

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ
ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ: ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΑΙΜ. Γ. ΚΟΡΩΝΑΙΟΣ

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΗΣ ΠΛΑΚΑΣ ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΩΣ ΤΩΝ ΠΛΑΤΕΙΩΝ ΚΕΝΤΡΟΥ ΤΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ ΕΝΑΝΤΙ ΤΟΥ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΖΟΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ

ΑΙΜΙΛΙΟΣ Γ. ΚΟΡΩΝΑΙΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ
Γ. ΠΟΥΛΑΚΟΣ ΕΠΙΚ. ΚΑΘ. Ε.Μ.ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ
Γ.- ΦΟΙΒΟΣ ΣΑΡΓΕΝΤΗΣ ΥΠ. ΔΡ. Ε.Μ.ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ



Δημοσιεύσεις Εργαστηρίου Τεχνικών Υλικών
Τεύχος 5

ΑΘΗΝΑ 2003

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΗΣ ΠΛΑΚΑΣ
ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΩΣ ΤΩΝ ΠΛΑΤΕΙΩΝ ΚΕΝΤΡΟΥ ΤΗΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ ΕΝΑΝΤΙ ΤΟΥ
ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΖΟΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (ΟΜΒΡΙΩΝ)

ΑΙΜΙΛΙΟΣ Γ. ΚΟΡΩΝΑΙΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ

Γ. ΠΟΥΛΑΚΟΣ ΕΠΙΚ. ΚΑΘ. Ε.Μ.ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ

Γ.- ΦΟΙΒΟΣ ΣΑΡΓΕΝΤΗΣ ΥΠ. ΔΡ. Ε.Μ.ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ

Δημοσιεύσεις Εργαστηρίου Τεχνικών Υλικών
Τεύχος 5

Εκτίμηση και μελέτη ομοιώματος, της συμπεριφοράς της πλάκας επικάλυψης των Πλατειών Κέντρου της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου έναντι του κατακρημνιζόμενου νερού (ομβρίων) με την βοήθεια της θερμογραφίας

Περίοδος εκτέλεσης: 2002-2003

Επιστημονικός υπεύθυνος: Καθ. Αιμ. Κορωνάιος

Κύριοι ερευνητές: Γ. Πουλάκος Επ. Καθηγητής, Γ.-Φοίβος Σαργέντης Υπ. Δρ.

Το τεύχος του ερευνητικού έργου είναι διαθέσιμο από τη διεύθυνση: www.ntua.gr/vitruvius/ress.htm

© 2003 Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Πρώτη έκδοση

Αθήνα, Νοέμβριος 2003

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κατάλογος εικόνων	3
Κατάλογος πινάκων	5
Περίληψη	6
1 Εισαγωγή	7
1.1 Γενικά	7
2 Μετρήσεις	8
2.1 Θερμογραφία	8
2.2 Δεδομένα καιρικών συνθηκών	8
3 Ομοίωμα θερμικής συμπεριφοράς των υλικών έναντι του νερού της βροχής	9
4 Πλατείες Κέντρου	14
4.1 Ιστορικό	14
4.2 Τομές των κατασκευαστικών λεπτομερειών	16
4.3 Συμπεριφορά των πλατειών έναντι του νερού	19
4.4 Όρια εφαρμογής του ομοιώματος	28
5 Επεξεργασία και ερμηνεία μετρήσεων	33
5.1 Αντιστοίχιση θερμογραφημάτων με εικόνες	33
5.2 Ανάλυση και ερμηνεία των θερμογραφημάτων	37
6 Συμπεράσματα	41
6 Γενικό Συμπέρασμα	45
6 Βιβλιογραφία	46

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 3.1: Διατύπωση της βασικής εικόνας του ομοιώματος.....	9
Εικόνα 3.2: Θερμική συμπεριφορά του υλικού έναντι της ηλιακής ακτινοβολίας	10
Εικόνα 3.3: Μεταφορά θερμότητας με αγωγή από το υλικό προς το κατακρημιζόμενο νερό	10
Εικόνα 3.4: Θερμική συμπεριφορά της επιφανείας έναντι της ηλιακής ακτινοβολίας σε συνάρτηση με το νερό στην επιφάνεια.....	11
Εικόνα 3.5: Θερμική συμπεριφορά υλικού αμέσως μετά την βροχή	11
Εικόνα 3.6: Θερμική συμπεριφορά υλικού έναντι του νερού ικανό διάστημα μετά την βροχή	11
Εικόνα 3.7: Θερμική συμπεριφορά υλικού έναντι του νερού αμέσως μετά την βροχή (μεγάλης είτε μικρής υδατοπερατότητας).....	12
Εικόνα 3.8: Θερμική συμπεριφορά υλικού ικανό διάστημα μετά την βροχή (μεγάλης ή μικρής υδατοπερατότητας).....	12
Εικόνα 3.9: Θερμική συμπεριφορά υλικού κατά την διαδικασία εξάτμισης (μεγάλης ή μικρής υδατοπερατότητας).....	13
Εικόνα 4.1: Πλατείες Κέντρου στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου.....	14
Εικόνα 4.2: Φάσεις κατασκευής των επιστρώσεων των Πλατειών Κέντρου στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου	15
Εικόνα 4.3: Τυπική τομή αρμού διαστολής και επιφανείας επιστρώσεων.....	16
Εικόνα 4.4: Τυπική τομή ανοιχτού αγωγού ομβρίων.....	16
Εικόνα 4.5: Τυπική τομή ορίου επιστρώσεων των πλατειών.....	17
Εικόνα 4.6: Τυπική τομή αρμού εργασίας	17
Εικόνα 4.7: Περιοχές των πλατειών με επιπρόσθετη μόνωση	18
Εικόνα 4.8: Τυπική τομή αρμού διαστολής και επιφανείας επιστρώσεων με υδρομονωτικό υλικό.....	18
Εικόνα 4.9: Εικόνες των πλατειών λίγα λεπτά μετά την βροχή της 26-4-2002	19
Εικόνα 4.10: Εικόνα των πλατειών τέσσερις ώρες μετά την βροχή.....	20
Εικόνα 4.11: Περιοχές εγκλωβισμού ύδατος σύμφωνα με την χωροστάθμηση των πλατειών.....	20
Εικόνα 4.12: Συνοπτικά αποτελέσματα χωροστάθμησης των πλατειών	21
Εικόνα 4.13: Θερμική συμπεριφορά του υλικού (T 1-2) αμέσως μετά την βροχή	22
Εικόνα 4.14: Θερμική συμπεριφορά του υλικού (T 1-2) σε σχέση με το διηθούμενο νερό ικανό διάστημα μετά την βροχή.....	22
Εικόνα 4.15: Θερμογραφήματα στις κατασκευές των Τομέων 1, 2, 3.....	23
Εικόνα 4.16: Θερμογραφήματα στις κατασκευές των Τομέων 1, 3.....	23
Εικόνα 4.17: Θερμική συμπεριφορά του υλικού (T 3) αμέσως μετά την βροχή	24
Εικόνα 4.18: Συμπεριφορά του υλικού (T 3) ικανό διάστημα μετά την βροχή	24
Εικόνα 4.19: Θερμική συμπεριφορά του αρμού διαστολής (T 4) λίγο χρόνο μετά την βροχή.....	25
Εικόνα 4.20: Θερμική συμπεριφορά του αρμού εργασίας (T 4) λίγο χρόνο μετά την βροχή.....	25
Εικόνα 4.21: Θερμογραφήματα από το κάτω μέρος των αρμών διαστολής και αντίστοιχη εικόνα	26
Εικόνα 4.22: Θερμογραφήματα των επιφανειών των αρμών εργασίας	27
Εικόνα 4.23: Θερμική συμπεριφορά του υλικού έναντι του νερού σε διάστημα μεγαλύτερο των οκτώ ωρών.....	27
Εικόνα 4.24: Θερμική συμπεριφορά του αρμού διαστολής (T 4) έναντι του νερού σε διάστημα μεγαλύτερο των εικοσιτέσσερις ώρες.....	28
Εικόνα 4.25: Θερμογραφήματα ελέγχου σφαλμάτων	29

Εικόνα 4.26: Θερμική συμπεριφορά υλικού με εγκλωβισμένο νερό αμέσως μετά την βροχή	30
Εικόνα 4.27: Θερμική συμπεριφορά υλικού με εγκλωβισμένο νερό ικανό διάστημα μετά την βροχή	30
Εικόνα 4.28: Θερμική συμπεριφορά υλικού ικανό διάστημα μετά την βροχή	31
Εικόνα 4.29: Θερμική συμπεριφορά υλικού με εγκλωβισμένο νερό αρκετή ώρα μετά την βροχή	31
Εικόνα 4.30: Θερμική συμπεριφορά υλικού με εγκλωβισμένο νερό κατά την διάρκεια εξάτμισης.....	32
Εικόνα 5.1: Θερμογράφημα και αντίστοιχη εικόνα	33
Εικόνα 5.2: Θερμογράφημα και αντίστοιχη εικόνα	33
Εικόνα 5.3: Θερμογράφημα και αντίστοιχη εικόνα	33
Εικόνα 5.4: Θερμογράφημα και αντίστοιχη εικόνα	34
Εικόνα 5.5: Θερμογράφημα και αντίστοιχη εικόνα	34
Εικόνα 5.6: Θερμογράφημα και αντίστοιχη εικόνα	35
Εικόνα 5.7: Θερμογράφημα και αντίστοιχη εικόνα	35
Εικόνα 5.8: Θερμογράφημα και αντίστοιχη εικόνα	36
Εικόνα 5.9: Θερμογράφημα και αντίστοιχη εικόνα	36
Εικόνα 5.10: Θερμογράφημα και αντίστοιχη εικόνα	36
Εικόνα 5.11: Θερμογράφημα και αντίστοιχη εικόνα	37
Εικόνα 5.12: Θερμογράφημα και αντίστοιχη εικόνα	37
Εικόνα 5.13: Ερμηνεία θερμογραφήματος.....	37
Εικόνα 5.14: Ερμηνεία θερμογραφήματος.....	38
Εικόνα 5.15: Ερμηνεία θερμογραφήματος.....	38
Εικόνα 5.16: Ερμηνεία θερμογραφήματος.....	39
Εικόνα 5.17: Ερμηνεία θερμογραφήματος.....	39
Εικόνα 5.18: Εικόνες κατακράτησης νερού σε άλλα μέρη των πλατειών	40
Εικόνα 0.1: Τυπική τομή αρμού διαστολής και επιφανείας επιστρώσεων.....	41
Εικόνα 0.2: Τυπική τομή αρμού διαστολής και επιφανείας επιστρώσεων με υγρομονωτικό υλικό.....	42
Εικόνα 0.3: Τυπική τομή αρμού εργασίας	42
Εικόνα 0.4: Οι επιφάνειες των πλατειών μετά από βροχή	42
Εικόνα 0.5: Σημεία αστοχίας της κατασκευής (Σεπτέμβριος 2002)	43
Εικόνα 0.6: Ερμηνεία θερμογραφήματος.....	44
Εικόνα 0.7: Ερμηνεία θερμογραφήματος.....	44
Εικόνα 0.8: Ερμηνεία θερμογραφήματος.....	44

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 3.1: Χρωματικό υπόμνημα θερμοκρασιών ομοιώματος	9
Πίνακας 3.2: Θερμική μάζα διαφόρων υλικών.....	10
Πίνακας 4.1: Διαχωρισμός της κατασκευής σε Τομείς.....	21

Περίληψη

Οι Πλατείες Κέντρου βρίσκονται στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου ακριβώς μπροστά από την Κεντρική Βιβλιοθήκη. Παρουσιάζουν πρόβλημα στεγανοποίησης με αποτέλεσμα μία ακαλαίσθητη εικόνα λόγω της υγρασίας που διαπερνά το οριζόντιο επίπεδο της κατασκευής.

Διαπιστώθηκε με χωροστάθμιση αλλά και μακροσκοπικά (αποτυπώνεται σε φωτογραφίες) ότι οι πλατείες δεν έχουν τις απαιτούμενες κλίσεις έτσι ώστε το νερό να ρέει ανεμπόδιστα προς την αποχέτευση. Αποτέλεσμα αυτού είναι η κατακράτηση του νερού, η διήθηση του μέσα από το υλικό και η εμφάνιση υγρασίας στο κάτω μέρος της κατασκευής.

Αναπτύχθηκε ένα ομοίωμα ερμηνείας της θερμικής συμπεριφοράς της επιφάνειας των υλικών έναντι του νερού της βροχής σε σχέση με την υδατοπερατότητά τους.

Με θερμογραφικές μετρήσεις, σύμφωνα με το ομοίωμα, εκτιμήθηκε ότι η συμπεριφορά των πλατειών έναντι του νερού είναι πολύ καλύτερη στον χώρο μπροστά από τη Βιβλιοθήκη σε αντίθεση με την περιοχή μπροστά από το υπαίθριο θέατρο. Η συμπεριφορά των πλατειών έναντι του νερού βελτιώνεται με στεγανωτική μεμβράνη που έχει χρησιμοποιηθεί με άγνωστη διάρκεια ζωής δεδομένου ότι ήδη παρουσιάζει σημεία αστοχίας.

Στο άνω μέρος των επιφανειών παρατηρήθηκε διήθηση του νερού από τους αρμούς εργασίας και όχι στους αρμούς διαστολής της κατασκευής. Στους αρμούς διαστολής παρατηρήθηκε διήθηση νερού στο κάτω μέρος της κατασκευής που εκτιμάται ότι είναι απορροή από κατακράτηση νερού. Στους αρμούς διαστολής στο κάτω μέρος της κατασκευής οι διαρροές παρατηρούνται και μακροσκοπικά.

1 Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Για να εξετάσουμε την θερμική συμπεριφορά των Πλατειών Κέντρου έναντι του νερού της βροχής σε σχέση με την διαπερατότητα και το πορώδες, αναφέρονται συνοπτικά ορισμένες από τις έννοιες που θα χρησιμοποιηθούν.

1.1.1 Θερμική μάζα και θερμοχωρητικότητα

Το μέγεθος με το οποίο εκφράζεται η ικανότητα της αποθήκευσης της θερμότητας ονομάζεται θερμική μάζα. Η θερμική μάζα εξαρτάται από τον προσανατολισμό την θέση και την θερμοχωρητικότητα των υλικών.

Η θερμική μάζα αναφέρεται σε υλικά που έχουν την ιδιότητα να αποθηκεύουν θερμική ενέργεια για μεγάλες χρονικές περιόδους. Παραδοσιακοί τύποι υλικών με μεγάλη θερμική μάζα είναι το νερό, οι φυσικοί λίθοι, το έδαφος, το τούβλο, το σκυρόδεμα, το ύφασμα και τα κεραμικά. Η θερμοχωρητικότητα ενός υλικού είναι ανάλογη προς τον όγκο και την πυκνότητα του υλικού.

1.1.2 Μεταφορά με αγωγή

Η θερμότητα μεταδίδεται δια μέσου της μάζας των σωμάτων. Η δυσκολία μεταφοράς της θερμότητας δια μέσου των σωμάτων, εξαρτάται από την αγωγιμότητα του σώματος.

1.1.3 Μεταφορά με ακτινοβολία

Όλα τα σώματα εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία η οποία εξαρτάται από την θερμοκρασία που βρίσκονται, τον συντελεστή εκπομπής τους και διάφορες άλλες παραμέτρους. Η ηλιακή ενέργεια φτάνει στην γη αποκλειστικά με αυτό τον μηχανισμό μεταφοράς.

Η μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία μεταδίδεται με ηλεκτρομαγνητικά κύματα και δεν απαιτείται η παρουσία ενός ενδιάμεσου μέσου. Όταν η ακτινοβολία προσπέσει σε ένα άλλο σώμα ή θα απορροφηθεί ή θα ανακλαστεί ή θα μεταφερθεί. Η θερμότητα που απορροφάται εμφανίζεται ως αύξηση θερμοκρασίας ενός σώματος.

Η ενέργεια που εκπέμπεται από ένα σώμα εκφράζεται από την εξίσωση:

$$q = \epsilon \cdot \sigma (T_1^4 - T_2^4)$$

Η παραπάνω εξίσωση είναι γνωστή ως νόμος των Stefan – Boltzmann.

Την αρχή αυτή αξιοποιεί η θερμογραφία και προκύπτουν οι θερμογραφικές αναφορές.

2 Μετρήσεις

2.1 Θερμογραφία

Με την μέτρηση της θερμικής ακτινοβολίας των σωμάτων γίνεται η ανίχνευση των θερμοκρασιών των επιφανειών διαφόρων υλικών σε θερμογραφήματα. Οι θερμογραφικές μετρήσεις, όπως προκύπτει από τον τύπο εξαρτώνται από τον συντελεστή εκπομπής κάθε υλικού ο οποίος στην περίπτωση των μετρήσεών μας, για τα δομικά υλικά που εξετάζονται είναι της τάξεως 0.9. Τα θερμογραφήματα της μελέτης απεικονίζουν διαφορετικά υλικά σε κάθε εικόνα. Το σφάλμα μετρήσεως αν θεωρήσουμε το υλικό ως ενιαίο είναι μικρότερο του 1°C για τις επιφάνειες που εξετάζονται.

2.2 Δεδομένα καιρικών συνθηκών

Οι θερμογραφικές μετρήσεις έγιναν στις 26 Απριλίου του 2002 από τις 18:30 έως τις 19:30, με τα δεδομένα βροχόπτωσης των καιρικών συνθηκών σύμφωνα με τον μετεωρολογικό σταθμό itia.ntua.gr/meteo που βρίσκεται στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου ήταν:

Από τις 18-04-2002 έως τις 24-04-02 δεν υπήρξε βροχόπτωση.

Στις 24-04-2002 το μεσημέρι βροχόπτωση 7,2 mm διάρκειας 40 λεπτών

Στις 24-4-2002 το απόγευμα βροχόπτωση 0,4 mm διάρκειας 20 λεπτών

Στις 25-4-2002 το μεσημέρι βροχόπτωση 2,2 mm διάρκειας 60 λεπτών

Στις 26-4-2002 το μεσημέρι βροχόπτωση 10 mm διάρκειας 120 λεπτών (πέρας στις 14:00).

Γενικά κατά τον μήνα Απρίλιο σημειώθηκε μικρός αριθμός (λιγότερες από πέντε) βροχοπτώσεων, με μικρή διάρκεια και ένταση ενώ αντίστοιχα το μήνα Μάρτιο σημειώθηκαν δύο ημέρες με ικανή βροχόπτωση (αρχές του Μαρτίου 03-03--2002 και τέλος Μαρτίου 24-03-2002).

Την ώρα των μετρήσεων η θερμοκρασία ήταν 15° C.

Την 26 Απριλίου του 2002 πριν από την βροχή υπήρχε μικρή ηλιοφάνεια (0.1-1/10) ενώ μετά την βροχή σύμφωνα με τον μετεωρολογικό σταθμό μέχρι την ώρα των μετρήσεων συνεχής ηλιοφάνεια (9,99-10/10).





Στην περίπτωση που μελετάται, τις πρωινές ώρες, υπήρχε ακτινοβολία λόγω διαχύσεως η οποία έχει πολύ μικρότερη ένταση (15%-30%) από την απ' ευθείας ηλιακή ακτινοβολία και δεν επηρεάζει αντίστοιχα την θερμική συμπεριφορά του υλικού.

3 Ομοίωμα θερμικής συμπεριφοράς των υλικών έναντι του νερού της βροχής

Για να γίνει η περιγραφή της θερμικής συμπεριφοράς των υλικών έναντι του νερού της βροχής σε σχέση με την διαπερατότητα τους, αναπτύσσεται ένα ομοίωμα που περιγράφει την κίνηση του νερού και τις θερμικές ανταλλαγές που πραγματοποιούνται.

Το ομοίωμα εκφράζει δύο συγκεκριμένες και ακραίες καταστάσεις ερμηνεύοντας την ένταση της διήθησης του νερού μέσα σε ένα υλικό. Για τον προσδιορισμό της έντασης αυτής εξαρτά την θερμοκρασία της επιφάνειας του υλικού με την διήθηση του νερού.

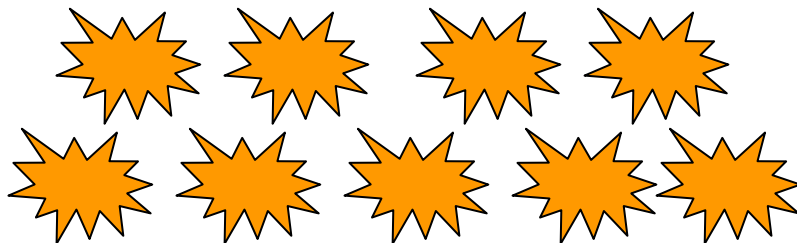
Εκτός από τις ακραίες περιπτώσεις που θα αναφερθούν υπάρχουν και ενδιάμεσες περιπτώσεις που εξετάζεται, όπως είναι η περίπτωση του δαπέδου μπροστά από την Κεντρική Βιβλιοθήκη.

	Πάνω από την θερμοκρασία περιβάλλοντος. Θερμοκρασία μεγαλύτερη από 15 °C *
	Θερμοκρασία περιβάλλοντος. Θερμοκρασία 13 –15°C *
	Κάτω από την θερμοκρασία περιβάλλοντος. Θερμοκρασία 10 –13°C *
	Θερμοκρασία βρόχινου νερού . Θερμοκρασία 8 –10°C *

* Θερμοκρασίες μελέτης

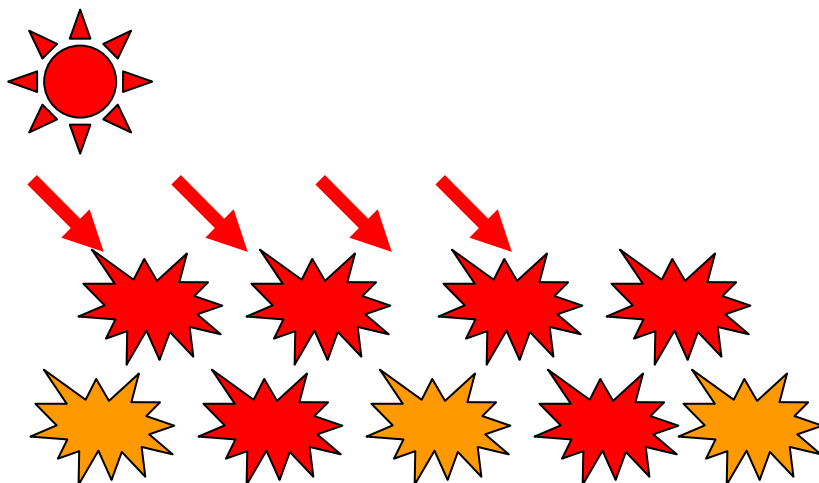
Πίνακας 3.1: Χρωματικό υπόμνημα θερμοκρασιών ομοιώματος

Το υλικό το οποίο βρίσκεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος



Εικόνα 3.1: Διατύπωση της βασικής εικόνας του ομοιώματος

Το υλικό απορροφά θερμότητα που μεταδίδεται με ακτινοβολία από τον ήλιο.



Εικόνα 3.2: Θερμική συμπεριφορά του υλικού έναντι της ηλιακής ακτινοβολίας

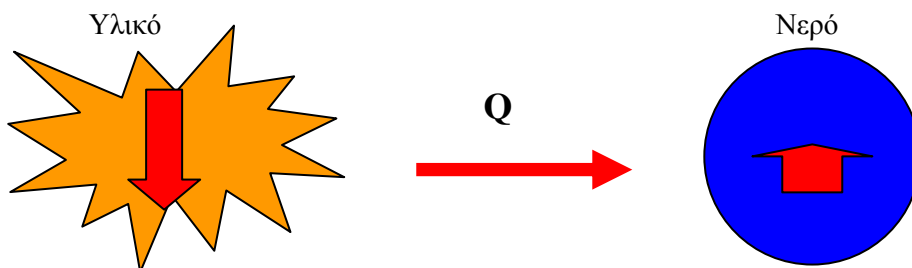
Η περίπτωση νερού βροχής στην επιφάνεια του υλικού έχει σαν συνέπεια:

- το νερό είναι σε χαμηλότερη θερμοκρασία από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος γιατί προέρχεται από ψηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Την συγκεκριμένη ημέρα η θερμοκρασία του νερού της βροχής ήταν περίπου $8-10^{\circ}\text{C}$
- το νερό απορροφά θερμότητα από το υλικό χωρίς να αυξάνεται αντίστοιχα η θερμοκρασία του λόγω της μεγάλης θερμοχωρητικότητας του.

Υλικό	Θερμική μάζα $\text{KJ/m}^3\text{ }^{\circ}\text{C}$
Νερό	4186
Σκυρόδεμα	2060
Συμπαγή εδαφικά υλικά	1740
Τούβλο	1360

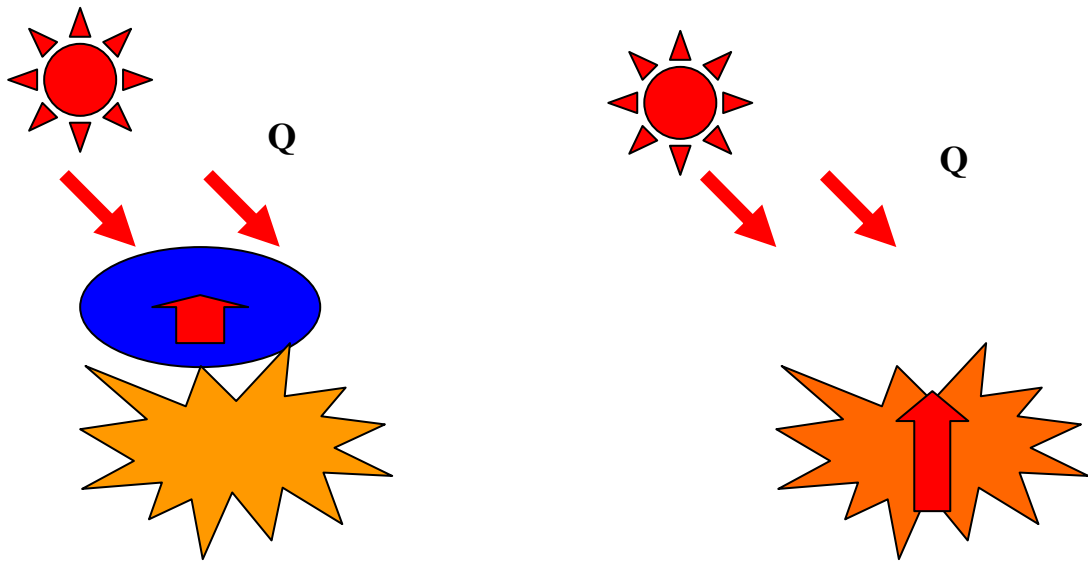
Πίνακας 3.2: Θερμική μάζα διαφόρων υλικών

Με την επαφή του υλικού με το νερό, το υλικό μεταφέρει θερμότητα με αγωγή (εξ επαφής) στο νερό και η θερμοκρασία του μειώνεται. Όσο μεγαλύτερη επαφή έχουν τα δύο στοιχεία (υλικό-νερό) τόσο περισσότερη θερμότητα αποθηκεύεται στο νερό. Αντίθετα αν τα στοιχεία αυτά δεν έλθουν σε επαφή δεν αποθηκεύεται θερμότητα στο νερό



Εικόνα 3.3: Μεταφορά θερμότητας με αγωγή από το υλικό προς το κατακρημνιζόμενο νερό

Στην περίπτωση όπου κατακρατείται νερό στην επιφάνεια της κατασκευής, το νερό προστατεύει το υλικό απορροφώντας την θερμότητα που μεταφέρεται από την ηλιακή ακτινοβολία.

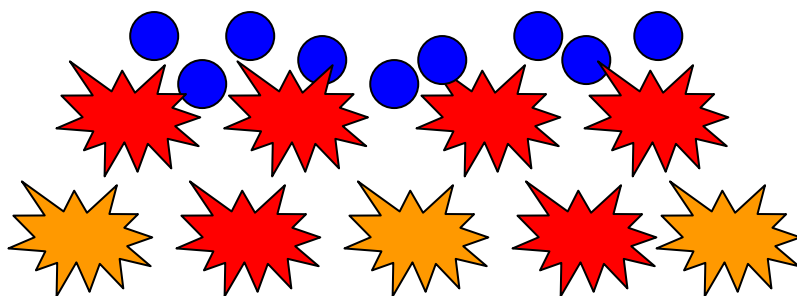


Υλικό με νερό στην επιφάνεια

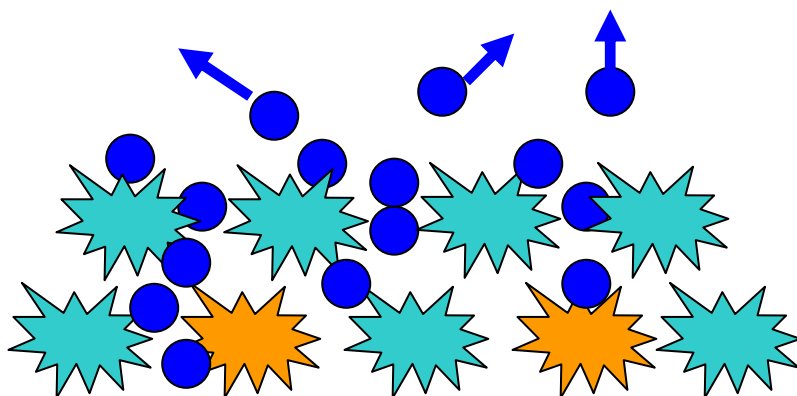
Υλικό χωρίς νερό στην επιφάνεια.

Εικόνα 3.4: Θερμική συμπεριφορά της επιφανείας έναντι της ηλιακής ακτινοβολίας σε συνάρτηση με το νερό στην επιφάνεια

Η συμπεριφορά του υλικού έναντι του νερού της βροχής είναι:



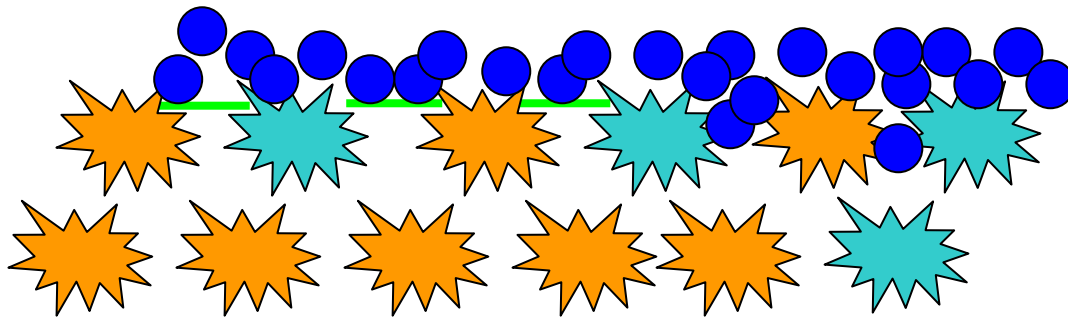
Εικόνα 3.5: Θερμική συμπεριφορά υλικού αμέσως μετά την βροχή



Εικόνα 3.6: Θερμική συμπεριφορά υλικού έναντι του νερού ικανό διάστημα μετά την βροχή

Το υλικό θα έχει χαμηλότερη θερμοκρασία μετά την βροχή.

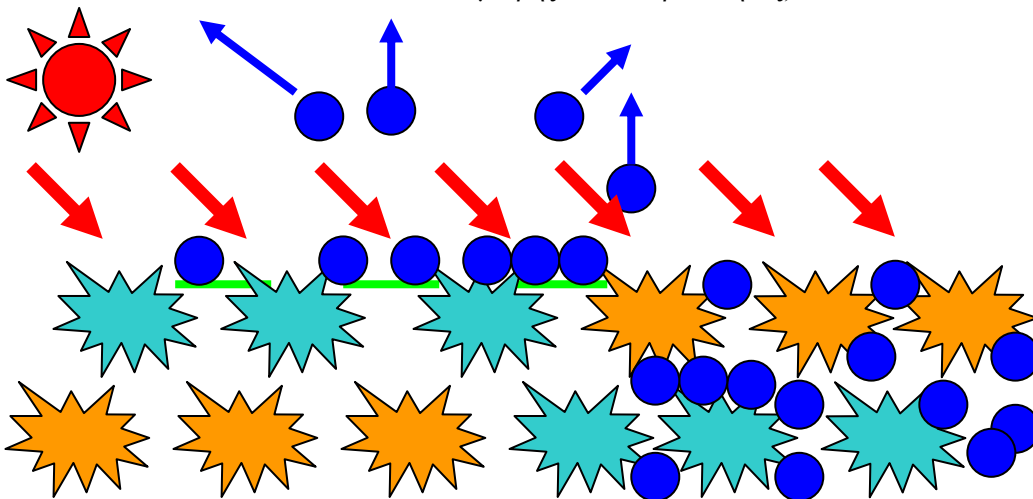
Όταν το νερό παραμένει στις επιφάνειες των πλατειών και δεν διηθείται στο υλικό, τότε προστατεύει το υλικό από την ηλιακή ακτινοβολία. Έτσι, όταν το υλικό ακτινοβολεί μεγάλη θερμότητα, τούτο σημαίνει ότι το νερό έχει κινηθεί από την επιφάνειά του γρήγορα προς την μάζα του υλικού.



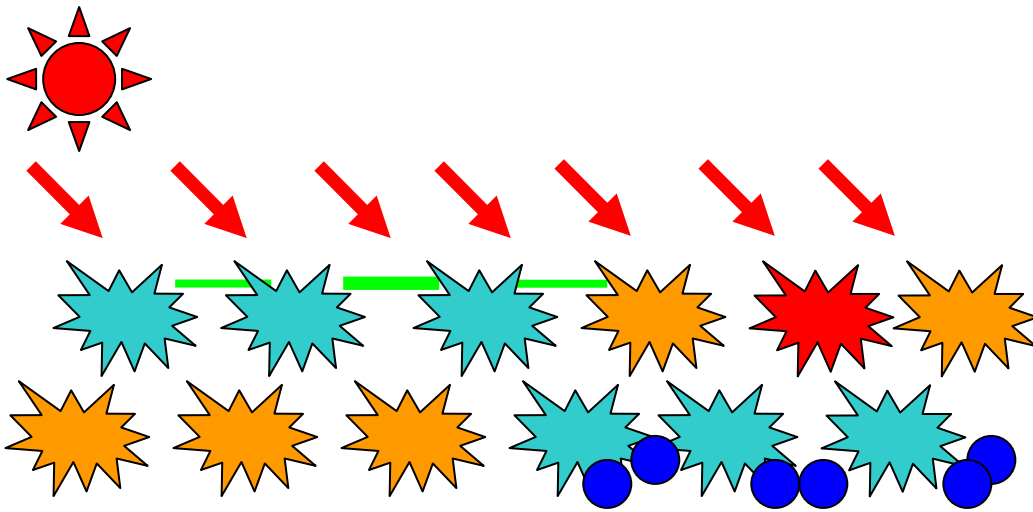
Επιστρώσεις με
στεγανωτική μεμβράνη
και μικρή
υδατοπερατότητα

Επιστρώσεις χωρίς στεγανωτική
μεμβράνη και μεγαλύτερη
υδατοπερατότητα

Εικόνα 3.7: Θερμική συμπεριφορά υλικού έναντι του νερού αμέσως μετά την βροχή (μεγάλης είτε μικρής υδατοπερατότητας)



Εικόνα 3.8: Θερμική συμπεριφορά υλικού ικανό διάστημα μετά την βροχή (μεγάλης ή μικρής υδατοπερατότητας)



Εικόνα 3.9: Θερμική συμπεριφορά υλικού κατά την διαδικασία εξάτμισης (μεγάλης ή μικρής υδατοπερατότητας)

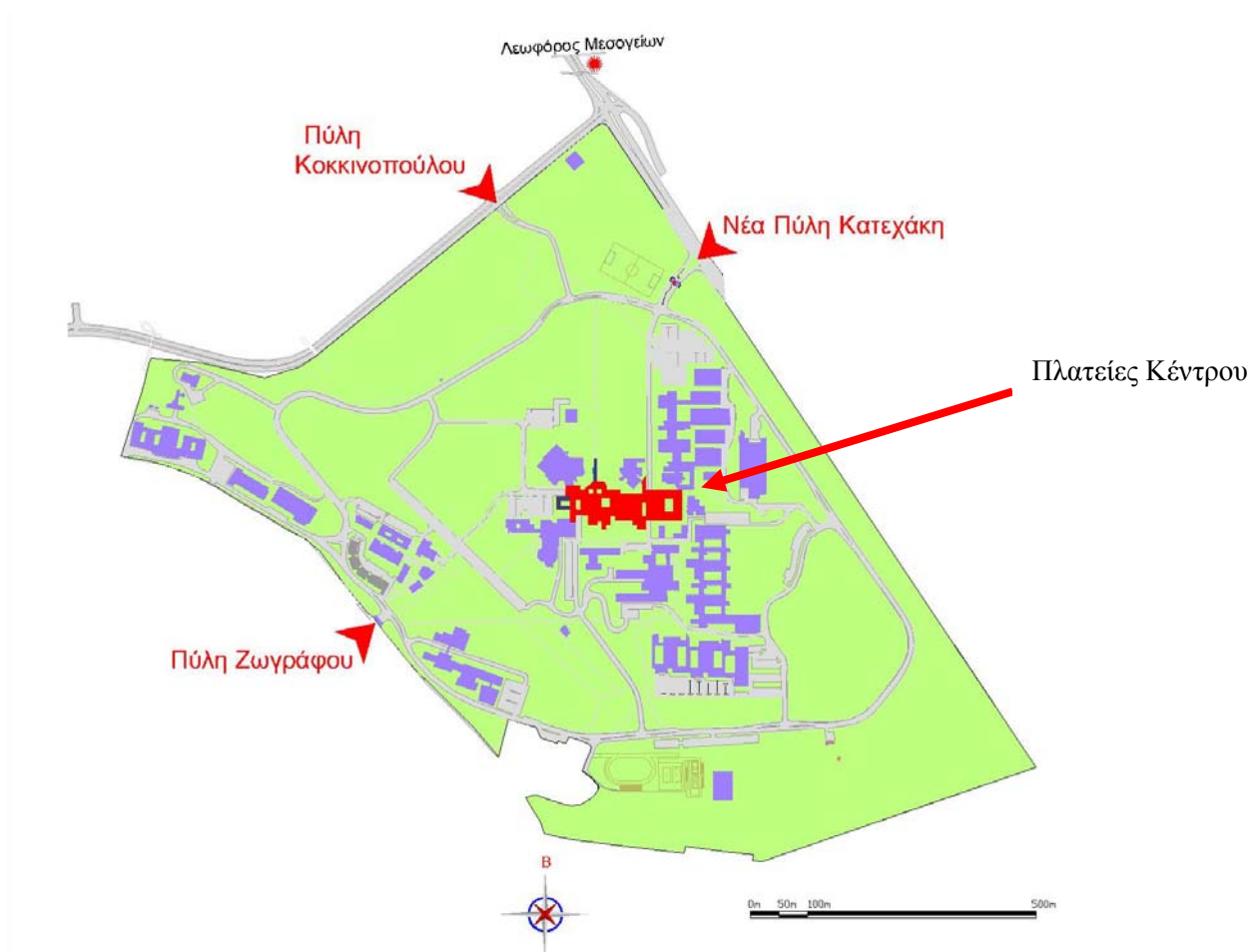
Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι

- Όσο μεγαλύτερη υδατοπερατότητα παρουσιάζει η κατασκευή αναπτύσσονται στο άνω μέρος της υψηλές θερμοκρασίες και στο κάτω μέρος της χαμηλότερες θερμοκρασίες.
- Αντίστοιχα, όσο μικρότερη υδατοπερατότητα παρουσιάζει η κατασκευή αναπτύσσονται στο άνω μέρος χαμηλές θερμοκρασίες και στο κάτω μέρος υψηλότερες θερμοκρασίες.

4 Πλατείες Κέντρου

4.1 Ιστορικό

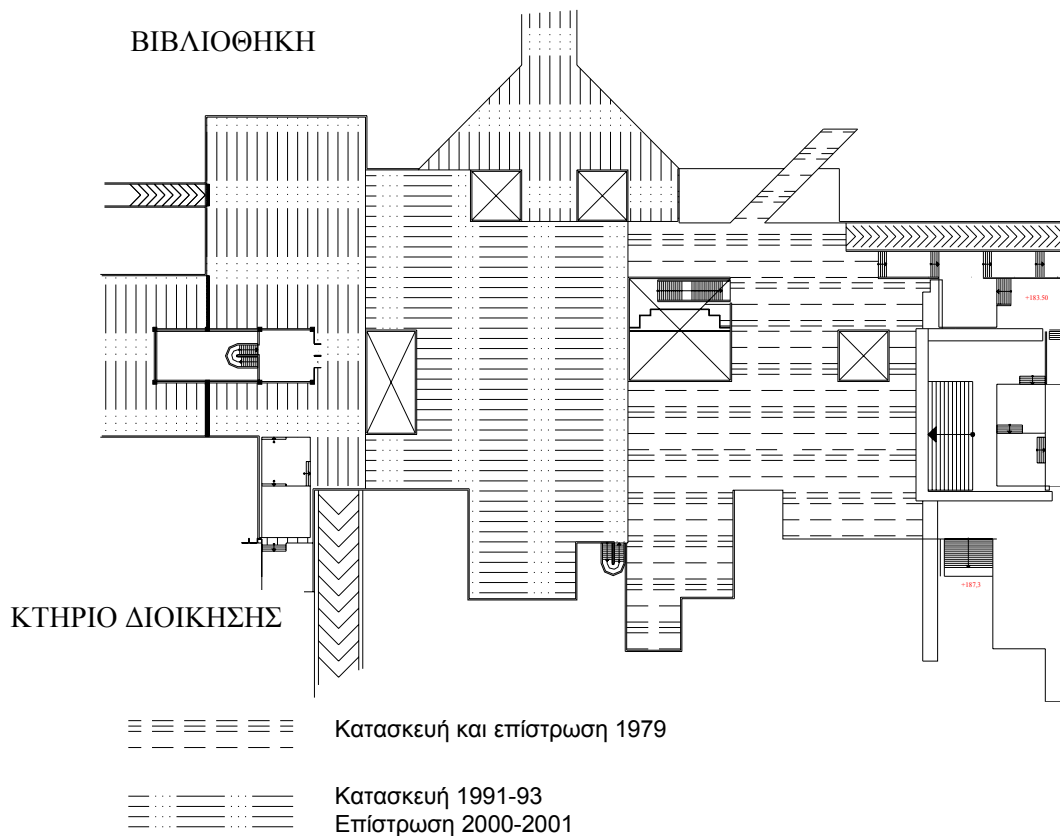
Οι Πλατείες Κέντρου σχεδιάστηκαν στην αρχική τους μορφή από την Τεχνική Υπηρεσία του ΕΜΠ την δεκαετία του 1970. Βρίσκονται στο κέντρο της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου και εφάπτονται στο κτήριο Διοίκησης και την Βιβλιοθήκη.



Εικόνα 4.1: Πλατείες Κέντρου στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου

Η αρχική μελέτη των πλατειών προέβλεπε κατασκευή κτηρίων επάνω στις πλατείες για εξυπηρέτηση κοινού και φοιτητών. Η αρχικές μελέτες τροποποιήθηκαν και οι πλατείες διαμορφώθηκαν με βιομηχανικό δάπεδο.

Η προς μελέτη περιοχή των πλατειών κατασκευάστηκε σε δύο φάσεις.



Εικόνα 4.2: Φάσεις κατασκευής των επιστρώσεων των Πλατειών Κέντρου στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου

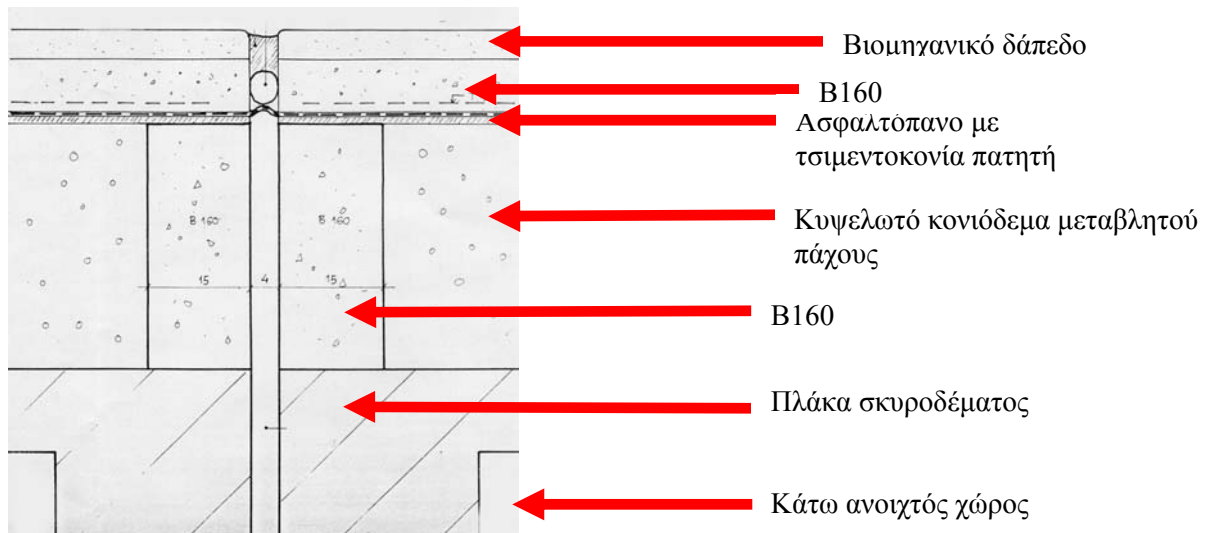
Όπως προκύπτει από την μελέτη εφαρμογής η τυπική διατομή των πλατειών περιλαμβάνει τα εξής υλικά (από κάτω προς τα πάνω):

1. Πλάκα σκυροδέματος
2. Κυψελωτό κονιόδεμα
3. Τσιμεντοκονία πατητή
4. Ασφαλτόπανο
5. Πλέγμα τύπου Δάρινγκ T131
6. B160
7. Βιομηχανικό δάπεδο

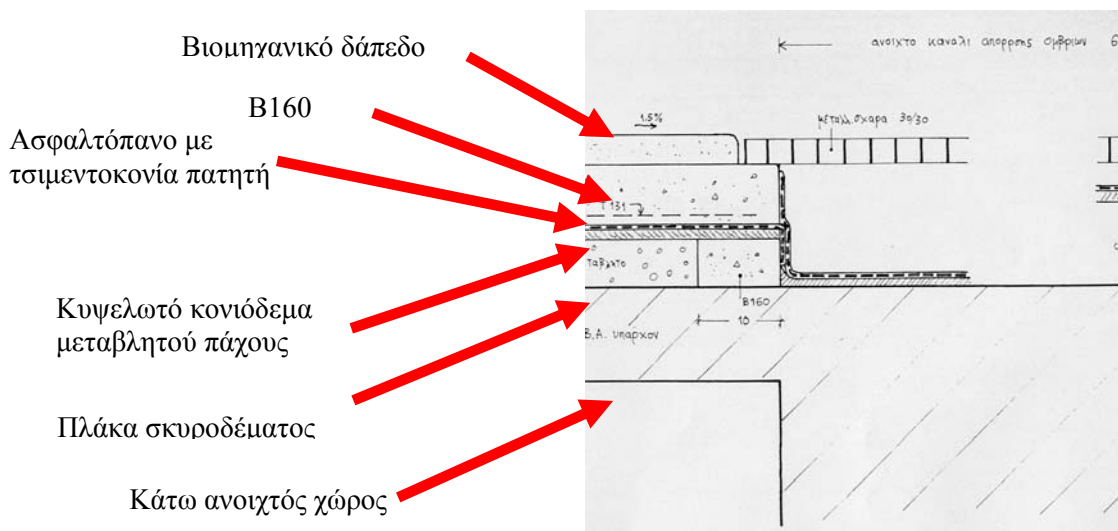
Τα υλικά από το κυψελωτό κονιόδεμα μέχρι το βιομηχανικό δάπεδο (2-7) ονομάζονται επιστρώσεις.

Στους αρμούς εργασίας του βιομηχανικού δαπέδου έχει χρησιμοποιηθεί εποξειδική ρητίνη ενώ στους αρμούς διαστολής έχει χρησιμοποιηθεί κορδόνι πολυουρεθάνης βάσης τύπου T Ricomex με επικάλυψη μαστίχα τύπου T Ricomex.

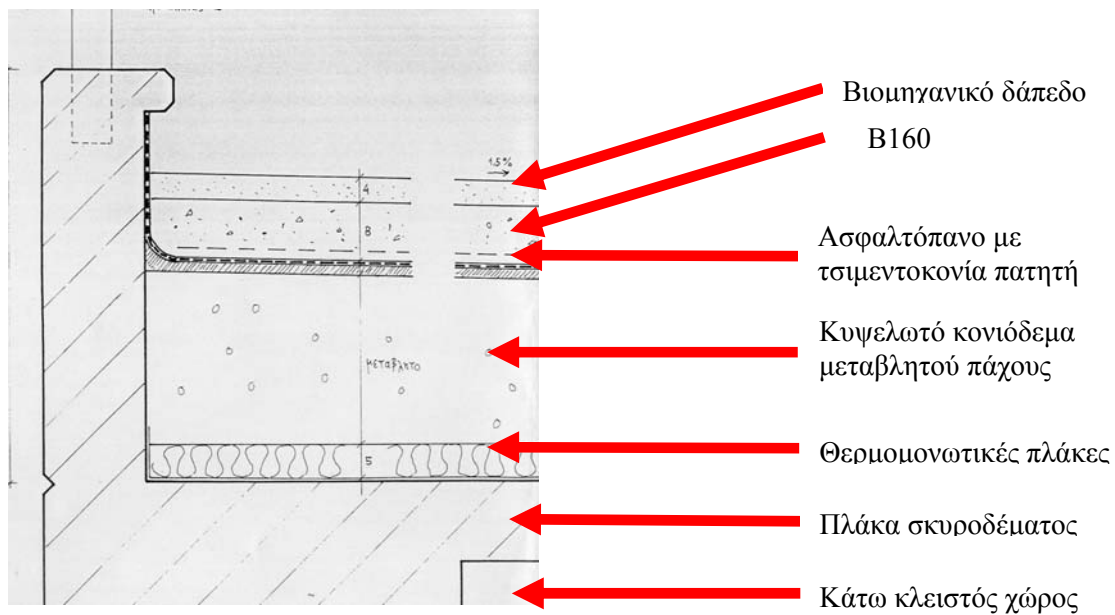
4.2 Τομές των κατασκευαστικών λεπτομερειών



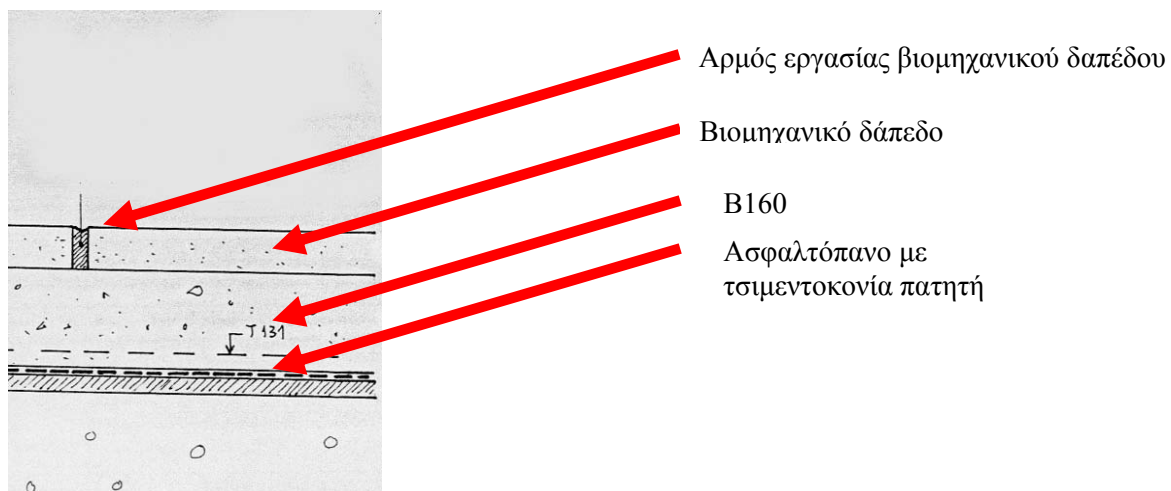
Εικόνα 4.3: Τυπική τομή αρμού διαστολής και επιφανείας επιστρώσεων



Εικόνα 4.4: Τυπική τομή ανοιχτού αγωγού ομβρίων

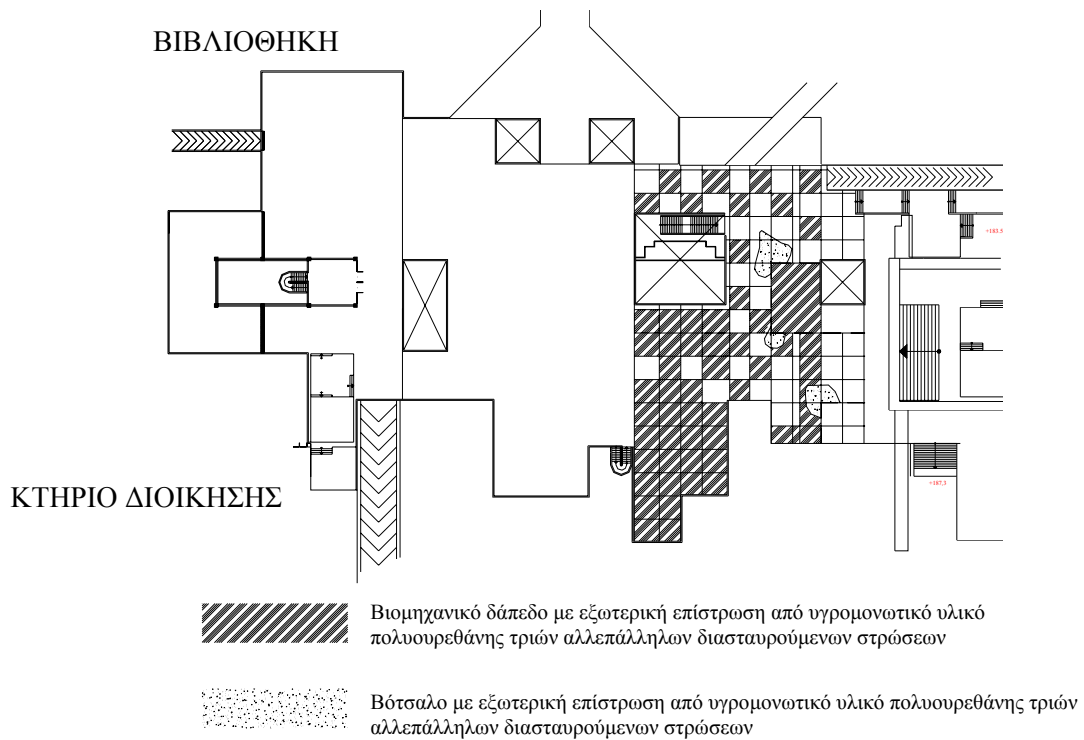


Εικόνα 4.5: Τυπική τομή ορίου επιστρώσεων των πλατειών

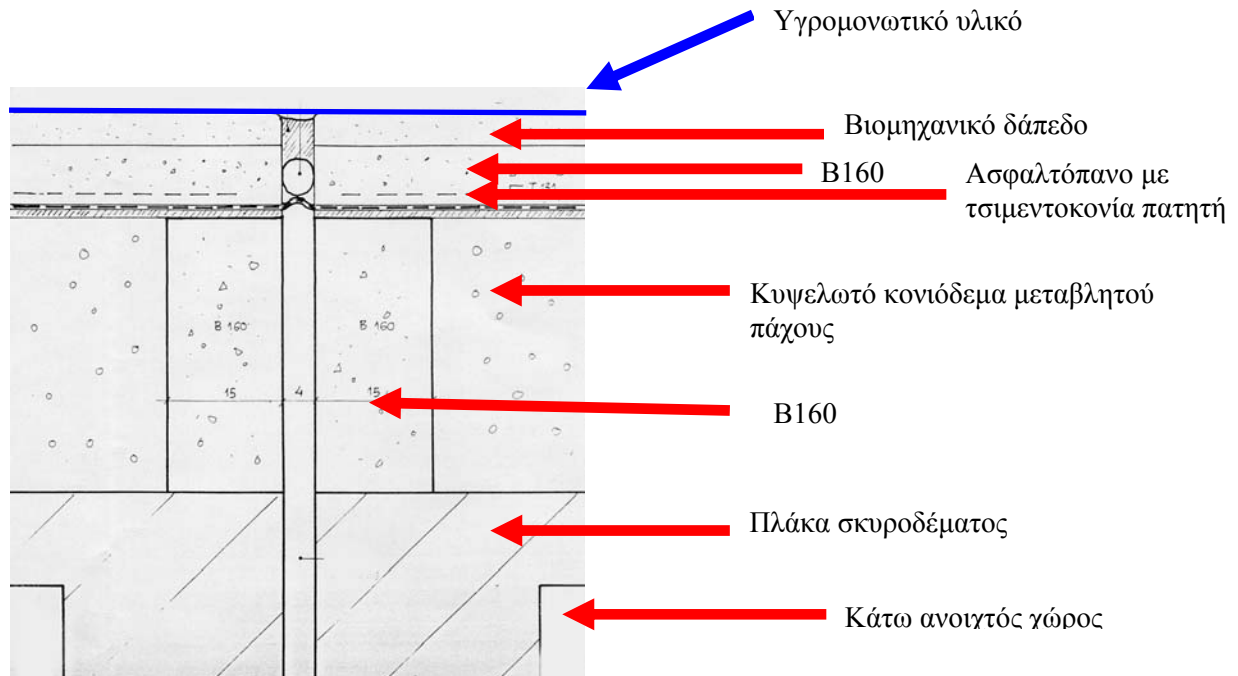


Εικόνα 4.6: Τυπική τομή αρμού εργασίας

Σε ορισμένες περιοχές το άνω μέρος της κατασκευής έχει επιστρωθεί με υγρομονωτικό υλικό πολυουρεθάνης τριών διασταυρούμενων στρώσεων.



Εικόνα 4.7: Περιοχές των πλατειών με επιπρόσθετη μόνωση



Εικόνα 4.8: Τυπική τομή αρμού διαστολής και επιφανείας επιστρώσεων με υγρομονωτικό υλικό

4.3 Συμπεριφορά των πλατειών έναντι του νερού

Η κατασκευή των Πλατειών Κέντρου ατυχώς δεν επιτρέπει την ακώλυτη απορροή των ομβρίων υδάτων λόγω των μικρών ρήσεων. Χαρακτηριστικές φωτογραφίες περιγράφουν την εικόνα των Πλατειών Κέντρου 15 λεπτά μετά την βροχή της 26-04-2002.



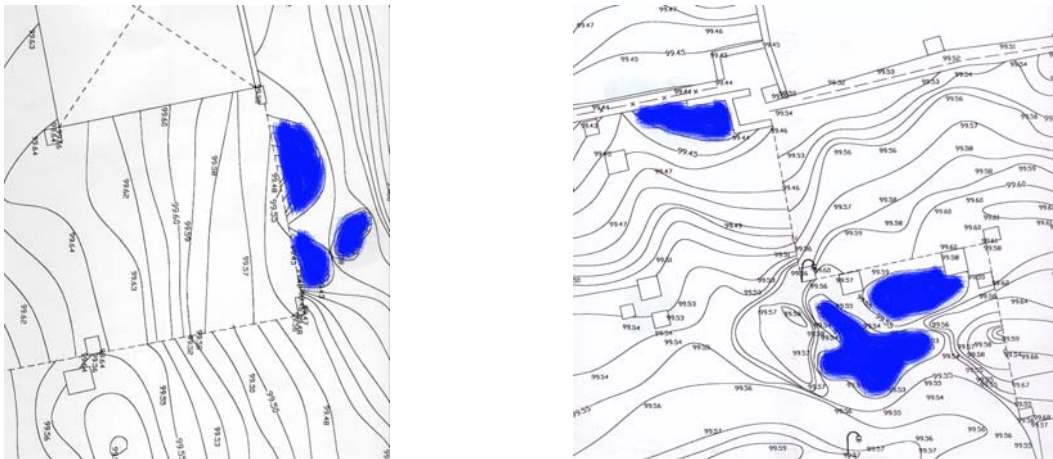
Εικόνα 4.9: Εικόνες των πλατειών λίγα λεπτά μετά την βροχή της 26-4-2002



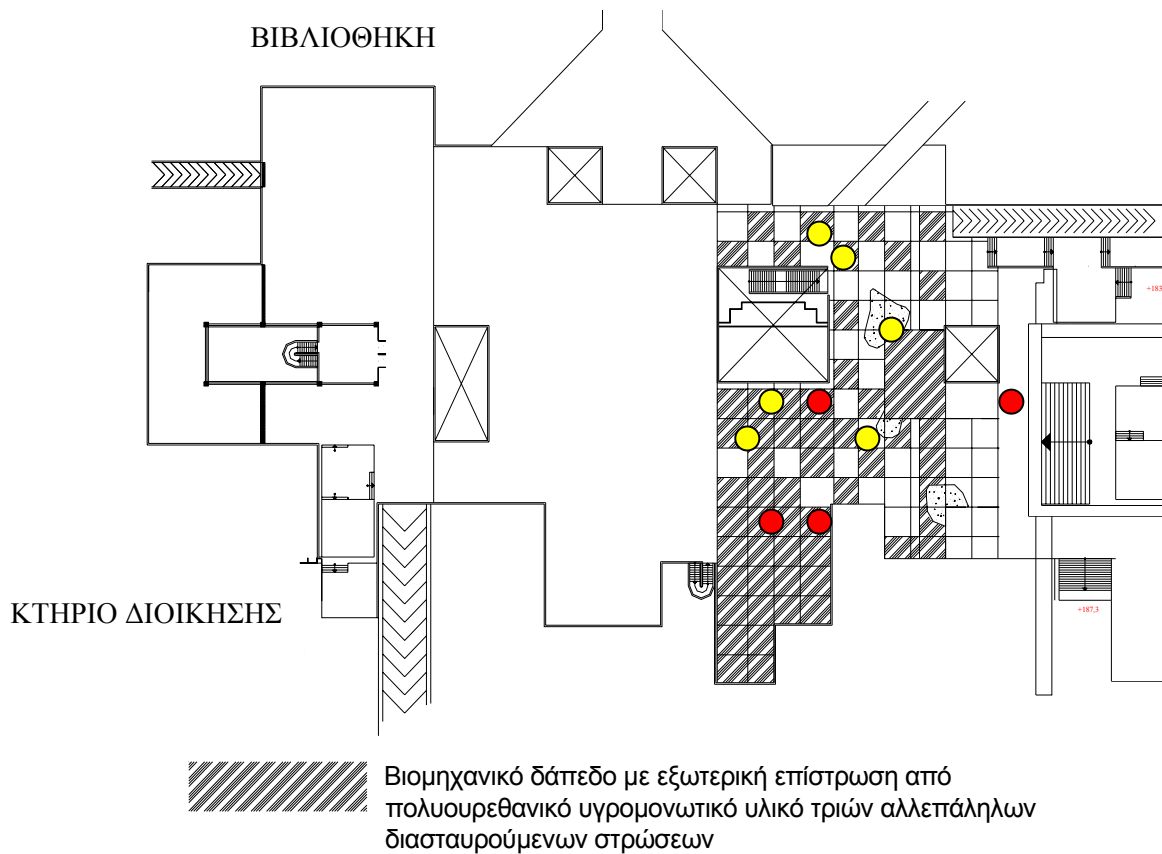
Εικόνα 4.10: Εικόνα των πλατειών τέσσερις ώρες μετά την βροχή

Λόγω της εμποδιζόμενης απορροής των ομβρίων το νερό διηθείται μέσω των πόρων των υλικών και μέσω των αρμών εργασίας. Το νερό εμφανίζεται ως ισχυρά υγρασία στον υπόγειο χώρο της κατασκευής προκαλώντας ακαλαίσθητη εικόνα στον χώρο στάθμευσης διαβρώνοντας τον οπλισμό της κατασκευής και προκαλώντας ζημιές στο σκυρόδεμα (αποκολλήσεις κ.λ.π.). Ακόμα και μία ημέρα μετά την βροχή παρατηρείται απορροή ορατή δια γυμνού οφθαλμού από τους αρμούς διαστολής της κατασκευής.

Για την μελέτη του προβλήματος, έγινε χωροστάθμηση, από την οποία διαπιστώθηκε ότι σε ορισμένα σημεία η κατασκευή παρουσιάζει αρνητικές ρήσεις, κατακρατώντας το νερό επάνω στην επιφάνεια των επιστρώσεων. Ενδεικτικά αποτελέσματα της χωροστάθμησης παρατίθενται:



Εικόνα 4.11: Περιοχές εγκλωβισμού ύδατος σύμφωνα με την χωροστάθμηση των πλατειών



- Περιοχές της επιφάνειας που κατακρατούν νερό (κοιλώματα)
- Περιοχές της επιφάνειας χωρίς ρήσεις. (οριζόντια)

Εικόνα 4.12: Συνοπτικά αποτελέσματα χωροστάθμησης των πλατειών

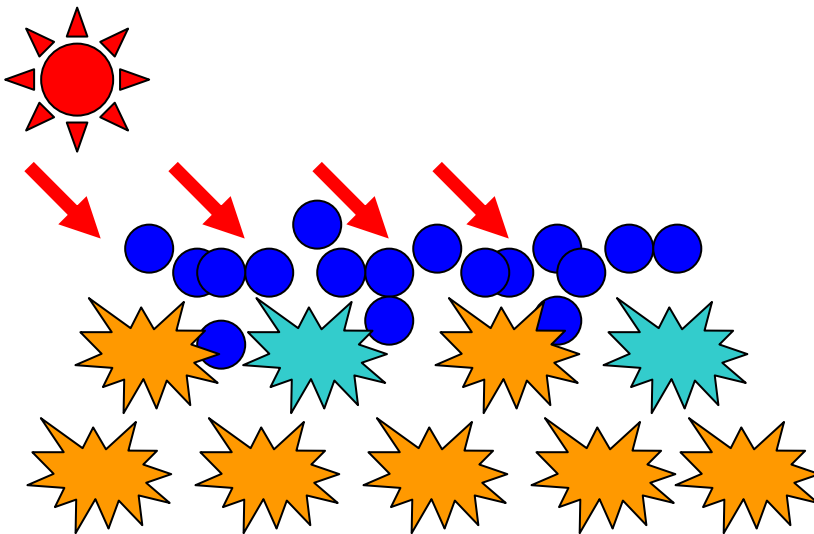
Από την χωροστάθμηση και τις φωτογραφίες προκύπτει ότι το νερό κατακρατείται σε μεγάλο μέρος της επιφάνειας της κατασκευής ακόμα και 4εις ώρες μετά την βροχή. Η χωροστάθμηση εντόπισε τα σημαντικότερα σημεία αστοχίας των ρήσεων χωρίς ωστόσο να εντοπίσει μικρότερες ατέλειες που φαίνονται όμως σε φωτογραφίες.

Για να μελετήσουμε την κατασκευή την διαχωρίζουμε σε τέσσερις Τομείς.

T1	Τομέας 1	κατασκευή 1979 επιστρώσεις 1979
T2	Τομέας 2	κατασκευή 1991-93 επιστρώσεις 2000-2001
T3	Τομέας 3	κατασκευή 1979 επιστρώσεις 1979 πρόσθετη μονωτική επικάλυψη 2001-2002
T4	Τομέας 4	αρμοί διαστολής και αρμοί εργασίας

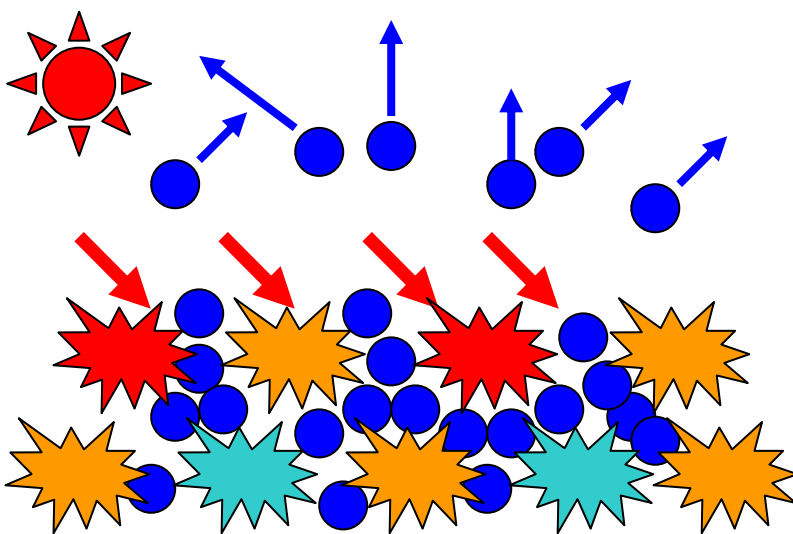
Πίνακας 4.1: Διαχωρισμός της κατασκευής σε Τομείς

4.3.1 Τομέας 1-2. Επιστρώσεις χωρίς στεγανωτική μεμβράνη



Εικόνα 4.13: Θερμική συμπεριφορά του υλικού (T 1-2) αμέσως μετά την βροχή

Δεν έχει κατακρατηθεί νερό στην επιφάνεια της κατασκευής για να προστατεύσει θερμικά το υλικό και η ηλιακή ακτινοβολία έχει αυξήσει την θερμοκρασία του υλικού.

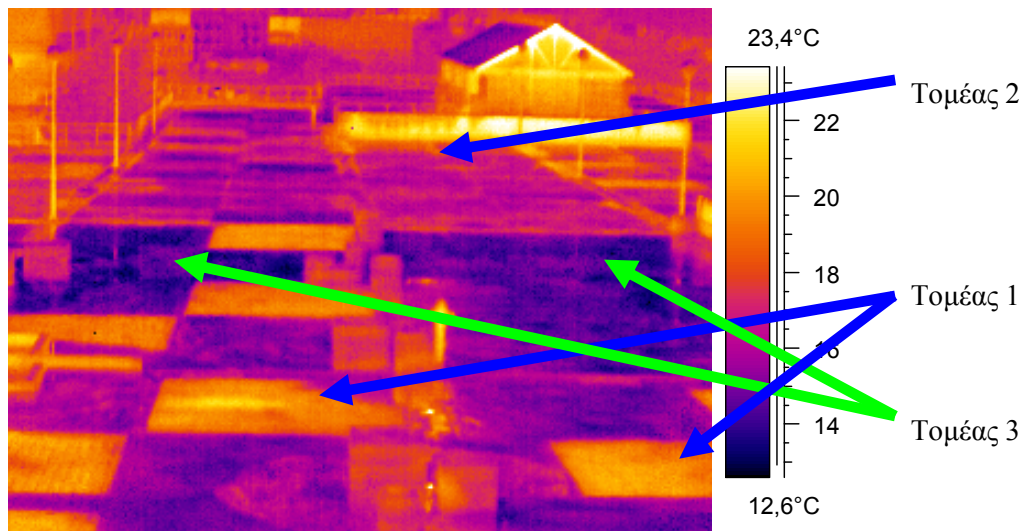


Το νερό έχει απορροφήσει περισσότερη θερμική ενέργεια από το υλικό (αφού έρχεται σε επαφή με μεγαλύτερο πάχος υλικού) και είναι εντονότερο το φαινόμενο της εξάτμισης.

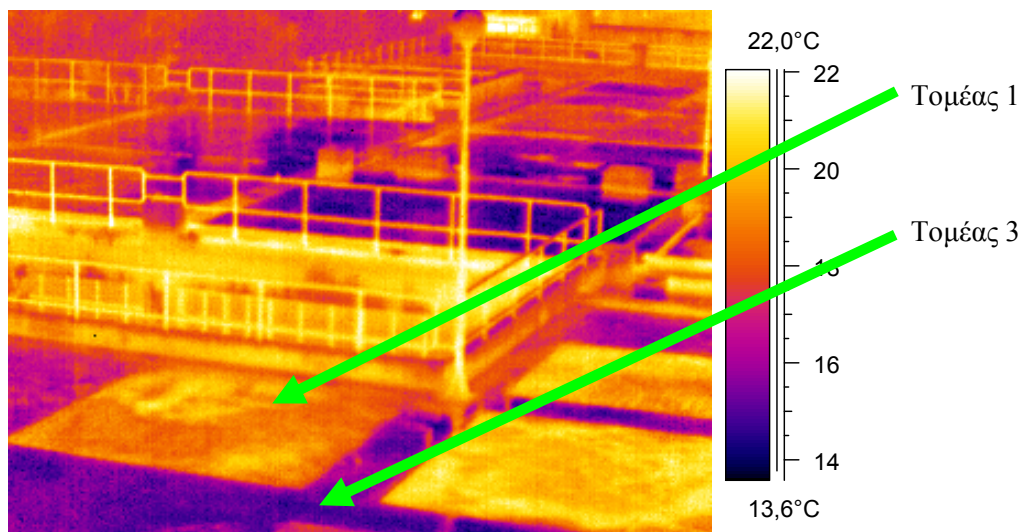
Το νερό δεν έρχεται για μεγάλο χρονικό διάστημα σε επαφή με την επιφάνεια αλλά διηθείται μέσα στο υλικό χωρίς να απορροφά μεγάλο ποσό θερμότητας από την επιφάνεια του υλικού

Εικόνα 4.14: Θερμική συμπεριφορά του υλικού (T 1-2) σε σχέση με το διηθούμενο νερό ικανό διάστημα μετά την βροχή

Τους τομείς 1,2 το ομοίωμα που αναπτύχθηκε εκφράζει ότι όσο μεγαλύτερη διαπερατότητα παρουσιάζει η επιφάνεια του υλικού τόσο μεγαλύτερη θερμοκρασία θα αναπτύξει.

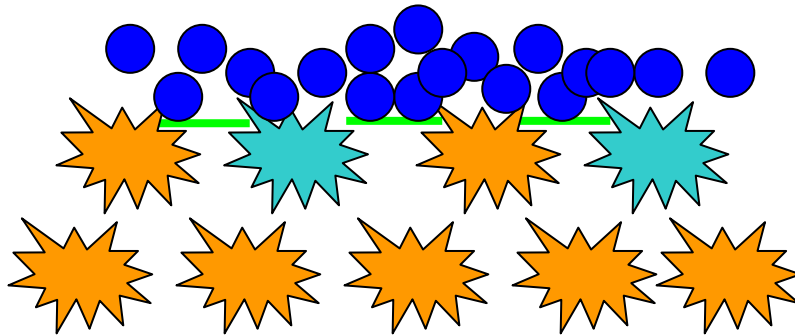


Εικόνα 4.15: Θερμογραφήματα στις κατασκευές των Τομέων 1, 2, 3

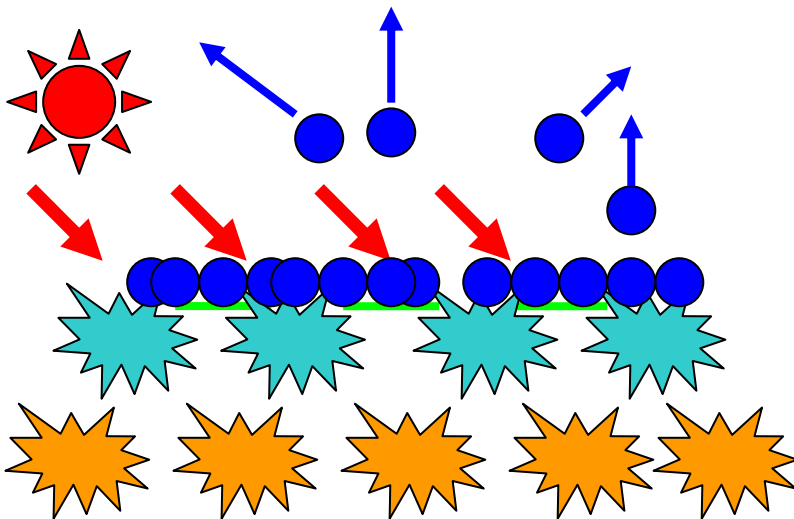


Εικόνα 4.16: Θερμογραφήματα στις κατασκευές των Τομέων 1, 3

4.3.2 Τομέας 3. Επιστρώσεις με στεγανωτική μεμβράνη.

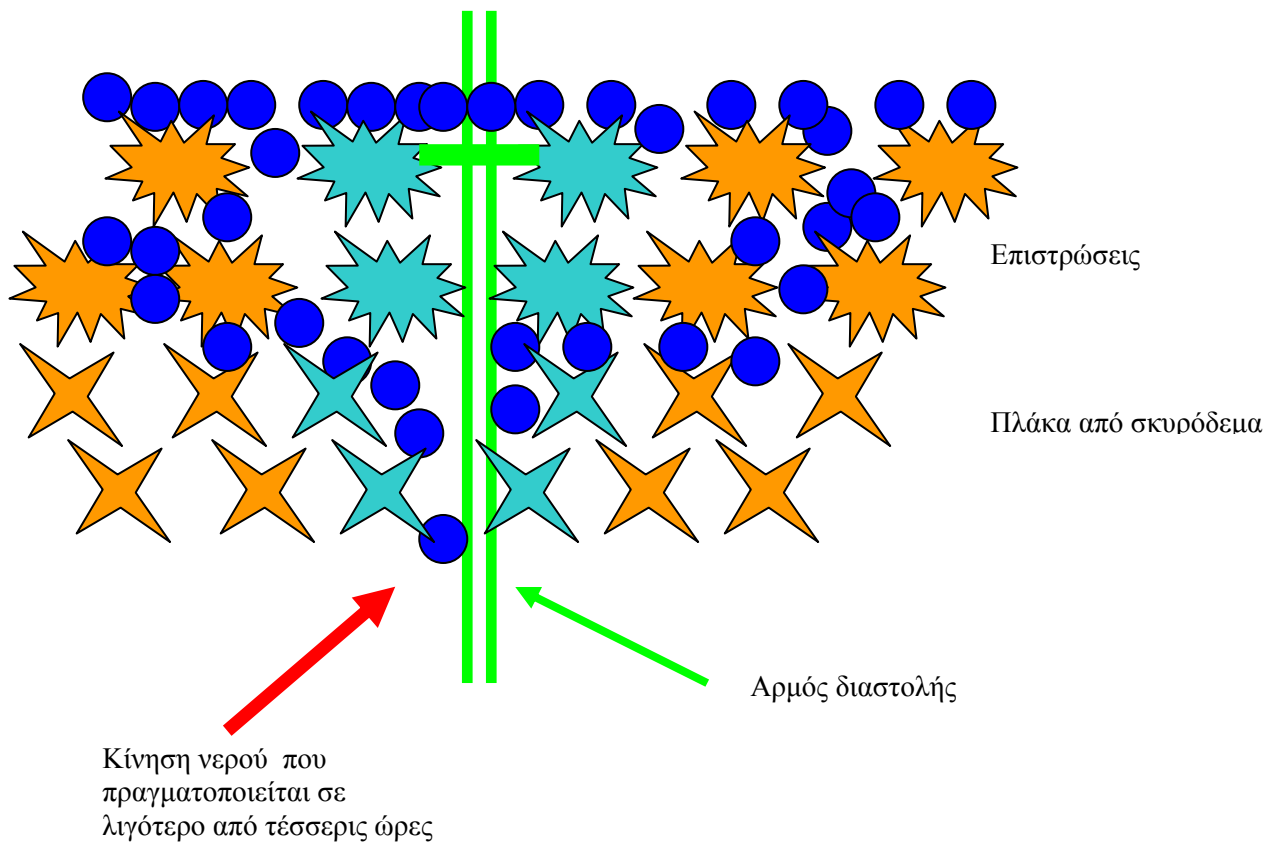


Εικόνα 4.17: Θερμική συμπεριφορά του υλικού (T 3) αμέσως μετά την βροχή

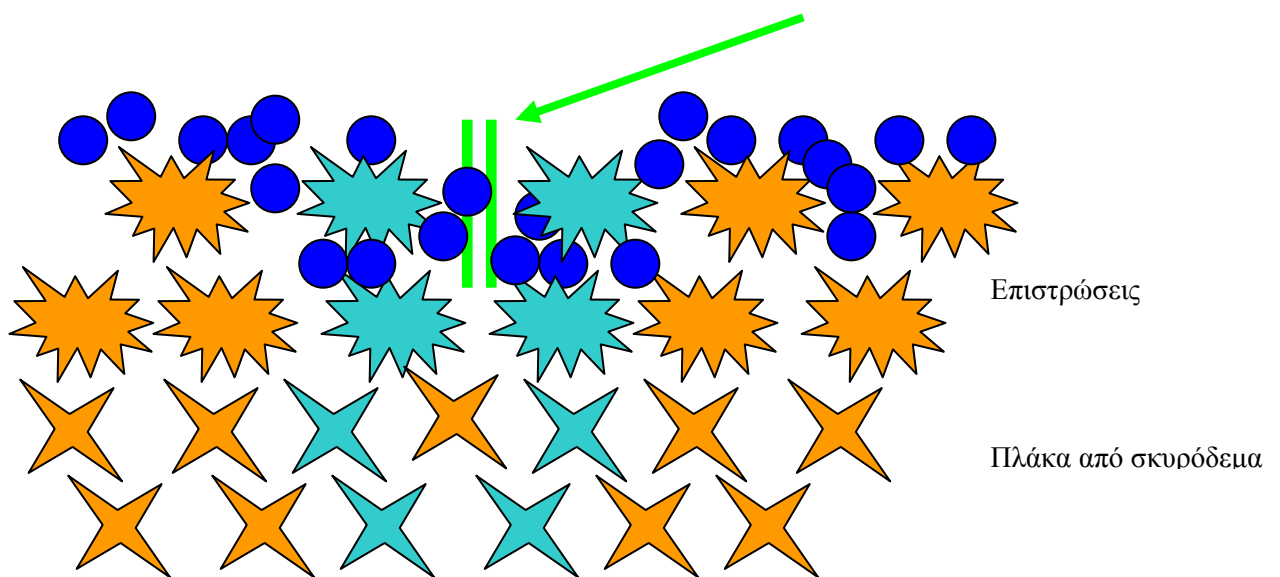


Εικόνα 4.18: Συμπεριφορά του υλικού (T 3) ικανό διάστημα μετά την βροχή

4.3.3 Τομέας 4. Κίνηση του νερού στους αρμούς της κατασκευής



Εικόνα 4.19: Θερμική συμπεριφορά του αρμού διαστολής (T 4) λίγο χρόνο μετά την βροχή

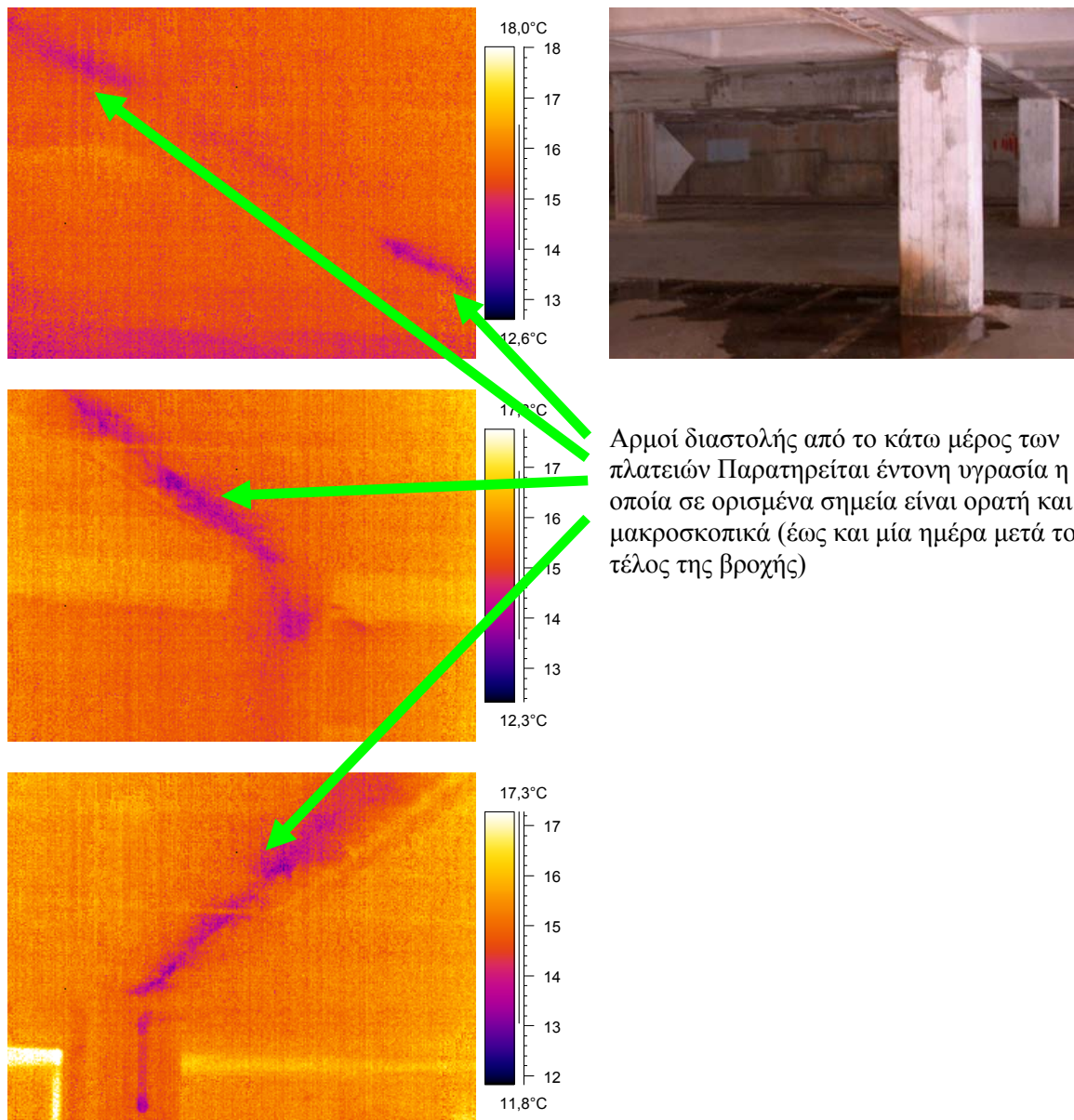


Εικόνα 4.20: Θερμική συμπεριφορά του αρμού εργασίας (T 4) λίγο χρόνο μετά την βροχή

4.3.4 Γενικά σχόλια στα θερμογραφήματα των αρμών της κατασκευής

Στα οριζόντιο επίπεδο του κάτω μέρους των πλατειών δεν παρατηρήθηκαν διαφορές θερμοκρασιών. Είναι πιθανό το νερό προηγούμενων βροχών να είχε εξισορροπήσει την θερμοκρασία του με την θερμοκρασία του υλικού. Παράλληλα φαίνεται ότι το νερό της βροχής της συγκεκριμένης ημέρας δεν έφτασε σε οκτώ ώρες στο κάτω μέρος των επιφανειών με εξαίρεση τους αρμούς διαστολής.

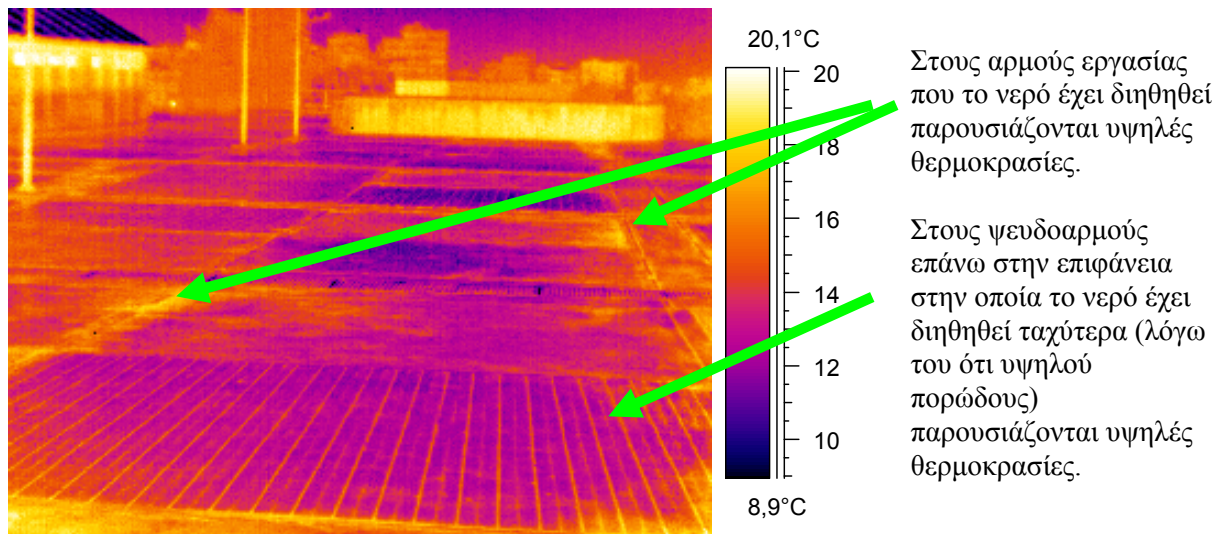
Στους αρμούς διαστολής ήταν εμφανής και μακροσκοπικά αλλά και μέσω των θερμογραφημάτων η παρουσία του νερού.



Εικόνα 4.21: Θερμογραφήματα από το κάτω μέρος των αρμών διαστολής και αντίστοιχη εικόνα

Στους αρμούς εργασίας παρατηρήθηκαν υψηλές θερμοκρασίες στο άνω μέρος της επιφάνειας. Αντίθετα στους αρμούς διαστολής δεν παρατηρήθηκαν υψηλές θερμοκρασίες που να δικαιολογούν την συνεχή ροή, στο άνω μέρος της επιφάνειας. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι η το νερό που

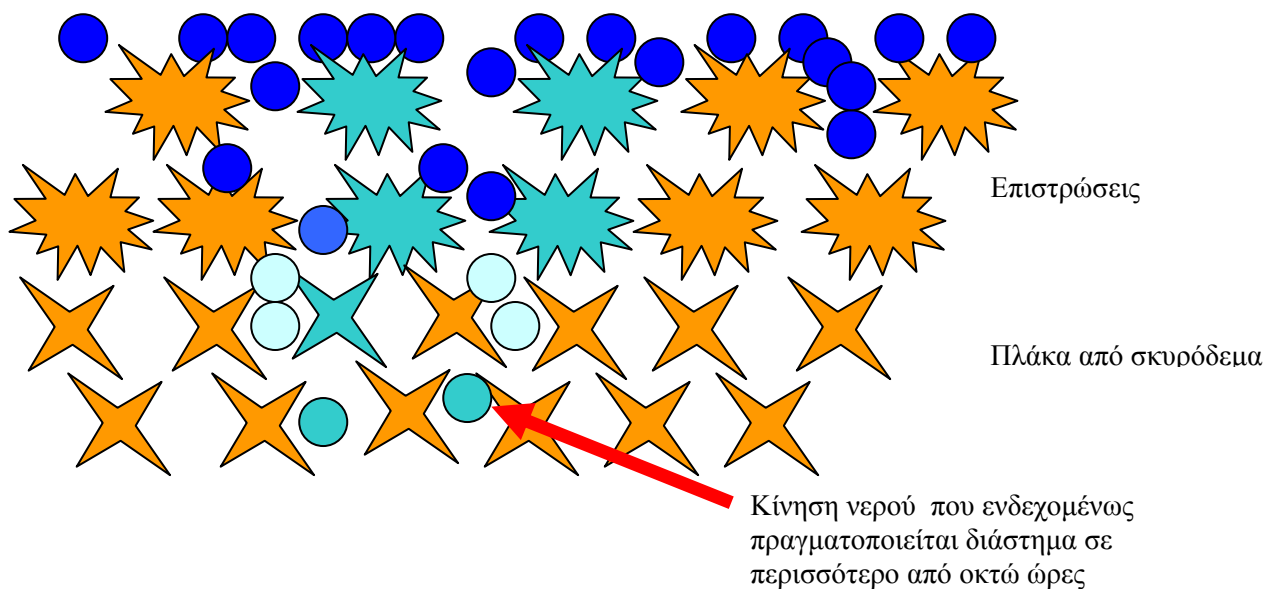
παρατηρείται και μακροσκοπικά από το κάτω μέρος της κατασκευής στους αρμούς διαστολής οφείλεται κυρίως λόγω απορροής συγκρατούμενου νερού.



Εικόνα 4.22: Θερμογραφήματα των επιφανειών των αρμών εργασίας

4.3.5 Κίνηση του νερού στις επιφάνειες χωρίς αρμούς

Παρ' όλο ότι στην κάτω επιφάνεια των πλατειών υπάρχουν ενδείξεις υγρασίας, λόγω των εξανθημάτων που υπάρχουν στην βαφή, δεν παρατηρήθηκαν χαμηλές θερμοκρασίες σε ευρύ φάσμα των μετρήσεων. Προφανώς το νερό είχε διηθηθεί σε μεγαλύτερο χρόνο των οκτώ ωρών παλαιότερα, ώστε να μην διαπιστωθεί η παρουσία του.



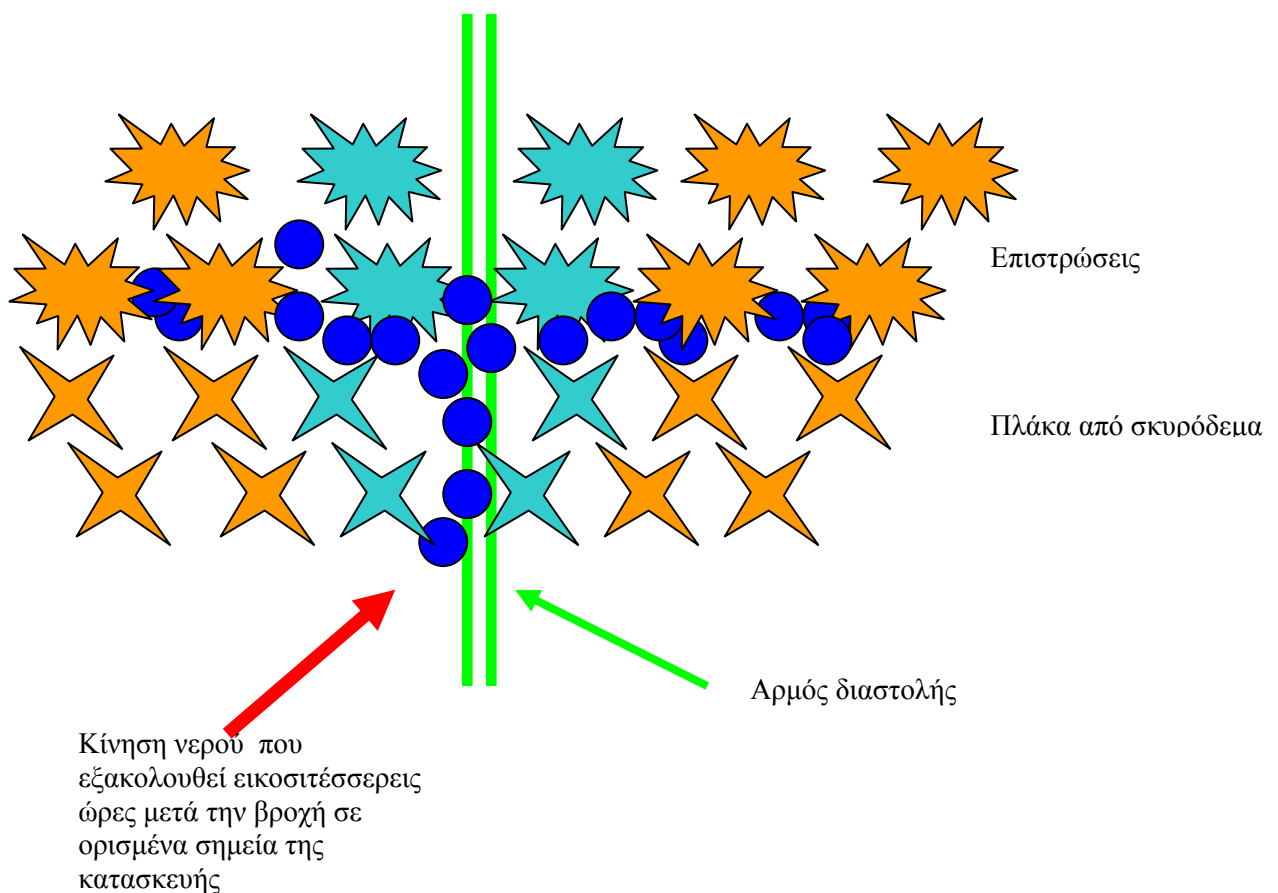
Εικόνα 4.23: Θερμική συμπεριφορά του υλικού έναντι του νερού σε διάστημα μεγαλύτερο των οκτώ ωρών

Εξάλλου η μακράς διαρκείας παραμονή του νερού κατά την διαδρομή του προς το κάτω μέρος των οριζόντιων επιφανειών των πλατειών, έχει εξισορροπήσει τη θερμοκρασία του νερού με το υλικό και για τον λόγο αυτό δεν είναι δυνατό να ανιχνευθεί.

Νερό από προηγούμενες βροχοπτώσεις δεν είναι εφικτό να ανιχνευθεί.

4.3.6 Παγίδευση νερού στην κατασκευή

Μία ημέρα μετά τις μετρήσεις και την βροχή παρατηρήθηκε μακροσκοπικά κίνηση νερού στους αρμούς της κατασκευής. Μετά την διήθηση από την επιφάνεια της κατασκευής το νερό εγκλωβισμένο δεν δύναται να εξατμιστεί. Έτσι η ευκολότερη οδός είναι η πορεία προς τα κάτω. Για τον λόγο αυτό παρατηρείται συνεχής απορροή κάτω από τους αρμούς ορατή και μακροσκοπικά, μία ημέρα μετά την κατασκευή.



Εικόνα 4.24: Θερμική συμπεριφορά του αρμού διαστολής (T 4) έναντι του νερού σε διάστημα μεγαλύτερο των εικοσιτέσσερις ώρες

4.4 Όρια εφαρμογής του ομοιώματος

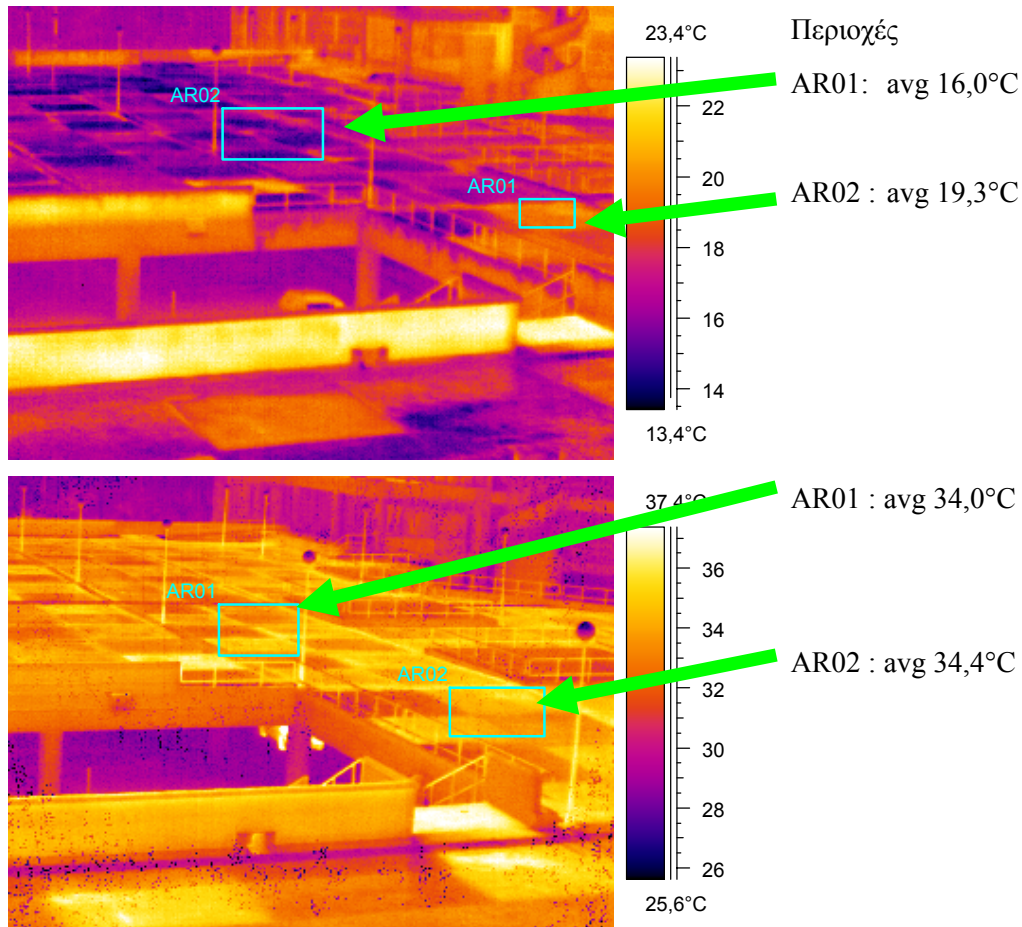
4.4.1 Γενικά

Το ομοίωμα είναι δυνατό να συγκρίνει τον βαθμό διήθησης του νερού σε επιφάνειες με διαφορετική υδατοπερατότητα όταν έχουν διαβραχεί, βρίσκονται στον ίδιο χώρο και με τις ίδιες καιρικές συνθήκες. Το ομοίωμα δεν είναι δυνατό να μετρήσει ποσοτικά την υδατοπερατότητα αλλά δύναται να

δώσει ποιοτική εκτίμηση. Επίσης συγκρίνει τον βαθμό υδατοπερατότητας σε υλικά με προϋπόθεση την ίδια κλίση (οριζόντια) και όμοιου χρωματισμού.

Η διαφορά χρωμάτων μπορεί να έχει σαν συνέπεια διαφορετικές μετρήσεις στην θερμογραφική αναφορά. Στα θερμογραφήματα που παρατίθενται συγκρίνονται δύο εικόνες εκ των οποίων η μία είναι της 26^{ης} Απριλίου 2002 και η δεύτερη την 27^η Ιουλίου 2002.

Στα θερμογραφήματα εξετάζονται όμοιες περιοχές. Παρατηρείται ότι στην πρώτη περίπτωση οι θερμοκρασιακές διαφορές είναι αρκετά μεγάλες 4°C- 5°C ενώ αντίθετα στην περίπτωση του Ιουλίου σε όμοια υπό εξέταση τμήματα οι θερμοκρασιακές διαφορές είναι περίπου 1°C. Οι διαφορές αυτές είναι δυνατό να αποδοθούν στο χρώμα και την υφή των επιφανειών.



Εικόνα 4.25: Θερμογραφήματα ελέγχου σφαλμάτων

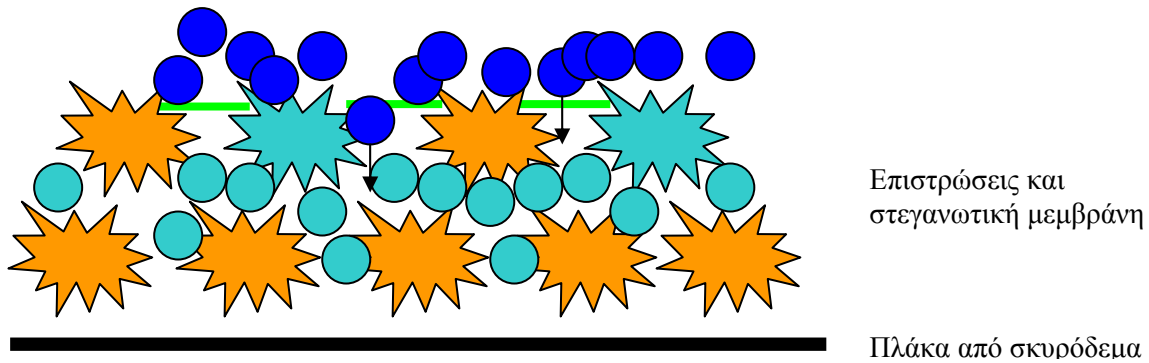
Με το ομοίωμα, δεν είναι δυνατό να συγκριθούν υλικά με διαφορετικές κλίσεις στην κατασκευή. Υλικά που επικαλύπτονται με χρώμα μεγάλης ανακλαστικότητας δυσχεραίνουν την αξιοπιστία της μέτρησης.

Η μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας που παρουσιάζει το υγρομονωτικό στρώμα (κατασκευή Τομέα 3) οφείλεται εν μέρει και στο γεγονός ότι το στρώμα αυτό είναι χρώματος λευκού και αντανακλά μεγαλύτερο μέρος ηλιακής ακτινοβολίας από την υπόλοιπη κατασκευή).

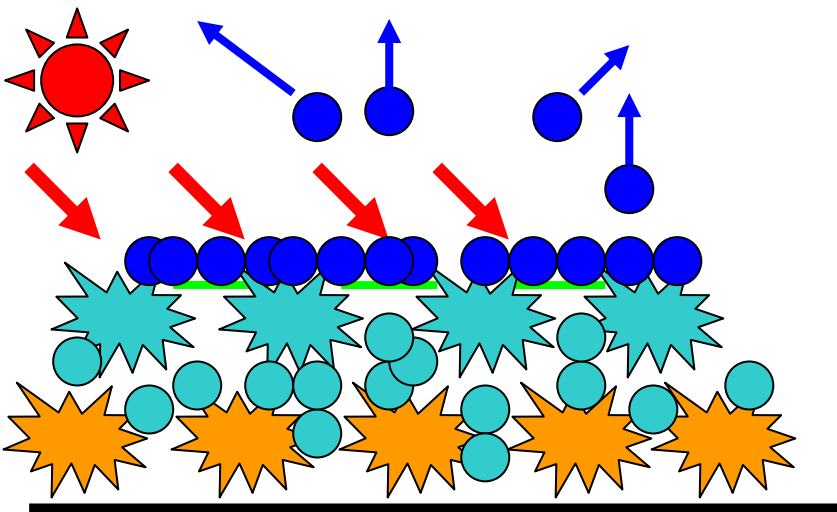
Το ομοίωμα παρουσιάζει τις εξής αδυναμίες εφαρμογής. Υπάρχει το ενδεχόμενο η στεγανωτική μεμβράνη να μην λειτουργεί τόσο καλά όπως περιγράφηκε και να έχει εγκλωβίσει ποσότητες νερού κάτω από την επιφάνεια της οι οποίες δεν μπορούν να εκτονωθούν λόγω της παρουσίας της

(Περίπτωση 1). Ομοίως υπάρχει το ενδεχόμενο, το νερό να διηθείται μέσω της επιφάνειας του βιομηχανικού δαπέδου και να οδηγείται προς το μέρος της επιφάνειας του με την μόνωση στο οποίο να εγκλωβίζεται (Περίπτωση 2).

4.4.2 Επιστροφές με στεγανωτική μεμβράνη (πρώτη περίπτωση)



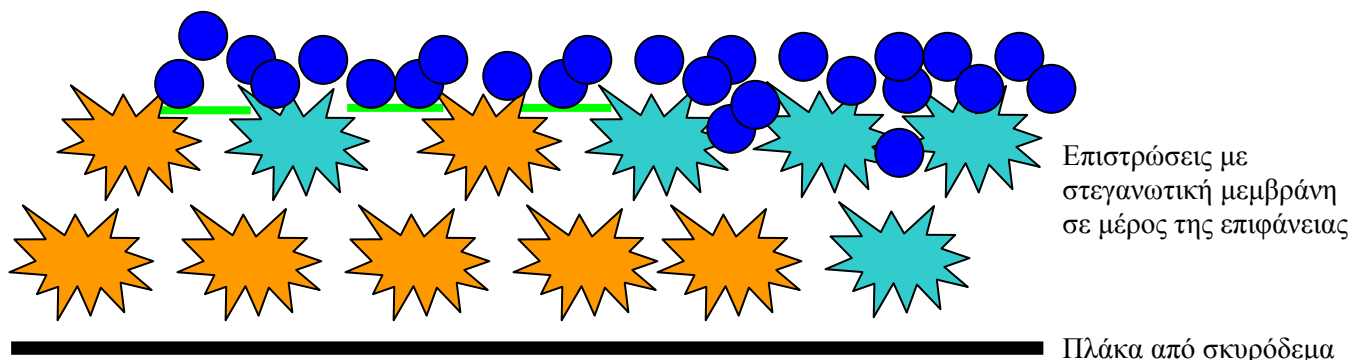
Εικόνα 4.26: Θερμική συμπεριφορά υλικού με εγκλωβισμένο νερό αμέσως μετά την βροχή



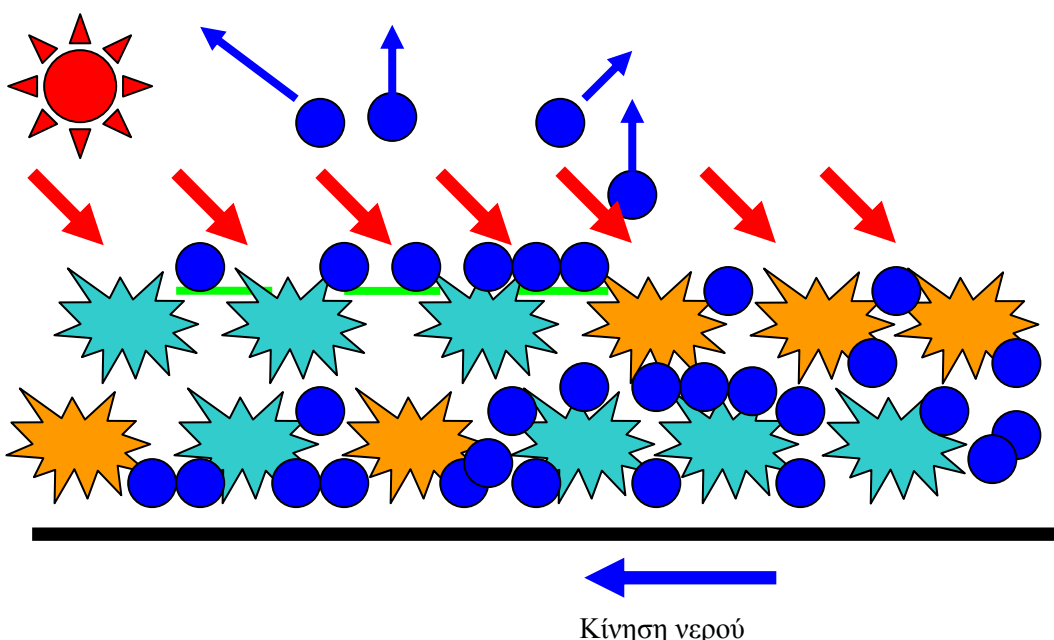
Εικόνα 4.27: Θερμική συμπεριφορά υλικού με εγκλωβισμένο νερό ικανό διάστημα μετά την βροχή

Στην περίπτωση αυτή το υλικό θα είχε την ίδια θερμική συμπεριφορά όπως παρατηρείται. Η συμπεριφορά του απέναντι στο νερό θα ήταν ακόμα περισσότερο δυσμενής αφού το υλικό θα περιείχε νερό το οποίο δεν θα μπορούσε να εξατμιστεί. Λόγω του ότι παρατηρήθηκε μεγάλης διάρκειας παραμονή του νερού μέσα στην κατασκευή (απορροή από τους αρμούς διαστολής μία ημέρα μετά την βροχή), η κίνηση αυτή δεν πρέπει να αποκλεισθεί.

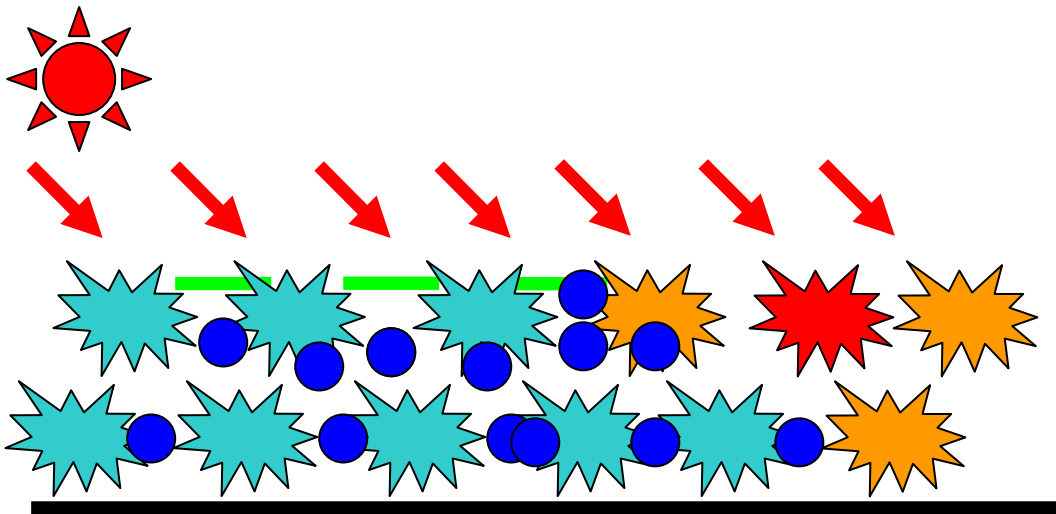
4.4.3 Επιστροφές και χωρίς στεγανωτική μεμβράνη (δεύτερη περίπτωση)



Εικόνα 4.28: Θερμική συμπεριφορά υλικού ικανό διάστημα μετά την βροχή



Εικόνα 4.29: Θερμική συμπεριφορά υλικού με εγκλωβισμένο νερό αρκετή ώρα μετά την βροχή

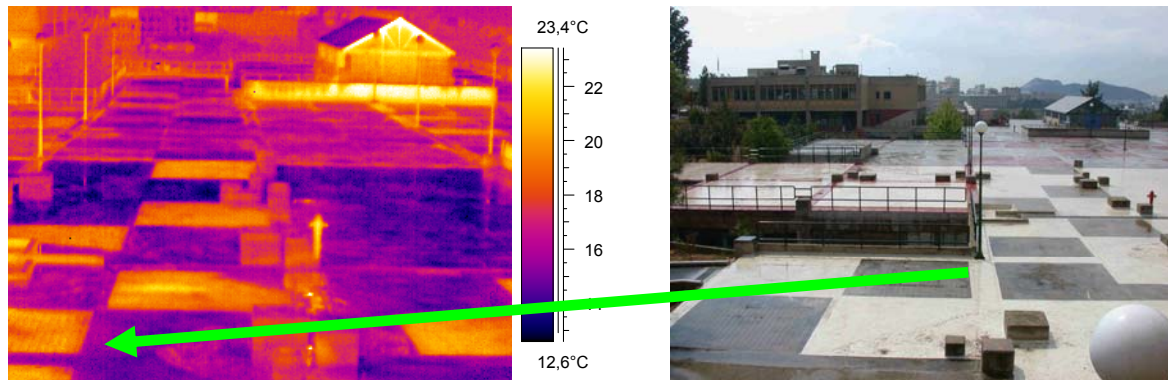


Εικόνα 4.30: Θερμική συμπεριφορά υλικού με εγκλωβισμένο νερό κατά την διάρκεια εξάτμισης

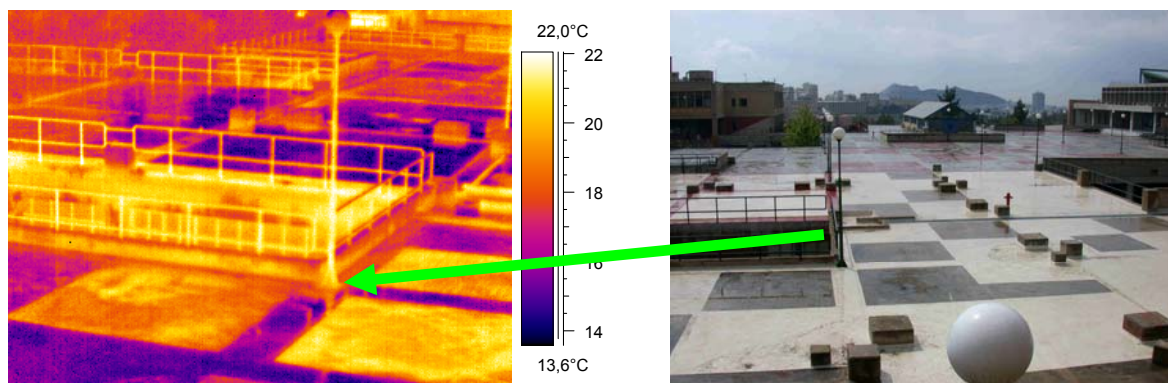
Το νερό είναι δυνατό λόγω της υγρομονωτικής στρώσεως να κινηθεί και οριζοντίως. Και σε αυτή την περίπτωση το υλικό θα είχε την ίδια θερμική συμπεριφορά. Η εμφάνιση του νερού στους αρμούς διαστολής της κατασκευής μία ημέρα μετά την βροχή ενισχύει την άποψη αυτή.

5 Επεξεργασία και ερμηνεία μετρήσεων

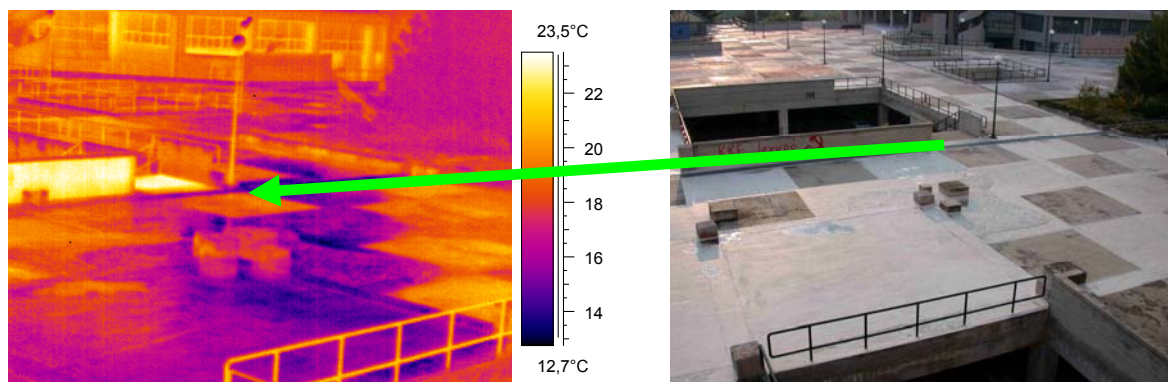
5.1 Αντιστοίχιση θερμογραφμάτων με εικόνες



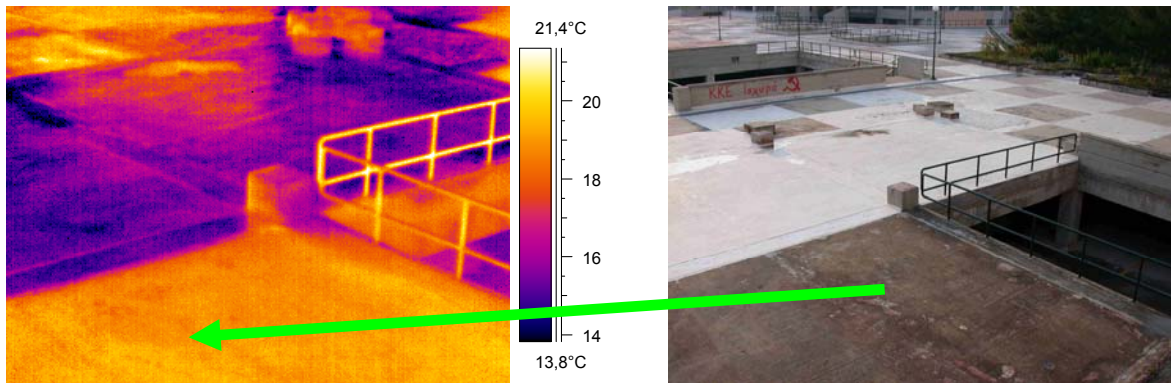
Εικόνα 5.1: Θερμογράφημα και αντίστοιχη εικόνα



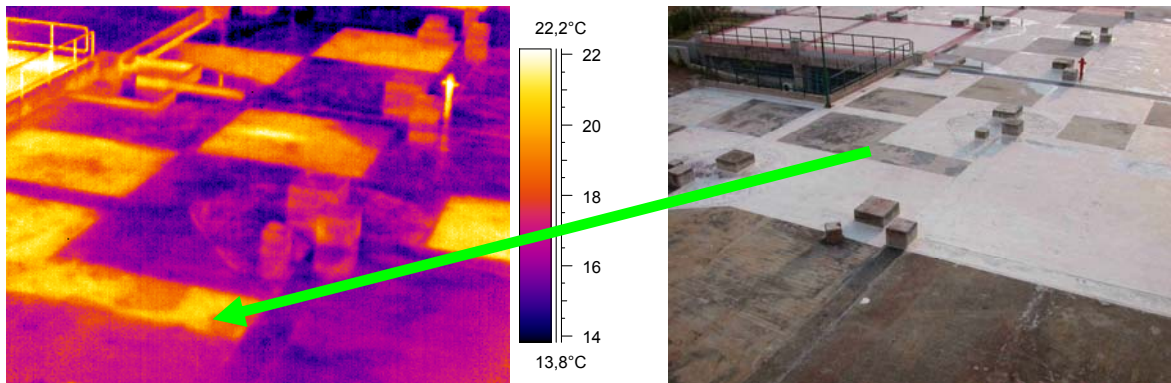
Εικόνα 5.2: Θερμογράφημα και αντίστοιχη εικόνα



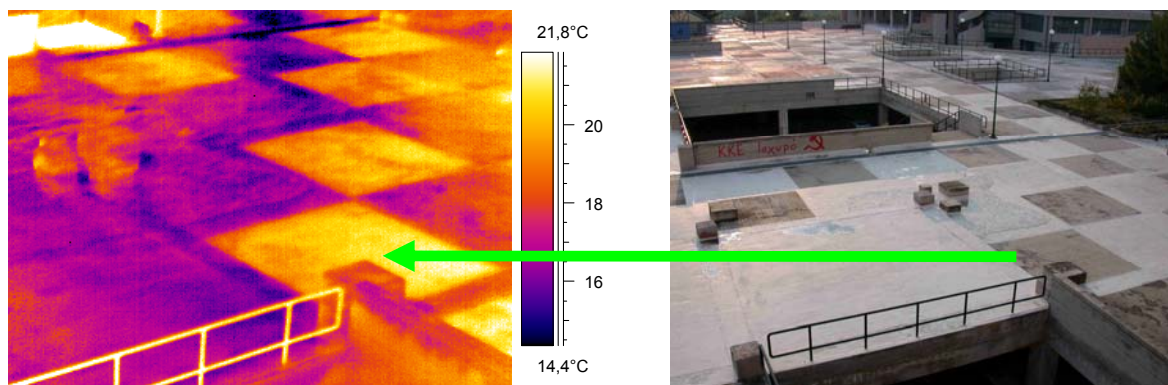
Εικόνα 5.3: Θερμογράφημα και αντίστοιχη εικόνα



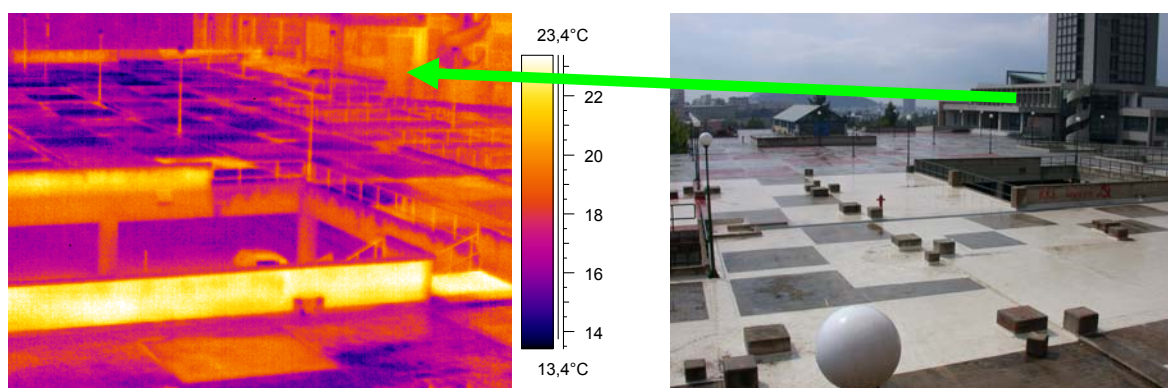
Εικόνα 5.4: Θερμογράφημα και αντίστοιχη εικόνα



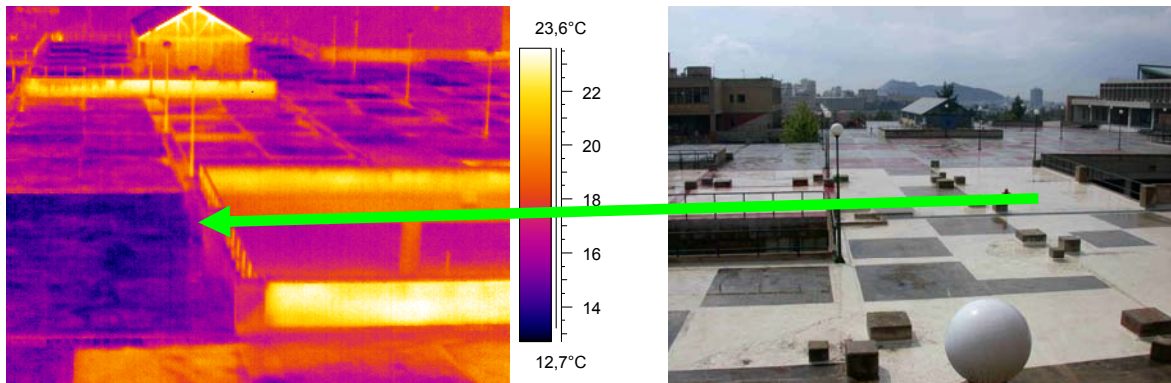
Εικόνα 5.5: Θερμογράφημα και αντίστοιχη εικόνα



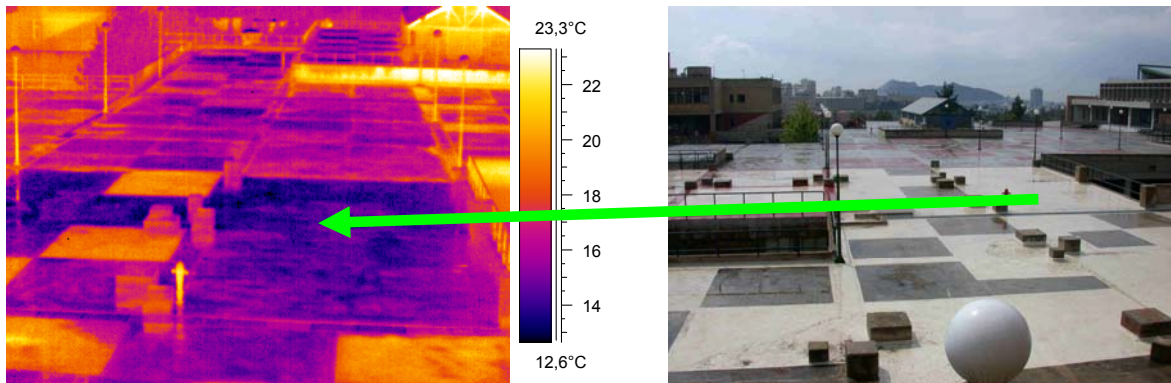
Εικόνα 5.6: Θερμογράφημα και αντίστοιχη εικόνα



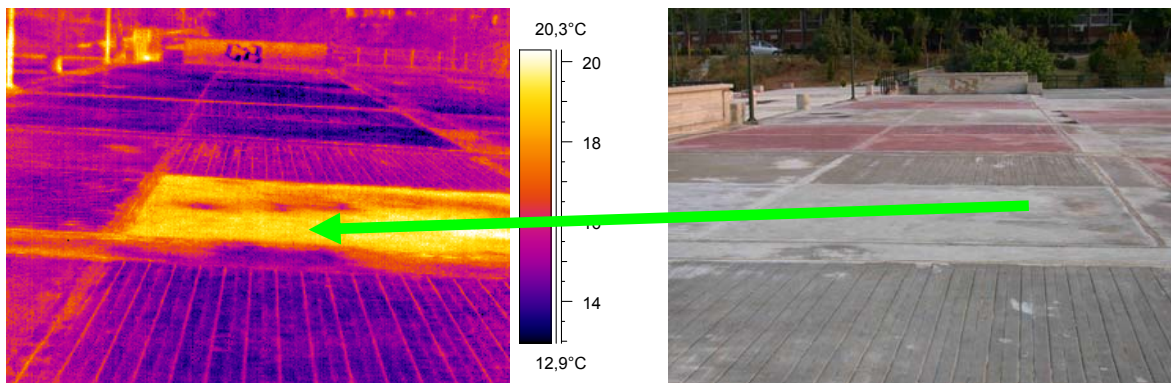
Εικόνα 5.7: Θερμογράφημα και αντίστοιχη εικόνα



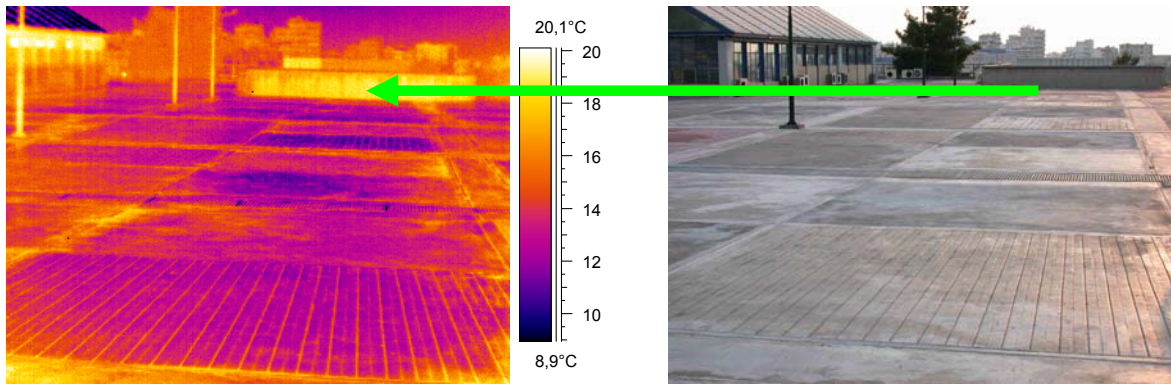
Εικόνα 5.8: Θερμογράφημα και αντίστοιχη εικόνα



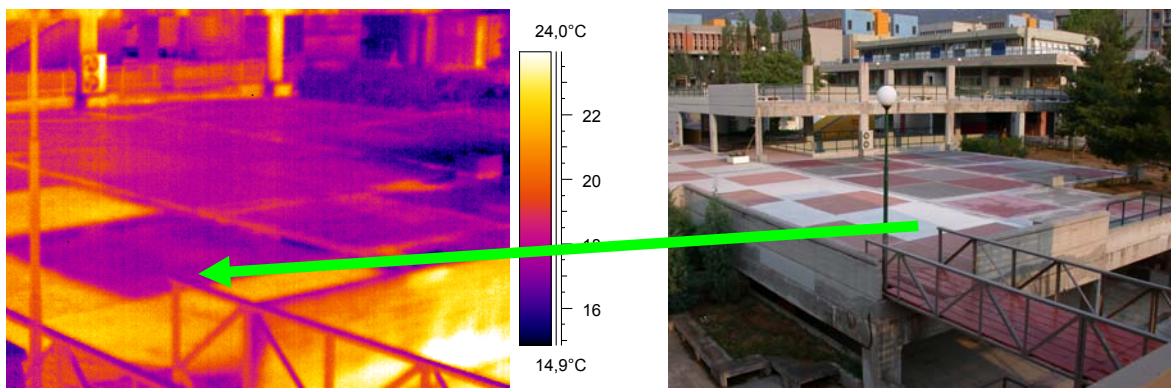
Εικόνα 5.9: Θερμογράφημα και αντίστοιχη εικόνα



Εικόνα 5.10: Θερμογράφημα και αντίστοιχη εικόνα

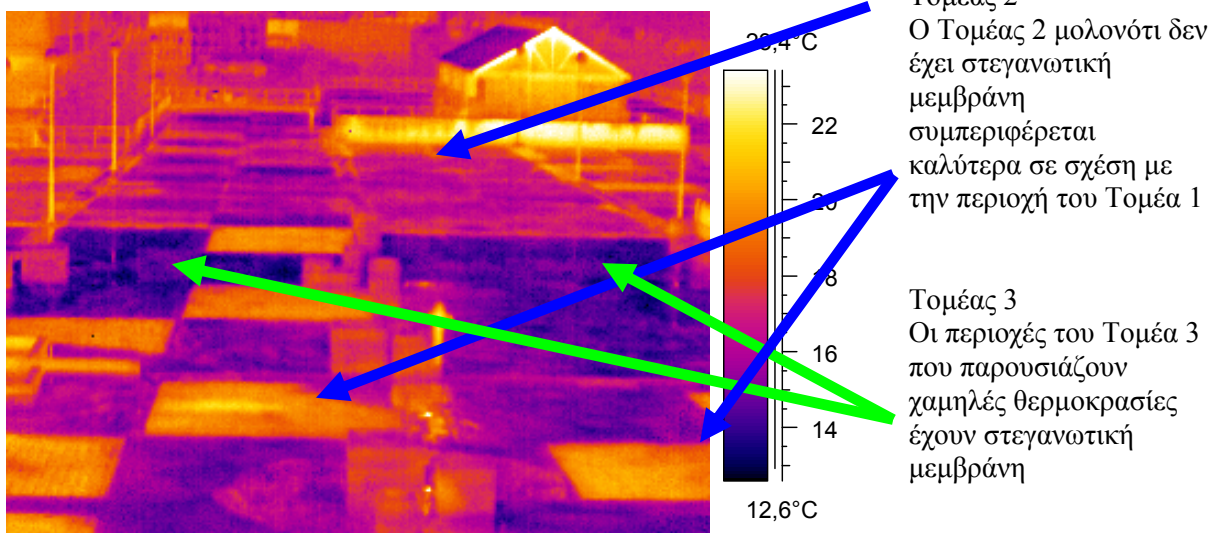


Εικόνα 5.11: Θερμογράφημα και αντίστοιχη εικόνα

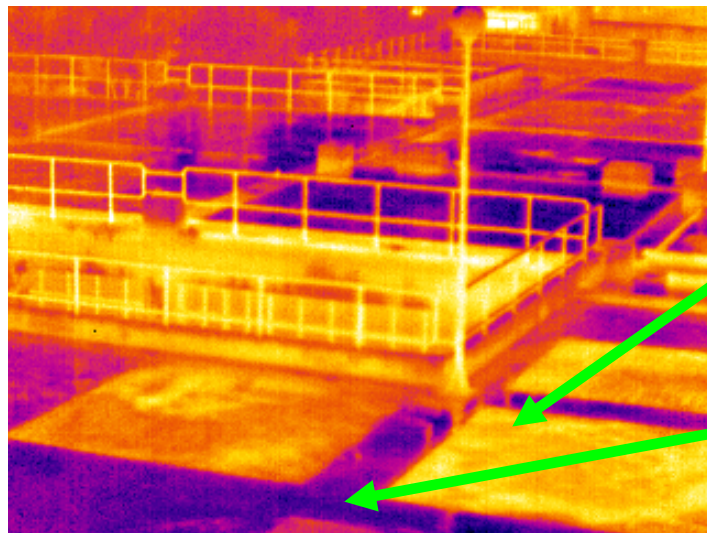


Εικόνα 5.12: Θερμογράφημα και αντίστοιχη εικόνα

5.2 Ανάλυση και ερμηνεία των θερμογραφήματων



Εικόνα 5.13: Ερμηνεία θερμογραφήματος

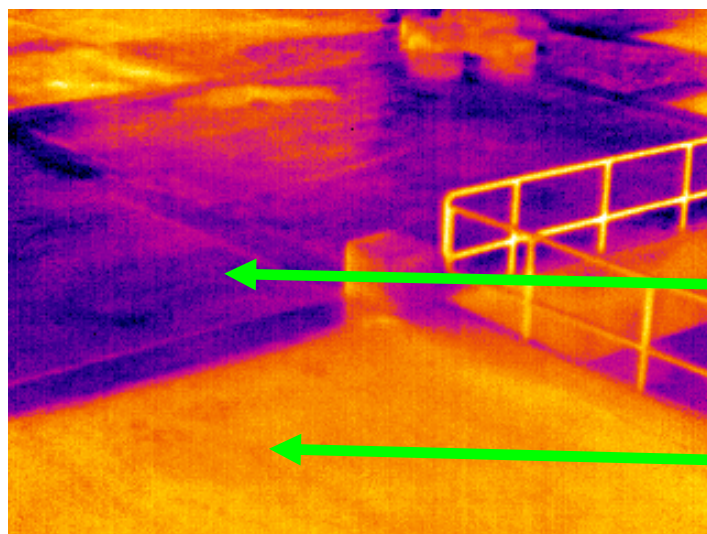


22,0°C
22
20
18
16
14
13,6°C

Τομέας 1
Οι περιοχές μπροστά από το θέατρο παρουσιάζουν υψηλές θερμοκρασίες όταν δεν έχουν στεγανωτική μεμβράνη. Στις περιοχές αυτές υπάρχει ισχυρή διήθηση νερού.

Τομέας 3
Περιοχές με στεγανωτική μεμβράνη

Εικόνα 5.14: Ερμηνεία θερμογραφήματος

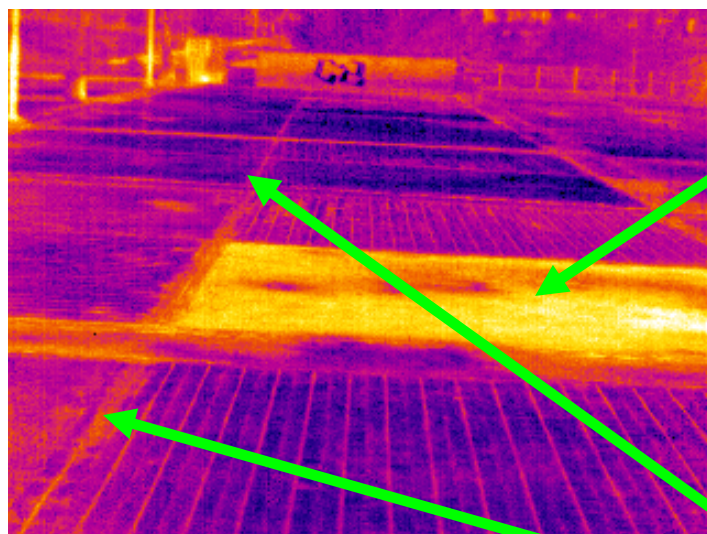


21,4°C
20
18
16
14
13,8°C

Τομέας 3
Περιοχή με στεγανωτική μεμβράνη

Τομέας 1
Περιοχή χωρίς στεγανωτική μεμβράνη

Εικόνα 5.15: Ερμηνεία θερμογραφήματος

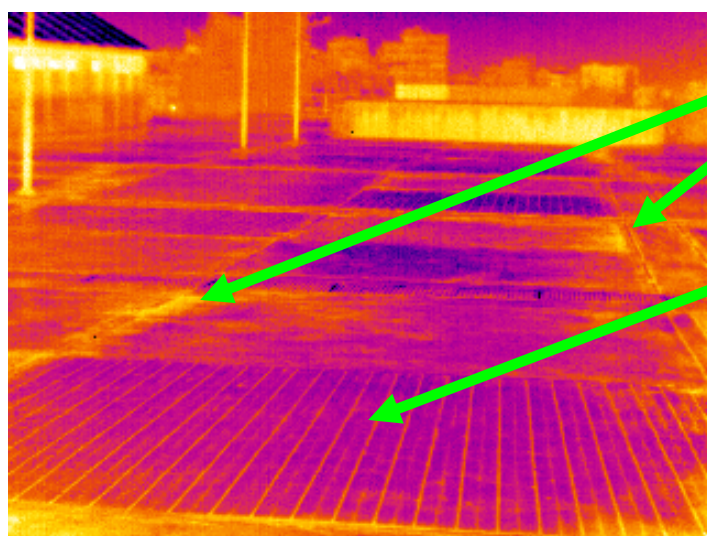


Τομέας 2

Επιφάνεια μπροστά από την βιβλιοθήκη σε περιοχή που έχει σχετικά καλή συμπεριφορά έναντι του νερού.

Στην συγκεκριμένη περιοχή παρουσιάζονται πολύ υψηλές θερμοκρασίες και εκτιμάται ότι εμφανίζει μεγάλη υδατοπερατότητα

Εικόνα 5.16: Ερμηνεία θερμογραφήματος



Τομέας 4

Στους αρμούς που το νερό έχει διηθηθεί παρουσιάζονται υψηλές θερμοκρασίες.

Στους ψευδοαρμούς επάνω στην επιφάνεια που το νερό έχει διηθηθεί πιο γρήγορα από την επιφάνεια (λόγω του έντονου πορώδους). Παρουσιάζονται υψηλές θερμοκρασίες.

Εικόνα 5.17: Ερμηνεία θερμογραφήματος

Από τα θερμογραφήματα προκύπτει ότι το ομοίωμα της θερμικής συμπεριφοράς του υλικού έναντι του νερού της βροχής, σε σχέση με την διαπερατότητα του υλικού, ταυτίζεται με τις εικόνες που έχουμε από την κατασκευή. Εκεί όπου αναπτύσσονται χαμηλές θερμοκρασίες (8-13°C) το υλικό έχει στεγανωτική μεμβράνη ενώ αντίστοιχα όπου το νερό έχει διηθηθεί και το υλικό εμφανίζεται σχετικά στεγνό παρουσιάζεται έντονο πορώδες και οι θερμοκρασίες του είναι υψηλότερες.

5.2.1 Άλλες παρατηρήσεις

Εκτός από την περιοχή που μελετήθηκε παρατηρήθηκε μεγάλη κατακράτηση νερού και στο άνω μέρος των πλατειών, μπροστά από το εστιατόριο, αλλά και κάτω από το υπαίθριο θέατρο.



Εικόνα 5.18: Εικόνες κατακράτησης νερού σε άλλα μέρη των πλατειών

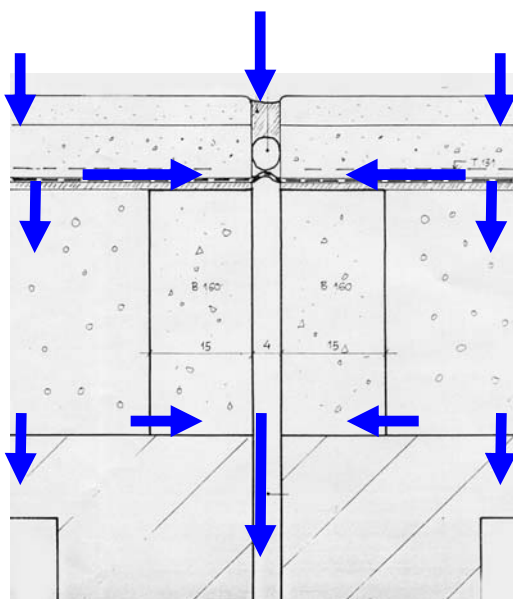
6 Συμπεράσματα

Από την ανωτέρω μελέτη διαπιστώθηκε ότι οι επιστρώσεις κατασκευής 2000-2001 (χωρίς στεγανωτική μεμβράνη) συμπεριφέρονται καλύτερα έναντι του κατακρημνιζόμενου νερού σε σχέση με τις επιστρώσεις κατασκευής 1979 (χωρίς στεγανωτική μεμβράνη).

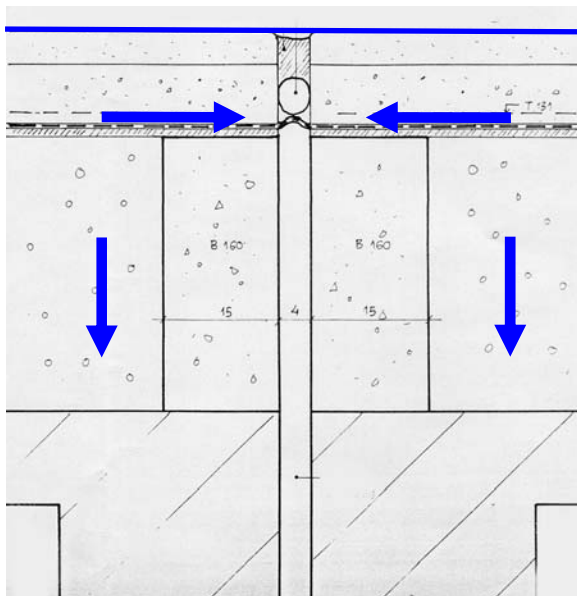
Γενικά καλύτερη συμπεριφορά έναντι του νερού έχει η περιοχή των επιστρώσεων κατασκευής 1979 με την στεγανωτική μεμβράνη.

Σύμφωνα με τα συμπεράσματα των μετρήσεων και με τις υποθέσεις του ομοιώματος διαπιστώνεται ότι το βιομηχανικό δάπεδο εμφανίζει σημαντική υδατοπερατότητα. Η υδατοπερατότητα αυξάνει όσο το υλικό υφίσταται γήρανση. Το νερό διηθείται διαμέσου των επιφανειών του βιομηχανικού δαπέδου και από ότι φαίνεται εγκλωβίζεται, δεν μπορεί να εξατμιστεί και οδεύει προς το κάτω μέρος της κατασκευής. Σημαντική διήθηση παρατηρείται μέσω των αρμών του βιομηχανικού δαπέδου.

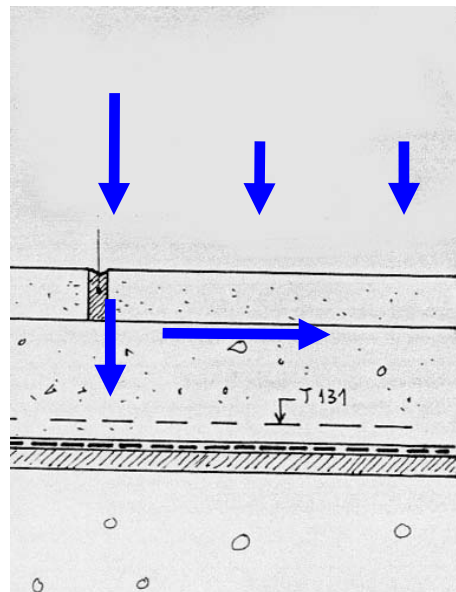
Η ταχύτητα της κίνηση του νερού εντός του υλικού παρουσιάζεται ποιοτικά ως διανυσματικό μέγεθος ως εξής:



Εικόνα 0.1: Τυπική τομή αρμού διαστολής και επιφανείας επιστρώσεων



Εικόνα 0.2: Τυπική τομή αρμού διαστολής και επιφανείας επιστρώσεων με υγρομονωτικό υλικό



Εικόνα 0.3: Τυπική τομή αρμού εργασίας

Παρ' όλο ότι λειτουργεί καλύτερα η επιφάνεια με στεγανωτική μεμβράνη από το απλό βιομηχανικό δάπεδο, δεν είναι βέβαιη η αποτελεσματικότητά της χωρίς προστασία. Παρατηρήθηκε ότι η συγκεκριμένη μεμβράνη, χωρίς προστασία, μπορεί να παρουσιάσει σε ορισμένα σημεία φθορά λόγω τριβής. Ομοίως δεν είναι γνωστή η συμπεριφορά της στο χρόνο.

Το πρόβλημα εντοπίζεται από τις μακροσκοπικές εικόνες των πλατειών μετά την βροχή. Η κατασκευή δεν οδηγεί το νερό το συγκρατεί και το οδηγεί μέσα στο υλικό. Η λύση του προβλήματος απαιτεί επανασχεδιασμό των επιφανειών, καινούργιες ρήσεις και προστατευόμενες μονωτικές στρώσεις.

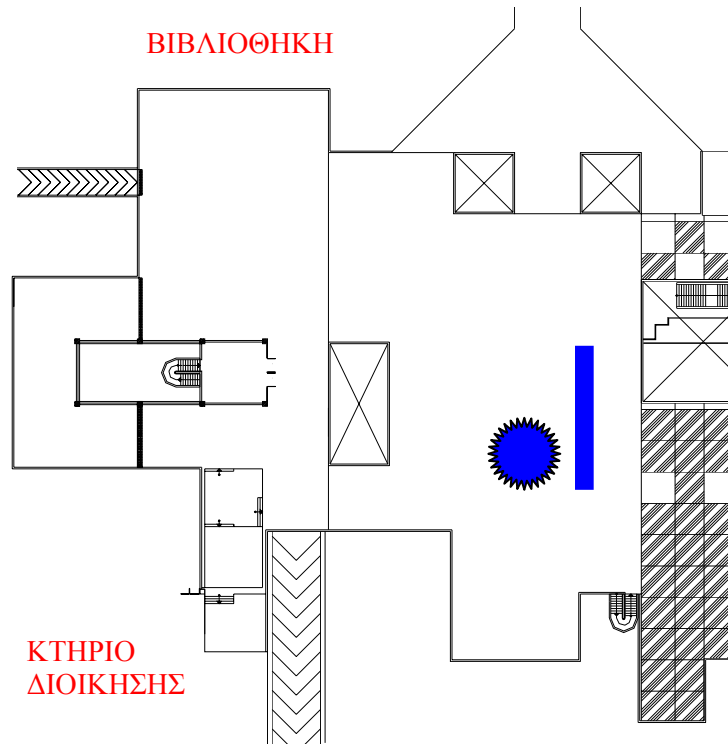




Εικόνα 0.4: Οι επιφάνειες των πλατειών μετά από βροχή

Έχει προταθεί στο νέο τμήμα να γίνει έντεχνη στεγανοποίηση στους αρμούς εργασίας των επιφανειών. Η λύση αυτή εκτιμάται ότι δεν θα αποτελέσει μόνιμη επίλυση των προβλημάτων της κατασκευής καθότι η υδατοπερατότητα θα αυξάνεται από τις επιφάνειες του βιομηχανικού δαπέδου με τον χρόνο.

Το καλοκαίρι του 2002 επιδιορθώθηκαν κατασκευαστικές ατέλειες στους αρμούς εργασίας και στους αρμούς διαστολής των επιστρώσεων που κατασκευάστηκαν το 1999-2001. Μετά τις επεμβάσεις, και κατά τις συστηματικές βροχοπτώσεις στα τέλη Αυγούστου και αρχές Σεπτεμβρίου του 2002, παρατηρήθηκε μείωση του ρυθμού ροής των υδάτων από την οροφή της κατασκευής.

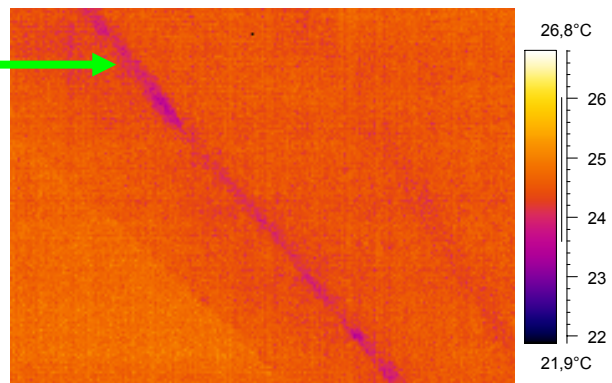
Στην περιοχή επέμβασης, την 5^η Σεπτεμβρίου 2002 το φαινόμενο παρουσιάστηκε με μειωμένη ένταση κυρίως στις εξής περιοχές:



-  Εμφάνιση νερού στο κάτω μέρος της κατασκευής κάτω από τον αρμό διαστολής
-  Περιοχή εμφάνισης νερού στο κάτω μέρος της κατασκευής μπροστά από το κέντρο δικτύων

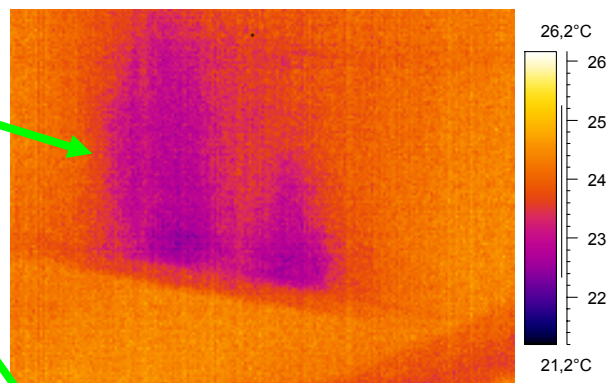
Εικόνα 0.5: Σημεία αστοχίας της κατασκευής (Σεπτέμβριος 2002)

Εμφάνιση νερού κάτω από τον
επισκευασμένο αρμό διαστολής
(5^η Σεπτεμβρίου 2002)

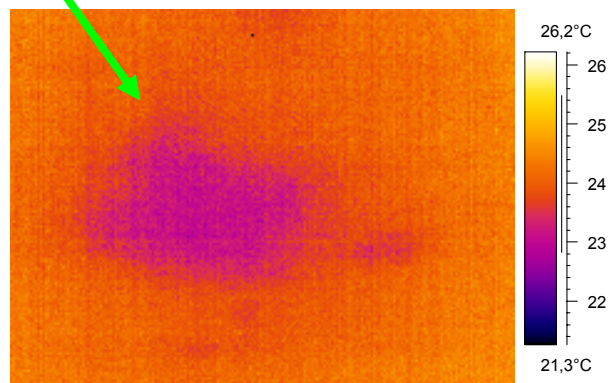


Εικόνα 0.6: Ερμηνεία θερμογραφήματος

Εμφάνιση νερού σε περιοχή της οροφής
μπροστά από το ΚΕΔ Ε.Μ.Π.
(5^η Σεπτεμβρίου 2002)



Εικόνα 0.7: Ερμηνεία θερμογραφήματος



Εικόνα 0.8: Ερμηνεία θερμογραφήματος

Οι παρατηρήσεις αυτές συμφωνούν και με την λογική του ομοιώματος καθότι αποδεικνύεται ότι η εισροή των υδάτων μέσα στην κατασκευή, δεν γίνεται μόνο από τους αρμούς διαστολής και αρμούς εργασίας της κατασκευής, αλλά και μέσω των οριζόντιων επιφανειών της κατασκευής.

6 Γενικό Συμπέρασμα

Η στεγανοποίηση των Πλατειών Κέντρου στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου έχει απορροφήσει μεγάλα κονδύλια σε διάφορες χρονικές περιόδους χωρίς επιτυχή αποτελέσματα.

Στην εργασία με την βοήθεια ομοιώματος και την συνδρομή της θερμογραφίας επιχειρείται η ερμηνεία του μηχανισμού κινήσεως των ομβρίων δια της κατασκευής.

Είναι βέβαιο ότι ο τρόπος απορροής των ομβρίων με επιφανειακές διαδρομές και προφανώς οι απαγορευτικές μικρές κλίσεις έχουν ως αποτέλεσμα τις αστοχίες των επεμβάσεων.

Το καταστρωθέν ομοίωμα και η συνδρομή της θερμογραφίας αποτελούν ένα ισχυρό εργαλείο για την ερμηνεία του φαινομένου.

Η επίλυση του προβλήματος δεν είναι εφικτή με σωστικές τοπικές παρεμβάσεις, αλλά απαιτούνται ριζικές λύσεις επαναπροσδιορισμού για την ολοκληρωτική θεραπεία του προβλήματος.

6 Βιβλιογραφία

ΕΛΟΤ 1364, Θερμομόνωση- Ανίχνευση θερμικών ανομοιομορφιών σε κελύφη κτηρίων-Μέθοδος υπέρυθρων ακτίνων, Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης ΑΕ

Κορωναίος Αιμ., Πουλάκος Γ., Τεχνικά Υλικά 2, εκδ. Ε.Μ.Πολυτεχνείο, Αθήνα 2002

Σπανός Χ., Σπιθάκης Μ., Τρέζος Κ., Μέθοδοι για την επιτόπου αποτίμηση των χαρακτηριστικών των υλικών, ΤΕΕ, Αθήνα 2002

ASTM D4788-88 Standard Test Method for Detecting Delaminations in Bridge Decks Using Infrared Thermography, 2001

Grinzato E., Vavilov V., Kauppinen T., Quantitative infrared thermography in buildings, Energy and Buildings 29, p. 1-9, 1998

Recktenwald G., Use of superposition to describe heat transfer from multiple electronic components, Mechanical Engineering Department, Portland, 2001

Haralambopoulos D. A. and G.F. Paparsenos, Assessing the thermal insulation of old buildings-the need for in situ spot measurements of thermal resistance and planar infrared thermography, Energy Convers, Mgmt Vol. 39, No ½, pp 65-79, 1998

Titman D. J., Applications of thermography in non-destructive testing of structures, NDT &E International 34 p.149-154, 2001

Sakagami T., Kubo S., Development of a new non- destructive testing technique for quantitative evaluations of delaminating defects in concrete structures based on phase delay measurement using lock- in thermography, Infrared physics & Technology, 43 p.311-316, 2002