

# Sustainability and innovation in constructions intended for emergency housing

Santi Maria Cascone, Carla Caruso, Giuseppe Russo,  
Nicoletta Tomasello\*

---

## Highlights

Emergency situations are increasing dramatic due to climate change.

The occurrence of emergency conditions has led to the development of innovative and sustainable housing.

The present research aims to obtain a modular shelter, “self-constructible” and easily transportable, based on the use of an anodised aluminum frame and prefabricated panels.

The shelter can be expanded and personified according to the number of users and their needs.

---

## Abstract

The research aims to give a response to the emergency housing that occurs after catastrophic events by proposing a low-cost solution through innovative constructions. The illustrated solution - based on a living module composed by four adjacent sections that can be connected to each other or to new ones - combines the concepts of minimum and affordability with those of efficiency and sustainability.

---

## Keywords

Catastrophic events, Emergency housing, Innovation, Sustainability, Modularity

---

## 1. INTRODUCTION AND BRIEF HISTORY OF EMERGENCY HOUSING

The concept of temporary housing dates to the first archetype of housing of primitive populations, i.e. the tent, featured by temporariness and sustainability [1].

A basic turning point in the field of temporary housing is certainly given by the prefabrication. The concept of prefabrication as understood nowadays has its origins in the nineteenth century and consists in the off-stage preparation of those elements that, once conducted in situ, are objects of connection and assembly.

In those same years, the problem of colonial housing and minimum housing

### Santi Maria Cascone

*DICAR - Dipartimento di Ingegneria civile e architettura, Università di Catania, via Santa Sofia 64, Catania, 95125, Italia*

### Carla Caruso

*DICAR - Dipartimento di Ingegneria civile e architettura, Università di Catania, via Santa Sofia 64, Catania, 95125, Italia*

### Giuseppe Russo

*DICAR - Dipartimento di Ingegneria civile e architettura, Università di Catania, via Santa Sofia 64, Catania, 95125, Italia*

### Nicoletta Tommasello

*DI3A - Dipartimento di Agricoltura, alimentazione e ambiente, Università di Catania, via Santa Sofia 100, Catania, 95125, Italia*

\* Corresponding author

Tel.: +39-338-5427463;

e-mail:

nicolettatomasello@unict.it

addressed to workers emerged [2]. These cases were followed, in more recent times, by the problem linked to the shelter units addressed to the war and post-war emergency [3].

Concepts related to the home destined for emergencies - such as temporariness, housing criteria and minimal comfort and speed of construction - have accompanied the architectural landscape since the beginning. Recent experiences [4; 5, 6; 7; 8; 9] have paid more attention on issues related to the thermo-hygrometric well-being of the housing and the sustainability of the component elements, showing that the emergency housing must reflect - despite the temporary nature and the reduced size - the needs of a contemporary home. Therefore, the research illustrated in this work is suitable for a well-defined architectural panorama and an historical period characterized by natural disasters which, although occurred also in the past, nowadays affect a more substantial built heritage than in the previous centuries. In the last 20 years, catastrophic events have suffered - also due to climate change - a significant increase, with a consequent growth in costs for administrations. This, in conjunction with the events of anthropic origin (i.e. war events, environmental disasters, etc.), has involved the presence of countless people in the world who are currently in a state of poverty [10].

To respond to an emergency, it is necessary to adopt solutions that act effectively and in a relatively short time to the specific needs of housing assistance, based on the concepts of prefabrication and self-sufficiency, as well as able to offer acceptable levels of comfort and safety. In recent experiences, the requirement of temporariness - for political and socio-economic problems - has often been lost, making a dwelling destined to a short stay a semi-permanent accommodation. It is therefore essential, in the context of emergency homes and from the planning stage, to include those characteristics of permanent housing, such as comfort and safety that last over time.

## 2. THE CONTEMPORARY SITUATION AND EXPERIENCES

In recent years, the numerous catastrophic events affecting the entire planet and our country have caused a huge number of victims, partly forced to abandon their homes, which were destroyed or considered uninhabitable.

In Italy seismic, hydrogeological and volcanic risks overlap and the concomitance of their presence with poor prevention lead to a difficult emergency management, reflected in the presence of many displaced people housed in hotels, tents or containers. Furthermore, according to the CNI (National Council of Engineers) study center, the scarce investments made in Italy for anti-seismic prevention caused huge costs associated with post-

### 1. INTRODUZIONE E CENNI STORICI SULLE ABITAZIONI DESTINATE ALL'EMERGENZA

*Il concetto di abitazione temporanea risale al primo archetipo di alloggio delle popolazioni primitive, i.e. la tenda, dotata di caratteristiche di temporaneità e sostenibilità [1].*

*Una svolta basilare nel campo dell'alloggio temporaneo risiede sicuramente nella nascita della prefabbricazione. Il concetto di prefabbricazione come oggi inteso ha origine nel XIX secolo e consiste nella preparazione fuori opera di quegli elementi che, una volta condotti in situ, sono oggetto di collegamento e montaggio.*

*In quegli stessi anni, emergeva il problema dell'housing coloniale e dell'alloggio minimo destinato agli operai [2]. Tali casistiche furono seguite, in epoca più recente, dalla problematica legata alle unità-rifugio destinate all'emergenza bellica e post-bellica [3].*

*Appare dunque chiaro che concetti propri dell'abitazione destinata all'emergenza - quali temporaneità, criteri di alloggio e comfort minimo e rapidità di messa in opera - hanno accompagnato il panorama architettonico sin dagli albori. Recenti esperienze [4; 5, 6; 7; 8; 9] hanno posto maggiore attenzione su problematiche legate al benessere termo-igrometrico dell'alloggio e alla sostenibilità degli elementi componenti, a dimostrazione del fatto che l'alloggio destinato all'emergenza deve comunque rispecchiare - nonostante la temporaneità e la ridotta dimensione - le esigenze proprie di un'abitazione contemporanea.*

*La ricerca illustrata nel presente lavoro si inquadra dunque in un panorama architettonico ben delineato e in un periodo storico caratterizzato da calamità naturali che, sebbene presenti anche nel passato, incidono oggi su un patrimonio costruito più consistente rispetto a quello dei secoli scorsi. Negli ultimi 20 anni, gli eventi catastrofici hanno inoltre subito - anche a causa del cambiamento climatico - un notevole incremento, con un conseguente aumento dei costi gravanti sulle amministrazioni. Ciò, in concomitanza con gli eventi aventi origine antropica (i.e. eventi bellici, disastri ambientali, etc.), ha comportato la presenza di innumerevoli persone che nel mondo versa attualmente in stato di indigenza [10].*

*Per rispondere in maniera efficace durante una situazione di emergenza, è necessario adottare soluzioni che rispondano in maniera efficace e in tempi relativamente brevi alle necessità proprie del soccorso abitative, basate - nel migliore dei casi - sui concetti di prefabbricazione e autosufficienza, nonché in grado di offrire livelli considerabili accettabili di comfort e di sicurezza.*

*In esperienze recenti, il requisito di temporaneità - per problematiche di tipo politico ed economico-sociali - è stato sovente perso, rendendo una abitazione destinata ad una*



Figure 1. From left to right: reCover shelter and Recycled Pallet House.

earthquake reconstruction. Some virtuous examples in the panorama of contemporary experiences are reported.

The *reCover shelter* (Fig. 1), designed by M. Malone, A. Goldberg, J. Metcalf and G. Meacham in 2008, is a portable emergency micro-structure. Easily transportable, it is characterized by lightness and strength. The self-supporting structure is in *Coroplast*, which consists of a corrugated cardboard sheet covered in polypropylene, which can be recycled at the end of its life.

Once conducted in situ, the “hybrid” structure can be completed by non-specialized users by adopting local materials and can be used as emergency shelter, medical center or warehouse.

The *Recycled Pallet House* (Fig. 2), designed by I-Beam, was born as emergency shelter for the refugees from Kosovo, who could have used them during the reconstruction. Based on the use of the pallet - which can be combined with insulating materials, is readily available, light and manageable - this housing can be built with self-construction and does not generate any environmental impact either during the construction phase or during the life cycle. The house, once its function is over, can be easily disassembled and recycled in its components.

### 3. THE PROJECT

#### 3.1 THE DESIGN CONCEPT

The present research aims to obtain a modular shelter, “self-constructible” and easily transportable.

This shelter was primarily based on a building system capable of minimizing need for storage of the finished product or its components, so as to limit the “immobilization” of resources during the period of non-use which, in the case

*permanenza breve un alloggio semi-permanente. Appare dunque indispensabile, nel contesto delle abitazioni destinate all'emergenza e sin dalla fase progettuale, non tralasciare quelle caratteristiche proprie dell'abitazione permanente, quali comfort e sicurezza durevoli nel tempo.*

#### 2. IL PANORAMA ATTUALE E LE ESPERIENZE CONTEMPORANEE

*Negli ultimi anni, i numerosi eventi catastrofici che hanno colpito l'intero pianeta e il nostro paese hanno causato un ingente numero di vittime, in parte costrette ad abbandonare le proprie abitazioni distrutte o considerate inagibili.*

*In Italia, in particolare, rischio sismico, rischio idrogeologico e rischio vulcanico si sovrappongono e la concomitanza della loro presenza con la scarsa prevenzione portano ad una difficile gestione dell'emergenza, rispecchiata nella presenza di molti sfollati ospitati presso strutture comunali di prima accoglienza, strutture alberghiere, tende o container fatiscenti. Secondo il centro di studi del CNI (Consiglio Nazionale degli Ingegneri), inoltre, gli scarsi investimenti rivolti in Italia alla prevenzione antisismica hanno comportato ingenti costi associati alla ricostruzione post-sisma.*

*Alcuni esempi virtuosi sono presenti nello panorama di esperienze contemporanee, di cui è doveroso riportare alcuni esempi.*

*La reCover shelter (Fig. 1), progettata da M. Malone, A. Goldberg, J. Metcalf e G. Meacham nel 2008, rientra nell'ambito delle micro-strutture portatili di emergenza. Facilmente trasportabile, è caratterizzata da leggerezza e resistenza. La struttura autoportante è in Coroplast, che consiste in un foglio di cartone corrugato e rivestito in polipropilene, che può essere riciclato a fine vita.*

*Una volta condotta in situ, la struttura “ibrida” può essere completata da utenti non specializzati con materiali locali ed essere utilizzata come*

of building systems able to face the emergency, can be of several years. This prerogative also conspicuously allows to save the use of the soils and the areas meant to receive the buildings during the storage phases, as well as a drastic reduction of the associated maintenance costs. Another necessity, to which this shelter can respond, lies in the possibility of assembly and construction using raw materials and products widely distributed throughout the territory, in order to minimize costs and to allow their assembly directly in the geographical area of destination. This condition reduces emergency management times and costs related to economic and environmental transport, in accordance with the principles of the LCA. The *Life Cycle Assessment* is a procedure based on the evaluation of energy and environmental impacts related to a product/process/activity, performed by identifying the energy and materials used, as well as the waste released into the environment, which includes the entire life cycle of the product, process or activity [11, 12].

The dimensions and the weight of the component elements have been reduced to minimize the volume size of the components of the building system during transport, while guaranteeing their maneuverability and the possibility of transport with multiple types of vehicles. The elements making up the shelter also guarantee robustness.

The use of easily assembled and mountable elements - combined with the simplification and reduction of the construction phases - makes the refuge of rapid installation and intended for assembly even by non-expert users. In fact, the assembly - based on the principle of interlocking and juxtaposition - needs limited use of tools.

The principle of sustainability is reflected - in addition to the aspects previously illustrated - in the use of recycled and recyclable, or reusable, components or materials for subsequent uses. The dry assembly of the construction components makes possible to dismantle and re-assemble the shelter even in different areas, thus guaranteeing its global re-use. In the design phase, environmental compatibility was also measured with the capacity of the housing module to adopt - as far as possible - the local architectural language: so, a degree of interchangeability of the components enough to guarantee the use of materials and construction techniques was contemplated.

*rifugio di emergenza, centro medico o deposito.*

*La Recycled Pallet House (Fig.2), progettata dallo studio I-Beam, nasce come alloggio di emergenza per il ricovero ai rifugiati del Kosovo, che ne avrebbero potuto fare uso durante la ricostruzione. Basato sull'utilizzo del pallet - accostabile a materiali isolanti, facilmente reperibile, leggero e maneggevole - tale alloggio può essere realizzato con l'autocostruzione e non genera alcun impatto ambientale né durante la fase di costruzione né durante il ciclo di vita. L'alloggio, una volta terminate la sua funzione, può essere facilmente smontato e riciclato nelle sue componenti.*

### 3. IL PROGETTO

#### 3.1 IL CONCEPT PROGETTUALE

*La presente ricerca mira ad ottenere un rifugio componibile, "auto-costruibile" e facilmente trasportabile.*

*Tale rifugio è stato in primis basato su un sistema edilizio in grado di ridurre al minimo la necessità di stoccaggio del prodotto finito o di elementi componenti lo stesso, in maniera da limitare l'immobilizzo di manufatti e risorse durante il periodo di non utilizzo che, nel caso di sistemi edilizi atti a fronteggiare l'emergenza, possono essere di diversi anni. Tale prerogativa permette inoltre di risparmiare cospicuamente l'uso dei suoli e delle aree destinate ad accogliere i manufatti edilizi durante le fasi di stoccaggio, nonché una drastica riduzione delle spese di manutenzione degli stessi.*

*Un'altra necessità a cui tale rifugio è in grado di rispondere risiede nella possibilità di assemblaggio e costruzione tramite materie prime e prodotti largamente diffusi sul territorio, al fine di minimizzare i costi e in modo da consentirne il montaggio direttamente nell'area geografica di destinazione. Tale condizione riduce i tempi di gestione dell'emergenza e i costi legati al trasporto di tipo economico e ambientale, in accordo con i principi propri dell'LCA. Life Cycle Assessment è un procedimento basato sulla valutazione degli impatti energetici e ambientali relativi a un prodotto/processo/attività, operato mediante l'identificazione dell'energia e dei materiali utilizzati, nonché dei rifiuti rilasciati nell'ambiente, che include l'intero ciclo di vita del prodotto, processo o attività [11, 12].*

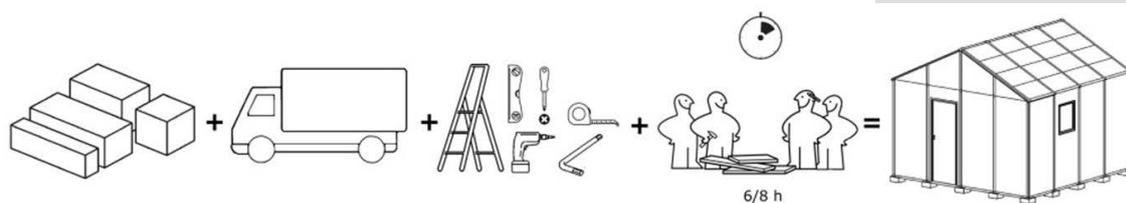


Figure 2. Design concept: transport and installation phases.

## 3.2 THE CONSTRUCTION ELEMENTS

This section illustrates the construction elements used in the project, installed in the order in which they are shown below (Fig. 4).

### 3.2.1. THE FRAME

The frame of the proposed shelter is entirely made of anodized aluminum and equipped with an epoxy coating, a treatment that makes the material more resistant and gives it a color that, in the proposed case study, has neutral tones. The steel has been used for its mechanical performance, for its high resistance to fire as well as for the recognized lightness, a characteristic that contributes to facilitate the transport and assembly phases.

The carrying capacity of the shelter is given by the frame: the components that constitute it are bars with a square or rectangular section in standard sizes that allow a modular extension of the shelter.

In particular, the pillars consist of bars with a square section of  $50 \times 50$  mm, 2.2 m long and 3 mm thick. These bars have lateral “fins”, which constitute the “negative” of the joint and, connected horizontally by joists, constitute a bracing.

Instead, the beams have a length of 0.9 m; those on the board, both upper and lower, have the slots for the panels, which will be fixed with bolts characterized by a round head and a hexagonal hole. The beams forming the flooring follow the same principle of the pillars but, in this case, they are connected with the floor panels.

The components of the frame are pre-holed and therefore can be easily connected to each other by bolts and screws to be inserted in the relative holes following the mounting methods shown in the attached instruction booklet, as happened in some previous examples [13]. The connection is made through aluminum joints, which are available in different formats (corner, double or triple) based on the number of elements to be connected.

In this case, the anchoring to the ground occurs by using concrete weights of dimensions  $200 \times 200 \times 120$  mm, which are connected at each node of the elements of the base floor and can be partially or entirely buried according to the level of the walking surface.

This design choice also facilitates the ease and speed of assembly, as well as the adaptability of the shelter: the inerts of the concrete, in fact, are of several types in order to adapt to different wind conditions.

*Le dimensioni e il peso degli elementi componenti sono stati diminuiti in modo da ridurre al minimo volume possibile l'ingombro dei componenti il sistema edilizio durante il trasporto, garantendo al contempo la manovrabilità degli stessi e la possibilità di trasporto con più tipologie di mezzi. Gli elementi costituenti il rifugio in oggetto garantiscono al contempo anche robustezza.*

*La predisposizione di elementi facilmente assemblabili e montabili – uniti alla semplificazione e riduzioni delle fasi costruttive – rende il rifugio oggetto della presente ricerca di rapida installazione e destinato al montaggio anche da parte di utenti non esperti. Il montaggio – basato sul principio dell'incastro e della giustapposizione – è infatti previsto a secco, con un limitato utilizzo di attrezzi e risorse.*

*Un aspetto non trascurato nella progettazione del rifugio è stato quello della sostenibilità: tale principio si riflette – oltre che sugli aspetti precedentemente illustrati – nell'utilizzo nel progetto proposto di componenti o materiali riciclati e riciclabili o riutilizzabili per usi successivi. Il montaggio a secco dei componenti costruttivi consente infatti lo smontaggio e il successivo rimontaggio del rifugio in aree anche differenti, garantendo così un riutilizzo globale dello stesso.*

*Ma non solo: in fase progettuale, la compatibilità ambientale è stata misurata anche con la capacità del modulo abitativo di adottare – per quanto possibile – il linguaggio architettonico locale: è stato dunque contemplato un grado di intercambiabilità dei componenti sufficienti a garantire l'utilizzo di materiali e tecniche costruttive che rendano possibile un certo grado di “mimetismo edilizio”.*

### 3.2 GLI ELEMENTI COSTRUTTIVI

*Nel presente paragrafo sono illustrati gli elementi costruttivi impiegati nel progetto, installati nell'ordine con il quale vengono riportati nel seguito (Fig.4).*

#### 3.2.1. IL TELAIO

*Il telaio del rifugio proposto è interamente realizzato in alluminio anodizzato e dotato di rivestimento epossidico, trattamento che rende il materiale più resistente donandogli al contempo una colorazione che, nel caso studio proposto, si mantiene sui toni neutri. L'acciaio è stato adoperato per le prestazioni meccaniche possedute, per la sua elevata resistenza al fuoco nonché per la riconosciuta leggerezza, caratteristica che contribuisce a facilitare le fasi di trasporto e di montaggio.*

*Al telaio è affidata la capacità portante del rifugio: i componenti che lo costituiscono si presentano sotto forma di barre a sezione quadrata o rettangolare e possiedono delle misure standard che permettono un ampliamento modulare del rifugio. In particolare,*

### 3.2.2. THE PANELS

The frame is completed by a system of prefabricated panels, used as horizontal and vertical closures. The bamboo and squared-shaped panels forming the floor rest on the joists that have a 90 cm pitch and, at the anchorage points, tongue-and-groove systems.

The panels used for the pitched roofing, composed of 4 sub-panels mutually interlocked in order to avoid the passage of rainwater, ensure good thermal insulation thanks to the external covering in polypropylene (highly resistant to high and low temperatures) and to the thick inner layer in wood fiber.

Once the base and roof panels have been installed, the panels forming the wall are assembled (Fig. 3). They are “sandwich” type because they consist of an outer layer of polypropylene and an inner layer of wood fiber, interspersed with an air chamber and a polyester sheet, the use of which guarantees a good thermo-acoustic insulation to the environment.

The panel-wall is alternated with the panel-door and panel-window variants, which have the same basic structure and include prefabricated frame with double glazing, having a width of 50 cm and a height of 70 cm.

*i pilastri sono costituiti da barre a sezione quadrata 50×50 mm, di lunghezza pari a 2.2 m e spessore pari a 3 mm. Tali barre possiedono delle alette laterali, che costituiscono il “negativo” dell’incastro e che, collegate orizzontalmente da travetti, costituiscono al contempo una controventatura.*

*Le travi presentano invece una lunghezza pari a 0.9 m; quelle di bordo, sia superiore che inferiore, presentano gli alloggiamenti per le piastre di incastro dei pannelli, i quali verranno fissati con dei bulloni con testa tonda e foro esagonale. Le travi costituenti il calpestio seguono il medesimo principio dei pilastri ma alloggianno, in tal caso, i pannelli-pavimento.*

*I vari componenti del telaio sono pre-forati e pertanto possono essere facilmente collegati tra loro mediante bulloni e viti da inserire nei relativi fori seguendo le modalità di montaggio riportate nell’allegato libretto di istruzioni, come accadeva in alcuni esempi del passato [13]. Il collegamento avviene attraverso giunti di alluminio, che sono disponibili in diversi formati (angolare, doppio o triplo) in base al numero di elementi da collegare.*

*Nel caso in esame, l’ancoraggio al terreno avviene mediante l’utilizzo di zavorre in calcestruzzo di dimensioni 200×200×120 mm, che vengono*

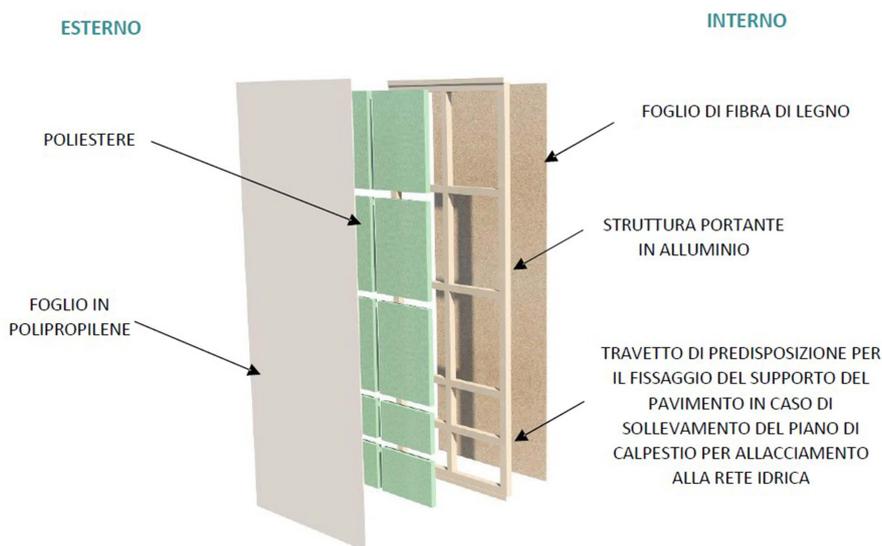


Figure 3. Stratigraphy of the external panel.



Figure 4. Assembly phases of construction elements.

The internal wall panel, also of “sandwich” type, has wood fiber sheets on the outside and, as inner layers, an aluminum supporting structure and an expanded polystyrene panel. The internal door panel can be connected to the internal wall panel, which allows to use different rooms created with the partitions.

To ensure good protection against atmospheric agents and to hide the imperfections caused by the system of screws and bolts, the addition of gaskets is provided in correspondence with the joints. Made of polypropylene plastic of variable color depending on the function, they hide the unfinished structural element.

### 3.3. THE ELEMENTS FOR THE PLANTS

In order to create a complete housing unit with the minimum requirements of habitability and comfort, the shelter has some special elements - mainly consisting of wall-panels - designed for the passage of electrical and water systems.

These elements are properly drilled. The passage of cables, for aesthetic and safety reasons, is made with prefabricated wooden skirting boards (Fig. 6), which run along the perimeter of the house going up, where necessary, along the vertical elements, allowing the connection of suspended lighting bodies and also becoming a finishing element.

In order to create the water connection of the shelter, a system to lift the walking surface has been studied and allows the installation of the pipes of the plant (Fig. 5). A system of pillars and joists, raising the treading surface by 30 cm, also allows to create the minimum slope necessary for water disposal.

*collegate in corrispondenza di ogni nodo degli elementi del solaio di base e che possono essere interrate in parte o del tutto secondo il livellamento del piano di calpestio desiderato. All'interno del blocco è annegato un canale filettato che alloggerà il bullone di ancoraggio del sistema telaio-zavorre.*

*Tale scelta progettuale agevola anch'essa la facilità e rapidità di montaggio, nonché l'adattabilità del rifugio: gli inerti costituenti il calcestruzzo, infatti, sono di differenti tipologie in modo da adattarsi a differenti condizioni di ventosità.*

#### 3.2.2. I PANNELLI

*Il telaio viene completato da un sistema di pannelli prefabbricati, adoperati come chiusure orizzontali e verticali e montati nell'ordine.*

*I pannelli costituenti il pavimento, di forma quadrata e in bambù, sono poggiati sui travetti del solaio di base di passo 90 cm che presentano, in corrispondenza dei punti di ancoraggio, sistemi di incastro maschio-femmina.*

*I pannelli adoperati per la copertura a falde, composti da 4 sottopannelli reciprocamente incastrati al fine di evitare il passaggio delle acque meteoriche, assicurano un buon isolamento termico grazie al rivestimento esterno in polipropilene (altamente resistente ad alte e basse temperature) e allo spesso strato interno in fibra di legno.*

*Completata l'installazione dei pannelli di base e di copertura, vengono montati i pannelli costituenti la parete (Fig.3), “sandwich” in quanto costituiti da uno strato più esterno di polipropilene e da uno strato interno in fibra di legno, intervallati da una camera d'aria e da un foglio di poliestere, il cui impiego garantisce all'ambiente un buon isolamento termoacustico.*

*Al pannello-parete si alternano le varianti pannello-porta e pannello-finestra, che presentano la stessa struttura di base e contemplano l'aggiunta di un infisso prefabbricato*



Figure 5. Providing water and electrical system.



Figure 6. Detail of groove baseboard and electrical outlets.



Figure 7. Panel-staircase and axonometric exploded view of the floor panel.

The difference in height that is created is compensated for by a panel-staircase composed of two steps of a rise equal to 14 cm and a tread of 30 cm (Fig. 7). The connection of the sanitary blocks to the pipes can be made after drilling the bamboo panel, thanks to the grid which also makes possible to arrange the toilet and the sink in both side and central positions. By the same principle, the kitchenette can be positioned with extreme flexibility.

### 3.4. MODULARITY AND CUSTOMIZATION OF THE ENVIRONMENTS

The shelter, in its basic configuration (3.85m × 3.85m × 3.26m), is a minimum housing unit for 2 to 4 users. By respecting the principles of versatility of the environments and of their personalization, the design solution provides for the possibility of extension in the case of family units with a greater number of components and/or the possibility of dividing the internal surface into more rooms by using the internal wall panels which, together with the internal door panels, are fixed on an anodized aluminum structure mounted on the guidelines laid out along the structural elements making up the frame and hidden by gaskets. The possibility of customization allows to give to the environment its own identity, in view of the uncertainty associated with the time that will be spent by the user.

con vetrocamera, avente larghezza pari a 50 cm e altezza pari a 70 cm. Il pannello parete-interna, anch'esso di tipologia "sandwich", possiede all'esterno fogli di fibra di legno e, come strati interni, una struttura portante in alluminio e un pannello di polistirene espanso. Al semplice pannello-parete interna è possibile accostare il pannello porta-interna, che permette di fruire degli ambienti creati con le partizioni. Per assicurare una buona protezione agli agenti atmosferici e nascondere gli inestetismi causati dal sistema a viti e bulloni, è prevista – in corrispondenza degli incastri – l'aggiunta di guarnizioni. Realizzate in plastica polipropilenica di colore variabile in base alla funzione, esse nascondono l'elemento strutturale non rifinito.

### 3.3. LA PREDISPOSIZIONE AGLI IMPIANTI

Al fine di creare un'unità abitativa completa e dotata dei requisiti minimi di abitabilità e comfort, il rifugio possiede alcuni elementi speciali – prevalentemente costituiti da pannelli-parete – predisposti al passaggio degli impianti elettrici e idrici.

Tali elementi, previa accurata progettazione, sono opportunamente forati. Il passaggio dei cavi, per questioni estetiche e di sicurezza, è previsto in battiscopa in legno prefabbricati (Fig.6), che percorrono il perimetro dell'abitazione risalendo, ove necessario, lungo gli elementi verticali, consentendo il collegamento di corpi illuminanti a sospensione e divenendo anche



Figure 8. Six-section combination for two people with bathroom.



Figure 9. Nine-section combination addressed to family, with bathroom and living room.



Figure 10. Eighteen section combination addressed to family, with bathroom and living room.

Figures 8, 9 and 10 show different combinations made with multiple sections, intended respectively for two people and having a bathroom (Fig. 7), to a family and equipped with a bathroom and living room (Fig. 8) and a family and equipped with bathroom, living room and kitchenette (Fig. 9).

## 4. RESULTS

The numerous catastrophic events that have affected entire countries - and especially our peninsula - as a positive response to the architectural panorama, have led to the study of new housing solutions designed to face the emergency. Although innovative, these solutions recall the homes of nomadic tribes, inspired by their principles of transportability, lightness and sustainability [14, 15].

Therefore, the role of the “emergency” architecture is to create a synthesis between past and present, by studying transportable and flexible living modules, which at the same time succeed in satisfying the requests for minimum accommodation resulting to the occurrence of an emergency and the standards of living comfort.

The research conducted and illustrated in this contribution, in implementation, proposes a modular housing solution capable of uniting the well-being of the user with the fundamental requirements of rapidity of installation and environmental sustainability.

## 5. REFERENCES

- [1] Cascone S., Russo G., Tomasello N., n historical study on temporary and emergency post-disaster housing, «Tema», 4(2) (2018), p. 47-58.
- [2] Amoruso M., Case e città operaie. Casa Editrice Nazionale, 1903.
- [3] Marcenaro R., Mobile city. Milano. FrancoAngeli Editore, 2011.
- [4] Obyn S., Van Moeseke G., Virgo V., Thermal performance of shelter modelling: Improvement of temporary structures, «Energy and Buildings», 89 (2015), p. 170–82.
- [5] Wang Y., Long E., Deng S., Applying passive cooling measures to a temporary disaster-relief prefabricated house to improve its indoor thermal environment in summer in the subtropics, «Energy and Buildings», 139 (2017), p. 456–64.
- [6] Wang Y., Wang L., Long E., Deng S., An experimental study on the indoor thermal environment in prefabricated houses in the subtropics, «Energy and Buildings», 127 (2016), p. 529–39.
- [7] Barreca F., Tirella V., A self-built shelter in wood and agglomerated cork panels for temporary use in Mediterranean climate areas, «Energy and Buildings», 142 (2017), p. 1–7.
- [8] Nemati S., Sharafi P., Samali B., Aliabadizadeh Y., Saadati S., Non-reinforced foam filled modules for rapidly assembled post disaster housing, «International Journal of Geomate», 14 (2018), p. 151–61.
- [9] Atmaca A., Atmaca N., Comparative life cycle energy and cost analysis of post-disaster temporary housings, «Applied Energy», 171 (2016), p. 429–43.
- [10] Masotti C (2010) La tradizione dell’abitare temporaneo e di emergenza. In: Manuale di architettura di emergenza temporanea. Gruppo Editoriale Esselibri Simone, pp 7-8.
- [11] <http://www.unep.org/resourceefficiency/Consumption/StandardsandLabels/MeasuringSustainability/LifeCycleAssessment/tabid/101348/Default.aspx> (2003).
- [12] ISO 14040 Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and

*elemento di finitura.*

*Al fine di creare l'allacciamento idrico del rifugio, è stato studiato un sistema di sollevamento del piano di calpestio che consente l'installazione dei tubi dell'impianto (Fig.5). Un sistema di pilastri e travetti, rialzando il piano calpestio di 30 cm, permette inoltre di creare la pendenza minima necessaria allo smaltimento dell'acqua. Il dislivello che si crea viene compensato da un pannello-scala composto da due gradini di altezza pari a 14 cm e pedata pari a 30 cm (Fig.7).*

*Il collegamento dei blocchi sanitari ai tubi sottostanti il piano di calpestio avviene previa foratura del pannello di bambù, resa possibile dalla griglia che consente inoltre di disporre i sanitari in posizione sia laterale che centrale. Per lo stesso principio, l'angolo cottura può essere posizionato con estrema flessibilità.*

### 3.4. LA COMPONIBILITÀ E LA PERSONALIZZAZIONE DEGLI AMBIENTI

*Il rifugio, nella sua configurazione base (3,85m×3,85m×3,26m), si presenta come un'unità abitativa minima destinata dai 2 ai 4 utenti.*

*A supporto dei principi di versatilità degli ambienti e di personalizzazione degli stessi, la soluzione progettuale prevede la possibilità di ampliamento in caso di unità familiari con un numero maggiore di componenti e/o la possibilità di suddivisione della superficie interna dell'alloggio in più ambienti mediante l'uso dei pannelli-parete interna che, insieme con i pannelli-porta interna, vengono fissati su una struttura in alluminio anodizzato montata sulle linee guida predisposte lungo gli elementi strutturali costituenti il telaio e nascoste da guarnizioni.*

*La possibilità di personalizzazione permette di donare all'ambiente una propria identità, in vista dell'incertezza associata ai tempi di permanenza dell'utente.*

*Nelle figure 8 e 9 e 10 sono riportate differenti combinazioni realizzate con multiple sezioni, destinate rispettivamente a due persone e dotate di bagno (Fig.7), a una famiglia e dotate di bagno e soggiorno (Fig.8) e a una famiglia e dotate di bagno, soggiorno e angolo cottura (Fig.9).*

### 4. CONCLUSIONI

*I numerosi eventi catastrofici che hanno interessato interi paesi - e specialmente la nostra penisola - hanno avuto, come positivo riscontro sul panorama architettonico, lo studio di nuove soluzioni abitative destinate a fronteggiare l'emergenza. Seppur innovative, queste soluzioni rievocano le abitazioni delle tribù nomadi, ispirandosi ai loro principi di trasportabilità, leggerezza e sostenibilità [14, 15].*

*Appare dunque chiaro il ruolo dell'architettura “di emergenza”: creare una sintesi tra passato e attualità, studiando tecnologie e moduli abitativi trasportabili e flessibili, che riescano allo stesso*

Framework (2006).

- [13] Paquali D., Abitare mobile. L'esperienza italiana nel Secondo Dopoguerra [tesi di laurea magistrale]. Venezia: Università Ca'Foscari (2013).
- [14] Manfield P., Modeling of a Cold Climate Emergency Shelter Prototype and a Comparison with the United Nations Winter Tent, MPhil diss., University of Cambridge, 2000.
- [15] Duksi A., Küçükali U.F., Sustainable Temporary Architecture. In A+ArchDesign, 2(2016), p. 13-25

*tempo a soddisfare le richieste di alloggio minimo conseguenti al verificarsi di un'emergenza e gli standard di comfort abitativo.*

*La ricerca condotta e illustrata nel presente contributo, in implementazione, propone una soluzione abitativa componibile in grado di conciliare il benessere dell'utente con i fondamentali requisiti di rapidità di installazione e di sostenibilità ambientale.*