



ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΓΡΑΦΙΑΣ

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ, ΤΕΧΝΙΚΕΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

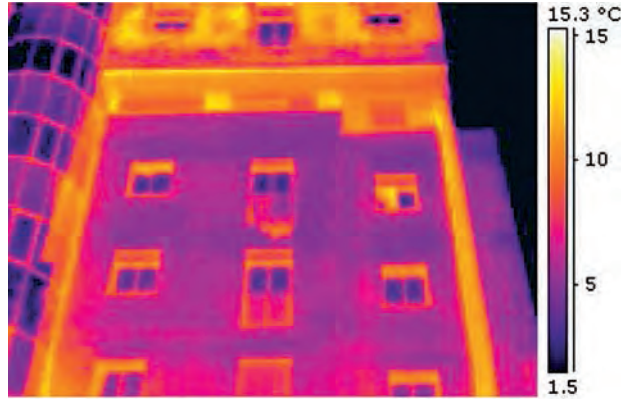
Η ΘΕΡΜΟΓΡΑΦΙΑ ΕΙΝΑΙ ΜΙΑ ΣΥΓΧΡΟΝΗ, ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΑΓΝΩΣΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ, ΕΝΩ ΟΙ ΚΥΡΙΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΑΦΟΡΟΥΝ ΣΤΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΥΠΑΡΞΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ.

Παρουσίαση:
ΧΡΗΣΤΟΣ ΠΕΤΡΙΔΗΣ, πολιτικός μηχανικός, MSc

Η θερμογραφία αποτελεί μια μη καταστροφική μέθοδο ανίχνευσης προβλημάτων, τα οποία αποκαλύπτονται μέσω της εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας. Στις κτιριακές κατασκευές βρίσκει κυρίως εφαρμογή στη διάγνωση προβλημάτων, που σχετίζονται με ενεργειακές απώλειες ή φαινόμενα υγρασίας. Τα δομικά στοιχεία, όπως όλα τα σώματα, εκπέμπουν θερμική ακτινοβολία στο υπέρυθρο τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, ενώ το μήκος κύματος που εκπέμπεται εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Η θερμογραφία (ή η υπέρυθρη φωτογράφιση) καταγράφει τη μεταβολή της επιφανειακής ακτινοβολίας και όχι τη θερμοκρασία μιας επιφάνειας, ενώ η απεικόνιση του

θερμικού σήματος (θερμογράφημα) σκιαγραφεί τις θερμικές απώλειες και αποδίδει τη θερμική εικόνα, η οποία χρησιμοποιείται από τον μηχανικό για τη διάγνωση ή πρόβλεψη προβλημάτων. Η θερμοκάμερα, το εργαλείο που υλοποιεί συνήθως τη θερμογραφία, είναι στην ουσία ένας θερμικός αισθητήρας με ικανότητα να εντοπίζει εμμέσως ακόμη και πολύ μικρές διαφορές θερμοκρασίας και να τις απεικονίζει σε μια εικόνα με χρωματική απόδοση που επιτρέπει τη μετάφρασή της (μπλε = ψυχρό, κόκκινο = θερμό).

Η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια καταλαμβάνει ένα μεγάλο ποσοστό του ενεργειακού ισοζυγίου των ανεπτυγμένων



Η συσχέτιση της θερμικής ακτινοβολίας με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος επιτρέπει την εξαγωγή βαθμονομημένων θερμικών εικόνων.



Αρκετές σύγχρονες συσκευές κινητής τηλεφωνίας διαθέτουν ενσωματωμένες θερμικές κάμερες και αντίστοιχο λογισμικό.



Οι θερμοκάμερες διατίθενται στην αγορά από αρκετούς πλέον κατασκευαστές, με τις τιμές να κυμαίνονται σε προσιτά επίπεδα και τις δυνατότητες ολοένα να αυξάνονται.

κρατών, ενώ ειδικότερα οι ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη αποτελούν τις βασικές ενεργειακές ανάγκες μιας μέσης κατοικίας. Χαρακτηριστικά, ωστόσο, η ελλιπής θερμομονωτική προστασία ευθύνεται για το μεγαλύτερο μέρος των ενεργειακών απωλειών, ενώ μαζί με τα διάφορα φαινόμενα υγρασίας αποτελούν δύο από τα βασικότερα προβλήματα, που ταλαιπωρούν τα υφιστάμενα κτίρια, αναδεικνύοντας έτσι τη θερμογραφία ως ένα χρήσιμο εργαλείο στα χέρια του μηχανικού.

Εφαρμογές της θερμογραφίας

Η θερμογραφία βρίσκει μεγάλο πλήθος εφαρμογών στα κτίρια, βοηθώντας το μηχανικό:

- να ανιχνεύσει βλάβες που σχετίζονται με τη θερμομόνωση των κατασκευών, τις ενεργειακές απώλειες και την εμφάνιση υγρασίας,
- να προβλέψει αντίστοιχα προβλήματα, παρατηρώντας τη ροή της θερμικής ακτινοβολίας στη θερμική εικόνα και ενδεχομένως να αποτρέψει την εμφάνισή τους,
- να σχεδιάσει την ενεργειακή αναβάθμιση μιας κατασκευής, έχοντας εποπτική και ρεαλιστική εικόνα της υφιστάμενης κατάστασης και
- να αποτιμήσει μια ενεργειακή αναβάθμιση μέσω της θερμικής εικόνας.

Παράλληλα, συναντώνται στην πράξη και αρκετές πιο εξειδικευμένες εφαρμογές, οι οποίες ενδιαφέρουν το μηχανικό αλλά δεν κατηγο-

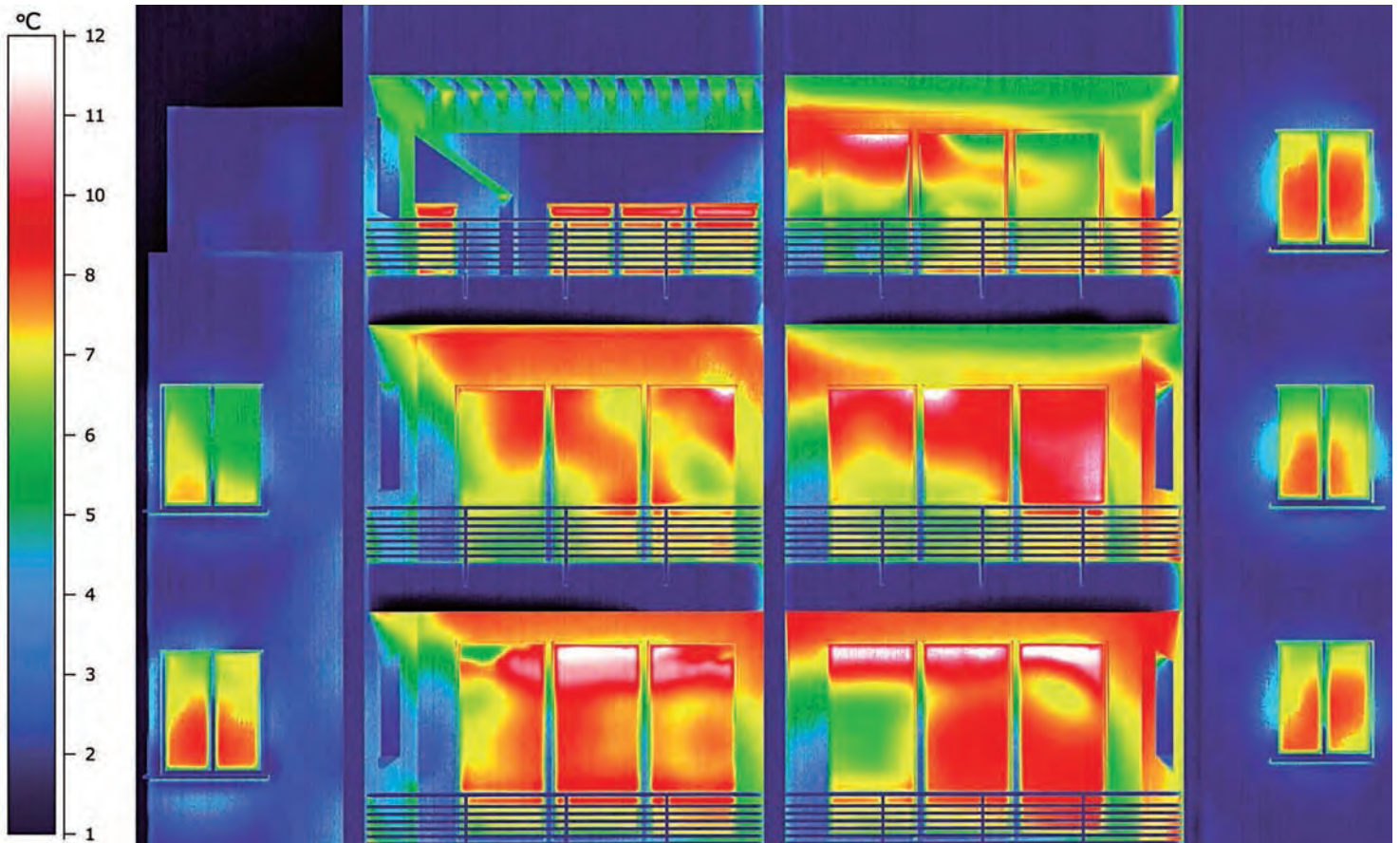
ριοποιούνται και αρκετές φορές αποτελούν προϊόν της κριτικής σκέψης του μηχανικού. Ενδεικτικά αναφέρεται η χρήση της θερμογραφίας στην ανίχνευση προβλημάτων διαρροής γύρω από πισίνες, σε παρακείμενες του κτιρίου κατασκευές και γενικότερα σε υδραυλικά και αποχετευτικά δίκτυα, η χρήση σε χώρους μουσείων με σκοπό την παρακολούθηση της θερμοκρασίας και η χρήση με σκοπό τη μέτρηση της απόδοσης ηλεκτρομηχανολογικών εξοπλισμών.

Διάγνωση προβλημάτων στα κτίρια

Η συνηθέστερη εφαρμογή της θερμογραφίας αφορά στη διάγνωση προβλημάτων στις κτιριακές κατασκευές.

- Η υπέρυθρη θερμογραφία μπορεί με ευκολία να ανιχνεύσει **ελλιπή ή κατεστραμμένη θερμομόνωση** σε μία κατασκευή. Ο έλεγχος γίνεται συνήθως τόσο από το εσωτερικό, όσο και από το εξωτερικό του κτιρίου. Καλύτερα αποτελέσματα παρέχει ο εσωτερικός έλεγχος, καθώς επηρεάζεται προφανώς λιγότερο από εξωτερικούς παράγοντες. Ωστόσο η γενικότερη εποπτεία και κατανόηση του κτιρίου επιτυγχάνεται με τη λήψη θερμικών εικόνων εξωτερικά και σε συγκεκριμένη απόσταση από την κατασκευή. Κάθε τύπος θερμομόνωσης παρουσιάζει ιδιαίτερο μοτίβο, ενώ η θερμική εικόνα αποκαλύπτει την ύπαρξη, τη διαμόρφωση και την απόδοση της θερμομόνωσης.

- Ένα σημείο ιδιαίτερου ενδιαφέροντος αποτελούν οι **αρμοί** ανάμεσα στα επί μέρους στοιχεία της θερμομόνωσης. Η θερμογραφία αποκαλύπτει ενδεχόμενα κενά και παραλείψεις στην αρμολόγηση, καθώς η αυξημένη ροή της θερμότητας φαίνεται να σχεδιάζει το περίγραμμα των μονωτικών στοιχείων στην περίπτωση ύπαρξης κενών, όπως αυτά αποτυπώνονται στη θερμική εικόνα. Η ενεργειακή απώλεια μέσω των αρμών εντοπίζεται εύκολα από το θερμογράφημα λόγω της έντονης διαφοροποίησης σε σχέση με τα γειτονικά στοιχεία.
- Οι κακοτεχνίες και οι κατασκευαστικές αδυναμίες οδηγούν στη διαμόρφωση επιφανειών επί του κτιριακού κελύφους, οι οποίες παρουσιάζουν μειωμένη θερμική αντίσταση, τις γνωστές ως **θερμογέφυρες**. Συνηθέστερα εντοπίζονται στα σημεία ασυνέχειας της θερμομόνωσης ή στις συνδέσεις μεταξύ διαφορετικών δομικών στοιχείων ή δομικών στοιχείων διαφορετικού πάχους. Όπως και στην περίπτωση των αρμών, που πρακτικά αποτελούν υποκατηγορία των θερμογεφυρών, η ανίχνευση είναι εύκολη μέσω της θερμικής εικόνας, καθώς παρουσιάζουν έντονη αντίθεση σε σχέση με τα γειτονικά στοιχεία. Η οπτικοποίηση της θερμικής ακτινοβολίας με εύρος χρωμάτων σκιαγραφεί με μεγάλη ακρίβεια τις θέσεις των θερμογεφυρών και υποδεικνύει στο μηχανικό τα σημεία, τα οποία χρειάζονται επέμβαση.



Τα δομικά στοιχεία της κατασκευής διαβαθμίζονται χρωματικά, ανάλογα με τη θερμική ακτινοβολία που εκπέμπουν, αποκαλύπτοντας τις ενεργειακές απώλειες.

- Σημείο ενδιαφέροντος για το μηχανικό απο-τελεί επίσης η **εκροή ή εισροή αέρα** από και προς το εσωτερικό του κτιρίου. Η θερμο-γραφία είναι σε θέση να αποτυπώσει αυτή την κίνηση του αέρα, ωστόσο η λήψη και η επεξήγηση της θερμικής εικόνας είναι μά-λλον δυσκολότερη σε σχέση με άλλες περι-πτώσεις. Ιδανικά, το δυναμικό φαινόμενο της διαρροής αέρα εντείνεται με χρήση ει-δικών ανεμιστήρων (θύρα υπερπίεσης), υποβοηθώντας την ανάπτυξη του φαινομέ-νου με σκοπό την καταγραφή του μέσω θερμικής κάμερας.
- Ο εντοπισμός της **υγρασίας** με χρήση θερμογραφικών τεχνικών είναι συνήθως εφικτός λόγω των ιδιοτήτων του νερού. Συγκεκριμένα, το νερό χαρακτηρίζεται από θερμική αγωγιμότητα και υψηλή θερμοχωρητικότητα, διαφοροποιώντας έτσι τη θερμική εικόνα στις περιοχές στις οποίες εμφανίζεται υγρασία. Ωστόσο, αυξημένη δυσκολία εμφανίζει η ανίχνευση της πηγής της υγρασίας. Η ύπαρξη κάποιας διαρροής και γενικότερα η εισροή υδάτων γίνεται αντιληπτή είτε με χρήση θερμοκάμερας είτε παρακολουθώντας τη διαδρομή του νερού. Η συμπύκνωση των υδρατμών ανιχνεύεται με χρήση θερμοκάμερας, εντοπίζοντας την κίνηση θερμού αέρα προς κάποια ψυχρή επιφάνεια, καθώς αυτή η επιφάνεια είναι εύκολα ανιχνεύσιμη.



Η χρήση λογισμικού επιτρέπει την ανάλυση και ερμηνεία των θερμικών εικόνων, καθώς και την αυτοματοποιημένη εξαγωγή τεχνικών εκθέσεων.

ΚΥΡΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΓΡΑΦΙΑΣ	
Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Μη καταστρεπτική μέθοδος.	Σχετικά υψηλό κόστος.
Ταχύτητα εκτέλεσης αυτοψίας.	Απαιτεί καλή γνώση χειρισμού και προσοχή.
Εντοπισμός βλάβης πριν από την εκδήλωσή της.	Επηρεάζεται από περιβαλλοντικές συνθήκες.
Χρήση σε δυσπρόσιτα σημεία του κτιρίου.	Εντοπίζει μόνο επιφανειακές θερμοκρασίες.
Λειτουργία σε σκοτεινές περιοχές / σημεία.	Εντοπίζει την υγρασία μόνο υπό κατάλληλες συνθήκες.

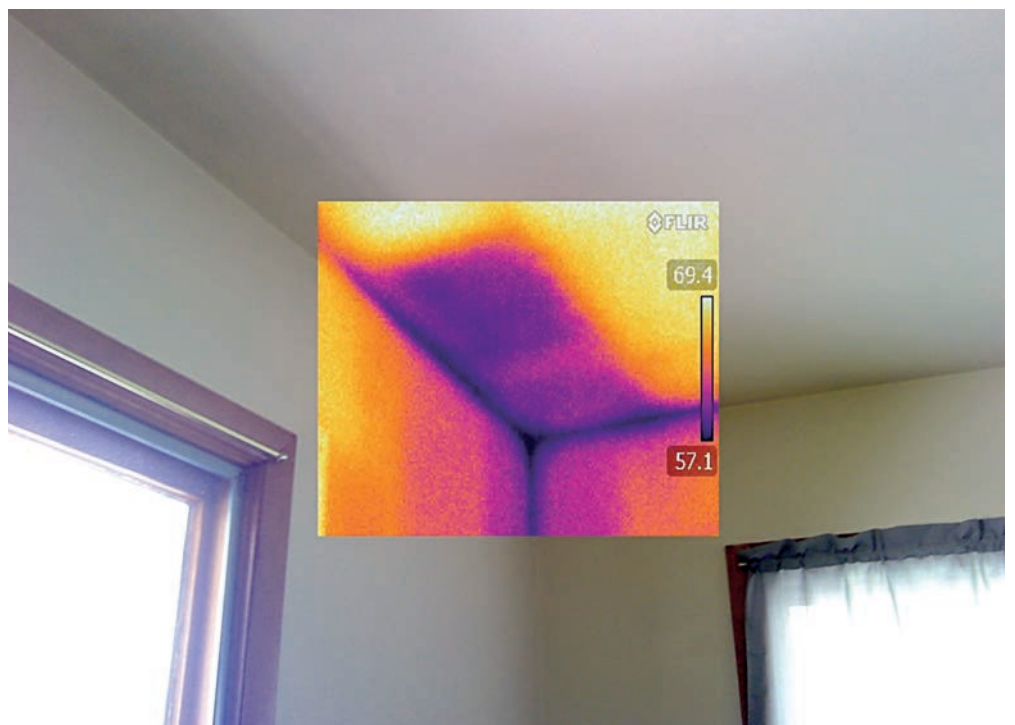
ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΛΙΚΩΝ		
Υλικό	Αγωγιμότητα [W/(m·K)]	Θερμοχωρητικότητα [kJ/(kg·K)]
Χαλκός	380,00	0,38
Αλουμίνιο	160,00	0,88
Χάλυβας	50,00	0,45
Πάγος	2,20 - 2,30	2,00
Μάρμαρο	3,50	1,00
Οπτοπλινθοδομή	0,45 - 0,64	1,00
Γυαλί	1,00	0,75
Σκυρόδεμα άοπλο	1,15 - 1,35	1,00
Σκυρόδεμα οπλισμένο	2,30 - 2,50	1,00
Νερό	0,60	4,18
Ξύλο	0,12 - 0,21	1,60
Υαλοβάμβακας	0,035 - 0,041	0,84
Αέρας	0,025	1,01

ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΓΡΑΦΙΑΣ ΣΤΗ ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ	
Εφαρμογές	Διάγνωση προβληματικών σημείων
Ενεργειακά	<ul style="list-style-type: none"> Κατεστραμμένη θερμομόνωση. Αρμοί θερμομονωτικού υλικού. Θερμογέφυρες. Εκροή / εισροή αέρα.
Υγρασία	<ul style="list-style-type: none"> Εμφάνιση υγρασίας στα δομικά στοιχεία. Εισροή / διαρροή υδάτων. Συμπύκνωση υδρατμών. Σημείο δρόσου.
Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις	<ul style="list-style-type: none"> Ενδοδαπέδια θέρμανση. Καλωδιώσεις. Διανομή φορτίου στον ηλεκτρολογικό πίνακα. Απώλειες μηχανολογικών εγκαταστάσεων.
Άλλες περιπτώσεις	<ul style="list-style-type: none"> Επιθεώρηση "δύσβατων" περιοχών. Διαρροές σε πισίνες. Επιθεώρηση φωτοβολταϊκών συστημάτων. Παρακολούθηση θερμοκρασίας χώρων.



Η χρήση μη επανδρωμένων αεροχημάτων διευκολύνει τη μακροσκοπική θερμική χαρτογράφηση κτιριακών συνόλων.

- Οι ιδιότητες του νερού διευκολύνουν την αντίχρυση σημείων **εισροής υδάτων και διαρροής υδάτων** στα κτίρια. Συνήθως, η διαφοροποίηση που προκαλούν αυτά τα φαινόμενα στη θερμική εικόνα είναι ικανή να αναδείξει την πηγή του νερού, ακόμη και σε περιπτώσεις που δεν έχει εμφανιστεί πρόβλημα υγρασίας. Ωστόσο, δεδομένου ότι το θερμογράφημα αποτυπώνει επιφανειακές θερμοκρασίες, είναι λογικό είτε να μη γίνεται πάντα ορατή η βλάβη στη γένεσή της είτε να γίνεται ορατή λίγο πριν από την επιφανειακή έξαρσή της. Η διάγνωση στηρίζεται αρκετές φορές στις ιδιότητες του νερού, όπως προαναφέρθηκαν. Για παράδειγμα, η ύπαρξη παγιδευμένης υγρασίας στο δώμα μιας κατασκευής γίνεται αντιληπτή το βράδυ, τις μεταμεσονύκτιες ώρες, μετά από μια ηλιόλουστη ημέρα όταν έχει εκτονωθεί προς το περιβάλλον η θερμότητα που έχει συσσωρευθεί από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας τότε η περιοχή με ύπαρξη υγρασίας απεικονίζεται θερμότερη λόγω της θερμοχωρητικότητας του νερού. Η διάγνωση κατ' αυτόν τον τρόπο δύναται να υποδείξει την ακριβή τοποθεσία μιας βλάβης στο δώμα και κατ' επέκταση να ληφθούν τοπικά μέτρα, εξοικονομώντας αισθητά σε σχέση με μια καθολική επέμβαση.
- Η **συμπύκνωση των υδρατμών** στις κατοικίες είναι ένα ανεπιθύμητο φαινόμενο, κα-



Η ύπαρξη υγρασίας εμφανίζεται στο θερμογράφημα, διευκολύνοντας στον εντοπισμό του προβληματικού σημείου.



Η θερμογραφία χρησιμοποιείται για τη διάγνωση δυσλειτουργίας των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων.

Τα φυσικά χαρακτηριστικά του νερού διαφοροποιούν τη θερμική ακτινοβολία των επιφανειών που έχουν προσβληθεί από υγρασία και μαρτυρούν την παρουσία του νερού στο θερμογράφημα.



θώς συνεπάγεται συσσώρευση νερού στις δομικές επιφάνειες και προκαλεί φθορές όπως φουσκώματα επιχρισμάτων, αποκολλήσεις του φλοιού των χρωμάτων, ανάπτυξη μούχλας κτλ. Η θερμοκρασία, στην οποία μια συγκεκριμένη ποσότητα αέρα υπό σταθερή πίεση δεν μπορεί να συγκρατήσει άλλους υδρατμούς, με αποτέλεσμα η σχετική υγρασία να είναι 100%, ονομάζεται **σημείο δρόσου**. Η θερμογραφία, ως τεχνική, δύναται τόσο να εντοπίσει, όσο και να προβλέψει το φαινόμενο. Συγκεκριμένα, τα σύγχρονα όργανα με δεδομένα τη σχετική υγρασία και τη θερμοκρασία περιβάλλοντος σημειώνουν ισόθερμες περιοχές, με θερμοκρασίες χαμηλότερες από το σημείο δρόσου.

- Η θερμογραφία, με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού, εκτός από τη δομική φθορά, αποτιμά και τις **ενεργειακές απώλειες** των κτιρίων, οι οποίες μεταφράζονται σε οικονομικούς όρους. Η μέτρηση της ενεργειακής απώλειας πριν από το σχεδιασμό μιας αναβάθμισης και η ανίχνευση των οδών, που επιτρέπουν τη διαφυγή ή εισροή θερμότητας, πραγματοποιούνται με τη χρήση θερμοκάμερας, η οποία διασφαλίζει την επιτυχία του σχεδιασμού και βοηθά στην ιε-

Η θερμικές εικόνες αποτελούν την ακτινογραφία του κτιρίου ως προς τις ενεργειακές απώλειες.

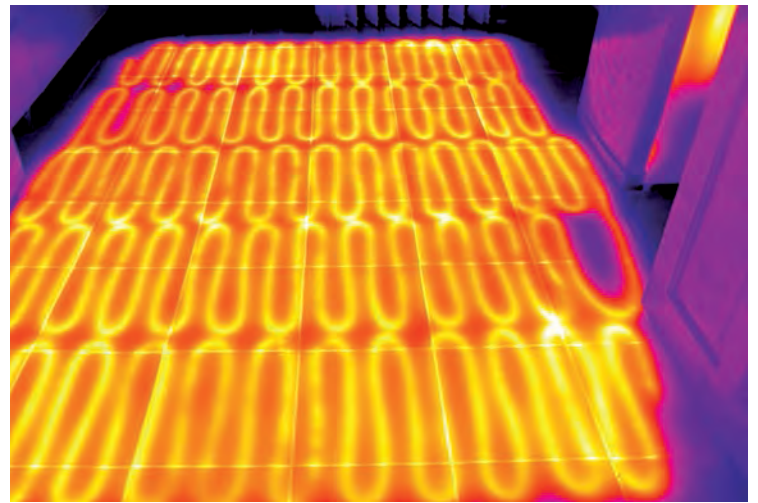




Ο εντοπισμός της διαφυγής ή εισροής αέρα διευκολύνεται, εντείνοντας το φαινόμενο με τη χρήση ειδικού ανεμιστήρα και δημιουργώντας διαφορά πίεσης μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού χώρου του κτιρίου.



Οι θερμικές εικόνες αποκαλύπτουν "κρυμμένα" δομικά στοιχεία, όταν αυτά βρίσκονται κοντά στην εξεταζόμενη επιφάνεια και διαφοροποιούν τη θερμική ακτινοβολία.



"Δύσβατες" περιοχές εντός του κτιρίου, όπως τα συστήματα ενδοδαπέδιας θέρμανσης, επιθεωρούνται αποτελεσματικά με χρήση θερμογραφικών μεθόδων.

ράρχηση των σημείων που χρειάζονται αναβάθμιση. Αντίστοιχα, η θερμογράφηση χρησιμοποιείται και για την αποτίμηση εκ των υστέρων της ενεργειακής αναβάθμισης.

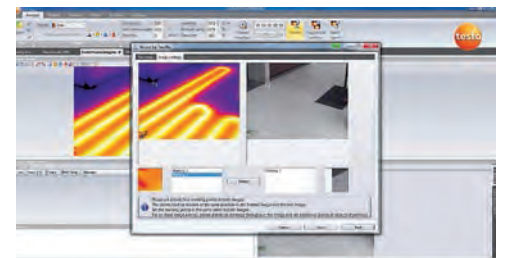
- Η χρήση της θερμογραφίας βοηθά το μηχανικό να επιθεωρήσει **δύσβατες περιοχές** του κτιρίου, με μόνη προϋπόθεση τη δυνατότητα λήψης της αντίστοιχης θερμικής εικόνας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η **ενδοδαπέδια θέρμανση**, μια "δυσπρόσιτη" περιοχή, η οποία χαρακτηρίζεται από έντονη θερμική ακτινοβολία. Το θερμογράφημα σκιαγραφεί επακριβώς τη θέση του συστήματος θέρμανσης και η αντίστοιχη χρωματική απεικόνιση επιτρέπει την αποτίμηση της απόδοσης και ορθής λειτουργίας του συστήματος, μια διαδικασία πιθανώς χρονοβόρα ή αδύνατη χωρίς τη χρήση θερμογραφικών μεθόδων.
- Ο **ηλεκτρολογικός εξοπλισμός** των κτιρίων επιθεωρείται, αντίστοιχα με το κέλυφος της κατασκευής, με τη χρήση θερμογράφησης. Η θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται αναδεικνύει προβλήματα ανεπαρκούς σύνδεσης των καλωδίσεων και αποτυπώνει τη διανομή του φορτίου στον ηλεκτρολογικό πίνακα, χωρίς να απαιτείται επαφή. Ομοίως, οι **μη-**

χανολογικές εγκαταστάσεις του κτιρίου ελέγχονται ως προς απώλειες και φθορές με τη χρήση θερμοκάμερας.

- Τα **φωτοβολταϊκά συστήματα** ελέγχονται ταχύτητα με τη χρήση της θερμογραφίας. Συγκεκριμένα, εντοπίζονται τα θερμά σημεία επί των συστημάτων, τα οποία αποτελούν αιτίες μειωμένης απόδοσης και τεκμηριώνεται η μελέτη αντικατάστασης. Στις περιπτώσεις φωτοβολταϊκών πάρκων, χωρίς να αποκλείεται η αντίστοιχη εφαρμογή στα κτιριακά έργα, είναι δυνατή η εγκατάσταση θερμογραφικών συστημάτων παρακολούθησης της απόδοσης και διάγνωσης δυσλειτουργίας. Φυσικά, είναι δυνατή και η επιθεώρηση όλων των ηλεκτρολογικών πινάκων του συστήματος με τη λήψη θερμικής εικόνας.

Τεχνικές και περιορισμοί στη χρήση θερμογραφίας

Η θερμογραφία υλοποιείται στην πράξη με τη χρήση θερμοκάμερας και υπόκειται σε ορισμένους άτυπους κανόνες και περιορισμούς. Ιδανικά, η μέτρηση πραγματοποιείται έχοντας διασφαλίσει θερμοκρασιακή διαφορά τουλάχιστον



Η διάγνωση προβλημάτων με χρήση θερμογραφίας συμπληρώνεται με τη χρήση αντίστοιχου λογισμικού.



Πρόσθετα εξαρτήματα μετατρέπουν πλέον τα "έξυπνα" κινητά τηλέφωνα σε θερμικές κάμερες, χωρίς ιδιαίτερους περιορισμούς ως προς τις δυνατότητες που παρέχουν.

χιστον 10°C μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού του κτιρίου, η οποία επιτυγχάνεται με φυσικό τρόπο τις ώρες θερμοκρασιακών μεταβολών (ανατολή ή δύση ηλίου) ή τεχνητά μέσω συνεχούς ψύξης (νότιες χώρες) ή θέρμανσης (βόρειες χώρες) των εσωτερικών χώρων. Επίσης, προτιμώνται ηλιόλουστες ημέρες για τις νότιες χώρες, όπως η Ελλάδα (ημέρες με νέφωση για τις βόρειες) και αποφεύγονται οι ημέρες με βροκόπτωση και άνεμο, διασφαλίζοντας έτσι την ελαχιστοποίηση της επιρροής των εξωτερικών συνθηκών. Ωστόσο, η θερμογραφία δεν λαμβάνεται κατά τη διάρκεια της ημέρας, όταν ο ήλιος θα "βλέπει" την εξεταζόμενη επιφάνεια, διότι τότε θα δώσει λανθασμένη εικόνα, καθώς αυτή θα επηρεάζεται από τις ηλιακές θερμικές προσόδους (εξωτερική πηγή θερμότητας). Αντιθέτως, πρέπει να ληφθεί αργά τη νύχτα, όταν θα έχει εκτονωθεί όλη η θερμότητα που έχει συκρατηθεί λόγω θερμοχωρητικότητας. Ακόμη, κατά τη διάρκεια της λήψης δεν πρέπει η εξεταζόμενη επιφάνεια να επηρεάζεται από κάποια πηγή θερμότητας, διότι και πάλι θα δώσει παραπλανητική εικόνα. Στην περίπτωση μέτρησης της εκροής αέρα η μέτρηση οφείλει να πραγματοποιείται από την πλευρά της αρνητικής πίεσης, πιθανώς και με τεχνητή ενίσχυση (θύρες υπερπίεσης). Για τον εντοπισμό υγρασίας, μια αποτελεσματική

στρατηγική είναι η τεχνητή μεταβολή της θερμοκρασίας του κτιρίου. Το νερό διέπεται από υψηλή θερμοχωρητικότητα σε σχέση με τα στερεά δομικά υλικά και συνεπώς αδρανεύει στη μεταβολή της θερμοκρασίας, επιτρέποντας την ανίχνευσή του στη θερμική εικόνα.

Σύγχρονες τεχνολογίες

Η ραγδαία τεχνολογική εξέλιξη έχει διαμορφώσει και τη σύγχρονη εφαρμογή της θερμογραφίας. Το βασικότερο εργαλείο, οι θερμοκάμερες, συνδέονται πλέον ασύρματα με τους υπολογιστές και με κατάλληλο λογισμικό αποτυπώνουν και ερμηνεύουν τις θερμικές εικόνες στην οθόνη του υπολογιστή. Συγκεκριμένα, η ερμηνεία αφορά κυρίως στον εντοπισμό θερμογεφυρών, στον υπολογισμό της επί μέρους επιφανειακής θερμοκρασίας των δομικών στοιχείων και, όπως εξηγήθηκε, στον υπολογισμό του σημείου δρόσου. Οι πιο εξελιγμένες θερμοκάμερες παρέχουν τη δυνατότητα καταγραφής βίντεο, ενώ πρόσθετα εξαρτήματα μετατρέπουν πλέον τα "έξυπνα" κινητά τηλέφωνα (smartphones) σε θερμικές κάμερες, αξιοποιώντας τη φωτογραφική μηχανή των τηλεφώνων. Κατά περίπτωση (π.χ. σε δύσβατες περιοχές) γίνεται χρήση μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων (unmanned aerial vehicles) για την απόκτηση θερμικών εικόνων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Balaras C., Argiriou A., **Infrared thermography for building diagnostics**, Energy and Buildings, Elsevier, 2002.
- FLIR, **Measuring energy waste in buildings using thermography**, Τεχνικό φυλλάδιο.
- FLIR, **Thermal imaging for building diagnostics**, Τεχνικό φυλλάδιο.
- FLIR, **Thermal imaging guidebook for building and renewable energy applications**, Τεχνικό φυλλάδιο.
- Mellanby J., **Measuring energy waste in buildings using thermography**, EngineerIT, 2013.
- Ple u R., Teodoriu G., Tăranu G., **Infrared thermography applications for building investigation**, Bulletin of the Polytechnic Institute of Jassy, 2012.
- Snell J., Spring R., **Nondestructive testing of building envelope systems using infrared thermography**, Snell Infrared Montpellier, 2002.
- Usamentiaga R., Venegas P., Guerediaga J., Vega L., Molleda J., Bulnes F., **Infrared thermography for temperature measurement and non-destructive testing**, Sensors Journal, 2014.
- Vavilov V.P., **A pessimistic view of the energy auditing of building structures with the use of infrared thermography**, Russ. J. of Nondestructive Testing, 2010.
- Wild W., **Application of infrared thermography in civil engineering**, Proc. Estonian Acad. Sci. Eng., 2007.
- Γκούμας Ι., monoiseigoumas.gr/thermografia-thermografikos-elegchos, Τεχνικές οδηγίες, 2018.

ΣΧΕΤΙΚΑ ΑΡΘΡΑ ΣΤΟ "ΚΤΙΡΙΟ"

- **Θερμομόνωση κελύφους. Η θέση της θερμομόνωσης & η επίδρασή της στις θερμικές απώλειες λόγω θερμογεφυρών.**
Τεύχος 8/2015, σελ. 71.
- **Διαχείριση υγρασίας.**
Τεύχος 7/2013, σελ. 81.

ΣΧΕΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

- στον **"ΟΔΗΓΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ 2019"** και
- στην ιστοσελίδα www.ktirio.gr