

## EMERGENCY earthMODULE AFTER A NATURAL DISASTER

### *Πρότυπη μονάδα στέγασης με φυσική δόμηση για την αντιμετώπιση έκτακτων καταστάσεων*

*Μουσουράκης Απόστολος<sup>1</sup>, Ανδρεσάκης Γεώργιος<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> «πηλΟίκο», Αστική μη κερδοσκοπική εταιρεία, Αвт. Γιάνναρη 13, 73100, Χανιά, Τηλ. 28120-23677, Email: [pilikoteam@gmail.com](mailto:pilikoteam@gmail.com).

Τα τελευταία χρόνια μια σειρά από παράγοντες όπως η κλιματική αλλαγή και η έντονη αστικοποίηση μεγάλων περιοχών στον πλανήτη μας έχει επιδεινώσει δραματικά τα αποτελέσματα των φυσικών καταστροφών επάνω στον άνθρωπο και τις υποδομές. Εκτός από τις φυσικές καταστροφές διάφοροι ανθρωπογενείς παράγοντες όπως οι περιφερειακοί πόλεμοι και τα έντονα μεταναστευτικά κύματα έχουν αναδείξει την έκτακτη στέγαση μεγάλων πληθυσμιακών ομάδων σε σημαντικό σύγχρονο πρόβλημα της παγκόσμιας κοινότητας. Επιστημονικές ομάδες από διαφορετικές ειδικότητες και κλάδους σε συνεργασία με αρμόδιους φορείς και διεθνείς οργανισμούς έχουν επικεντρωθεί σε μια μεγάλη προσπάθεια εξεύρεσης λύσεων για την αποκατάσταση των ζημιών και την προσωρινή ή μόνιμη έκτακτη στέγαση των πληγέντων [1]. Οι ακραίες αυτές συνθήκες αναγκαστικού ταχύ σχεδιασμού έχουν οδηγήσει και σε ένα προβληματισμό σχετικά με έννοιες όπως η κατοικία, η κατοίκηση-συγκατοίκηση, η μετά την καταστροφή αστικοποίηση και πολεοδόμηση[2]. Σε αυτή την προσπάθεια η διεπιστημονική αστική μη κερδοσκοπική εταιρεία «πηλΟίκο» θα επιθυμούσε να είναι παρούσα.

### **Γενική περιγραφή της εργασίας**

Η εργασία που παρουσιάζουμε αποτελεί τμήμα μιας διεθνούς διεπιστημονικής συνεργασίας της ομάδας *πηλΟίκο* με την Ιταλική αστική μη κερδοσκοπική εταιρεία *AKO*, το *Δίκτυο PROTERRA* Λατινικής Αμερικής, τμήμα Χιλής – Αρχιτεκτονική και δόμηση με πηλό και το Πολυτεχνείο Κρήτης, Σχολή Αρχιτεκτόνων μηχανικών, *Digital fabrication laboratory (εργαστήριο προπλασμάτων και τεχνολογικών εφαρμογών)* που έχει ξεκινήσει μετά από τον σεισμό στην Κεφαλονιά το 2014.

Η ανταλλαγή γνώσης με έμπειρους επιστήμονες που εργάζονται σε χώρες που συχνά έχουν πληγεί από φυσικές καταστροφές και η ανάγκη εφαρμογής περιβαλλοντικών κριτηρίων στις επεμβάσεις στέγασης έκτακτης ανάγκης αποτελούν τα βασικά κίνητρα για την οργάνωση και εκπόνηση της εργασίας.

Η ομάδα μας για να μπορέσει να αντιληφθεί τα νέα δεδομένα και γεγονότα και να προτείνει μια χρήσιμη πρόταση ήλθε σε επαφή με 2 περιοχές στο εξωτερικό που έχουν αντιμετωπίσει έως πολύ πρόσφατα έντονα φαινόμενα φυσικών καταστροφών: την Ιταλία – σεισμός στην L'Aquila 6/4/2009, έντονες πλημμύρες στην Κεντρική και Βόρειο Ιταλία το 2014 και τη Χιλή – μεγάλος σεισμός στην κεντρική Χιλή 8.8 R και τσουνάμι 27/2/2010, πυρκαϊά στο Valparaiso 12/4/2014, σεισμός στο Iquique 8,2 R 1/4/2014, πλημμύρες με χείμαρρους λάσπης στην περιοχή Atacama – Antofagasta – Coquimbo 23/3/2015 και παλαιότερα το φαινόμενο el Niño.

Στόχος της συνεργασίας είναι ο σχεδιασμός πρότυπων αειφόρων μονάδων στέγασης για χρήση σε περιοχές που έχουν πληγεί από μεγάλη φυσική καταστροφή (σεισμός, πυρκαγιές, πλημμύρες κλπ.) με παράλληλη μελέτη των διαδικασιών διαχείρισης και οργάνωσης της επέμβασης από τους φορείς. Ο επιδιωκόμενος τρόπος συνεργασίας και σχεδίασης είναι αυτός της Open Source Αρχιτεκτονικής [3],[4].

### **Η έως σήμερα εργασία από την ομάδα «πηλΟίκο»**

Η εταιρεία *πηλΟίκο* σχημάτισε διεπιστημονική ομάδα εργασίας η οποία μελέτησε το τεχνικό, νομοθετικό και ευρύτερο επιστημονικό πλαίσιο εξέτασε τις στρατηγικές που εφαρμόζονται στην Ελλάδα και στο εξωτερικό και προχώρησε στο σχεδιασμό μιας μονάδας παροχής καταφυγίου μετά από καταστροφή, πυρηνικού τύπου στέγασης [5] με κριτήρια αειφορίας όπως: χρήση φυσικών και ανακυκλώσιμων υλικών, τοπικών πόρων και κατασκευαστικών τεχνικών, αξιοποίηση της δυνατότητας του συμμετοχικού σχεδιασμού

και της ιδιοκατασκευής από τους πληγέντες λαμβάνοντας υπ' όψη τη σχετική περιβαλλοντική, κτιριοδομική και πολεοδομική ισχύουσα Νομοθεσία. Το πρωτότυπο θα μπορούσε να αξιοποιηθεί στις δύο πρώτες φάσεις αντιμετώπισης μιας φυσικής καταστροφής μετά την εκδήλωση της ( φάση έκτακτης ανάγκης και φάση βραχυπρόθεσμης περιόδου αποκατάστασης, ανασυγκρότησης). Με την μορφή εργαστηρίου έχει προγραμματιστεί η κατασκευή του πρωτότυπου σε σύντομο χρονικό ορίζοντα. Τον Ιούλιο του 2014, κατά τη διάρκεια εργαστηρίου της ομάδας *πηλΟίκο*, κατασκευάστηκε ένα πρώτο πειραματικό υπόδειγμα. [6] με ενθαρρυντικά αποτελέσματα.

## Μεθοδολογία, βασικές αρχές σχεδιασμού

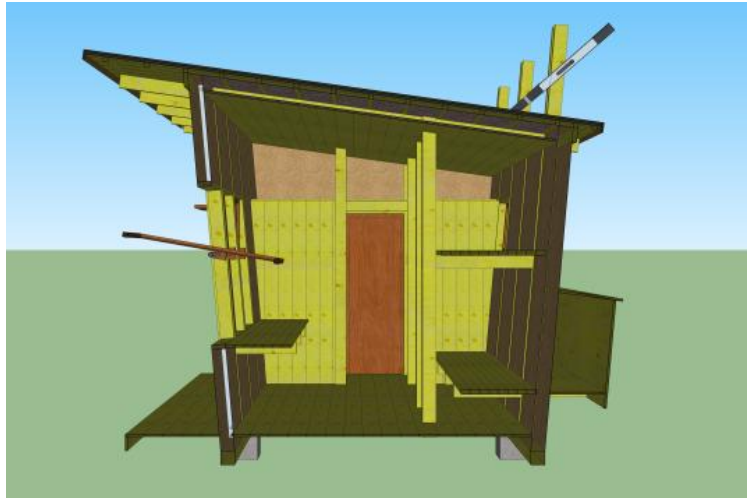
Η πρόταση μας βασίζεται στις εξής αρχές:

1. Το πρωτότυπο στην αρχική του μορφή είναι ένας στέρεος κεντρικός πυρήνας ταχείας κατασκευής με τη χρήση ενός απλού ξύλινου δομικού στοιχείου με χαρακτηριστικά ενός πλαισίου και εμπεριέχει τον εξοπλισμό που απαιτείται για να στεγάσει μια ομάδα 3-4 πληγέντων ατόμων κατά την πρώτη περίοδο μετά την καταστροφή. Στη συνέχεια εξελίσσεται και επεκτείνεται για να δημιουργηθεί μια μόνιμη μονάδα κατοικίας ή διαλύεται/αποσυναρμολογείται αφού έχει διαγράψει ένα πλήρη κύκλο ζωής.
2. Εφαρμόζεται η ισχύουσα Ευρωπαϊκή και Ελληνική σχετική νομοθεσία (ευρωπαϊκός αντισεισμικός κανονισμός EN1998-1 [7], ευρωπαϊκός κανονισμός ξύλινων δομικών κατασκευών EN1995-1 [8] KENAK, κτηριοδομικός κανονισμός, κανονισμοί ασφαλείας κλπ)
3. Για την κατασκευή του πρωτοτύπου χρησιμοποιούνται φυσικά και ανακυκλώσιμα υλικά όπως πηλός, ξύλο, γυαλί, καλάμι, χαρτί, μαλλί προβάτου κλπ, που συλλέγονται πλησίον της περιοχής νέας εγκατάστασης από φυσικούς πόρους και την τοπική αγορά, με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας για την μεταφορά και την επεξεργασία τους. [9],[10]
4. Εφαρμόζονται απλές παραδοσιακές [11] και σύγχρονες βιοκλιματικές και βιοαρχιτεκτονικές τεχνικές χαμηλού κόστους. [12]
5. Αξιοποιείται το τοπικό ανθρώπινο εργατικό τεχνικό και επιστημονικό δυναμικό, και δίδεται έμφαση στην ιδιοκατασκευή [13].
6. Προκρίνονται οι συμμετοχικές διαδικασίες στη φάση της σχεδίασης της οργάνωσης και κατασκευής από τους πληγέντες και μελλοντικούς χρήστες. [14]
7. Αναζητείται μια απλή και ευέλικτη Αρχιτεκτονική δομή με δυνατότητα μετεξέλιξης και επέκτασης του πρωτοτύπου, προτρέποντας σε μια εκφραστική δημιουργία και πολυμορφία σαν αντιστάθμισμα στη αρνητική, μετά την καταστροφή, ψυχολογία. [15]
8. Αξιοποιούνται οι υπάρχουσες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και εφαρμόζονται απλά παθητικά βιοκλιματικά συστήματα.
9. Το πρότυπο προσαρμόζεται ήπια στο φυσικό περιβάλλον και στα οικοσυστήματα που υπάρχουν ήδη στο χώρο τοποθέτησης του.

## Τεχνική Περιγραφή της πρότασης

Η πρωτότυπη μονάδα έχει σχήμα ορθογωνίου παραλληλεπίπεδου εξωτερικών διαστάσεων 3,55X5,25 εκ. στη βάση του, εμβαδού 18,64 τ.μ. μαζί με τις εξωτερικές πληρώσεις. Οι τοίχοι στις μεγαλύτερες πλευρές και από κάτω προς τα επάνω έχουν ελαφρά κλίση προς τα έξω. Η βασική επίπλωση (καναπές 2 θέσεων ύπνου, κρεβάτι υπερυψωμένο 2 θέσεων ύπνου, πατάρι πάνω από το λουτρό, τραπέζι με θέση εστίας και νεροχύτη, ντουλάπα) είναι ενσωματωμένη στον ξύλινο φορέα αξιοποιώντας τον τρόπο κατασκευής των πλαισίων "Εικ.

1". Η διαρρύθμιση όπως και τα ανοίγματα μπορεί να διαφοροποιηθούν εύκολα από τους χρήστες. Το πρωτότυπο πληροί όλη την σχετική νομοθεσία για την στατική, ενεργειακή και γενικότερα δομική του συμπεριφορά. Ενεργειακά η μονάδα είναι αυτόνομη και η περιβαλλοντική συμπεριφορά της αειφόρος.



"Εικόνα 1: Τρισδιάστατη τομή της πρότυπης μονάδας."

Τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά του προτεινόμενου πρωτοτύπου είναι:

1. Θεμελιωλωρίδα από οπλ. σκυρόδεμα περιμετρικά της κατασκευής, διαστάσεων 0.45x0.45 (ή ενίοτε με διαφοροποιημένες διαστάσεις, στην περίπτωση που συναντηθούν ειδικές/δυσμενείς εδαφικές συνθήκες)(1τεχνίτης + 1 εργάτης, 5 ώρες). Υπό προϋποθέσεις, προτείνεται πασσαλόπηκτη θεμελίωση σε ξύλινους πασσάλους ή πασσάλους οπλ. Σκυροδέματος (1εργοδηγός/τεχνίτης + 1 εργάτης, 2 ώρες).
2. Φέρουσα δομή από ξύλινα πλαίσια αποτελούμενα από (ελαφρά κεκλιμένους) στύλους διπλής διατομής 2x(5/15) και ζύγωμα 5x20 που συναρμολογούνται επί τόπου ή σε ειδικούς προεπιλεγμένους χώρους όπου γίνεται και η κοπή. Η τοποθέτηση των πλαισίων γίνεται σε δοκούς με τη χρήση μεταλλικών ελασμάτων "Εικ. 2".. (1 εργοδηγός/τεχνίτης + 1 ανειδίκευτος εργάτης, 1 ώρα)



"Εικόνα 2: Ξύλινος φορέας της πειραματικής κατασκευής."

3. Συμπληρωματικός εξοπλισμός: μεταλλικά ή ξύλινα χιαστή και αντιανέμια, ενσωματωμένη με τα πλαίσια επίπλωση. (1 εργοδηγός/τεχνίτης + 1 ανειδίκευτος εργάτης, 4 ώρες)
4. Δάπεδο και δώμα συμπληρώνονται με σανίδες και θερμομονωτικά φυσικά υλικά της περιοχής εφαρμογής (πηλός και άχυρο χαμηλής πυκνότητας, καλάμι, μαλλί προβάτου κλπ). (1 εργοδηγός/τεχνίτης + 1 ανειδίκευτος εργάτης, 2 ώρες)
5. Η τελική επιφάνεια της στέγης μπορεί να επικαλυφθεί ανάλογα με την διαθεσιμότητα υλικών στη τοπική αγορά και την περίσταση με διάφορα υλικά όπως (ελαφρού τύπου φυτευτό δώμα, ασφαλόπανο με μεταλλική επικάλυψη, κυματοειδής λαμαρίνα κλπ). (2 τεχνίτες, 4 ώρες)
6. Η πλήρωση των περιμετρικών τοίχων του πρωτοτύπου πάχους 15 εκ. και το εσωτερικό διαχωριστικό του λουτρού γίνεται με μίγμα πηλού από την περιοχή με αυξημένη περιεκτικότητα αργίλου αναμεμιγμένο με άχυρο πυκνότητας 300 κιλών/κ.μ. [16]. Προκατασκευασμένα στοιχεία με το ίδιο υλικό θα μπορούσαν να κατασκευαστούν επί τόπου και να τοποθετηθούν [17]. (1 εργοδηγός/τεχνίτης + περισσότερα ανειδίκευτοι εργάτες, 1 -2 ημέρες). Στη πρώτη φάση έκτακτης ανάγκης θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και έτοιμα ραμμένα τεντόπανα για την επικάλυψη όλου του πρωτοτύπου προσωρινά . (2 ανειδίκευτοι εργάτες, 4 ώρες)
7. Υδραυλικό και αποχετευτικό σύστημα για το λουτρό και τον νεροχύτη, σύστημα συλλογής νερού, αυτόνομο σύστημα βιολογικού καθαρισμού. (1 τεχνίτης, 1 ημέρα)
8. Μηχανολογικός εξοπλισμός παραγωγής και διάθεσης ηλεκτρικής ενέργειας με φωτοβολταϊκά πάνελ που τοποθετούνται σε ειδικά σχεδιασμένα θέσεις πάνω από την στέγη, θέρμανσης νερού με ηλιακό θερμοσίφωνα και παροχής υγραερίου στις εστίες προετοιμασίας φαγητού. (1 τεχνίτης, 1 ημέρα)
9. Ξύλινα κουφώματα απλής διατομής. (1 τεχνίτης + 1 εργάτης, 3 ώρες)
10. Εφαρμόζονται πηλοκοκονιαμάτα εσωτερικά/εξωτερικά και ασβεστοκονιάματα εξωτερικά με ενσωματωμένη βαφή ώχρας βάσης ασβέστη με πρόσμιξη στεγανωτικών φυσικών ρητινών "Εικ. 3". (1 τεχνίτης + εργάτες) (1 ημέρα).



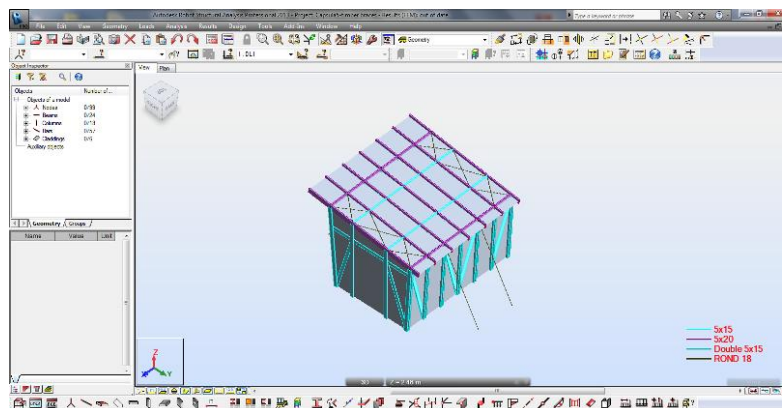
"Εικόνα 3: Εφαρμογή πηλοκοκονιαμάτων στη πειραματική κατασκευή."

Μελέτη θερμομόνωσης τεκμηρίωσε τη θερμομονωτική επάρκεια του εξεταζόμενου κτιρίου. Οι υπολογισμοί έγιναν με το λογισμικό 4M-KENAK VER.1.00. Μέγιστο επιτρεπτό  $U_{m,max}$  0.810[W/(m<sup>2</sup>K)]. Πραγματοποιούμενο  $U_m=79.4(W/K)/98.87(m^2)=0.803 < 0.810[W/(m^2K)]$  [18]. Σύνταξη μελέτης Μηχανολόγος Μηχ/κός Δρακάκης Ανδρέας



## Περιγραφή φέροντος οργανισμού

Ο φέροντας οργανισμός της ανωδομής αποτελείται από επτά αρθρωτά ισαπέχοντα πλαίσια (σε αξονική απόσταση 0.90μ.) με αμφιπροέχοντα ζυγώματα στέγης, συνδεδεμένα μεταξύ τους μέσω δοκών και διαγώνιων μελών σε επιλεγμένα φατνώματα "Εικ. 4". Οι αρθρωτές συνδέσεις μεταξύ όλων των μελών αποτρέπουν την εφαρμογή περίπλοκης συνδεσμολογίας. Οι διατομές που χρησιμοποιούνται είναι: στις κεκλ. δοκούς στέγης όπως και στις δοκούς στέγης στην διαμήκη διεύθυνση του κτηρίου 5x20, στις υπόλοιπες δοκούς, δοκίδες και διαγώνια μέλη μεταξύ στύλων: 5x15 και στα υποστυλώματα διπλή διατομή 2x5/15 συνδεδεμένα με ξύλινα παρεμβλήματα καθ' ύψος ανά διαστήματα. Τα ζυγώματα στέγης είναι συνεχή και διέρχονται εντός του διακένου των υποστυλωμάτων προεκτεινόμενα εκτός περιγράμματος. Στο (κεκλιμένο) επίπεδο της στέγης τοποθετούνται πάλι διαγώνια μέλη σε επιλεγμένα φατνώματα (ξύλινα ή συρματόσχοινα) προκειμένου να προσδώσουν (μαζί με τα διαγώνια μέλη που συνδέουν τα υποστυλώματα) επαρκή πλευρική ευστάθεια έναντι των φορτίσεων λόγω ανέμου και σεισμού. Η κατηγορία αντοχής της δομικής ξυλείας είναι C24 (εκτός αν η τοποθεσία της κατασκευής είναι τέτοια όπου επικρατούν ιδιαίτερα δυσμενείς συνθήκες φορτίσεων ανέμου, σεισμού ή χιονιού). Στατική επίλυση, Ανδρεαδάκης Αναστάσιος, Πολιτικός Μηχ/κός.



"Εικόνα 4: Τρισδιάστατο σχέδιο του ξύλινου μοντέλου φορέα από τη Στατική Επίλυση."

## Συμπεράσματα

Από την έως σήμερα ερευνητική εργασία της ομάδας και τις πειραματικές εφαρμογές που έχουμε πραγματοποιήσει συμπεραίνεται ότι το πρότυπο μοντέλου που προτείνεται σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης όπου το στεγαστικό αποτελεί μέγιστη προτεραιότητα, ελαχιστοποιεί το περιβαλλοντικό και οικονομικό κόστος, αξιοποιεί τοπικούς φυσικούς και ανθρωπογενείς πόρους και διαφοροποιείται σημαντικά σε σχέση με τις συνήθεις εφαρμογές για την αντιμετώπιση του προβλήματος.

Οι κεντρικοί φορείς διαχείρισης αποδεσμεύονται σε ένα μεγάλο ποσοστό από το βάρος και το κόστος της έκτακτης στέγασσης διατηρώντας κυρίως την ευθύνη της οργάνωσης, διαχείρισης και τροφοδοσίας υλικών με αποτέλεσμα την αποδοτικότερη διαχείριση άλλων τομέων ευθύνης όπως των υποδομών. Ο πληθυσμός που έχει πληγεί από την καταστροφή δεν λαμβάνει μια παθητική επώδυνη στάση αλλά συμμετέχει δημιουργικά σε μια συλλογική αλληλέγγυα προσπάθεια. Η χρήση των φυσικών υλικών και των φιλικών προς τον άνθρωπο βιοκλιματικών και βιοαρχιτεκτονικών τεχνολογιών που εφαρμόζονται αποκτά και μια εκπαιδευτική για τους χρήστες διάσταση με αποτέλεσμα την καλύτερη περιβαλλοντικά διαχείριση της έκτακτης ανάγκης.

Ουσιαστικά η καινοτομία της πρότασης αφορά την εξέλιξη του σχεδιασμού έκτακτης στέγασης από ένα στατικό μοντέλο προκατασκευασμένων λύσεων (τέντες / container) σε ένα οργανικό ευέλικτο μοντέλο που βασίζεται περισσότερο στην από κοινού, φιλικά προς το περιβάλλον οργάνωση και διαχείριση του σχεδιασμού.

## Βιβλιογραφία

- [1] FITRIANTO, A. et al. (2011) *Beyond Shelter Architecture for Crisis*. 1<sup>st</sup> U.S.A.: Metropolis Books.
- [2] CASAMONTI, M. et al. (2013) Informal Community. *AREA* 128 (5/6) p.2-161.
- [3] RATTI, C. (2014) *Architettura Open Source*. Torino: Giulio Einaudi
- [4] <http://openarchitecturenetwork.org/projects/results>
- [5] ΕΥΝΟΣ, Α. (2012) Σχεδιασμός προσωρινών καταλυμάτων για αντιμετώπιση έκτακτων καταστάσεων. Αθήνα: Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών, Διπλωματική Εργασία.
- [6] <http://piliko-workshop-5.tumblr.com/>
- [7] EN 1998-1 (2004) Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance- Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings, European Standard EN 1998-1:2004, European Committee for Standardization (CEN), Brussels, Belgium
- [8] EN 1995-1-1 (2004) Eurocode 5: Design of timber structures- Part 1 - 1: General - common rules and rules for buildings, European Standard EN 1995-1-1:2005, European Committee for Standardization (CEN), Brussels, Belgium
- [9] POLLAK, S. et al. (2012) *Terra. Ragionamenti e Progetti*. Roma: ARACNE.
- [10] MINKE, G. (2006) *Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture*. Basel: Birkhäuser.
- [11] ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ, Κ. (2013) *Αστική και Λαϊκή Κατοικία στην Ελληνική Παράδοση*. Θεσσαλονίκη: ΖΗΤΗ.
- [12] van LENGEN, J. *Cantos del Arquitecto Descalzo*. Available from: [http://ecocosas.com/wp-content/uploads/Biblioteca/Arquitectura/Cantos\\_del\\_arquitecto\\_descalzo.pdf](http://ecocosas.com/wp-content/uploads/Biblioteca/Arquitectura/Cantos_del_arquitecto_descalzo.pdf).
- [13] TURNER, J. (1972) *Freedom to Build, Dweller Control of the Housing Process*. New York: Macmillan.
- [14] DE CARLO, G. (2013) *L'Architettura della partecipazione*. Macerata: Quodlibet.
- [15] FRIEDMAN, Y. (2009) *L'Architettura di sopravvivenza*. Una filosofia della povertà'. Torino: Bollati Boringhieri.
- [16] VOLHARD, F. (1995) *Leichtlembau. Alter Baustoff – neue Technik*. Heidelberg: Müller.
- [17] SKINNER, R. (1991) Peru: low-income housing. *MIRAMAR* 38 (3) p.52-55.
- [18] T.O.T.E.E. 20701-1&2/2010