 Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>  
 Groundwater Method: Ru Coefficient  
 Data Output: Standard  
 Calculate Excess Pore Pressure: Off  
 Allow Ru with Water Surfaces or Grids: On  
 Random Numbers: Pseudo-random Seed  
 Random Number Seed: 10116  
 Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

### Analysis Methods

Analysis Methods used:  
 Bishop simplified  
 Janbu corrected

Number of slices: 25  
 Tolerance: 0.005  
 Maximum number of iterations: 50

### Surface Options

Surface Type: Non-Circular Block Search  
 Number of Surfaces: 5000  
 Pseudo-Random Surfaces: Enabled  
 Convex Surfaces Only: Disabled  
 Left Projection Angle (Start Angle): 210  
 Left Projection Angle (End Angle): 185  
 Right Projection Angle (Start Angle): 60  
 Right Projection Angle (End Angle): 85  
 Minimum Elevation: Not Defined  
 Minimum Depth: Not Defined

### Material Properties

#### Material: Clay1

Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 10 kPa  
 Friction Angle: 20 degrees  
 Ru value: 0.5

#### Material: TopSoil

Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 18 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 5 kPa  
 Friction Angle: 24 degrees  
 Ru value: 0.5

#### Material: SSG 1

Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 10 kPa  
 Friction Angle: 30 degrees  
 Ru value: 0.1

#### Material: Gravel

Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 5 kPa  
 Friction Angle: 40 degrees  
 Ru value: 0

#### Material: Wall

Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 23 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 50 kPa  
 Friction Angle: 30 degrees  
 Ru value: 0

#### Material: SSG 2

Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 10 kPa



Friction Angle: 30 degrees  
Ru value: 0

Material: Clay 2  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 20 kPa  
Friction Angle: 20 degrees  
Ru value: 0

Material: Gravel Deep  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 10 kPa  
Friction Angle: 40 degrees  
Ru value: 0

Material: SandySilt  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 10 kPa  
Friction Angle: 28 degrees  
Ru value: 0

#### **Global Minimums**

Method: bishop simplified  
FS: 0.986833  
Axis Location: 6.993, 25.857  
Left Slip Surface Endpoint: 13.416, 11.578  
Right Slip Surface Endpoint: 22.270, 22.428  
Resisting Moment=6400.16 kN-m  
Driving Moment=6485.55 kN-m

Method: janbu corrected  
FS: 0.901706  
Axis Location: 6.993, 25.857  
Left Slip Surface Endpoint: 13.416, 11.578  
Right Slip Surface Endpoint: 22.270, 22.428  
Resisting Horizontal Force=292.902 kN  
Driving Horizontal Force=324.831 kN

#### **Valid / Invalid Surfaces**

Method: bishop simplified  
Number of Valid Surfaces: 5000  
Number of Invalid Surfaces: 0

Method: janbu corrected  
Number of Valid Surfaces: 5000  
Number of Invalid Surfaces: 0

#### **Probabilistic Analysis Input**

Project Settings  
Sensitivity Analysis: On  
Probabilistic Analysis: Off

Material: Clay1  
Property: Cohesion

Distribution: Normal  
Minimum: 0 (relative minimum: 10)  
Mean: 10  
Maximum: 20 (relative maximum: 10)

Material: Wall  
Property: Cohesion  
Distribution: Normal  
Minimum: 50 (relative minimum: 0)  
Mean: 50  
Maximum: 60 (relative maximum: 10)

Material: Wall  
Property: Phi  
Distribution: Normal  
Minimum: 30 (relative minimum: 0)  
Mean: 30  
Maximum: 40 (relative maximum: 10)

#### **List of All Coordinates**

##### Material Boundary

22.215	22.400
22.018	21.900
21.552	20.718
18.805	17.202
18.205	16.370
17.133	14.884
16.449	14.000
16.132	13.589
15.488	12.797
15.106	12.326
14.466	11.884
13.784	11.705
13.413	11.554
13.246	10.176
15.488	10.176
48.276	10.176

##### Material Boundary

14.627	18.270
14.888	16.370
15.488	16.370
17.958	16.370
18.082	16.370
18.205	16.370
48.276	16.370

##### Material Boundary

21.375	21.900
21.803	21.900
21.910	21.900
22.018	21.900
48.276	21.900

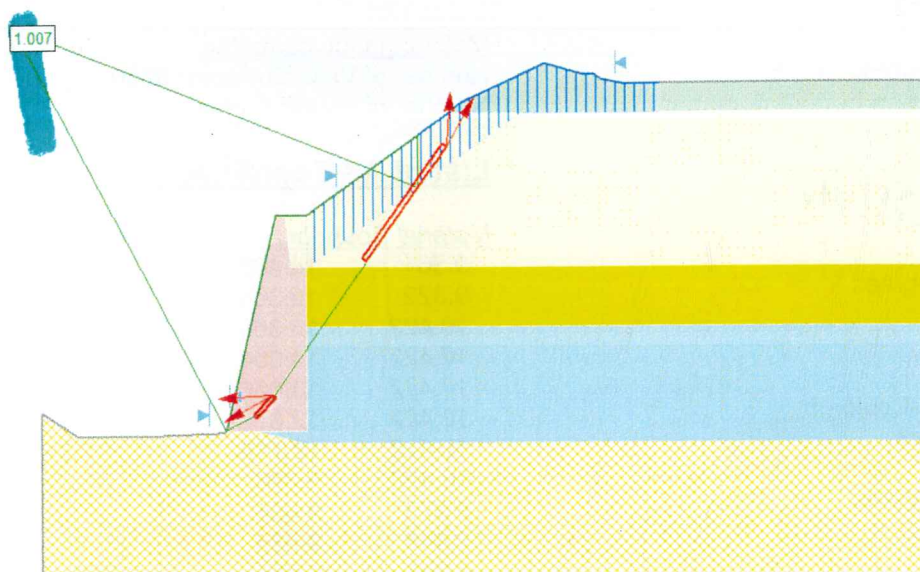
##### Material Boundary

15.488	14.000
16.196	14.000
16.323	14.000
16.449	14.000



48.276	14.000	0.000	2.400
		0.000	1.900
<u>Material Boundary</u>		0.000	-0.500
15.488	10.176	0.000	-10.500
15.488	12.797	48.276	-10.500
15.488	12.955	48.276	-0.500
15.488	13.114	48.276	1.900
15.488	14.000	48.276	2.400
15.488	16.370	48.276	4.000
		48.276	10.176
<u>Material Boundary</u>		48.276	14.000
0.000	4.000	48.276	16.370
48.276	4.000	48.276	21.900
		48.276	23.550
<u>Material Boundary</u>		27.810	23.450
0.000	1.900	27.810	24.210
48.276	1.900	27.310	24.210
		27.310	24.000
<u>Material Boundary</u>		25.310	24.000
0.000	-0.500	23.055	22.834
48.276	-0.500	22.215	22.400
		22.080	22.330
<u>Material Boundary</u>		21.938	22.244
0.000	2.400	21.375	21.900
48.276	2.400	15.427	18.270
		14.627	18.270
<u>Material Boundary</u>		14.227	18.270
13.427	11.668	13.440	11.781
13.752	11.800	13.427	11.668
14.424	11.976	13.413	11.554
15.037	12.400	9.357	11.200
15.488	12.955	8.458	11.396
16.053	13.651	7.839	11.400
16.323	14.000	7.251	10.835
17.053	14.944	4.809	10.601
18.082	16.370	1.430	10.601
18.725	17.262		
21.464	20.768	<u>Water Table</u>	
21.910	21.900	0.000	2.400
22.080	22.330	48.276	2.400
<u>Material Boundary</u>		<u>Focus/Block Search Window</u>	
13.440	11.781	18.645	17.322
13.721	11.895	18.805	17.202
14.381	12.068	21.552	20.718
14.969	12.474	21.376	20.818
15.488	13.114		
15.975	13.713	<u>Focus/Block Search Window</u>	
16.196	14.000	14.846	12.146
16.972	15.004	15.106	12.326
17.958	16.370	15.260	12.516
18.645	17.322	14.969	12.474
21.376	20.818		
21.803	21.900	<u>Focus/Block Search Window</u>	
21.938	22.244	14.147	12.007
		14.184	11.810
<u>External Boundary</u>		14.466	11.884
0.000	10.797	14.381	12.068
0.000	4.000		





Strength Type: Mohr-Coulomb



Unit Weight: 23 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 50 kPa  
Friction Angle: 30 degrees  
Ru value: 0

Material: SSG 2  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 10 kPa  
Friction Angle: 30 degrees  
Ru value: 0

Material: Clay 2  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 20 kPa  
Friction Angle: 20 degrees  
Ru value: 0

Material: Sand Deep  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 19 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 10 kPa  
Friction Angle: 30 degrees  
Ru value: 0

Material: SandySilt  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 10 kPa  
Friction Angle: 28 degrees  
Ru value: 0

### **Global Minimums**

Method: bishop simplified  
FS: 1.007240  
Axis Location: -1.055, 25.785  
Left Slip Surface Endpoint: 7.239, 9.922  
Right Slip Surface Endpoint: 14.773, 19.521  
Left Slope Intercept: 7.239 9.922  
Right Slope Intercept: 14.773 21.592  
Resisting Moment=8461.84 kN-m  
Driving Moment=8400.99 kN-m

Method: janbu corrected  
FS: 0.886676  
Axis Location: -0.786, 23.908  
Left Slip Surface Endpoint: 7.235, 9.904  
Right Slip Surface Endpoint: 14.767, 19.516  
Left Slope Intercept: 7.235 9.904  
Right Slope Intercept: 14.767 21.587  
Resisting Horizontal Force=302.581 kN  
Driving Horizontal Force=341.253 kN

### **Valid / Invalid Surfaces**

Method: bishop simplified  
Number of Valid Surfaces: 5000  
Number of Invalid Surfaces: 0

Method: janbu corrected  
Number of Valid Surfaces: 5000  
Number of Invalid Surfaces: 0

### **List of All Coordinates**

Material Boundary

9.561	18.400
9.822	16.364
10.422	16.364
10.422	14.004
10.422	13.036
10.422	12.877
10.422	12.718
10.422	9.886
8.573	9.886
7.448	9.886
7.231	9.886
8.371	10.476
9.471	11.684
9.820	12.133
10.422	12.877
10.517	12.994
11.304	14.004
11.329	14.036
11.661	14.800
12.409	16.148
12.515	16.364
12.662	16.666
14.317	19.000
15.836	21.218
16.056	21.694
16.176	22.463
16.202	22.625

Material Boundary

10.422	16.364
12.403	16.364
12.515	16.364
12.626	16.364
34.904	16.364

Material Boundary

10.422	14.004
11.177	14.004
11.304	14.004
11.424	14.004
34.904	14.004

Material Boundary

8.573	9.886
10.328	9.424
34.904	9.424

Material Boundary

0.000	3.500
34.904	3.500

Material Boundary



0.000	-0.500
34.904	-0.500

Material Boundary

0.000	1.000
34.904	1.000

Material Boundary

7.277	9.797
7.448	9.886
8.433	10.396
9.547	11.620
9.899	12.071
10.422	12.718
10.595	12.932
11.416	13.984
11.424	14.004
11.751	14.756
12.498	16.101
12.626	16.364
12.749	16.615
14.399	18.943
15.923	21.168
16.152	21.664
16.278	22.463
16.316	22.708

Material Boundary

7.260	10.014
8.309	10.557
9.394	11.749
9.742	12.195
10.422	13.036
10.438	13.056
11.177	14.004
11.242	14.087
11.571	14.844
12.320	16.194
12.403	16.364
12.576	16.717
14.235	19.057
15.749	21.267
15.959	21.723
16.075	22.463
16.088	22.543

Material Boundary

15.977	22.463
16.075	22.463
16.176	22.463
16.278	22.463
34.904	22.463

Material Boundary

0.000	2.644
34.904	2.644

External Boundary

0.000	-2.000
-------	--------

34.904	-2.000
34.904	-0.500
34.904	1.000
34.904	2.644
34.904	3.500
34.904	9.424
34.904	14.004
34.904	16.364
34.904	22.463
34.904	23.582
22.997	23.603
22.038	23.800
21.802	24.000
21.313	24.000
19.824	24.400
16.538	22.868
16.316	22.708
16.202	22.625
16.088	22.543
15.977	22.463
10.361	18.400
9.561	18.400
9.161	18.400
7.260	10.014
7.231	9.886
6.956	9.834
3.712	9.704
1.322	9.759
0.000	10.673
0.000	3.500
0.000	2.644
0.000	1.000
0.000	-0.500

Water Table

0.000	1.000
34.904	1.000

Tension Crack

10.361	18.400
10.422	16.364
18.827	22.463
24.284	22.463
24.308	23.601

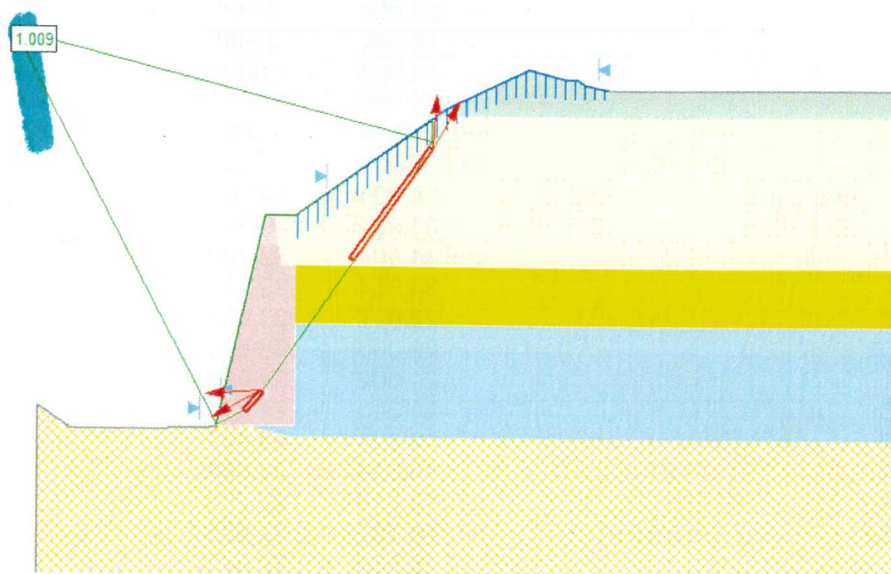
Focus/Block Search Window

12.576	16.717
12.749	16.615
15.923	21.168
15.749	21.267

Focus/Block Search Window

8.309	10.557
8.433	10.396
9.171	11.207
9.020	11.337





## Document Name

File Name: ZZ\_02\_Back

Right Projection Angle (End Angle): 85  
Minimum Elevation: Not Defined  
Minimum Depth: Not Defined

## Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Failure Direction: Right to Left

Units of Measurement: SI Units

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>

Groundwater Method: Ru Coefficient

Data Output: Standard

Calculate Excess Pore Pressure: Off

Allow Ru with Water Surfaces or Grids: On

Random Numbers: Pseudo-random Seed

Random Number Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

## Tension Crack

Tension crack Water level: filled with water

## Material Properties

Material: Clay1

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion: 10 kPa

Friction Angle: 20 degrees

Ru value: 0.5

Material: TopSoil

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 18 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion: 5 kPa

Friction Angle: 24 degrees

Ru value: 0.5

Material: SSG 1

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion: 10 kPa

Friction Angle: 30 degrees

Ru value: 0.1

Material: Gravel

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion: 5 kPa

Friction Angle: 40 degrees

Ru value: 0

Material: Wall

Strength Type: Mohr-Coulomb

## Analysis Methods

Analysis Methods used:

Bishop simplified

Janbu corrected

Number of slices: 25

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 50

## Surface Options

Surface Type: Non-Circular Block Search

Number of Surfaces: 5000

Pseudo-Random Surfaces: Enabled

Convex Surfaces Only: Disabled

Left Projection Angle (Start Angle): 210

Left Projection Angle (End Angle): 185

Right Projection Angle (Start Angle): 60



Unit Weight: 23 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 50 kPa  
Friction Angle: 30 degrees  
Ru value: 0

Material: SSG 2  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 10 kPa  
Friction Angle: 30 degrees  
Ru value: 0

Material: Clay 2  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 20 kPa  
Friction Angle: 20 degrees  
Ru value: 0

Material: Sand Deep  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 19 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 10 kPa  
Friction Angle: 30 degrees  
Ru value: 0

Material: SandySilt  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 10 kPa  
Friction Angle: 28 degrees  
Ru value: 0

### **Global Minimums**

Method: bishop simplified  
FS: 1.008950  
Axis Location: -1.055, 25.785  
Left Slip Surface Endpoint: 7.239, 9.922  
Right Slip Surface Endpoint: 15.871, 21.483  
Left Slope Intercept: 7.239 9.922  
Right Slope Intercept: 15.871 22.386  
Resisting Moment=8824.57 kN-m  
Driving Moment=8746.28 kN-m

Method: janbu corrected  
FS: 0.895823  
Axis Location: -1.031, 25.710  
Left Slip Surface Endpoint: 7.244, 9.945  
Right Slip Surface Endpoint: 16.046, 21.614  
Left Slope Intercept: 7.244 9.945  
Right Slope Intercept: 16.046 22.512  
Resisting Horizontal Force=314.536 kN  
Driving Horizontal Force=351.114 kN

### **Valid / Invalid Surfaces**

Method: bishop simplified  
Number of Valid Surfaces: 5000  
Number of Invalid Surfaces: 0

Method: janbu corrected  
Number of Valid Surfaces: 5000  
Number of Invalid Surfaces: 0

### **List of All Coordinates**

Material Boundary

9.561	18.400
9.822	16.364
10.422	16.364
10.422	14.004
10.422	13.036
10.422	12.877
10.422	12.718
10.422	9.886
8.573	9.886
7.448	9.886
7.231	9.886
8.371	10.476
9.471	11.684
9.820	12.133
10.422	12.877
10.517	12.994
11.304	14.004
11.329	14.036
11.661	14.800
12.409	16.148
12.515	16.364
12.662	16.666
14.317	19.000
15.836	21.218
16.056	21.694
16.176	22.463
16.202	22.625

Material Boundary

10.422	16.364
12.403	16.364
12.515	16.364
12.626	16.364
34.904	16.364

Material Boundary

10.422	14.004
11.177	14.004
11.304	14.004
11.424	14.004
34.904	14.004

Material Boundary

8.573	9.886
10.328	9.424
34.904	9.424

Material Boundary

0.000	3.500
34.904	3.500

Material Boundary



0.000	-0.500
34.904	-0.500

Material Boundary

0.000	1.000
34.904	1.000

Material Boundary

7.277	9.797
7.448	9.886
8.433	10.396
9.547	11.620
9.899	12.071
10.422	12.718
10.595	12.932
11.416	13.984
11.424	14.004
11.751	14.756
12.498	16.101
12.626	16.364
12.749	16.615
14.399	18.943
15.923	21.168
16.152	21.664
16.278	22.463
16.316	22.708

Material Boundary

7.260	10.014
8.309	10.557
9.394	11.749
9.742	12.195
10.422	13.036
10.438	13.056
11.177	14.004
11.242	14.087
11.571	14.844
12.320	16.194
12.403	16.364
12.576	16.717
14.235	19.057
15.749	21.267
15.959	21.723
16.075	22.463
16.088	22.543

Material Boundary

15.977	22.463
16.075	22.463
16.176	22.463
16.278	22.463
34.904	22.463

Material Boundary

0.000	2.644
34.904	2.644

External Boundary

0.000	-2.000
34.904	-2.000

34.904	-0.500
34.904	1.000
34.904	2.644
34.904	3.500
34.904	9.424
34.904	14.004
34.904	16.364
34.904	22.463
34.904	23.582
22.997	23.603
22.038	23.800
21.802	24.000
21.313	24.000
19.824	24.400
16.538	22.868
16.316	22.708
16.202	22.625
16.088	22.543
15.977	22.463
10.361	18.400
9.561	18.400
9.161	18.400
7.260	10.014
7.231	9.886
6.956	9.834
3.712	9.704
1.322	9.759
0.000	10.673
0.000	3.500
0.000	2.644
0.000	1.000
0.000	-0.500

Water Table

0.000	1.000
34.904	1.000

Tension Crack

10.361	18.400
10.418	17.415
17.184	22.463
19.137	23.239
22.990	23.186
22.997	23.603

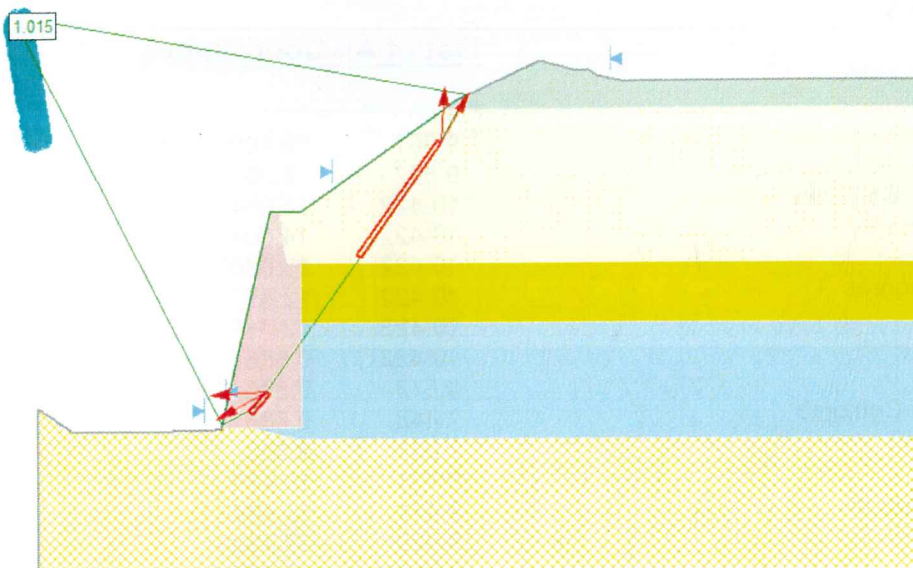
Focus/Block Search Window

12.576	16.717
12.749	16.615
15.923	21.168
15.749	21.267

Focus/Block Search Window

8.309	10.557
8.433	10.396
9.171	11.207
9.020	11.337





## **Document Name**

File Name: ZZ\_03\_Back

## **Project Settings**

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
 Failure Direction: Right to Left  
 Units of Measurement: SI Units  
 Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>  
 Groundwater Method: Ru Coefficient  
 Data Output: Standard  
 Calculate Excess Pore Pressure: Off  
 Allow Ru with Water Surfaces or Grids: On  
 Random Numbers: Pseudo-random Seed  
 Random Number Seed: 10116  
 Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

## **Analysis Methods**

Analysis Methods used:  
 Bishop simplified  
 Janbu corrected

Number of slices: 25  
 Tolerance: 0.005  
 Maximum number of iterations: 50

## **Surface Options**

Surface Type: Non-Circular Block Search  
 Number of Surfaces: 5000  
 Pseudo-Random Surfaces: Enabled  
 Convex Surfaces Only: Disabled  
 Left Projection Angle (Start Angle): 210

Left Projection Angle (End Angle): 185  
 Right Projection Angle (Start Angle): 60  
 Right Projection Angle (End Angle): 85  
 Minimum Elevation: Not Defined  
 Minimum Depth: Not Defined

## **Material Properties**

Material: Clay1  
 Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 10 kPa  
 Friction Angle: 20 degrees  
 Ru value: 0.5

Material: TopSoil  
 Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 18 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 5 kPa  
 Friction Angle: 24 degrees  
 Ru value: 0.5

Material: SSG 1  
 Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 10 kPa  
 Friction Angle: 30 degrees  
 Ru value: 0.1

Material: Gravel  
 Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 5 kPa  
 Friction Angle: 40 degrees  
 Ru value: 0

Material: Wall  
 Strength Type: Mohr-Coulomb



Unit Weight: 23 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 50 kPa  
 Friction Angle: 30 degrees  
 Ru value: 0

Material: SSG 2  
 Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 10 kPa  
 Friction Angle: 30 degrees  
 Ru value: 0

Material: Clay 2  
 Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 20 kPa  
 Friction Angle: 20 degrees  
 Ru value: 0

Material: Sand Deep  
 Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 19 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 10 kPa  
 Friction Angle: 30 degrees  
 Ru value: 0

Material: SandySilt  
 Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 10 kPa  
 Friction Angle: 28 degrees  
 Ru value: 0

### **Global Minimums**

Method: bishop simplified  
 FS: 1.015060  
 Axis Location: -0.950, 26.182  
 Left Slip Surface Endpoint: 7.258, 10.008  
 Right Slip Surface Endpoint: 16.915, 23.044  
 Resisting Moment=8864.05 kN-m  
 Driving Moment=8732.55 kN-m

Method: janbu corrected  
 FS: 0.914393  
 Axis Location: -0.856, 26.078  
 Left Slip Surface Endpoint: 7.278, 10.095  
 Right Slip Surface Endpoint: 16.811, 22.995  
 Resisting Horizontal Force=332.5 kN  
 Driving Horizontal Force=363.629 kN

### **Valid / Invalid Surfaces**

Method: bishop simplified  
 Number of Valid Surfaces: 5000  
 Number of Invalid Surfaces: 0

Method: janbu corrected  
 Number of Valid Surfaces: 5000  
 Number of Invalid Surfaces: 0

### **List of All Coordinates**

#### **Material Boundary**

9.561	18.400
9.822	16.364
10.422	16.364
10.422	14.004
10.422	13.036
10.422	12.877
10.422	12.718
10.422	9.886
8.573	9.886
7.448	9.886
7.231	9.886
8.371	10.476
9.471	11.684
9.820	12.133
10.422	12.877
10.517	12.994
11.304	14.004
11.329	14.036
11.661	14.800
12.409	16.148
12.515	16.364
12.662	16.666
14.317	19.000
15.836	21.218
16.056	21.694
16.176	22.463
16.202	22.625

#### **Material Boundary**

10.422	16.364
12.403	16.364
12.515	16.364
12.626	16.364
34.904	16.364

#### **Material Boundary**

10.422	14.004
11.177	14.004
11.304	14.004
11.424	14.004
34.904	14.004

#### **Material Boundary**

8.573	9.886
10.328	9.424
34.904	9.424

#### **Material Boundary**

0.000	3.500
34.904	3.500

#### **Material Boundary**

0.000	-0.500
34.904	-0.500

#### **Material Boundary**



0.000	1.000
34.904	1.000

Material Boundary

7.277	9.797
7.448	9.886
8.433	10.396
9.547	11.620
9.899	12.071
10.422	12.718
10.595	12.932
11.416	13.984
11.424	14.004
11.751	14.756
12.498	16.101
12.626	16.364
12.749	16.615
14.399	18.943
15.923	21.168
16.152	21.664
16.278	22.463
16.316	22.708

Material Boundary

7.260	10.014
8.309	10.557
9.394	11.749
9.742	12.195
10.422	13.036
10.438	13.056
11.177	14.004
11.242	14.087
11.571	14.844
12.320	16.194
12.403	16.364
12.576	16.717
14.235	19.057
15.749	21.267
15.959	21.723
16.075	22.463
16.088	22.543

Material Boundary

15.977	22.463
16.075	22.463
16.176	22.463
16.278	22.463
34.904	22.463

Material Boundary

0.000	2.644
34.904	2.644

External Boundary

0.000	-2.000
34.904	-2.000
34.904	-0.500
34.904	1.000
34.904	2.644
34.904	3.500
34.904	9.424
34.904	14.004
34.904	16.364
34.904	22.463
34.904	23.582
22.997	23.603
22.038	23.800
21.802	24.000
21.313	24.000
19.824	24.400
16.538	22.868
16.316	22.708
16.202	22.625
16.088	22.543
15.977	22.463
10.361	18.400
9.561	18.400
9.161	18.400
7.260	10.014
7.231	9.886
6.956	9.834
3.712	9.704
1.322	9.759
0.000	10.673
0.000	3.500
0.000	2.644
0.000	1.000
0.000	-0.500

Water Table

0.000	1.000
34.904	1.000

Focus/Block Search Window

12.576	16.717
12.749	16.615
15.923	21.168
15.749	21.267

Focus/Block Search Window

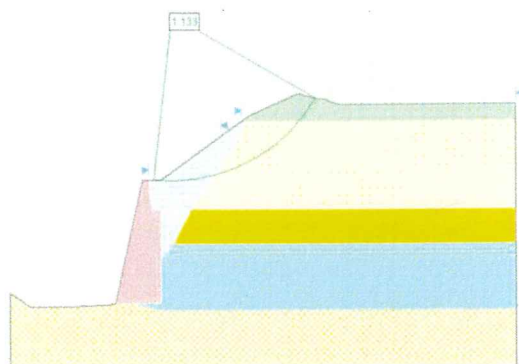
8.309	10.557
8.433	10.396
9.171	11.207
9.020	11.337



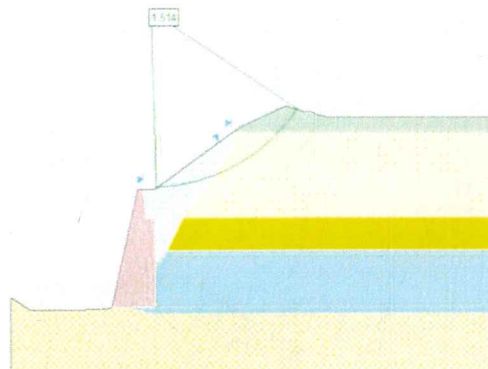
**Ευθείες αναλύσεις ευσταθείας  
(σε ηλεκτρονικό φάκελο στο ψηφιακό αρχείο)**



Αναλύσεις ευσταθείας πρανών ανάντη στέψης

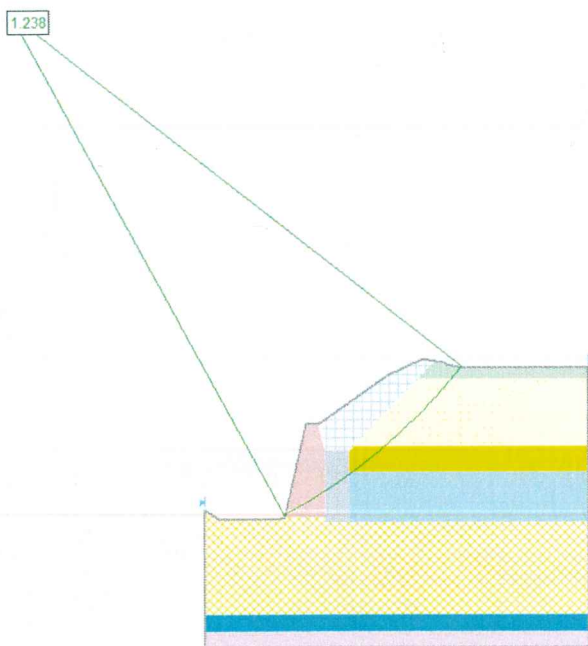


ZZ\_04\_ru05 (Bishop)



ZZ\_05\_ru0 (Bishop)

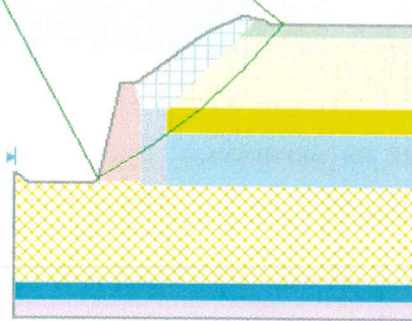
Αναλύσεις ευσταθείας πρανών φρύδι-πόδας



EGX01



1.012

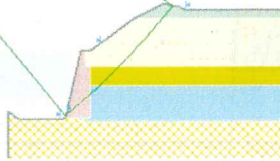


EGX01\_Q



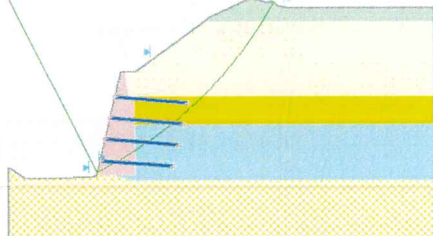
Περιοχή Υφιστάμενου Τείχους με αγκύρια και ενεμάτωση δι' αυτών

0.953



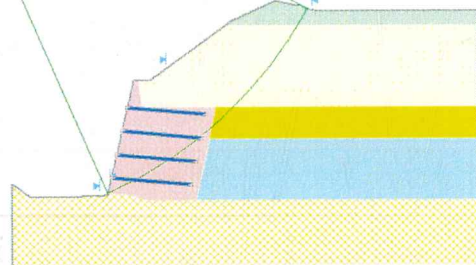
DD\_01

1.215



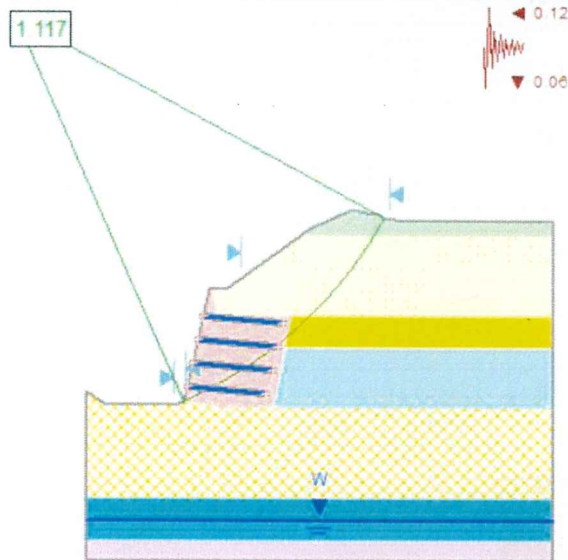
DD\_01a

1.337

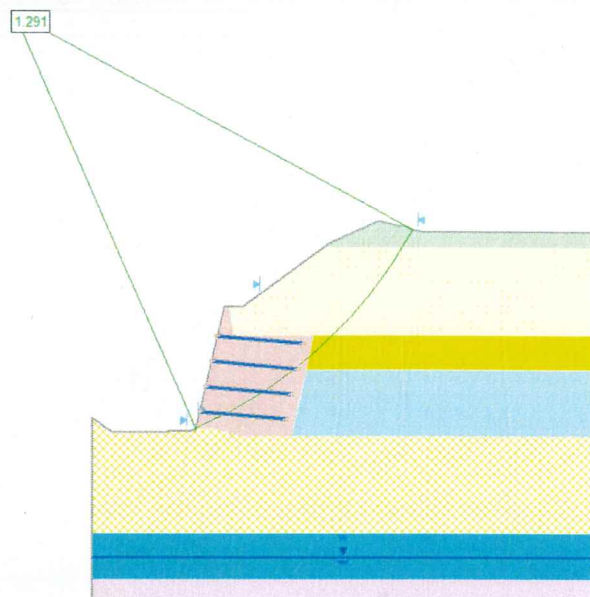


DD\_01b





DD\_01b+q



DD\_01b\_W





**Ε Δ Α Φ Ο Σ**  
**ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ Α.Ε.**

Κεντρικά Γραφεία: Υπερείδου 9, 10558 Αθήνα,  
Τηλ.: 210 3222050, Fax: 210 3241607, e-mail: [admin@edafos.gr](mailto:admin@edafos.gr)  
Εργαστήριο: Θεραπειών 2, 10444 Αθήνα, Τηλ: 2105149020,  
Fax: 2105149038, e-mail: [lab@edafos.gr](mailto:lab@edafos.gr)  
**[www.edafos.gr](http://www.edafos.gr)**

Πληροφορίες:

