



Post-earthquake temporary housing unit: CLT E-BOX

Erkan Avlar*^{ID}, Sevgül Limoncu^{ID}, Didem Tızman^{ID}

Department of Architecture, Faculty of Architecture, Yıldız Technical University, 34349, İstanbul, Türkiye

Highlights:

- Post-earthquake temporary housing
- Model proposal for temporary housing
- Temporary housing unit design (CLT E-BOX)

Keywords:

- Post-earthquake housing
- Temporary housing unit
- Temporary housing model
- CLT E-BOX

Article Info:

Research Article
Received: 24.11.2021
Accepted: 11.02.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.1027894

Acknowledgment:

The authors thank Yıldız Technical University Scientific Research Projects Coordination Unit (Project number FBA-2020-4038) for their support.

Correspondence:

Author: Erkan Avlar
e-mail: eavlar@yildiz.edu.tr
phone: +90 536 587 5912

Graphical/Tabular Abstract

The proposed eight-step model for temporary shelter after an earthquake covers the design, production, and planning of the process steps (transport, storage, installation, use, and disassembly) of the temporary shelter unit (Figure A).

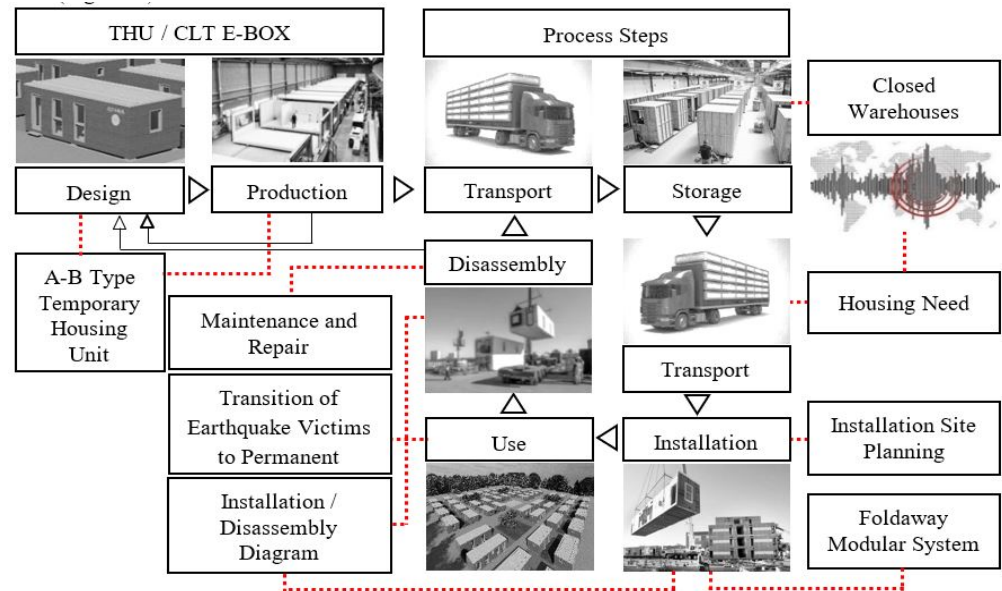


Figure A. Suggested model for temporary housing

Purpose:

The purpose of the study is to produce feasible solutions for the establishment of temporary housing centers to eliminate the deficiencies regarding post-earthquake temporary housing.

Theory and Methods:

The study focuses on the design, production, and planning of the process steps of temporary housing units to be used after the earthquake, and a model for temporary housing is proposed. In this context, the method followed in the study consists of four parts: constructing the model for temporary housing, design of the temporary housing unit, production of the designed units, and planning the process steps of the model.

Results:

The proposed CLT E-BOX in the study; Small footprint in storage before installation; Provides easy and low-cost transportation from the logistics center to the earthquake zone; Easy and fast installation; It can be disassembled and reassembled many times; Obtaining optimum usage area after establishment; Providing functional and comfortable spaces to earthquake victims; It can bring important privileges in the post-earthquake period with its features such as the equipment that will meet the basic requirements.

Conclusion:

With the model proposed in the study and the designed CLT E-BOX, the post-earthquake sheltering problem can be eliminated and the post-earthquake environmental conditions can be brought to a habitable level.



Deprem sonrası geçici barınma birimi: CLT E-BOX

Erkan Avlar*^{ID}, Sevgül Limoncu^{ID}, Didem Tızman^{ID}

Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 34349 Yıldız İstanbul, Türkiye

ÖNEÇIKANLAR

- Deprem sonrası geçici barınma
- Geçici barınma için model önerisi
- Geçici barınma birimi tasarımı (CLT E-BOX)

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi
Geliş: 24.11.2021
Kabul: 11.02.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.1027894

Anahtar Kelimeler:

Deprem sonrası barınma,
geçici barınma birimi,
geçici barınma modeli,
CLT E-BOX

ÖZ

Dünyada afetler oldukça sık meydana gelmekte ve sonrasında birçok farklı sorunla karşılaşmaktadır. Özellikle depremlerin doğrudan etkileri en çok barınma üzerinde görülmektedir. Uluslararası ölçekte deprem sonrası geçici barınma için farklı tasarımlar geliştirilmiştir. Ancak bu tasarımların depremlerden sonra planlanması ve üretilmesi nedeniyle barınma gereksinimine yönelik çözümler gecikmekte, depremzedeler kış aylarında kötü hava koşullarıyla karşı karşıya kalmakta ve deprem bölgesinde sağlık sorunları ortaya çıkmaktadır. Ayrıca öneri birimlerin depolama, taşıma ve kurulum olanaklarının güç olması, tekrar kullanılabilir olmaması da sorunları ve maliyeti artırmaktadır. Çalışmada deprem sonrası geçici barınma için bir model önerilmektedir. Bu model kapsamında, geçici barınma biriminin geliştirilmesi ve modelin süreç adımlarının planlanmasıyla kullanıcı odaklı, yüksek kaliteli ve çevre dostu çözümler hedeflenmiştir. Böylece deprem sonrası barınma gereksinimi kısa sürede karşılanabilir, yaşam hızlı bir biçimde normal koşullara dönebilir ve depremden etkilenen bölge için güvenli bir yaşam alanı oluşturulabilir. Çalışma deprem sonrası kurulacak geçici barınma birimlerinin tasarımına, üretimine ve sürecin planlanmasına odaklanmaktadır. Bu bağlamda öncelikle deprem sonrası geçici barınma birimleriyle ilgili ulusal ve uluslararası literatür taranıp örnekler incelenmiştir. Bir sonraki aşamada modüler yapılar ve çapraz tabakalı ahşap (CLT) ürünlerin geçici barınma birimlerinde kullanım olanakları araştırılmış, birim için tasarım parametreleri belirlenmiş ve daha sonra tasarım parametrelerine göre geçici barınma birimi (CLT E-BOX) tasarlanmıştır.

Post-earthquake temporary housing unit: CLT E-BOX

HIGHLIGHTS

- Post-earthquake temporary housing
- Model proposal for temporary housing
- Temporary housing unit design (CLT E-BOX)

Article Info

Research Article
Received: 24.11.2021
Accepted: 11.02.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.1027894

Keywords:

Post-earthquake housing,
temporary housing unit,
temporary housing model,
CLT E-BOX

ABSTRACT

Disasters occur quite frequently in the world and many different problems are encountered afterward. In particular, the direct effects of earthquakes are mostly seen in housing. Different designs have been developed for temporary housing after an earthquake on an international scale. However, due to the planning and production of these designs after the earthquakes, the solutions for housing requirements are delayed, and the earthquake victims face health problems related to inappropriate designs for bad weather conditions in the winter months. In addition, the difficulty of storage, transportation, and installation possibilities of the recommended units and the fact that they are not reusable increase the problems and costs. In the study, a model is proposed for post-disaster temporary housing. Within the scope of this model, user-oriented, high-quality, and environmentally friendly solutions were targeted by developing the temporary housing unit and planning the process steps of the model. Thus, the requirement for post-disaster temporary housing can be met in a short time, life can quickly return to normal conditions, and safe living spaces can be created for the earthquake-affected area. The study focuses on the design, production, and planning of the post-disaster temporary housing unit. In this context, first of all, the national and international literature on post-disaster temporary shelters was searched and examples were examined. In the next stage, the possibilities of using modular structures and cross-laminated wood (CLT) products in temporary housing units were investigated, the design parameters for the unit were determined, and then the temporary housing unit (CLT E-BOX) was designed according to the design parameters.

*Sorumlu Yazar/Yazarlar / Corresponding Author/Authors : *eavlar@yildiz.edu.tr, slimoncu@gmail.com, didemtizman@gmail.com /
Tel: +90 536 587 5912

1. Giriş (Introduction)

Dünyada afetler oldukça sık meydana gelmekte ve sonrasında farklı birçok sorunla karşılaşmaktadır. Barınma, afet sonrası oluşan sorunlardan biridir [1]. Özellikle depremlerden sonra, konutların kullanılmayacak düzeyde hasarlı olduğu durumda barınma gereksinimi ortaya çıkmaktadır [2]. Bir deprem sonrası en önemli konulardan biri, kısa vadeli gereksinimlerle (acil veya geçici barınma) uzun vadeli gereksinimler (kalıcı barınma) arasındaki boşluktur. Depremzedeler önceki yaşamlarına dönmeye ve işlerine devam etmeye çalıştıkları bu dönemde geçici barınaklara yerleştirilmektedir [3]. Bu nedenle depremlerden sonra geçici barınma birimleri inşa edilmektedir. Depremlerden aynı anda etkilenenlerin barınma gereksinimlerine yanıt verebilmek için, çok sayıda geçici barınma biriminin hızlı bir biçimde üretilmesi ve kurulması gerekmektedir [1]. Çoğu durumda, kalıcı barınma sağlama süreci, enkazın kaldırılması ve yeniden yapım için uygun ve güvenli alan bulma gibi çeşitli nedenlerle beklenenden uzun olabilmektedir [3]. Bu nedenle geçici barınakların kullanım süresi 18 aya kadar uzayabilmektedir. Yıkıcı veya büyük depremlerde, altyapı hasarının yüksek olduğu durumlarda veya kiralık konutların sınırlı olduğu kırsal alanlarda ise bu süre daha da uzundur [2].

Dünyada geçici barınma için farklı tasarımlar geliştirilmiş ve depremler sonrası hayatta kalanların temel gereksinimlerinin en uygun ve hızlı bir şekilde karşılanması için geçici barınaklar inşa edilmiştir. Barınma sorununa; deprem bölgesi dışındaki bölgelerde geçici barınma, deprem bölgesinde toplu geçici barınma ve geçici konutlar ile çözüm üretilmektedir. Çözüm türünün seçiminde kesin bir ölçüt bulunmamakla birlikte, genelde yönetimler tarafından karar verilmektedir. Çadırlardan daha iyi yaşam alanı olan geçici barınaklar mahremiyet sağlayan, güvenli ve sağlıklı bir yaşam ortamı oluşturmaktadır [4].

Deprem bölgesi dışındaki bölgelerde geçici barınma, kalıcı konutlar inşa edilene kadar depremzedelerin yakın bölgelerdeki mevcut kamu yapılarında veya bu amaç için kurulmuş kamplarda geçici bir süre barındırılmaları şeklinde tanımlanmaktadır [5]. Deprem bölgesinde toplu geçici barınma; depremzedelerin, buldukları bölgeden kolayca ulaşabilecekleri merkezlerde, geçici barınma kamplarında barındırılmasıdır. Kamplarda ya her aileye bir birim ayrılmakta ya da depremzedeler toplu yatakhanelerde kalmaktadır [6]. Geçici konutlar ise, depremden etkilenmiş insanları barındırmak için inşa edilen yapılarıdır [7]. Çözümlerin geliştirilmesinde ilerideki kullanımlar için katkı sağlamaya çalışmak ve ileriye yönelik planlama yapmak; tasarım aşamasında, yeniden kullanıma adapte olmayı kolaylaştırmak için olabildiğince esnek çözümler üretmek; kullanıcıların birimlerini özelleştirmelerine, gereksinimlerine göre eklemeler veya değişiklikler yapabilmelerine olanak sağlamak önemli görülmektedir. Deprem senaryolarında konut genellikle aileler için yaşam alanıdır. Bu nedenle geçici barınma birimi, basit ve hızlı dönüşümlere izin vermek için esnek olmalıdır [8]. Ayrıca kurulumu, sökümü ve kullanımı kolay; küçük elemanların kullanıldığı basit yapı sistemleri tercih edilmelidir [9]. Bu bağlamda koruma, güvenlik, mahremiyet, konfor, yaşam standardı, yeterli boyutlar, konum, ısı ve ses performansı, aydınlatma, havalandırma, dayanıklılık gibi önemli konuların geçici barınma birimlerinin kalitesi ve konforu için dikkate alınması gerektiği düşünülmektedir [8]. Ancak kalıcı konutların yapımının gecikmesi durumunda, geçici barınma daha uzun sürelerle kullanıldığı için, bu birimlerin farklı eylemlere de yanıt vermesi beklenmektedir.

Başarılı yapım programlarını teşvik etmenin yeni bir yolu olmasına ve hayatta kalanların yaşam aktivitelerine devam etmelerine izin vermesine karşın, geçici barınma aynı zamanda tartışmalı bir konudur ve esas olarak sürdürülebilirlik ve kültürel yetersizlik sorunları

nedeniyle eleştirilebilmektedir [8]. Geçici barınma için sağlanan çözümler, çoğu zaman depremin meydana geldiği bölgede üretilmemektedir. Depremzedeleri barındırmak için gerekli birimleri veya ürünleri ithal etmek ve taşımak çok yüksek maliyetler gerektirebilmektedir. Birimlere ilişkin maliyetlerin yanı sıra, geçici yerleşimlerin işlevsel hale getirilebilmesi için gerekli olan altyapıyla (yollar, su, kanalizasyon, elektrik vb.) ilgili giderler de bulunmaktadır. Bu durum, kısa bir süre kullanılacak olan birimleri büyük yatırımlar anlamına gelmekte ve geçici barınma birimleri kullanım süresi nedeniyle çok pahalı bir çözüm oluşturabilmektedir [10]. Kullanıcıların gereksinimlerine ve kültürel sorunlarına uygun şekilde yeterli, yerel olarak bütünleşmiş, sürdürülebilir ve ekonomik bir birime sahip olmak, çözümün başarılı olacağı anlamına gelmemektedir. Birimlerin tasarımı, sorunun yalnızca önemli bir parçasıdır. Çünkü birimleri çevreleyen alan, planın başarısı için son derece önemlidir. İnsanların kendilerini yerlerinden edilmiş hissetmemelerini ve iş yerlerine, servislere ve olanaklarına daha yakın olmalarını sağlamak için birimlerin konumu özenle belirlenmelidir [11]. Birimlerin konumunun yanı sıra, kamusal alanların meydan, park, bahçe olarak tasarlanması, depremzedelere sosyalleşme fırsatları sağlamada belirleyicidir. Bu yaklaşım toplumsal birlikteliği yaratmak, sosyal bağları sürdürmek ve yenilerini geliştirmek için bir fırsat olabilmektedir. Deprem sonrası durumlarda topluluk hissini yeniden kazanmak çok önemlidir [12]. Geçici barınma birimleriyle kamusal alanlar ve binalar arasındaki ilişki de özenle tasarlanmalıdır. Komşular arasında mahremiyet sağlamak için, kamusal alanlarla birimlerin özel alanı arasında koruyucu bölgeler oluşturmak önemlidir [13]. Bu alanlar tasarlanmasa bile, kullanıcıların bahçe gibi geçiş alanları oluşturabilmesi için boş alanlar düşünülmelidir. Birimleri çevreleyen bu alanlar, ailelerin ekonomisi için yararlı olabilecek ekip biçme alanları olarak veya çalışma ve dinlenme için de kullanılabilir. Geçici barınma yerleşimi, yalnızca birimlerin kapladığı bir alan olmadığından tasarım, birimlerin dışında geçici yerleşimler için daha büyük yaşam alanları yaratmanın anahtarıdır [12].

2. Çalışmanın Amacı ve Metodu (Purpose and Method of the Study)

2.1. Problem Tanımı (Problem Definition)

Günümüzde geçici barınma için üretilen çözümler istenen düzeyde değildir ve sürdürülebilirlik ilkelerini taşımamaktadır. Depremler sonrasında evsiz kalan insanların geçici barınma birimlerinde konforlu yaşam olanağı bulamadığı bilinmektedir. Bu birimlerde karşılaşılan sorunlar; mekân ve alan yetersizliği, güvenlik, yalıtım (ısı, ses, nem, yangın), mahremiyet, taşıma, kurulum, söküm, servis ömrü ve tekrar kullanılabilirlik ile ilgili konuların yanı sıra; temel altyapı yetersizliğinden kaynaklanan aydınlatma, şebeke suyu, kanalizasyon, su baskınları ile ilgilidir. Geçici barınma birimlerinin genelde depremlerden sonra üretilmesi, kurulumun gecikmesi, yetersiz sayıda ve sınırlı koşullarda olması ve özellikle depremzedelerin kış aylarında kötü hava koşullarıyla karşı karşıya kalması nedeniyle depremlerden sonra sağlıklı bir süreç yaşanmaktadır. Bu nedenle deprem sonrası geçici barınma aşamasına çözüm üretilmesi için, barınma birimlerine yönelik çalışmalar büyük önem taşımaktadır.

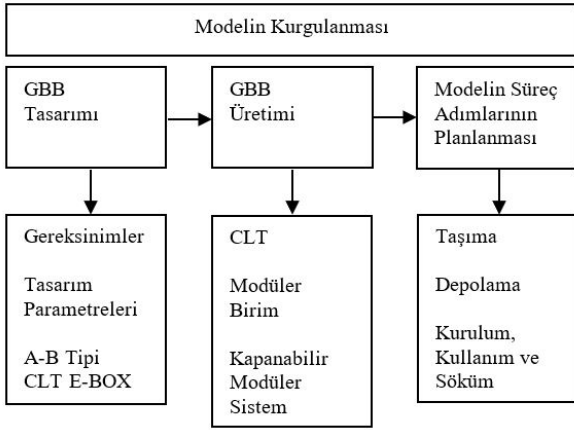
2.2. Çalışmanın Amacı (Purpose of the Study)

Çalışmanın amacı, deprem sonrası geçici barınmaya ilişkin eksikliklerin giderilebilmesi için, geçici barınma merkezlerinin kurulmasında uygulanabilir çözümler üretmektir. Çalışmada önerilen geçici barınma birimi ile kalıcı konutlar inşa edilene kadar, evsiz kalan insanların barınma gereksinimi, temel yaşam koşulları sağlanarak ivedi biçimde karşılanabilir. Böylece deprem sonrası yaşam hızlı bir biçimde normal koşullara getirilebilir ve depremden etkilenen bölge için güvenli bir yaşam alanı oluşturulabilir.

Çalışmada geliştirilen öneriyle deprem sonrası geçici barınma sorununa çözüm üretilerek hem konforlu kullanım alanlarının oluşturulması ve insan sağlığının korunması hem de geçici barınma birimlerinin sürdürülebilirliği sağlanabilir. Bu bağlamda önerinin deprem sonrası geçici barınma için bilgi verici ve yol gösterici olabileceği, benzer uygulamalarda kapsamlı bir bakış açısı ve farkındalık kazandırabileceği ve örnek alınabileceği düşünülmektedir. Çalışmada kullanıcı odaklı, yüksek nitelikli ve çevre dostu çözümler hedeflenmiştir.

2.3. Çalışmada İzlenen Metot (Method Followed in the Study)

Çalışma, deprem sonrası kullanılacak geçici barınma birimlerinin tasarımına, üretimine ve süreç adımlarına odaklanmaktadır. Bu bağlamda çalışmada izlenen metot; geçici barınma birimi (GBB)'nin tasarımı, tasarlanan birimin üretimi ve modelin süreç adımlarının planlanması olmak üzere üç aşamalı bir model kurgusundan oluşmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışmada izlenen metot (Method followed in the study)

Çalışmanın birinci bölümünde, geçici barınma biriminin tasarım sürecine ilişkin, öncelikle deprem sonrası geçici barınma

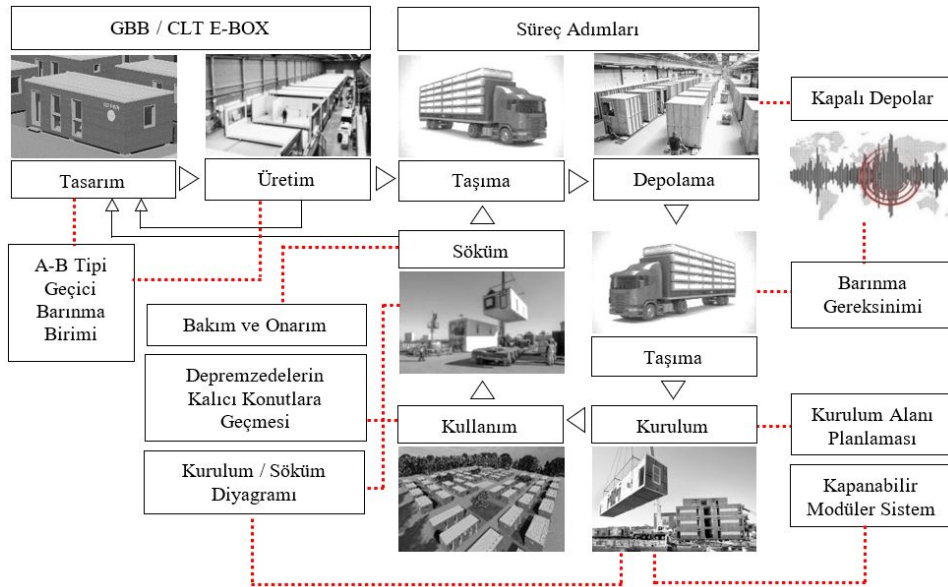
aşamasındaki gereksinimlerin neler olduğu ve bu gereksinimlerin nasıl karşılanması gerektiği araştırılmıştır. Daha sonra, tasarıma girdi oluşturacak parametreler belirlenmiş ve bu parametreler esas alınarak CLT E-BOX tasarımı gerçekleştirilmiştir. İkinci bölümde, CLT E-BOX'ın üretimi ele alınmakta ve seçilen yapı sistemini ile yapısal elemanlarda kullanılan ürün tartışılmaktadır. Son bölümde ise, modelin süreç adımları planlanmıştır. Bu bölümde, CLT E-BOX'ların kurulum alanı için yerleşim önerisi ve kapanabilir modüler sistemle üretilen birimlerin kurulum/söküm diyagramları geliştirilmiştir.

3. Geçici Barınma İçin Model Önerisi (Model Proposal for Temporary Housing)

3.1. Modelin Kurgulanması (Design of the Model)

Depremden sonra geçici barınma için önerilen ve sekiz adımdan oluşan model, geçici barınma biriminin tasarımı, üretimi ve süreç adımlarının (taşıma, depolama, kurulum, kullanım ve söküm) planlanmasını kapsamaktadır (Şekil 2). Modelin ilk iki adımı tasarım ve üretimdir. Öncelikle geçici barınma birimi tasarlanmıştır. Daha sonra tasarlanan birimin üretim süreci değerlendirilmiştir. Sürecin üretim adımı, eksiklikler ve hatalar ortaya çıkması durumunda tasarım girdileri kontrol edilmektedir.

Modelin süreç adımlarından ilki, üretilen birimlerin depolama alanına taşınmasıdır. İkinci adımda, geçici barınma birimleri gereksinim olana kadar kapalı depolarda korunmaktadır. Üçüncü adımda, geçici barınma birimleri depremlerden sonra ortaya çıkan gereksinim doğrultusunda deprem bölgesine gönderilmektedir. Bir sonraki adımda, deprem bölgesine gelen birimlerin kurulumu gerçekleştirilmekte ve birimler kullanıma hazır hale getirilmektedir. Beşinci adım, birimlerin depremzedeler tarafından kullanılmasıdır. Bu adımda, birimlerin kalıcı konutların inşa edilmesine kadar hizmet vermesi öngörülmektedir. Altıncı adımda, geçici barınma birimleri sökülme ve son adımda sökülen birimler kapalı depolara taşınmaktadır. Bu aşamada bakım ve onarım çalışmaları da gerçekleştirilmektedir. Geçici barınma biriminin tasarım ve üretiminden sonraki adımların oluşturduğu süreç, her depremden sonra tekrar etmektedir. Süreç adımlarında sorun oluşması durumunda, tasarım ve üretim dâhil tüm süreç gözden geçirilmelidir.



Şekil 2. Geçici barınma için önerilen model (Model proposal for temporary housing)

Çalışmada önerilen modelde, yeni bir birimin geliştirilmesiyle geçici barınma birimlerinin depremlerden sonra kullanımının daha verimli ve konforlu düzeye yükselmesi beklenmektedir. Bu modelin süreç adamlarının diziliminde diğer modellere göre benzerlik olmasına karşın, çözüm önerilerinde sürdürülebilirlik açısından önemli değişiklikler bulunmaktadır.

3.2. Geçici Barınma Biriminin Tasarımı (Design of the Temporary Housing Unit)

Geçici barınma biriminin alanda daha hızlı ve kolay kurulumunu sağlamak için, tüm bileşenlerin kontrollü bir ortamda saha dışında tamamlanmasını sağlayacak şekilde tasarlanması düşünülmüştür. Böylece birimin kurulumu sırasında gereken kişi ve zaman azalacağından, bu birimin üretiminde birçok yönden yüksek verimlilik elde edilebilir. Ayrıca kurulum alanında daha az faaliyet yürütülerek, deprem bölgelerindeki çalışma alanları daha güvenli ve daha elverişli olabilir; geçici barınma birimi kurulum süreci depremler üzerinde daha az etki yaratabilir.

Deprem sonrası yaşanan zorlu koşullar, özellikle depreme maruz kalan ve konutları hasarlı bireylerin içinde bulunduğu durum çok önemlidir. Bu bireyler, depremi yaşayan ve normal yaşamlarına dönmek için onun etkilerinden kurtulmaya çalışan depremlilerdir. Bu bireylerin koşullar normalleşene kadar geçici yerleşim birimlerinde barınmaları ve bu alanlarda yaşamlarını sürdürmeleri sağlanmalıdır. Bu bağlamda, öncelikle deprem sonrasında kullanılacak geçici barınma birimleri için kullanıcı gereksinimleri belirlenmiş ve çalışma kapsamında geliştirilen CLT E-BOX'ın tasarımından önce tasarım parametreleri oluşturulmuştur.

Geçici barınma birimi tasarımında; coğrafi bölge koşullarına uygun, depreme dayanımlı, depremlilerin kişisel, sosyal ve toplumsal gereksinimlerini karşılayan, toplu ve bireysel yaşamlarına hizmet edebilen, nitelikli ve dayanıklı ürünlerden yapılmış; konforlu, kolay uygulanabilen ve taşınabilen; dışardan gelen çeşitli etkilerden korunabilen ve en önemlisi çevreye zarar vermeyen, yenilenebilir ve sürdürülebilir çözümler üretilmesi önceliklidir. Geliştirilecek geçici barınma birimi, kullanıcıların yaşamsal gereksinimlerinin sağlıklı ve konforlu bir şekilde karşılanması bakımından, günümüzde kullanılan barınma birimlerine göre daha üstün olmalıdır. Bu bağlamda CLT E-BOX için tasarım parametreleri; temel yaşam koşullarını sağlama, farklı kullanıcı sayısı ve profillerine adapte edilebilme, mahremiyet, iklim koşullarına uygunluk, görsel ve işitsel konfor, sağlık ve hijyen, güvenlik, çevreye uyumlu, geri dönüşümlü ve doğal malzeme kullanımı, önyapımlı üretim, hızlı ve kolay taşıma, kurulum, söküm ve depolama, çok defa kurulabilme ve doğal afetlere karşı dayanımlı olma şeklinde oluşturulmuştur.

CLT E-BOX koduyla ["CLT" (Cross Laminated Timber) birimde kullanılan yapı ürünü, "E" (Earthquake) deprem, "BOX" barınma birimi] tanımlanan öneri tasarımını girdilerinden ilki birim kullanıcı sayısıdır. Çocuklu aileler için tasarlanacak birimin büyüklüğüyle tek veya çift kişinin barınacağı birimin büyüklüğü aynı olmayacaktır. 17 Ağustos Marmara Depremi ve 12 Kasım Bolu-Düzce Depremi sonrası Türk Tabipleri Birliği tarafından gerçekleştirilen araştırmada, geçici konutlarda yaşayan aile tipleri; çekirdek aile %75,82, geniş aile %11,72, çocuksuz aile %6,92, yalnız yaşayan %1,69 ve diğer %3,81'dir. Deprem bölgelerindeki hane halkının ortalama büyüklüğü 3,84 kişi olarak belirlenmiştir. Araştırmanın sonuçlarına göre, geçici konutların çoğunluğunda çekirdek aileler barınmaktadır [14]. Bu bağlamda tasarım sürecinde, birimi kullanacak kişi sayıları dikkate alınmış ve kullanıcı sayısına göre, 1-2 kişi ve 3-6 kişiden oluşan aileler için farklı birimler tasarlanmıştır. Bu birimlerde; yemek hazırlama, oturma ve yemek yeme, tuvalet ve yıkanma, çalışma, yatma gibi temel eylemleri karşılayacak mekânlar bulunmaktadır

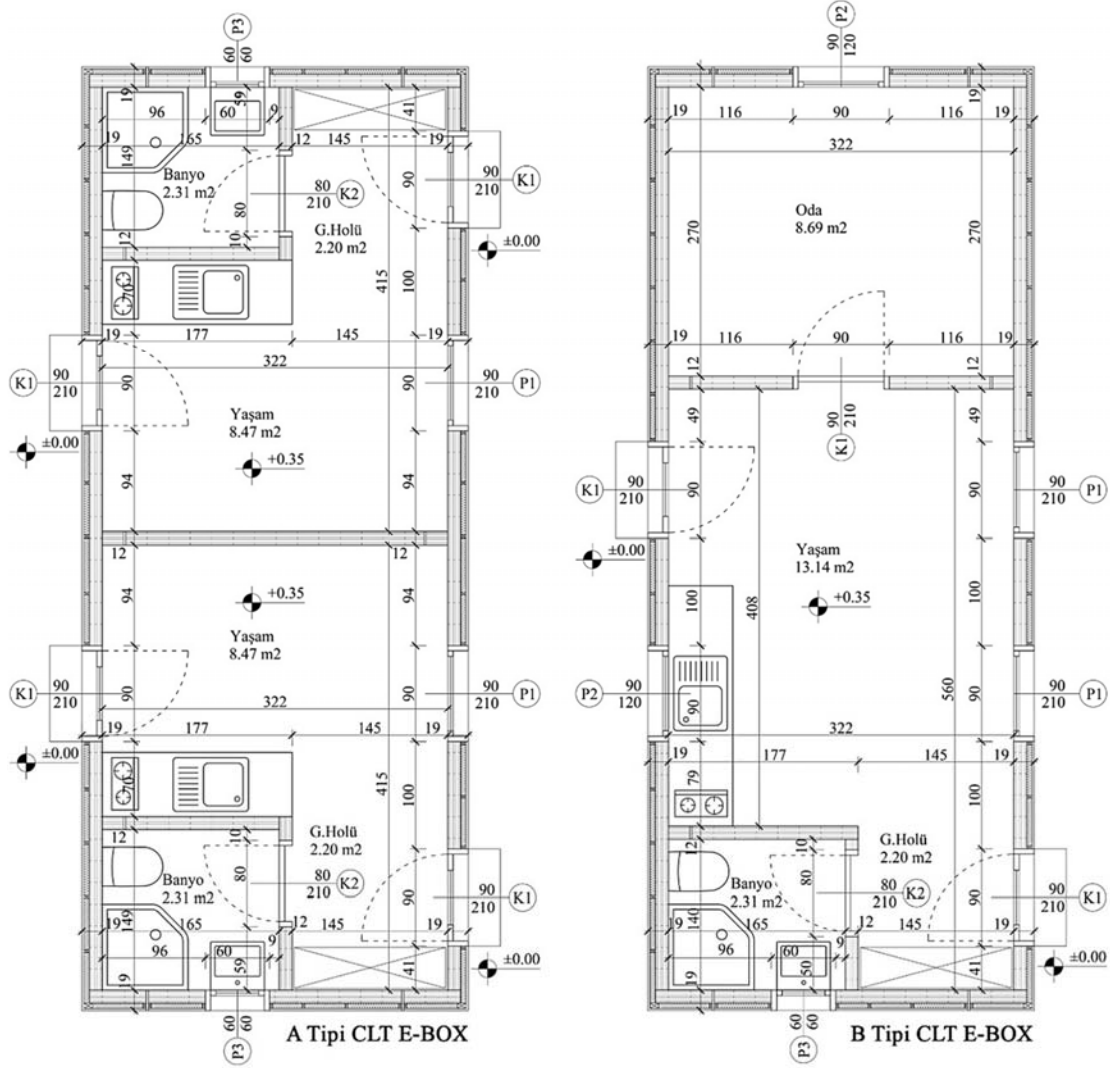
(Şekil 3). Bu mekânlarda konforlu yaşam koşullarının sağlanması için, mekânların boyutları ve ilişkileri ile bu mekânlarda kullanılacak donanımların türü ve sayısı kullanıcı gereksinimlerine göre belirlenmiştir.

Depremlerden sonra geçici barınma aşamasında sismik aktivitelerin devam edeceği öngörüldüğünden, CLT E-BOX'ın taşıyıcı sisteminde, beton ve çeliğe oranla hafif olması ve kurulumda kolaylık sağlaması, önyapımlı ve büyük boyutlu üretilmesi, olumlu çevre etkisi ve sürdürülebilir bir ürün olması gibi özellikler taşıyan CLT masif paneller kullanılmış ve birimin tasarımında basit bir form seçilmiştir. Birimlere giriş, tek yönlü araç ve yaya kullanımlı asfalt kaplamalı (planlı alanlarda) veya mıcır serilmiş (plansız alanlarda) yollardan sağlanmaktadır. Her CLT E-BOX'da birime giriş ve bahçeye çıkış kapısı yer almakta ve bu kapılar acil durumlarda farklı yönlerden kaçış olanağı da sağlamaktadır. CLT E-BOX'ın her mekânı yeterli düzeyde doğal olarak aydınlatılmakta ve havalandırılmaktadır. Banyo ve mutfak bölümündeki temiz ve pis su tesisatı, aydınlatma, pişirme ve ısıtmada kullanılan elektrik tesisatı, birimin döşeme altında toplanmakta ve kurulum alanında daha önceden hazırlanmış ana tesisat hatlarına bağlanmaktadır. Isıtmada klima tercih edilmiştir ve iç ünitelerin montajı fabrikada yapılmaktadır. Kurulum kolaylığı ve kullanım güvenliği (yağmur suyu, haşere vb.) için, birim zeminde 35 cm yükseltilmiştir. Bu yüksekliğe zeminden erişilebilmesi için, kayar CLT basamak sistemi düzenlenmiştir. Bu basamaklar, birim kapalı konumdayken birimin altındaki boşluğa çekilmekte, kullanım aşamasında açık konuma getirilmektedir. Bedensel engelli bireylerin birimlere erişimi için, 900/1150 mm boyutunda platform bulunmaktadır. Birimin altında kapalı konumda olan hidrolik sistemle hareket eden çelik platform, açıldığında zeminden birim kotuna yükselmektedir. CLT E-BOX'ların arka bölümünde, her birimin bağımsız olarak kullanılabileceği bahçe alanları ve birimlerin yan bölümlerinde otopark alanları bulunmaktadır.

CLT E-BOX'ın boyutu 3,60 x 8,80 m, yüksekliği 3,16 m, brüt alanı 31,68 m²'dir. CLT E-BOX, kullanıcı sayısına göre A tipi (1-2 kişilik) ve B tipi (3-6 kişilik) olmak üzere iki birimden oluşmaktadır. A tipi birimde; oturma, yatma, yemek hazırlama ve yeme (yaşam 8,47 m²), tuvalet ve yıkanma (banyo 2,31 m²) eylemlerini karşılayacak iki mekân bulunmaktadır (Şekil 3, 4). Bu birim, yalnız yaşayan veya çocuğu olmayan ailelerin kullanımı için tasarlanmıştır. Tuvalet ve yıkanma eylemleri dışındaki tüm gereksinimler yaşam mekânında karşılanmaktadır. Ayrıca birime giriş için vestiyerin yer aldığı bir hol (giriş holü 2,20 m²) düzenlenmiştir. Her birim için, 1,80x4,40 m boyutunda (7,92 m²) bahçe alanı yanı sıra, iki birim için bir otopark alanı ayrılmıştır. Bu birim, çocuklu aileler için tasarlanan B tipi birimin iki eşit parçaya bölünmesiyle elde edilmektedir. Her bir modülde, net alanı 12,98 m² olan iki A tipi birim (toplam net alan 25,96 m²) bulunmaktadır.

B tipi birimde; çalışma, oturma ve yatma (oda 8,69 m²), oturma, yatma, yemek hazırlama ve yeme (yaşam 13,14 m²), tuvalet ve yıkanma (banyo 2,31 m²) eylemlerini karşılayacak mekânlar vardır (Şekil 3, 5). Günlük eylemlerin karşılanabileceği biçimde tasarlanan birimde mahremiyete de önem verilmektedir. Bu birim, 1-4 çocuklu ailelerin kullanımı için tasarlanmıştır. Ayrıca birime giriş için vestiyerin yer aldığı bir hol (giriş holü 2,20 m²) düzenlenmiştir. Net alanlar toplamı 26,34 m² olan her birim için 3,60x4,40 m boyutunda (15,84 m²) bahçe alanı yanı sıra, bir otopark alanı ayrılmıştır.

Her iki birimdeki mekânlarda kullanılan donatılar kullanım açısından esnek (açılıp kapanabilir, katlanabilir, farklı işlevler için kullanılabilir) tasarlanarak, mekânların farklı işlevle çoklu kullanımlarına olanak verilmekte ve iç mekân düzenlemelerinde kullanıcı sayısına göre mekân düzeninde değişiklik yapılabilir. Her iki birim tipindeki mutfak nişinin de bulunduğu yaşam



Şekil 3. CLT E-BOX tasarımı (CLT E-BOX design)

mekânında, esnek donatılarla yeme, oturma ve yatma işlevleri gerçekleştirilebilmektedir. B tipi birimde yer alan ve oda olarak adlandırılan mekânda ise iki kişi için çalışma, oturma ve yatma olanağı vardır. Bu mekânda ranza kullanılarak yatak sayısı dörde çıkarılabilmektedir. Her iki birimde de yemek masası oturma düzeninde sehpa olarak kullanılmakta, koltuklar ise hem oturma hem de yatma işlevi üstlenmektedir (Şekil 6).

Birbirine komşu iki CLT E-BOX'ın arka bölümlerinde bahçe alanı oluşması için, aralarında birim genişliğinde boşluk bırakılarak gruplandırılmaktadır. İki birim arasındaki bahçe alanı, A tipi birimlerde dörde, B tipi birimlerde ikiye bölünerek her birime eşit bahçe alanı sağlanmaktadır. Bu alanlar, depremezdedelerin sosyalleşebileceği açık alanlar olarak kullanılabilir. Birimlerin yan cephelerinin arasındaki alan ise otopark olarak düzenlenmiştir. Bu alan, farklı yönlerden iki aracın parkına olanak vermektedir (Şekil 7). Bireysel tüm eşyalarını ve varlıklarını kaybeden depremezdedelerin geriye kalan araçlarını yaşadıkları birimin yanında park edebilmeleri, kendilerini daha iyi hissetmelerine yardımcı olabilir. Çalışma kapsamında, CLT E-BOX'ın sistem kurgusu ve ürün kullanımı da belirlenmiştir. Geçici barınma biriminin taşıyıcı ve bölücü elemanlarında (duvarlar, döşeme, çatı) 12 cm kalınlığında çapraz

tabakalı ahşap (CLT) masif paneller kullanılmıştır. Dış kabukta, CLT panellerin dış yüzeyindeki 30/50 mm kadronların arasına 50 mm taş yünü yerleştirilmiş ve birimin dış yüzeyleri su yalıtımı örtüsüyle sarılmıştır. Dış duvarlarda 20 mm kalınlığında yatay ahşap kaplama, çatıda galvanize trapez sac çatı paneli ve döşeme altında galvanize düz sac uygulanmıştır (Şekil 8, Şekil 9). CLT panellerin iç duvar yüzeyleri banyo dışında kaplanmazdır.

3.3. Geçici Barınma Biriminin Üretimi (Production of the Temporary Housing Unit)

Deprem sonrası kurulacak CLT E-BOX, hızlı ve kolay kurulum için, kontrollü bir ortamda ve saha dışında tamamlanmasını sağlayacak şekilde üretilmektedir. Bunun için ahşap modüler sistem tercih edilmiştir. Geçici barınma birimlerinde, genelde modüler sistemler kullanılmaktadır. Bu birimler aynı zamanda önyapımlıdır ve seri biçimde üretilmektedir. Geçici barınma için geliştirilen öneri tasarımlar; acil duruma uyurlanabilen ve konfor, mahremiyet, korunma ve sağlık koşullarını sağlayan, düşük enerjili bir barınmayı amaçlamaktadır. Bu amaca ulaşmak için, çok düşük enerji gerektiren ve düşük maliyetli olan, doğal malzemelerden yapılmış modüler bir tasarım gereklidir [3].



Şekil 4. A tipi CLT E-BOX (Type A CLT E-BOX)



Şekil 5. B tipi CLT E-BOX (Type B CLT E-BOX)

Yapı üretiminin endüstrileşmesinde ileri bir gelişme düzeyini gösteren modüler yapılar, bir yapının standartlaştırılmış bileşenlerinin fabrikada üretilmesini ve sahada kurulumunu içermektedir [15]. Böylece hazırlık aşamasını içeren sahadaki çalışmalar devam ederken, aynı anda modüllerin üretimi fabrikada gerçekleştirilebilmektedir [16]. Bu durum, finansman ve denetim maliyetlerini düşürerek, yapıların daha erken kullanılmaya başlanmasına izin vermekte ve çok daha kısa bir yapım süreci sağlamaktadır. Bu yapılar parçalara ayrılabilir ve ardından aynı veya başka bir yapı türü oluşturmak için yeniden kullanılabilir [17]. Önceleri taşınabilir veya geçici binalarda kullanılan modüler yapılar, saha dışı üretimin yararları nedeniyle

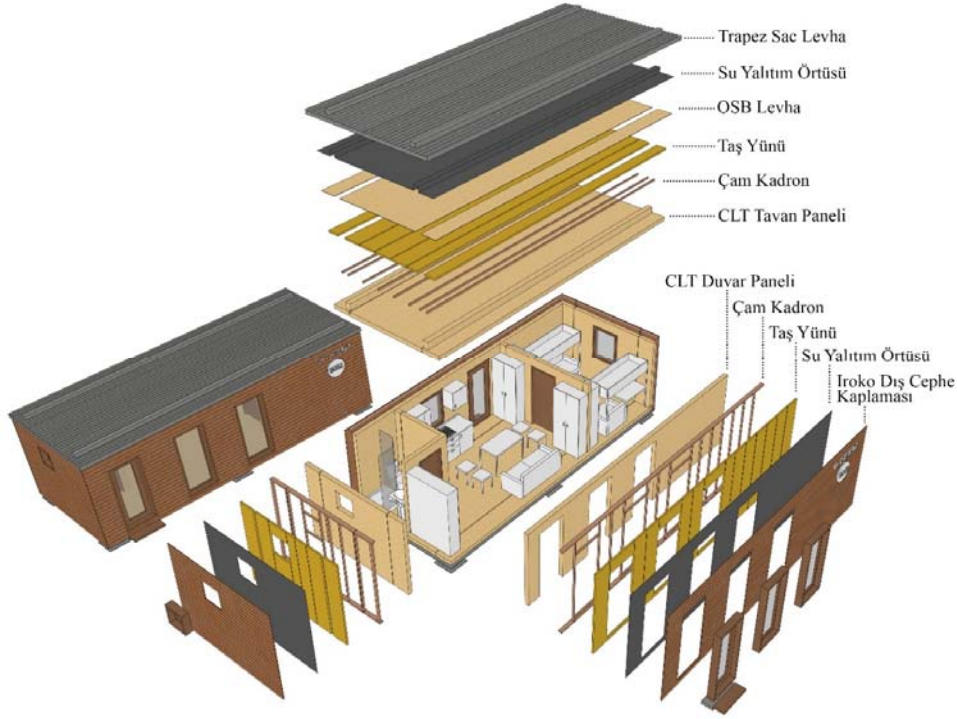
kalıcı binalarda da geniş bir kullanım alanı bulmaktadır [18]. Modüler yapım, inşaat sektöründe proje gecikmelerini ve maliyet aşımalarını en aza indiren bir çözüm olarak görülmektedir. Bu üretim yöntemi, kontrollü bir ortamda gerçekleşen endüstriyel bir üretdir ve gereksiz tüketimi ve maliyeti en aza indirmek, kaliteyi yükseltmek, güvenlik sorunlarını azaltmak ve en önemlisi üretimi kolaylaştırmak ve programları hızlandırmak gibi birçok avantaj sağlamaktadır [19]. Modüler yapı sektöründeki profesyoneller, bir projede modüler yapım yöntemi tercih edildiğinde, üretim maliyetinin %5-%10 arasında azaltılabileceğini ve bazı projelerde ise maliyet tasarrufunun %20'ye ulaşabileceğini bildirmektedir [16]. Endüstriyel projeler üzerine yapılan bir araştırmada ise; maliyetlerin bazı durumlarda, toplam proje maliyetinin %10'u ve sahada işçilik maliyetinin %25'i oranında azaldığı sonucuna varılmıştır. Maliyet düşüşleri büyük ölçüde saha dışı işçilik maliyetinin azalmasına bağlanmaktadır. Buna ek olarak şantiye genel giderlerinin azaltılması, kurulumdaki verimlilikler ve tasarımda standardizasyon ile ilişkilendirilebilmektedir [20].



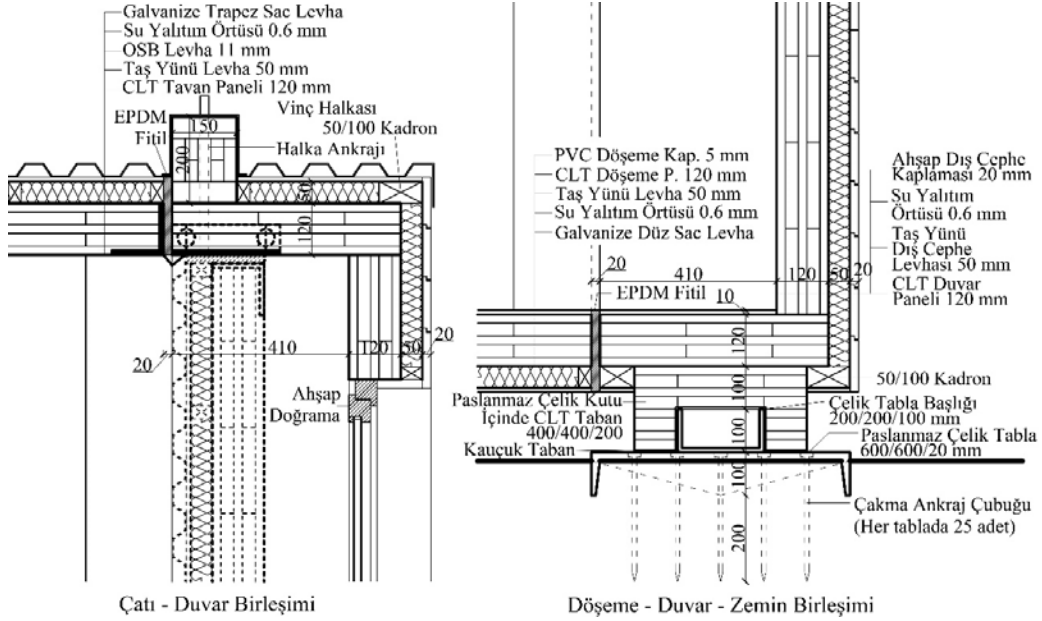
Şekil 6. CLT E-BOX mekânlarında kullanım esnekliği (Flexibility of use in CLT E-BOX spaces)



Şekil 7. Kurulum alanında yol, bahçe ve otopark düzeni (Road, garden and parking lot layout in the installation area)



Şekil 8. CLT E-BOX sistem açılımı ve detayları/ B tipi CLT E-BOX (CLT E-BOX system expansion and details/ B type CLT E-BOX)



Modüler yapımda taşıma lojistiği, saha dışı inşaat fizibilitesini belirlemede büyük bir rol oynamaktadır. Taşımanın yöntemi ve yolu, taşıma sırasında boyut ve ağırlık kısıtlamalarının yanı sıra, genişlik ve yükseklik kısıtlamalarını da getirmektedir. En yaygın kullanılan yöntem olan karayolu taşımacılığı, genellikle modüler yapı veya önceden birleştirilmiş yapı bileşenlerinin boyutunu sınırlamaktadır. Ayrıca ağırlıkları da kaldırma ekipmanının kapasitesi ile sınırlıdır [20]. Taşıma ile ilgili dezavantajların ortadan kaldırılması için katlanabilir modüller üretilmektedir. Böylece çok sayıda modül bir arada taşınarak, taşıma süresi kısalmakta ve taşıma giderleri azalmaktadır. Modüler yapıların fabrikada monte edilen, karayolu ile taşınan ve bir bina oluşturmak için sahada montajı gerçekleştirilen

modüler panel (2D) ve modüler birim (3D) olmak üzere iki türü vardır [17]. Modüler birim, endüstrileşme düzeyi yüksek olan sistemdir ve panel şeklindeki elemanların fabrika ortamında birleştirilmesiyle üretilmektedir. Bu sistemde duvarlar, döşemeler, elektrik ve su tesisatı, kapı ve pencereler büyük oranda bitmiş durumdadır. Dolayısıyla yerinde yapım süreci kısalmaktadır [21]. Modüler yapılarıdaki önyapımlı elemanların üretiminde çelik, beton ve ahşap ürünler kullanılmaktadır [22]. Ahşaptan üretilen çerçeve modüller, yapısal verimlilik sağlayan düşük ağırlık / dayanım oranı nedeniyle tercih edilmektedir [23]. Çapraz tabakalı ahşap (CLT) modüllerin ise, çerçeve modüllere oranla daha yüksek boyutsal kararlılığı, yük taşıma kapasitesi ve termal özelliği bulunmaktadır [18]. CLT, yan yana

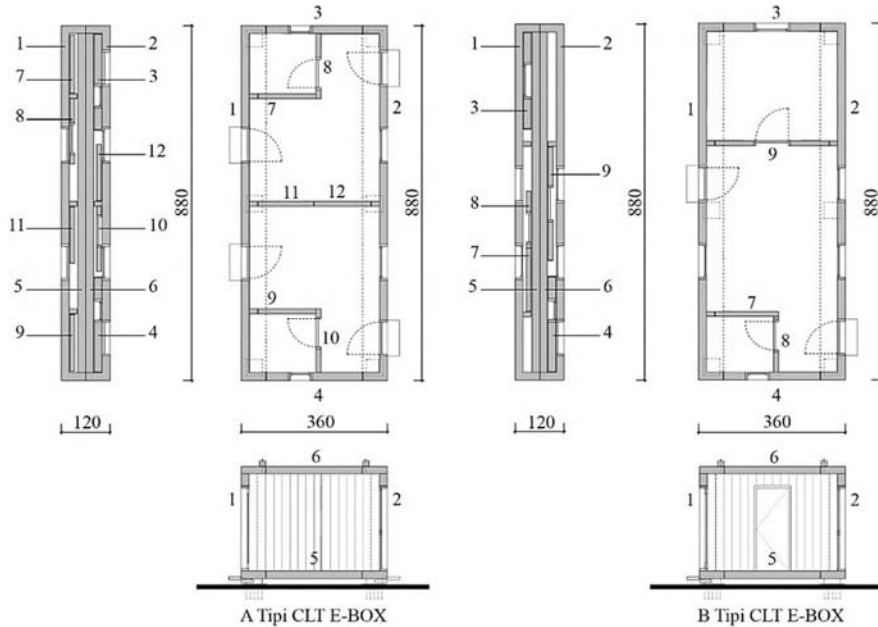
dizilmiş ahşap tabakaların üst üste gelen her bir sırada 90°'lik açıyla lif yönleri birbirine zıt olacak biçimde birleştirilmesi sonucu üretilen, çok katmanlı taşıyıcı veya taşıyıcı olmayan panel elemandır. CLT paneller teorik olarak herhangi bir boyutta olabilir, ancak pratikte boyutu, üretim tesisindeki presin boyutu, nakliye aracının kapasitesi ve saha kısıtlamaları ile sınırlıdır [24]. Üretici firmalara ve ülkelere göre değişiklik gösteren panel boyutları 60-300 cm genişliğe, 18,00 m uzunluğa ve 50 cm kalınlığa kadardır. 5,50 metreye kadar genişlikte ve 30,00 metreye kadar uzunlukta panel üretilebilmektedir [25]. Önyapımlı olması nedeniyle bu paneller modüler yapıda tercih edilmektedir. CLT duvar panelleri için gerçekleştirilen yarı statik testlerden elde edilen sonuçlar, CLT yapıların çelik braketlerle birlikte çivi veya vida kullanıldığında, yeterli sismik performansa sahip olabileceğini göstermiştir [26]. Bir binanın yapısal elemanlarının tümü, ikinci bir malzemeye gereksinim olmadan CLT ile inşa edilebilmektedir [27]. CLT paneller duvar, döşeme ve çatılarda yük taşıyan eleman olarak kullanılabilir ve taşıyıcı yapıyı oluşturmaktadır. Ayrıca hava koşullarına karşı koruma sağlamakta ve iç cephe kaplaması olarak da işlev görmektedir. Böylece bina kabuğunun katmanlı yapısı sadeleştirilmektedir [28]. Geleneksel yapımda toplam ortalama süre modüler yapımdan daha fazladır. Bunun nedeni, yerinde kesme ve montaj gibi faaliyetlerin daha fazla zaman almasıdır. Kesikli olay benzetim yöntemiyle yapılan bir araştırmada, CLT modüler yapının toplam ortalama süresinin ve maliyetinin geleneksel yapımdan daha düşük olduğu belirlenmiştir. CLT 2D ve 3D modüler yapının toplam ortalama süresinin karşılaştırılmasında ise, 3D modüler yapının daha az zaman gerektirdiği sonucuna ulaşılmıştır. 3D modüler yapının süresi, 2D modüler yapımdan daha az olmasına rağmen, tahmini maliyeti daha fazladır. Bu araştırmadan elde edilen sonuçlar, en kısa inşaat süresi isteniyorsa CLT 3D modüler yapının seçilebileceğini, ancak süre tasarrufu yerine daha az maliyet aranıyorsa, 2D modüler yapının tercih edilebileceğini göstermektedir [29]. CLT 3D modüler yapımda maliyeti artıran en önemli etmen, birimlerin fabrikadan sahaya taşınması aşamasındaki nakliye giderleridir. CLT, 1990'ların başında Avusturya ve Almanya'da kullanılmaya başlanan yapısal ahşap üründür [30]. Ahşap yapı üretim oranının düşük olduğu pazarlarda, CLT ile birlikte ahşap yapı sayısı artış göstermiştir. Bu ürün 2000'li yılların başından itibaren ahşap yapıların çok katlı olarak inşa edilmesine olanak sağlamış, Avrupa ve Kuzey Amerika ülkelerinde kullanılmaya başlanmış ve bu ürünle ilgili standartlar hazırlanmıştır.

Türkiye'de de TS EN 16351 standardı bulunmaktadır. Küresel CLT üretim kapasitesi 2020'de 2 milyon m³'ün üzerindedir ve 2025 yılına kadar 4 milyon m³'e ulaşması öngörülmektedir [31]. Türkiye'de ise gerek CLT üretimi gerekse ahşap yapı üretimi sınırlıdır. Ancak CLT üretim tesisi kurulması için, kalkınma ajansları tarafından birçok bölgede fizibilite çalışmaları yapılmaktadır. Öneri modelde CLT seçilmesinin en önemli nedenlerinden biri, Türkiye'de ahşap kullanımını teşvik etmek ve yaygınlaşmasına katkı sağlamaktır.

3.4. Modelin Süreç Adımlarının Planlanması (Planning the Process Steps of the Model)

3.4.1. Taşıma adımı (Transportation)

CLT E-BOX'ın geliştirilmesinin en önemli hedefi, acil barınmada çadır aşamasının ortadan kaldırılmasıdır. Depolarda deprem bölgesine gönderilmek üzere hazır olan CLT E-BOX'lar, deprem meydana geldikten hemen sonra nakliye araçları ile daha önceden belirlenen yol güzergâhı ve ulaşım seçeneği kullanılarak deprem bölgesine hızlı bir biçimde ulaştırılacaktır. Taşımada kullanılacak araç ve gereç, ilgili bakanlığın eşgüdümünde yerel yönetimlerce sağlanmalıdır. CLT E-BOX'ların deprem bölgesine ulaştırılması için gereksinim duyulan ekip ise, bu kuruluşlarda görevli personelden seçilmeli ve koordinasyon, bakanlığın bölgedeki müdürlüklerinin yönetiminde olmalıdır. CLT E-BOX modüler birim olarak üretildikten sonra depolama alanına, depremlerden sonra depolama alanından depremin meydana geldiği bölgeye ve kullanım süreci tamamlandıktan sonra deprem bölgesinden tekrar depolama alanına taşınmaktadır. Maliyeti en düşük taşıma deniz yolu ile gerçekleştirilmektedir. Sonra sırayla demiryolu ve karayolu gelmektedir. Ancak demiryolu ve deniz yolunda aktarma olacağından genellikle karayolu tercih edilmektedir. CLT E-BOX üretiminde, kapanabilir modüler sistemin kullanılmasyla, birimin boyutlarının belirlenmesinde depremedelerin gereksinimlerine yanıt verecek mekân boyutları esas alınmıştır. Açık konumdaki boyutu 3,60 x 8,80 m olan geçici barınma birimi, her iki yönden 60 cm kalacak şekilde kapanmakta ve birimin genişliği 1,20 metreye düşmektedir. Döşeme, çatı, dış duvar ve iç duvar panelleri birimin içinde toplanmaktadır. Böylece taşıma ve depolama aşamalarında birimin genişliği 2/3 oranında azalmaktadır (Şekil 10).



Şekil 10. CLT E-BOX'ın kapanabilme özelliği (Folding feature of CLT E-BOX)

Ulusal yönetmeliklerdeki taşımacılık sınırlarına göre, açık konumda karayolu ile taşınması mümkün olmayan CLT E-BOX, birim kapalı konumdayken yan yana en az iki adet taşınabilmektedir. Bu sayı, ülkelerin taşıma kurallarına ve karayolu kapasitelerine göre değişiklik gösterebilir. Ayrıca birimlerin demiryolu ve havayolu ile taşınması da mümkündür. Birimin yapısal elemanları (kısa yöndeki dış ve iç duvar panelleri, döşeme ve çatı panelleri) ve birim içinde kullanılacak donatıların bir bölümü (dolap, sehpa/ masa, sandalye vb.) kapanabilen birimin içindeki boşluğa yerleştirilmekte ve birimlerin taşınması sırasında yer değiştirmenin önlenmesi için elemanlar ve donatılar bulunduğu alanda sabitlenmektedir. Birimlerin kurulumu ve sökülmesi aşamasında, elemanların kolay hareketini sağlamak için menteşeli ve rulmanlı özel birleşimler kullanılmıştır. Bu aşamada mobil vinçe gereksinim duyulacaktır. Birimin diğer donatılarının (lavabo, klozet, klima dış ünitesi vb.) kurulum alanına ambalaj sandığı içinde, aynı araçla getirilmesi planlanmaktadır.

3.4.2. Depolama adımı (Storage)

Modüler yapımda taşıma lojistiği, saha dışı inşaat fizibilitesini belirlemede büyük rol oynamaktadır. Taşımanın yöntemi ve yolu, taşıma sırasında boyut ve ağırlık kısıtlamalarıyla birlikte genişlik ve yükseklik sınırlamalarını da getirmektedir [32]. Bu tür durumlarda taşıma ile ilgili dezavantajların ortadan kaldırılması için katlanabilir modüller üretilmektedir. Böylece çok sayıda modül bir arada taşınarak, modüler birimlerin taşınmasında yasal sınırlamalara uyulması yanı sıra, taşıma süresi kısaltmakta ve taşıma giderleri azaltmaktadır. CLT E-BOX ile taşıma ve depolama maliyetini azaltacak bir çözüm üretilmesi hedeflenmiştir. Bu bağlamda geçici barınma birimi için, katlanabilir modüler sistemlerden türetilen "kapanabilir modüler sistem" geliştirilmiştir. Kapanabilir modüler sistemde, taşıma ile ilgili dezavantajlar ortadan kaldırılmakta ve depolama alanları sınırlandırılmaktadır. Kapalı konumdayken, aynı alanda bir birim yerine üç birim yan yana depolanabilmektedir.

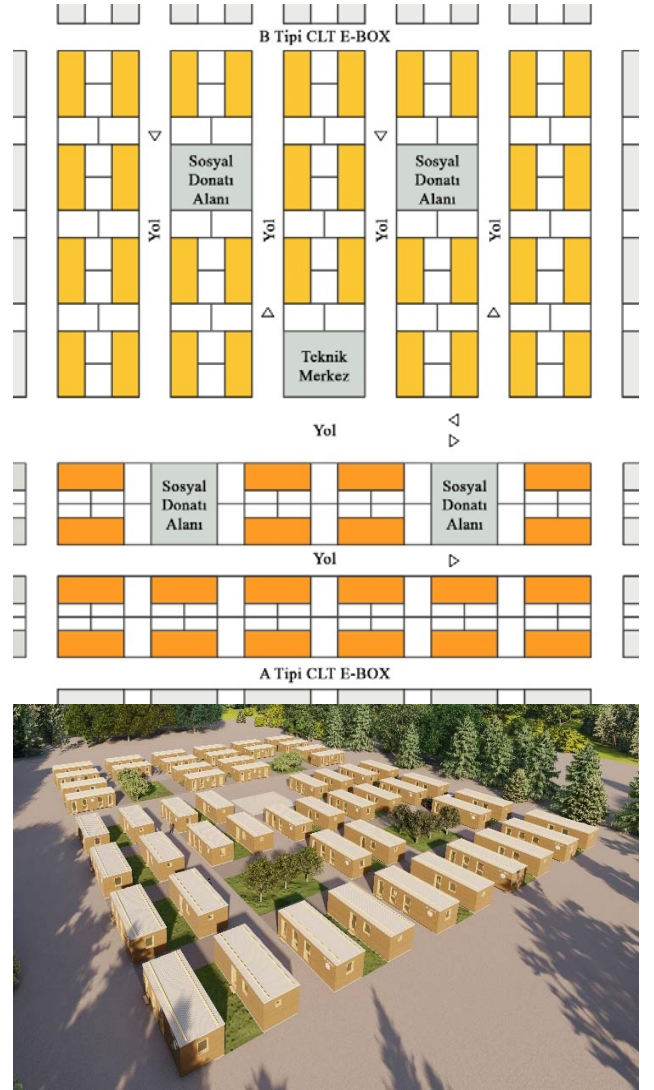
CLT E-BOX'lar, deprem etkisinin az olduğu ve ulaşımın kolaylıkla gerçekleştirilebileceği, deprem bölgelerine yakın alanlarda depolanmalıdır. Birimler dikey olarak depolanmalı; depolama alanından en verimli şekilde yararlanılmalıdır. Ayrıca birimlerin dış etkenlerden korunması için kapalı depolama alanları tercih edilmelidir. Depolardaki birimlerin ve diğer ekipmanların, deprem meydana gelene kadar, belirli aralıklarla bakımları yapılmalıdır. Deprem olduğunda, daha önceden planlanmış ekip ve araç-gereç depo alanına getirilmelidir. Depolama alanına ulaşımı sağlayan yolların servis ve taşıma araçlarının ulaşımı için yeterli kapasitede olması beklenmektedir. Depolama ve taşıma işlemleri, daha önceden planlanan organizasyona uygun olarak yapılmalıdır.

3.4.3. Kurulum, kullanım ve sökülme adımları (Installation, usage and disassembly)

Öncelikle deprem riski taşıyan her bölgede ve sayısı deprem senaryolarına göre belirlenecek, deprem sonrası gereksinimler için her türlü donanımı olan ve farklı ulaşım seçenekleri içeren deprem/afet merkezlerinin ülke genelinde kurulması önerilmektedir. Deprem/afet merkezlerinde, CLT E-BOX dışında deprem bölgesine ulaştırılması gereken birimler ve ekipmanlar (yemekhane, hastane, su deposu, jeneratör, tuvaletler ve duşlar, ses sistemi, çocuk oyun ekipmanları vb.) bulundurulmalıdır.

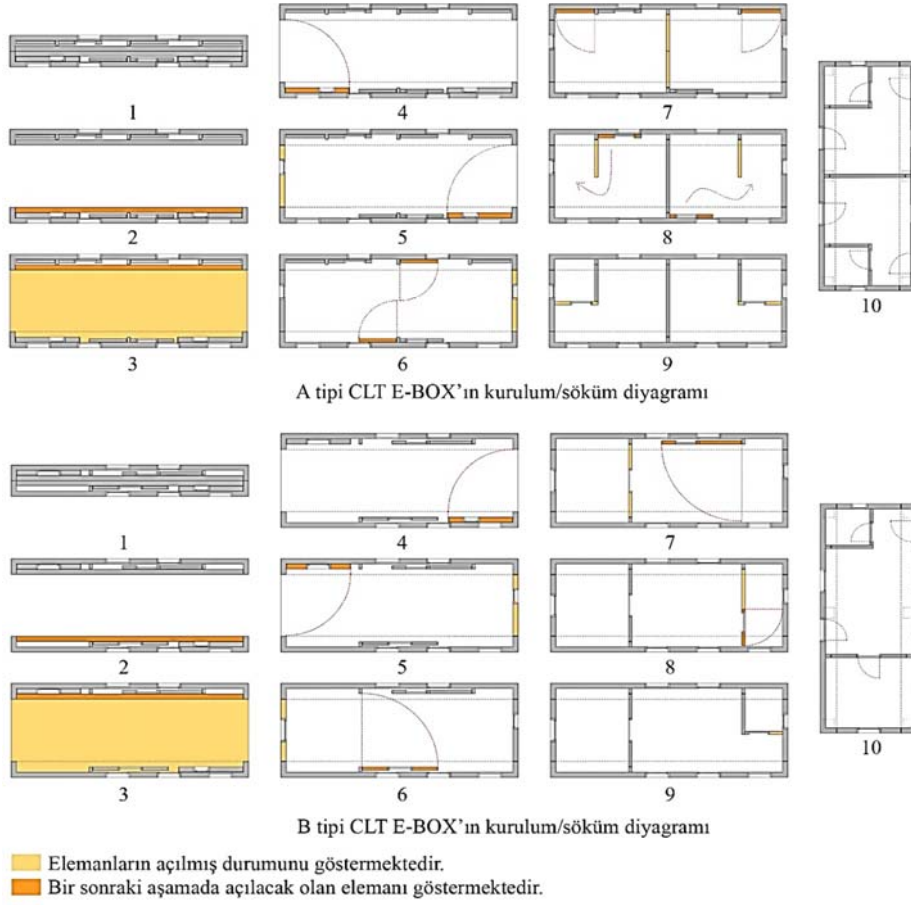
CLT E-BOX kurulum alanları, olası depremler için planlanmış ve hazırlanmış alanlardır. Çalışma kapsamında, birimlerin kurulum alanı için bir yerleşim önerisi geliştirilmiştir (Şekil 11). Bu yerleşim düzeni kullanılarak alandaki CLT E-BOX sayısı artırılabilir ve kurulum alanı genişletilebilir. Birimler, planlanmış alanlarda daha önceden hazırlanmış zemin üzerine kurulmalıdır. Kurulum alanında, birimler

ve birimlere ait bahçe ve otopark alanları dışında, birim kapasitesine göre belirlenen sosyal donatı alanları ve teknik merkez vardır. Tesisatın dağıtım noktası olan teknik merkezde; kesintisiz güç kaynağı, trafo, su deposu, foseptik tankı (gerekli durumlarda), atık toplama yeri, bakım ve onarım için teknik ekipman deposu bulunmaktadır. Kurulum alanının belirli noktalarına yer üstü yangın hidrantları yerleştirilmektedir. Yollar, bahçeler ve sosyal donatı alanları, gece koşullarında aydınlatılmaktadır. Eğer planlı olmayan alanlarda kurulum yapılması söz konusu ise, önceden tesisat sistemleri (temiz su, pis su, elektrik, yangın) hazırlanmalı, doğal zemin düzeltilmeli, mıcır serilmeli ve sıkıştırılmalıdır. CLT E-BOX kurulumu, uzman ekip tarafından kurulum/söküm diyagramına göre gerçekleştirilmelidir. Birimlerde depolama, taşıma ve kurulumdan kaynaklı herhangi bir hasar ve/veya eskime varsa söküm sırasında onarılmalı veya yenilenmelidir.



Şekil 11. CLT E-BOX kurulum alanı yerleşim önerisi (CLT E-BOX installation site recommendation)

CLT E-BOX, paslanmaz çelik kutu içine yerleştirilmiş 400/400/200 mm boyutundaki altı CLT taban üzerine oturmaktadır. Dördü birimin köşe noktalarında, ikisi orta bölümünde olan tabanlar CLT döşemeye sabit durumdadır. Bu tabanlar birimin kurulumu aşamasında, hem birimin zemine oturması için temel işlevi hem de birimin zeminden yükseltilmesi için subasman işlevi üstlenirken, birim kapalı



Şekil 12. Kapanabilir modüler sistemle üretilen birimlerin kurulum/söküm diyagramları
(Installation/disassembly diagrams of units produced with a foldaway modular system)

olduğunda kolay depolama olanağı sağlamaktadır. Birimin kurulumu gerçekleştirilirken, sistemin açılmasıyla oluşan iki modülün CLT tabanları, her biri 25 adet ankraj çubuğu ile zemine çakılan 600/600/20 mm boyutunda paslanmaz çelik tablanın üzerindeki başlıklara oturtulmaktadır. Böylece birim tabanları hem sağlam yüzeye oturmakta hem de birimin zemin üzerindeki hareketi önlenmektedir. Daha sonra sırasıyla döşeme, çatı, dış duvar ve iç duvar panelleri açılıp sabitlenerek geçici barınma biriminin kurulumu tamamlanmaktadır (Şekil 12). Tesisat sistemleri bağlandıktan ve iç mekân donatıları yerleştirildikten sonra birim kullanıma hazır duruma gelmektedir.

Kurulan birimler kullanıma hazır duruma geldiğinde depremzedelere teslim edilmeli ve birim kullanımına ilişkin bilgilendirme yapılmalıdır. Birimlerde meydana gelebilecek sorunların giderilmesi için, kullanım süresince bölgede bakım-onarım ekibi bulundurulmalıdır. CLT E-BOX'ın sökümü aşamasında, kurulum/söküm diyagramındaki sıralama en sondan başlayarak ilerlemektedir (Şekil 11). Her yapı elemanı sökülmeden önce kontrol edilmelidir. Birimlerde kullanım kaynaklı herhangi bir hasar ve/veya eskime varsa söküm sırasında onarılmalı veya yenilenmelidir. Ayrıca birimlerin genel bakımları yapılmalıdır. Bu aşamada birimlerin bir sonraki depremde kullanılacağı göz ardı edilmemelidir. Birimlerin kurulduğu alana hasar verilmemeli ve söküm sonrası kurulum alanı eski durumuna getirilmelidir. Bu nedenle birimlerin sökümü dikkatli bir biçimde yapılmalıdır. Söküm sonrası kurulum alanlarının kullanımına olanak verecek açık alan düzenlemeleri geliştirilmelidir.

4. Sonuçlar (Conclusions)

Çalışmada, deprem sonrası geçici barınma sürecini geliştirebilecek çağdaş anlamda çözüm üreterek hem estetik ve kalite gözetilmiş hem de depremzedelere güvenli ve yaşanabilir ortamlar sunmak için kararlı bir yaklaşımda bulunulmuştur. Çalışmada önerilen model ve tasarlanan CLT E-BOX ile deprem sonrası barınma sorunu giderilebilir ve deprem sonrası ortam koşulları yaşanabilir düzeye yükseltilebilir. CLT E-BOX'ın deprem sonrası süreç için;

- Kurulumdan önce depolama alanında az yer kaplaması,
- Lojistik merkezden deprem bölgesine kolay ve maliyeti düşük ulaşım ile nakledilmesi,
- Kolay ve hızlı kurulması,
- Defalarca sökülüp tekrar kurulabilmesi,
- Kurulduktan sonra optimum kullanım alanı elde edilmesi,
- Depremzedelere işlevsel ve konforlu mekânlar sunulması,
- İçinde temel gereksinimleri karşılayacak mekânlar ve ekipmanlar bulunması gibi önemli ayrıcalıkları vardır.

Öneri modeldeki süreç adımlarının ve adımlardaki yeniliklerle geliştirilen birimin sağlayacağı yararlar;

- Geçici barınma gereksiniminin en kısa sürede karşılanması, yaşamın hızlı bir biçimde normal koşullara getirilmesi,
- Birim büyüklüğünün kişi sayısına göre belirlenmesi, iç mekân düzenlemelerinde farklı aile büyüklüklerine ve tiplerine göre

değişiklik yapılabilmesi ve kullanım esnekliği olan mekânlar olması,

- Depremden etkilenen bölge için güvenli yaşam birimleri ve alanı oluşturulması,
- Kullanıcıların çeşitli konfor gereksinimlerinin karşılanması bakımında bugün kullanılan barınma birimlerine göre daha üstün olması,
- Ulusal kaynakların verimli kullanılarak sürdürülebilir çözümler üretilmesi,
- Sürecin ilk aşamasında başlayarak çevreye ve insana zarar vermeyecek ve iç ortam hava kalitesini olumsuz etkilemeyecek biçimde planlanması,
- Geçici barınma sürecinde depremzedelerin yatma, temizlik, yiyecek, temiz su, sağlık hizmetleri gibi temel gereksinimlerinin konforlu bir biçimde karşılanması bakımından bir alternatif oluşturması,
- Üretim, depolama, deprem bölgesine taşınma ve yeniden kullanılabilirlik konuları dikkate alındığında, CLT dışında ürün ve modüler yapımdan farklı sistemle üretilen geçici barınma birimlerine göre daha düşük maliyetli olması,
- Mevcut ve talep edilme potansiyeli yüksek bir soruna çözüm oluşturulduğu için, yapı sektöründe deprem sonrası geçici konut üretimine yönelik çalışmalar arasında ekonomik açıdan değerinin yüksek olması,
- Üretimde endüstrileşme fırsatı yaratması yanı sıra, fabrika ortamında önyapımlı ve seri üretim sonucu zaman, kalite, iş hızı gibi pek çok yarar getirmesi,
- Strüktür ve form basitliği yanı sıra, kurulum ve söküm kolaylığı olan, dayanıklı, adapte edilebilir ve sürdürülebilir olması,
- Doğal kaynak kullanımına yönelen ve destekleyen, atık oluşumunu engelleyen bir üretim sağlaması,
- Çevre ve iklim koşullarına uygun doğru çözümler üretilmesinde ve değişen koşullara uyum sağlanmasında başarılı bir biçimde kullanılabilmesi,
- Deprem bölgesine kolay ulaştırılması ve hızlı bir şekilde kurulmasının sağlık koşulları açısından önemli olduğu gibi, psikolojik durumları iyi olmayan depremzedelerin üzerindeki panik ve gerilimi azaltmaya da yardımcı olabilmesi şeklinde sıralanabilir.

Teşekkür (Acknowledgement)

Bu çalışma, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FBA-2020-4038 no.lu proje kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar (References)

1. Torus, B., Şener, S. M., Post-Disaster shelter design and CPoDS, A|Z ITU Journal of Faculty of Architecture, 12 (1), 269-282, 2015.
2. FEMA, National disaster housing strategy, Federal Emergency Management Agency: Washington D.C., USA, 2009.
3. Nocera, F., Castagneto, F., Gagliano, A., Passive house as temporary housing after disasters, Renewable Energy and Power Quality Journal (RE&PQJ), 18, 42-47, 2020.
4. Shelter Centre, Transitional shelter guidelines, IOM, DFID, UKaid & Sida, Switzerland, 2012.
5. Sey, Y., Tapan, M., Afet sonrasında barınma ve geçici konut sorunu raporu, Yayınlanmamış Akademik Çalışma, İTÜ, İstanbul, 1987.
6. Ervan, M. K., Deprem sonrası acil barınma sorunu ve çözüm önerileri, Erzincan ve Dinar deneyimleri ışığında Türkiye'nin deprem sorunlarına çözüm arayışları, TÜBİTAK Deprem Sempozyumu, 15-16 Şubat, Ankara, 1996.
7. Abulnour, A.H., The post-disaster temporary dwelling: fundamentals of provision, design, and construction, HBRC Journal, 10 (1), 10-24, 2014.

8. Felix, D., Feio, A., Branco, J. M., Machado, J. S., Temporary housing after disasters: A state of the art survey, Habitat International, 40, 136-141, 2013.
9. Arslan, H., Cosgun, N., The evaluation of temporary earthquake houses dismantling process in the context of building waste management, In International Earthquake Symposium, Kocaeli, Turkey, 2007.
10. Johnson, C., Strategies for the reuse of temporary housing, In I.a. Ruby (Ed.), Urban Transformation, Berlin: Ruby Press, 323-331, 2008.
11. Johnson, C., Strategic planning for post-disaster temporary housing, Disasters, 31, 435-458, 2007.
12. Kellett, P., Moore, J., Routes to home: homelessness and home-making in contrasting societies, Habitat International, 27, 123-141, 2003.
13. Caia, G., Ventimiglia, F., Maass, A., Container vs. dacha: the psychological effects of temporary housing characteristics on earthquake survivors, Journal of Environmental Psychology, 30, 60-66, 2010.
14. Türk Tabipleri Birliği, 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 depremleri sonrasında geçici yerleşim alanlarında yaşayanların sağlık hizmetlerini kullanımının değerlendirilmesi, Türk Tabipleri Birliği Merkez Konseyi, Ankara, 2001.
15. Bertram, N., Fuchs, S., Mischke, J., Palter, R., Strube, G., Woetzel J., Capital projects & infrastructure modular construction: from projects to products, McKinsey & Company, 2019.
16. Egece, C.O., Off-site modular construction as a method of improving construction quality and safety, International Journal of Structural and Civil Engineering Research, 7 (3), 259-268, 2018.
17. Van Gassel, F., Roders, M., A modular construction system: How to design its production process?, International Conference on Adaptable Building Structures, 3-5 July, Eindhoven, Netherlands, 2006.
18. Gijzen, R.P.T., Modular cross-laminated timber buildings, Master's Thesis, Delft University of Technology, Delft, Netherlands, 2017.
19. Legmpelos, N., On-site construction versus prefabrication, Master of Engineering in Civil and Environmental Engineering at the Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA, 2013.
20. Dupwa, R.P., Investigation of the utilization of modular construction in South Africa, Research Report, University of the Witwatersrand, Gauteng, South Africa., 2017.
21. Erturan, B., Eren, Ö., Modüler yapıım tekniği ile bina etkinliğini ve verimliliğini geliştirme yaklaşımının değerlendirilmesi, e-Journal of New World Sciences Academy, 7 (4), 677-695, 2012.
22. Schoenborn, J.M., A case study approach to identifying the constraints and barriers to design innovation for modular construction, The Degree of Master of Science in Architecture, Thesis Submitted to The Faculty of The Virginia Polytechnic Institute and State University in Partial Fulfillment of The Requirements, Blacksburg, VA, 2012.
23. Steffen, L., Low carbon construction systems using prefabricated engineered solid wood panels for urban infill to significantly reduce greenhouse gas emissions, Sustainable Cities and Society, 6, 57-67, 2013.
24. Krötsch, S., Huß, W., Structural components and elements, manual of multi-storey timber construction, Kaufmann, H., Krötsch, S., Winter, S. (eds). Edition Detail, 50-69, 2018.
25. APA, Cross-Laminated Timber-North American CLT vs. imported product, The Engineered Wood Association, Tacoma-Washington, 2020.
26. Crespell, P., Gagnon, S., Cross laminated timber: a primer, Special Publication 52, ISBN 978- 0-86488-545-6, FPInnovations, Canada, 2010.
27. Bejder, A.K., Aesthetic qualities of cross laminated timber, Doctoral Thesis, Aalborg University, Aalborg, Denmark, 2012.
28. Popovski, M., Karacabeyli, E., Seismic behavior of cross-laminated timber structures, 15th World Conference on Earthquake Engineering, 24-28 September, Lisbon, Portugal, 2012.
29. Abiri, B., Louis, J., Riggio, M., Decision-making for cross-laminated timber modular construction logistics using discrete event simulation, Modular and Offsite Construction (MOC), 21-24 May, Banff, Canada, 2019.
30. Mohammad, M., Gagnon, S., Douglas, B.K., Podesto, L., Introduction to cross laminated timber, Wood Design Focus, 22 (2), 3-12, 2012.
31. Gaston, C., Pahkasalo, T., Zhu, Z., Forest products annual market review 2020-2021, UNECE/FAO, Chapter 7, 64-71, 2020.
32. Lawson, R.M., Ogden, R.G., Goodier, C., Design in modular construction, CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 2014.