

**ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΟΣ  
ΤΜΗΜΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΑΙΤΙΩΝ ΤΟΥ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΟΥ  
ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΤΗΣ 10<sup>ης</sup> ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2010  
ΣΤΟ ΣΤΡΑΤΩΝΙ Ν. ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ**

**ΠΟΡΙΣΜΑ ΟΜΑΔΑΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

**ΟΜΑΔΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

**ΧΡΗΣΤΟΣ ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΠΟΥΛΟΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΑΠΘ  
ΜΙΧΑΗΛ ΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΑΠΘ  
ΣΤΑΥΡΟΣ ΜΠΑΝΤΗΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΑΠΘ**

**ΙΟΥΝΙΟΣ 2010**

## **ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ**

	Σελ.
1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ	2
2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΜΒΑΝΤΟΣ	3
3. ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	5
4. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΟΥ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ	7
5. ΚΥΡΙΑ ΑΙΤΙΑ ΤΟΥ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΟΥ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ	11
6. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΣΤΡΑΤΩΝΙΟΥ	12

ΕΙΚΟΝΕΣ

# **ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΑΙΤΙΩΝ ΤΟΥ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΟΥ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΤΗΣ 10<sup>ης</sup> ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2010 ΣΤΟ ΣΤΡΑΤΩΝΙ Ν. ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ**

## **ΠΟΡΙΣΜΑ ΟΜΑΔΑΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

### **1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ**

Στις 10 Φεβρουαρίου 2010 έλαβε χώρα σοβαρό πλημμυρικό επεισόδιο στον οικισμό Στρατωνίου του Δήμου Σταγείρων-Ακάνθου Νομού Χαλκιδικής, το οποίο προκάλεσε εκτεταμένες καταστροφές και υλικές ζημιές σε υποδομές και περιουσίες.

Κατόπιν αιτήματος της Δημοτικής Αρχής, το Τεχνικό Επιμελητήριο - Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας συνέστησε, με βάση την Α68γ/Σ6/10/2-03-2010 απόφαση της Διοικούσας Επιτροπής, Ομάδα Εργασίας Εμπειρογνομόνων με αντικείμενο την εκτίμηση των αιτίων που προκάλεσαν την πλημμυρική κατάκλυση του Στρατωνίου και την υποβολή προτάσεων για τη βελτίωση των υποδομών εντός και πέριξ του οικισμού για τη διασφάλιση επαρκούς αντιπλημμυρικής προστασίας.

Η Ομάδα Εργασίας συγκροτήθηκε από τα εξής μέλη:

- Χρήστο Αναγνωστόπουλο, Πολιτικό Μηχανικό, Καθηγητή Θεμελιώσεων, Αντιστηρίξεων και Γεωτεχνικών Έργων του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ
- Μιχαήλ Γεωργιάδη, Πολιτικό Μηχανικό, Καθηγητή Εφαρμοσμένης Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του ΑΠΘ
- Σταύρο Μπαντή, Βραχομηχανικό, Καθηγητή Τεχνικής Γεωλογίας και Βραχομηχανικής του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ

Η Ομάδα Εργασίας πραγματοποίησε επισκέψεις αυτοψίας και ενημερωτικές συναντήσεις με τις Δημοτικές Αρχές και κατοίκους της περιοχής. Με βάση τα στοιχεία που συνέλεξε συνέταξε το πόρισμα που παρουσιάζεται στις επόμενες ενότητες.

## 2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΜΒΑΝΤΟΣ

Στις 10 Φεβρουαρίου 2010 και αφού προηγήθηκαν βροχοπτώσεις από τις 6 έως τις 10 Φεβρουαρίου, έλαβε χώρα πλημμυρική κατάκλυση του οικισμού Στρατωνίου του Δήμου Σταγείρων-Ακάνθου Νομού Χαλκιδικής από ύδατα και στερεά υλικά που μεταφέρθηκαν από υδατορεύματα της ανάντη ορεινής περιοχής. Παρόμοιου τύπου και έντασης φαινόμενα και καταστροφές παρατηρήθηκαν και σε άλλες περιοχές του νομού Χαλκιδικής (Γομάτι, Σάρτη, Συκιά, Νικήτη κ.α.).

Τα βροχομετρικά στοιχεία της περιόδου από τις 6 έως τις 10 Φεβρουαρίου αναφέρουν ισχυρές και συνεχείς βροχοπτώσεις κατά τις προηγούμενες του επεισοδίου ημέρες (6<sup>η</sup>, 7<sup>η</sup> και 8<sup>η</sup> Φεβρουαρίου με διακοπή της βροχόπτωσης την 9<sup>η</sup> Φεβρουαρίου) και σύμφωνα με πληροφορίες κατοίκων κορύφωση της έντασης βροχής κατά τις απογευματινές ώρες της 10<sup>ης</sup> Φεβρουαρίου, οπότε και εκδηλώθηκε η πλημμύρα του Στρατωνίου.

Το υδρογραφικό δίκτυο της ανάντη περιοχής περιλαμβάνει, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1, τρία κεντρικά υδατορεύματα τα οποία είναι οι κύριοι αποδέκτες των νερών της επιφανειακής απορροής και διασφαλίζουν τη διόδυσή τους προς χαμηλότερες στάθμες. Το πρώτο υδατόρρευμα, ονομαζόμενο «ρέμα Καρβουνόσκαλας» εκβάλλει στη νότια πλευρά του κόλπου του Στρατωνίου. Το δεύτερο υδατόρρευμα, ονομαζόμενο «ρέμα Αργυρώς» εκβάλλει στο κέντρο του κόλπου του Στρατωνίου, ενώ το τρίτο, ονομαζόμενο «ρέμα Πόρτο» εκβάλλει στη βόρεια πλευρά του κόλπου του Στρατωνίου.

Λόγω της διάρκειας και έντασης της βροχής, τα υδατορεύματα της περιοχής μετέφεραν ασυνήθιστα υψηλές παροχές υδάτων, συμπαρασύροντας μεγάλες ποσότητες στερεών υλικών που είχαν συσσωρευτεί στις βραχώδεις κοίτες τους. Όπως διαπιστώθηκε κατά τις αυτοψίες, τα περισσότερα από τα τεχνικά (οχετοί) του οδικού δικτύου της ευρύτερης περιοχής φράχτηκαν από τις μεγάλες στερεοπαροχές των υδατορευμάτων, προκαλώντας υπερχειλίσεις με απόθεση υλικών (βραχωδών τεμαχίων, λίθων, λάσπης, κλαδιών, εκριζωμένων δένδρων, κλπ.) επί των οδοστρωμάτων, διαβρώσεις των επιχωμάτων και εδαφοροές. Στην Εικόνα 2 σημειώνονται μερικές από τις θέσεις (R1 – R10), όπου παρουσιάστηκαν προβλήματα αυτού του είδους στις διασταυρώσεις των υδατορευμάτων με το επαρχιακό και δασικό οδικό δίκτυο.

Σε ορισμένες θέσεις, όπως οι R1, R6 και R11 κατά μήκος του υδατορεύματος «Αργυρώ», η ροή παρέσυρε πλήρως το σώμα της οδού (Εικόνες 3.1, 3.2 και 3.3). Σε άλλες θέσεις, όπως οι R2 και R5, η απόφραξη των οχετών της οδού είχε ως αποτέλεσμα την υπερχειλίση των υδάτων και των φερτών υλικών και το φράξιμο της οδού (Εικόνες 3.4 και 3.5). Σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως αυτές των θέσεων R7, R8, R9 και R10, η ροή προκάλεσε τοπικές κατολισθήσεις στα επιχώματα και τα ορύγματα των οδών. (Εικόνες 3.6, 3.7, 3.8 και 3.9). Στη θέση R3, ανάντη του σώματος του επιχώματος της επαρχιακής οδού Στρατωνίου-Ολυμπιάδας, σχηματίστηκε εξαιτίας της απόφραξης του τεχνικού λίμνη μεγάλου βάθους (Εικόνα 3.10α). Λόγω της έγκαιρης άντλησης των υδάτων από τις δημοτικές αρχές, η υπερχειλίση προκάλεσε μερική μόνο διάβρωση του επιχώματος της οδού (Εικόνα 3.10β) και απεφεύχθη η ενδεχόμενη θραύση του επιχώματος. Τέλος, στη θέση R4, όπου το κύριο υδατόρρευμα «Αργυρώ» διασταυρώνεται με την επαρχιακή οδό Στρατωνίου-Ολυμπιάδας, παρά την έντονη διάβρωση της κοίτης και τη μεγάλη στερεοπαροχή, λόγω της μεγάλης διαμέτρου του οχετού (3m x 3m) δεν παρουσιάστηκαν προβλήματα (Εικόνα 3.11).

Το πλημμυρικό πλήγμα στο Στρατώνι προκλήθηκε από το υδατόρευμα «Αργυρώ» και ειδικότερα όταν επήλθε απόφραξη της εισόδου της αντιπλημμυρικής τάφρου στην βορειοδυτική πλευρά του οικισμού από τις στερεοπαροχές. Αποτέλεσμα της υπερχειλίσης του υδατορεύματος ήταν η εκτροπή της ροής του δια μέσου των δρόμων του οικισμού προκαλώντας σημαντικές καταστροφές σε υποδομές, κατοικίες, αυτοκίνητα, κλπ. Κατά εξαιρετική συγκυρία δεν υπήρξαν ανθρώπινα θύματα.

Κατά την ίδια περίοδο συνέβησαν πολυάριθμες επιφανειακές κατολισθήσεις, εδαφοροές και καταπτώσεις βράχων στην ευρύτερη περιοχή, αποκόπτοντας το οδικό δίκτυο. Τα φαινόμενα συνέβησαν τόσο σε τεχνητά πρανή του οδικού δικτύου όσο και σε φυσικές κλιτύες. Στην Εικόνα 4 φαίνονται μερικές από τις θέσεις του οδικού δικτύου όπου παρουσιάστηκαν κατολισθητικά φαινόμενα. Στη Εικόνα 5 παρουσιάζονται ενδεικτικά δύο από τα φαινόμενα αυτά.

Επιλεγμένες φωτογραφίες από την κατάσταση που επικράτησε στον οικισμό του Στρατωνίου και στην ευρύτερη περιοχή παρουσιάζονται στις Εικόνες 6.1 έως 6.6.

### 3. ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Στον Πίνακα 1 συνοψίζονται τα μηνιαία μετεωρολογικά δεδομένα του Φεβρουαρίου 2010 που καταγράφηκαν στο σταθμό Στρατωνίου, από τα οποία προκύπτουν τα εξής:

- Τα ημερήσια βροχομετρικά ύψη κατά τις ημέρες που προηγήθηκαν της πλημμύρας (6-7-8-9 Φεβρουαρίου 2010) ήταν 36.4, 39.8, 17.6 και 0.0 mm.
- Το βροχομετρικό ύψος κατά την ημέρα της πλημμύρας ανήλθε στα 163.4 mm που αναλογεί περίπου στο 30-40% του ετήσιου βροχομετρικού ύψους της περιοχής (400-500mm) και πραγματοποιήθηκε εντός μικρού χρονικού διαστήματος κατά τις απογευματινές ώρες
- Η μέγιστη ένταση της βροχής κατά τη 10<sup>η</sup> Φεβρουαρίου ήταν της τάξεως των 70mm/hr ή και μεγαλύτερη.

Τα παραπάνω εκπροσωπούν ασυνήθη μεγέθη για την περιοχή, τόσο ως προς το ημερήσιο ύψος όσο και (ιδιαίτερα) ως προς την μέγιστη ένταση της βροχής της 10<sup>ης</sup> Φεβρουαρίου 2010.

Επισημαίνεται ότι η μέγιστη ένταση βροχής κατά τη σοβαρή πλημμύρα του οικισμού Μ. Παναγιά το 2000 δεν υπερέβη τα 40mm/hr. Σε σχετική μελέτη εκτιμήθηκε ότι βροχομετρικό ύψος 250mm σε διάστημα 48 ωρών αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς ~1000 ετών (Πηγή: Παπαμιχαήλ, Δ.Μ., Γεωργίου, Π.Ε., Καραμούζης, Δ.Ν.: Εκτίμηση των πλημμυρογραφημάτων της ραγδαίας βροχόπτωσης της 7-8 Οκτωβρίου 2000 στην περιοχή της Μ. Παναγίας Χαλκιδικής).

### ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Συνοπτικά μετεωρολογικά δεδομένα για το Φεβρουάριο 2010  
(Σταθμός Στρατωνίου Εθνικού Μετεωροσκοπίου Αθηνών)

ELEV: 5 m LAT: 40° 30' 00" N LONG: 23° 48' 00" E

HEAT COOL AVG

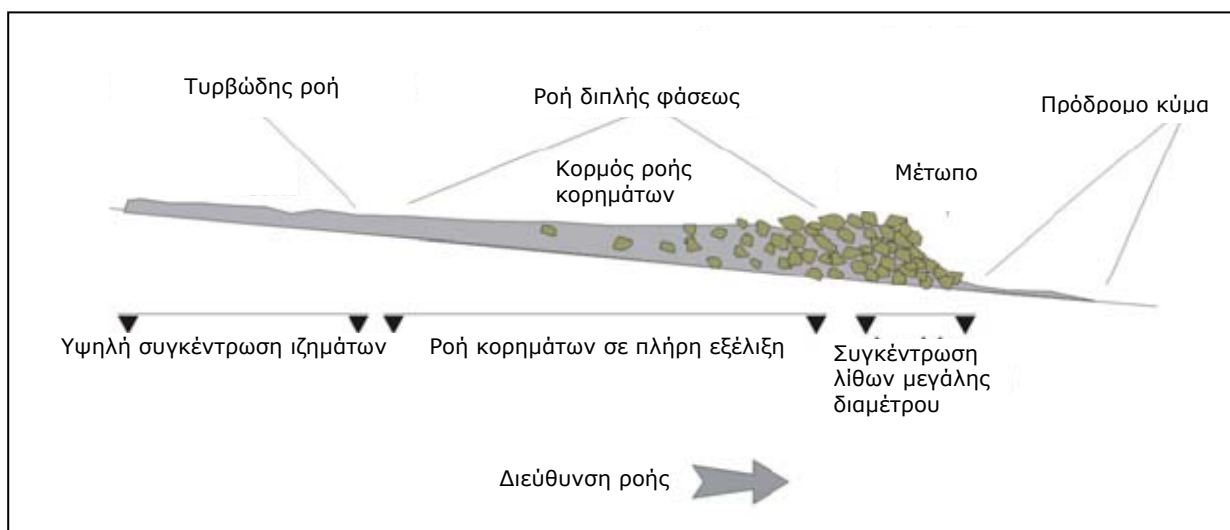
MEAN DAY	TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	DEG DEG		WIND		DOM		DIR
						DAYS	DAYS	RAIN	SPEED	HIGH	TIME	
1	9.7	14.8	10:10	6.2	0:10	8.7	0.0	0.6	5.3	40.2	10:20	WNW
2	4.3	8.7	0:10	0.8	23:20	14.0	0.0	3.0	7.1	37.0	13:40	NW
3	2.9	6.8	15:20	-0.2	22:40	15.4	0.0	0.0	8.5	38.6	3:10	NW
4	5.9	11.4	15:00	-0.2	3:40	12.4	0.0	0.0	5.1	22.5	19:40	WNW
5	8.1	10.1	1:20	6.5	23:10	10.2	0.0	0.0	12.2	33.8	1:10	E
6	6.8	8.7	2:30	5.1	22:00	11.5	0.0	<b>36.4</b>	12.1	48.3	20:10	ESE
7	6.9	8.5	11:10	4.9	00:00	11.4	0.0	<b>39.8</b>	9.2	40.2	22:30	NE
8	4.9	6.5	14:50	2.7	00:00	13.4	0.0	<b>17.6</b>	6.6	32.2	0:10	NW
9	4.9	8.4	20:20	0.6	6:00	13.4	0.0	<b>00.0</b>	4.8	25.7	20:20	WNW
<b>10</b>	<b>8.4</b>	<b>14.5</b>	<b>22:10</b>	<b>6.2</b>	<b>6:20</b>	<b>9.9</b>	<b>0.0</b>	<b>163.4</b>	<b>11.6</b>	<b>51.5</b>	<b>19:10</b>	<b>NNE</b>
11	10.9	13.9	14:30	7.5	22:50	7.4	0.0	0.4	3.7	22.5	12:30	WNW
12	10.8	14.8	14:50	6.6	4:20	7.5	0.0	11.2	7.2	40.2	18:30	E
13	9.6	14.2	12:40	4.4	7:20	8.8	0.0	0.0	6.0	38.6	2:40	SW
14	7.6	10.8	11:50	4.9	0:10	10.8	0.0	19.8	5.0	35.4	17:20	WNW
15	9.6	13.6	15:40	6.1	00:00	8.8	0.0	7.2	5.1	33.8	12:00	WNW
16	8.7	11.0	13:50	4.2	4:00	9.7	0.0	1.4	3.7	16.1	2:00	WNW
17	10.1	11.4	17:50	8.7	00:00	8.3	0.0	4.2	2.1	19.3	5:20	WNW
18	11.3	16.4	23:40	8.0	1:50	7.0	0.0	0.2	3.1	29.0	23:20	WNW
19	12.6	15.2	0:10	9.0	6:50	5.7	0.0	0.0	3.7	19.3	1:50	WNW
20	13.7	17.2	14:10	11.3	7:20	4.7	0.0	0.0	2.6	14.5	13:10	WNW
21	13.8	17.4	13:50	8.9	00:00	4.5	0.0	0.0	11.7	57.9	14:40	WNW
22	9.7	12.2	12:30	5.4	7:30	8.7	0.0	0.0	7.7	48.3	3:30	ESE
23	9.8	12.4	13:40	7.4	3:30	8.9	0.0	1.6	2.4	11.3	12:00	WNW
24	9.9	11.9	13:10	7.0	6:30	8.4	0.0	1.2	2.7	16.1	17:10	WNW
25	11.7	14.6	14:40	9.2	0:30	6.7	0.0	0.4	2.4	22.5	19:10	WNW
26	10.7	13.6	17:00	7.1	7:20	7.6	0.0	0.0	3.4	16.1	17:10	W
27	11.9	15.8	16:10	10.2	0:30	6.4	0.0	4.6	9.5	56.3	20:20	NW
28	10.7	12.9	16:30	7.1	7:20	7.6	0.0	0.0	6.6	48.3	0:20	NW
9.1	17.4	21	-0.2	4	257.9	0.0	313.0	6.1	57.9	21		WNW

#### 4. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΟΥ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ

Ο τύπος, η έκταση και ο χρόνος απόθεσης στερεών υλικών κατά το πλημμυρικό πλήγμα υποδεικνύουν ότι η κατάκλυση στο Στρατώνι προήλθε από τη δημιουργία «ροής κορημάτων», δηλαδή μιας υδάτινης μάζας με υψηλή συγκέντρωση αδρομερούς φάσης από λεπτόκοκκα ιζήματα έως κροκάλες και ογκόλιθους.

Ο όρος «ροή κορημάτων» ως απόδοση του όρου αγγλικής «debris flow» χρησιμοποιείται για την περιγραφή ενός ιδιαίτερου φαινομένου εδαφικής αστάθειας που αφορά σε ταχεία μετακίνηση μάζας νερού με λεπτόκοκκα και αδρομερή υλικά περιλαμβανομένων λίθων ποικίλων μεγεθών. Οι ροές λαμβάνουν χώρα όταν μη - στερεοποιημένα υλικά περιέρχονται σε καθεστώς κορεσμού σε κλιτύες ή /και υδατορεύματα. Η κίνηση συντελείται υπό τη δράση της βαρύτητας και η κεφαλή της μετακινούμενης μάζας συμπαρασύρει και μεταφέρει κροκάλες, ογκόλιθους, κορμούς, κλπ.

Στη διαγραμματική αναπαράσταση «ροής κορημάτων» του Σχήματος 4.1, εικονίζεται αυξημένη συγκέντρωση των ογκωδέστερων κλασμάτων της αδρομερούς φάσης στα ανώτερα στρώματα και μέτωπο της ροής. Η συγκέντρωση των λεπτόκοκκων ιζημάτων συνήθως βρίσκεται σε επίπεδα ορίου υδαρότητας.

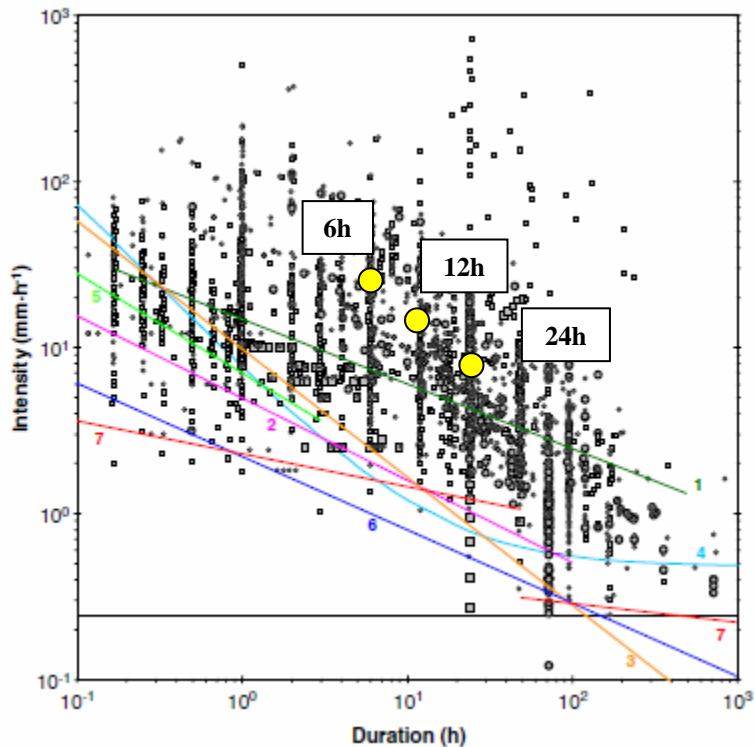


ΣΧΗΜΑ 4.1 Σχηματική απεικόνιση ροής κορημάτων.

Από συγκρίσεις με άλλες περιπτώσεις ανάλογης έντασης φαινομένων προκύπτει ότι τα βροχομετρικά μεγέθη και ιδιαίτερα η ένταση της βροχής στο Στρατώνι αντιστοιχούν σε ακραίες περιπτώσεις.

Στο Σχήμα 4.2 παρουσιάζονται τα διάφορα όρια έντασης-χρόνου βροχόπτωσης, η υπέρβαση των οποίων έχει οδηγήσει σε ροές κορημάτων και αφορά σε πάνω από 2500 περιπτώσεις σε όλο τον κόσμο (Guzzetti et al, The rainfall intensity-duration control of shallow landslides and debris flows – an update, Landslides, V5(1), 2008). Η περίπτωση του Στρατωνίου παρουσιάζεται με τις κίτρινες κουκκίδες (θεωρώντας ότι η βροχόπτωση των 164mm επήλθε σε 24, 12 και 6 ώρες αντίστοιχα). Είναι προφανές ότι στο Στρατώνι όλα τα όρια έντασης – διάρκειας βροχής είχαν ξεπεραστεί κατά πολύ και η δημιουργία ροών κορημάτων ήταν αναπόφευκτη.





Σχήμα 4.2 Παρουσίαση ορίων έντασης-χρόνου βροχόπτωσης που έχουν δημοσιευτεί παγκοσμίως, η υπέρβαση των οποίων έχει ενεργοποιήσει ροές κορημάτων (Guzzeti et al, 2008).

1-Caine (1980), 2-Innes (1983), 3-Clarizia et al (1996), 4-Crosta and Frattini(2001), 5-Cannon and Gartner (2005), 6- Προτεινόμενο όριο με βάση όλα τα δεδομένα κατά Guzzeti et al (2008), 7-Ορια με βάση την εκτίμηση πιθανότητας για διάρκεια βροχόπτωσης μικρότερης και μεγαλύτερης των 48h.

Από τη συνολική αξιολόγηση των διαθέσιμων στοιχείων διαμορφώθηκε η ακόλουθη άποψη ως προς τον πιθανό μηχανισμό της πλημμύρας του Στρατωνίου:

1. Οι βροχοπτώσεις της περιόδου από τις 6 έως τις 10 Φεβρουαρίου 2010 χαρακτηρίστηκαν από διάρκεια και ένταση παρέχοντας συνολικό ύψος βροχής (~250 mm), που αντιστοιχεί περίπου στο 50% του ετήσιου βροχομετρικού ύψους. Το μέγιστο ημερήσιο ύψος βροχής (164mm) της 10<sup>ης</sup> Φεβρουαρίου αντιστοιχεί σε 30-40% του ετήσιου. Τα μεγέθη αυτά περιλαμβανομένης της μέγιστης έντασης ~70mm/hr κατά τις απογευματινές ώρες της 10<sup>ης</sup> Φεβρουαρίου είναι πρωτοφανή για τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής. Τα χαρακτηριστικά της βροχόπτωσης σε συνδυασμό με τα φυσιογραφικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής προκάλεσαν πολύ υψηλές παροχές. Ενδεικτική των υψηλών παροχών είναι η δημιουργία πλημμυρικής κοίτης στις λεκάνες απόθεσης χειμάρρων της ευρύτερης περιοχής με ανύψωση της στάθμης των νερών κατά 2-3 m (Εικόνα 7).
2. Το πλημμυρικό πλήγμα του Στρατωνίου προήλθε από το υδατόρευμα «Αργυρώ». Αν και η λεκάνη απορροής του υδατορεύματος είναι σχετικά μικρής έκτασης, οι απορροές υδάτων ήταν υψηλές λόγω της ραγδαιότητας της βροχής και του μικρού χρόνου συρροής. Αποτέλεσμα αυτών ήταν οι

μεγάλες υδατοπαροχές (εκτιμάται παροχή μεγαλύτερη των  $6.0\text{m}^3/\text{sec}$ ), οι οποίες σε συνδυασμό με τις σημαντικές μέσες κλίσεις της κοίτης ( $>10\%$ ) δημιούργησαν κατά μήκος των υδατορευμάτων υπερκρίσιμη κατάσταση ροής, προκαλώντας εκτεταμένες διαβρώσεις υλικών που συμπαρασύρθηκαν προς κατάντη αυξάνοντας τις στερεοπαροχές και περιλαμβάνοντας ασυνήθιστα ογκώδη στοιχεία (κορμούς, ογκόλιθους, μεγάλες ρίζες).

3. Λόγω της ανεπαρκούς διατομής των εγκάρσιων οχετών του οδικού δικτύου (συνήθως  $\leq 1 \times 1\text{m}$ ), υπήρχε αδυναμία διατήρησης της ροής με αποτέλεσμα την πρόκληση υδραυλικού άλματος και απόθεσης των στερεών υλικών στις εισόδους των τεχνικών. Τυπική περίπτωση απόφραξης οχετού μικρής διατομής ( $\sim 1 \times 1\text{m}$ ) δίδεται στην Εικόνα 8α, σε αντίθεση με τη (μοναδική) περίπτωση επιτυχούς λειτουργίας του οχετού της Εικόνας 8β, όπου η διατομή είναι  $\sim 3 \times 3\text{m}$ . Οι υπερχειλίσεις στις θέσεις απόφραξης των τεχνικών προκάλεσαν εκτεταμένες διαβρώσεις των κατάντη παρειών των επιχωμάτων αυξάνοντας τις στερεοπαροχές.
4. Οι πολύ μεγάλες υδατοπαροχές σε συνδυασμό με τις πολύ μεγάλες στερεοπαροχές δημιούργησαν βαθμιαία μια ροή κορημάτων η οποία δεν κατέστη δυνατόν να παραληφθεί από το μικρών διαστάσεων τεχνικό που ευρίσκονταν στη διασταύρωση της παλαιάς επαρχιακής οδού Στρατωνίου-Ολυμπιάδος με το υδατόρευμα «Αργυρώ» (θέση R1). Το τεχνικό αχρηστεύτηκε από τη ροή των κορημάτων, η οποία στη συνέχεια κατέστρεψε το σώμα του επιχώματος της οδού και διέβρωσε τα παρακείμενα πρανή (Εικόνα 9).
5. Τα υλικά κατασκευής του επιχώματος ήταν ποικίλης κοκκομετρικής σύστασης, προερχόμενα κυρίως από τις εκσκαφές διάνοιξης του δρόμου προσπέλασης. Το τελευταίο συνάγεται από την παρόμοια μακροσκοπική εμφάνιση των υλικών που απέμειναν με εκείνη του μητρικού πετρώματος στα πρανή της οδού και από το γεγονός ότι την εποχή κατασκευής της συγκεκριμένης επαρχιακής οδού, τα επιχώματα κατασκευάζονταν με τα υλικά εκσκαφής των πλησιέστερων ορυγμάτων (Μέθοδος Bruckner). Κατά πληροφορίες, οι οποίες όμως δεν κατέστη δυνατόν να επιβεβαιωθούν, στην κατασκευή των επιχωμάτων χρησιμοποιήθηκαν και ποσότητες στείρων υλικών μεταλλείου. Στην περιοχή αυτή πρέπει να δημιουργήθηκαν και στο παρελθόν προβλήματα ροών κορημάτων από ανάντη. Το γεγονός αυτό τεκμαίρεται από την ύπαρξη τοιχείων σκυροδέματος με σιδηροτροχιές (ανασχετικοί φράκτες προστασίας) που συγκρατούσαν βραχώδη τεμάχια σχετικά μεγάλων διαστάσεων (Εικόνα 10). Τα τοιχεία αυτά καταστράφηκαν κατά τη διάρκεια του φαινομένου.
6. Η ροή κορημάτων ενισχυμένη με τα προϊόντα των διαβρώσεων και αστοχιών κινήθηκε προς τον οικισμό συμπαρασύροντας το ήδη αποθεθέντα υλικά κατά μήκος της κοίτης του υδατορεύματος στη λεκάνη απόθεσης.
7. Η κατάκλυση του οικισμού με τα υλικά της ροής κορημάτων επήλθε μετά την απόφραξη πλακοσκεπούς οχετού που λειτουργούσε ως είσοδος της αντιπλημμυρικής τάφρου (Εικόνα 11) και την εκτροπή της ροής προς το κέντρο του Στρατωνίου. Στις Εικόνες 12α και 12β φαίνεται η αντιπλημμυρική τάφρος εντός του Στρατωνίου, η οποία λόγω των μικρών διατομών δεν ήταν δυνατόν να παροχετεύσει τα νερά του υδατορεύματος της «Αργυρώς». Η απόφραξη του οχετού είναι δυνατόν να συνέβη λόγω σταδιακής απόθεσης μεταφερόμενων στερεών υλικών. Εν τούτοις, η

αιφνίδια δημιουργία του πλημμυρικού πλήγματος («σαν κύμα» σύμφωνα με αυτόπτη μάρτυρα) σε συνδυασμό με την ένταση του φαινομένου, όπως καταδεικνύεται από την έκταση και ποσότητα αποθεθέντων υλικών, συνηγορούν στο ότι το πλημμυρικό πλήγμα επήλθε με την έλευση μετώπου ροής κορημάτων.

## **5. ΚΥΡΙΑ ΑΙΤΙΑ ΤΟΥ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΟΥ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ**

Με βάση τα προηγούμενα τα κύρια αίτια πρόκλησης του πλημμυρικού επεισοδίου και των σχετικών καταστροφών στο Στρατώνι είναι τα ακόλουθα :

1. Τα ακραία μετεωρολογικά φαινόμενα (βροχόπτωση 164mm εντός μερικών ωρών) τα οποία προκάλεσαν πολύ μεγάλες υδατοπαροχές και σε συνδυασμό με τις μεγάλες κλίσεις των υδατορευμάτων πρωτοφανείς στερεοπαροχές από υλικά κοίτης αλλά και από αστοχίες εδάφους.
2. Η αδυναμία των οχετών των επιχωμάτων να παραλάβουν τις υδατοπαροχές και στερεοπαροχές που εκδηλώθηκαν.
3. Η έλλειψη προστατευτικών μέτρων για τον έλεγχο στερεομεταφοράς στις κοίτες των υδατορευμάτων.
4. Η ανεπάρκεια των διαστάσεων της αντιπλημμυρικής τάφρου εντός του οικισμού.

## **6. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΣΤΡΑΤΩΝΙΟΥ**

Για τη βελτίωση της αντιπλημμυρικής προστασίας του Στρατωνίου προτείνονται τα ακόλουθα :

### **1. Βελτίωση των τεχνικών διόδευσης ομβρίων στο επαρχιακό και δασικό οδικό δίκτυο**

- Διενέργεια συστηματικών ελέγχων των υφιστάμενων τεχνικών με βάση επικαιροποιημένα υδρολογικά δεδομένα.
- Κατασκευή τεχνικών στις θέσεις που καταστράφηκαν και επισκευάστηκαν.
- Εφαρμογή μέτρων ελέγχου στερεοπαροχών στις εισόδους των τεχνικών κύριων υδατορευμάτων και μέτρων προστασίας κατά διαβρώσεων στις εξόδους.

### **2. Κατασκευή έργων ελέγχου στερεοπαροχών στις κοίτες**

Τα παρακάτω θα πρέπει να αποτελέσουν μέρος της συνολικής μελέτης διευθέτησης της κοίτης των κύριων υδατορευμάτων (κυρίως του υδατόρευματος της «Αργυρώς»):

- Μελέτη τεχνικών εγκάρσιου τύπου συγκράτησης φερτών υλικών επί της κοίτης (τύπου αναβαθμών ή φραγμάτων). Τα εγκάρσια έργα μπορούν να συνδυασθούν με παράλληλα έργα με σκοπό να κατευθύνεται η ροή προς την κύρια κοίτη και να αποφεύγονται διαβρώσεις των οχθών.
- Θα πρέπει επίσης να μελετηθεί η ανάγκη δημιουργίας χώρων εναπόθεσης φερτών υλικών από τις θέσεις αναμενόμενων υψηλών στερεοπαροχών.

### **3. Ανακατασκευή της αντιπλημμυρικής τάφρου του οικισμού**

- Αύξηση της παροχетеυτικής ικανότητας και διασφάλιση σταθερής διατομής λειτουργίας σε όλο το μήκος.

### **4. Μελέτες ασφαλείας θέσεων απόθεσης υλικών μεταλλείου**

- Αν και διαφαίνεται ότι οι αποθέσεις στείρων υλικών υλοποιούνται βάσει σχεδίου και τυπικών προδιαγραφών, ο έλεγχος της μακροχρόνιας ασφάλειας έχει προφανώς ιδιαίτερη σημασία σε σχέση με κατάλληλη περίοδο επαναφοράς ακραίων καιρικών φαινομένων. Προτείνεται να αναληφθούν ολοκληρωμένες μελέτες ασφαλείας από πλευράς γεωστατικής, υδρολογικής και υδρογεωλογικής σε όλες τις θέσεις απόθεσης στείρων υλικών και στις λίμνες τελμάτων.

## **5. Ολοκληρωμένη μελέτη διαχείρισης / αντιμετώπισης φυσικών κινδύνων**

Προτείνεται η ανάληψη ολοκληρωμένης μελέτης ρίσκου (βαθμού διακινδύνευσης και κοινωνικών / οικονομικών επιπτώσεων) λόγω φυσικών καταστροφικών φαινομένων (κατολισθήσεων, πλημμύρων, διαβρώσεων, κλπ.) για την περιοχή Στρατωνίου. Τα αποτελέσματα της μελέτης θα συμβάλλουν ουσιαστικά στη διαμόρφωση σχεδίων διαχείρισης/ελαχιστοποίησης των φυσικών κινδύνων και θα αποτελέσουν τη βάση μελλοντικού αναπτυξιακού προγραμματισμού.

Επισημαίνεται, ότι η μελέτη θα μπορούσε να περιλάβει και όμορους δήμους, οι οποίοι ως γνωστόν είναι εκτεθειμένοι και έχουν υποστεί καταστροφικές συνέπειες από παρόμοια φυσικά φαινόμενα.

07 Ιουνίου 2010

ΟΙ ΣΥΝΤΑΞΑΝΤΕΣ

**ΧΡΗΣΤΟΣ ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΠΟΥΛΟΣ**

Καθηγητής Θεμελιώσεων, Αντιστηρίξεων και Γεωτεχνικών Έργων  
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ

**ΜΙΧΑΗΛ ΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ**

Καθηγητής Εφαρμοσμένης Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων  
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ

**ΣΤΑΥΡΟΣ ΜΠΑΝΤΗΣ**

Καθηγητής Τεχνικής Γεωλογίας και Βραχομηχανικής  
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ

## **EIKONEΣ**



ΕΙΚΟΝΑ 1. Άποψη Στρατωνίου και θέσεων κύριων υδατορευμάτων της ανάντη περιοχής (Πηγή: Αρχείο Δήμου Σταγείρων-Ακάνθου -16.03.2010)





ΕΙΚΟΝΑ 2. Θέσεις που παρουσιάστηκαν προβλήματα στις διασταυρώσεις του κύριου υδρογραφικού δικτύου με το οδικό δίκτυο



ΕΙΚΟΝΑ 3.1. Θέση R1



ΕΙΚΟΝΑ 3.2. Θέση R6



ΕΙΚΟΝΑ 3.3. Θέση R11



ΕΙΚΟΝΑ 3.4α Θέση R2



ΕΙΚΟΝΑ 3.4β Θέση R2



ΕΙΚΟΝΑ 3.5α Θέση R5 - Απόθεση υλικών επί της επαρχιακής οδού διερχόμενης από τη θέση του δευτερεύοντος υδατορεύματος «Αργυρώ»  
(Πηγή φωτογραφίας: Αρχείο Δήμου).



ΕΙΚΟΝΑ 3.5β Θέση R5 – Θέα προς τα κατόντη





ΕΙΚΟΝΑ 3.6 Θέση R7



ΕΙΚΟΝΑ 3.7 Θέση R8



ΕΙΚΟΝΑ 3.8 Θέση R9



ΕΙΚΟΝΑ 3.9α

Ροή κορημάτων στη θέση R10

2010 3 22



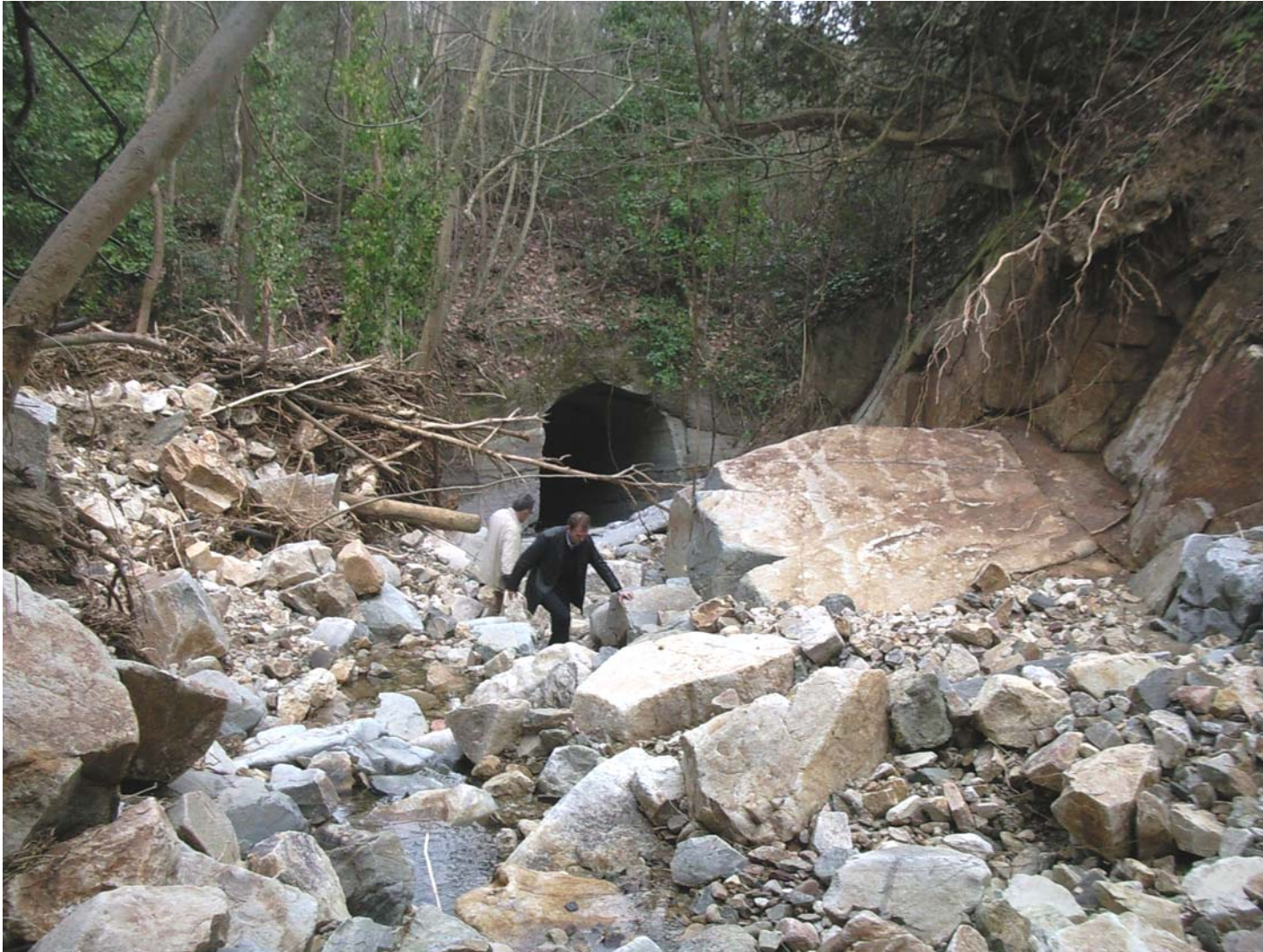
ΕΙΚΟΝΑ 3.9β Θέση R10 - Λεπτομέρεια



ΕΙΚΟΝΑ 3.10α Θέση R3 – Η λίμνη που σχηματίστηκε

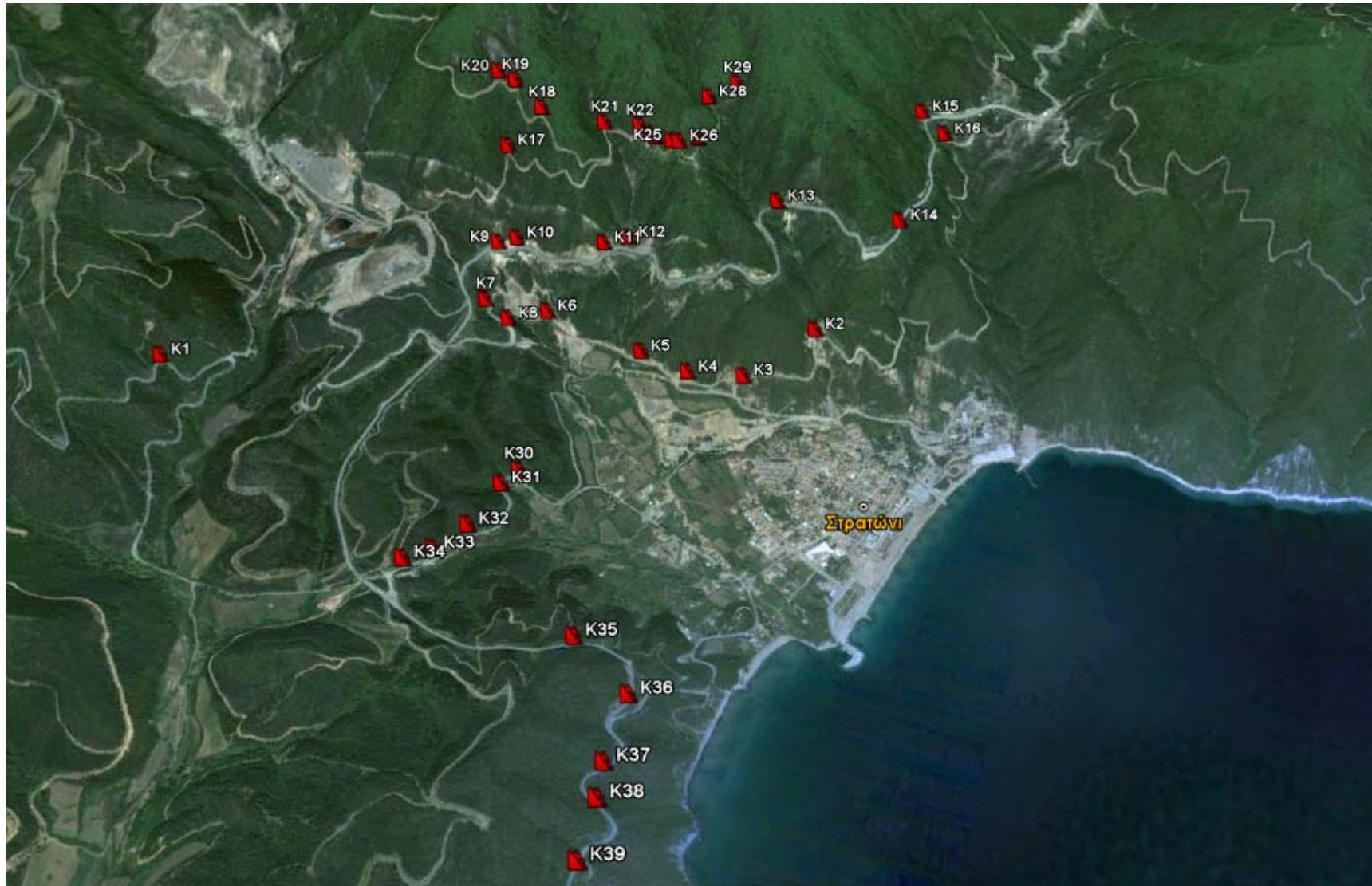


ΕΙΚΟΝΑ 3.10β Θέση R3 – Εικόνα της περιοχής μετά την άντληση



ΕΙΚΟΝΑ 3.11 Θέση R4





ΕΙΚΟΝΑ 4. Θέσεις κατολισθήσεων που παρατηρήθηκαν σε τεχνητά και φυσικά πρηνή της ευρύτερης περιοχής Στρατωνίου



ΕΙΚΟΝΑ 5α

Αστοχία επιχώματος στην επαρχιακή οδό Σταγείρων-Στρατωνίου.



ΕΙΚΟΝΑ 5β Τυπική κατολίσθηση πρηνούς ορύγματος οδού.



ΕΙΚΟΝΑ 6.1

Άποψη του οικισμού Στρατωνίου και κύρια φυσικά δεδομένα του πλημμυρικού επεισοδίου.



ΕΙΚΟΝΑ 6.2 Όρια (κατά προσέγγιση) της κατάκλυσης του οικισμού Στρατωνίου και αποτεθέντα υλικά σε δρόμους και στην παραλιακή ζώνη  
(Πηγή φωτογραφιών : Διαδίκτυο και αρχείο Δήμου)



ΕΙΚΟΝΑ 6.3 Γενική άποψη του οικισμού μετά την κατάκλυση

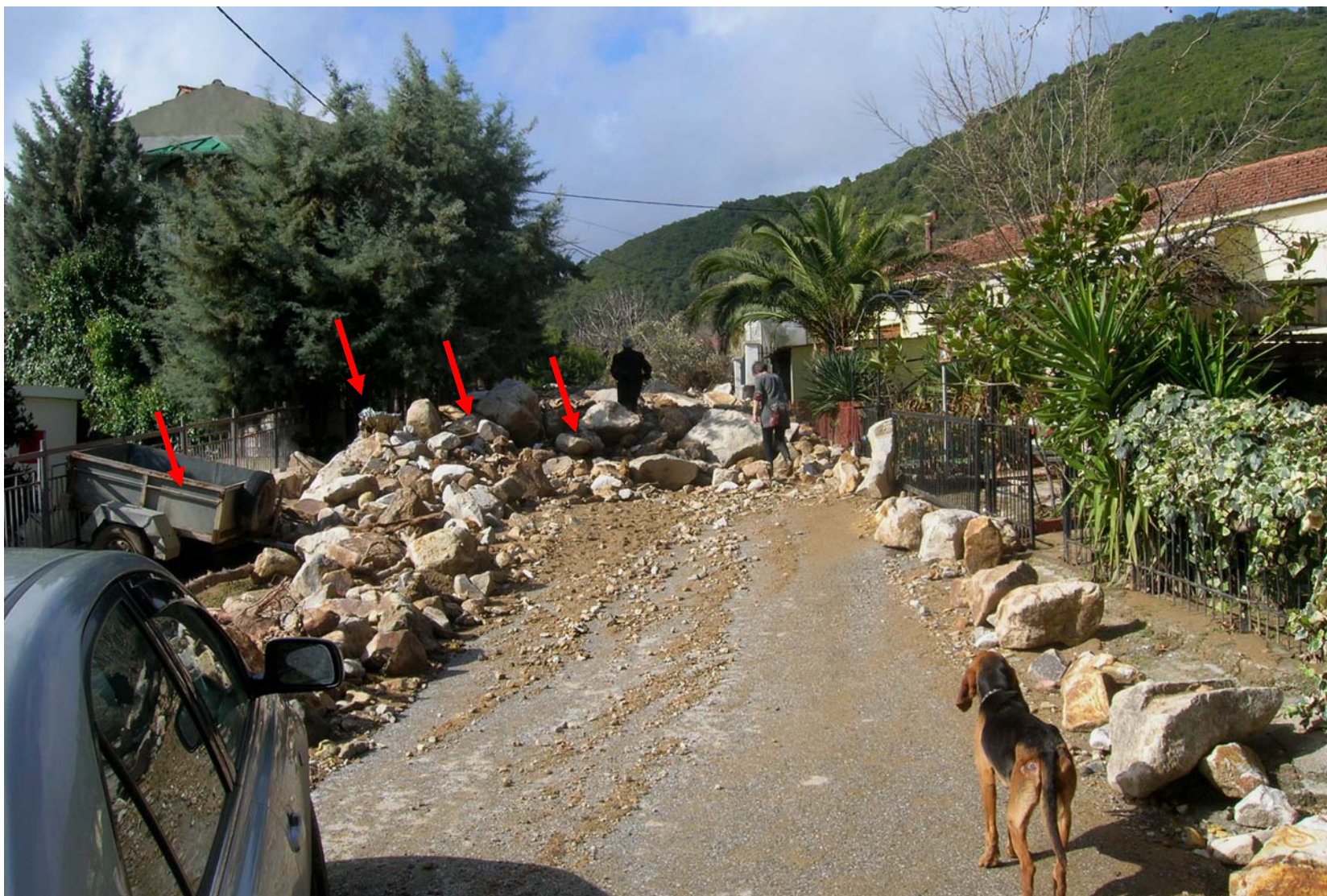


ΕΙΚΟΝΑ 6.4 Γενική άποψη



ΕΙΚΟΝΑ 6.5 Αποτεθέντα υλικά σε δρόμο του οικισμού Στρατωνίου μετά την απόσυρση των υδάτων (Πηγή φωτογραφίας: Αρχείο Δήμου)

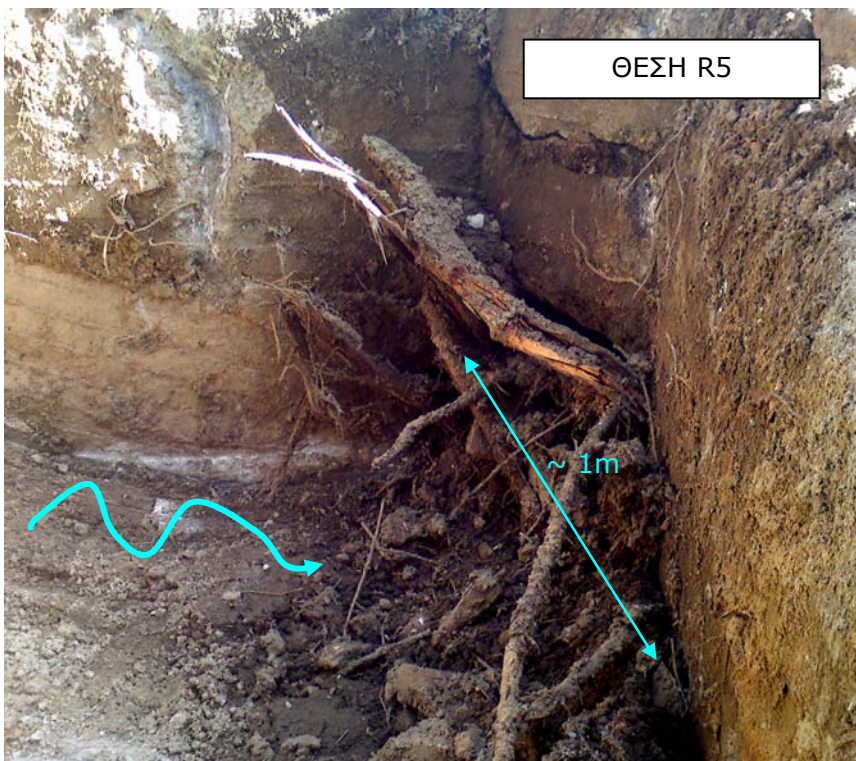




ΕΙΚΟΝΑ 6.6 Ογκόλιθοι μεγάλων διαστάσεων που μεταφέρθηκαν στους δρόμους του οικισμού είναι ενδεικτικοί της κινητικής ενέργειας της ροής κατά την πλημμυρική αιχμή (Πηγή φωτογραφίας: Αρχείο Δήμου)



ΕΙΚΟΝΑ 7 Η υπερχειλίση του χείμαρρου σε γέφυρα του οδικού δικτύου της εγγύς περιοχής δεικνύει υπερύψωση της στάθμης υδάτων  $>3\text{m}$  κατά τις βροχοπτώσεις της 10<sup>ης</sup> Φεβρουαρίου 2010 (Πηγή φωτογραφίας: Αρχείο Δήμου).



ΘΕΣΗ R5

~ 1m

(α) Απόφραξη κλειστού οχετού ομβρίων σε θέση του οδικού δικτύου.

ΕΙΚΟΝΕΣ 8<sup>Α</sup> ΚΑΙ 8<sup>Β</sup>

Απόφραξη αγωγού ομβρίων και κανονική λειτουργία αγωγού



ΘΕΣΗ R4



(β) Οχετός ομβρίων επαρκούς διατομής (κύριο υδατόρευμα



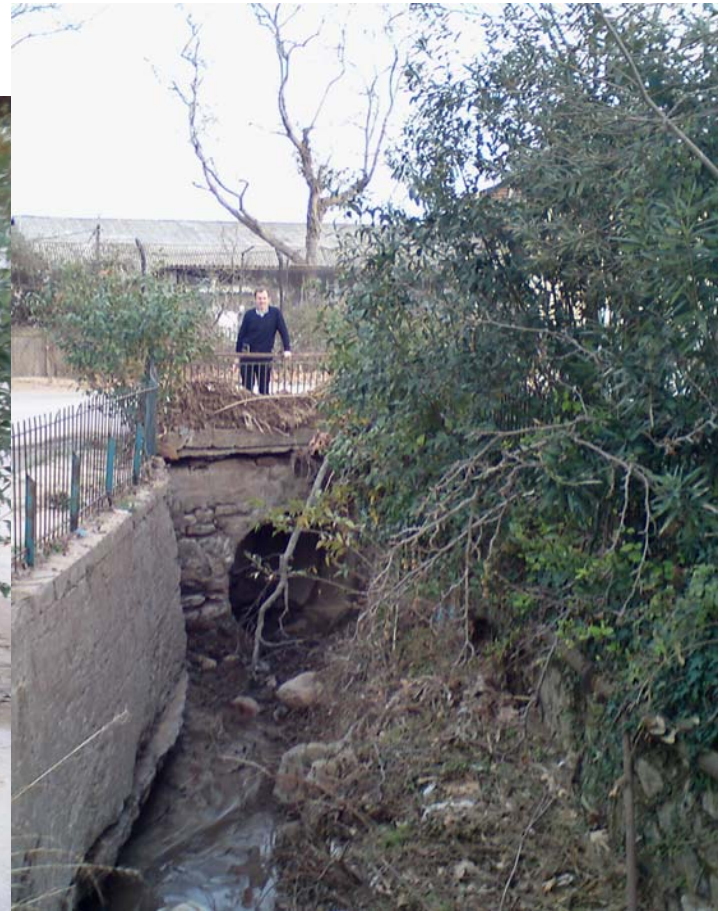
ΕΙΚΟΝΑ 9. Η αστοχία στο σημείο διασταύρωσης της παλαιάς επαρχιακής οδού Στρατωνίου-Ολυμπιάδος (Θέση R1)  
(Πηγή φωτογραφίας: Αρχείο Δήμου)



ΕΙΚΟΝΑ 10. Η κατάσταση στη θέση R1 πριν και μετά την ολίσθηση  
(Πηγή φωτογραφιών : Κίνηση Πολιτών - Αρχείο Δήμου)



ΕΙΚΟΝΑ 11. Ο πλακοσκεπής οχετός που λειτουργούσε ως είσοδος της αντιπλημμυρικής τάφρου στην περιοχή της γεφυροπλάστιγγας



ΕΙΚΟΝΕΣ 12α & 12β. Η μικρών διαστάσεων αποχετευτική τάφρος του υδατορεύματος «Αργυρώ» εντός του οικισμού