

ARCHITETTURA MOBILE OFF-GRID

Uno strumento possibile per la resilienza delle comunità rurali in caso di calamità naturali

MOBILE OFF-GRID ARCHITECTURE

A potential tool for the resilience of rural communities in the event of natural disasters

Shota Tajima, Satoko Nasu

ABSTRACT

Il presente contributo illustra uno studio condotto per la città di Nagara in Giappone mirato a verificare l'impiego delle architetture mobili off-grid (MOA) per incrementare la resilienza delle comunità rurali entro il 2050. Per fronteggiare gli effetti dei cambiamenti climatici che hanno influenzato pesantemente le vite umane e gli ecosistemi naturali, per contrastare l'invecchiamento della popolazione, la migrazione verso i centri urbani più grandi e l'inefficienza delle infrastrutture ormai obsolete, le aree rurali giapponesi devono aumentare la propria resilienza per garantire una continuità antropica nei loro territori. In questo contesto, gli autori propongono una soluzione MOA sviluppata in base alla letteratura sull'argomento e a un questionario rivolto a governo locale e aziende, utilizzando un approccio deduttivo per determinarne la fattibilità. I risultati del progetto sperimentale suggeriscono che il MOA potrebbe essere utilizzato per vari scopi, tra cui l'educazione sociale e lo sviluppo della comunità rurale, anche se la fattibilità deve ancora essere confermata in relazione alle criticità rappresentate dal peso e dal costo dell'architettura mobile.

The paper illustrates a study conducted for the town of Nagara in Japan to test the use of mobile off-grid architecture (MOA) in support of the resilience that rural communities are expected to acquire by 2050. In order to cope with the effects of climate change that have severely affected human lives and natural ecosystems, to counter population ageing, migration to larger urban centres and the inefficiency of outdated infrastructure, Japan's rural areas need to increase their resilience to ensure human continuity in their territories. In this context, the authors propose a MOA solution developed on the basis of literature review and a questionnaire to manufactures and local government, using a deductive approach to determine its feasibility. The results of the experimental project suggest that the MOA could be used for various purposes, including social education and rural community development, although the feasibility has yet to be confirmed in relation to the critical issues represented by the weight and cost of mobile architecture.

KEYWORDS

architettura off-grid, resilienza della comunità, efficienza energetica, rilancio del territorio, design thinking

off-grid architecture, community resilience, energy efficiency, regional revitalization, design thinking

Shota Tajima, PhD, is a Full Assistant Professor at the Graduate School of Global and Transdisciplinary Studies, Chiba University (Japan). He participated in the Solar Decathlon 2012 and 2014 as the Japan Team Leader. His research interest is sustainable development of rural areas. He is also a regional revitalization Advisor in Nagara. E-mail: shota.tajima@chiba-u.jp

Satoko Nasu is a PhD Candidate at the Department of Urban Environment Systems at Chiba University (Japan). During graduate school, she participated in the Solar Decathlon 2012 and 2014 as a Member of the Japan Team and managed the team's electrical energy system. Her research interests include energy balance between housing and rural communities. E-mail: nasusa@graduate.chiba-u.jp

Il contributo illustra uno studio sullo sviluppo di un progetto di architettura mobile off-grid (MOA) finalizzato a rendere più resilienti le comunità rurali del Giappone entro il 2050 e a sostenere progetti locali di rilancio e di educazione sociale nell'era post-Covid-19. In particolare, il contributo riporta i risultati di uno studio di fattibilità finalizzato a valutare se il MOA può essere utilizzato per il soccorso in caso di calamità in una comunità rurale. Il recente riscaldamento globale dovuto ai cambiamenti climatici ha colpito le vite umane e gli ecosistemi naturali. Secondo il quinto Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change pubblicato nel 2014, tra il 1880 e il 2012 le temperature medie globali della terra e del mare sono aumentate di 0,85 °C. Dal 1850, ciascuno degli ultimi 30 anni è stato più caldo di qualsiasi decennio precedente (IPCC, 2014) e secondo un'analisi del World Data Centre for Greenhouse Gases, nel 2018 la frazione molare annuale media globale di anidride carbonica nell'atmosfera è stata di 407,8 ppm, producendo un aumento del 147% rispetto al valore di 278 ppm riscontrato prima dell'industrializzazione nel 1750 (Japan Meteorological Agency, 2020). Nell'intero pianeta, l'innalzamento delle temperature globali ha contribuito all'aumento di disastri naturali provocati ad esempio dagli uragani (Steiner, Espinosa and Glasser, 2015); allo stesso modo, in Giappone l'entità dei disastri è aumentata, le forti piogge si sono intensificate e molte parti del Paese sono state interessate da frequenti frane e interruzioni di corrente (Government of Japan, 2018).

L'invecchiamento della popolazione rurale può avere gravi ripercussioni sulle aree urbane perché gran parte del cibo e dell'energia consumata dagli abitanti delle città viene prodotta lontano dai centri urbani. Pertanto, anche se si prevede che quasi due terzi della popolazione mondiale vivrà in città entro il 2050 (United Nations, 2019), è importante migliorare la resilienza delle comunità rurali con infrastrutture obsolete e non perfettamente efficienti per fronteggiare eventi calamitosi, inondazioni e interruzioni di corrente, che si verificano puntualmente ogni anno (Fig. 1). Recenti studi scientifici hanno già dimostrato che lo sviluppo dell'autosufficienza può facilitare dopo un evento calamitoso la ripresa a breve e medio termine delle suddette comunità (Teo, Goonetilleke and Ziyath, 2015).

L'architettura mobile, come roulotte, camper e unità container, può svolgere un ruolo importante nei soccorsi in caso di catastrofe, fornendo rapidamente un alloggio confortevole nelle aree colpite (Fig. 2), come avvenuto ad esempio nel 2005 in seguito all'uragano Katrina (Verderber, 2008); tuttavia, le vittime hanno anche bisogno di altri tipi di supporto, come ad esempio avere informazioni sulle forniture di cibo e acqua e sulle condizioni del disastro. Quando nel 2019 un grande tifone ha colpito la Prefettura di Chiba in Giappone, 641.000 case hanno subito un blackout e ci sono volute più di due settimane per ripristinare l'energia elettrica in alcune zone. Oltre il 90% dei Governi locali colpiti ha avuto grandi difficoltà a diffondere informazioni sulla prevenzione dei disastri

e sui piani di evacuazione agli abitanti e il 70% a rispondere alle loro segnalazioni e richieste (CRIC, 2020).

Quanto successo nella Prefettura di Chiba insegna che, durante e dopo una calamità naturale, gli abitanti hanno la necessità di collegarsi alla rete elettrica per caricare i telefoni cellulari, accedere alle informazioni e comunicare con le Istituzioni locali. A causa del ridotto supporto del Governo locale, gli abitanti delle zone rurali hanno bisogno di nuovi strumenti e mezzi alternativi capaci di dare risposte flessibili dopo un evento calamitoso (Pentland, 2014); in questo senso, il MOA, con la capacità di generare energia, ha il potenziale per essere un importante luogo che funge da base di informazioni per la comunità.

Gli autori hanno già presentato una soluzione di questo tipo al Solar Decathlon 2014 (Tajima, Okada and Kawase, 2015), un concorso internazionale di progettazione di case a energia zero organizzato dal Dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti. Nel Solar Decathlon, team di studenti universitari costruiscono case a energia zero in collaborazione con partner industriali e competono su dieci tematiche che coprono vari aspetti che vanno dalla progettazione architettonica a quella impiantistica fino alle prestazioni energetiche della casa. Lo scopo del Solar Decathlon è quello di promuovere l'innovazione nella tecnologia delle smart grid e della casa intelligente e soluzioni sostenibili per risolvere le problematiche ambientali. Il team degli autori ha presentato il progetto Renai House, una struttura composta da tre nuclei di servizi con impianti integrati (Fig. 3) e uno spazio aperto centrale solitamente utilizzato come soggiorno ma che può anche essere convertito in uno spazio comunitario durante un disastro (Fig. 4).

Il Renai House (RH) mira a fornire uno spazio abitativo confortevole e facile da montare dopo una calamità, avendo caratteristiche di velocità di montaggio, flessibilità d'uso e qualità architettonica. La RH può fungere da rifugio, alloggio temporaneo, struttura di prima accoglienza e spazio comune, a seconda della fase dell'evento. La RH risulta efficiente dal punto di vista energetico ma non può essere facilmente spostata; tale limite impone un ripensamento della sua struttura perché possa essere ricollocata più facilmente e muoversi in risposta ai frequenti disastri degli ultimi anni. Alla luce delle superiori premesse e delle criticità, gli autori hanno sviluppato il MOA come architettura ideale per rispondere alle calamità e hanno lavorato con il Governo locale per condurre una verifica sperimentale, come riportato di seguito.

Rilancio locale e produzione di energia diffusa | La popolazione del Giappone invecchia e contemporaneamente diminuisce la natalità. Dopo aver raggiunto il picco nel 2008, la popolazione delle zone rurali ha iniziato a decrescere, determinando un fenomeno che, insieme al sovraffollamento dell'area metropolitana di Tokyo, produrrà gravi conseguenze per la società e l'economia del Giappone (Government of Japan, 2019); in particolare, è in atto una continua migrazione dalle zone rurali (caratte-

rizzate da un paesaggio naturale rigoglioso) verso la Prefettura di Chiba che, al 2019, conta una popolazione di circa 6,3 milioni di abitanti, concentrata soprattutto nelle aree urbane prossime a Tokyo. La città di Nagara, interessata dal presente studio, si trova al centro della Prefettura di Chiba e conta una popolazione di 6.770 abitanti (a settembre 2020), il che la rende il secondo Comune più piccolo di Chiba (Figg. 5, 6). Nagara deve affrontare numerose sfide, tra cui l'invecchiamento dei lavoratori impiegati nel settore primario, la carenza di lavoratori più giovani in sostituzione di quelli entrati in pensione e la sospensione dei trasporti pubblici a causa della decrescita della popolazione.

Nel settembre 2019, un devastante tifone ha colpito Nagara interrompendo la corrente e le comunicazioni, in alcuni quartieri anche per due settimane, e ritardando l'assistenza da parte del Governo locale e nazionale. A causa della continua decrescita demografica e della vulnerabilità delle infrastrutture – difficilmente sostituibili in tempi brevi (Feldhoff, 2013) – le aree rurali del Giappone, come quella di Nagara, hanno la necessità di produrre energia localmente e in autonomia dopo un disastro. A differenza della produzione di energia centralizzata, fornita dalle centrali nucleari e termiche, quella diffusa utilizza risorse locali e fonti rinnovabili – energia solare, eolica, geotermica e da biomasse – per le esigenze di zone del Paese periferiche. In Giappone, la tariffa di alimentazione (FIT) e la liberalizzazione del mercato dell'elettricità hanno incentivato la diffusione dell'energia da fonti rinnovabili, grazie anche alla riduzione, su scala globale, dei relativi costi: l'abbattimento dei prezzi dei moduli fotovoltaici (FV), diminuiti di circa l'80% tra la fine del 2009 e il 2015 (IRENA, 2016) e delle batterie di accumulo, hanno contemporaneamente favorito l'aumento della produzione di energia locale, incentivato le industrie locali e reso più sicura la vita a molti residenti delle aree periferiche.

Quesiti per la ricerca e metodologia | Rispetto a questo contesto, gli autori hanno ipotizzato che il MOA possa essere un mezzo efficace per sviluppare comunità resilienti in quelle aree rurali la cui economia è in declino. Per testare questa ipotesi, gli autori hanno cercato di rispondere alle seguenti domande: 1) L'attuale architettura mobile può essere sufficiente allo scopo? 2) Quali caratteristiche e prestazioni deve possedere il MOA per facilitare la resilienza delle comunità rurali? 3) Il MOA può contribuire a risolvere i problemi creati da eventi calamitosi alla popolazione rurale? Lo studio si fonda su una rassegna della letteratura sul tema, su un'indagine condotta tramite questionario, su interviste ai funzionari del Governo locale e su studi di fattibilità. L'approccio metodologico utilizzato è quello promosso dal 'design thinking' utile nell'attività di ricerca sul rilancio di realtà locali ma anche per affrontare questioni complesse come quelle che interessano la società odierna (Dorst, 2011), gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs), l'IT e l'assistenza sanitaria.

Architettura mobile off-grid (MOA) | Diversi



Fig. 1 | Nagara, Chiba Prefecture, inundated by heavy rains in 2019 (credit: Nagara, 2019).



Fig. 2 | FEMA trailers parked in Arkansas, USA (credit: B. R. Cheshier/shutterstock, 2020).

sono i vantaggi che un'architettura mobile off-grid può offrire: il principale è sicuramente la produzione di energia elettrica che, nell'attuale emergenza sanitaria dovuta al Covid-19, può favorire l'allontanamento dalla città in favore di spazi naturalistici meno antropizzati e di conseguenza il distanziamento sociale; altro vantaggio importante è la dotazione di un sistema di riciclo dell'acqua che permette agli utenti di vivere in modo del tutto indipendente dalle reti idriche pubbliche.

Poiché le questioni energetiche e ambientali sono sempre più oggetto di attenzione da parte dei progettisti e degli amministratori, la produzione di energia off-grid può diventare uno strumento efficace per raggiungere gli SDGs, rendendo possibile, ad esempio, vivere una vita più confortevole in zone rurali (Fig. 7) dove le infrastrutture sono spesso non efficienti o talvolta inesistenti, riducendo la sovrappopolazione nelle aree urbane. In tutto il mondo, solo nel 2016 sono stati venduti più di 8 milioni di pannelli fotovoltaici per sistemi di produzione di energia off-grid o mini-grid (Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, 2016) mentre circa 133 milioni di persone hanno avuto accesso all'illuminazione e ad altri servizi elettrici utilizzando soluzioni di energia rinnovabile off-grid (IRENA, 2018). La International Energy Agency riferisce che entro il 2050 centinaia di milioni di persone vivranno ancora in zone rurali scarsamente popolate, dove i sistemi solari off-grid sarebbero probabilmente la soluzione più adatta per l'elettrificazione. In Africa e in Asia, dove milioni di persone sono prive di elettricità, saranno necessarie azioni specifiche per facilitare l'accesso ai sistemi fotovoltaici off-grid e mini-grid (IEA, 2014). Il MOA, utilizzato per i soccorsi in caso di calamità nei Paesi sviluppati, potrebbe essere utile anche per l'edilizia abitativa nelle aree non elettrificate dei Paesi in via di sviluppo.

Come prima fase dello studio del MOA, gli autori hanno condotto una ricerca sul web e un'indagine tramite questionario sulle aziende che commercializzano architetture mobile in Giappone e all'estero, ricevendo risposte da cinque aziende giapponesi e da una società estera (Tajima and Nasu, 2020). I risultati hanno rivelato che esistono diversi tipi di architettura mobile, tra cui rimorchi mobili, case mobili, container, un tipo modulare che può es-

sere smontato e imballato per un facile trasporto (Tab. 1) e infine camper e roulotte, questi ultimi tra le soluzioni più diffuse e che consente la maggiore mobilità e versatilità grazie al fatto che il loro motore può essere utilizzato per generare e fornire energia elettrica, anche se temporaneamente. Diverse sono le finalità d'impiego dell'architettura mobile che ci riporta la letteratura scientifica, spaziando dal campo sociale, come nel caso degli autobus attrezzati per la campagna volta a 'recuperare' i bambini di strada (Azzam et alii, 2019), a quello umanitario, come nel caso di tende e rimorchi da utilizzare come centri di primo soccorso medico (De Giovanni, 2018) o di alloggi temporanei nel caso di catastrofi naturali (Ruggiero, 2018).

Dopo il Grande Terremoto del Giappone Orientale del 2011, i Governi locali hanno iniziato a utilizzare le case mobili come alloggi di emergenza temporanei fino a quando non si sono potuti costruire alloggi temporanei prefabbricati. Tuttavia, questo tipo di abitazioni non è adatto a un uso a lungo termine perché, per esempio, non è dotato di un isolamento termico sufficiente. Inoltre, anche se alcune case mobili sono relativamente economiche e forniscono uno spazio abitativo con adeguate prestazioni di isolamento termico, poche sono dotate di funzionalità integrate per una alimentazione elettrica off-grid; come per le case a energia zero, la progettazione di un'architettura mobile ad alta efficienza energetica generalmente presuppone l'integrazione della rete, che è tecnicamente diversa dai sistemi off-grid. In questa ottica il MOA risponde alle necessità di comfort e di autosufficienza dalla rete elettrica.

Il Prototipo MOA | Gli autori hanno ideato un prototipo che soddisfa i requisiti del MOA, partendo dal presupposto che la multifunzionalità è un requisito essenziale. Il primo prototipo MOA per i soccorsi in caso di catastrofe è EcoCabin (Fig. 8), un modulo attrezzato con un pannello fotovoltaico leggero e con una batteria di accumulo (Fig. 9). Se collegato a un veicolo elettrico di potenza adeguata, durante la notte EcoCabin è in grado di fornire riscaldamento e raffrescamento indoor. Inoltre, con un serbatoio dell'acqua e un dispositivo di filtraggio, può fornire acqua per le docce e per cuci-

nare. Il pannello fotovoltaico da 1,29 kW di EcoCabin è in grado di fornire una modesta fornitura di energia per le telecomunicazioni, per Wi-Fi via satellite e per la ricarica dei telefoni cellulari in caso di interruzione della corrente, ed è dotato di un regolatore di carica e di un inverter, che può essere azionato sul luogo del disastro.

In caso di evento calamitoso, è possibile utilizzare e aggregare più moduli EcoCabin a seconda delle risorse necessarie per ottimizzare la ricostruzione (Figg. 10, 11). Precedenti studi hanno dimostrato che, sebbene la qualità della vita si riduca drasticamente dopo un drammatico evento naturale, le comunità che si sono impegnate costantemente in attività di prevenzione dei disastri sono quelle che generalmente riescono a riprendersi più velocemente (Fig. 12): infatti, la dimensione di catastrofi come tifoni e terremoti non è l'unico fattore che determina la gravità di un disastro ma, come sottolineano Wisner et alii (2004), anche la vulnerabilità è un fattore importante.

Il suo impiego come strumento di sensibilizzazione sociale ha influenzato anche il design di EcoCabin. Mentre l'architettura sperimentale europea off-grid si concentra maggiormente sugli aspetti di comfort, quella giapponese è più orientata alle dotazioni tecnologiche. Uno dei fattori che può ostacolare l'adozione diffusa dell'architettura off-grid in Giappone è la mancanza di comunicazione con i potenziali utenti finali poiché la società giapponese è restia a utilizzare una risorsa di cui non sa nulla. L'interesse generato dai pannelli fotovoltaici aiuta a superare tale limite: infatti, EcoCabin può essere rivestito con pannelli solari (Fig. 13) che gli utenti possono ribaltare manualmente estendendo la copertura del modulo e immaginando potenziali usi che il nuovo spazio protetto ha generato.

EcoCabin è finalizzato a tre gruppi di utenti, in base alla fase del disastro. Il primo gruppo è rappresentato dalla comunità in generale e dalle associazioni di quartiere in particolare: la finalità è preparare e formare i residenti di comunità locali ai disastri naturali, facilitando così la resilienza della comunità stessa. Il secondo gruppo è costituito da aziende private, molte delle quali sono già impegnate attivamente nella realizzazione di una società più sostenibile e nel settore della prevenzione dei disastri locali; le aziende possono impiegare giornalmente EcoCabin nelle aree rurali come uffici condivisi, alloggi o strutture di formazione. Il terzo gruppo è costituito dai Comuni che possono utilizzare EcoCabin come 'infrastruttura' in caso di un'interruzione diffusa e continua di corrente, per necessità quali accedere alle informazioni dal web e ricaricare gli smartphone per comunicare.

Dal punto di vista costruttivo, la struttura principale di EcoCabin è in legno, una risorsa disponibile a livello mondiale, mentre le caratteristiche di isolamento termico sono simili a quelle delle case a energia zero che consentono buone prestazioni di risparmio energetico (Figg. 15, 16). Nonostante EcoCabin sia stato progettato per essere realizzato in stabilimento, due sono le criticità che emergono dallo studio di fattibilità e che vanno risolte quanto

prima per aumentarne l'attrattività verso gli utenti: la prima riguarda l'eccessivo peso del modulo, la seconda è relativa all'elevato costo di realizzazione che attualmente è pari a 18 milioni di JPY (circa 148mila euro).

Altre applicazioni per lo sviluppo delle città rurali | Al fine di promuoverne l'utilizzo di EcoCabin come strumento che l'Amministrazione pubblica può utilizzare sia in caso di calamità sia per promuovere il rilancio dell'economia locale, gli autori hanno avviato un tavolo di discussione con Governi locali illustrando quanto sopra esposto e mostrando il progetto del modulo. Per la zona rurale di Nagara, nello specifico, è stato presentato Eco(w), un progetto sperimentale per un'area utilizzata per l'allevamento e il pascolo delle mucche (Figg. 14, 17). Sebbene il termine Eco sia l'abbreviazione di 'ecologia', nel caso in esame è usato come acronimo di molteplici altri termini che restituiscono la multifunzionalità del modulo in risposta alle numerose esigenze di sviluppo della comunità locale e di riattivazione della quotidianità dopo eventi calamitosi: 'E' sta per efficienza energetica, esperienza ed educazione; 'c' sta per campagna (aree rurali), cura della persona e connessione; 'o' sta per off-grid, occasione e orientamento; e 'w' sta per tempo (weather), acqua (water) e postazione di lavoro (workstation).

In aggiunta, Eco(w) è uno mezzo per migliorare il branding di una città, in particolare quel tipo di branding rappresentato dal turismo esperienziale (Wada et alii, 2009) che può contribuire a stabilire un legame tra le comunità delle aree rurali e le persone che vivono nelle aree urbane (Okoso, 2013). In quest'ottica, Eco(w) utilizza le risorse locali delle aree rurali per fornire varie esperienze che riguardano la prevenzione dei disastri, la modalità di sopravvivenza dopo gli eventi calamitosi, il telelavoro in ambienti naturali, la produzione alimentare e le tradizioni culturali locali. Ad esempio, le tradizionali locande giapponesi possono essere una buona opzione per sperimentare la vita nelle zone rurali ma soggiornare in una EcoCabin offrirebbe un'esperienza a tema ecologico e tecnologico, molto ricercata dai giapponesi. EcoCabin può anche essere utilizzato come alloggio (per un numero limitato di persone) o per valorizzare i prodotti agricoli locali al posto dei tradizionali food trucks che presentano il limite di essere utilizzabili solo per cucinare e servire il cibo. Con EcoCabin si potrebbe quindi favorire un incremento dei residenti e il conseguente rilancio, nel lungo termine, dell'economia locale.

Conclusioni | Lo studio riportato, basato sull'ipotesi che il MOA contribuisca alla resilienza della comunità rurale, è stato condotto dapprima con una revisione della letteratura, poi attraverso un questionario sull'architettura mobile e infine con la verifica della fattibilità d'impiego delle unità EcoCabin nel Comune di Nagara. Il metodo progettuale impiegato è quello deduttivo che ha consentito di prefigurare le condizioni del contesto di intervento nel medio e lungo periodo e di verificare la fattibilità della proposta rispetto a eventi passati. I risultati in-

dicano che l'architettura mobile convenzionale ha spesso usi limitati a specifiche funzioni e non tutti i tipi sono utili al contesto di intervento, non fornendo la produzione di energia elettrica off-grid necessaria alla resilienza della comunità rurale e al rilancio della sua economia. Anche il prototipo EcoCabin presenta criticità che devono essere risolte, quali il costo di realizzazione e il peso, che saranno oggetto di ricerche future. Le catastrofi naturali, le questioni ambientali, le emergenze sanitarie e la promozione della salute sono temi cruciali per il rilancio delle aree rurali. Se è difficile risolvere queste criticità contemporaneamente con gli strumenti tradizionali di governance, allora soluzioni creative come quella offerta dal MOA, da approfondire e migliorare ulteriormente, devono essere prese in considerazione per stimolare la comunità scientifica verso nuove ricerche sperimentali, l'Amministrazione pubblica a finanziare le relative azioni di ricerca e sviluppo dei prototipi, gli utenti verso un nuovo stile di vita più ecologico e sensibile alle questioni ambientali che si auspica possa portarli a rivalutare come un'opportunità il ripopolamento delle aree rurali.

The contribution illustrates a study on the development of an off-grid mobile architecture (MOA) project aimed at making rural communities in Japan more resilient by 2050 and supporting local revitalization and social education projects in the post-Covid-19 era. In particular, the contribution reports the results of a feasibility in which the MOA can be used for disaster relief in a rural community. Recent global warming due to climate change has affected human lives and natural ecosystems. According to the fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change published in 2014, global average surface temperatures, including land and sea temperatures, rose 0.85 °C between 1880 and 2012. Each of the last 30 years has been hotter than any previous decade since 1850 (IPCC, 2014). According to an analysis by the World Data Centre for Greenhouse Gases, in 2018, the global mean annual atmospheric carbon dioxide mole fraction was 407.8 ppm, which is a 147% increase from the value of 278 ppm before industrialization in 1750 (Japan Meteorological Agency, 2020). Throughout the Planet, rising global temperatures have contributed to the increase in natural disasters such as hurricanes (Steiner, Espinosa and Glasser, 2015); similarly, in Japan the scale of disasters has increased, heavy rainfall has intensified and many parts of the country have been affected by frequent landslides and power outages (Government of Japan, 2018).

The decline of the rural population can have severe impacts on urban areas because much of the food and energy consumed by city dwellers is produced far from urban centres. Therefore, many rural communities with outdated and inefficient infrastructure need to focus on developing their resilience to cope with calamitous events (floods and power outages) that occur on an annual basis (Fig. 1). Although



Figg. 3, 4 | Renai House, the Solar Decathlon 2014 (credits: V. Anzolin and J. Flakes, 2014).

Figg. 5, 6 | Landscapes of Nagara (credits: M. Shioya, 2019).

Fig. 7 | Solar energy production in Madagascar (credit: KRIS75/shutterstock).

TYPES	Automobile	Mobile trailer	Mobile homes	Container	Modular
LEGAL POSITIONS	Non building			Building	
TRANSFORMING FORM	Truck	Car+Trailer	Car+Trailer (detachable)	Container+Lorry	Module+Lorry
IMAGES					
TRANSPORTATION	Converted truck (2t)	Integrated undercarriage frame	Detachable undercarriage frame	On the back of a flatbed lorry	On the back of a flatbed lorry
AUTOMOBILE INSPECTION	Yes	Yes	Yes	N/A	N/A
MAIN USE(s)	Camper	Camping trailer; Travel trailer; Caravan; Tiny house	Mobile home; House trailer; Trailer home; Cabin	Temporary Office; Temporary House	Modular house; Prefab cabin; Shelter Unit for Rapid Installation; prefabricated
AVERAGE SIZE	W:2 m x L:5 m	6-42 m ²	8-20 m ²	18-35 m ²	60 m ² and more
WEIGHT	Light	Modelate	Heavy	Heavy	Heavy
PRODUCTION	Factory production	Factory production; Self-manufacturing	Factory production; Self-manufacturing	Factory production	Factory production
MAIN MATERIAL(s)	Steel	Aluminum, Steel, Wood	Aluminum, Steel, Wood	Steel	Wood, Steel
INDUSTRIALIZATION	B	C	C	C	A
DELIVERY TERM	Build-to-order (BTO); Finished product sale	Build-to-order (BTO); Finished product sale	Build-to-order (BTO); Finished product sale	Build-to-order (BTO); Finished product sale	Build-to-order (BTO)
ON-SITE CONSTRUCTION RAPIDITY	A	A	A	B	C
FACILITY	Installed	Installed	Installed	Installed/Non installed	Non installed
COMFORT CONDITION	Ventilator; FF heater; Air conditioner	Ventilator; Air conditioner (simple)	Ventilator; Air conditioner (simple)	Ventilator; Air conditioner	Ventilator; Air conditioner
WATER AND SEWERAGE CONNECTIONS	A(detachable)	A(detachable)	A(detachable)	A	A
SOLAR POWER MOUNTING POSSIBILITY	C	B	B	B	A
AFFODABILITY	B	A	A	B	B

Tab. 1 | Types of mobile architecture.

almost two thirds of the world’s population is projected to live in cities by 2050 (United Nations, 2019), efforts must be made to improve the resilience of rural communities in order to achieve a sustainable society, supported by scientific studies that have already shown that the development of self-sufficiency can facilitate the short and medium-term recovery of such communities after disasters (Teo, Goonetilleke and Ziyath, 2015).

Mobile architecture – such as caravans, campers and container units – can play an important role in disaster relief, quickly providing comfortable shelter in the affected areas (Fig. 2), as happened for example in 2005 following Hurricane Katrina (Verderber, 2008); however, victims also require other types of support, such as information on food and water supplies and the disaster conditions. When a massive typhoon hit Chiba Prefecture in Japan in 2019, 641,000 houses experienced a black-out, and it took over two weeks to restore power in some areas. More than 90% of affected local governments had great difficulty disseminating information about disaster prevention and evacuation plans to residents, and 70% had difficulty responding to reports and inquiries from residents (CRIC, 2020).

These results suggest that residents rely on electricity to be able to use their mobile phones to access information and communicate with

local governments. Due to reduced local government’s lack of human resources, residents need new tools and alternative means to provide flexible responses after disasters (Pentland, 2014); in this sense, the MOA equipped with power generation capabilities has the potential to be an important place to assist as an information base for the community during the disaster event.

The authors previously presented such a solution at the Solar Decathlon 2014 (Tajima, Okada and Kawase, 2015). The Solar Decathlon is an international competition of zero-energy homes organized by the US Department of Energy. In the Solar Decathlon, teams of university students build zero-energy homes, which they design in collaboration with industrial partners, and compete in ten contests that cover various aspects of their house’s design and performance. The purpose of the Solar Decathlon is to promote innovation in smart grid and smart home technology and to promote sustainable solutions to solve environmental criticalities. Our team’s submission was Renai House (RH), a structure composed of three utility cores with integrated facilities (Fig. 3) and a central open space usually used as a living room but that can be converted into a community space during a disaster (Fig. 4).

RH aimed to provide a comfortable and easy-to-assemble living space following a dis-

aster, incorporating the concepts of speed (of assembly), flexibility (of use) and dignity (of victims). The structure can serve as a shelter, temporary housing, rehabilitation housing, and communal space, depending on the disaster stage. RH is energy efficient but cannot be easily relocated; this limit imposes a rethinking of its component so that it can be moved more easily in response to the frequent disasters seen in recent years. In light of the superior premises and critical issues, the authors have developed the MOA as the ideal architecture to respond to disasters and have worked with the local government to conduct an experimental verification, as reported below.

Local revitalization and distributed energy | The population of Japan is simultaneously aging and shrinking. After peaking in 2008, the population of rural areas has started to decline in number of births, leading to a phenomenon that, together with overcrowding in the greater Tokyo metropolitan area, will have serious consequences for the society and economy of Japan (Government of Japan, 2019); in particular, there is a continuous migration from rural areas (characterized by a lush natural landscape) to the Prefecture of Chiba which has a population of around 6.3 million inhabitants (as of 2019), mainly concentrated in the urban ar-

areas near Tokyo. The target of this study is the town of Nagara, which is located in central Chiba. Its population is 6,770 (as of September 2020), making it the second-smallest municipality in Chiba (Figg. 5, 6). Nagara has many challenges, including the aging of workers in primary industries, the shortage of younger workers to replace retiring workers, and the suspension of public transportation due to population decline.

In September 2019, a devastating typhoon hit Nagara, disrupting power and communications – in some districts for up to two weeks – and delaying assistance from local and national government. Due to the ongoing population decline and the vulnerability of infrastructure – difficult to replace in the short term (Feldhoff, 2013) – rural areas in Japan, such as Nagara, need to produce their own energy locally and independently after a disaster. Unlike centralised energy production, provided by nuclear and thermal power plants, widespread energy production uses local resources and renewable sources – solar, wind, geothermal and biomass energy – for the needs of peripheral areas of the country. In Japan, the feed-in tariff (FIT) and the liberalisation of the electricity market have encouraged the spread of energy from renewable sources, also thanks to the reduction, on a global scale, of the related costs: the low cost of photovoltaic (PV) modules, which fell by about 80% between the end of 2009 and 2015 (IRENA, 2016), and storage batteries have at the same time stimulated an increase in local energy production, encouraged local industries and made life safer for many residents of peripheral areas.

Research question and methodology | Against this background, the authors hypothesized that MOA is an effective means for developing resilient communities in rural areas with declining populations. To test this hypothesis, the authors attempted to answer the following research questions: 1) Is current mobile architecture sufficient? 2) What features and performance are required for MOA to facilitate the realization of resilience? 3. Can MOA contribute to solving problems created by rural population decline? This study comprises a literature review, a questionnaire survey, and feasibility studies, including interviews of local government officials. We adopted the deductive ‘design thinking’ approach as our methodology. Design thinking is useful in dealing with the complex issues facing society today (Dorst, 2011), including the Sustainable Development Goals (SDGs), IT, and health care, and is becoming more commonly applied in regional revitalization research.

Mobile off-grid architecture (MOA) | There are many advantages that an off-grid mobile architecture can offer; among these are certainly the production of electricity on site, which in the current health emergency due to Covid-19 can encourage social distancing and distance from the city in favour of natural landscape, but also a water recycling system that allows users to live entirely independent of public water infrastructure.

With energy and environmental issues drawing increasing attention, off-grid energy production is becoming an effective means of achieving the SDGs. For instance, living away from the city, in areas with minimal or non-existent infrastructure, can help relieve overpopulation in urban areas and revitalize rural areas. The spread of off-grid energy production to non-electrified areas will enable people there to lead more comfortable and healthier lives (Fig. 7). Worldwide, more than 8 million PVs for off-

grid or mini-grid energy production systems were sold in 2016 alone (Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, 2016), and some 133 million people accessed lighting and other electrical services using off-grid renewable energy solutions in 2016 (IRENA, 2018). The International Energy Agency reports that by 2050, hundreds of millions of people will still live in sparsely populated rural areas, where off-grid solar systems would likely be the most suitable solution for electrification. In Africa and

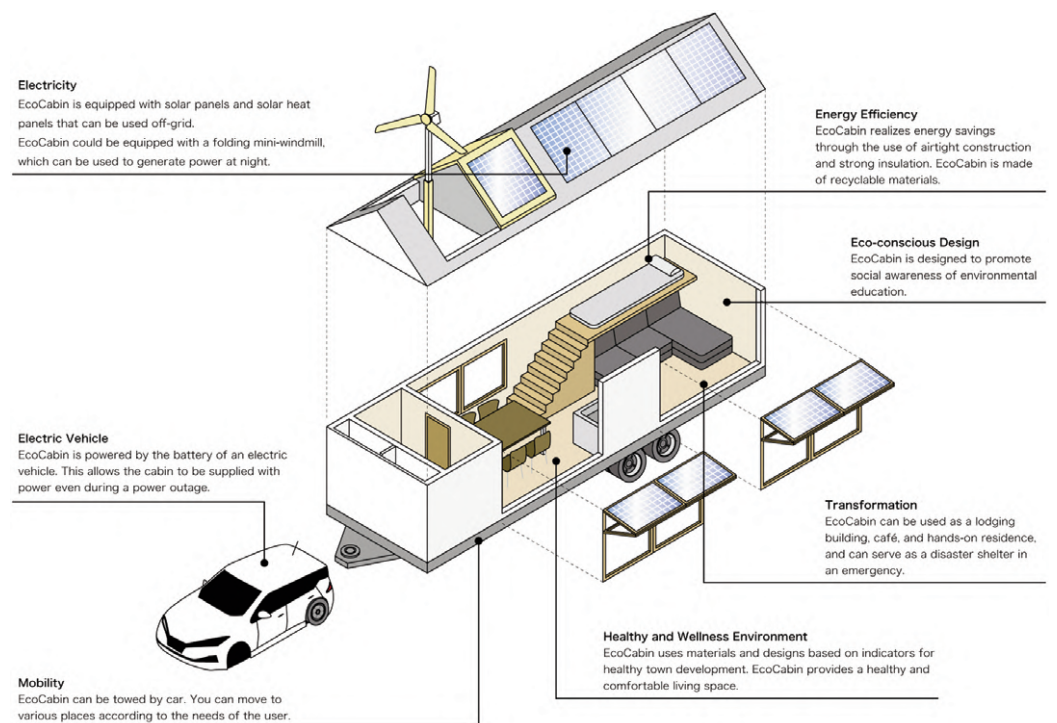


Fig. 8, 9 | Conceptual image of EcoCabin; Concept drawing of EcoCabin (credits: S. Tajima, 2020).

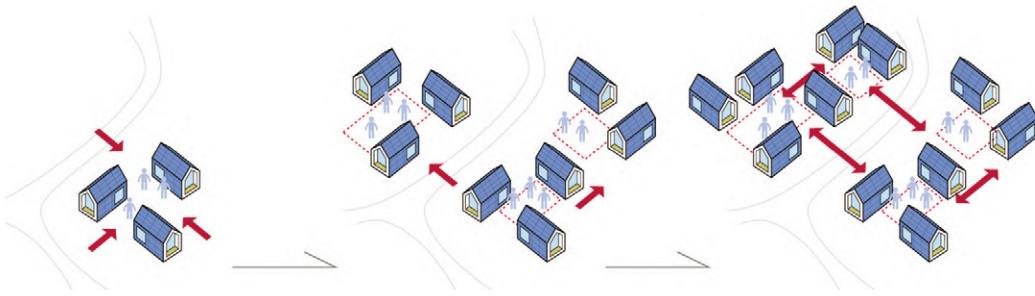


Fig. 10 | Multiple layouts of EcoCabin units (credit: S. Tajima, 2020).

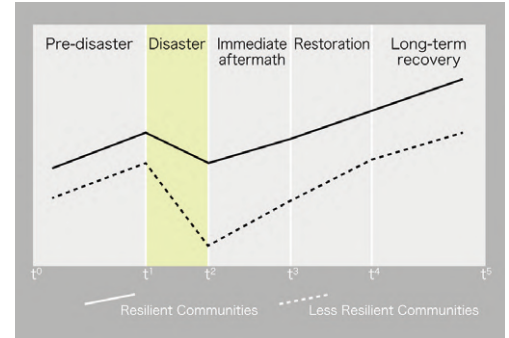


Fig. 11 | Conceptual image of EcoCabin units deployed at an evacuation area (credit: S. Tajima, 2020).

Fig. 12 | Comparison of hypothetical recovery trajectories between resilient and less resilient communities (credit: S. J. Mayunga, 2007).



Fig. 13 | EcoCabin, covered in removable transparent photovoltaic panels (credit: S. Tajima, 2020).

Asia, where millions of people lack electricity, specific actions will be necessary to facilitate access to off-grid and mini-grid PV systems (IEA, 2014). The MOA used for disaster relief in developed countries might also be useful for housing in non-electrified areas in developing countries.

The authors previously conducted an internet search and a questionnaire survey of businesses that market mobile architecture in Japan

and overseas and received responses from five Japanese companies and one overseas company (Tajima and Nasu, 2020). The results revealed different types of mobile architecture, including automobiles, mobile trailers, mobile homes, containers, and a modular type that can be disassembled and packed for easy transport (Tab. 1). Recreational vehicles, included in the automobile type, are the most mobile solution. Their engine can be used to generate

and supply electricity, albeit temporarily. Previous research on applying mobile architecture to address social issues includes a campaign to utilize buses to house homeless children (Az-zam et alii, 2019). Another study considered deploying mobile architecture such as tents and trailers during emergencies (De Giovanni, 2018). Mobile homes have also become popular as temporary housing following natural disasters (Ruggiero, 2018).

After the 2011 Great East Japan Earthquake, local governments began using mobile homes as temporary emergency housing until prefabricated temporary housing could be erected. However, this type of housing is not suitable for long-term use because, for example, it has inadequate heat insulation. Although mobile homes are relatively cheap and provide a living space with adequate heat insulation performance, few come equipped with integrated off-grid power supply functionality. Like zero-energy homes, the design of energy-efficient mobile architecture presupposes grid integration, which is technically different from off-grid systems. In response to such cases, the MOA devised in this study was designed to be a mobile building that could serve as an information base for local villages in a disaster.

MOA prototype | We devised a prototype that satisfies the requirements for MOA. We determined that multifunctionality is essential for MOA. Our first MOA prototype for disaster relief is EcoCabin (Fig. 8). It is equipped with a lightweight PV panel and a storage battery (Fig. 9). When connected to an electric vehicle overnight, EcoCabin can provide heating and cooling, both of which require a large power capacity. With a water tank and a filtration device, it can provide water for showers and cooking. EcoCabin's 1.29-kW PV panel can provide a modest energy supply for telecommunications, such as satellite internet service-based Wi-Fi and charging mobile phones, during a power outage event. It also has a charge controller and an inverter, which can be operated at the disaster site.

After a disaster, multiple EcoCabin units can be deployed, to assist with recovery efforts as well as promote sustainability efforts during reconstruction (Fig. 10, 11). Previous studies have shown that although living standards decline sharply after a disaster, communities that engaged in routine disaster prevention activities before the disaster generally recovered faster (Fig. 12): the size of hazards such as typhoons and earthquakes is not the only factor in determining the severity of a disaster; rather, as Wisner et alii (2004) point out, vulnerability is also an important factor. To reduce the aforementioned vulnerability, EcoCabin can already be used in everyday life as an information and training centre (including in schools) in disaster prevention activities, becoming a symbol of environmental awareness in communities.

Use as a tool to raise social awareness also influenced the design of EcoCabin. Whereas European experimental off-grid architecture focuses on luxurious amenities, Japanese one tends to be more technology-oriented. One of the factors that may be hindering the widespread adoption of off-grid architecture in Japan is the lack of communication with potential end-users. Society cannot utilize a resource it knows nothing about; thus, promoting awareness of solutions such as EcoCabin is essential. EcoCabin can be covered in removable solar panels (Fig. 13). By showcasing its solar panels in this manner, EcoCabin has

the potential to increase interest in renewable energy because users can move and expand the roof manually, providing an opportunity to think about how to use the space under the panels.

EcoCabin has three target groups, based on disaster stage. The first group is the general public, which includes neighbourhood associations. It is crucial to increase disaster preparedness in local communities. Supplying each community with an EcoCabin could raise awareness of disaster preparedness among residents thereby facilitating community resilience. The second group is private companies, many of which are taking action toward the realization of a sustainable society. They are increasing community resilience by contributing to local disaster prevention. They can store EcoCabin in rural areas for use as shared offices, accommodations, or training facilities, for instance. The third group is local governments (i.e., municipalities). They can store EcoCabin for use as a public facility. In the event of a widespread power outage, while a single EcoCabin cannot supply enough power for all residents, it can be used to charge smartphones and provide Wi-Fi so that residents can communicate with each other.

The main structure of EcoCabin is built of wood, which is a globally available resource. The heat insulation specifications are the same as those of zero-energy homes, thereby realizing good energy-saving performance (Fig. 15, 16). EcoCabin was intended to be prefabricated at a factory. However, in the early feasibility study, weight reduction became an issue. In addition, given that EcoCabin does not use standardized containers, the construction cost per unit is about JPY 18 million (over 147 thousand euro). To increase its appeal to the general public, its weight and price should be reduced by half.

Other applications to rural town development

Discussions were held with local governments based on EcoCabin's design documents and illustrations to gauge how it could be deployed as a public facility during a disaster as well as to promote regional revitalization during ordinary times. For the rural area of Nagara, specifically, Eco(w), an experimental project that combines disaster relief and regional revitalization, was presented (Fig. 14, 17). Although the term Eco is an abbreviation of 'ecology', in the present case it is used as an acronym for many other terms that show the multifunctionality of the module in response to the many needs of local community development and reactivation of everyday life before disasters: 'E' is for energy efficiency, experience, and education; 'c' is for countryside (rural areas), personal care, and connection; 'o' stands for off-grid, opportunity, and orientation; and 'w' is for weather, water, and workstation.

In addition, Eco(w) is a means for improving the branding of towns that can help establish a link between rural communities and people living in urban areas (Okoso, 2013). One kind of branding is one that draws on 'experiential' places (Wada et alii, 2009) which, in the case of rural areas, may lead to increase the number of residents and the long-term revitalization of the local economy. In this perspective, Eco(w) uses local resources in rural areas to provide various experiences, including those on disaster prevention and how to survive after disasters, teleworking in natural surroundings, local food production and traditional cultures. EcoCabin can also be used to enhance a wide range of local assets in rural areas. For example, traditional Japanese inns may be a good option for experiencing life in rural areas but staying in an EcoCabin would offer an ecological and technological experience, much sought after by the Japanese. EcoCabin can also be used as accommodation (for a limited number

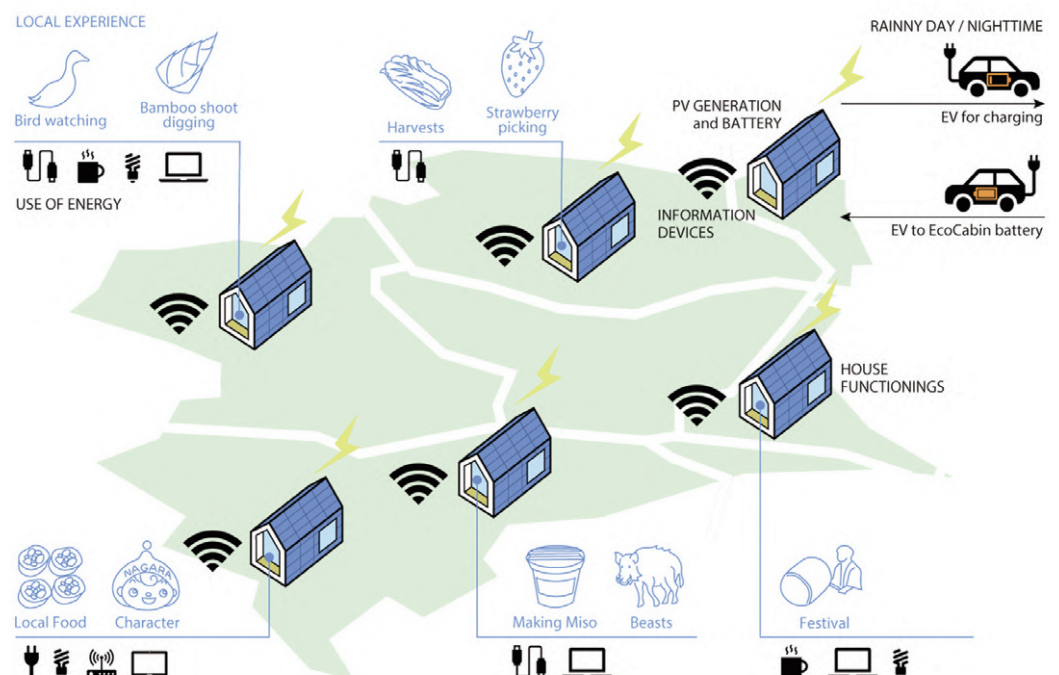


Fig. 14 | Eco(w) project (credit: S. Tajima, 2020).

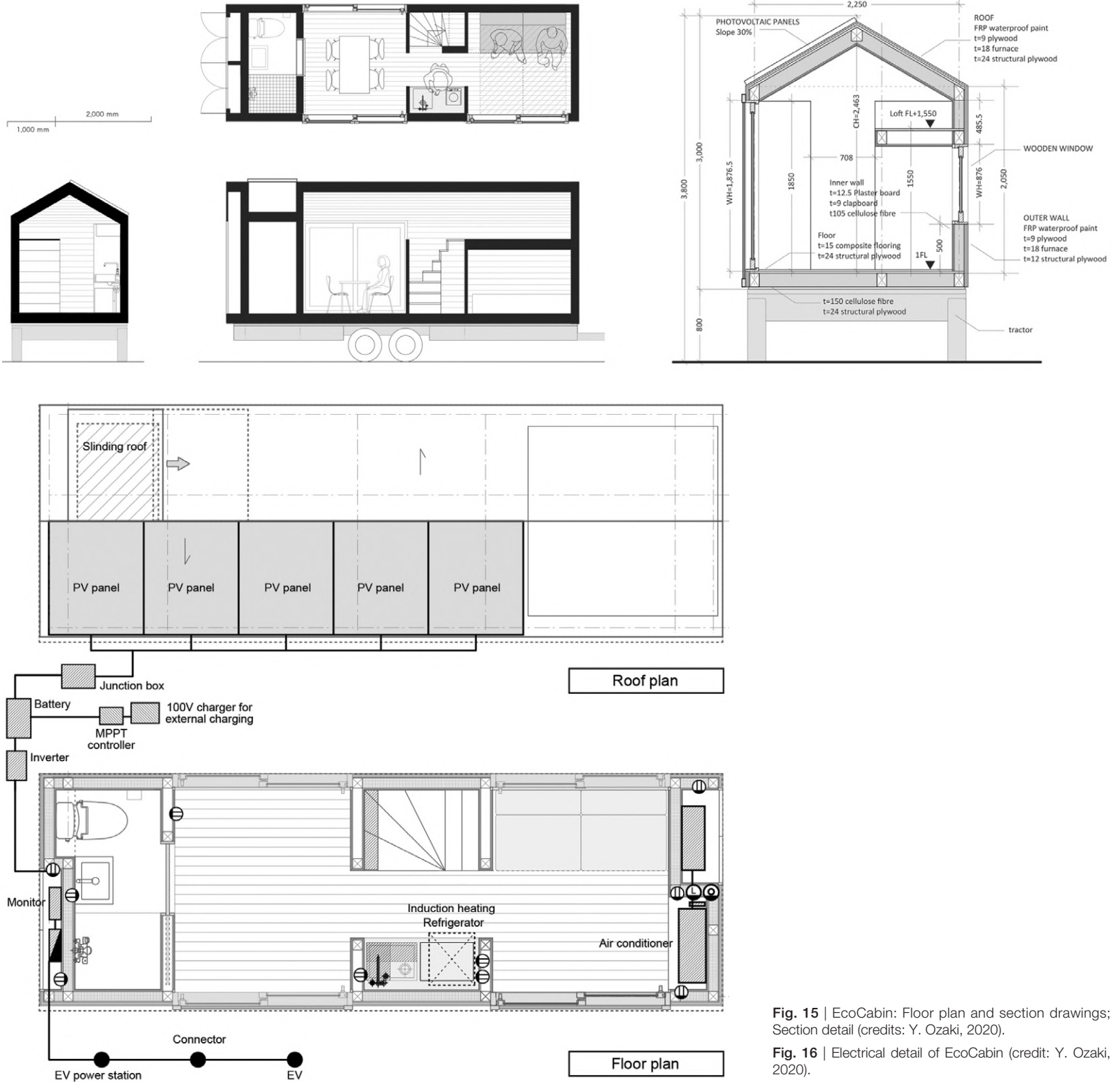


Fig. 15 | EcoCabin: Floor plan and section drawings; Section detail (credits: Y. Ozaki, 2020).

Fig. 16 | Electrical detail of EcoCabin (credit: Y. Ozaki, 2020).

of people) or to enhance the value of local agricultural products instead of the traditional food trucks that have the limit of being usable only for cooking and serving food.

Conclusion | In this paper, based on the hypothesis that the MOA contributes to the resilience of the community, the authors reported the phases of the study conducted through a literature review a questionnaire on mobile architecture and a check on the feasibility of using EcoCabin units in Nagara. The study used deductive design thinking to imagine the conditions of the region in the future and verify the

feasibility of the system by using back-calculations. The results indicate that the conventional mobile architecture has limited uses and few types provide off-grid energy production. It was also considered that MOA can contribute to community resilience and regional revitalization and needs to incorporate versatile functions and increase social awareness as part of its design.

The EcoCabin prototype also presents critical issues that need to be resolved, such as the cost of construction and the weight that will be the subject of future research. Natural disasters, environmental issues, health emergencies and

health promotion are crucial issues for the revitalization of rural areas. If it is difficult to solve these critical issues simultaneously with traditional governance tools, then creative solutions such as the one offered by the MOA, to be further explored and improved, must be considered in order to stimulate the scientific community towards new experimental research, the public administration to finance the related research and development of prototypes, the users towards a new more ecological and environmentally sensitive lifestyle that hopefully will lead them to re-evaluate the repopulation of rural areas as an opportunity.



Fig. 17 | Discussion with Nagara Town municipal staffs (credit: S. Tajima, 2020).

References

- Azzam, R., AbdelGhaffar, A., Kesseiba, K. and El-Husseiny, M.-A. (2019), “Adattare l’architettura per le emergenze umanitarie alle campagne di sensibilizzazione per i bambini di strada | Adapting humanitarian emergency architecture for street children outreach campaigns”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 6, pp. 200-209. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/6192019 [Accessed 10 July 2020].
- CRIC – Chibagin Research Institute Corporation (2020), *Efforts and future agenda for the disaster prevention support and risk reduction in Chiba Prefecture*. [Online] Available at: www.crinet.co.jp/economy/pdf/20200602.pdf [Accessed 28 October 2020].
- De Giovanni, G. (2018), “Emergenza sanitaria e temporaneità | Health emergency and impermanence”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 4, pp. 13-20. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/422018 [Accessed 10 July 2020].
- Dorst, K. (2011), “The core of ‘design thinking’ and its application”, in *Design Studies*, vol. 32, issue 6, pp. 521-532. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.destud.2011.07.006 [Accessed 25 October 2020].
- Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (2016), *Renewable Energy Sources in Figures – National and International Development, 2016*. [Online] Available at: www.german-energy-solutions.de/GES/Redaktion/EN/Publications/bmw/renewable-energy-sources-in-figures-2016.pdf?__blob=publicationFile&v=3 [Accessed 17 September 2020].
- Feldhoff, T. (2013), “Shrinking communities in Japan – Community ownership of assets as a development potential for rural Japan?”, in *Urban Design International*, vol. 18, pp. 99-109. [Online] Available at: doi.org/10.1057/udi.2012.26 [Accessed 30 October 2020].
- Government of Japan – Cabinet Office (2019), *Regional Revitalization Paves the Way for the Future of Japan*. [Online] Available at: www.gov-online.go.jp/eng/publicity/book/hlj/html/201905/201905_01_en.html [Accessed 24 October 2020].
- Government of Japan – Cabinet Office (2018), *Disaster Management, 2018 – White Paper*. [Online] Available at: www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/pdf/H30_hakusho_english.pdf [Accessed 24 October 2020].
- IEA – International Energy Agency (2014), *Technology Roadmap Solar Photovoltaic Energy – 2014 edition*. [Online] Available at: www.oregonrenewables.com/Publications/Reports/IEA_TechnologyRoadmapSolarPhotovoltaicEnergy_2014.pdf [Accessed 17 September 2020].
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2014), *Climate Change 2014 – Synthesis Report – Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [Online] Available at: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_AR5_FINAL_full_wcov-er.pdf [Accessed 23 September 2020].
- IRENA – International Renewable Energy Agency (2018), *Off-grid Renewable Energy Solutions – Global and regional status and trends*. [Online] Available at: www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Jul/IRENA_Off-grid_RE_Solutions_2018.pdf [Accessed 1st July 2020].
- IRENA – International Renewable Energy Agency (2016), *The Power to Change – Solar and Wind Cost Reduction Potential to 2025*. [Online] Available at: www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_Power_to_Change_2016.pdf [Accessed 28 September 2020].
- Japan Meteorological Agency (2020), *Carbon dioxide (CO₂)*. [Online] Available at: www.data.jma.go.jp/ghg/kanshi/ghgp/co2_e.html [Accessed 30 September 2020].
- Mayunga, S. J. (2007), *Understanding and Applying the Concept of Community Disaster Resilience – A Capital-based Approach*, A draft working paper prepared for the summer academy for social vulnerability and resilience building. [Online] Available at: www.u-cursos.cl/usuario/3b514b53bcb4025aaf9a6781047e4a66/mi_blog/r/11._Joseph_S._Mayunga.pdf [Accessed 1st March 2020].
- Okoso, M. (2013), *Community planning for tourism by local platform*, Gakugei Shuppan-Sha, Kyoto.
- Pentland, A. (2014), *Social Physics – How social networks can make us smarter*, The Penguin Press, New York.
- Ruggiero, R. (2018), “La città dell’attesa, tra emergenza e ricostruzione | Temporary city between emergency and recovery”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 4, pp. 145-152. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/4182018 [Accessed 1st November 2020].
- Steiner, A., Espinosa, P. and Glasser, R. (2015), *Op-ed – Climate change is a threat to rich and poor alike*. [Online] Available at: www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2017/10/op-ed-climate-change-is-a-threat-to-rich-and-poor-alike/ [Accessed 27 September 2020].
- Tajima, S. and Nasu, S. (2020), “Proposal for an Off-Grid Mobile Architecture Prototype for Disaster Relief”, in Cheng, C., Vallerand, O., Nubani, L., Ruggeri, D. and Bernasconi, C. (eds), *Proceedings of the 51th Environmental Design Research Association Conference, EDRA51*, p. 189. [Online] Available at: cdn.ymaws.com/www.edra.org/resource/resmgr/proceedings/toc/edra51_content.pdf [Accessed 6 November 2020].
- Tajima, S., Okada, S. and Kawase, T. (2015), “Efforts of Chiba University team to the Solar Decathlon Europe 2014 – Development of Net-Zero-Energy and prefabrication house”, in *AIJ Journal of Technology and Design*, vol. 21, n. 48, pp. 735-740. [Online] Available at: doi.org/10.3130/aijt.21.735 [Accessed 25 September 2020].
- Teo, M. M., Goonetilleke, A. and Ziyath, A. M. (2015), “An integrated framework for assessing community resilience in disaster management”, in Barnes, P. H. and Goonetilleke, A. (eds), *Proceedings of the 9th Annual International Conference of the International Institute for Infrastructure Renewal and Reconstruction – 8-11 July 2013, Queensland University of Technology, Brisbane, Queensland, QUT, Brisbane*, pp. 309-314. [Online] Available at: eprints.qut.edu.au/61431/25/An_integrated_framework_for_assessing_community_resilience_in_disaster_management.pdf [Accessed 16 July 2020].
- United Nations – Department of Economic and Social Affairs – Population Division (2019), *World Urbanization Prospects 2018 – Highlights*. [Online] Available at: population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Highlights.pdf [Accessed 28 October 2020].
- Verderber, S. (2008), “Emergency housing in the aftermath of Hurricane Katrina: an assessment of the FEMA travel trailer program”, in *Journal of Housing and the Built Environment*, vol. 23, article 367, pp. 367-381. [Online] Available at: doi.org/10.1007/s10901-008-9124-y [Accessed 28 October 2020].
- Wada, T., Sugano, S. Tokuyama, M. and Nagao, M. (2009), *Local Brand and Management*, Yuhikaku, Tokyo.
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T. and Davis, I. (2004), *At Risk – Natural Hazards, People’s Vulnerability and Disasters*, Routledge, US.