KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

PİŞMEMİŞ TOPRAK (KERPİÇ) DUVARLARIN ENERJİ KORUNUMUNA ETKİSİ VE ÇAĞDAŞ UYGULAMA ÖRNEKLERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİMAR SEMA İSAK

MART 2023
TRABZON

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

PİŞMEMİŞ TOPRAK (KERPİÇ) DUVARLARIN ENERJİ KORUNUMUNA ETKİSİ VE ÇAĞDAŞ UYGULAMA ÖRNEKLERİNİN İNCELENMESİ

Sema İSAK

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce
"YÜKSEK MİMAR"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 10 / 02 /2023
Tezin Savunma Tarihi : 13 / 03 /2023

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Nihan ENGİN

Trabzon 2023

ÖNSÖZ

“Pişmemiş Toprak (Kerpiç) Duvarların Enerji Korunumuna Etkisi ve Çağdaş Uygulama Örneklerinin İncelenmesi” isimli bu araştırma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışmamda beni destekleyen ve yol gösteren değerli Prof. Dr. Nihan ENGİN hocama en içten teşekkürlerimi sunarım. Akademi yolculuğumda bende emeği olan bütün hocalarıma teşekkür ederim.

Yaşamım boyunca sayısız emek ve fedakârlık gösteren ve her zaman arkamda duran kıymetli annem Sevim İSAK, babam Ali Şakir İSAK kardeşlerim Furkan İSAK ve Tuğba İSAK’a; maddi manevi katkıda bulunan teyzeme ve dayılarıma; daima desteklerini hissettiğim arkadaşlarım Beyza Nur, Elif, Elif Aleyna, Esra, Feyza, Semra, Sümeyya ve Zeynep’e sonsuz minnetlerimi sunarım.

Sema İSAK

Trabzon 2023

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Pişmemiş Toprak(Kerpiç) Duvarların Enerji Korunumuna Etkisi ve Çağdaş Uygulama Örneklerinin İncelenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Nihan Engin‘in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 13/03/2023

Sema İSAK

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ IV
İÇİNDEKİLER V
ÖZET VII
SUMMARY VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ IX
TABLOLAR DİZİNİ XI
KISALTMALAR DİZİNİ XIII
1. GENEL BİLGİLER 1
1.1. Giriş 1
1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı 1
1.3. Çalışmanın Yöntemi 2
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR 3
2.1. Literatür Çalışması 3
2.1.1. Toprak 3
2.1.2. Toprak Mimarlığı 6
2.1.3. Toprak Yapı Malzemeleri 11
2.1.4. Pişmemiş Toprak Yapı Malzemeleri (Kerpiç) ve Yapı Elemanı Üretiminde Kullanımları 12
2.1.5. Pişmemiş Toprak (Kerpiç) Duvar Üretiminde Kullanılan Teknikler 15
2.1.5.1. Geleneksel Yapım Teknikleri 15
2.1.5.2. Çağdaş Yapım Teknikleri 16
2.1.5.2.1. Sıkıştırma Tekniği ile Üretim 21
2.1.5.2.2. Toprak Blok ile Üretim 31
2.1.5.2.3. Büyük Bloklar ile Üretim 33
2.1.5.2.4. Islak Balçık ile Doğrudan Şekillendirme 35
2.1.5.2.5. İskelet Yapılarda Islak Balçık Dolgu ile Üretim 37
2.1.6. Toprak Mimarisinde Enerji 38
2.1.7. Toprak Mimarisinde Enerji Korunumu 39

2.1.8. Pişmemiş Toprak Duvar ve Enerji Korunumu 43
2.2. Analiz Çalışması 46
2.2.1. Örnek Yapıların Seçim Kriterleri 46
2.2.2. Analiz Tablolarının Oluşturulması 51
2.2.3. Duvar Elemanı Üretiminde Pişmemiş Toprak Kullanılan Çağdaş Yapı Örnekleri 52
3. BULGULAR VE İRDELEMELER 112
3.1. Yapı Künyesi ile İlgili Bulgular ve İrdelemeler 112
3.2. Enerji Korunumu ve Toprak Duvar ile İlgili Bulgular ve İrdelemeler 115
4. SONUÇ VE ÖNERİLER 128
4.1. Yapı Künyesi ile İlgili Sonuçlar 128
4.2. Enerji Korunumu ve Toprak Duvar ile İlgili Sonuçlar 129
5. KAYNAKLAR 131
ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans

ÖZET

PİŞMEMİŞ TOPRAK(KERPİÇ) DUVARLARIN ENERJİ KORUNUMUNA ETKİSİ VE ÇAĞDAŞ UYGULAMA ÖRNEKLERİNİN İNCELENMESİ

Sema İSAK

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Nihan ENGİN
2023, 142 Sayfa

Yüzyıllardan beri kullanılan geleneksel bir malzeme olarak tanınan ve anılan toprak malzeme; doğal, geri dönüştürülebilir, ekolojik ve estetik olma özellikleriyle, çağdaş mimaride de kendine yer bulmuş ve hatta teknolojiyle bir araya gelerek günümüz mimarisiyle yeni bir soluk kazanmıştır. Bu çalışmada çağdaş yapım teknikleri ile üretilmiş pişmemiş toprak duvarlı yapılar; toprak duvarın yapıya sağladığı enerji korunumu bağlamında incelenmiştir.

Çalışmada çağdaş yapım tekniği kullanılarak üretilmiş pişmemiş toprak yapı duvarlarına sahip 30 yapı incelenmiştir. Dergi, makale, kitap vb. kaynaklardan taranan farklı işleve sahip bu yapıların dünyanın farklı iklim ve coğrafi bölgelerinde bulunmalarına dikkat edilmiştir. Toprak duvarlar, yapının künyesi, görseller/ teknik-şematik çizimler, enerji korunumuna yönelik ölçütlerin yapıda kullanılması alt başlıklarından oluşan bir tablo ile analiz edilip değerlendirilmiştir. Çalışma; genel bilgiler, yapılan çalışmalar, bulgular ve irdelemeler, sonuç ve öneriler olmak üzere 4 ana bölümden oluşmaktadır. Genel bilgiler bölümünde çalışma amaç, kapsam ve yöntemi verilmiş; yapılan çalışmalar bölümünde literatür araştırması ve analiz çalışması yer almıştır. Bulgular ve irdelemeler bölümünde örnek yapılar ve bu yapılara ait pişmemiş toprak duvarlar irdelenmiştir. İrdelenen örnekler sonucunda duvar elemanı üretiminde pişmemiş toprak kullanımının yapının enerji korunumuna ısı yalıtımı ve doğal havalandırmaya imkân vermesi yönüyle katkıda bulunduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Toprak, Kerpiç, Pişmemiş toprak, Toprak mimarlığı, Enerji korunumu, Çağdaş yapım teknikleri.

Master Thesis

SUMMARY

THE EFFECT OF UNFIRED EARTH (ADOBE) WALLS ON ENERGY CONSERVATION AND INVESTIGATION OF CONTEMPORARY APPLICATION EXAMPLES

Sema İSAK

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Architecture
Advisor: Prof. Dr. Nihan ENGİN
2023, 142 Pages

The earthen material, known and referred to as a traditional material used for centuries; With its natural, recyclable, ecological and aesthetic features, it has also found its place in contemporary architecture and even combined with technology, it has gained a new breath with today's architecture. In this study, unfired earthen walled structures produced with contemporary construction techniques; it has been studied in the context of the energy conservation provided by the earth wall to the structure.

In the study, 30 structures with unfired earthen building walls produced using contemporary construction techniques were examined. Journals, articles, books, etc. attention has been paid to the fact that these structures with different functions scanned from sources are located in different climatic and geographical regions of the world. Earthen walls, the structure's tag, visuals/technical-schematic drawings, the use of energy conservation criteria in the building were analyzed and evaluated with a table under the subheadings. The study consists of 4 main sections: general information, studies conducted, findings and investigations, results and recommendations. In the general information section, the purpose, scope and method of the study were given; in the studies section, literature research and analysis were included. In the findings and investigations section, sample structures and unfired earthen walls belonging to these structures were examined. As a result of the examples examined, it has been concluded that the use of unfired earth in the production of wall elements will contribute to the energy conservation of the building in terms of allowing thermal insulation and natural ventilation.

Key Words: Earth, Adobe, Unfired earthen material, Earthen architecture, Energy conservation, Contemporary construction techniques.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Toprak-çevre etkileşimi 4
Şekil 2. Toprak bilimi ve diğer bilimlerle ilişkisi 5
Şekil 3. Çatalhöyük konut alan kullanımını gösteren rekonstrüksiyon 7
Şekil 4. Xian- Beijing (Çin) Surları 7
Şekil 5. Marakeş (Fas) Surları 7
Şekil 6. Hainallee 1 evi 8
Şekil 7. Wa Shan Misafir Evi-Wang Shu 9
Şekil 8. Gando İlkokulu-Francis Kéré 9
Şekil 9. Toprak mimarlığının dünyadaki dağılımı 10
Şekil 10. Toprak yapı malzemesi 12
Şekil 11. Toprağın birleşimi 12
Şekil 12. Teotihuacan Piramitleri 21
Şekil 13. Çin Seddi 21
Şekil 14. Nk'Mip Çöl Kültür Merkezi 22
Şekil 15. Kalıp modül aralıkları 23
Şekil 16. Kayar kalıp 24
Şekil 17. Sıkıştırma tekniğiyle toprak duvar oluşturma süreci 25
Şekil 18. Manuel ve pnömatik sıkıştırma aletleri 25
Şekil 19. Sıkıştırılmış toprak duvar üzerine kaplama uygulamaları 26
Şekil 20. Sıkıştırılmış stabilize toprak iç duvar kesiti 27
Şekil 21. Strüktürel yalıtımlı sıkıştırılmış toprak duvar döşeme birleşimi 27
Şekil 22. Trombe sıkıştırılmış toprak duvar kesiti 28
Şekil 23. Sıkıştırılmış toprak blokla inşa edilmiş ev 31
Şekil 24. Sıkıştırılmış toprak blok üretim aşamaları 32
Şekil 25. Manuel ve motorize sıkıştırma aletleri 32
Şekil 26. Sıkıştırılmış toprak blokları kürlenme işlemi 33
Şekil 27. Hafif saman bloklar ile inşa edilmiş konut 33
Şekil 28. Hafif saman blokla inşa edilmiş ev (Nebraska/ABD,1926) 34
Şekil 29. Prefabrike CLT elemanlar ve saman blok ile duvar 34
Şekil 30. Nankansi evi 35

Şekil 31. Doğrudan şekillendirme tekniğiyle inşa edilmiş bina (İngiltere, 1410) 36
Şekil 32. Doğrudan şekillendirme tekniğiyle yapı üretimi 36
Şekil 33. İskelet yapılarda ıslak balçık dolgu ile üretim 37
Şekil 34. İskelet yapılarda ıslak balçık dolgu ile üretim aşamaları 38
Şekil 35. Toprak ile örtülen binanın farklı aşamalardaki ısı kayıpları 40
Şekil 36. Toprak yapının yaşam döngüsü 41
Şekil 37. Biyoklimatik konfor durumuna etki eden faktörler 42

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Toprağın işlevleri 6
Tablo 2. Toprak tanecik oranları ve yapım teknikleri arasındaki ilişki 13
Tablo 3. Pişmemiş toprak malzemenin mimari kullanım alanları 13
Tablo 4. Toprak yapı üretim teknikleri 15
Tablo 5. Pişmemiş toprak duvar inşasında kullanılan geleneksel teknikler 16
Tablo 6. Çağdaş yapım teknikleri sınıflandırması 18
Tablo 7. Sıkıştırılmış toprak duvar detay çizimleri 18
Tablo 8. Pişmemiş toprak malzeme ve diğer yapı malzemelerinin özgül ısı kapasitesi ... 44
Tablo 9. Pişmemiş toprak malzeme ve diğer yapı malzemelerinin ısı iletkenlik katsayıları 45
Tablo 10. Analiz edilen 30 örnek 46
Tablo 11. Tucson Dağ Evi 52
Tablo 12. Ricola Bitki Merkezi 54
Tablo 13. Oaxaca Sanat Okulu 56
Tablo 14. 345 Telanor Kampüsü 58
Tablo 15. Binicilik Merkezi 60
Tablo 16. Bushey Mezarlığı 62
Tablo 17. Port Phillip Satış Birimi 64
Tablo 18. Casa Bellana Sanat Merkezi 66
Tablo 19. Bamyan Şehir Hastanesi 68
Tablo 20. J2 Rezidans 70
Tablo 21. Zhengzhou Jianye Futbol Kasabası Turist Merkezi 72
Tablo 22. Cunha Evi 74
Tablo 23. Ulaman Tatil Köyü 76
Tablo 24. Yeşil Okul 78
Tablo 25. Dahei Köyü Halk Salonu 80
Tablo 26. Bayalpata Hastanesi 82
Tablo 27. Rammed Earth Yoga Stüdyosu 84
Tablo 28. Hawk Evi 86

Tablo 29 Tapial Evi. 88
Tablo 30. Biosınıf 90
Tablo 31. Toprak Mimarlığı Merkezi 92
Tablo 32. MUD Kafeterya 94
Tablo 33. Bangre Veenem Ortaokulu 96
Tablo 34. HIKMA Dini Kompleksi 98
Tablo 35. Muyinga Kütüphanesi 100
Tablo 36. Sakurajima Evi 102
Tablo 37. Dandaji Marketi 104
Tablo 38. SCL Hasır Balya Evi 106
Tablo 39. Humanscapes Habitat Kentsel Yaşam Birimi 108
Tablo 40. METI Okulu 110
Tablo 41. Yapı künyesi ile ilgili bulgular 112
Tablo 42. Enerji korunumuna yönelik ölçütlerin yapıda kullanılması ile ilgili bulgular1 115
Tablo 43. Enerji korunumuna yönelik ölçütlerin yapıda kullanılması ile ilgili bulgular2 119
Tablo 44. Enerji korunumuna yönelik ölçütlerin yapıda kullanılması ile ilgili bulgular3 123

KISALTMALAR DİZİNİ

BRL:	Building Research Laboratory/ Bina Araştırma Laboratuvarı
CEB:	Compressed Earth Block/ Sıkıştırılmış Toprak Blok
CLT:	Cross Laminated Timber/ Çapraz Lamine Ahşap
CRAterre:	Center for the Research and Application of Earth/Kerpiç Araştırma ve Uygulama Merkezi
DIN:	Deutsches Institut für Normung/ Alman Standartlar Enstitüsü
SIRE:	Structural Isolated Rammed Earth/Strüktürel Yalıtımlı Elemanlar
SRE:	Stabilazed Rammed Earth/ Stabilize Edilmiş Toprak Duvar
U:	Isı Geçirgenlik Katsayısı

1. GENEL BİLGİLER

Çalışmanın genel bilgiler bölümü; giriş, çalışmanın amaç ve kapsamı, çalışmanın yöntemi başlıklarından oluşmaktadır.

1.1. Giriş

İnsanlığın varoluşunun temel maddesi olan toprak, yer ile jeolojik devirler arasında bağlantı kurar, canlı yaşamına ve beslenmesine ev sahipliği yapar. Tarihin çeşitli dönemlerinde, çeşitli coğrafyalarda farklı anlamlar yüklenen toprağın bazı kültürlerde canlı bir varlık olduğu düşünülür (Golden, 2018).

İnsanlar yerleşik düzende yaşamaya başladıklarından beri barınma, korunma amacıyla topraktan yararlanmışlar, endüstri çağına gelindiğinde ise toprak malzemeyi büyük ölçüde terk etmişlerdir (Kafescioğlu, 2017). Geleneksel bir malzeme olarak bilinen toprak malzeme ne yazık ki var olan yapı sektöründe kendine yer edinememiş ve uygulama oranları giderek azalmıştır. Günümüz toplumlarında toprak malzeme sadece düşük gelir kesiminin kullanacağı bir malzeme olarak görülüp yeterli düzeyde konfor sağlayamayacağı düşünülmektedir (Golden, 2018). Toprak malzemeye dair bu kötü algı yapı sektöründe tercih edilirliğini azaltmıştır.

19. yy. itibariyle gelişen teknoloji, artan enerji açığı ve sürdürülebilir sorumluluk bilinci yapı üretim sürecini daha düşük enerjili yapı malzemesi kullanımı arayışı ile toprak malzeme yeniden gündeme gelmiştir. Sera gazlarını, küresel ısınmayı ve fosil yakıtlara bağımlılığı azaltmanın bir yolu olarak toprak ve toprağın mimarlıktaki yeri yeniden keşfedilmiştir. Günümüzde toprak yapı malzemesi, az gelişmiş ülkelerden gelişmiş ileri endüstri ülkelerine kadar dünyanın çeşitli yerlerinde, üzerinde en çok çalışma yapılan konulardan birisi haline gelmiştir.

1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Çalışmada amaç, yüzyıllardır kullanılmasına rağmen gelişen malzeme sektörü ve teknolojisi ile unutulmaya yüz tutan pişmemiş toprak yapı malzemesinin günümüzde

çağdaş yapım teknikleri ile bir yapı duvarı olarak nasıl uygulanabileceğini çeşitli coğrafya ve iklimlerde uygulanmış örnekler üzerinden incelemek, özellikle enerji korunumundaki önemini vurgulayarak günümüz yapı sektörüne bu anlamda katkı sağlamaktır.

Çalışma kapsamında duvar yapımında uygulanan çağdaş toprak yapım yöntemleri (sıkıştırma tekniği ile üretim, toprak blok ile üretim, büyük bloklar ile üretim, ıslak balçık ile doğrudan şekillendirme, iskelet yapılarda ıslak balçık dolgu ile üretim) detaylandırılmış toprak malzemenin yakın geçmişte (2007-2022) çağdaş tekniklerle üretildiği farklı coğrafya ve iklim bölgelerinde yer alan, enerji korunumuna yönelik ölçütlerin yapıda uygulandığı 30 yapıdaki toprak duvar; yapının künyesi, görseller/ teknik-şematik çizimler, enerji korunumu ve toprak duvar başlıklarından oluşan tablo üzerinden analiz edilip değerlendirilmiştir.

1.3. Çalışmanın Yöntemi

Çalışma, literatür taraması ile elde edilen verilerin analiz edilip değerlendirilmesine dayanmaktadır. Çalışmanın ilk aşaması olan literatür araştırması bölümünde, pişmemiş toprak yapı malzemesi ve pişmemiş toprak duvarlar hakkında çeşitli bilgiler verilmiştir.

İkinci bölümde ise çağdaş yapım teknikleriyle inşa edilmiş 30 örnek yapıda yer alan toprak duvarlar enerji korunumuna yönelik ölçütlerin yapıda kullanılması üzerinden analiz edilmiştir. Analiz tablosu yapıya ait bilgiler ve çağdaş yapım yöntemleri ile üretilmiş pişmemiş toprak duvar ve enerji korunumu olmak üzere iki ana başlık ele alınmıştır. Yapıya ait bilgilerde; yapının adı, yapım yılı, yapım yeri mimarı, yer aldığı iklim özellikleri yer almaktadır. Görseller ve teknik çizimler bölümünde yapının genel görünümü, plan kesit ve görünüşleri bulunmaktadır. Enerji korunumu ve toprak duvar bölümünde; kat sayısı, pişmemiş toprak duvar üretim tekniği, malzemesi, kalınlığı, boyu, yüksekliği, toprak duvar-döşeme ilişkisi, toprak duvar- yapı ilişkisi ve enerji korunumu başlıklarında değerlendirilmiştir.

Bulgular ve irdelemeler bölümünde verilen analiz tablolarındaki elde edilen veriler sunulmuş ve irdelenmiştir. Sonuç ve öneriler bölümünde bulgu ve irdelemelerle elde edilen bilgiler değerlendirilmiştir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Tez kapsamında yapılan çalışmalar bölümü; literatür çalışması ve analiz çalışmasından oluşmaktadır.

2.1. Literatür Çalışması

Tüm varlıklar için sayısız önemi olan toprak, mimarlıkta da geçmişten günümüze çeşitli yöntemlerle kullanılmış, ilk yerleşik yaşamdan günümüze kadar çeşitli toprak yapı üretimleri gerçekleştirilmiştir.

Literatür çalışmasında; toprak, toprak mimarlığı, toprak yapı malzemeleri, pişmemiş toprak yapı malzemeleri (kerpiç) ve yapı elemanı üretiminde kullanımları, pişmemiş toprak (kerpiç) duvar üretiminde kullanılan teknikler, toprak mimarisinde enerji, toprak mimarisinde enerjinin korunumu, pişmemiş toprak duvar ve enerji korunumu araştırılmıştır.

Literatür çalışması ülkemiz ve dünyada konu üzerine yoğunlaşan kitaplar, yüksek lisans-doktora tezleri, makale ve bildirilerden faydalanılarak oluşturulmuştur.

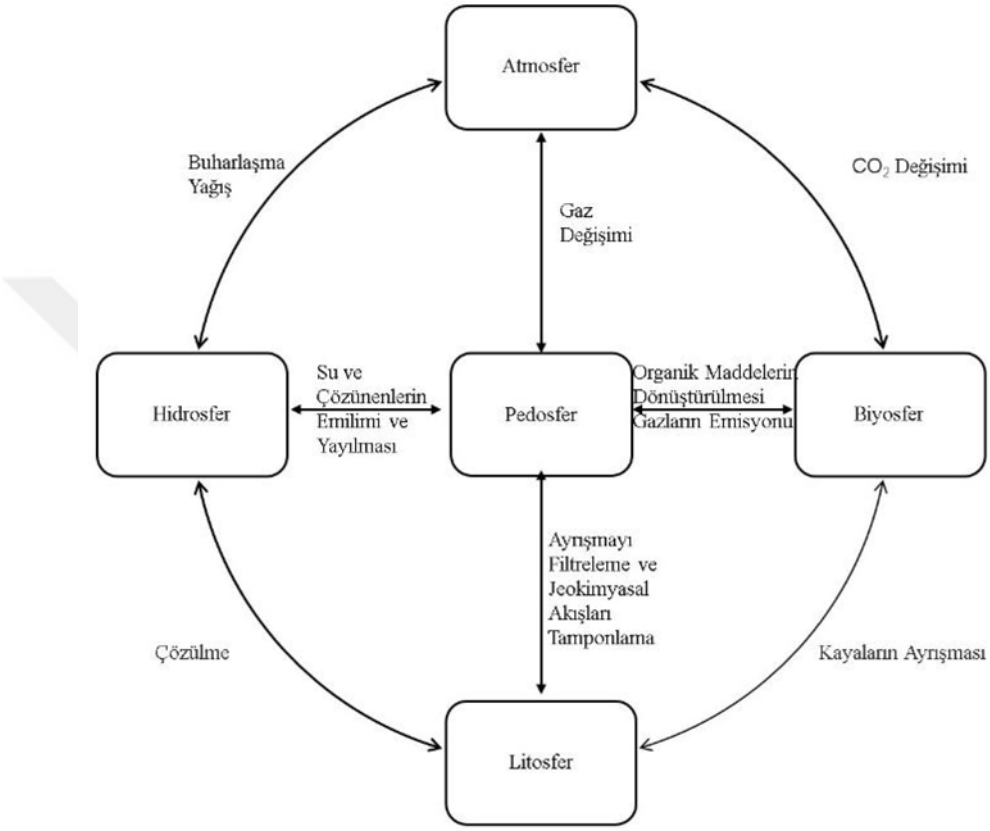
2.1.1. Toprak

Yer kabuğunu ince bir örtü halinde kaplayan ve ana kayanın ufalanma ve kimyasal değişiminden ve bu mineral elemanlara organik maddelerin karışmasından meydana gelen toprak; hava, su ve sıcaklıkla birlikte hayatın kaynağı, dayanağı ve en zaruri unsurlarından biridir (Tanoğlu, 1964).

Toprak, atmosfer ile litosferi (yerkürenin sert ve sert dış katmanını yapılandıran kabuk) ve hidrosferi (tatlı ve tuzlu su kütlelerini) ayıran bir ara katman olup, birçok bitki ve hayvan (biyosfer) için yaşam alanı oluşturur ve yaşamın devamlılığını sağlar (White, 2006).

Toprak atmosfer, hidrosfer, biyosfer ve litosferin beraber oluşturduğu doğal bir bölümdür. Bu dört büyük sistemin oluşturduğu ara kesite toprak dünyası (pedosfer) denilmektedir (Çepel, 1988). Toprağı oluşturan inorganik katı maddelerin kaynağı litosfer, organik maddelerin kaynağı biyosfer, toprak çözeltileri hidrosferden, toprak havası da atmosferden kaynaklanmaktadır (Şekil 1) (Çepel, 1988).

Toprak arzın yüzeyini ince bir tabaka halinde kaplayan, kayaların ve organik maddelerin türlü ayrışma ürünlerinin karışımından meydana gelen, içerisinde ve üzerinde geniş bir canlılar alemi barındıran, bitkilere durak yeri ve besin kayağı olan, belli oranlarda su ve hava içeren üç boyutlu bir varlıktır (Akalan, 1988).

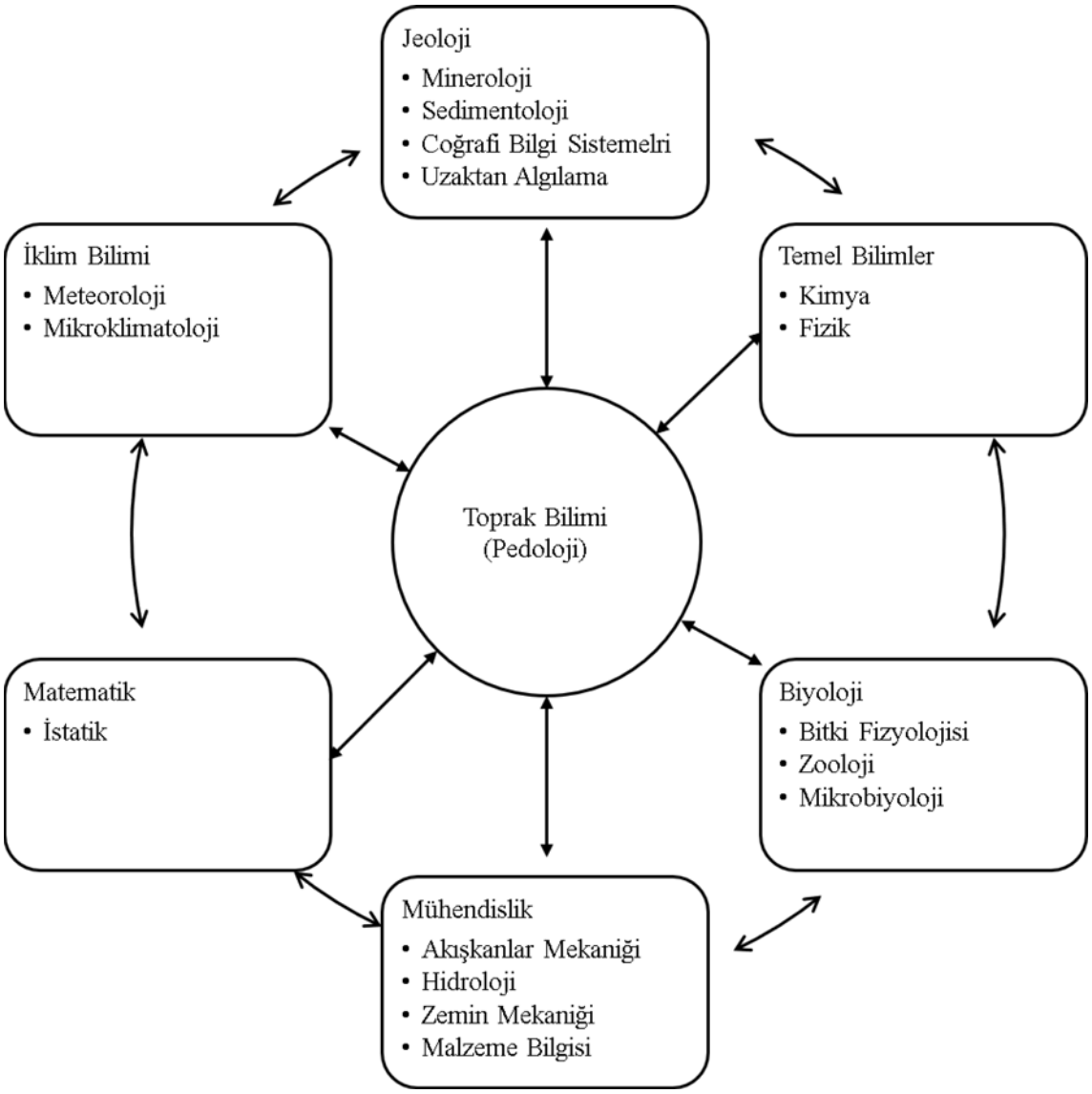


Şekil 1. Toprak-çevre etkileşimi (Lal, 2012)

Toprak, kayaların fiziksel ve kimyasal ayrışması ile organik maddelerin karışımından meydana gelen, ana kayaları ve bu arada yeryüzünün bir bölümünü az çok kalınca bir katman olarak örten, belli oranlarda su ve hava içeren, gevşek ve dağınık maddelerden oluşan canlı bir varlıktır (Ünal, 2011).

Toprak bilimi (pedoloji) ise toprağın yapısını, oluşumunu, toprağı meydana getiren öğeler, toprağın çeşitli özellikleri, toprak sistematiği gibi konuları inceleyen ve araştıran bilim dalıdır (Çepel, 1988). Toprak bilimi farklı bilimlerin kesişiminde yer alan disiplinler arası bir çalışma alanıdır (Şekil 2). Toprak bilimcileri (pedologlar) artan nüfusa karşın toprağın nasıl korunacağı, günümüzde de etkisini göstermeye başlayan su krizi, aşırı doğal kaynak tüketimi, toprağa bilinçsizce bırakılan atıkları, arazi bozulmalarına dair endişe ve

görüşlerini dile getirmişleridir. Pedologlarla beraber ziraat mühendisleri, kimyagerler, jeologlar, coğrafyacılar, ekologlar, biyologlar, sağlık görevlileri, arkeologlar ve bölge planlama uzmanları toprak hakkında daha fazla bilgiye ve toprak bilimlerinin ilerlemesine katkıda bulunmuşlardır (Janzen vd., 2011).



Şekil 2. Toprak bilimi ve diğer bilimlerle ilişkisi (Lal, 2012)

Toprak, canlılığın devamı için gerekli ortamı oluşturan sayısız işleve sahiptir. Bu işlevleri önem derecesine göre sıralamak zordur. Her bir işlev yaşamın devamı için önemli bir rol üstlenir. Toprağın işlevlerini canlılar, ekoloji ve yapılı çevre için olmak üzere 3 temel başlıkta inceleyebiliriz (Tablo 1).

Tablo 1. Toprağın işlevleri (URL-1)

Toprağın İşlevleri				
Canlılar	Yaşam Ortamı	Gıda, Lif ve Yakıt Temini	Genetik Tür Zenginliği	İlaç Hammaddesi
Ekoloji	Azot Döngüsü	Karbon Tutma	Suyu Filtre Etme/Toprak Kirliliği Azaltma	İklim Düzenleme
Yapılı Çevre	Yapı Materyalleri İçin Hammadde	Yapılar için Temel Alanı	Kültürel Miras	

Toprak ilk uygarlıklardan günümüz modern uygarlıklarına kadar çeşitli fonksiyonları yerine getirmiştir. Toprağın canlılar için işlevlerinin en başında yaşam ortamı sağlamak, gıda teminine imkân vermek yer alabilir. Toprağın ekoloji için yerine getirdiği başlıca işlevler ise çeşitli elementleri barındırarak karbon ve azot döngüsünde yer alır, jeomembran göreviyle suyu filtreler, kirliliği azaltır, iklim -sel-taşkın olaylarını düzenler. Toprağın yapılı çevrede yerine getirdiği fonksiyonların başında ise yapı materyalleri için hammadde sağlamak, yapılar için temel alanı oluşturmak ve geçmişten günümüze kültürel mirasın iletilmesinde rol oynamak yer alır. Toprağın bu işlevleri yerine getirmesi toprak bünyesi, toprak yapısı, toprak kimyası, toprak yaşı, arazi unsurlarına (topografya, eğim, drenaj vs.) bağlıdır (Erpul, 2020).

2.1.2. Toprak Mimarlığı

Toprak, insanlığın yapılı çevre oluşturmada kullandığı en eski malzemelerden biridir. Toprak binlerce yıldır uygun arazi ve iklim koşullarına sahip dünyanın birçok bölgesinde ev inşası için kullanılan yapı malzemesidir (Schroeder, 2012). Dünyanın birçok yerinde farklı formlarda, bazen ahşap veya taş gibi yerel malzemelerle yakın geçmişte de çimento ve çelik gibi yapı malzemeleriyle beraber toprak yapılar oluşturulmuştur (Jaquin ve Augarde, 2012). Arkeolojik kazılara göre, toprağın yapı malzemesi olarak ilk kullanımı Neolitik Dönemde (yaklaşık MÖ 10 000'de) sıcak ve kuru iklime sahip Anadolu (Türkiye) (Şekil 3), Suriye, Ürdün, Lübnan, Filistin ve Irak bölgelerinde görülmüştür (Schroeder, 2012).

Şekil 3. Çatalhöyük konut alan kullanımını gösteren rekonstrüksiyon (Killackey,2013; URL-2)

Toprak; Dicle ve Fırat Nehirleri, İndus Vadisi çevresindeki yerleşimlerde konut üretiminde; Batı Asya'daki zigguratlar ve Peru'daki Güneş ve Ay piramitleri gibi büyük dini ve anıtsal yapıların üretiminde; Çin'de Xian ve Beijing arasında yaklaşık 20 m kalınlığındaki şehir surlarının üretiminde (Şekil 4); İspanya'daki Sevilla ve Cordoba, Fas'taki Marakeş surlarının üretiminde kullanılmıştır (Şekil 5) (Jaquin ve Augarde, 2012).

Şekil 4. Xian- Beijing (Çin) Surları (URL-3)

Şekil 5. Marakeş (Fas) Surları (URL-4)

18. yüzyıla gelindiğinde, Avrupa ve Kuzey Amerika'yı kasıp kavuran Sanayi Devrimi ile diğer inşaat teknikleri toprak inşa tekniklerine iyi bir alternatif olarak görülmüştür. Amerika Birleşik Devletleri'nde demiryollarının gelişimi, 1824'te Portland çimentosunun geliştirilmesi ve yapı üretiminde demir ve çeliğin kullanılması da toprak malzemeyi ana akım inşaat tekniklerinden uzaklaştırmıştır (Jaquin ve Augarde, 2012).

Almanya'da 1828'de sanayici Jacob Wimpfen tarafından sıkıştırma tekniğiyle altı katlı inşa edilen Avrupa'nın bugüne kadarki en yüksek toprak binası toprak yapıya olan ilgiyi arttırmıştır (Şekil 6) (Habert, 2020). 1930'lardaki Büyük Buhran, toprak malzemenin yeniden keşfedilmesine neden olmuş ve bazı petrol şirketlerinin, stabilizasyon için kerpiç tuğlaların araştırma ve ürün geliştirmesine sponsor olmasıyla kısa vadeli de olsa bir ilgi uyandırmıştır (Schroeder, 2012).

Şekil 6. Hainallee 1 evi (URL-5)

İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra, sanayileşen toplumda beton ve çelik daha çok tercih edilen malzeme haline gelip toprağın yapıda kullanımı azalınca az sayıda mimar ve inşaatçı sosyal, demografik ve ekonomik sorunlara cevap vermek için toprak malzemenin kullanımını arttırmaya çalışmıştır (Habert, 2020).

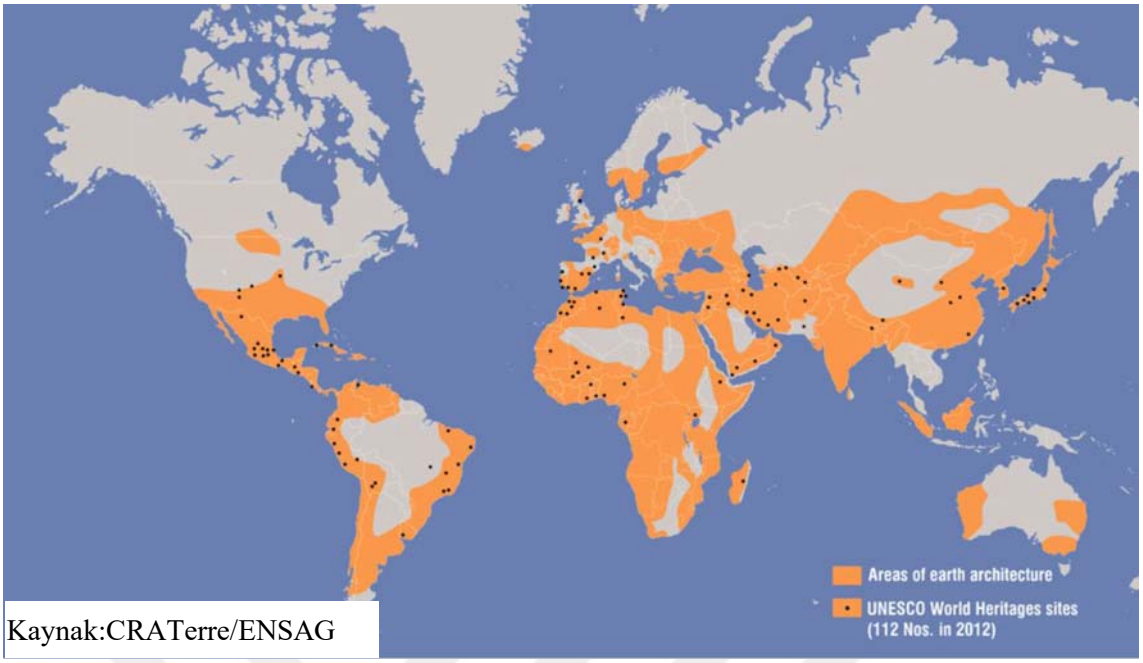
1951'de Almanya, toprak yapı üretimine yönelik DIN (Deutsches Institut für Normung) bina yönetmeliğini oluşturmuştur (Schroeder, 2018). 1979 yılında Fransa'da CRATerre/EAG çalışma grubu toprak mimarisinin geliştirilmesine yönelik bilimsel ve pratik çalışmalar yapmak için kurulmuştur (URL-6).

Günümüzde Wang Shu (Şekil 7), Herzog deMeuron, Anna Heringer, Patrice Doat ve Francis Kéré (Şekil 8) gibi mimarlar ekolojik ve estetik nitelikleriyle öne çıkan toprağı yeniden gündeme getirmiştir (Moriset vd., 2021). Toprak mimarisi günümüz mimarlık yarışmalarında da kendinden söz ettirmektedir. Mimarlığın Nobeli olarak bilinen Pritzker Mimarlık Ödülünü toprağı yapı üretiminde kullanan Wang Shu 2012, Francis Kéré 2022 yılında kazanmıştır (URL-7).

Şekil 7. Wa Shan Misafir Evi-Wang Shu (URL-8)

Şekil 8.Gando İlkokulu-Francis Kéré (URL-9)

Günümüzde dünya nüfusunun %30-50'sinin (yaklaşık 3 milyar) topraktan üretilmiş yapılarda yaşadığı bilinmektedir (Şekil 9) (Rael, 2009).



Kaynak:CRATerre/ENSAG

Şekil 9.Toprak mimarlığının dünyadaki dağılımı (URL-6)

Gelişmekte olan ülkeler ya da kırsal bölgelerin mimarisiyle özdeşleştirilen toprak; ekolojik ve sürdürülebilirlik nitelikleriyle gelişmiş ülkelerde vazgeçilmez yapı malzemesi olmaya devam etmektedir (Özen, 2017).

Toprak malzeme endüstriyel yapı malzemeleriyle kıyaslandığında birçok avantajı bulunmaktır (Minke, 2012):

1.Toprak iç mekân nem düzeyini dengeler: Toprak diğer yapı malzemeleriyle kıyaslandığında nemi emip salabilir ve iç mekân iklimini dengeleyebilir. Almanya Kassel Üniversitesi Bina Araştırma Laboratuvarı'ında (BRL) yapılan deneyde bağıl nem aniden %50'den %80'e çıkarılmış ve toprak duvarın tuğla duvara oranla 30 kat daha fazla nem absorbe ettiği ölçülmüştür. Almanya'da iç ve dış duvarlar topraktan inşa edilen yapı sekiz yıl boyunca incelenmiş ve bağıl nemin yıl boyunca sabit olduğu (%50) görülmüştür.

2.Toprak ısıyı depolar: Tüm ağır malzemeler gibi toprak da ısıyı depolar. Günlük sıcaklık farkının fazla olduğu yerlerde pasif yollarla güneş kazanımı sağlamak için toprak iyi bir malzemedir.

3. Toprak enerji tasarrufu sağlar ve çevre kirliğini azaltır: Toprak malzemenin hazırlık, nakliye ve üretim aşamasında tuğla, beton gibi yapı malzemelerinin %1'i kadar enerji harcanır. Toprak neredeyse hiç çevre kirliği üretmez.

4.Toprak her zaman yeniden kullanılabilir: Pişmemiş toprak geri dönüştürülebilir.

5.Toprak, malzeme ve nakliye tasarrufu sağlar: Yapı üretiminde kullanılacak olan toprak genellikle şantiyede bulunur. Bu nedenle temel için kazılan toprak daha sonra toprak malzeme üretiminde kullanılabilir. Hafriyat toprağının kullanımı diğer yapı malzemelerine kıyasla daha düşük maliyetle üretime imkân vermektedir.

Toprak malzemenin endüstrileşmiş yapı malzemelerine göre 3 temel dezavantajı vardır:

1. Toprak standart bir yapı malzemesi değildir. Kazıldığı alana bağlı olarak içeriğinde bulunan kil, silt, kum ve çakıl miktarındaki farklılıklar toprağın yapısını da farklılaştıracaktır (Minke, 2012).

2. Toprak karışımı kururken büzülür: Toprak karışımında kullanılan suyun buharlaşması nedeniyle büzülme çatlakları oluşacaktır. Bağlanma mukavemetini etkinleştirebilmek ve işlenebilirliği sağlamak için nem gereklidir (Minke, 2012).

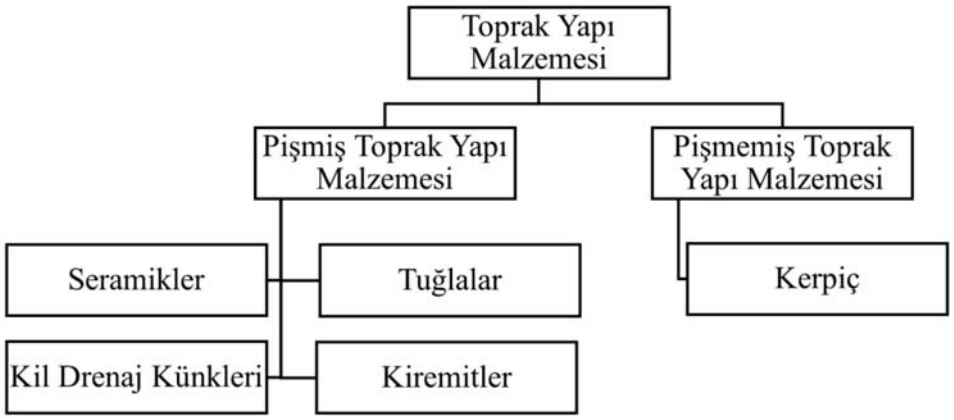
3. Basınç dayanımının az olması ve neme karşı duyarlı olması toprak malzemenin en belirgin dezavantajıdır (Özgünler Acun ve Gürdal, 2012). Topraktan inşa edilen çoğu yapı tipik olarak sıvalı veya geniş bir çatı çıkıntısı ile korunmayı, nemli iklim koşullarında ise zeminden kaldırılmayı gerektirir (Golden, 2018).

2.1.3. Toprak Yapı Malzemeleri

İnsanlar topraktan beslenme fonksiyonun yanında barınma amacıyla da faydalanmıştır. Yerleşik düzene geçilmesiyle birlikte insanlar toprağı tarım için kullanmanın yanında ev inşasında da kullanmışlardır. Toprak yaşam alanlarının inşası için temel alanı oluşturur, yapı elemanları topraktan elde edilen malzemelerle inşa edilir. Yapılı çevrenin inşasında toprak önemli rol üstlenmektedir.

Toprak ana kayanın fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişimlerinin sonucunda oluşur. Ana kaya ve bu değişimlerin sonucu toprağa doğal özelliklerini verir. Bu özellikler toprağın nasıl olacağını, yapı malzemesine dönüşümünü ve yapı davranışını etkilemektedir (Golden, 2018).

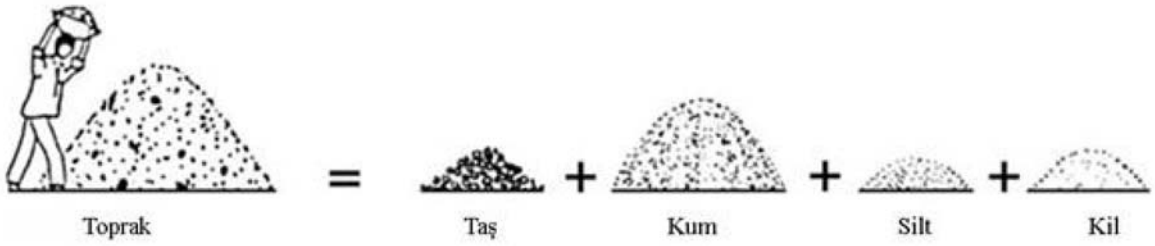
Topraktan üretilen yapı malzemeleri pişirilmeden ya da pişirilerek elde edilmektedir (Şekil 10). Pişirilmemiş toprak, geçmişte ülkemizde de yoğun olarak kullanılan kerpiç olarak bilinir. Tuğla, kiremit ve çeşitli seramik malzemeleri ise pişmiş toprak esaslı yapı malzemeleri olarak adlandırılmaktadır (URL-10).



Şekil 10. Toprak yapı malzemesi (URL-10)

2.1.4. Pişmemiş Toprak Yapı Malzemeleri (Kerpiç) ve Yapı Elemanı Üretiminde Kullanımları

Toprak malzeme, şekil ve büyüklük bakımından farklılık gösteren mineral ve organik tanelerin değişik biçimlerde bağlanmalarından oluşur. Toprakta genellikle kil, silt, kum ve taş bulunmaktadır (Şekil 11). Toprakta bulunan parçacıklar tanecik boyutlarına göre tanımlanmaktadır.0.002 mm'den küçük parçalar kil, 0.002-0.06 mm arasında ise silt, 0.06-2 mm arasında olanlara kum, 2 mm'den büyük olanlara ise çakıl-taş denilmektedir (Habitat, 1992).



Şekil 11. Toprağın birleşimi (URL-11)

Toprak yapım tekniklerine göre toprak içeriğindeki taneciklerin oranı ve nem içeriği değişmektedir (Tablo 2).

Tablo 2. Toprak tanecik oranları ve yapım teknikleri arasındaki ilişki (Harries, 2000; akt. Reeves vd., 2006)

	Yığma tekniği	Sıkıştırma tekniği	Kerpiç bloklar	Sıkıştırılmış blok
Kil oranı	%10-25	%-15	%15-30	%10-25
Silt oranı	%10-20	%15-30	%10-30	%15-30
Kum/Taş oranı	%55-70	%45-75	%40-75	%45-75
Nem içeriği	%18-25	%10-16	%15-30	%8-16
Maksimum taneçik boyutu	50 mm	50 mm	10 mm	15 mm

Pişmemiş toprak malzeme taşıyıcı ve bölme duvar üretimi, döşeme üretimi, çatı (dam) üretimi, duvar konstrüksiyonlarında dolgu malzemesi göreviyle, sabit donatı üretimi, dekoratif ve ince yapı işlerine yönelik hazır malzeme üretiminde kullanılmaktadır (Tablo 3) (Çiçek, 2014).

Tablo 3.Pişmemiş toprak malzemenin mimari kullanım alanları

1.Taşıyıcı ve bölme duvar üretimi (URL-12)	2.Döşeme üretimi (URL-13)

Tablo 3'ün devamı

3.Çatı (dam) üretimi (URL-14)	4. Duvar konstrüksiyonlarında dolgu malzemesi olarak kullanımı (URL-15)
5.Sabit donatı üretimi (URL-16)	6.Dekoratif ve ince yapı işlerine yönelik hazır malzeme üretimi (URL-17)

Pişmemiş toprağın mimaride en yoğun kullanımı duvar üretiminde görülmektedir. Ham toprak içeriğinde iyileştirmeler ve stabilizatör ilaveleriyle duvar elemanı üretimi için uygun hale gelmektedir.

Genel olarak duvar yapımında kullanılan topraklar, döşeme üretiminde de kullanılabilen topraklardır (Çiçek, 2014). Döşeme üretiminde toprak ahşap gibi döşeme taşıyıcılarının üzerini örten ana dolgu malzemesi olarak kullanılır (Çiçek, 2014). Anadolu'nun bazı yörelerinde döşemelerde kullanılan toprak, kuru ve sulu olarak saz gibi çeşitli bitkilerle bir arada kullanılmaktadır (Çiçek, 2014).

2.1.5. Pişmemiş Toprak (Kerpiç) Duvar Üretiminde Kullanılan Teknikler

Houben ve Guillaud'a göre, toprağın yapı malzemesi olarak kullanımın 12 temel metodu vardır. Bunlardan 7 tanesi ise dünyada en yaygın olarak uygulanan ve tekniklerin ana sınıflarını oluşturduğunu belirtmektedirler (Tablo 4). Toprak yapı yönetmelikleri incelendiğinde de isim farklılıkları olmakla beraber, 7 temel sınıfın olduğu görülmektedir (Gürbüz, 2005).

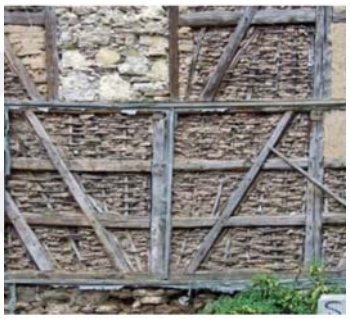
Tablo 4. Toprak yapı üretim teknikleri (Gürbüz, 2005)

Yöntem	İngilizce Literatürdeki Karşılığı
Kerpiç	Adobe/Adobe brick
Dövme duvar	Rammed earth
Killi saman	Straw-clay
Ahşap ve bitki strüktürlü	Wattle and daub
Yerinde doğrudan şekillendirme	Direct shaping
Sıkıştırılmış toprak blok	Compressed earth block/Pressed earth brick
Katkılı yığma toprak	Cob

2.1.5.1. Geleneksel Yapım Teknikleri

Kerpiç uygun oranlarda kil içeren toprağın, su ve gerekli görülen katkı maddeleri ile harmanlanıp yoğrularak kalıplara dökülmesi ve kurutulmasıyla elde edilen yapı malzemesidir (Duran vd., 2016). Yığma sistem, ahşap iskelet arası kerpiç dolgulu sistem ve karma sistem pişmemiş toprak duvar geleneksel tekniklerle uygulamasını içerir (Tablo 5) (Tuztaşı ve Çobancaoğlu, 2006). Kerpiç malzemelerin arasında taşıyıcı eleman bulunmayan, blok kerpiçlerle inşa edilen yapıya yığma (masif) kerpiç denilmektedir (Tuztaşı ve Çobancaoğlu, 2006). Yapının taşıyıcı kısmının ahşap, dolgu kısmının kerpiç olduğu sistem ahşap iskelet arası kerpiç dolgulu sistem(hımış) olarak adlandırılmaktadır (Akbaş vd., 2022). Karma sistemde ise yığma ve ahşap iskelet arası dolgu teknikleri bir arada kullanılır (Başoda, 2023).

Tablo 5. Pişmemiş toprak duvar inşasında kullanılan geleneksel teknikler

Yöntem	Şekil
1. Yığma sistem (Tuztaşı ve Çobancaoğlu, 2006)	
Yığma sistemde ahşap bulmadaki kolaylık oranında 1-3 sıra hatıllarla güçlendirilir. Bu evlerde dış duvarlar bir buçuk, iç duvarlar bir kerpiç blok örgüsünde olmaktadır. Büyük ebattaki kerpiç ile daha kalın duvar örülüp daha çok yük taşınması sağlanabilmektedir.	
2. Ahşap iskelet arası kerpiç dolgulu sistem (Başoda, 2023)	
Ahşap iskeleti oluşturan ahşap, düşeyde ana ve ara dikmeler, yatayda kirişleme sistemi ile belirli aralıklarda çatılarak oluşturulmuştur. Ahşap sistem aralıkları, kerpiç boyutuna göre düzenlenmektedir.	
3.Karma sistem (Tuztaşı ve Çobancaoğlu, 2006)	
Karma sistem; çoğunlukla döşeme seviyesi taş temele oturan masif kerpiç duvar tekniği, kerpiç boyutları, duvarın çamur ile sıvanması, düz dam yapılması gibi uygulama benzerlikleri ile yığma sistem kerpiç konutlara benzerdir. Ahşap iskeletli kerpiç dolgulu duvarlar ve kırma çatı uygulaması ile ahşap iskelet arası kerpiç dolgulu sisteme benzemektedir.	

2.1.5.1. Çağdaş Yapım Teknikleri

Toprağın yapı malzemesi olarak kullanımı insanlık tarihinin ilk dönemlerine değin uzanmaktadır. Geleneksel teknikler ve reçetelerle çağlar boyu uygulamaları görülen toprağın kullanımı günümüzde her ne kadar betonarme karşısında etkisini kaybetse de yaşanan iklim/enerji kriziyle beraber tekrar gündem olmuştur. Toprağın stabilizasyonu ve makineleşmedeki yenilikler toprağın çağdaş tekniklerle kullanımına imkân sunmuştur.

Çağdaş yapım teknikleri literatürde farklı şekillerde sınıflandırılmıştır. Aşağıda bunlar örneklenmiş, çeşitli yazarların kullandığı sınıflandırmalar verilmiştir (Tablo 6).

Norton (1997) üretim tekniklerini kerpiç (mud bricks), ahşap ve bitki strüktürlü (wattle and daub), çift katmanlı iskelete toprak dolgu (double layer framework and mud infill), doğrudan kalıplandırma (direct moulding), sıkıştırma tekniği (rammed earth), sıkıştırılmış blok (compressed block) şeklinde sınıflandırmıştır.

Minke (2012) sıkıştırma tekniği (rammed earth); toprak blokları (earth blocks); büyük bloklar ve prefabrike paneller (large blocks and prefabricated panels); ıslak tın ile doğrudan şekillendirme (direct forming with wet loam); iskelet yapılarda ıslak balçık dolgu (wet loam infill in skeleton structures) teknikleri şeklinde sınıflandırmıştır.

Schroeder (2016); sıkıştırma tekniği (rammed earth), lifle güçlendirilmiş kil (clay with added fibers), killi saman (straw clay), hafif kil (light clay), hafif toprak dolgu (earthen loose fill), toprak harcı (earth mortars), toprak blokları (earth blocks), kil panelleri (clay panels), diğer toprak yapı materyalleri şeklinde sınıflandırmıştır.

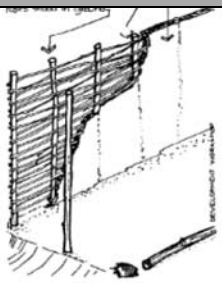
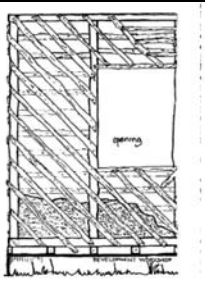
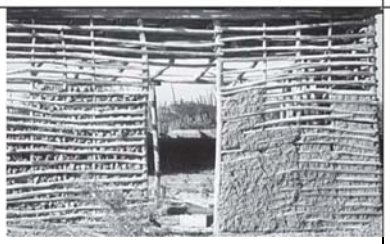
Koç ve Ekşi Akbulut (2017); dökme toprak tekniği, hafif toprak tekniği, sıkıştırılmış toprak tuğla tekniği, kerpiç tekniği, yerinde dökme toprak tekniği, omurgalı kerpiç tekniği ve sıkıştırılmış toprak tekniği şeklinde sınıflandırmıştır.

Ekinci (2019) kalıplandırılmış yerinde sıkıştırma yöntemi, endüstriyel blok üretimi ve yerinde montaj yöntemi, doldurma yöntemi şeklinde sınıflandırmıştır.

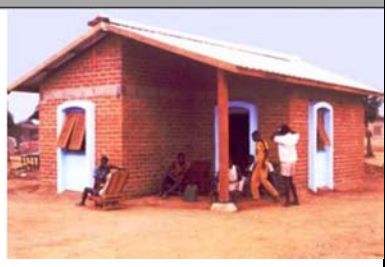
Işık (2019) blok üretimi (block production); tokmaklama tekniği (ramming technique); tesiste blok üretimi (block production -in the facility-); püskürtme tekniği (adobe shotcrete technique) şeklinde sınıflandırmıştır.

Çalışmada çağdaş tekniklerin açıklanmasında kendinden sonraki birçok araştırmacıya yol göstermesi ve toprak mimarisinin öncülerinden kabul edilmesi nedeniyle Minke (2012)'nin sınıflandırması tercih edilmiştir.

Tablo 6. Çağdaş yapım teknikleri sınıflandırması

Norton'un Sınıflandırması (1997)		
		
1.Kerpiç (URL-18)	2.Ahşap ve bitki strüktürlü (Norton, 1997)	3.Çift katmanlı iskelete toprak dolgu (Norton, 1997)
4.Doğrudan kalıplandırma (Norton, 1997)	5.Sıkıştırma tekniği (URL-19)	6.Sıkıştırılmış blok (URL-20)
Minke'nin Sınıflandırması (2012)		
1.Sıkıştırma tekniği (URL-21)	2.Toprak blokları (URL-20)	3.Büyük bloklar ve prefabrike paneller (Downton,2022)
		
4.Islak tın ile şekil verme (Minke, 2012)	5.İskelet yapılarda ıslak balçık dolgu (Minke, 2012)	

Tablo 6'nın devamı

Schroeder'in Sınıflandırması (2016)		
1.Sıkıştırma tekniği (URL-19)	2.Lifle güçlendirilmiş kil (URL-22)	3.Killi saman (URL-22)
4.Hafif kil (URL-23)	5.Hafif toprak dolgu (URL-22)	6.Toprak harcı (URL-24)
7.Toprak blokları (URL-20)	8.Kil panelleri (URL-25)	
Koç ve Ekşi Akbulut'un Sınıflandırması (2017)		
		
1.Dökme toprak tekniği (Minke, 2012)	2.Hafif toprak tekniği (URL-23)	3.Sıkıştırılmış toprak tuğla tekniği (URL-20)

Tablo 6'nın devamı

4.Kerpiç tekniği (URL-18)	5.Yerinde dökme toprak tekniği (URL-26)	6.Omurgalı kerpiç tekniği (URL-22)
7.Sıkıştırılmış toprak tekniği		
Ekinci'nin Sınıflandırması (2019)		
1.Kalıplandırılmış yerinde sıkıştırma yöntemi	2.Endüstriyel blok üretimi ve yerinde montaj yöntemi	3.Doldurma yöntemi
Işık'ın Sınıflandırması (2019)		
1.Blok üretimi (URL-27)	2.Tokmaklama tekniği	3.Tesiste blok üretimi
4.Püskürtme (URL-28)		

2.1.5.2.1. Sıkıştırma Tekniği ile Üretim

Sıkıştırma tekniği ile toprak yapı üretimi tarih boyunca Akdeniz, İran, Pakistan, Hindistan ve Çin'de görülmektedir (Jaquin, 2008). Sıkıştırma tekniği Avrupalılar tarafından Güney Amerika'da uygulanmış ve Brezilya ve Kolombiya'nın bazı bölgelerinde birçok sömürge binası bu teknikle inşa edilmiştir (Jaquin, 2008). Sıkıştırma tekniğinin ilk ne zaman ve nerede kullanıldığını belirlemek zor olsa da geçmişte konut, tapınak ve anıtlar için de kullanıldığı bilinmektedir (Escobar, 2013). Çin'deki kazılar sonucunda, M.Ö. 7. yüzyıldan kalma sıkıştırma tekniği ile üretilmiş yapılar ortaya çıkartılmıştır (Easton 2007). Çin Seddi'nden, Meksika Teotihuacan'daki Piramitlere kadar dünyanın çoğu yerinde sıkıştırma duvar tekniği uygulanarak üretilmiş yapı örnekleri bulunmaktadır (Şekil 12, 13) (Escobar, 2013).

Şekil 12, 13. Teotihuacan Piramitleri (URL-29), Çin Seddi (URL-30)

Sıkıştırma tekniğiyle yapı üretimi yüzyıllardır uygulanıp nesillerden nesillere aktarılsa da yakın dönemde kesintiye uğramıştır (Escobar, 2013). Sürdürülebilir bir yapı malzemesi olarak sıkıştırma yöntemiyle toprak yapı üretiminin yeniden keşfi, 1970'lerin başlarından itibaren Avustralya'da ve güney Amerika Birleşik Devletleri'nde kullanımıyla başlamıştır. Sıkıştırma tekniğiyle üretilmiş toprak yapı örneklerinin yakın zamanda bilinen örnekleri ise Avusturya'da bulunan Martin Rauch Evi'dir. Kanada'da bulunan Nk'Mip Çöl Kültür merkezi de 80 metrelik duvarı ile günümüz örnekleri arasında dikkat çekmektedir (Şekil 14). Günümüzde, sıkıştırma tekniği ile toprak yapı üretimi, sürdürülebilir inşaat uygulamaları daha yaygın hale geldikçe artan bir ilgi görmektedir (Jaquin, 2008).

Şekil 14. Nk'Mip Çöl Kültür Merkezi (URL-21)

Sıkıştırma tekniği ile toprak yapı üretiminin avantajları (Dabaieh, 2014):

- Sıkıştırma işlemi çok az su gerektirir, bu da suyun önemli olduğu kuru iklimler için önemlidir.
- Özellikle yüksek termal kütleye sahip olduğu için iyi yalıtım özelliklerine sahiptir.
- Gürültü azaltma ve yalıtım için iyidir.
- Sıkıştırma yöntemiyle elde edilmiş toprak duvar birbirlerinden doku ve renk yönünden farklılaşır bu da yapı estetiğini arttırmaktadır.

Sıkıştırma tekniği ile toprak yapı üretiminin dezavantajları ise (Dabaieh, 2014):

- Geleneksel yöntemde inşa süreci emek yoğundur, nispeten pahalı olmasına neden olmaktadır.
- Kalıbı oluşturmak için marangozluk becerileri gereklidir.
- Sıkıştırma işlemi nispeten zaman alıcı ve zor fiziksel bir iştir.

Sıkıştırma yöntemiyle toprak yapı üretim süreci hazırlık, karışımı oluşturma, uygulama, sıkıştırma ve kürleme olmak üzere 5 aşamadan oluşmaktadır. Bu 5 aşama yoğun emek ve yüksek düzeyde kontrol gerektirmektedir.

1. Çalışma Alanının Hazırlanması:

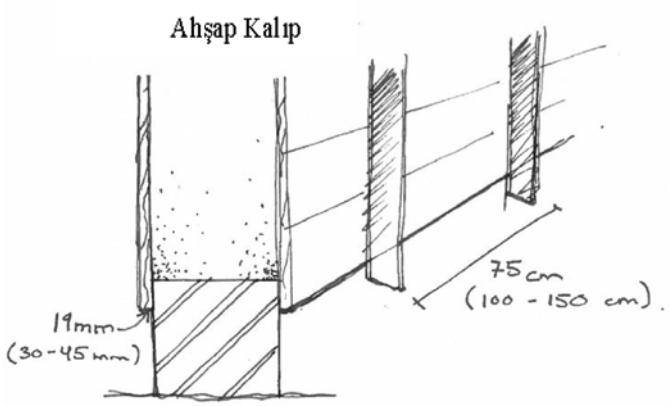
Sıkıştırma tekniği ile duvar elemanı üretiminden önce yapı inşa edilecek alan istenmeyen bitki örtüsünden temizlenir ve gerekli olan aletler şantiyede depolanır (Escobar, 2013). Sıkıştırma duvarın temelleri, tuğla veya betonarme duvar üretiminde kullanılan temellere benzemektedir (Escobar, 2013).

2.Karışım Süreci:

Sıkıştırma tekniğinde kullanılan pişmemiş toprağın kil oranı %15, silt oranı %15-30, taş oranı %45-75 nem içeriği %10-16 maksimum tanecik boyutu ise 50 mm olmalıdır (Harries, 2000; akt. Reeves vd., 2006). Sıkıştırma tekniğiyle üretimde kil oranı önemlidir. Kimyasal stabilizatör kullanılacaksa kil oranı %10'dan az, kullanılmayacaksa %10'dan fazla olmalıdır (Cautius, 2014). Geleneksel üretimde kil stabilize edici bileşen görevi üstlenirken günümüz örneklerinde ise teknolojinin gelişmesiyle beraber ilave kimyasal stabilizatör (çimento, uçucu kül, kireç veya alçı gibi çözünmeyen bağlayıcıların karışımı) kullanılmaktadır (Cautius, 2014). Stabilizasyon ihtiyacı coğrafya, iklim, projenin niteliği gibi nedenlerden farklılık göstermektedir (Cautius, 2014). Doğru toprak karışımı oluşturulduğunda malzemeyi yağmurdan korumak gerekecektir.

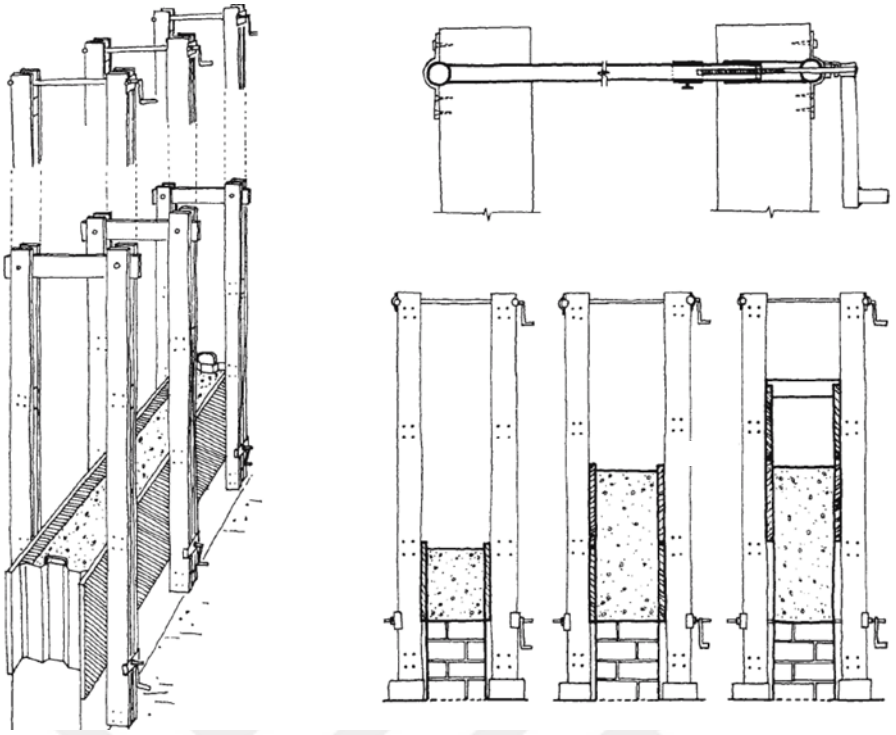
3.Taşıma ve Uygulama:

Sıkıştırma tekniği yapı elemanını oluşturacak kalıpların içine karışımın dökülmesi ve mekanik yollarla dövülerek sıkıştırılması esasına dayanmaktadır. Kalıp, betonarme binalarda olduğu gibi sıkıştırma tekniği ile toprak duvar üretiminde de önemli bir yere sahiptir (Escobar, 2013). Geleneksel yöntemde kalıp, iki kişi tarafından kaldırılabilen ve bir sonraki seviyeye taşınabilen iki ahşap modülden oluşur (Escobar, 2013). Tipik bir yapı için, her 75 cm'de bir dikey takviyeli 19 mm kalınlığında ahşap tavsiye edilir (Şekil 15).



Şekil 15. Kalıp modül aralıkları (Escobar, 2013)

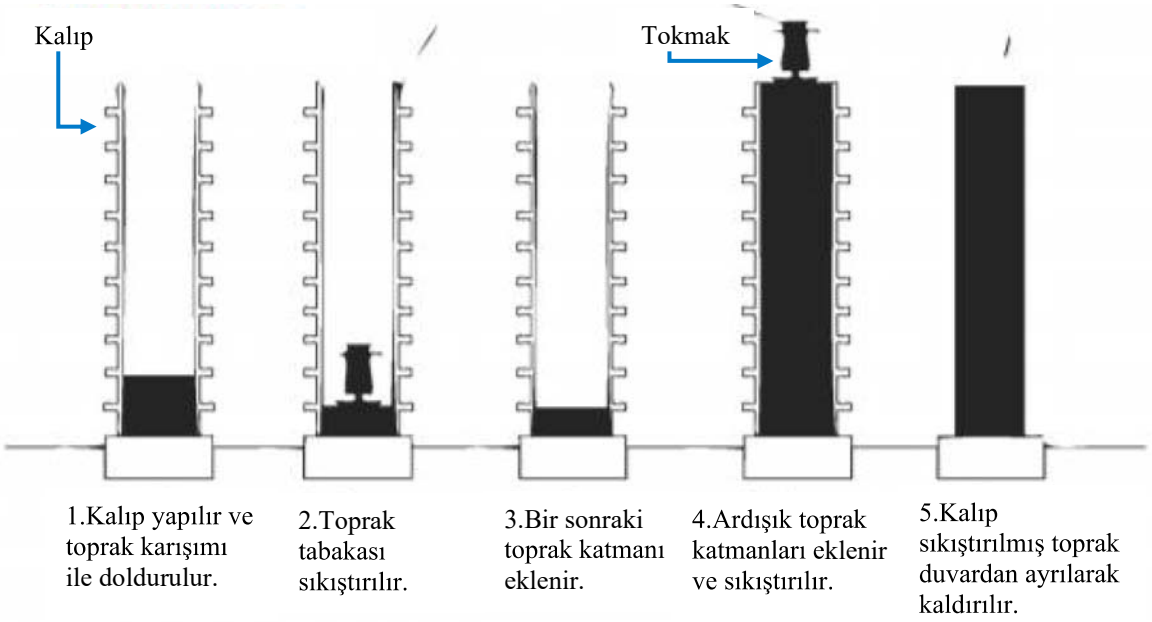
Günümüzde zaman kazanmak ve maliyetleri azaltmak için beton işlerinde kullanılan kalıplara benzer ahşap ve metal kalıplar kullanılmaktadır (Şekil 16).



Şekil 16. Kayar kalıp (Minke, 2012)

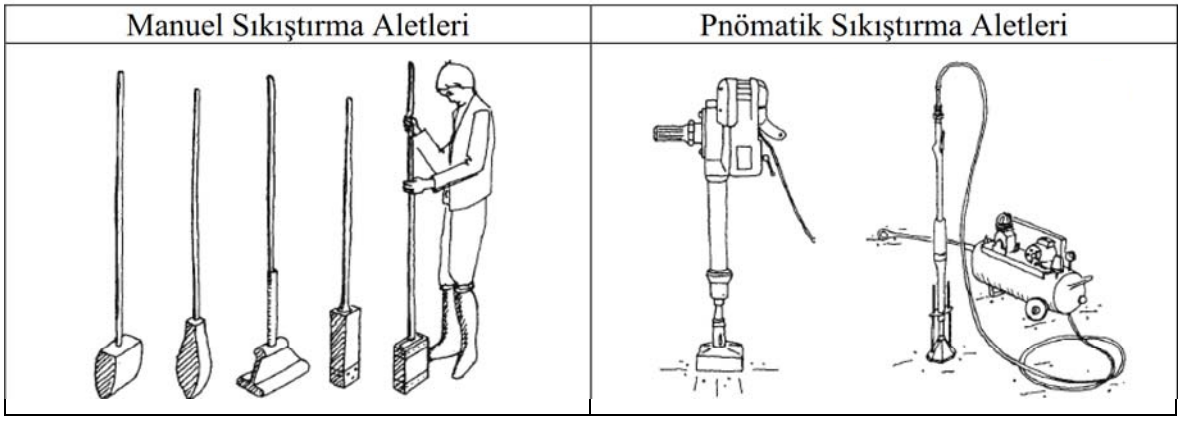
4.Sıkıştırma İşlemi

12 ila 15 cm kalınlığında katmanlar halinde dökülür ve ardından sıkıştırma aletleriyle sıkıştırılır (Şekil 17) (Minke 2012). Kalıp ne kadar yüksek olursa, manevra yapmak ve sıkıştırmak o kadar zor olmaktadır (Escobar, 2013). 50 ila 60 cm kalınlığındaki duvarlarda boşluk bir kişinin sorunsuz çalışması için yeterlidir, ancak duvar kalınlığı daha az olursa farklı araçlar gerekebilir (Escobar, 2013). Bir katın sıkıştırılmasının ardından kalıba başka bir toprak tabakası yerleştirilir ve işlem kalıp dolana kadar tekrarlanır (Jaquin, 2008). Daha sonra kalıp çıkarılır ve işlemin tekrarlandığı bir sonraki yatay ahşap setine yerleştirilir. Kalıp üzerinde hareket edildikten sonra, yatay keresteler duvardan kaldırılır ve genellikle putlog olarak adlandırılan boşluklar bırakılır (Jaquin, 2008). Bir yatay seviyenin tamamlanmasının ardından kalıp dikey olarak hareket ettirilirve diğer seviye uygulanır (Jaquin, 2008).



Şekil 17. Sıkıştırma tekniğiyle toprak duvar oluşturma süreci (URL-31)

Gelişmekte olan bölgelerde daha çok geleneksel yöntem ve araçlarla üretim gerçekleştirilirken endüstrileşmiş bölgelerde daha az iş gücü gerektiren elektrikli ya da pnömatik yöntemlerle sıkıştırma işlemi yapılmaktadır (Şekil 18) (Minke, 2012).

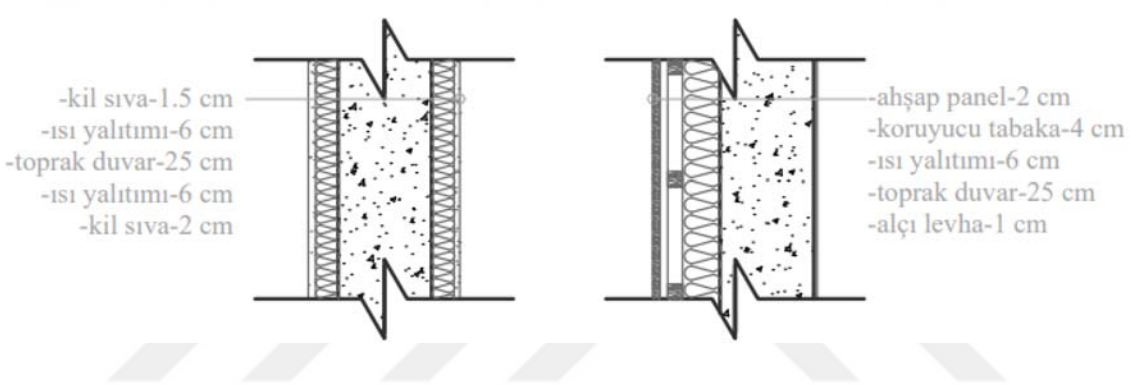


Şekil 18. Manuel ve pnömatik sıkıştırma aletleri (Minke, 2012)

5.Kürleme ve Kaplamalar

Kalıp, sıkıştırmadan sonra kuruması için yeterli sürede (birkaç gün) çıkartılır (Escobar, 2013). Kuru sıcak hava ve yeterli hava hareketi göz önüne alındığında, büzülme sadece birkaç gün sonra durmaktadır (Minke, 2012).

Toprak yağmura ve erozyona duyarlı olduğu için inşa sürecinin her adımında korunması önemlidir (Escobar, 2013). Duvarları korumak için geniş çatı saçakları oluşturulabilir. Duvarlar inşa edildikten sonra kötü hava koşullarına maruz kalırsa, onları plastik bir örtü veya branda ile sarmak gerekebilir. Kalıp söküldükten hemen sonra nemli keçe mala ile süngerlenir, daha sonra kolayca pürüzsüz bir yüzey elde edilir (Minke, 2012). Yapıların iç/dış duvarlarına su yalıtımı sağlamak amacıyla bir veya birkaç kat şeklinde toprak sıvalar uygulanmaktadır. Kalınlığı genellikle 20 mm'den fazla olmayan toprak sıvalar nemi kontrol ederek iç mekân hava kalitesini düzenlemektedir (Koç ve Ekşi Akbulut, 2017). İç duvar yüzeyleri boyanabilir veya duvar kâğıdı yapılabilir (Şekil 19) (Minke, 2012).

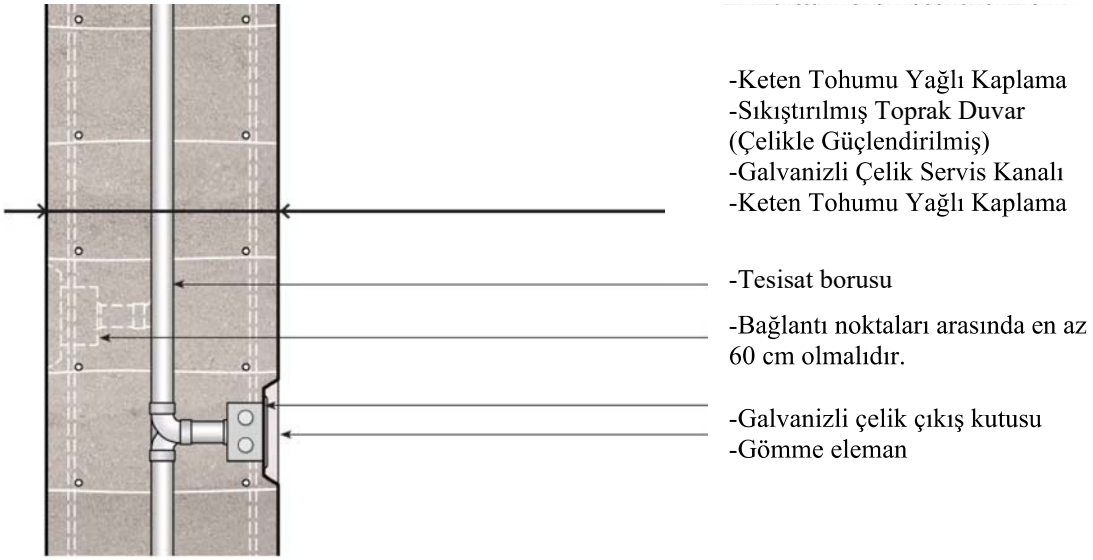


Şekil 19. Sıkıştırılmış toprak duvar üzerine kaplama uygulamaları (Minke, 2012)

Yüzyıllardır uygulanan sıkıştırılmış toprak duvar üretiminde bölgenin iklim koşulları, duvarın taşıyıcılık durumu, enerji kazancı sağlama amaçlarına yönelik iyileştirmeler yapılarak çeşitli uygulamalar yapılmaktadır. Sıkıştırılmış toprak duvar teknolojiyle birleştiğinde; stabilize elemanlar, strüktürel yalıtımlı elemanlar, trombe sıkıştırılmış toprak duvar uygulamaları yapılmaktadır (Şekil 20,21,22):

A. Stabilize Elemanlar (SRE)

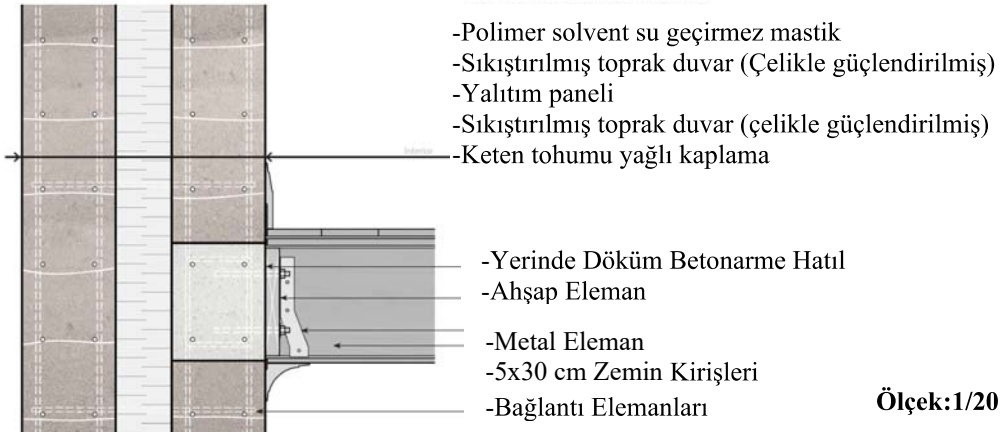
Stabilize edilmiş sıkıştırılmış toprak duvar; belirli nokta yüklerine, yatay açıklık yüklerine ve bazı durumlarda genel rüzgâr yüklerine direnmek için çelik elemanların dahil edildiği duvar sistemleridir (Lindsay, 2012).



Şekil 20. Sıkıştırılmış stabilize toprak iç duvar kesiti (Cautius, 2014)

B. Strüktürel Yalıtımlı Elemanlar (SIRE)

SIREWALL, strüktürel yalıtımlı sıkıştırılmış toprak duvar anlamına gelmektedir (Escobar, 2013). Normal toprak kullanılan masif toprak duvarların ısı yalıtım kapasiteleri, soğuk iklimlerde gerekli olan ısı yalıtım düzeylerini sağlamaya yeterli değildir (Escobar, 2013). 30 cm kalınlığında sıkıştırılmış toprak duvarın U değeri 1,9 ila 2,0 W/m2K kadardır (Escobar, 2013). Birçok Avrupa ülkesinde gerekli olan 0,5 W/m2K'lik bir U değeri elde etmek için 1,6 -1,8 metre kalınlık gerekmektedir. Soğuk iklimlerde, bu kalınlıktaki duvar üretimi zor olacağı için toprak duvarla birlikte ısı yalıtımı kullanılmaktadır (Minke, 2012). Çimentoyla stabilize edilmiş iki toprak duvar arasına yalıtım malzemesi yerleştirilmesiyle duvar konstrüksiyonu oluşturulur (Escobar, 2013).



Şekil 21. Strüktürel yalıtımlı sıkıştırılmış toprak duvar döşeme birleşimi (Cautius, 2014)

İki sıkıştırılmış toprak duvar ve arasında bulunan yalıtım paneli sayesinde soğuk iklim bölgelerine uygun toprak duvarlar inşa edilebilmektedir. Toprak ve yalıtım paneli sayesinde ısının yavaş iletimi sağlanır. Toprak uçucu kül gibi katkılarla stabilize edilir. Stabilizasyon, basınç dayanımı sağlarken çelik donatılar çekme mukavemetini sağlamaktadır (Cautius, 2014).

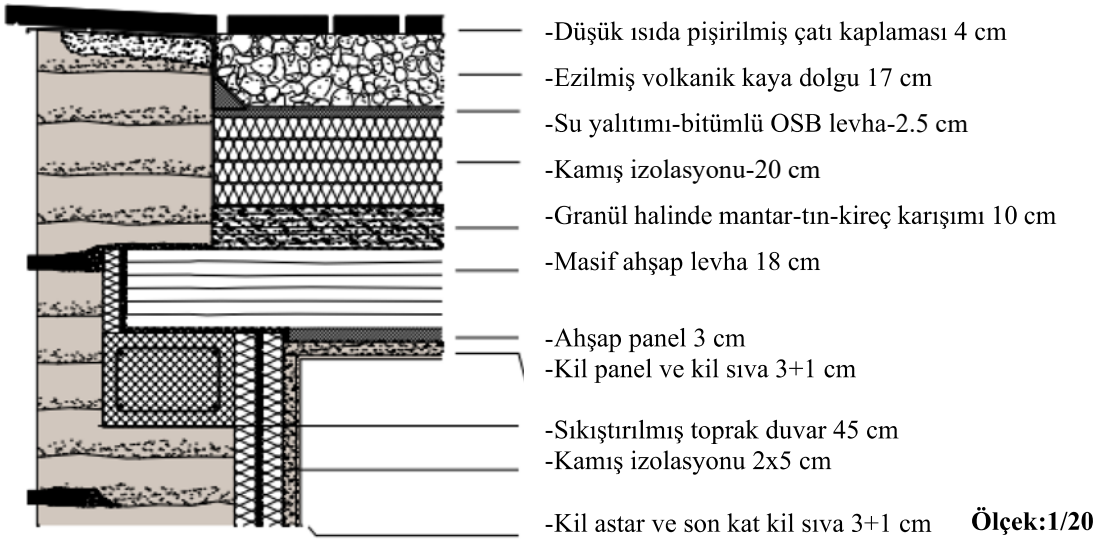
C. Trombe Sıkıştırılmış Toprak Duvar

Trombe duvar sistemi çift camlı giydirme bir cephenin arkasına dış yüzeyi dokulu duvar elemanının yerleştirilmesiyle oluşturulur. Duvarın üst ve alt kısmında kapaklı havalandırma boşlukları bulunmaktadır. Gündüz bu havalandırma boşluklarından hava sirkülasyonu yapılırken gece kapaklar kapatılır ve duvarda depolanmış ısı ışınım ve taşınımla mekâna aktarılır (Khanları, 2013). Toprak yüksek ısıl kapasitesi ve düşük ısı transfer kapasitesine sahip olması nedeniyle trombe duvar sisteminde ısı kazancı sağlama amacıyla kullanılmaktadır.

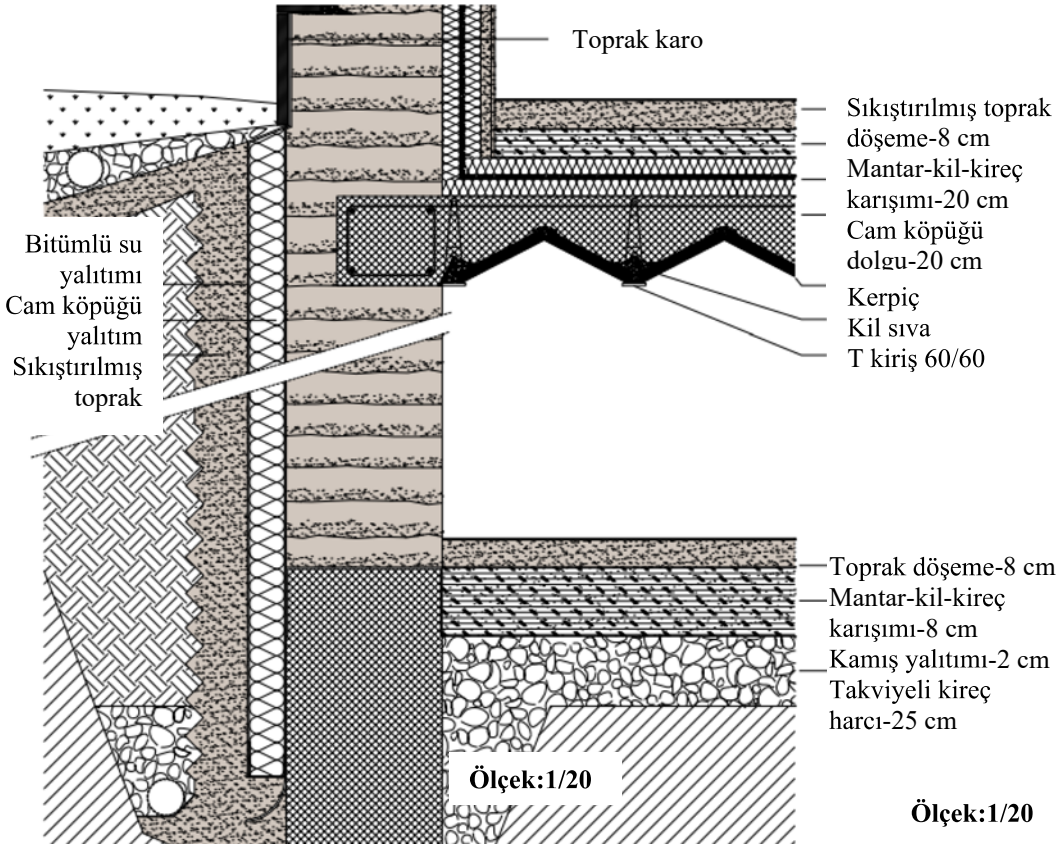
Şekil 22. Trombe sıkıştırılmış toprak duvar kesiti (Cautius, 2014)

Sıkıştırılmış toprak duvara dair duvar-çatı, duvar-döşeme, duvar-temel, duvar-parapet çizimleri verilmiştir (Tablo 7).

Tablo 7. Sıkıştırılmış toprak duvar detay çizimleri

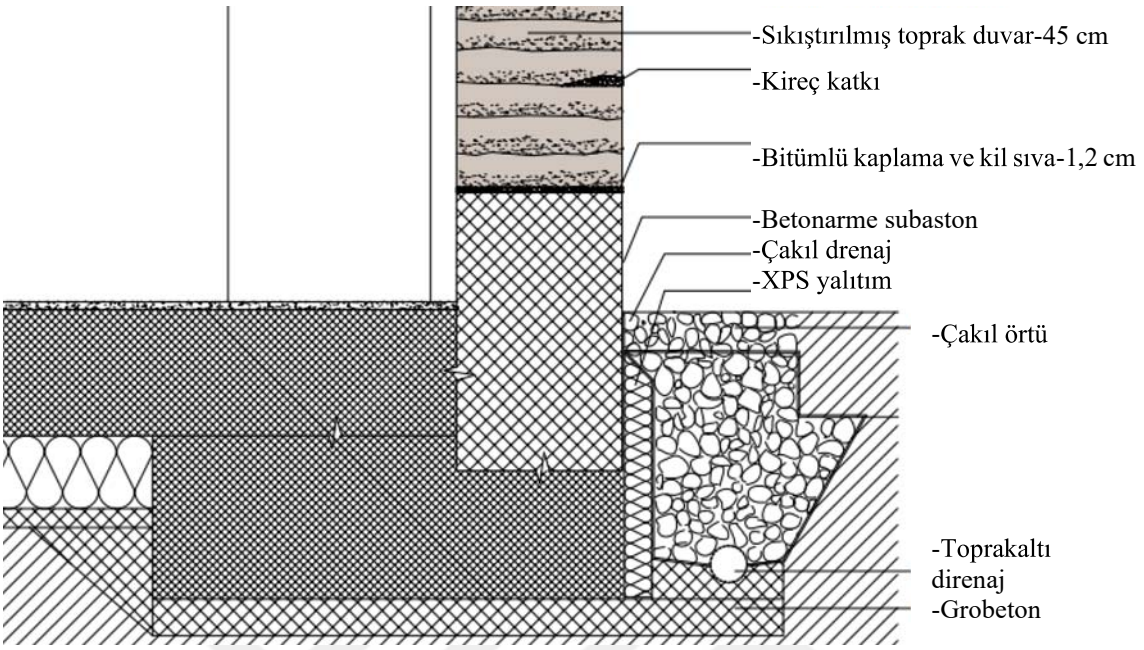


A. Sıkıştırılmış toprak duvar-çatı birleşim detayı (Sauer ve Kapfinger, 2015)

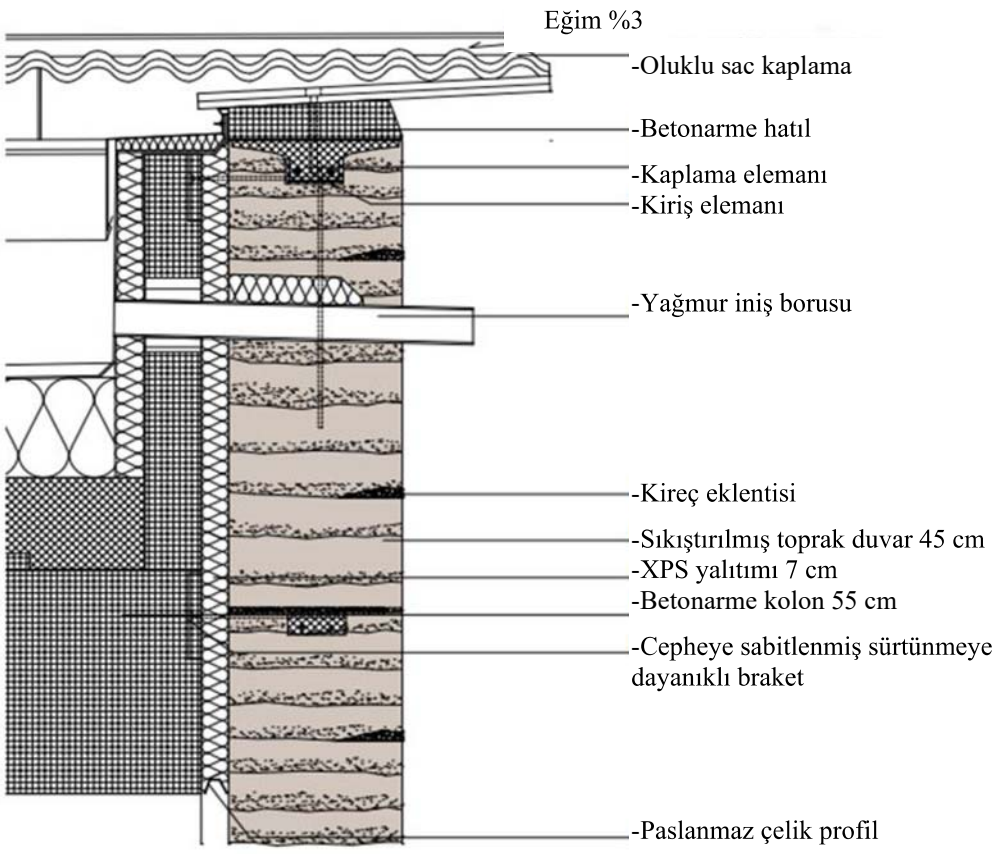


B. Sıkıştırılmış toprak duvar-döşeme birleşim detayı (Sauer ve Kapfinger, 2015)

Tablo 7'nin devamı



C. Sıkıştırılmış toprak duvar-temel birleşim detayı (Sauer ve Kapfinger, 2015)



D. Sıkıştırılmış toprak duvar parapet detayı (Sauer ve Kapfinger,2015)

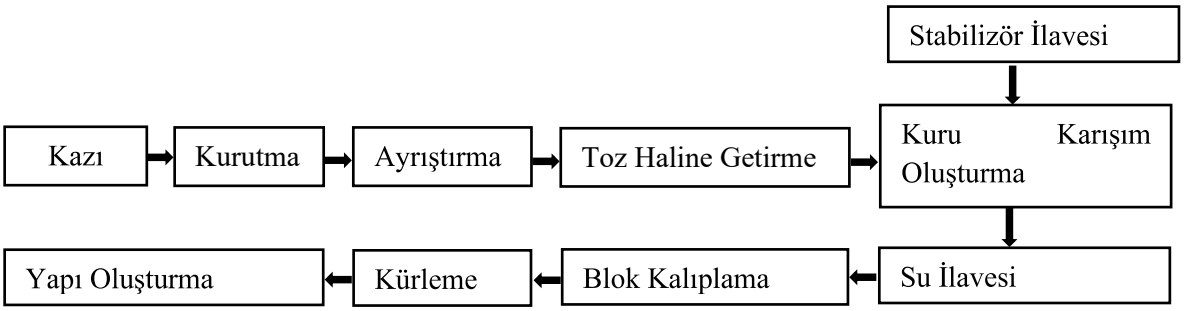
2.1.5.2.2. Toprak Blok ile Üretim

Toprak bloklar boyut, ağırlık, mekanik reaksiyon ve davranış açısından standardizasyon oluşturmak için motorlu veya manuel bir presle kalıpta sıkıştırılarak elde edilen toprak yapı elemanlarıdır. Yirminci yüzyılın ortalarında geliştirilen bu teknikle, küçük bir atölyeden büyük sanayi tesisine kadar çeşitli üretim birimlerinde sıkıştırılmış toprak bloklar üretilmektedir. Günümüzde dünya çapında uygulanan bu yeni teknolojiyi geliştirmek için yeni presler geliştirilmektedir.

Geçmişte toprak bloklar, ahşap bir kalıpta elle sıkıştırılarak manuel biçimde üretilmiştir (Houben ve Boubekeur, 1998).19. yüzyılda Fransız Mimar Francois Cointeraux, ilk mekanik presleme makinesini icat etmiştir (Jovanović vd., 2018).1952'ye gelindiğinde mühendis Raul Ramirez tarafından Kolombiya'da CINVA-RAM isimli pres geliştirilmiştir (Houben ve Boubekeur, 1998). 90'lardan bu yana, üretim teknolojisinin gelişimiyle konut üretiminden kamusal yapılara değin çeşitli projelerde bu üretim teknolojisini kullanmıştır (Şekil 23).

Şekil 23.Sıkıştırılmış toprak blokla inşa edilmiş ev (URL-32)

Blok yapımı için toprak, organik maddelerden (kök, humus, çimen vb.) makul ölçüde arındırılmış olmalıdır (Zami ve Lee, 2007). Kazılan toprak daha sonra kurutulur ve toz haline getirilir (Zami ve Lee, 2007). Toz haline getirildikten sonra, çapı 6 mm'den büyük olmayan partiküller kullanmak için toprak elenir (Şekil 24) (Zami ve Lee, 2007).



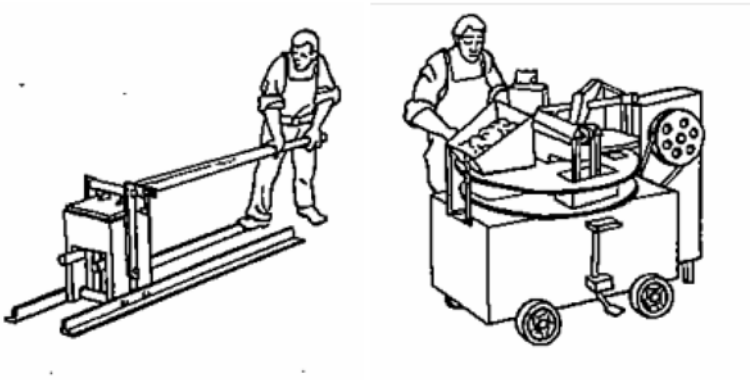
Şekil 24. Sıkıştırılmış toprak blok üretim aşamaları (Zami ve Lee, 2007)

Toprak Karışımının Hazırlanması

Sıkıştırılmış toprak bloklar kullanılan toprak %10-25 oranında kil, %15-30 silt, %45-75 kum, %8-16 nem içeriğine sahip olmalıdır (Harries, 2000; akt. Reeves vd., 2006). Mekanik olarak karıştırılır, bu da tane dağılımını düzgünleştirir ve topraktaki yabancı maddeleri giderir (Correia, 2008).

Blokların Üretimi

Karışım homojen olduğunda, bir konveyör bant tarafından sıkıştırma makinesine taşınır (Correia, 2008). Blokların kaliteli olmasını sağlamak için kalıba yeterli miktarda toprak karışımı yerleştirilmesi önemlidir. Blok sıkıştırılır ve ardından kalıptan çıkarılır. Sıkıştırma makineleri geçmişte daha basit bir sistemle çalışırken günümüzde çift sıkıştırma sitemi yapan makineler de vardır (Şekil 25) (Correia, 2008).



Şekil 25. Manuel ve motorize sıkıştırma aletleri (URL-33)

Kürleme

Mukavemeti arttırmak için sıkıştırılmış toprak blokların nemli tutuldukları bir nemli kürleme periyoduna ihtiyaçları vardır (Şekil 26) (Adam ve Agib 2001). Sıkıştırılmış stabilize

toprak bloklar, inşaat için kullanılmadan önce tamamen kürlenmeli ve kuru olmalıdır (Adam ve Agib 2001).

Şekil 26. Sıkıştırılmış toprak blokları kürlenme işlemi (Adam ve Agib 2001)

2.1.5.2.3. Büyük Bloklar ile Üretim

Toprak bloklar ile üretimde teknolojinin gelişimiyle üretim aşaması kolaylaşsa da inşa aşaması yoğun iş gücü gerektirmektedir. Bu nedenle teknolojiyle birlikte daha büyük boyutlu elemanlar geliştirilmiştir. Hafif saman bloklar taşınacak kadar hafif olduğu için standart toprak bloklara göre uygulama aşaması daha hızlı gerçekleştirilir (Downton, 2022). Günümüzde de enerji korunumuna olan katkısı nedeniyle büyük bloklar ile üretimi yaygınlaşmaktadır (Şekil 27).

Şekil 27. Hafif saman bloklar ile inşa edilmiş konut (URL-34)

Saman balyası binalar, öncelikle kırsal alanlarda barınma ve toplum merkezleri için kullanılmıştır. Saman bloklu evlerin inşası, balyalama makinelerinin kullanımıyla

yaygınlaşmıştır. Amerikalı çiftçilerin tarım alanlarında geçici konut inşası için samanları blok göreviyle kullanımı ilk örneklerdendir. (Şekil 28) (Cascone vd., 2019).

Şekil 28. Hafif saman blokla inşa edilmiş ev (Nebraska/ABD,1926) (Golden, 2018)

Hafif saman blokla inşa edilen duvarlarının yağmurdan, ateşten ve haşerelerden korunması için sıvanması gerekir. Hafif saman blok duvarları, samanın görünmemesi için toprak ve çimento ile kaplanır. İşlenmiş saman balyasının son görünümü oldukça düzgündür (Downton, 2022).

Prefabrik saman blok duvarları, zaman ve maliyet tasarrufu nedeniyle günümüzde daha popüler hale gelmiştir. Saman bloklarla inşa sistemi kompozit bir sistemdir. Fabrika ortamında saman bloklar CLT elemanlarla birleştirilerek prefabrike elemanlar oluşturulmuştur (Şekil 29) (Golden, 2018).

Şekil 29. Prefabrike CLT elemanlar ve saman blok ile duvar üretimi (URL-35)

2.1.5.2.4. Islak Balçık ile Doğrudan Şekillendirme

Yekpare bir duvar oluşturmak için ıslak kile saman eklenip katmanlar halinde uygulandığı tekniktir (Morton, 2008). Birçok tropikal ve ılıman iklimde yerel olarak üretilebilmesiyle nakliye maliyetleri ve araç emisyonlarını en aza indirgemektedir (Şekil 30) (Brunello vd., 2018). Doğrudan şekillendirme yöntemiyle elde edilen toprak duvar kullanım ömrünü tamamladığında olumsuz bir etki bırakmadan doğaya geri döndürülebilir.

Şekil 30. Nankansi evi (Minke, 2012)

Beton, çelik ve ahşap malzemeye erişimin kısıtlı olduğu gelişmekte olan ülkelerde doğrudan şekillendirme tekniğiyle toprak yapı üretimi tercih edilmektedir (Brunello vd., 2018). Doğrudan şekillendirme tekniğiyle çerçeve sistem ahşapla kolayca birleştirilebilir ve buhar geciktirici/ yalıtım katmanlarının eklenmesiyle çağdaş toprak binaların genel dayanıklılığı ve performansı iyileştirilebilir (Golden, 2018).

Kolay uygulanması nedeniyle doğrudan şekillendirme tekniği tüm dünyada oldukça yaygındır. ABD'de bulunan 1200-1450 yılları arasında inşa edilen Casa Grande Kalıntıları, 1000 ve 1450 yılları arasında inşa edilen New Mexico'daki çok katlı Taos Pueblo doğrudan şekillendirme tekniği uygulanmıştır (Niroumand vd., 2013). İrlanda, İskoçya, Galler, Kuzey İrlanda ve İngiltere'de, çiftlik evlerinden malikanelere kadar birçok tipoloji doğrudan şekillendirme tekniğiyle inşa edilmiştir (Şekil 31) (Niroumand vd., 2013).

Şekil 31. Doğrudan şekillendirme tekniğiyle inşa edilmiş bina (İngiltere, 1410) (Minke, 2012)

Doğrudan şekillendirme tekniği, tüm toprak inşa tekniklerinin en basitidir çünkü çok az alet gerektirir ve kalıp ihtiyacı yoktur. Doğrudan şekillendirme tekniğiyle üretilen toprak yapı karışımı kerpiç karışımına benzer, ancak çok daha sert ve biraz daha yüksek saman içeriğine sahiptir, bu da karışımın uygulanırken formunu korumasına yardımcı olmaktadır (Rael, 2009). Karışım, elle veya mala ile şekillendirilir ve doğrudan bir temelin üzerine yerleştirilir (Şekil 32).

Şekil 32. Doğrudan şekillendirme tekniğiyle yapı üretimi (URL-36)

Doğrudan şekillendirme tekniğiyle üretim diğer yapım tekniklerinden farklı olarak istenilen şekle girebilme kapasitesine sahip olduğu için çeşitli formlar oluşturmaya imkân vermektedir (Minke, 2012).

Doğrudan şekillendirme tekniğiyle üretim karışım oluşturma, yerleştirme ve düzenleme olmak üzere 3 adımdan oluşmaktadır.

- Karışım oluşturma

Toprak karışımının yerleştirilmeye hazır olması için, suyun ve eklenen samanın her yere eşit olarak dağılması gerekir (Saxton, 1995).

- Yerleştirme

Bir toprak yığma duvarın tabanı normalde 450 mm ila 600 mm genişliğinde bir temelden oluşur. Karışım 50-100 mm kalınlığında yatay katmanlar halinde yerleştirilir ve sıkıştırılır (Saxton, 1995).

- Düzenleme

Toprak yerleştirildiğinde kenarlar düzensiz ve gerekenden daha geniş olacaktır (Saxton, 1995). Malzeme, soyma eylemi nedeniyle deforme olmayacak kadar yeterli mukavemet kazandığında, fazla malzeme aşağı doğru kesilir (Saxton, 1995).

2.1.5.2.5. İskelet Yapılarda Islak Balçık Dolgu ile Üretim

Islak balçık binlerce yıldır ahşap iskelet strüktürdeki boşlukları doldurmak için kullanılmaktadır (Şekil 33). Avrupa, Amerika, Afrika ve Asya'da, ıslak balçık iç içe geçmiş bir ağ sistemi üzerine dolgu elemanı göreviyle uygulanmıştır (Minke, 2012). Ülkemizde hımış tekniği olarak bilinen bu tekniğe; İspanyolca'da bahareque, bajareque, bareque veya quincha; Almanca'da lehm bewurf denilmektedir (Minke, 2012).

Şekil 33. İskelet yapılarda ıslak balçık dolgu ile üretim
(Lewis, 2019)

Tropikal, subtropikal ve ılıman iklim bölgelerinde kullanılan bu tekniğin sıkıştırılmış toprak duvar ve toprak blok uygulamalarından daha eski kullanımı olduğu düşünülmektedir (Minke, 2012). İnsanoğlu, tarımsal üretime geçmediği avcılık toplayıcılıkla yaşamını sürdürdüğü dönemlerde göçebe yaşam tarzına uygun olarak bu teknikle yapı üretmiştir (Niroumand vd., 2013).

Bilinen en eski yerleşim yerlerinden olan Jericho ve Çatalhöyük'te bu teknikte inşa edilen yapıların kerpiç ya da sıkıştırılmış toprak duvar tekniğine göre daha kalıcı olduğu görülmüştür (Niroumand vd., 2013).

İskelet yapılarda ıslak balçık dolgu ile üretimde ilk aşamada taşıyıcı kısım için ahşap elemanlarla çerçeve oluşturulur (Niroumand vd., 2013). Toprak karışımı liflerle (saman, saman, kenevir vb.) homojen bir şekilde (kerpiç karışımına benzer) oluşturulur (URL-36). Aderansı sağlamak için ana taşıyıcı dikmelerin arasına eklenen ahşap çıtalar üzerine karışım yerleştirilir (URL-36). Karışımı yerleştirme işlemi püskürtme aletleriyle daha kolay şekilde gerçekleştirilmektedir (Minke, 2012). Yerleştirme işleminden sonra daha pürüzsüz bir yüzey elde etmek için kireç badana kullanılmaktadır (Şekil 34) (Niroumand vd., 2013).

Şekil 34. İskelet yapılarda ıslak balçık dolgu ile üretim aşamaları (URL-36)

2.1.6. Toprak Mimarisinde Enerji

Enerji insanlığın en temel ihtiyaçlarından birisidir. Dünyada ihtiyaç duyulan enerji kömür, petrol, doğal gaz gibi yenilenemeyen enerji kaynakları ile rüzgâr, güneş enerjisi, su gücü, biyokütle enerjisi, deniz dalgalarının gücü ve jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmaktadır (Ürün ve Soyu, 2016). Yapılar yaşamları boyunca bu çeşitli enerji kaynaklarını kullanmakta, insan ve tüm canlı türlerinin yaşamı için gerekli olan suya, havaya ve toprağa olumsuz etkilerde bulunarak ekosistem içindeki doğal döngüyü geri dönüşü olmayacak biçimde etkilemekte ve çevreye zarar vermektedir (Koç vd., 2022).

Yapıyı oluşturan malzeme ve bileşenlerin yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan, enerji korunumuna katkıda bulunan, çevreye duyarlı ve az bakım-onarım gerektiren malzemelerden seçilmesi doğal kaynakların korunumunu sağlayarak kaynakların kullanımını azaltacaktır (Dikmen, 2011). Yapı malzemelerinin enerjiyi koruması ancak doğal kaynakları en az tüketmesine ve enerjiyi en az düzeyde harcamasına bağlıdır. Bu tip malzemelerin yapıda kullanılması enerji verimliliğini arttıracaktır (Çiğan ve Yamaçlı, 2020). Toprak malzemenin mimaride kullanımı düşük çevresel etkileri nedeniyle enerjinin korunumu için uygun bir tercih olacaktır.

2.1.7. Toprak Mimarisinde Enerji Korunumu

Günümüz çevre sorunlarının oluşmasında yapı sektörünün etkisi oldukça büyüktür. Küresel iklim değişikliği, aşırı enerji/kaynak tüketimi ve sürdürülebilir kalkınma, yapı sektörünü önemli ölçüde ilgilendiren hususlardır (Schroeder, 2012).

Dünyada ve ülkemizde yenilenemeyen enerji kaynakları hızla tükenmektedir. Yapı sektörü dünya genelinde bu sınırlı kaynakları tüketmede önemli ölçüde sorumludur. Yapılaşma faaliyetleri kullanılan enerjinin %40'ını tüketmektedir (Engin, 2012). Enerjinin bu denli yoğun kullanıldığı yapı sektöründe enerjinin kullanımı da önem arz etmektedir.

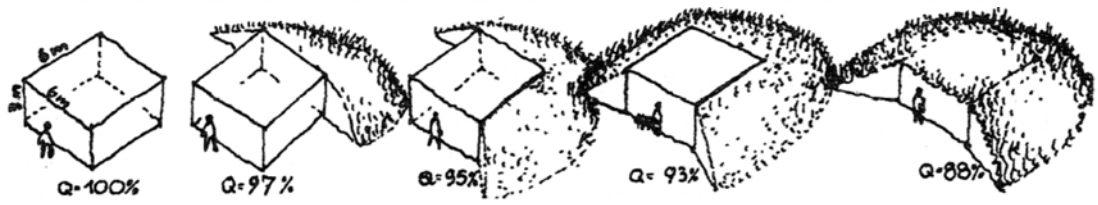
Binalarda çeşitli aşamalarda enerji kullanılmaktadır. Binalarda enerji; binanın kullanım ömrü boyunca bakımı/hizmeti için gerekli olan enerji ve kullanılan malzemelerin gömülü enerjisi olmak üzere 2 ana başlıkta incelenmektedir (Reddy, 2009).

Kullanım enerjisi binaların yaşam döngüsü boyunca kullanılan tüm enerjileri kapsar. Bunlar yapıların ısıtma ve soğutma, aydınlatma ve cihazlar, havalandırma ve klima gibi işletme süreçleri ile konfor koşullarının ve günlük bakımının sürdürülmesi gibi enerji yoğun eylemler olarak tanımlanmaktadır (Koç vd., 2022; akt. Ramesh, Prakash ve Shukla, 2010: 1594). Gömülü enerji ise, bir malzemenin tüm ömrü boyunca kaynak çıkarma, nakliye, proje oluşturma, bakım, yıkım ve geri dönüşüm süreçlerinde harcanan enerjidir.

Enerji korunumu, binanın enerji ihtiyacını en aza indirme çalışmalarını içermektedir (Altın ve Orhon, 2016). Enerji korunumu, iklime uyumlu çevresel verileri kullanmaya yönelik ölçütlerden; enerji kazancını artırmaya yönelik alt sistem doğal enerji kaynaklarının tasarımlarda pasif, aktif ve karma kullanımına bağlı ölçütlerden oluşmaktadır. Bu anlamda enerji korunumu sağlayan sistem, aynı zamanda enerji kazancını artırmak amaçlı sistemin ön koşulunu oluşturmaktadır (Özüer, 2012).

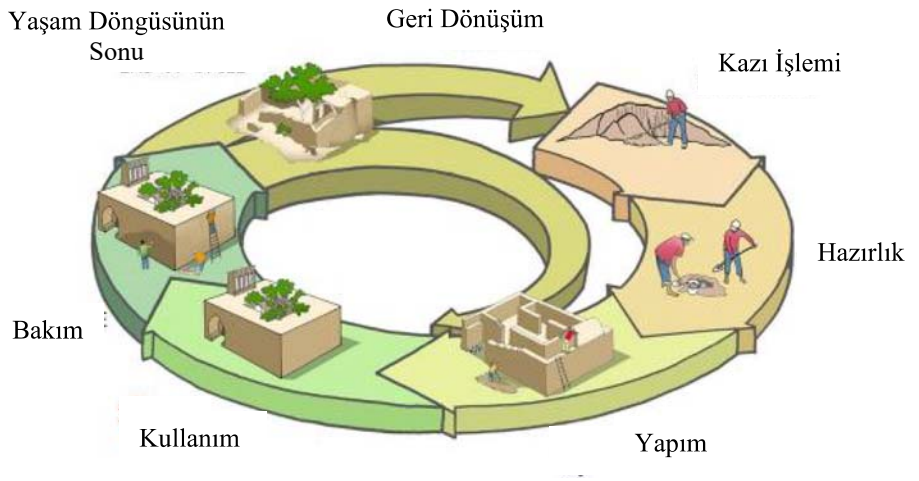
Yapı kabuğunu oluşturan malzemelerin enerji korunumu sağlayanlardan seçilmesi, kullanım aşamasında binanın enerji tüketimini ve ekonomik harcamaları azaltmaya yardımcı olmaktadır (Çağlar, 2021). Toprağın enerji korunumuna sunduğu katkılar yapı malzemesi olarak tercih edilmesinin başlıca nedeni olmuştur. Toprağın düşük karbon emisyonları içermesi, sınırlı kaynakların verimli kullanımına olan katkısı, kirliliğin en aza indirilmesi, israfın en aza indirilmesi, yerel tedarik imkânı sunması ve kolayca geri dönüştürülebilmesi enerji korunumuna katkıda bulunur. Günümüzde inşaat endüstrisi emisyonlar, kirlilik ve atık üretimiyle önemli bir karbon kaynağı olarak kabul edilmektedir. Yapı sektörünün çevreye olumsuz etkilerinin azaltılmasında toprak malzeme önemli bir rol üstlenmektedir (Little ve Morton, 2001).

Toprak ısıyı depolar ve yapıda pasif enerji kaynağı olarak kullanabilir. Yapı içerisinde duvarda çatıda ya da ısı pompası olarak kullanılan toprak kullanıcılar için sağlıklı mekanlar oluşturmanın yanında yapı enerji kullanım maliyetlerini de düşürecektir. Toprağın binada çeşitli kullanımlarının yanında bina toprak altına gömülerek enerji etkin tasarımlar oluşturulabilmektedir. Yapı toprakla örtüldükçe enerji kaybında da azalma görülmektedir (Şekil 35).



Şekil 35. Toprak ile örtülen binanın farklı aşamalardaki ısı kayıpları (Tönük, 2001)

Toprak malzeme enerjiyi daha az kullanan, çevreyi daha az etkileyen ve geri dönüşüme imkân veren yaşam döngüsüne sahiptir (Moriset vd., 2021) (Şekil 36).



Şekil 36. Toprak yapının yaşam döngüsü (Moriset vd., 2021)

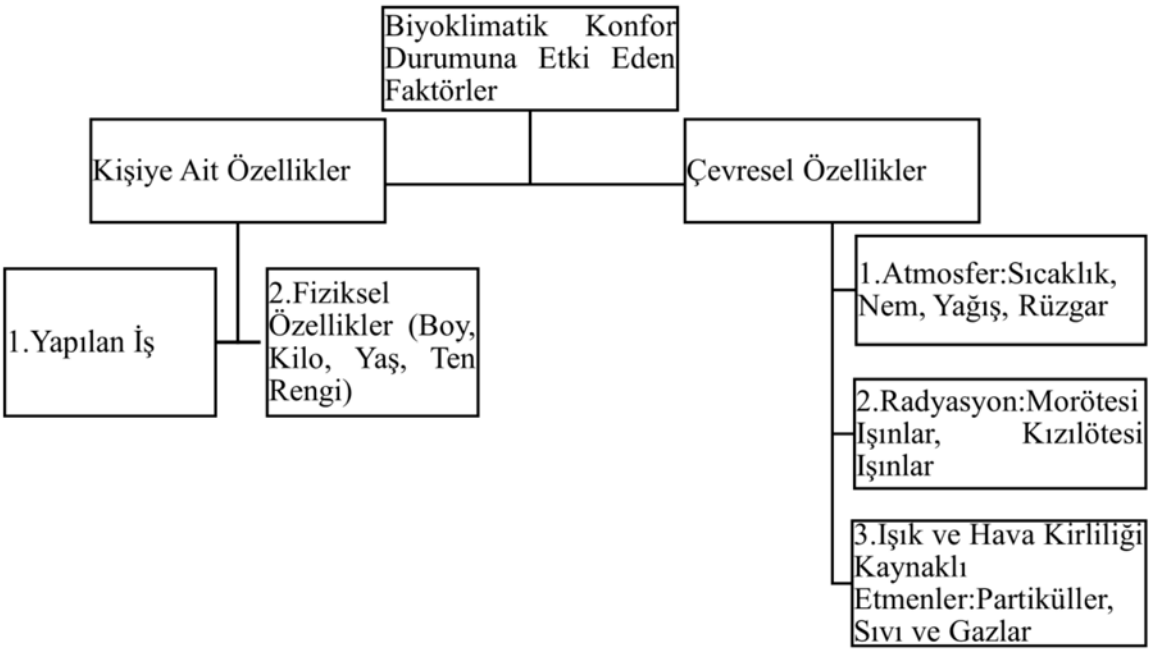
Toprak malzeme düşük gömülü enerji değerlerine sahiptir. Toprak malzeme yerel kaynaklarla üretilebilir ve kullanım sonrası geri dönüştürmek kolaydır. Toprak malzemenin kullanımı ile, günümüzdeki inşaatların kaba yapısında kullanılan demir, çimento ve tuğla gibi üretim ve inşa aşamasında çok enerji tüketen malzemelerin kullanımından tasarruf sağlanabilecektir (Acun Özgünler ve Gürdal, 2012).

Toprak malzeme üretim esnasında ve sonrasında en az atık üreten malzemelerden birisi olduğu için doğal ortamları korur. Toprak yapılar iç mekân iklimini iyileştirmeleri nedeniyle insan konforuna uygun ortamlar oluşturur. Toprak malzeme, üretim ve inşaat sırasında önemli bir sağlık tehlikesi oluşturmaz. Binalarda kullanıldığında, nemi düzenleyerek iyi bir iç hava kalitesi sağlayabilirler. Buna karşılık, yaygın olarak kullanılan birçok malzeme, düşük düzeyde de olsa üretim ve kullanım sırasında toksik emisyonlar ve tozlar yoluyla sağlığı tehdit edebilir (Little ve Morton, 2001).

Biyoklimatoloji canlılar ile iklim arasındaki ilişkiyi inceleyen bilim dalıdır (Çalışkan ve Türkoğlu, 2011). Bireyin en az ölçüde enerji harcayarak çevreye uyum sağlayabildiği koşullar biyoklimatik konfor koşulları olarak tanımlanmaktadır. Biyoklimatik konfor durumu bulunulan mekândan memnuniyet durumunu da ifade edebilir. İnsanların bu tür bir konfordan yoksun olması durumunda refah düzeyinde azalma, sağlık sorunları (yorgunluk, halsizlik, bazı kronik hastalıklardan olumsuz etkilenme), enerji kullanımında artış, iş veriminde azalma gibi birçok sosyal, ekonomik ve fiziksel olumsuzluklar gözlenmektedir (Toy ve Çağlak, 2018).

Bir mekânda biyoklimatik konfor durumunun belirlenebilmesi için sıcaklık, bağıl nem, radyasyon ve rüzgâr durumunun saptanması ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu temel faktörlerin yanında sıcak günlerin sayısı, yağış durumu, hava olaylarına bağlı oluşan hastalık ve zararlılar ile hava kirliliği ve atmosferdeki oksijen miktarı da insan konforunu etkilemektedir. Bu etkenlerin hepsi dikkate alınarak biyoklimatik konfor durumu belirlenebilir (Topay ve Yılmaz, 2004).

Yapılı çevre tasarımında biyoklimatik konfor durumu kentsel planlamadan malzeme seçimine değin dikkat edilmesi gereken bir konudur. Biyoklimatik konfor koşullarının bina içinde ve çevresinde optimum düzeyde sağlanması gereklidir. Biyoklimatik konfor üzerinde etkili olan faktörler insanın kendine ait özellikler ve çevresel özellikler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Şekil 37). İnsanlara ait özellikler, yapılan işe, fiziksel özelliklere (boy, kilo, yaş, ten rengi vb.), yaşanılan bölgeye alışık olma durumu gibi birçok etkene bağlıdır. Çevresel özellikler ise atmosferin kendine ait özellikleri (sıcaklık, yağış, nem ve rüzgâr), radyasyon kaynaklı özellikler (mor ve kızıl ötesi ışınlar), ışık ve hava kirliliği kaynaklı etmenler (partiküller, sıvı ve gazlar)' dır (Toy ve Yılmaz, 2009).



Şekil 37. Biyoklimatik konfor durumuna etki eden faktörler (Toy ve Yılmaz, 2009)

Biyoklimatik konfor koşullarına etki eden faktörlerin insan fizyolojisine uygun düzeyde sağlandığı durumda mekanlarda konfor durumunun varlığından söz edilebilir.

Optimum sıcaklık, nem ve hava hareketlerinin insanların yaptıkları iş ve fiziksel özelliklerine göre uygun olduğu mekanlarda biyoklimatik konfor durumu sağlanabilir. Mekân için bu optimum değerler sağlanmazsa hem kişiler açısından olumsuz sonuçlar oluşturacak hem de fazladan ısıtma soğutma yükü gerektirecektir.

Bina tasarımında yapısal stabilite, yangın dayanımı gibi konulara önem verilirken, sağlıklı ve konforlu ortamlar oluşturmaya yönelik düzenlemeler daha geri planda kalmaktadır. Binalar daha iyi yalıtıldığında iç mekânda hava değişim oranları azalmakta ve bu durum kullanıcılarda sağlık ve konfor sorunları meydana getirmektedir (Escobar, 2013).

Grandjean (1972) ve Becker (1986) tarafından gerçekleştirilen araştırmada, uzun bir periyotta %40' tan az nem bulunan ortamda bulunulduğunda mukoza zarı kuruyabilir, soğuk algınlığı ve ilgili hastalıklara karşı direnç azalabilir (Minke,2012). Bunun yanında %70'e kadar olan nemin pek çok pozitif etkisi bulunmaktadır. Gözenekli malzemeler havadaki nemi emer ve böylece iç mekânda nem dengesinin sağlanmasına yardımcı olur (Minke, 2012). Toprağın nem emme kapasitesi diğer yapı malzemelerine göre daha yüksektir. Betonun nem emme kapasitesi 30 g/m2 iken toprak bloklarda bu oran 130 g/m2'dir (Röhlen ve Ziegert, 2011). Bu durum toprağın iç mekân nem değişimlerini düzenleyebileceği ve optimum düzeyde iyileştirebileceği anlamına gelmektedir. Toprağın içeriğinde bulunan kil mineralinin higroskopik (nem çeker) özelliği sayesinde dış hava koşulları ve iç faaliyetlerde meydana gelen değişimlerde nemi emer ve salıverir. Nem çeken malzemenin ısı depolama kapasitesi de artabilir (Golden, 2018). Toprak yapılar dış sıcaklık dalgalanmalarına karşı tampon görevi görür; toprağın yapısı ısıyı emme, depolama ve yayma kapasitesiyle iç ortam konfor koşullarını iyileştirir. Toprak duvarlar mekanları yazın serin, kışın sıcak tutar (Golden, 2018).

2.1.8. Pişmemiş Toprak Duvar ve Enerji Korunumu

Duvarlar, iç ve dış çevreyi birbirinden ayırması sebebiyle enerji korunumunda en etkin pasif sistem öğeleridir (Yeşildal, 2002). Duvarların enerji korunumunun gerçekleştirilmesinde malzeme seçimi önem taşımaktadır. Pişmemiş toprak ısı kapasitesi, ısı iletkenlik katsayısı, ısı geçirgenlik katsayısı, gömülü enerji değerleriyle duvar üretiminde uygun bir tercih olacaktır.

Isı Kapasitesi

Bir malzemenin ısı kapasitesi çevresel etkilere karşı ısıyı depolama niteliğidir (Morton, 2008). Özgül ısı kapasitesinin birimi J/kgK'dir (Aydın,2011). Güneş doğrudan binanın içini ısıttığında, yüksek ısı kapasitesine sahip pişmemiş toprak malzeme sayesinde ısı depolanır ve yapının enerji korunumu artmaktadır (Tablo 8) (Escobar, 2013). Bununla birlikte, saman bloklarında kullanılan çimento ve toprak sıvalar, duvar kabuğunda etkin bir yalıtım oluşturur (Downton, 2022). İskelet yapılarda ıslak balçık dolgu ile üretilen duvar diğer toprak yapım sistemleriyle kıyaslandığında daha düşük özgül ısı değeri iskelet yapılarda ıslak balçık dolgu sisteminin termal yalıtım özelliği daha zayıf olduğunu göstermektedir.

Tablo 8. Pişmemiş toprak malzeme ve diğer yapı malzemelerinin özgül ısı kapasitesi

Malzeme	Özgül Isı Kapasitesi (J/kgK)
Sıkıştırma tekniği ile üretilen toprak duvar	1500 (Escobar, 2013)
Toprak blok	1054 (Touré vd., 2017)
Büyük blok	1540 (Tlaiji vd., 2022)
Islak balçık ile doğrudan şekillendirme	1250 (Schroeder, 2016)
İskelet yapılarda ıslak balçık dolgu ile üretim	969 (Türkmenoğlu Bayraktar ve Kishalı, 2013; akt. Martin vd., 2010)
Betonarme	1000 (Escobar, 2013)
Çelik	450 (Escobar, 2013)
Ahşap	1600 (Escobar, 2013)

Isı İletkenlik Katsayısı

Isı iletkenlik katsayısı bir malzemenin birbirine paralel iki yüzeyinin sıcaklıkları arasındaki fark 1 ºC olduğunda, yüzeyin birim alanından (1 m²) ve bu alana dik yöndeki birim kalınlıktan (1 m), 1 saatte geçen ısı miktarıdır (Aydın,2011). Bir malzemenin ısı iletkenlik kat sayısı (λ) termal iletkenliği (W/mK) ile tanımlanmaktadır (Escobar, 2013). Isı iletim katsayısı yükseldikçe malzemenin ısı yalıtım özelliği azalır. Düşük termal iletkenliğe sahip malzeme seçimi yapılarda enerji kaybını azaltmaktadır (Pehlivanlı, 2009). Pişmemiş

toprak duvarlar düşük ısı iletkenlik katsayısı sayesinde önemli ölçüde enerji korunumu sağlayacaktır (Tablo 9).

Tablo 9. Pişmemiş toprak malzeme ve diğer yapı malzemelerinin ısı iletkenlik katsayıları

Malzeme	Isı İletkenlik Katsayısı (W/mK -λ)
Sıkıştırma tekniği ile üretilen toprak duvar	1.10 (Escobar, 2013)
Toprak blok	0.25 (Riza, 2017)
Büyük blok	0.049 (Goodhew and Griffiths, 2005; akt. Goodhew vd, 2010).
Islak balçık ile doğrudan şekillendirme	0.66 (Schroeder, 2016)
İskelet yapılarda ıslak balçık dolgu ile üretim	0.60 (Giada vd., 2019).
Betonarme	2.30 (Escobar, 2013)
Çelik	7.800 (Escobar, 2013)
Ahşap	0.13 (Escobar, 2013)

Isı Geçirgenlik Katsayısı

Isı geçirgenlik katsayısı (U-değeri) yapısı ve kalınlığı belirli olan bir yapı bileşeninin iki tarafındaki hava sıcaklığı farkı 1 ºC iken, 1 m2'sinden dik yönde 1 saatte geçen ısı miktarıdır (Çölhan, 2001). Isı geçirgenlik katsayısı malzemelerin ısıl iletkenlik hesap değerine(λ) ve ısı geçiş yönündeki kalınlığına (d) bağlıdır (U= λ/d) (Öcal, 2016). Yapı elemanının sahip olduğu ısı geçirgenlik katsayı (U-W/m^2K) değeri ne kadar düşük olursa o kadar iyi ısı korunumu sağlanmış olur (Maçka, 2008). TSE 825'e göre Türkiye'de duvar için gerekli olan U değerleri 0,4-0,7 W/m^2K'dir (Schimschar vd., 2023). Hall ve Allison çalışmasında 5 cm yalıtım katmanı bulunan 40 cm kalınlığındaki stabilize sıkıştırılmış toprak duvarın U değerini 0,344 W/m^2K bulmuştur (Hall ve Allison, 2009). U-değeri duvarı oluşturan katmanların kalınlığı ve ısı iletkenlik değerine göre değiştiği için bu kapsamda yapılan çalışmaya ulaşılamamıştır.

Gömülü Enerji

Pişmemiş toprak malzeme diğer yapı malzemeleriyle kıyaslandığında üretim esnasında ısı gerektirmemesi, yerel iş gücü kullanımı, daha az ulaşım maliyetleri, kullanım aşamasında termal davranışı ve yıkım aşamasında minimum atık oluşturması nedeniyle daha

düşük gömülü enerjiye sahiptir (Cruz, 2010). Yaşam döngüsü boyunca düşük gömülü enerjiye sahip olması pişmemiş toprak malzemenin enerji korunum niteliğini arttırmaktadır.

2.2. Analiz Çalışması

Tez çalışmasında toprağın duvar üretiminde kullanıldığı çağdaş yapılar incelenmiş ve bu yapılar enerji korunumu üzerinden analiz edilmiştir. Analiz çalışması 3 aşamadan oluşmuştur. İlk aşamada toprağın duvar üretiminde kullanıldığı yapılar literatürden taranmıştır. İkinci aşamada örnek yapılar için seçim kriterleri oluşturulmuştur. Üçüncü aşamada analiz tablosu oluşturulup enerji korunumuna yönelik ölçütlerin yapıda varlığı incelenmiştir.

2.2.1. Örnek Yapıların Seçim Kriterleri

Tez çalışmasına konu olan toprak mimarinin çağdaş örnek yapıları (Tablo 10):

- Kitaplar, tezler, dergiler, bildiri, makale ve çeşitli internet sitelerinden seçilmiştir.
- Yapıların seçiminde pişmemiş toprağın duvar yapı malzemesi olarak kullanımının yanında yapıda enerji korunumuna dair kaygıların varlığı da dikkate alınmıştır.
- Çeşitli ölçek, işlev, büyüklükteki yapılar seçilmiştir.
- Farklı iklim tipi ve coğrafyada olmasına dikkat edilmiştir.
- 2007-2022 yılları arasındaki 30 yapı enerji korunumu üzerinden incelenmiştir.

Tablo 10. Analiz edilen 23 örnek (URL-37, 40, 43, 45, 48, 50, 54, 55, 57, 59, 61, 63, 65, 67, 70, 72, 74, 76, 77, 79, 81, 84, 86, 88, 90, 92, 94, 96, 98, 101)

1.Tucson Dağ Evi	2.Ricola Bitki Merkezi
Sıkıştırma Tekniği ile Üretim	Sıkıştırma Tekniği ile Üretim

Tablo 10'un devamı

3.Oaxaca Sanat Okulu Sıkıştırma Tekniği ile Üretim	4.345 Telanor Kampüsü Sıkıştırma Tekniği ile Üretim
5.Binicilik Merkezi Sıkıştırma Tekniği ile Üretim	6. Bushey Mezarlığı Sıkıştırma Tekniği ile Üretim
7. Port Phillip Satış Birimi Sıkıştırma Tekniği ile Üretim	8. Casa Bellana Sanat Merkezi Sıkıştırma Tekniği ile Üretim
9. Bamyan Şehir Hastanesi Sıkıştırma Tekniği ile Üretim	10. J2 Rezidans Sıkıştırma Tekniği ile Üretim

Tablo 10'un devamı

11. Zhengzhou Jianye Futbol Kasabası Turist Merkezi	12. Cunha Evi
Sıkıştırma Tekniği ile Üretim	Sıkıştırma Tekniği ile Üretim
13. Ulaman Tatil Köyü	14. Yeşil Okul
Sıkıştırma Tekniği ile Üretim	Sıkıştırma Tekniği ile Üretim
15.Dahei Köyü Halk Salonu	16.Bayalpata Hastanesi
Sıkıştırma Tekniği ile Üretim	Sıkıştırma Tekniği ile Üretim
17.Rammed Earth Yoga Stüdyosu	18. Hawk Evi
Sıkıştırma Tekniği ile Üretim	Sıkıştırma Tekniği ile Üretim

Tablo 10'un devamı

19.Tapial Evi Sıkıştırma Tekniği ile Üretim	20.Biosınıf Toprak Blok ile Üretim
21. Toprak Mimarlığı Merkezi Toprak Blok ile Üretim	22. MUD Kafeterya Toprak Blok ile Üretim
23. Bangre Veenem Ortaokulu Toprak Blok ile Üretim	24.HIKMA Dini Kompleksi Toprak Blok ile Üretim
25. Muyinga Kütüphanesi Toprak Blok ile Üretim	26.Sakurajima Evi Toprak Blok ile Üretim

Tablo 10'un devamı

27. Dandaji Marketi	28. SCL Hasır Balya Evi
Toprak Blok ile Üretim	Büyük Bloklar ve Prefabrike Paneller ile Üretim
29. Humanscapes Habitat Kentsel Yaşam Birimi	30. METI Okulu
Islak Balçık ile Doğrudan Şekillendirme	Islak Balçık ile Doğrudan Şekillendirme

2.2.2. Analiz Tablolarının Oluşturulması

Yapı analiz tabloları literatürde yer alan yapılara dair bilgilerle oluşturulmuştur. Toprağın duvar elemanı üretiminde kullanıldığı yapıların enerji korunumu üzerinden analiz edildiği tablo 3 ana bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler,

- Yapının künyesi
- Görseller/ Teknik-şematik çizimler
- Enerji korunumuna yönelik ölçütlerin yapıda kullanılmasıdır.

Yapının künyesi bölümünde

- Yapının adı
- Yapım yılı
- Yapım yeri
- Mimarı
- İklim

Görseller/ teknik-şematik çizimler bölümünde

- Genel görünüm
- Zemin kat planı
- Kesit
- Görünüş

Enerji korunumu ve toprak duvar bölümünde

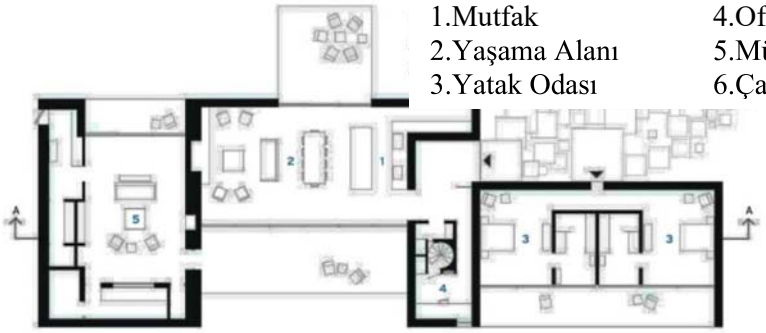
- Kat sayısı
- Üretim tekniği
- Malzeme
- Kalınlık
- Boy
- Yükseklik
- Toprak duvar-döşeme ilişkisi
- Toprak duvar-yapı ilişkisi
- Enerji korunumu başlıkları yer almaktadır.

2.2.3. Duvar Elemanı Üretiminde Pişmemiş Toprak Kullanılan Çağdaş Yapı Örnekleri

Tablo 11. Tucson Dağ Evi (URL-37)

YAPININ KÜNYESİ	
Yapının Adı	Tucson Dağ Evi
Yapım Yılı	2012
Yapım Yeri	ABD-Tucson
Mimarı	DUST
İklim	Yapının bulunduğu Tucson şehrinde kurak iklim hakimdir. Tucson yıl boyunca çok az yağış almaktadır. Yıllık ortalama sıcaklığı 21,7 °C yıllık ortalama yağış miktarı 259 mm'dir (URL-38).
GÖRSELLER/ TEKNİK-ŞEMATİK ÇİZİMLER	

Genel görünüm (URL-37)



Zemin Kat Planı (URL-39)

Kesit (URL-39)

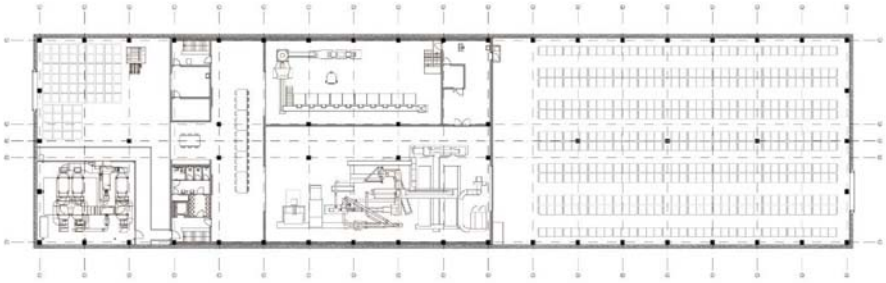
Tablo 11'in devamı

ENERJİ KORUNUMU VE TOPRAK DUVAR	
Kat Sayısı	Yapı tek katlıdır.
Üretim Tekniği	Sıkıştırma Tekniği ile Üretim (Rammed Earth)
Malzeme	Yapı malzemesi olarak kullanılan toprak yakın çevreden temin edilmiştir. Toprak kurak iklimde gerekli termal kütleyi oluştururken çevreye de herhangi bir zarar vermemektedir.
Kalınlık	Bölücü duvarlar 45, taşıyıcı duvarlar 90 cm kalınlığındadır.
Boy	Duvar boyu en az 2,5 en çok 13,5 metredir.
Yükseklik	Duvar yüksekliği en az 4,2 en çok 5 metredir.
Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi	Toprak duvar betonarme döşeme ile birleşmiştir.
Toprak Duvar-Yapı İlişkisi	Evin planı yaşam, uyku ve müzik stüdyosu olmak üzere üç ayrı ve izole bölgeye sıkıştırılmış toprak duvarlarla ayrılmış ve yalıtılmıştır.
Enerji Korunumu	Duvarlarla oluşturulan girinti-çıkıntılarla yüzey alanı arttırılan yapının toprak duvarları ısı ve ses yalıtımına katkı sağlamaktadır. Farklı kotlara oturan toprak duvarlarla zorlu iklim koşullarına karşın topografyadan yararlanılmış ve yapı çevresel etkilerden korunmuştur.

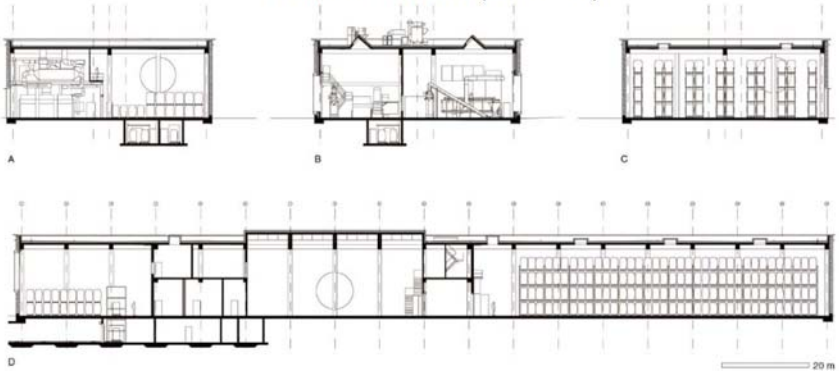
Tablo 12. Ricola Bitki Merkezi (URL-40,41)

YAPININ KÜNYESİ	
Yapının Adı	Ricola Bitki Merkezi (Ricola Kräuterzentrum)
Yapım Yılı	2014
Yapım Yeri	İsviçre-Laufen
Mimarı	Herzog ve De Meuron
İklim	Basel şehri kışları ılıman nemli orta enlem iklim bölgesinde bulunur. En kurak aylarda bile yağış miktarı oldukça fazladır. Yıllık ortalama sıcaklığı 10,5 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 1274 mm'dir (URL-42).
GÖRSELLER/ TEKNİK-ŞEMATİK ÇİZİMLER	

Genel görünüm (URL-40)

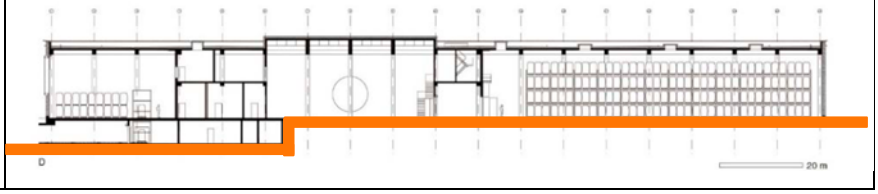


Zemin Kat Planı (URL-41)



Kesitler (URL-41)

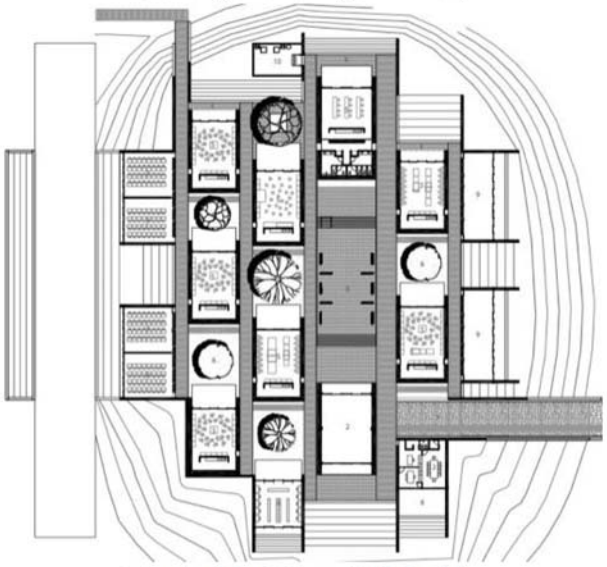
Tablo 12'nin devamı

ENERJİ KORUNUMU VE TOPRAK DUVAR	
Kat Sayısı	Yapı 3 katlıdır.
Üretim Tekniği	Sıkıştırma Tekniği ile Üretim (Rammed Earth)
Malzeme	Yapı betonarme strüktür üzerine topraktan sıkıştırılmış paneller ile prefabrike inşa edilmiştir. Toprak karışımına stabilizasyon için kireç ve volkanik tüf eklenmiştir.
Kalınlık	Duvar kalınlığı 45 cm'dir.
Boy	Panel boyu 4,35 metre, duvar boyu en az 36 en çok 180 metredir.
Yükseklik	Panel yüksekliği 1,35 metre;duvar hatılsız oluşturulmuştur ve yüksekliği 10,8 metredir.
Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi	Toprak duvar betonarme döşeme ile birleşmiştir.
Toprak Duvar-Yapı İlişkisi	Yapının kat planı, bitkisel şeker üretim sürecine göre şekillenmiştir.
Enerji Korunumu	Sıkıştırılmış toprak panellerin termal kütlesi ve gözenekliliği, binanın enerji davranışını iyileştirir. Toprak duvarlar, iç ortam sıcaklığındaki ani sıçramaları önler ve hava nemini düzenler, kışın sıcaklığı sabit tutarken yazın kademeli olarak ısı geçişini sağlar. 

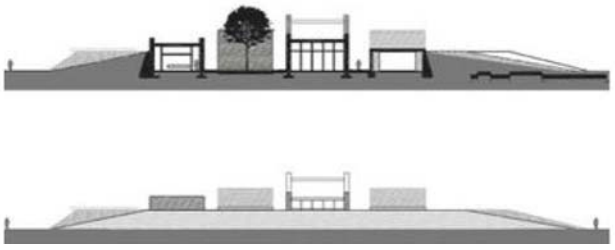
Tablo 13. Oaxaca Sanat Okulu (URL-43)

YAPININ KÜNYESİ	
Yapının Adı	Oaxaca Görsel Sanatlar Okulu
Yapım Yılı	2008
Yapım Yeri	Meksika-Oaxaca
Mimarı	Taller de Arquitectura-Mauricio Rocha
İklim	Kışları ılıman nemli orta enlem iklim bölgesinde bulunur. Oaxaca şehrinin yıllık ortalama sıcaklığı 17,2 °C yıllık ortalama yağış miktarı 798 mm'dir (URL-44).
GÖRSELLER/ TEKNİK-ŞEMATİK ÇİZİMLER	

Genel görünüm (URL-43)

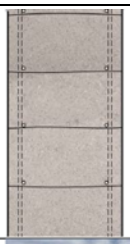
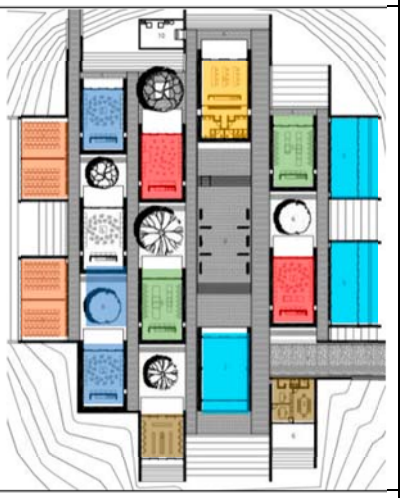


Zemin Kat Planı (URL-43)



Kesit ve Görünüş (URL-43)

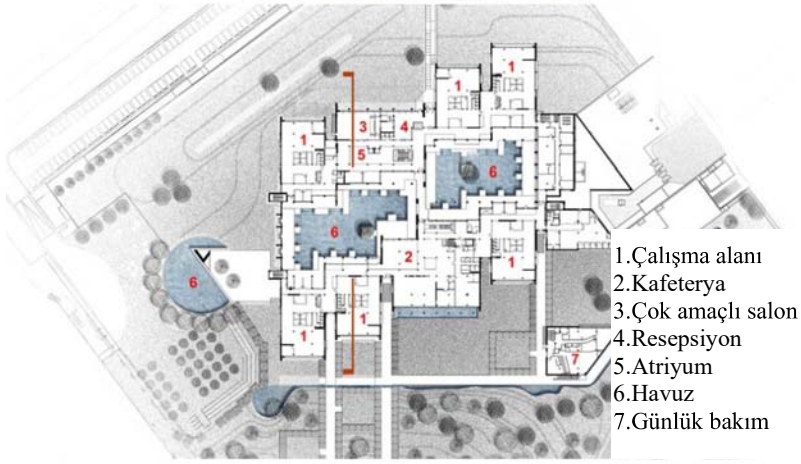
Tablo 13'ün devamı

ENERJİ KORUNUMU VE TOPRAK DUVAR	
Kat Sayısı	Yapı tek katlıdır.
Üretim Tekniği	Sıkıştırma Tekniği ile Üretim (Rammed Earth) 
Malzeme	Toprak malzeme Oaxaca şehrinin aşırı iklim koşullarına mükemmel bir mikro iklim oluşturup sınıfların akustik izolasyonunu sağlamaktadır.
Kalınlık	Duvar kalınlığı 35 ve 70 cm'dir.
Boy	Duvar boyu en az 6 en çok 25 metredir.
Yükseklik	Duvar yüksekliği 5 metredir.
Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi	Toprak duvar taşıyıcısı betonarme kaplaması seramik döşeme ile birleştirilmiştir.
Toprak Duvar-Yapı İlişkisi	Teraslarla tasarlanan sanat stüdyoları doluluk-boşluk düzeni ile kurgulanmıştır. Teraslar, dış mekânda gölgeli alanlar oluşturur. Planının orta ekseninde büyük bir ana salon ve galeri yer almaktadır. 
Enerji Korunumu	Taşıyıcı niteliği olan toprak duvarlar yangın dayanımı ve ses yalıtımı sağlamaktadır. Kuzey cephe duvarında açılan büyük pencereler, atölyeleri çapraz havalandırmaktadır. Okul arazi içine gömülmüş iklim koşullarına korunaklı hale getirilmiştir.

Tablo 14. 345 Telanor Kampüsü (URL-45,47)

YAPININ KÜNYESİ	
Yapının Adı	345 Telanor Kampüsü
Yapım Yılı	2017
Yapım Yeri	Pakistan-İslamabad
Mimarı	Arcop
İklim	Kışları ılıman nemli orta enlem iklim bölgesinde bulunur. Şehrin yıllık ortalama sıcaklığı 20,3 °C yıllık ortalama yağış miktarı 1012 mm'dir (URL-46).
GÖRSELLER/ TEKNİK-ŞEMATİK ÇİZİMLER	

Genel Görünüm (URL-45)



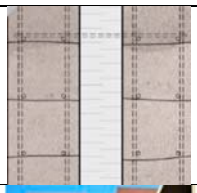
1.Çalışma alanı
2.Kafeterya
3.Çok amaçlı salon
4.Resepsiyon
5.Atriyum
6.Havuz
7.Günlük bakım

Zemin Kat Planı (URL-45)

1.Çalışma alanı
2.Kafeterya
3.Avlu
4.Atriyum
5.Çok amaçlı salon
6.Teras

Kesit (URL-45)

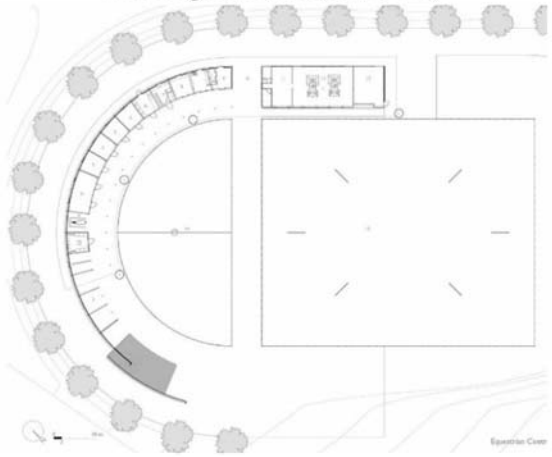
Tablo 14'ün devamı

ENERJİ KORUNUMU VE TOPRAK DUVAR	
Kat Sayısı	Yapı 3 katlıdır.
Üretim Tekniği	Sıkıştırma Tekniği ile Üretim (Rammed Earth) 
Malzeme	Duvar malzemesi strüktürel yalıtımlı sıkıştırılmış topraktır.
Kalınlık	Duvarlar 60 cm kalınlığındadır.
Boy	---
Yükseklik	Duvar yüksekliği 3 metredir.
Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi	Toprak duvar taşıyıcısı betonarme kaplaması seramik olan döşeme ile birleşmiştir.
Toprak Duvar-Yapı İlişkisi	Koridorları oluşturan toprak duvarlar, çalışma alanı ile su kütleleri arasında mekânsal bir katman oluşturur.
Enerji Korunumu	Çalışma alanında aşırı ısı birikimine neden olmaması için binalar, kuzey- güney ekseninde yönlendirilmiştir. Toprak duvarlar, ısı kazancını en aza indirmek için doğu ve batı cephesi boyunca birkaç açıklıkla hizalanmıştır. Güneydoğudan kuzeybatıya doğru sendeleyerek, çalışma alanlarında doğal havalandırma sağlayan bir rüzgâr koridoru oluşturmuştur (URL-47).

Tablo 15. Binicilik Merkezi (URL-48)

YAPININ KÜNYESİ	
Yapının Adı	Binicilik Merkez (Equestrian Buildings)
Yapım Yılı	2014
Yapım Yeri	Avustralya- Merricks
Mimarı	Seth Stein Architects, Watson Architecture+Design
İklim	Kışları ılıman nemli orta enlem iklim bölgesinde bulunur. Melbourne şehrinin yıllık ortalama sıcaklığı 14,8 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 645 mm'dir (URL-49).
GÖRSELLER/ TEKNİK-ŞEMATİK ÇİZİMLER	

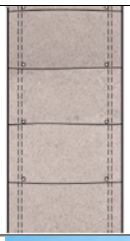
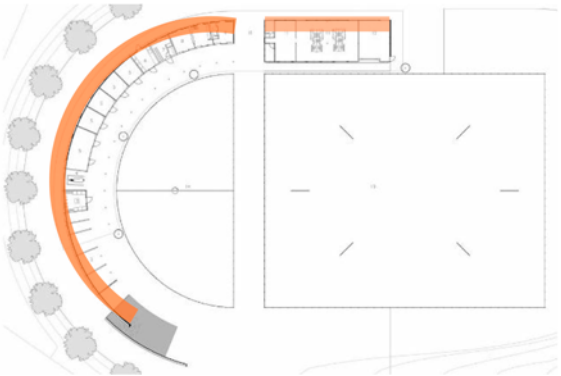
Genel görünüm (URL-48)



Zemin kat planı (URL-48)

Görünüş (URL-48)

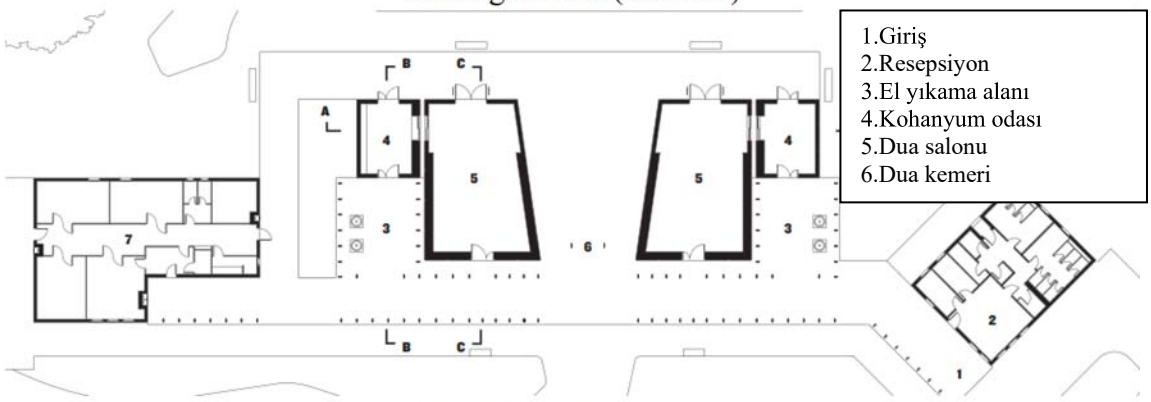
Tablo 15'in devamı

ENERJİ KORUNUMU VE TOPRAK DUVAR	
Kat Sayısı	Yapı tek katlıdır.
Üretim Tekniği	Sıkıştırma Tekniği ile Üretim (Rammed Earth) 
Malzeme	Bina ahşap çerçeve içerisine toprak duvarla inşa edilmiştir.
Kalınlık	Duvar kalınlığı 60 cm'dir.
Boy	Duvar boyu 100 metre 'dir.
Yükseklik	Toprak duvar yüksekliği 2,5 metredir.
Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi	Toprak duvar taşıyıcısı betonarme kaplaması sıkıştırılmış toprak olan döşeme ile birleşmiştir.
Toprak Duvar-Yapı İlişkisi	Bina, 6 at için kapalı ahır, yıkama, çamaşırhane, atölye ve yem deposu ile küçük bir ofis ve seyislerin konaklaması için konaklama birimi içermektedir. Toprak duvarlarla kompakt J formu oluşturulmuştur. 
Enerji Korunumu	Sıkıştırılmış toprak duvarlar binanın yalıtım özelliğini arttırmaktadır. Binanın ince J formu, doğal havalandırmaya katkıda bulunmaktadır.

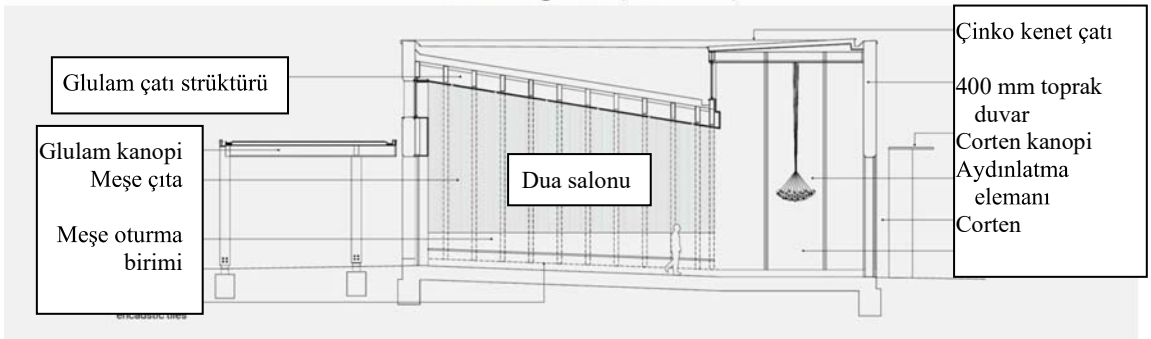
Tablo 16. Bushey Mezarlığı (URL-50,51)

YAPININ KÜNYESİ	
Yapının Adı	Bushey Mezarlığı-Bushey Cemetery
Yapım Yılı	2017
Yapım Yeri	Birleşik Krallık, Hertfordshıre
Mimarı	Waugh Thistleton Architects
İklim	Kışları ılıman nemli orta enlem iklim bölgesinde bulunur. Londra şehrinin yıllık ortalama sıcaklığı 10,8 °C yıllık ortalama yağış miktarı: 690 mm'dir (URL-52).
GÖRSELLER/ TEKNİK-ŞEMATİK ÇİZİMLER	

Genel görünüm (URL-51)

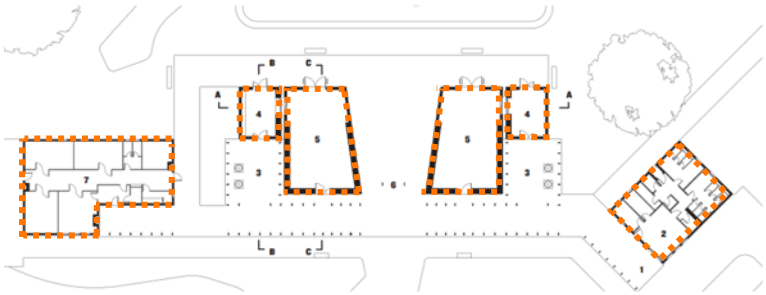


Zemin kat planı (URL-51)



Kesit (URL-53)

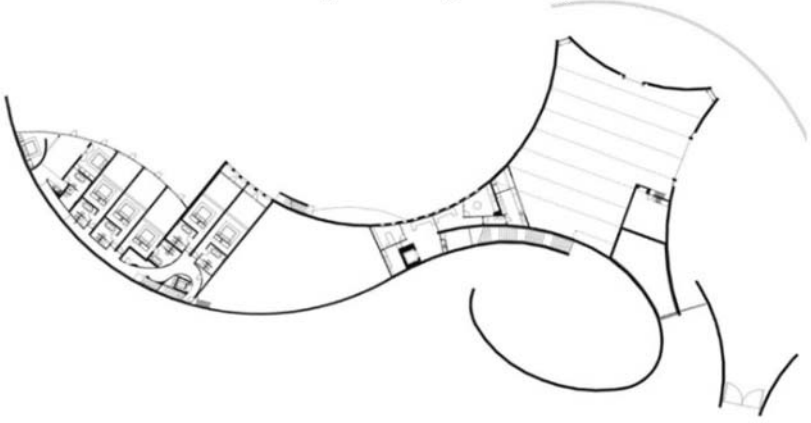
Tablo 16'nın devamı

ENERJİ KORUNUMU VE TOPRAK DUVAR	
Kat Sayısı	Yapı tek katlıdır.
Üretim Tekniği	Sıkıştırma Tekniği ile Üretim (Rammed Earth)
Malzeme	Duvarlar stabilize sıkıştırılmış toprak duvar, yalıtım katmanı ve meşe panel kaplamalarıyla oluşturulmuştur.
Kalınlık	Toprak duvarlar 80 cm kalınlığındadır.
Boy	Duvar boyuen az 1, en çok 20 metredir.
Yükseklik	Duvar yüksekliği az 3,5, en çok 6,5 metredir.
Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi	Toprak duvar taşıyıcısı betonarme kaplaması seramik döşeme ile birleşmiştir.
Toprak Duvar-Yapı İlişkisi	Merkezde iki dua salonu ve buna eklemlenen morg ve destek birimleri toprak duvarlarla oluşturulmuştur. 
Enerji Korunumu	Bina formu yazın gölgeleme, kışın ise ısı depolanmasına katkı sağlamaktadır. Sıkıştırılmış toprak duvar yapıda yalıtıma önemli ölçüde katkı sağlamaktadır. Az eğimli arazinin alçak bir köşesine gizlice gömülü olan ibadethaneler sürdürülebilir ve köklü bir inşaat yöntemi olan sıkıştırılmış toprak duvarlarla inşa edilmiştir.

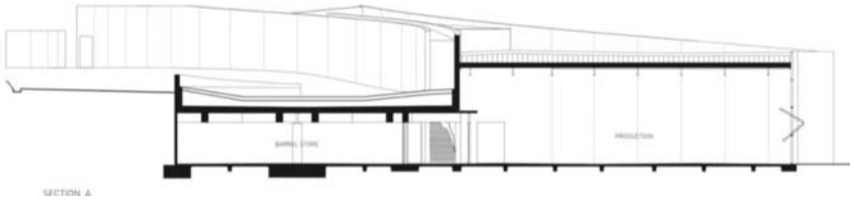
Tablo 17. Port Phillip Satış Birimi (URL-54)

YAPININ KÜNYESİ	
Yapının Adı	Port Phillip Satış Birimi-Port Phillip Estate Winery
Yapım Yılı	2009
Yapım Yeri	Avustralya/ Melbourne
Mimarı	Wood/Marsh
İklim	Kışları ılıman nemli orta enlem iklim bölgesinde bulunur. Melbourne şehrinin yıllık ortalama sıcaklığı 14,8 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 645 mm'dir (URL-49).
GÖRSELLER/ TEKNİK-ŞEMATİK ÇİZİMLER	

Genel görünüm (URL-54)

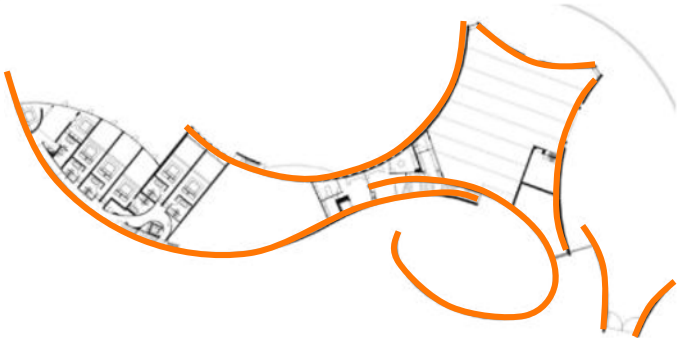


Birinci kat planı (URL-54)



AA Kesiti (URL-54)

Tablo 17'nin devamı

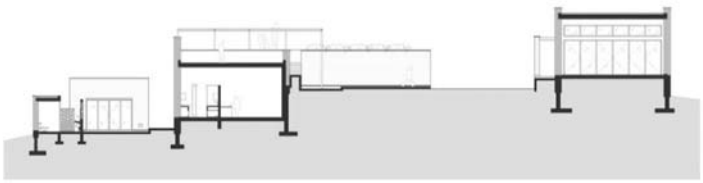
ENERJİ KORUNUMU VE TOPRAK DUVAR	
Kat Sayısı	Yapı iki katlıdır.
Üretim Tekniği	Sıkıştırma Tekniği ile Üretim (Rammed Earth)
Malzeme	Yapı genelinde sıkıştırılmış toprak duvarlar kullanılmıştır.
Kalınlık	Duvar kalınlığı 15-35 cm'dir.
Boy	Duvar boyu en az 100 metredir.
Yükseklik	Duvar yüksekliği en az 3,65 en çok 7,5 metredir.
Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi	Toprak duvarlar taşıyıcısı beton kaplaması seramik ve ahşap olan döşemelerle birleştirilmiştir.
Toprak Duvar-Yapı İlişkisi	Restoran, konaklama ve satış birimleri bir arada bulunmaktadır. Kavisli yapısı ile araziyle bütünleşmektedir. 
Enerji Korunumu	Sıkıştırılmış toprak dış duvarlar optimum yalıtım sağlar. Müze ve diğer birimler yer altındadır ve depolama için ideal nem ve sıcaklığa sahip doğal bir mahzen oluşturmaktadır. Sıcaklık dalgalanmaları kontrol edilip; mekanik ısıtma ve soğutmaya olan ihtiyacı azalmaktadır.

Tablo 18. Casa Bellana Sanat Merkezi (URL-55)

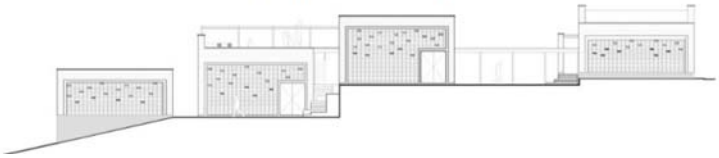
YAPININ KÜNYESİ	
Yapının Adı	Casa Bellana Sanat Merkezi
Yapım Yılı	2019
Yapım Yeri	Meksika/ San Jose Del Cabo
Mimarı	RIMA
İklim	San Jose Del Cabo şehrinde kurak iklim görülmektedir. Yıllık ortalama sıcaklığı 24,7 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 322 mm'dir (URL-56).
GÖRSELLER/ TEKNİK-ŞEMATİK ÇİZİMLER	

Genel görünüm (URL-55)

Zemin kat planı (URL-55)

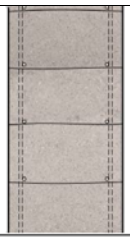
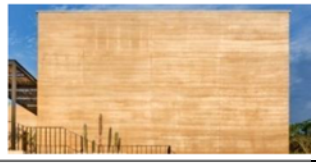
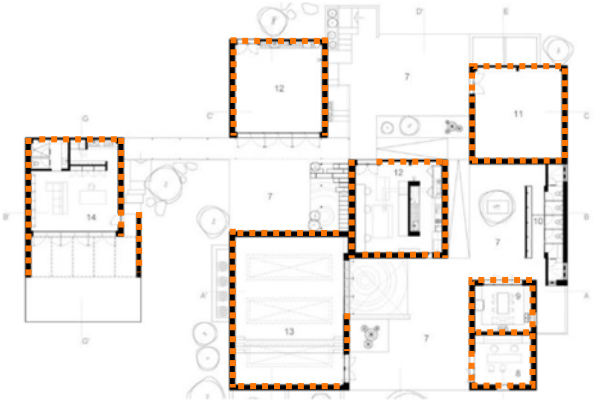
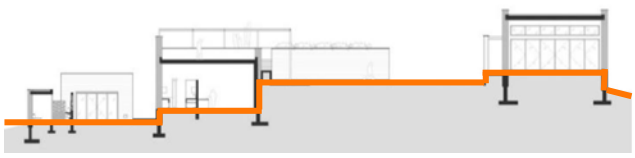


Kesit (URL-56)



Görünüş (URL-55)

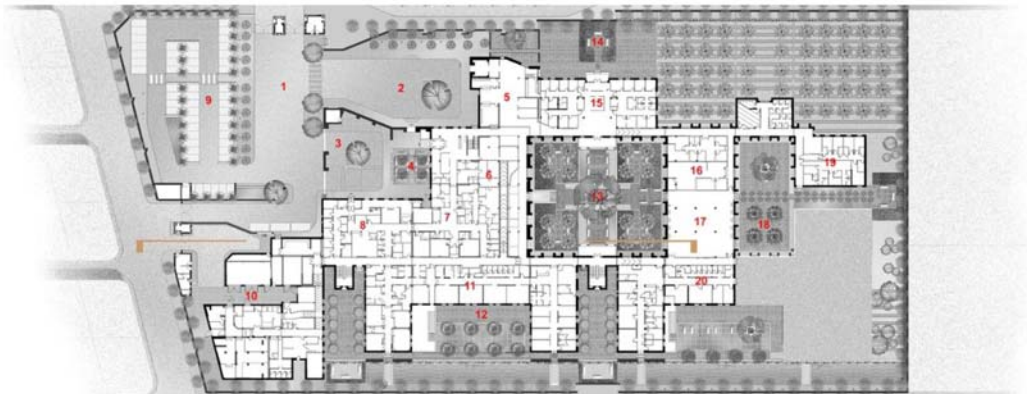
Tablo 18'in devamı

ENERJİ KORUNUMU VE TOPRAK DUVAR	
Kat Sayısı	Yapı iki katlıdır.
Üretim Tekniği	Sıkıştırma Tekniği ile Üretim (Rammed Earth) 
Malzeme	Araziden kaldırılan toprak, sıkıştırılmış toprak duvarları inşa etmek için yeniden kullanılmıştır. 
Kalınlık	Duvar kalınlığı 50 cm'dir.
Boy	Duvar boyu en az 5 en çok 15 metredir.
Yükseklik	Duvar yüksekliği 3,2 metredir.
Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi	Toprak duvarlar taşıyıcısı beton kaplaması seramik döşemelerle birleştirilmiştir.
Toprak Duvar-Yapı İlişkisi	Sanat merkezi, üç atölye, bir sergi alanı, çok amaçlı teraslar, idari alan, yemek ve oturma salonları ve depolardan oluşmaktadır. 
Enerji Korunumu	Yapıyı oluşturan sıkıştırılmış toprak duvarlar zorlu iklim koşullarında bir mikro iklim oluşturur ve atölyeleri akustik olarak izole eder. Tasarım farklı yükseklikliklerdeki kotlardan yararlanır. Dikdörtgen hacimler bu farklı kotlarla araziye gömülür. 

Tablo 19. Bamyan Şehir Hastanesi (URL-57)

YAPININ KÜNYESİ	
Yapının Adı	Bamyan Şehir Hastanesi-Bamyan Provincial Hospital
Yapım Yılı	2017
Yapım Yeri	Afganistan/Bamyan
Mimarı	ARCOP
İklim	Kışları soğuk nemli orta enlem (karasal) iklim bölgesindedir. Yıllık ortalama sıcaklığı 4,1 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 371 mm'dir (URL-58).
GÖRSELLER/ TEKNİK-ŞEMATİK ÇİZİMLER	

Genel görünüm (URL-57)

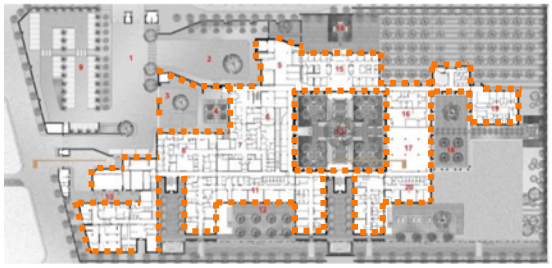


1.Giriş alanı	6.Klinik laboratuvarı	11.Kadın doğum polikliniği	16.Yönetici ofisi
2.Avlu	7.Tanısal görüntüleme	12.Kadın doğum avlusu	17.Yeme alanı
3.Acil girişi	8.Acil	13.Avlu	18.Avlu
4.Hasta avlusu	9.Araç park alanı	14.Kuzey avlusu	19.Enfeksiyonoloji
5.Ana giriş	10.Servis avlusu	15.Hasta bölümü	20.Çocuk hastalıkları

Zemin kat planı (URL-57)

Kesit (URL-57)

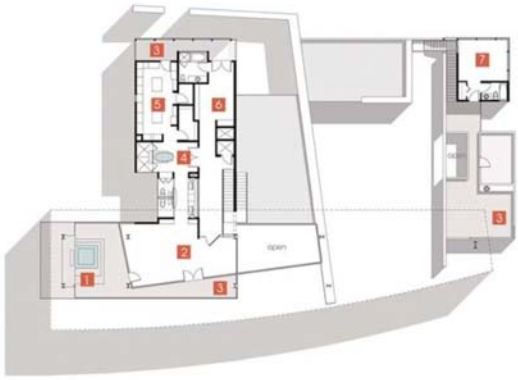
Tablo 19'un devamı

ENERJİ KORUNUMU VE TOPRAK DUVAR	
Kat Sayısı	Yapı iki katlıdır.
Üretim Tekniği	Sıkıştırma Tekniği ile Üretim (Rammed Earth)
Malzeme	Sıkıştırma tekniği ile üretilmiş toprak duvarlar kullanılmıştır.
Kalınlık	Toprak duvar kalınlığı 45 cm'dir.
Boy	Duvar boyu en az 4 en çok 21 metredir.
Yükseklik	Duvar yüksekliği 3,5 metredir.
Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi	Toprak duvarlar taşıyıcısı beton kaplaması seramik olan döşemelerle birleştirilmiştir.
Toprak Duvar-Yapı İlişkisi	Dış çeperde kamusal kullanım birimleri; hastaların bakımı ve esenliği için gerekli özel alanlar iç çeperde yer almaktadır. Avlulu bina formu ile gölgelenme sağlamaktadır. 
Enerji Korunumu	Stabilize edilmiş sıkıştırılmış toprak duvarlar, kalınlıkları sayesinde binaya termal bir kütle sağlar. Kışın güneş enerjisi kazanımını en üst düzeye çıkarmak ve gün ışığını optimize etmek için kuzey-güney doğrultusunda yerleştirilmiştir. Oluşturulan bacalar doğal havalandırmaya imkân vermektedir.

Tablo 20. J2 Rezidans (URL-59)

YAPININ KÜNYESİ	
Yapının Adı	J2 Rezidans
Yapım Yılı	2011
Yapım Yeri	ABD/Las Vegas
Mimarı	assemblageSTUDIO
İklim	Las Vegas şehrinde kurak iklim görülmektedir. Şehrin yıllık ortalama sıcaklığı 20,3 °C yıllık ortalama yağış miktarı 157 mm'dir (URL-60).
GÖRSELLER/ TEKNİK-ŞEMATİK ÇİZİMLER	

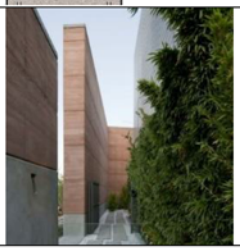
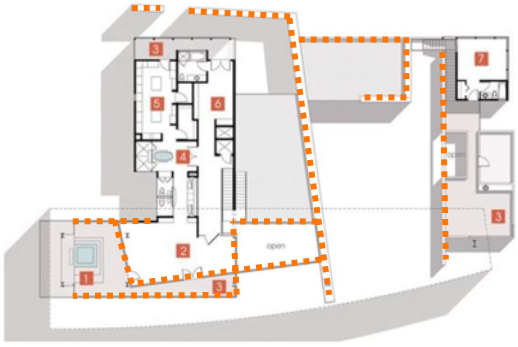
Genel görünüm (URL-59)



Zemin kat planı (URL-59)

Kesit (URL-59)

Tablo 20'nin devamı

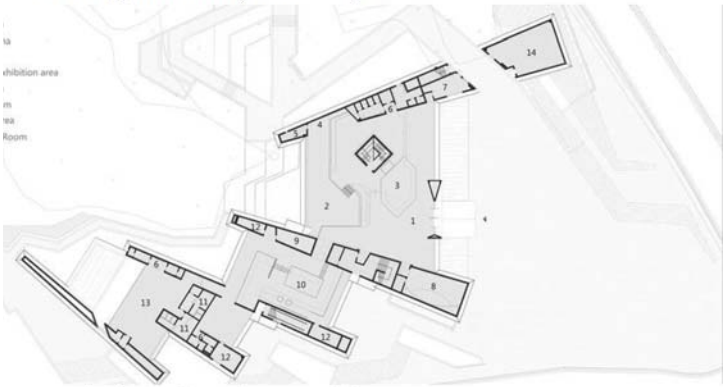
ENERJİ KORUNUMU VE TOPRAK DUVAR	
Kat Sayısı	Yapı 3 katlıdır.
Üretim Tekniği	Sıkıştırma Tekniği ile Üretim (Rammed Earth)
Malzeme	Sıkıştırılmış toprak, çelik, alçı ve çinko duvar üretiminde binada kullanılmıştır. 
Kalınlık	Dış duvarlar 40, iç duvarlar 20 cm kalınlığındadır.
Boy	Duvar boyu en az 1 en çok 15 metredir.
Yükseklik	Duvar yüksekliği en az 4,2 en çok 7,2 metredir.
Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi	Toprak duvarlar taşıyıcısı beton kaplaması seramik ve ahşap olan döşemelerle birleştirilmiştir.
Toprak Duvar-Yapı İlişkisi	Toprak duvarlarla oluşturulan mekanlar farklı kotlara oturur. Bodrumdaki oyun odası, gün ışığını avlu aracılığıyla almaktadır. 
Enerji Korunumu	Sıkıştırılmış toprak duvarlar, gündüz ve gece sıcaklıklarındaki aşırı dalgalanmaları azaltarak bir termal kütle oluşturur.

Tablo 21. Zhengzhou Jianye Futbol Kasabası Turist Merkezi (URL-61)

YAPININ KÜNYESİ	
Yapının Adı	Zhengzhou Jianye Futbol Kasabası Turist Merkezi
Yapım Yılı	2019
Yapım Yeri	Çin
Mimarı	SHUISHI
İklim	Kışları ılıman nemli orta enlem iklim bölgesinde bulunur. Yıllık ortalama sıcaklığı 14,9 °C yıllık ortalama yağış miktarı 731 mm'dir (URL-62).
GÖRSELLER/ TEKNİK-ŞEMATİK ÇİZİMLER	

Genel görünüm (URL-61)

1.Lobi
2.Çok amaçlı oda
3.Model görüntüleme alanı
4.Cafe
5.Operasyon odası
6.Tuvalet
7.Misafir odası
8.Dijital kamera
9.Ofis
10.Sergi alanı
11.Soyunma odası
12.Yardımcı odası
13.Sergi alanı



Zemin kat planı (URL-61)

Görünüş (URL-61)

Tablo 21'in devamı

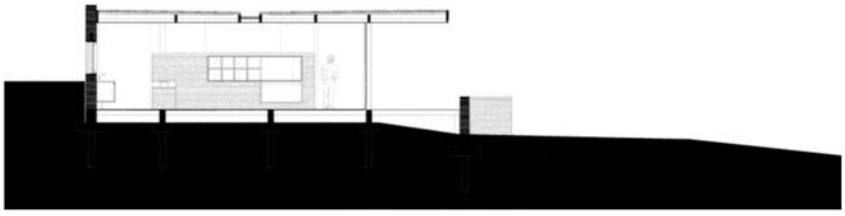
ENERJİ KORUNUMU VE TOPRAK DUVAR	
Kat Sayısı	Yapı iki katlıdır.
Üretim Tekniği	Sıkıştırma Tekniği ile Üretim (Rammed Earth)
Malzeme	Duvarlarda sıkıştırılmış toprak kullanılmıştır. Duvar kabuğunda yalıtım malzemesi de yer almaktadır.
Kalınlık	Duvar kalınlığı 50 cm'dir.
Boy	Duvar boyu en az 5 en çok 50 metredir.
Yükseklik	Duvar yüksekliği 14,7 metredir.2.25 metre aralıklarla çelik donatı elemanları yer almaktadır.
Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi	Toprak duvarlar taşıyıcısı betonarme kaplaması ahşap ve seramik olan döşeme ile birleştirilmiştir.
Toprak Duvar-Yapı İlişkisi	Mekânlar birbirine eklemlenen hacimlerle oluşturulmaktadır. Bu hacimler sıkıştırılmış toprak duvarlarla ayrılmaktadır.
Enerji Korunumu	Duvarların boşluklu yapısı havalandırmaya katkıda bulunmaktadır. Yapı eğimli arazide bulunmaktadır ve var olan kotları tasarımın bir parçası olarak kullanıp eğimli araziye oturmaktadır.

Tablo 22. Cunha Evi (URL-63)

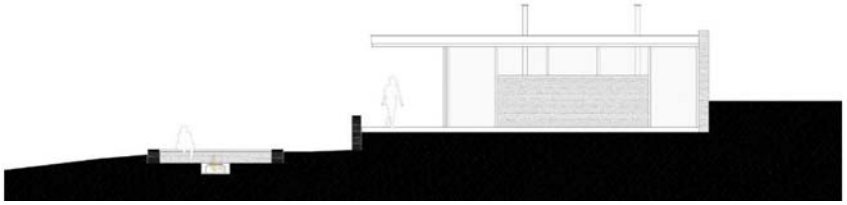
YAPININ KÜNYESİ	
Yapının Adı	Cunha Evi
Yapım Yılı	2019
Yapım Yeri	Brezilya/ Cunha
Mimarı	Arquipelago Arquitetos
İklim	Kışları ılıman nemli orta enlem iklim bölgesinde bulunur. Yıllık ortalama sıcaklığı 20,3 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 1329 mm'dir (URL-64).
GÖRSELLER/ TEKNİK-ŞEMATİK ÇİZİMLER	

Genel görünüm (URL-63)

Zemin kat planı (URL-63)

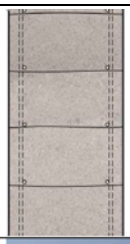
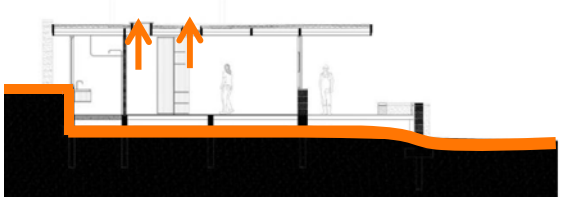


Kesit (URL-63)



Görünüş (URL-63)

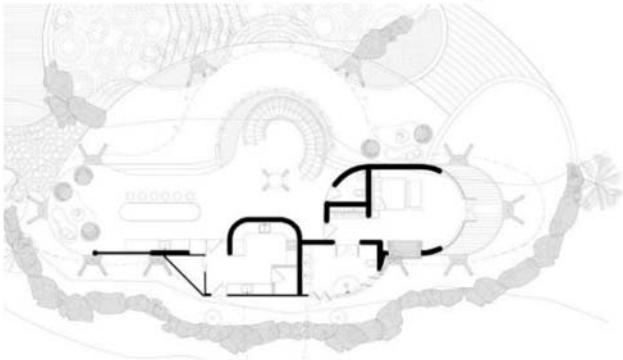
Tablo 22'nin devamı

ENERJİ KORUNUMU VE TOPRAK DUVAR	
Kat Sayısı	Yapı tek katlıdır.
Üretim Tekniği	Sıkıştırma tekniği (Rammed Earth) 
Malzeme	Evin duvarları sıkıştırılmış topraktan yapılmıştır.
Kalınlık	Duvar kalınlığı 35 cm'dir.
Boy	Duvar boyu en az 6 en çok 15.8 metredir.
Yükseklik	Duvar yüksekliği en az 1 en çok 3 metredir.
Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi	Toprak duvarlar taşıyıcısı beton kaplaması seramik ve ahşap olan döşemelerle birleştirilmiştir.
Toprak Duvar-Yapı İlişkisi	Evin bir tarafında üç yatak odası ve iki banyo, karşısında ise açık plan mutfak ve oturma odası bulunmaktadır.
Enerji Korunumu	Sıkıştırılmış toprak duvarlar sayesinde binada etkin yalıtım sağlanmaktadır. Havalandırma için geniş pencereler kullanılmıştır. Havalandırma ve güneşlendirmeye imkân veren çatı pencereleri de kullanılmıştır. Yapı iklim koşullarından korunmak için 1 m toprağa gömülmüştür. 

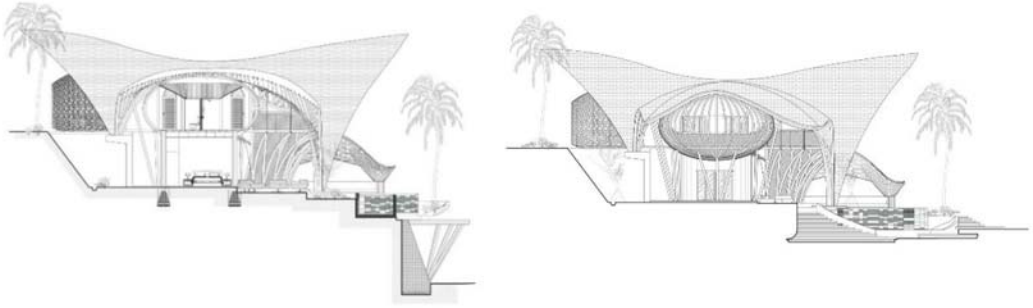
Tablo 23. Ulaman Tatil Köyü (URL-65)

YAPININ KÜNYESİ	
Yapının Adı	Ulaman Tatil Köyü
Yapım Yılı	2020
Yapım Yeri	Endonezya/Bali
Mimarı	Inspiral Architecture and Design Studios
İklim	Bali'de nemli tropikal iklim hakimdir. Şehrin yıllık ortalama sıcaklığı 25,3 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 1642 mm'dir (URL-66).
GÖRSELLER/ TEKNİK-ŞEMATİK ÇİZİMLER	

Genel görünüm (URL-65)

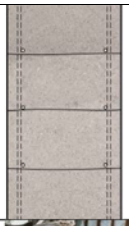
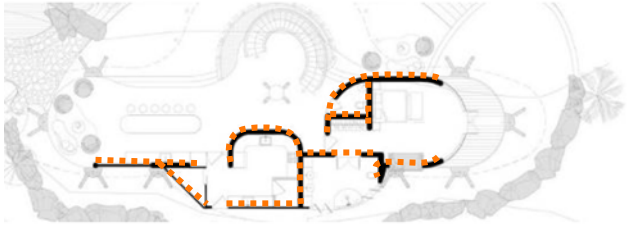
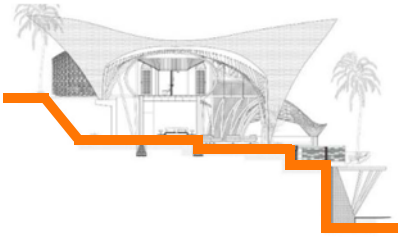


Zemin Kat Planı (URL-65)



Kesit ve görünüş (URL-65)

Tablo 23'ün devamı

ENERJİ KORUNUMU VE TOPRAK DUVAR	
Kat Sayısı	Yapı 2 katlıdır.
Üretim Tekniği	Sıkıştırma Tekniği ile Üretim (Rammed Earth) 
Malzeme	Tesisin ana duvarları sıkıştırılmış topraktan ve bölgeden elde edilen bambudan inşa edilmiştir.
Kalınlık	Duvar kalınlığı 30 cm'dir.
Boy	Duvar boyu en az 1 en çok 9 metredir.
Yükseklik	Duvar yüksekliği 3 metredir.
Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi	Toprak duvarlar taşıyıcısı beton kaplaması ahşap döşeme ile birleştirilmiştir.
Toprak Duvar-Yapı İlişkisi	Tesisin odaları bir koza gibi birbirinden bağımsız birimler halinde tasarlanmıştır. 
Enerji Korunumu	Bambu çatı ve sıkıştırılmış toprak duvarlar etkin bir yalıtım sağlanmaktadır. Doğayla bütünleşme, tasarımın temel prensibi olmuş tatil köyü yakın çevrede bulunan malzemeler kullanılarak inşa edilmiş böylece tesisin sıfır karbon haline gelmesine katkıda bulunmuştur. 

Tablo 24. Yeşil Okul Güney Afrika (URL-67)

YAPININ KÜNYESİ	
Yapının Adı	Yeşil Okul (Green School)
Yapım Yılı	2021
Yapım Yeri	Güney Afrika/Paarl
Mimarı	GASS Architecture Studios
İklim	Kışları ılıman nemli orta enlem iklim bölgesinde bulunur. Paarl şehrinin yıllık ortalama sıcaklığı 16,5 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 821 mm'dir (URL-68).
GÖRSELLER/ TEKNİK-ŞEMATİK ÇİZİMLER	

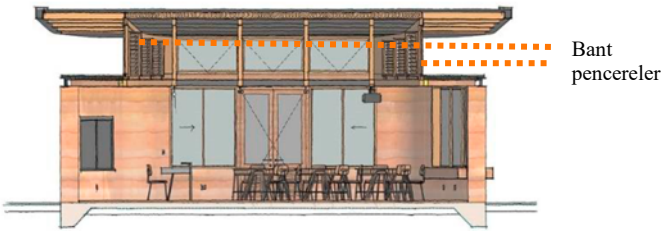
Genel görünüm (URL-67)

1.Giriş
2.Park yeri
3.Bırakma yeri
4.Çok amaçlı salon
5.İdari bina
6.Anaokulu
7.İlkokul
8.Ortaokul
9.Lise
10.Merkez
11.Kafeterya
12.Park

Vaziyet planı (URL-69)

Kesit (URL-69)

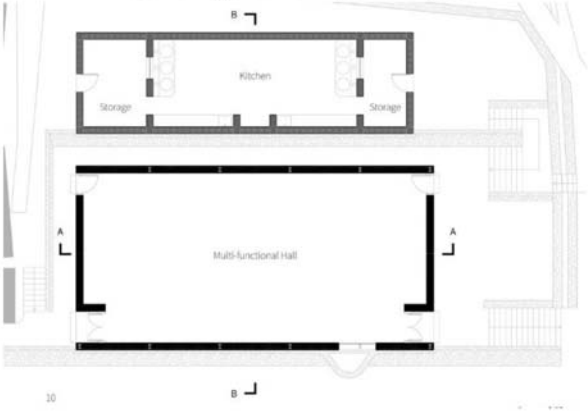
Tablo 24'ün devamı

ENERJİ KORUNUMU VE TOPRAK DUVAR	
Kat Sayısı	Yapı tek katlıdır.
Üretim Tekniği	Sıkıştırma Tekniği ile Üretim (Rammed Earth)
Malzeme	Yapı birimleri; sıkıştırılmış toprak duvarlar üzerine kireç sıva uygulanarak üretilmiştir (URL-70).
Kalınlık	Duvar kalınlığı 35 cm'dir.
Boy	---
Yükseklik	Duvar yüksekliği 3 metredir.
Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi	Toprak duvarlar taşıyıcısı beton kaplaması kireç olan döşemelerle birleştirilmiştir.
Toprak Duvar-Yapı İlişkisi	Okul birimleri dairesel bir şekilde dağılmış ve geniş bir iç avlu oluşturmuştur (URL-69).
Enerji Korunumu	Toprağın üstün yalıtım niteliği gerekli yalıtımı sağlamaktadır. İdari binada güneş panelleri yer almaktadır. Çatıya yakın konumlandırılan bant pencereler çapraz havalandırmaya imkân verirken mekanların aydınlatılmasına da katkı sağlamaktadır. Okul bir vadi içinde korunaklı bir bölgede yer almaktadır. 

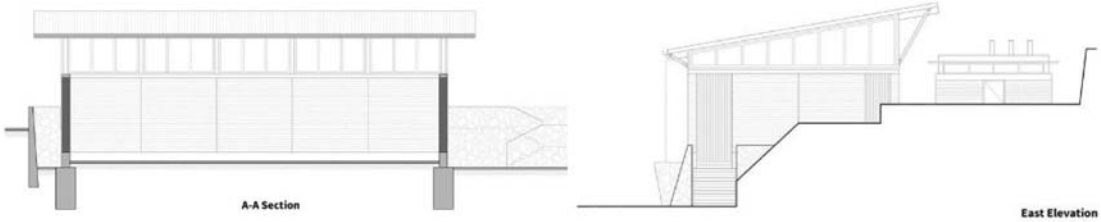
Tablo 25. Dahei Köyü Halk Salonu (URL-70)

YAPININ KÜNYESİ	
Yapının Adı	Dahei Köyü Halk Salonu
Yapım Yılı	2021
Yapım Yeri	Çin/Kunming
Mimarı	One University One Village
İklim	Kışları ılıman nemli orta enlem iklim bölgesinde bulunur. Burada yazlar çok yağış alırken kışlar az yağış alır. (URL-71).
GÖRSELLER/ TEKNİK-ŞEMATİK ÇİZİMLER	

Genel görünüm (URL-70)

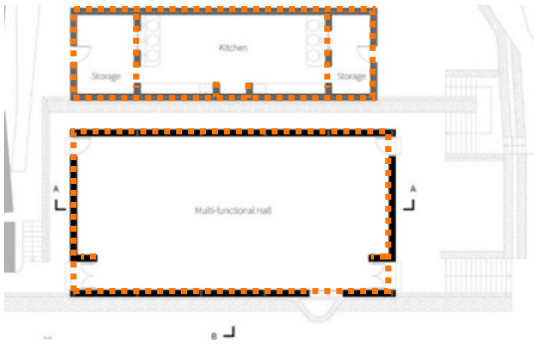
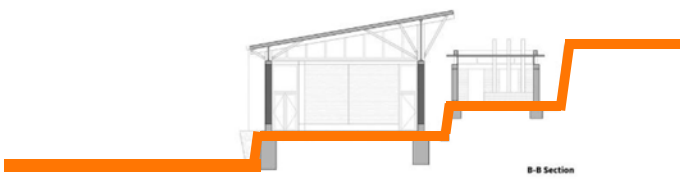


Zemin kat planı (URL-70)



Kesit ve görünüş (URL-70)

Tablo 25'in devamı

ENERJİ KORUNUMU VE TOPRAK DUVAR	
Kat Sayısı	Yapı tek katlıdır.
Üretim Tekniği	Sıkıştırma Tekniği ile Üretim (Rammed Earth)
Malzeme	Bina duvarları, sahada kazılan toprağın sıkıştırılmasıyla oluşturulmuştur.
Kalınlık	Duvar kalınlığı 40 cm'dir.
Boy	Duvar boyu en az 1 en çok 20 metredir.
Yükseklik	Duvar yüksekliği 2 ve 3.5 metredir.
Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi	Toprak duvarlar beton döşeme ile birleştirilmiştir.
Toprak Duvar-Yapı İlişkisi	Bina çok amaçlı salon ve mutfaktan oluşmaktadır. 
Enerji Korunumu	Tek yöne eğimli çatı strüktürü ve toprak duvarlar binanın kabuğunu oluşturmaktadır. Düşük karbon emisyonuna sahip toprak ve bambu, binanın tüm yaşam döngüsü boyunca düşük çevresel yük sağlamanın yanında bina yalıtımına da katkıda bulunmaktadır. Eğimli topografyada yer almaktadır. 

Tablo 26. Bayalpata Hastanesi (URL-72)

YAPININ KÜNYESİ	
Yapının Adı	Bayalpata Hastanesi
Yapım Yılı	2019
Yapım Yeri	Nepal/Accham
Mimarı	Sharon Davis Design
İklim	Kışları ılıman nemli orta enlem iklim bölgesinde bulunur. Şehirde yaz aylarında yağış kış aylarından daha fazla görülür. Yıllık ortalama sıcaklığı 18,3 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 4851 mm'dir (URL-73).
GÖRSELLER/ TEKNİK-ŞEMATİK ÇİZİMLER	

Genel görünüm (URL-72)

Zemin kat planı (URL-72)

Kesit (URL-72)

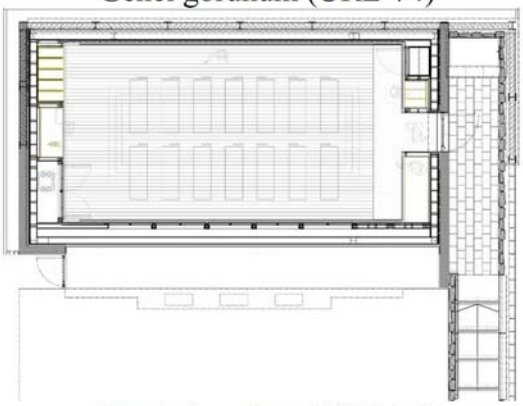
Tablo 26'nın devamı

ENERJİ KORUNUMU VE TOPRAK DUVAR	
Kat Sayısı	Yapı iki katlıdır.
Üretim Tekniği	Sıkıştırma Tekniği ile Üretim (Rammed Earth)
Malzeme	Dayanıklılık ve sismik direnç için %6 çimento ile karıştırılmış sıkıştırılmış toprak malzeme kullanılmaktadır.
Kalınlık	Duvar kalınlığı 45 cm'dir.
Boy	Duvar boyu en az 5 en çok 40 metredir.
Yükseklik	Duvar yüksekliği 5 ve 10 metredir.
Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi	Toprak duvarlar taşıyıcısı betonarme kaplaması seramik döşeme ile birleştirilmiştir.
Toprak Duvar-Yapı İlişkisi	Tüm odalar, hastalara açık bahçelere veya balkonlara erişim sağlar ve peyzajlı avlular, hastalar ve aileleri için korunaklı bir ortam sunar.
Enerji Korunumu	Rüzgarlıklar, asma kat havalandırması ve tavan vantilatörleri, yaz sıcağını daha da azaltmak için hava akışını artırır.

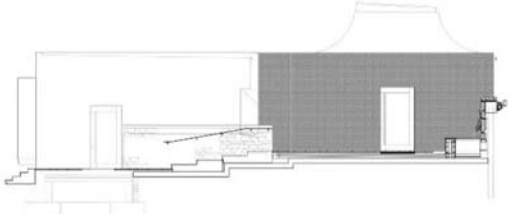
Tablo 27. Rammed Earth Yoga Stüdyosu (URL-74)

YAPININ KÜNYESİ	
Yapının Adı	Rammed Earth Yoga Stüdyosu
Yapım Yılı	2022
Yapım Yeri	Birleşik Krallık/Somerset
Mimarı	Invisible Studio Architects
İklim	Kışları ılıman nemli orta enlem iklim bölgesinde bulunur. Somerset şehrinde en kurak ayda bile belirgin yağış görülmektedir. (URL-75).
GÖRSELLER/ TEKNİK-ŞEMATİK ÇİZİMLER	

Genel görünüm (URL-74)

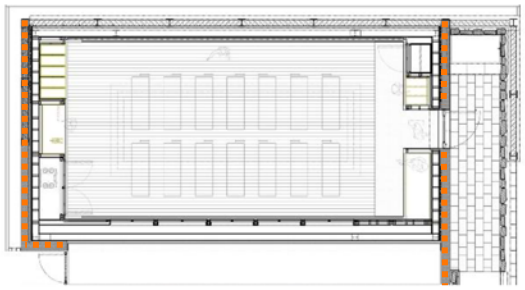
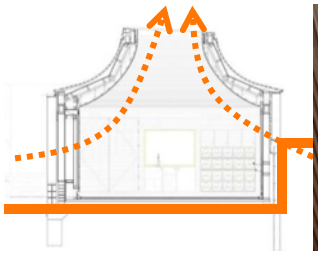


Zemin kat planı (URL-74)



Görünüş (URL-74)

Tablo 27'nin devamı

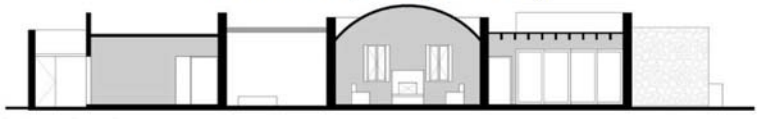
ENERJİ KORUNUMU VE TOPRAK DUVAR	
Kat Sayısı	Yapı tek katlıdır.
Üretim Tekniği	Sıkıştırma Tekniği ile Üretim (Rammed Earth)
Malzeme	Sıkıştırma tekniği ile üretilen duvarların iç yüzeyinde kayın ağacı kaplama kullanılmıştır. Stabilizasyon için karışıma kireç ve çimento karıştırılmıştır.
Kalınlık	Duvar kalınlığı 30 cm'dir.
Boy	Duvar boyu en az 4 en çok 9,5 metredir.
Yükseklik	Duvar yüksekliği 3 metredir.
Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi	Toprak duvarlar taşıyıcısı beton üzeri ahşap kaplama döşeme ile birleştirilmiştir.
Toprak Duvar-Yapı İlişkisi	Tekil mekândan oluşan yoga stüdyosunun duvarları toprakla çevrilidir ve yapının bir kısmı toprağa gömülüdür. 
Enerji Korunumu	Toprağın üstün yalıtım niteliği mekânın termal olarak yalıtılmasına katkı sağlar. 11 metre uzunluğundaki geniş çatı açıklığı doğal havalandırmaya imkân vermektedir. 

Tablo 28. Hawk Evi (URL-76)

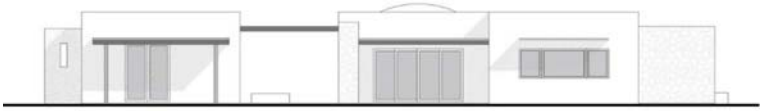
YAPININ KÜNYESİ	
Yapının Adı	Hawk Evi
Yapım Yılı	2018
Yapım Yeri	Meksika/ San José Del Cabo
Mimarı	FabrikG
İklim	San Jose Del Cabo şehrinde kurak iklim görülmektedir. Yıllık ortalama sıcaklığı 24,7 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 322 mm'dir (URL-56).
GÖRSELLER/ TEKNİK-ŞEMATİK ÇİZİMLER	

Genel görünüm (URL-76)

Zemin kat planı (URL-76)

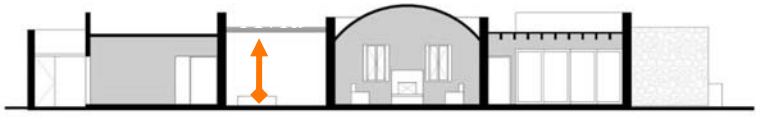


Kesit (URL-76)



Görünüş (URL-76)

Tablo 28'in devamı

ENERJİ KORUNUMU VE TOPRAK DUVAR	
Kat Sayısı	Yapı tek katlıdır.
Üretim Tekniği	Sıkıştırma tekniği ile üretim
Malzeme	Duvar malzemesi olarak toprağın yanında yerel taşlar da kullanılmıştır.
Kalınlık	Toprak duvar kalınlığı 40 cm'dir.
Boy	Duvar boyu en az 4 en çok 15 metredir.
Yükseklik	Duvar yüksekliği en az 3,5 en çok 4,5 metredir.
Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi	Toprak duvarlar taşıyıcısı beton kaplaması seramik döşeme ile birleştirilmiştir.
Toprak Duvar-Yapı İlişkisi	Ev avlu etrafında yer alan üç sıkıştırılmış toprak hacminden oluşmaktadır.
Enerji Korunumu	Toprağın termal kütlesi gündüz ve gece arasında sıcaklık dengesi sağladığından, kalın toprak duvarların kurak bir iklimde birçok avantaj sağlar. Evin açıklığı aynı zamanda çapraz havalandırmayı da destekler. Avlu ve içerisinde yer alan su ögesi sayesinde kurak iklimde daha nemli mekanlar oluşturulur. 

Tablo 29. Tapial Evi (URL-77)

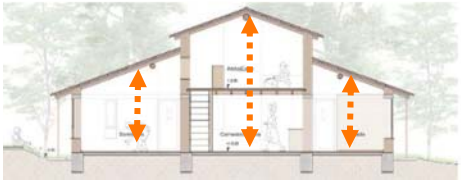
YAPININ KÜNYESİ	
Yapının Adı	Tapial Evi
Yapım Yılı	2020
Yapım Yeri	Bolivya/San Lorenzo
Mimarı	Estudio de Arquitectura y Planificación Kaiser
İklim	San Lorenzo'da nemli tropikal iklim hakimdir. San Lorenzo ilinde yağış miktarı çok yüksektir. Çok kısa bir süre etkisiz bir kuraklık görülmektedir. Yıllık ortalama sıcaklığı 24.6 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 1939 mm'dir (URL-78).
GÖRSELLER/ TEKNİK-ŞEMATİK ÇİZİMLER	

Genel görünüm (URL-77)

Zemin kat planı (URL-77)

Kesit ve görünüş (URL-77)

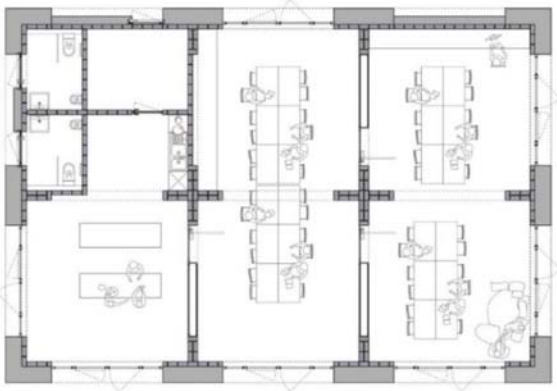
Tablo 29'un devamı

ENERJİ KORUNUMU VE TOPRAK DUVAR	
Kat Sayısı	Yapı 2 katlıdır.
Üretim Tekniği	Sıkıştırma tekniği ile üretim
Malzeme	Toprak duvarda yalıtım ve kaplama tabakası bulunmamaktadır.
Kalınlık	Duvar kalınlığı 36 cm'dir.
Boy	Duvar boyu en az 2 en çok 10 metredir.
Yükseklik	Duvar yüksekliği 2-4 metredir.
Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi	Toprak duvarlar taşıyıcısı betonkaplaması seramik döşeme (20 cm) ile birleştirilmiştir.
Toprak Duvar-Yapı İlişkisi	Toprak duvarlarla oluşturulan mekânsal geçiş, çapraz havalandırma ve doğal aydınlatmaya imkân vermektedir.
Enerji Korunumu	Farklı yüksekliklerde kurgulanan toprak duvarlar doğal havalandırmayı sağlamaktadır. 

Tablo 30. Biosınıf (URL-79)

YAPININ KÜNYESİ	
Yapının Adı	Biosınıf (Bioclass)
Yapım Yılı	2015
Yapım Yeri	Belçika-Edegem
Mimarı	BC Architects
İklim	Yapının bulunduğu Antwerp eyaleti kışları ılıman nemli orta enlem iklim bölgesinde bulunur. Eyaletin yıllık ortalama sıcaklığı 11,0 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 816 mm'dir (URL-80).
GÖRSELLER/ TEKNİK-ŞEMATİK ÇİZİMLER	

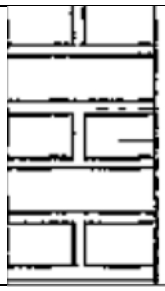
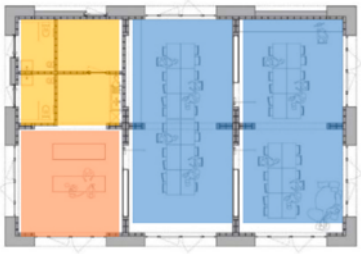
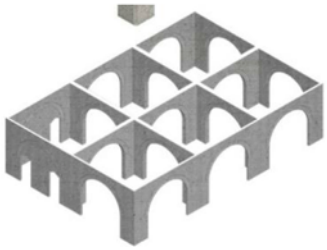
Genel görünüm (URL-79)



Zemin kat planı (URL-79)

Görünüşler (URL-79)

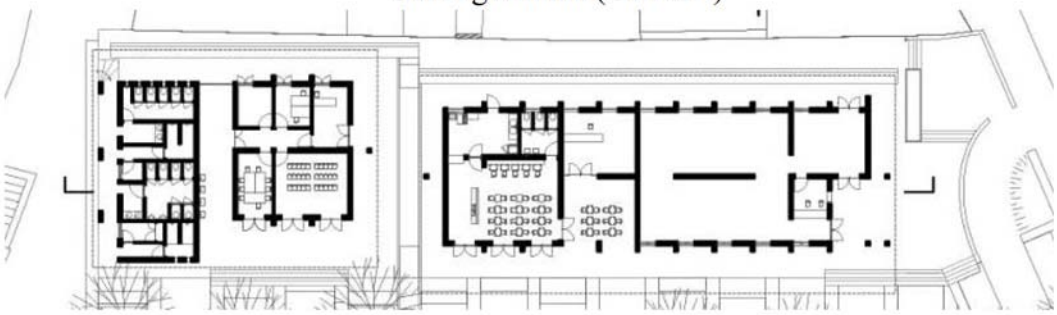
Tablo 30'un devamı

ENERJİ KORUNUMU VE TOPRAK DUVAR	
Kat Sayısı	Yapı tek katlıdır.
Üretim Tekniği	Toprak Blok ile Üretim (Earth Blocks) 
Malzeme	Bloklar kimyasal stabilizatör ilavesi olmadan 3 haftalık süreçte hidrolik sıkıştırma makineleriyle üretilmiştir. Dış duvarlarda kenevir katkılı yalıtım malzemesi uygulanmıştır.
Kalınlık	Duvar kalınlığı 10-20 cm aralığındadır.
Boy	Duvar boyu en az 0,55 en çok 3,65 metredir.
Yükseklik	Duvar yüksekliği 3,2 metredir.
Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi	Toprak duvar taşıyıcısı beton kaplaması kireç olan döşeme ile birleşmiştir.
Toprak Duvar-Yapı İlişkisi	Sınıfın planı 2 derslik, 1 ortak çalışma alanı ve mutfak/WC olmak üzere 3 ana alandan oluşmaktadır. Her bir mahal diğer mahalden sıkıştırılmış toprak blok kemerlerle ve geniş pencerelerle ayrılmaktadır. 
Enerji Korunumu	Sıkıştırılmış toprak blok ve kenevir katkılı yalıtımdan oluşan sınıfın kabuğu etkin bir ısı ve ses yalıtımı sağlamaktadır. 

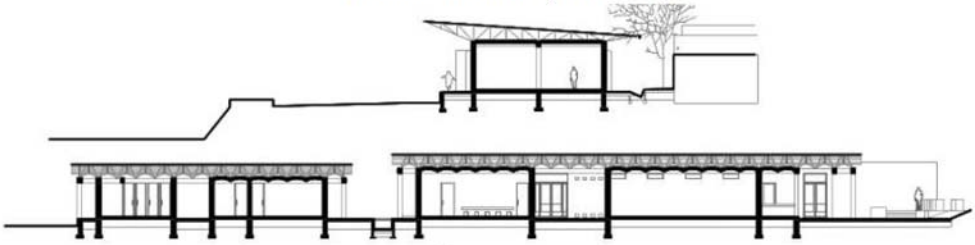
Tablo 31. Toprak Mimarlığı Merkezi (URL-81,82)

YAPININ KÜNYESİ	
Yapının Adı	Toprak Mimarlığı Merkezi (Centre for Earth Architecture)
Yapım Yılı	2010
Yapım Yeri	Mali-Mopti
Mimarı	Kere Mimarlık
İklim	Mopti şehrinde kurak iklim görülmektedir. Yıl boyunca çok az yağış almaktadır. Şehrin yıllık ortalama sıcaklığı 29,6 °C yıllık ortalama yağış miktarı 348 mm'dir (URL-83).
GÖRSELLER/ TEKNİK-ŞEMATİK ÇİZİMLER	

Genel görünüm (URL-81)



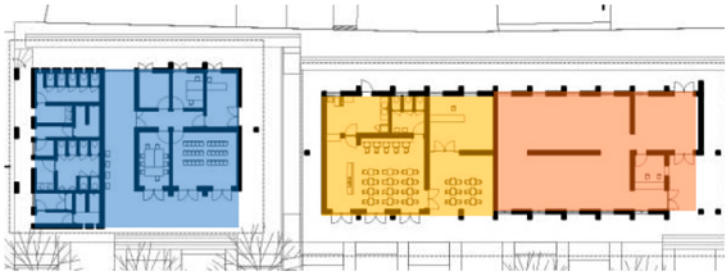
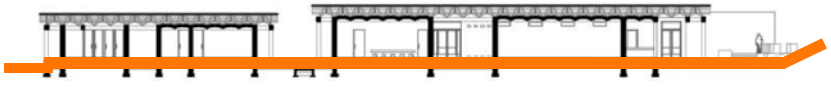
Zemin Kat Planı (URL-82)



Kesitler (URL-82)

Görünüş (URL-82)

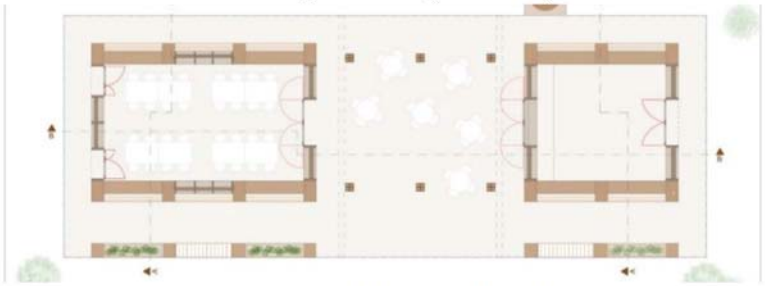
Tablo 31'in devamı

ENERJİ KORUNUMU VE TOPRAK DUVAR	
Kat Sayısı	Yapı tek katlıdır.
Üretim Tekniği	Toprak Blok ile Üretim (Earth Blocks)
Malzeme	Yapının duvarları yerelde de sıklıkla kullanılan sıkıştırılmış toprak bloklarla inşa edilmiştir.
Kalınlık	Sıkıştırılmış toprak bloklarla oluşturulan yapının duvar kalınlığı 45 cm'dir.
Boy	Duvar boyu en az 0,90 en çok 10 metredir.
Yükseklik	Duvar yüksekliği en az 3 en çok 3,75 metredir.
Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi	Toprak duvar taşıyıcısı betonarme kaplaması toprak karo olan döşeme ile birleşmiştir.
Toprak Duvar-Yapı İlişkisi	Mekân organizasyonu; sergi, derslik ve destek birimlerinin 3 farklı blokta birleştirilmesiyle oluşturulmuştur. 
Enerji Korunumu	Tüm duvarlar ve beşik tonozlar, iklim koşullarına uyumlu ısı tamponu görevi gören sıkıştırılmış toprak bloklardan yapılmıştır. Duvar ve tonozlardaki havalandırma açıklıkları doğal havalandırma sağlar böylece bina iklimlendirmesi mekanik destek olmaksızın sağlanır. 

Tablo 32. MUD Kafeterya (URL-84)

YAPININ KÜNYESİ	
Yapının Adı	MUD Kafeterya (MUDcafeteria)
Yapım Yılı	2017
Yapım Yeri	Gana
Mimarı	Anna Schweiger ve Jaap Willemsen
İklim	Şehirde nemli tropikal iklim görülmektedir. Yıllık ortalama sıcaklığı 28,4 °C yıllık ortalama yağış miktarı 893 mm'dir (URL-85).
GÖRSELLER/ TEKNİK-ŞEMATİK ÇİZİMLER	

Genel görünüm (URL-84)

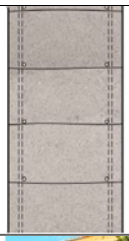
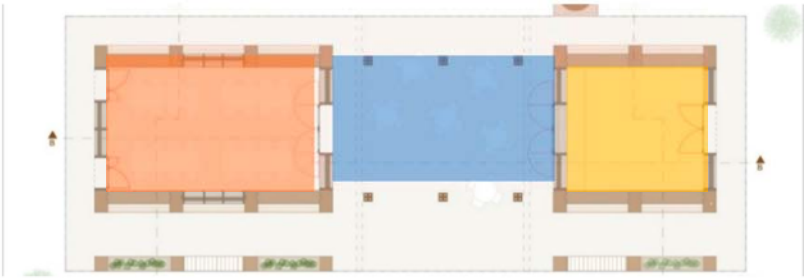
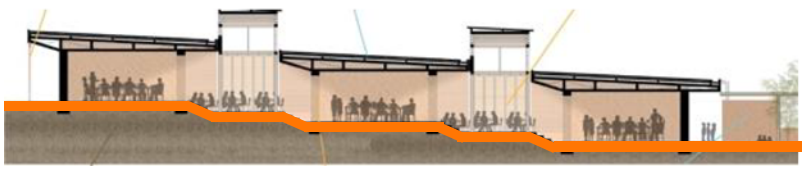


Zemin Kat Planı (URL-84)

Kesit (URL-84)

Görünüş (URL-84)

Tablo 32'nin devamı

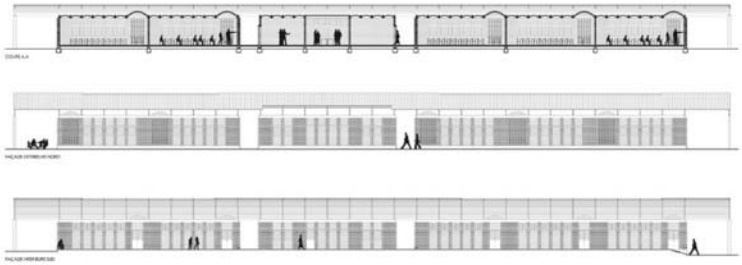
ENERJİ KORUNUMU VE TOPRAK DUVAR	
Kat Sayısı	Yapı tek katlıdır.
Üretim Tekniği	Sıkıştırma Tekniği ile Üretim (Rammed Earth) 
Malzeme	Duvar üretiminde %5 çimento katkılı toprak malzeme kullanılmıştır.
Kalınlık	Duvarlar 45 cm kalınlığındadır.
Boy	Duvar boyu en az 0,7 en çok 2 metredir.
Yükseklik	Duvar yüksekliği 2.7 metredir.
Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi	Toprak duvarlar sıkıştırılmış toprak döşeme ile birleşmiştir.
Toprak Duvar-Yapı İlişkisi	Bina üç bağımsız bölümden oluşmaktadır. En büyük bölüm olan çok amaçlı salon derslik olarak da kullanılmaktadır. Orta bölümde yemek yeme alanı diğer birimde de mutfak yer almaktadır. 
Enerji Korunumu	45 cm çimento katkısız sıkıştırılmış topraktan oluşan dış duvarlar, gün boyunca iç iklimi stabilize ederek ısı tamponu görevi görür. Hafif eğimli bir topografyada yer alan yapıda kot farkları merdivenlerle çözümlenmiştir. Ortada oluşturulan geniş baca doğal havalandırmaya imkân vermektedir. 

Tablo 33. Bangre Veenem Ortaokulu (URL-86)

YAPININ KÜNYESİ	
Yapının Adı	Bangre Veenem Ortaokulu/ Secondary School and Auxiliary Buildings of Bangre Veenem School Complex
Yapım Yılı	2019
Yapım Yeri	Burkina Faso, Koutougou
Mimarı	Albert Faus Architecture
İklim	Bölgede kurak iklim hakimdir. Yağış miktarı yıl boyunca çok azdır. Yıllık ortalama sıcaklığı 29,1 °C iken yıllık ortalama yağış miktarı 291 mm'dir (URL-87).
GÖRSELLER/ TEKNİK-ŞEMATİK ÇİZİMLER	

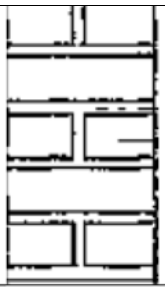
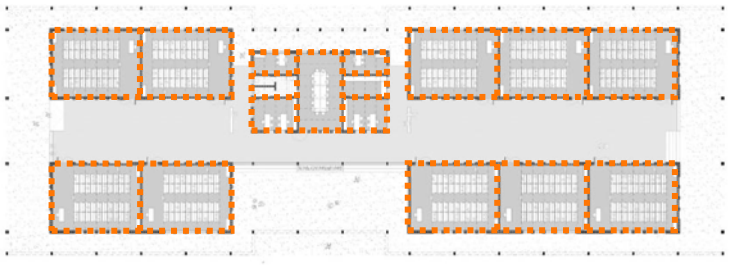
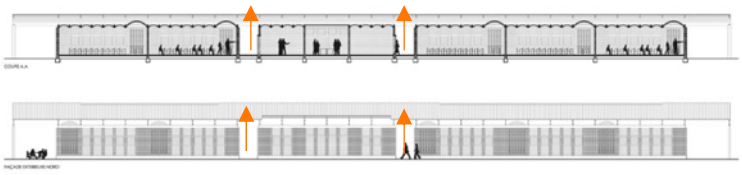
Genel görünüm (URL-86)

Zemin kat planı (URL-86)



Kesit ve görünüşler (URL-86)

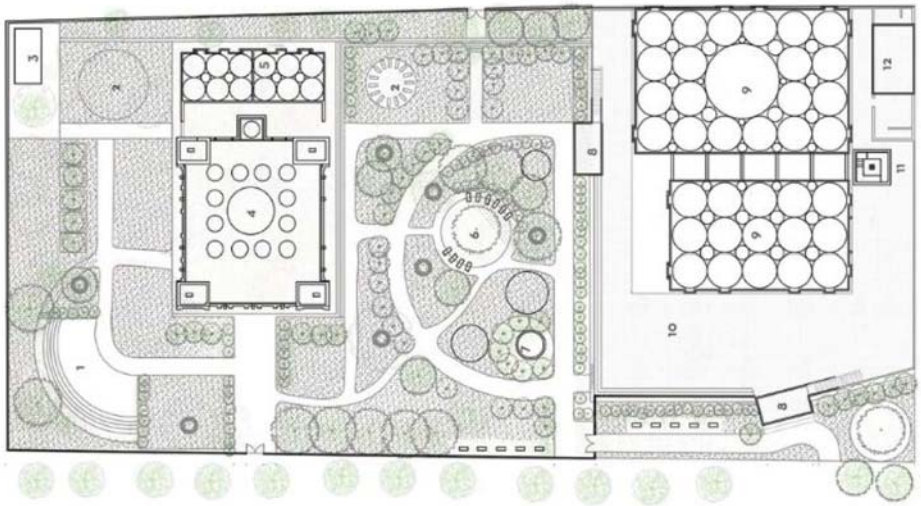
Tablo 33'ün devamı

ENERJİ KORUNUMU VE TOPRAK DUVAR	
Kat Sayısı	Yapı tek katlıdır.
Üretim Tekniği	Toprak Blok ile Üretim (Earth Blocks) 
Malzeme	Sıkıştırılmış toprak bloklarla inşa edilmiştir.
Kalınlık	Duvarlar 15-25 cm kalınlığındadır.
Boy	Duvar boyu en az 3, en çok 20 metredir.
Yükseklik	Duvar yüksekliği 3,2 metredir.
Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi	Toprak duvar beton döşeme ile birleşmiştir.
Toprak Duvar-Yapı İlişkisi	Sınıflar toprak duvarlarla oluşturulmuş metal çatı altında birleştirilmiştir. 
Enerji Korunumu	Sınıflara erişim sağlayan koridorlara doğal aydınlatma ve havalandırma sağlamak için çatı yüzeyinde açıklıklar oluşturulmuştur. Kurak iklimde doğal havalandırma için duvar yüzeyinde de toprak bloklarla boşluklar oluşturulmuştur. 

Tablo 34. HIKMA Dini Kompleksi (URL-88)

YAPININ KÜNYESİ	
Yapının Adı	HIKMA Dini Kompleksi
Yapım Yılı	2018
Yapım Yeri	Nijer/Niamey
Mimarı	Atölye Masomi, Stüdyo Chahar
İklim	Kurak iklim Niamey şehrinde etkindir. Niamey yıl boyunca çok az yağış almaktadır. Niamey ilinin yıllık ortalama sıcaklığı 29,1 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 283 mm'dir (URL-89).
GÖRSELLER/ TEKNİK-ŞEMATİK ÇİZİMLER	

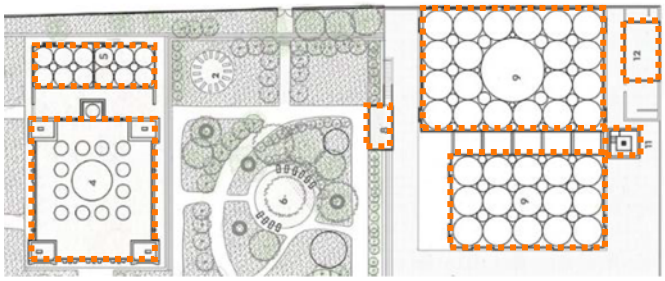
Genel görünüm (URL-88)



Zemin kat planı (URL-88)

Kesiti (URL-88)

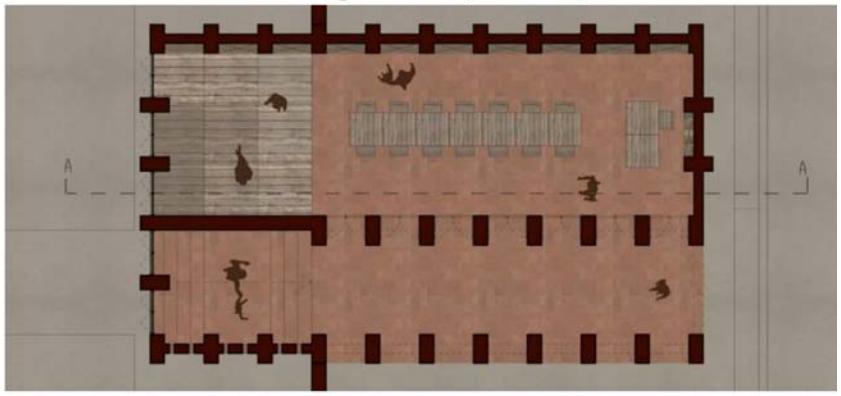
Tablo 34'ün devamı

ENERJİ KORUNUMU VE TOPRAK DUVAR	
Kat Sayısı	Yapı tek katlıdır.
Üretim Tekniği	Toprak Blok ile Üretim (Earth Blocks)
Malzeme	Projenin ana inşaat malzemesi, merkezin yakınında bulunan topraktan yapılmış, sıkıştırılmış toprak tuğlalardır (CEB).
Kalınlık	Duvar kalınlığı 50 cm'dir.
Boy	Duvar boyu en az 2,5 en çok 26,5 metredir.
Yükseklik	Duvar yüksekliği en az 3, en çok 9 metredir.
Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi	Toprak duvarlar taşıyıcısı betoanrme kaplaması seramik ve sıkıştırılmış toprak olan döşeme ile birleşmiştir.
Toprak Duvar-Yapı İlişkisi	Külliye 1000 kişilik cami, lojman, kütüphane, derslikler, okuma ve çalışma alanları, atölye, çocuk oyun parkı içermektedir. 
Enerji Korunumu	Proje malzemelerinin çoğu sahaya 5 km'den daha yakın mesafeden temin edilirken, beton kullanımı kolonlar ve lentolar gibi yapısal elemanlarla sınırlıdır. CEB'lerin termal kütlesi sayesinde iç ortam sıcaklıkları dengededir bu sayede kurak iklimde mekanik soğutma ihtiyacı azaltılır.

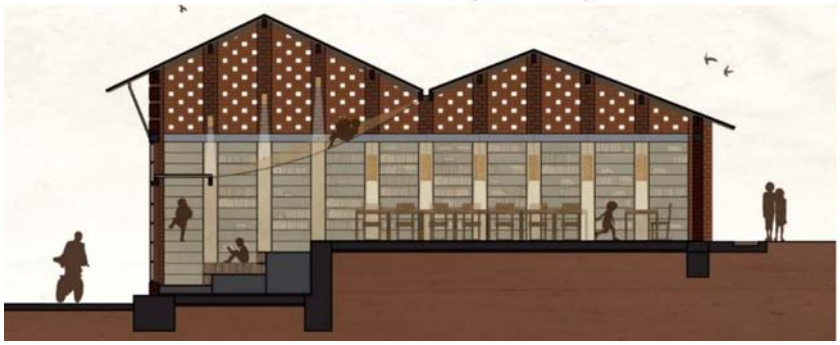
Tablo 35. Muyinga Kütüphanesi (URL-90)

YAPININ KÜNYESİ	
Yapının Adı	Muyinga Kütüphanesi
Yapım Yılı	2012
Yapım Yeri	Burundi/ Muyinga
Mimarı	BC Architects
İklim	Muyinga'da nemli tropikal iklim hakimdir. Şehrin yıllık ortalama sıcaklığı 20,1 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 1415 mm'dir (URL-91).
GÖRSELLER/ TEKNİK-ŞEMATİK ÇİZİMLER	

Genel görünüm (URL-90)

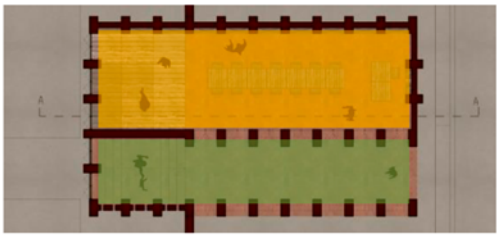


Zemin Kat Planı (URL-90)



Kesit (URL-90)

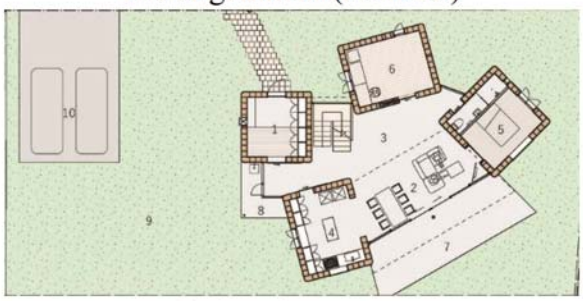
Tablo 35'in devamı

ENERJİ KORUNUMU VE TOPRAK DUVAR	
Kat Sayısı	Yapı tek katlıdır.
Üretim Tekniği	Toprak Blok ile Üretim (Earth Blocks)
Malzeme	Duvar ana malzeme olarak sıkıştırılmış toprak tuğlaların kullanılmasına karar verilmiştir. 29x14x9cm boyutlarında toprak bloklarla üretilmiştir.
Kalınlık	Duvar kalınlığı 45 cm'dir.
Boy	Duvar boyu en az 6,5 en çok 13 metredir.
Yükseklik	Duvar yüksekliği en az 2,5 en çok 5,85 metredir.
Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi	Toprak duvarlar taşıyıcısı beton kaplaması seramik döşeme ile birleşmiştir.
Toprak Duvar-Yapı İlişkisi	İlki yarı açık gölgeli bir sundurma ve kütüphane bölümünden oluşur. Birbirine bağlı olan kompleksin bu iki bölümü, açılıp kapanan kapılarla bir cephede birleşmektedir. 
Enerji Korunumu	Duvarda oluşturulan boşluklar nemli ve sıcak havanın uzaklaştırılmasına yardımcı olur. Kat yüksekliği, nem ve sıcak iklime karşı çapraz havalandırmaya fayda sağlar.

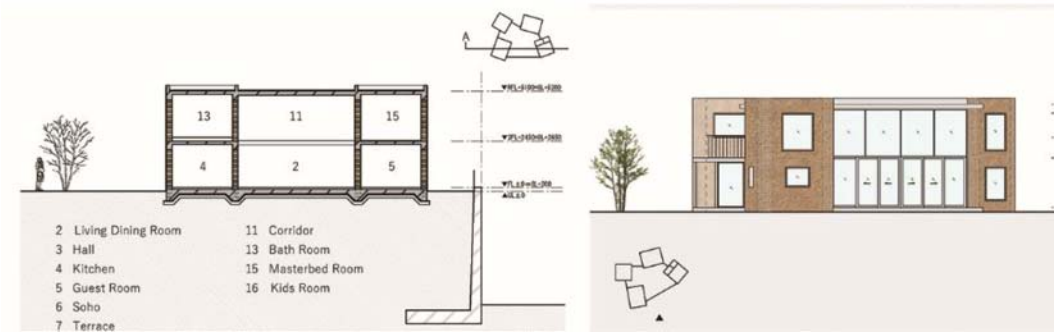
Tablo 36. Sakurajima Evi (URL-92)

YAPININ KÜNYESİ	
Yapının Adı	Sakurajima Evi
Yapım Yılı	2013
Yapım Yeri	Japonya/ Kagoshima
Mimarı	ASEI Architects
İklim	Kışları ılıman nemli orta enlem iklim bölgesinde bulunur; Kagoshima şehrinde belirgin yağış görülmektedir. En kurak aylarda bile yağış miktarı oldukça fazladır. Şehrin yıllık ortalama sıcaklığı 17,3 °C, yıllık ortalama yağış miktarı: 2224 mm'dir (URL-93).
GÖRSELLER/ TEKNİK-ŞEMATİK ÇİZİMLER	

Genel görünüm (URL-92)

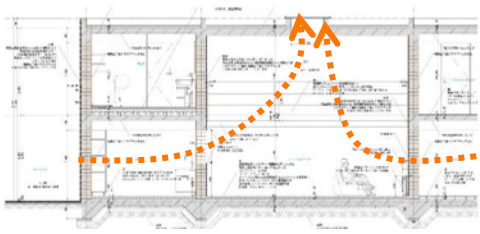


Zemin kat planı (URL-92)



Kesit ve görünüş (URL-92)

Tablo 36'nın devamı

ENERJİ KORUNUMU VE TOPRAK DUVAR	
Kat Sayısı	Yapı 2 katlıdır.
Üretim Tekniği	Toprak Blok ile Üretim (Earth Blocks)
Malzeme	Bloklarda kullanılan Shirasu, yanmazlık, nem düzenleme, termal depolama ve hafiflik özellikleri olan volkanik malzemedir.
Kalınlık	Duvar kalınlığı 30 cm'dir. Standart blok ölçüleri 9x30x30 cm'dir.
Boy	Duvar boyu en az 4 en çok 5,25 metredir.
Yükseklik	Duvar yüksekliği 2,2 metredir. Duvarlar 45 cm betonarme kirişle birleşmektedir.
Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi	Toprak duvarlar taşıyıcısı betonarme kaplaması ahşap, pişmemiş toprak ve seramik olan döşemelerle birleştirilmiştir.
Toprak Duvar-Yapı İlişkisi	Toprak duvarlarla oluşturulan bağımsız mekanlar organik biçimde avlu oluşturacak şekilde bir araya gelmiştir.
Enerji Korunumu	Toprak bloklar yazın temiz havanın geçişine izin verir kışınsa ısıyı bünyesinde depolayarak iç mekân iklim koşullarını iyileştirir. Çatı pencereleri de havalandırmaya katkı sağlar. 

Tablo 37. Dandaji Marketi (URL-94)

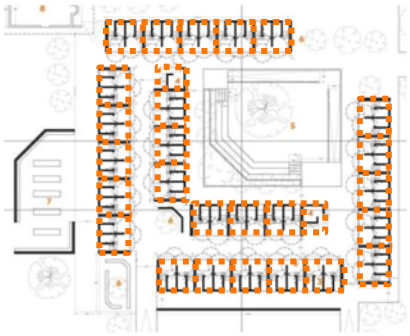
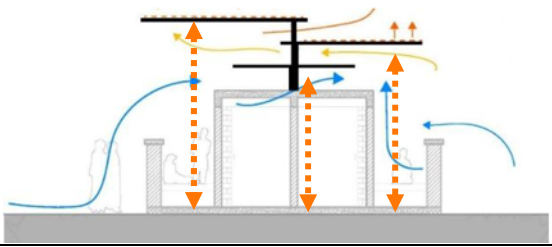
YAPININ KÜNYESİ	
Yapının Adı	Dandaji Marketi
Yapım Yılı	2018
Yapım Yeri	Nijer/Tahoua
Mimarı	Atelier Masomi
İklim	Kurak iklim Tahoua şehrinde etkindir. Tahoua yıl boyunca çok az yağış almaktadır. Şehrin yıllık ortalama sıcaklığı 28,7 °C 'dır, yıllık ortalama yağış miktarı 200 mm'dir (URL-95).
GÖRSELLER/ TEKNİK-ŞEMATİK ÇİZİMLER	

Genel görünüm (URL-94)

Zemin kat planı (URL-94)

Kesit (URL-94)

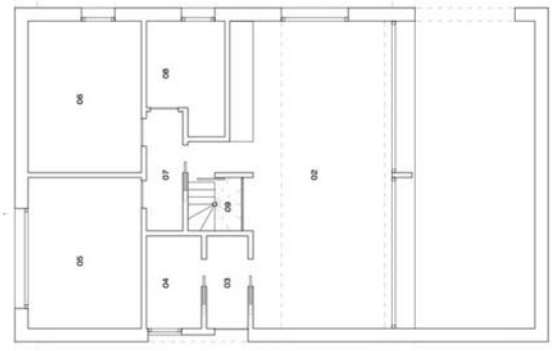
Tablo 37'nin devamı

ENERJİ KORUNUMU VE TOPRAK DUVAR	
Kat Sayısı	Yapı tek katlıdır.
Üretim Tekniği	Toprak Blok ile Üretim (Earth Blocks)
Malzeme	Sıkıştırılmış toprak blokları oluşturan karışıma stabilizasyon için çimento ilave edilmiştir.
Kalınlık	Duvarlar 15-30 cm kalınlığındadır.
Boy	Duvar boyu en az 1,2 en çok 4,8 metredir.
Yükseklik	Duvar yüksekliği en az 2 en çok 2,5 metredir.
Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi	Toprak duvarlar beton döşeme ile birleştirilmiştir.
Toprak Duvar-Yapı İlişkisi	Market toprak duvarlarla oluşturulan ünitelerin avlu etrafında bir araya getirilmesiyle oluşturulmuştur. 
Enerji Korunumu	Kurak iklimde gölge alanlar oluşturmak için toprak duvarlarla birlikte metal kanopiler tasarlanmıştır. Gölgeleme elemanlarının değişen yüksekliği hava akışına yardımcı olmaktadır. 

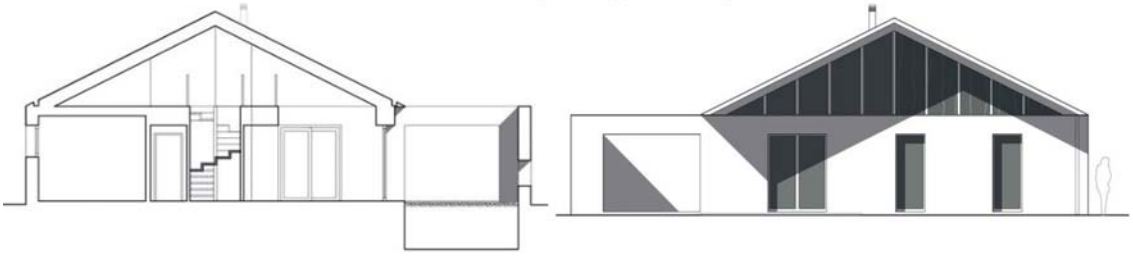
Tablo 38. SCL Hasır Balya Evi (URL-96)

YAPININ KÜNYESİ	
Yapının Adı	SCL Hasır Balya Evi
Yapım Yılı	2016
Yapım Yeri	İtalya/Vicenza
Mimarı	Jimmi Pianezzola Architetto
İklim	Kışları ılıman nemli orta enlem iklim bölgesinde bulunur. Şehrin yıllık ortalama sıcaklığı 12,9 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 1152 mm'dir (URL-97).
GÖRSELLER/ TEKNİK-ŞEMATİK ÇİZİMLER	

Genel görünüm (URL-96)

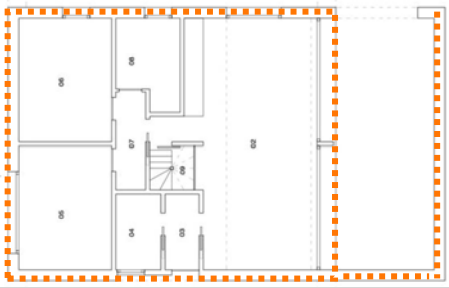


Zemin kat planı (URL-96)



Kesit ve görünüş (URL-96)

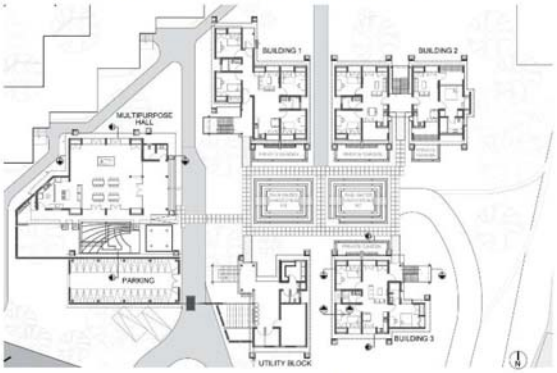
Tablo 38'in devamı

ENERJİ KORUNUMU VE TOPRAK DUVAR	
Kat Sayısı	Yapı 2 katlıdır.
Üretim Tekniği	Büyük Bloklar ve Prefabrike Paneller ile Üretim (Large Blocks and Prefabricated Panels)
Malzeme	Duvarlar ahşap strüktür arasına saman balya dolgu ile inşa edilmiştir. Kireç sıva kullanılmıştır.
Kalınlık	Duvar kalınlığı 35 cm'dir.
Boy	Duvar boyu en az 10,8 en çok 17 metredir.
Yükseklik	Duvar yüksekliği 3 metredir.
Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi	Toprak duvarlar çakıl katkılı taşıyıcı üzeri ahşap kaplama döşeme ile birleştirilmiştir.
Toprak Duvar-Yapı İlişkisi	Sade bir tasarım istenmiş, zemin kat kompakt bir şekilde tasarlanmıştır. Oturma odası güneye ve bir verandaya bakar. 
Enerji Korunumu	Kullanılan saman bloklar ve sıvalar bina yalıtımına katkı sağlar. Bina, geleneksel tekniklerle üretilen binalara göre daha düşük maliyetlidir ve çok düşük enerji tüketimi sağlar.

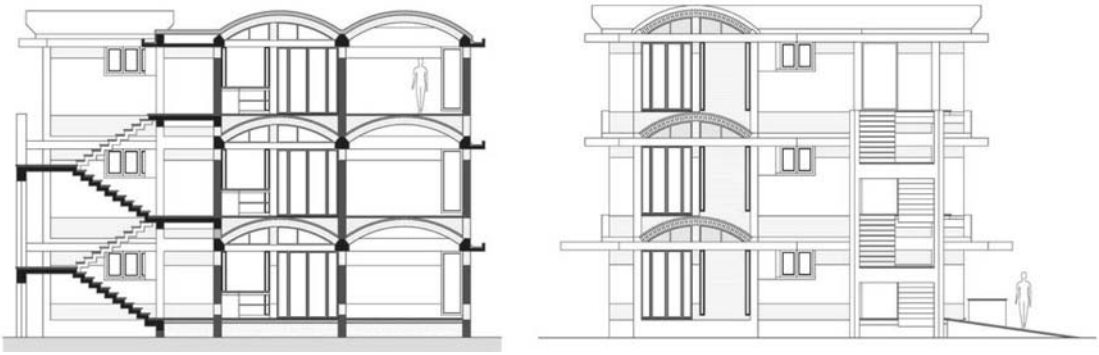
Tablo 39. Humanscapes Habitat Kentsel Yaşam Birimi (URL-98)

YAPININ KÜNYESİ	
Yapının Adı	Humanscapes Habitat Kentsel Yaşam Birimi
Yapım Yılı	2018
Yapım Yeri	Hindistan/Chennai
Mimarı	Auroville
İklim	Chennai şehrinde nemli tropikal iklim görülmektedir. Yıllık ortalama sıcaklığı 27,9 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 1014 mm'dir (URL-99).
GÖRSELLER/ TEKNİK-ŞEMATİK ÇİZİMLER	

Genel görünüm (URL-98)

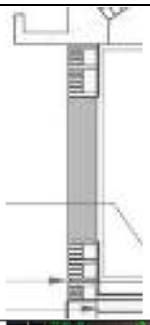


Zemin kat planı (URL-98)



Kesit ve görünüş (URL-98)

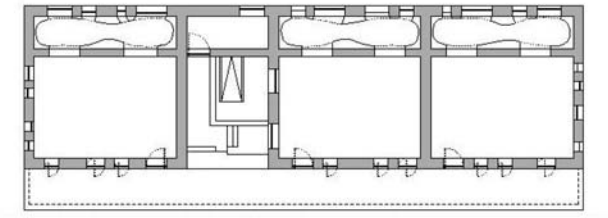
Tablo 39'un devamı

ENERJİ KORUNUMU VE TOPRAK DUVAR	
Kat Sayısı	Yapı 3 katlıdır.
Üretim Tekniği	Islak Balçık ile Doğrudan Şekillendirme (Direct Forming With Wet Loam) 
Malzeme	Ana yapı malzemesi olarak atık taşlar, toprak ve brüt beton kullanılmıştır (URL-100).
Kalınlık	Duvar kalınlığı 24 cm'dir.
Boy	Duvar boyu en az 1,5 en çok 25 metredir.
Yükseklik	Duvar yüksekliği 2,1 metredir.
Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi	Toprak duvarlar taşıyıcısı beton kaplaması taş döşeme ile birleştirilmiştir.
Toprak Duvar-Yapı İlişkisi	Toprak duvarlarla oluşturulan bloklar avlu etrafında kurgulanmıştır.
Enerji Korunumu	Bina kabuğu tasarımında solar pasif ilkelere bağlı kalınarak, ısı kazanımını azaltmak için doğu batı cephelerinde pencere sayısı az kurgulanmıştır (URL-100).

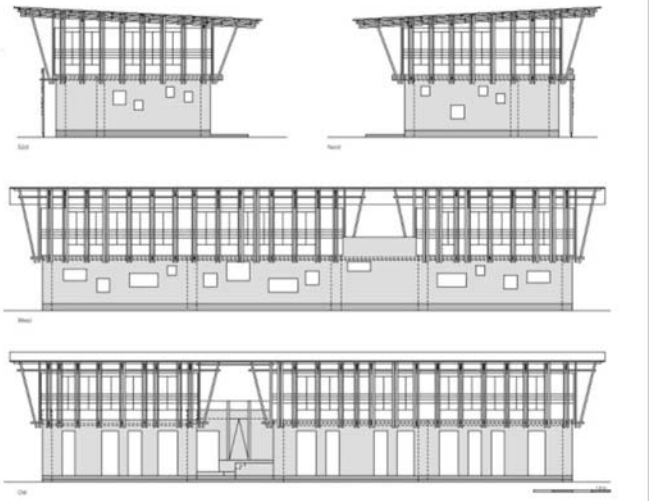
Tablo 40. METI Okulu (URL-101)

YAPININ KÜNYESİ	
Yapının Adı	METI Okulu
Yapım Yılı	2007
Yapım Yeri	Bangledeş/Dinajpur
Mimarı	Anna Heringer, Eike Roswag
İklim	Kışları ılıman nemli orta enlem iklim bölgesinde bulunur. Yaz aylarında yağış kış aylarından daha fazla görülür. Yıllık ortalama sıcaklığı 24,5 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 2340 mm'dir (URL-102).
GÖRSELLER/ TEKNİK-ŞEMATİK ÇİZİMLER	

Genel görünüm (URL-101)

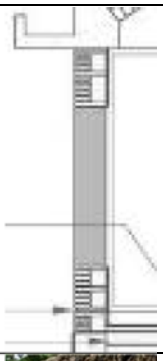
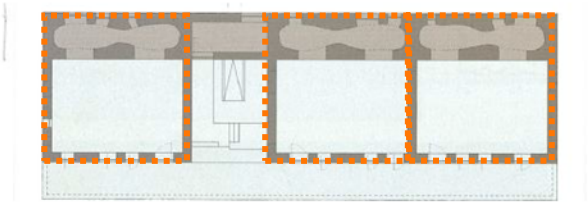


Zemin kat planı (URL-101)



Görünüşler (URL-101)

Tablo 40'ın devamı

ENERJİ KORUNUMU VE TOPRAK DUVAR	
Kat Sayısı	Yapı 2 katlıdır.
Üretim Tekniği	Islak Balçık ile Doğrudan Şekillendirme (Direct Forming With Wet Loam) 
Malzeme	Toprak duvar karışımına saman ilave edilmiştir.
Kalınlık	Toprak duvar kalınlığı 50 cm'dir.
Boy	Duvar boyu en az 6 en çok 12 metredir.
Yükseklik	Duvar yüksekliği 3 metredir.
Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi	Toprak duvarlar taşıyıcısı pişmiş tuğla üzeri betopan kaplama döşeme ile birleştirilmiştir.
Toprak Duvar-Yapı İlişkisi	Zemin katta yer alan 3 sınıf toprak duvarlarla birbirinden ayrılmaktadır. 
Enerji Korunumu	Proje mevcut yapı tekniklerini geliştirip, yerel malzeme ve işçilik kullanarak enerji korunumuna katkıda bulunmuştur. Kil ve bambu, sıcak ve ılıman iklimle başa çıkmak için mükemmel niteliklere sahip, ucuz ve yerel malzemelerdir. Kalın toprak duvarlar ve çift kat yüksekliği, konforlu bir iç iklim sağlar.

3. BULGULAR VE İRDELEMELER

Yapılan çalışmalar bölümünde pişmemiş toprağın çağdaş yapım teknikleriyle yapı üretiminde kullanıldığı 30 örnek analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre bulgular ve değerlendirmeler 2 temel başlıkta toplanmıştır.

1.Yapı künyesi ile ilgili bulgular ve değerlendirmeler

2.Enerji korunumu ve toprak duvar ile ilgili bulgular ve değerlendirmeler

3.1. Yapı Künyesi ile İlgili Bulgular ve İrdelemeler

Bu bölümde analiz edilen 30 yapının işlevi, yapım yılı, yapım yeri ve iklimi ile ilgili bulgular ve değerlendirmeler yer almaktadır (Tablo 41).

Tablo 41. Yapı künyesi ile ilgili bulgular

	Yapı Adı	Yapım Yılı	Yapım Yeri	İklim
1	Tucson Dağ Evi	2012	ABD	Kurak
2	Ricola Bitki Merkezi	2014	İsviçre	Kışları ılıman nemli orta enlem
3	Oaxaca Sanat Okulu	2008	Meksika	Kışları ılıman nemli orta enlem
4	345 Telanor Kampüsü	2017	Pakistan	Kışları ılıman nemli orta enlem
5	Binicilik Merkezi	2014	Avustralya	Kışları ılıman nemli orta enlem
6	Bushey Mezarlığı	2017	Birleşik Krallık	Kışları ılıman nemli orta enlem
7	Port Phillip Satış Birimi	2009	Avustralya	Kışları ılıman nemli orta enlem
8	Casa Bellana Sanat Merkezi	2019	Meksika	Kurak

Tablo 41'in devamı

9	Bamyan Şehir Hastanesi	2017	Afganistan	Kışları soğuk nemli orta enlem
10	J2 Rezidans	2011	ABD	Kurak
11	Zhengzhou Jianye Futbol Kasabası Turist Merkezi	2019	Çin	Kışları ılıman nemli orta enlem
12	Cunha Evi	2019	Brezilya	Kışları ılıman nemli orta enlem
13	Ulaman Tatil Köyü	2020	Endonezya	Nemli tropikal
14	Yeşil Okul	2021	Güney Afrika	Kışları ılıman nemli orta enlem
15	Dahei Köyü Halk Salonu	2021	Çin	Kışları ılıman nemli orta enlem
16	Bayalpata Hastanesi	2019	Nepal	Kışları ılıman nemli orta enlem
17	Rammed Earth Yoga Stüdyosu	2022	Birleşik Krallık	Kışları ılıman nemli orta enlem
18	Hawk Evi	2018	Meksika	Kurak
19	Tapial Evi	2020	Bolivya	Nemli tropikal
20	Biosınıf	2015	Belçika	Kışları ılıman nemli orta enlem
21	Toprak Mimarlığı Merkezi	2010	Mali	Kurak
22	Mud Kafeterya	2017	Gana	Nemli tropikal
23	Bangre Veenem Ortaokulu	2019	Burkina Faso	Kurak
24	HIKMA Dini Kompleksi	2018	Nijer	Kurak

Tablo 41'in devamı

25	Muyinga Kütüphanesi	2012	Burundi	Nemli tropikal
26	Sakurajima Evi	2013	Japonya	Kışları ılıman nemli orta enlem
27	Dandaji Marketi	2008	Nijer	Kurak
28	SCL Hasır Balya Evi	2016	İtalya	Kışları ılıman nemli orta enlem
29	Humanscapes Habitat Kentsel Yaşam Birimi	2018	Hindistan	Nemli tropikal
30	METI Okulu	2007	Bangladeş	Kışları ılıman nemli orta enlem

- Yapı İşlevi

30 örneğin 8'i konut, 3'ü okul, 2'si toplum merkezi, 2'si kültür sanat merkezi, 2'si hastane, 3'ü satış birimi, 2'si rekreasyon ve eğitim, 1'i ofis, 1'i üniversite, 1'i mezarlık, 1'i dini kompleks, 1'i kütüphane, 1'i otel, 1'i turizm merkezi, 1'i fabrika işlevindedir. Konut yapılarından büyük ölçekte inşa edilen hastane yapılarına değin çeşitli büyüklükteki yapılarda pişmemiş toprağın kullanılabileceği görülmüştür. Küçük ölçekli ve az katlı olması nedeniyle konut işlevinin daha yoğun olduğu düşünülmektedir. Kamusal yapılarda da toplumu bilinçlendirme ve bilgilendirme amacıyla pişmemiş toprağın kullanılabileceği düşünülmektedir.

- Yapım Yılı

Analiz edilen 30 yapının 6'sı 2007-2010, 3'ü 2011-2014, 9'u 2015-2018, 10'u 2019-2022 yılları arasında inşa edilmiştir. Toprak malzemeye olan yönelimin son yıllarda arttığı görülmektedir. Yaşanan iklim krizinin bu yönelime neden olduğu düşünülmektedir.

- Yapım Yeri

Toprağın duvar elemanı üretiminde kullanıldığı 30 örnek yapı; coğrafya, iklim koşulları ve gelişmişlik düzeylerinin çeşitlendiği 24 farklı ülkede inşa edilmiştir. Bu durum farklı coğrafyalarda toprak malzeme ile yapı üretimin mümkün olduğunu göstermektedir.

- İklim

Dünyada yaygın kullanılan ve ana iki parametresi sıcaklık ve yağış olan Köppen-Geiger iklim sınıflandırma yöntemi çalışmada esas alınmıştır (URL-106). Bu sınıflandırma yöntemi nemli tropikal, kurak, kışları ılıman nemli orta enlem, kışları soğuk nemli orta enlem ve polar olmak üzere 5 ana tip içermektedir (Peel vd., 2007; akt. Öztürk vd., 2017). İncelenen 30 örnek yapının 16'sı kışları ılıman nemli orta enlem, 8'i kurak, 5'i nemli tropikal ve 1'i kışları soğuk nemli orta enlem iklim bölgesinde inşa edilmiştir. İklim tiplerinin özelliklerine bakıldığında toprağın duvar üretiminde kullanımının kışları ılıman nemli orta enlem bölgelerinde yoğun olduğu görülmüştür. Toprağın nem düzenleme özelliği nedeniyle kışları ılıman nemli orta enlem bölgelerinde kullanımının yaygın olabileceği düşünülmüştür. Türkiye'deki en yaygın iklim tipi olan ılıman nemli orta enlem iklim tipi (%43) kıyı kesimlerini ve Güneydoğu Anadolu'nun büyük bölümünü içine almaktadır (Öztürk vd., 2017). Türkiye'de ılıman nemli orta enlem iklim tipinin görüldüğü yörelerde de pişmemiş toprak yapı malzemesinin kullanımı görülmektedir.

3.2. Enerji Korunumu ve Toprak Duvar ile İlgili Bulgular ve İrdelemeler

Bu bölümde analiz edilen 30 örneğin kat sayısı, kat sayısı, üretim tekniği, malzeme, kalınlık, boy, yükseklik, toprak duvar-döşeme ilişkisi, toprak duvar-yapı ilişkisi, enerji korunumu ile ilgili bulgular ve değerlendirmeler yer almaktadır (Tablo 42,43,44).

Tablo 42. Enerji korunumu ve toprak duvar ile ilgili bulgular-1

	Yapı Adı	Kat Sayısı	Üretim Tekniği	Malzeme
1	Tucson Dağ Evi	1	Sıkıştırma tekniği	Ana malzeme toprak
2	Ricola Bitki Merkezi	3	Sıkıştırma tekniği	Ana malzeme topraktır. Stabilizasyon için kireç ve volkanik tüf eklenmiştir. Taşıyıcı sistem betonarmedir.
3	Oaxaca Sanat Okulu	1	Sıkıştırma tekniği	Ana malzeme toprak

Tablo 42'nin devamı

4	345 Telanor Kampüsü	3	Sıkıştırma tekniği	Ana malzeme toprak, yalıtım katmanı vardır.
5	Binicilik Merkezi	1	Sıkıştırma tekniği	Ana malzeme toprak, taşıyıcı sistem ahşaptır.
6	Bushey Mezarlığı	1	Sıkıştırma tekniği	Ana malzeme toprak, kaplamalar meşe panellerden oluşur.
7	Port Phillip Satış Birimi	2	Sıkıştırma tekniği	Ana malzeme toprak
8	Casa Bellana Sanat Merkezi	2	Sıkıştırma tekniği	Ana malzeme toprak
9	Bamyan Şehir Hastanesi	2	Sıkıştırma tekniği	Ana malzeme toprak
10	J2 Rezidans	3	Sıkıştırma tekniği	Ana malzeme toprak; güçlendirme için çelik; kaplama için alçı ve çinko kullanılmıştır.
11	Zhengzhou Jianye Futbol Kasabası Turist Merkezi	2	Sıkıştırma tekniği	Ana malzeme toprak
12	Cunha Evi	1	Sıkıştırma tekniği	Ana malzeme toprak
13	Ulaman Tatil Köyü	2	Sıkıştırma tekniği	Ana malzeme toprak; taşıyıcı sistem bambudur.
14	Yeşil Okul	1	Sıkıştırma tekniği	Ana malzeme toprak; kaplama göreviyle kireç kullanılmıştır.
15	Dahei Köyü Halk Salonu	1	Sıkıştırma tekniği	Ana malzeme toprak; taşıyıcı sistem çeliktir.
16	Bayalpata Hastanesi	2	Sıkıştırma tekniği	Ana malzeme toprak; stabilizasyon için çimento eklenmiştir.

Tablo 42'nin devamı

17	Rammed Earth Yoga Stüdyosu	1	Sıkıştırma tekniği	Ana malzeme toprak; kaplama için kayın ağacı; stabilizasyon için kireç ve çimento kullanılmıştır.
18	Hawk Evi	1	Sıkıştırma tekniği	Ana malzeme toprak, kaplama için yerel taşlar kullanılmıştır.
19	Tapial Evi	2	Sıkıştırma tekniği	Ana malzeme toprak
20	Biosınıf	1	Toprak blok	Ana malzeme topraktır. Yalıtım göreviyle kenevir eklenmiştir.
21	Toprak Mimarlığı Merkezi	1	Toprak blok	Ana malzeme toprak
22	Mud Kafeterya	1	Toprak blok	Ana malzeme toprak
23	Bangre Veenem Ortaokulu	1	Toprak blok	Ana malzeme toprak
24	HIKMA Dini Kompleksi	1	Toprak blok	Ana malzeme toprak
25	Muyinga Kütüphanesi	1	Toprak blok	Ana malzeme toprak
26	Sakurajima Evi	2	Toprak blok	Ana malzeme toprak; yalıtım için volkanik malzeme eklenmiştir.
27	Dandaji Marketi	1	Toprak blok	Ana malzeme toprak; stabilizasyon için çimento eklenmiştir.
28	SCL Hasır Balya Evi	2	Büyük bloklar ve prefabrike panel	Ana malzeme toprak ve saman; taşıyıcı sistem ahşaptır ve kireç sıva kullanılmıştır.
29	Humanscapes Habitat Kentsel Yaşam Birimi	3	Islak Balçık ile Doğrudan Şekillendirme	Ana malzeme toprak; taşıyıcı sistem taş ve brüt betondur.

Tablo 42’nin devamı

30	METI Okulu	2	Islak Balçık ile Doğrudan Şekillendirme	Ana malzeme toprak; stabilizasyon için saman eklenmiştir.

- Kat Sayısı

İncelenen pişmemiş toprak duvarın yer aldığı 30 örneğin 16’sı tek, 10’u 2, 4’ü 3 katlıdır. 1-2 katlı uygulamalarda toprağın taşıyıcı göreviyle; 2-3 katlı uygulamalarda toprağın bölücü göreviyle kullanıldığı görülmektedir. İncelenen örnekler ışığında toprağın az katlı uygulamalarda kullanımının yaygın olduğu ancak farklı taşıyıcı sistemler ve güçlendirmeyle 2-3 katlı uygulamalar yapılabildiği görülmüştür.

- Üretim Tekniği

İncelenen 30 örnekte yer alan pişmemiş toprak duvarların 19’u sıkıştırma tekniği,8’i toprak blok,2’si ıslak balçık ile doğrudan şekillendirme ve 1’i büyük bloklar ve prefabrike paneller tekniği ile inşa edilmiştir. Analiz edilen örnekler ışığında sıkıştırma tekniği ve toprak bloklar ile üretimin dünya genelinde daha yaygın olduğu görülmüştür. Bu durumun sıkıştırma tekniği ve toprak bloklarla üretimde standardizasyon sağlanması ve makineleşmenin yaygınlaşması nedeniyle olabileceği düşünülmektedir.

- Malzeme

İncelenen 30 örnekteki 29 duvarın ana malzemesi toprak, 1’i toprak ve samandır. Toprak duvar bölücü (6) ve taşıyıcı (24) göreviyle kullanılmıştır. Bölücü görevi üstlendiği örneklerde taşıyıcı sistemde ahşap (2), betonarme (2), çelik (1), bambu (1) malzemeleri tercih edilmiştir.

Kaplama için ahşap (2), kireç (2) taş (1), çinko (1) ve alçı (1) kullanılmıştır. Stabilizasyon için saman (1), çimento (3), kireç (1); yalıtım için volkanik malzeme (1) ve kenevir (1) kullanılmıştır.

Toprak duvarda; taşıyıcı, kaplama, stabilizasyon ve yalıtım görevi için farklı malzemelerin kullanılabileceği görülmüştür. Ancak bu durum iklim bölgelerine bağlı olarak değişmektedir. Örneğin kışları ılıman nemli orta enlem iklim bölgesinde yer alan 3 örnekte ek ısı yalıtım katmanının yer aldığı görülmüştür.

Tablo 43. Enerji korunumu ve toprak duvar ile ilgili bulgular-2

	Yapı Adı	Kalınlık	Boy	Yükseklik	Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi
1	Tucson Dağ Evi	45-90 cm	2,5-13,5 m	4,2-5 m	Betonarme döşeme
2	Ricola Bitki Merkezi	45 cm	36-180 m	10,8 m	Betonarme döşeme
3	Oaxaca Sanat Okulu	35-70 cm	6-25 m	5 m	Taşıyıcısı betonarme; kaplaması seramik döşeme
4	345 Telanor Kampüsü	60 cm	-	3 m	Taşıyıcısı betonarme; kaplaması seramik döşeme
5	Binicilik Merkezi	60 cm	100 m	2,5 m	Taşıyıcısı betonarme; kaplaması sıkıştırılmış toprak döşeme
6	Bushey Mezarlığı	40 cm	1-20 m	3,5-6,5 m	Taşıyıcısı beton; kaplaması seramik döşeme
7	Port Phillip Satış Birimi	15-35 cm	100 m	3,65-7,5 m	Taşıyıcısı beton; kaplaması seramik ve ahşap döşeme
8	Casa Bellana Sanat Merkezi	50 cm	5-15 m	3,2 m	Taşıyıcısı beton; kaplaması seramik döşeme
9	Bamyan Şehir Hastanesi	45 cm	4- 21 m	3,5 m	Taşıyıcısı beton; kaplaması seramik döşeme
10	J2 Rezidans	20-40 cm	1-15 m	4,2-7,2 m	Taşıyıcısı beton; kaplaması seramik ve ahşap döşeme

Tablo 43'ün devamı

11	Zhengzhou Jianye Futbol Kasabası Turist Merkezi	50 cm	5-50 m	14,7 m	Taşıyıcısı betonarme; kaplaması seramik ve ahşap döşeme
12	Cunha Evi	35 cm	6-15,8 m	1-3 m	Taşıyıcısı beton; kaplaması seramik ve ahşap döşeme
13	Ulaman Tatil Köyü	30 cm	1-9 m	3 m	Taşıyıcısı beton; kaplaması ahşap döşeme
14	Yeşil Okul	35 cm	-	3 m	Taşıyıcısı beton; kaplaması kireç döşeme
15	Dahei Köyü Halk Salonu	40 cm	1-20 m	2-3,5 m	Taşıyıcısı beton döşeme
16	Bayalpata Hastanesi	45 cm	5-40 m	5-10 m	Taşıyıcısı betonarme; kaplaması seramik döşeme
17	Rammed Earth Yoga Stüdyosu	30 cm	4-9,5 m	3 m	Taşıyıcısı beton; kaplaması ahşap döşeme
18	Hawk Evi	40 cm	4-15 m	3,5-4,5 m	Taşıyıcısı beton; kaplaması seramik döşeme
19	Tapial Evi	36 cm	2-10 m	2-4 m	Taşıyıcısı beton; kaplaması seramik döşeme
20	Biosınıf	10-20 cm	0,55-3,65 m	3,2 m	Taşıyıcısı betonarme; kaplaması kireç olan döşeme
21	Toprak Mimarlığı Merkezi	45 cm	0,9-10 m	3-3,75 m	Taşıyıcısı betonarme; kaplaması pişmemiş toprak karo olan döşeme

Tablo 43'ün devamı

22	Mud Kafeterya	45 cm	0,7-2 m	2,7 m	Sıkıştırılmış toprak döşeme
23	Bangre Veenem Ortaokulu	15-25 cm	3-20 m	3,2 m	Taşıyıcısı beton
24	HIKMA Dini Kompleksi	50 cm	2,5-26,5 m	3-9 m	Taşıyıcısı betonarme; kaplaması seramik ve sıkıştırılmış toprak döşeme
25	Muyinga Kütüphanesi	45 cm	6,5-13 m	2,5-5,85 m	Taşıyıcısı beton; kaplaması seramik döşeme
26	Sakurajima Evi	30 cm	4-5,25 m	2,2 m	Taşıyıcısı betonarme; kaplaması seramik, ahşap, pişmemiş toprak döşeme
27	Dandaji Marketi	15-30 cm	1,2-4,8 m	2-2,5 m	Taşıyıcısı beton döşeme
28	SCL Hasır Balya Evi	35 cm	10,8-17 m	3 m	Taşıyıcısı beton; kaplaması seramik ve ahşap döşeme
29	Humanscapes Habitat Kentsel Yaşam Birimi	24 cm	1,5-25 m	2,1 m	Taşıyıcısı beton; kaplaması taş döşeme
30	METI Okulu	50 cm	6-12 m	3 m	Taşıyıcısı pişmiş tuğla; kaplaması betopan döşeme

- Kalınlık

Analiz edilen 30 örnek özelinde duvar kalınlığı 10-90 cm arasında değişkenlik göstermektedir.11 örnekte, 10-30 cm; 24 örnekte 35-50 cm; 3 örnekte 65-90 cm'dir. Bu durumun duvarın taşıyıcı/bölücü özelliği, bulunulan iklim tipiyle ilgili olabileceği

düşünülmektedir. Kurak iklim bölgelerinde yer alan örneklerde duvar kalınlığının arttığı görülmüştür. Duvarın kalınlığı arttırılarak U değerinin düşürüldüğü böylece ısı korunumunun sağlanacağı düşünülmektedir.

- Boy

Analiz edilen 30 örnekte pişmemiş toprak duvarın boyu 0,55-180 metre aralığında değişmektedir. Toprak duvar boyu 19 örnekte 0,55-4,8 metre; 23 örnekte 5-20 metre; 9 örnekte 25-180 metredir. Toprak duvarın boyunun farklılaşmasının mekân organizasyon kararlarıyla ilgili olabileceği, uygun taşıyıcı sistem seçimiyle pişmemiş toprak duvarlar inşa edilebileceği düşünülmektedir.180 metre boyunda inşa edilen duvar betonarme strüktür üzerine topraktan sıkıştırılmış paneller (0,45x1,35x4,35) ile prefabrike inşa edilmiştir. Toprak duvar boyunun strüktür, malzeme kalınlığı, yükseklik ve toprak duvar üretim tekniği kararlarıyla değişebileceği düşünülmektedir.

- Yükseklik

Analiz edilen 30 örnekte pişmemiş toprağın taşıyıcı işlevi gördüğü tek katlı yapılarda duvar yüksekliği 1-14,7 metre; bölücü işlevi gördüğü tek katlı yapılarda duvar yüksekliği 2-10,8 metre aralığındadır. 1-3 metre yükseklikte kalınlık 15-60 cm, boy 1-100 metre; 3,2-9 metre yükseklikte kalınlık 10-70 cm, boy 0,55-100 metre;10-14,7 metre yükseklikte kalınlık 45-50 cm, boy 5-180 metre olduğu görülmüştür. Duvar yüksekliğinin 10 ve 14,7 metre olduğu iki örnekte sıkıştırma tekniği ile üretim gerçekleştirilmiştir. Toprak duvarların kalınlık, yükseklik ve boy seçiminin yapı tasarım kararlarıyla ilgili olabileceği düşünülmektedir. Uygun taşıyıcı sistemle birlikte istenilen yükseklikte duvar üretilebileceği görülmektedir.

- Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi

Analiz edilen 30 örnekte yer alan pişmemiş toprak duvar ile uygulanan döşemelerin taşıyıcısı betonarme (17), beton (11), sıkıştırılmış toprak (1), pişmiş tuğla (1); kaplaması seramik (10), ahşap (8), sıkıştırılmış toprak (3), kireç (2), betopan (1) ve taş (1)'tır. Pişmemiş toprak duvarın taşıyıcısı betonarme kaplaması seramik olan döşeme ile kullanıldığı örneklerin yoğunlukta olduğu görülmektedir. Betonarme ve seramiğin zeminden gelebilecek su ve neme karşı toprak duvarı koruduğu için daha fazla tercih edildiği düşünülmektedir.

Tablo 44. Enerji korunumu ve toprak duvar ile ilgili bulgular-3

	Yapı Adı	Duvar-Yapı İlişkisi	Enerji Korunumu
1	Tucson Dağ Evi	Avlu etrafındaki birimler toprak duvarlarla oluşturulmuştur.	Farklı kotlara yerleştirilen toprak duvarlarla ısı ve ses yalıtımı sağlanmıştır.
2	Ricola Bitki Merkezi	Toprak duvarlarla kompakt mekanlar oluşturulmuştur.	Sıkıştırılmış toprak paneller ısı yalıtımı sağlamaktadır.
3	Oaxaca Sanat Okulu	Avlu etrafındaki birimler toprak duvarlarla oluşturulmuştur.	Araziye gömülü toprak duvarlar ısı ve ses yalıtımı sağlarken yangın/ dayanımını arttırmaktadır.
4	345 Telanor Kampüsü	Avlu etrafındaki birimler toprak duvarlarla oluşturulmuştur.	Toprak duvarlar, etkin ısı yalıtımı sağlamaktadır.
5	Binicilik Merkezi	Eğrisel toprak duvarlarla kompakt mekanlar oluşturulmuştur.	Toprak duvarlar, etkin ısı yalıtımı sağlamaktadır.
6	Bushey Mezarlığı	Toprak duvarlarla birbirinden bağımsız kompakt mekanlar oluşturulmuştur.	Eğimli araziye gömülü ibadethaneler toprak duvarlar ısı ve ses yalıtımı göreviyle enerji korunumu sağlar.
7	Port Phillip Satış Birimi	Toprak duvarlarla kompakt mekanlar oluşturulmuştur.	Farklı kotlara yerleştirilen toprak duvarlar ısı yalıtımı sağlamaktadır.
8	Casa Bellana Sanat Merkezi	Avlu etrafındaki birimler toprak duvarlarla oluşturulmuştur.	Farklı kotlara yerleştirilen toprak duvarlar ısı ve ses yalıtımı sağlamaktadır.
9	Bamyan Şehir Hastanesi	Avlu etrafındaki birimler toprak duvarlarla oluşturulmuştur.	Toprak duvarlar, etkin ısı yalıtımı sağlamaktadır. Geniş bacalar doğal havalandırmaya imkan verir.

Tablo 44'ün devamı

10	J2 Rezidans	Avlu etrafındaki birimler toprak duvarlarla oluşturulmuştur.	Farklı kotlara yerleştirilen toprak duvarlar ısı yalıtımı sağlamaktadır.
11	Zhengzhou Jianye Futbol Kasabası Turist Merkezi	Toprak duvarlarla kompakt mekanlar oluşturulmuştur.	Farklı kotlara yerleştirilen toprak duvarlar ısı yalıtımı sağlamaktadır. Duvar yüzeyindeki boşluklar havalandırmaya imkân verir.
12	Cunha Evi	Toprak duvarlarla kompakt mekanlar oluşturulmuştur.	Farklı kotlara yerleştirilen toprak duvarlar ısı yalıtımı sağlamaktadır. Çatı pencereleri havalandırmaya yardımcı olur.
13	Ulaman Tatil Köyü	Toprak duvarlarla işleve yönelik avlu etrafında bağımsız mekanlar oluşturulmuştur.	Toprak duvarlar, etkin ısı yalıtımı sağlamaktadır.
14	Yeşil Okul	Toprak duvarlarla işleve yönelik avlu etrafında bağımsız mekanlar oluşturulmuştur.	Toprak duvarlar, etkin ısı yalıtımı sağlamaktadır.
15	Dahei Köyü Halk Salonu	Toprak duvarlarla kompakt mekanlar oluşturulmuştur.	Farklı kotlara yerleştirilen toprak duvarlar ısı yalıtımı sağlamaktadır.
16	Bayalpata Hastanesi	Avlu etrafındaki birimler toprak duvarlarla oluşturulmuştur.	Farklı kotlara yerleştirilen toprak duvarlar ısı yalıtımı sağlamaktadır.
17	Rammed Earth Yoga Stüdyosu	Toprak duvarlarla kompakt mekanlar oluşturulmuştur.	Farklı kotlara yerleştirilen toprak duvarlar ısı yalıtımı sağlamaktadır.

Tablo 44'ün devamı

18	Hawk Evi	Avlu etrafındaki birimler toprak duvarlarla oluşturulmuştur.	Toprak duvarlar, etkin ısı yalıtımı sağlamaktadır.
19	Tapial Evi	Toprak duvarlarla kompakt mekanlar oluşturulmuştur.	Toprak duvarlar, etkin ısı yalıtımı sağlamaktadır.
20	Biosınıf	Toprak duvarlarla kompakt mekanlar oluşturulmuştur.	Sıkıştırılmış toprak blok duvarlar etkin ısı ve ses yalıtımı sağlamaktadır.
21	Toprak Mimarlığı Merkezi	Toprak duvarlarla birbirinden bağımsız kompakt mekanlar oluşturulmuştur.	Sıkıştırılmış toprak bloklar ısı yalıtımı sağlamaktadır. Duvar ve tonozlardaki havalandırma açıklıkları doğal havalandırma sağlar
22	Mud Kafeterya	Toprak duvarlarla kompakt mekanlar oluşturulmuştur.	Farklı kotlara yerleştirilen toprak duvarlar iç iklimi stabilize edip tampon görevi görmektedir. Geniş bacalar doğal havalandırmaya imkân vermektedir
23	Bangre Veenem Ortaokulu	Toprak duvarlarla kompakt mekanlar oluşturulmuştur.	Kurak iklimde toprak duvarlar ısı yalıtımı sağlarken duvar yüzeyindeki boşluklar doğal havalandırmaya imkân verir.
24	HIKMA Dini Kompleksi	Avlu etrafındaki birimler toprak duvarlarla oluşturulmuştur.	Toprak duvarlar iç ortam sıcaklıklarını dengeler kurak iklimde ısı yalıtımı sağlar.
25	Muyinga Kütüphanesi	Toprak duvarlarla kompakt mekanlar oluşturulmuştur.	Farklı kotlara yerleştirilen toprak duvarlar yalıtımı sağlarken duvardaki boşluklar havalandırmaya imkân verir.

Tablo 44'ün devamı

26	Sakurajima Evi	Toprak duvarlarla oluşturulan bağımsız mekanlar avlu etrafında organik biçimde bir araya gelmiştir.	Toprak duvarlar, etkin ısı yalıtımı sağlamaktadır.
27	Dandaji Marketi	Avlu etrafındaki birimler toprak duvarlarla oluşturulmuştur.	Farklı yükseklikteki duvarlar, etkin ısı yalıtımı sağlarken havalandırma sağlar.
28	SCL Hasır Balya Evi	Toprak duvarlarla kompakt mekanlar oluşturulmuştur.	Toprak duvarlar, etkin ısı yalıtımı sağlamaktadır.
29	Humanscapes Habitat Kentsel Yaşam Birimi	Toprak duvarlarla avlu etrafında mekanlar oluşturulmuştur.	Toprak duvarlar, etkin ısı yalıtımı sağlamaktadır.
30	METI Okulu	Toprak duvarlarla kompakt mekanlar oluşturulmuştur.	Toprak duvarlar, etkin ısı yalıtımı sağlamaktadır.

- Duvar Yapı İlişkisi

Analiz edilen 30 örnekteki pişmemiş toprak duvarların 17'si kompakt, 13'ü avlu düzenindedir. Pişmemiş toprak duvarlarla; güneşten yararlanma, mahremiyet, akustik yalıtım ve işleve yönelik çözümlemeler yapıldığı görülmüştür. Duvarları toprağa gömme, duvarlarla avlu oluşturma gibi kurgularla toprağın yalıtım niteliğinden daha etkin faydalanılabileceği düşünülmektedir. Uygun doğal havalandırma düzeni ile gerekli konfor koşullarının sağlanabildiği görülmüştür.

- Enerji Korunumu

Analiz edilen 30 örnekte kullanılan pişmemiş toprak sahip olduğu yüksek ısı kapasitesi, düşük termal iletkenlik, düşük U-değeri ve düşük gömülü enerjisiyle optimum yalıtımı sağlayarak kışın ısıtma, yazın soğutma yükünü düşürecektir.

10 örnekte çatı penceresi, duvar boşlukları ve geniş bacalarla doğal havalandırma sağlanmıştır. Bu durumun mekanik soğutma birimlerine olan ihtiyacı azaltabileceği ve bina enerji davranışını iyileştirebileceği düşünülmektedir. Kışları ılıman nemli orta enlem (3), kurak (3), nemli tropikal (2), kışları soğuk nemli orta enlem (1) iklim bölgelerinde doğal havalandırmayı sağlamaya yönelik tasarım yapılmıştır.

5 örnekte ses yalıtımı, 1 örnekte yangına karşı dayanım sağlanmıştır. Okul, sanat merkezi, ibadethane, stüdyo işlevindeki yapılarda ses yalıtımı sağlanmıştır. Duvara ilave katkılarla yapı işlevine göre düzenlemeler yapılabildiği görülmektedir.

30 örneğin 17'si düz zeminde yer alırken 11'i kotlara oturmakta 2'si araziye gömülüdür. Duvarların toprakla olan teması yapıyı daha korunaklı hale getirecek ve enerji korunumuna katkıda bulunacaktır.

Toprak duvarlarda oluşturulan açıklıkların yanında 10 örnekte bulunan çatı pencereleriyle doğal aydınlatmaya imkân verilmiştir. Gündüz, gün ışığı mekana taşınarak yapay aydınlatmaya olan gereksinim azaltılmıştır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada çağdaş yapım tekniği kullanılarak üretilmiş pişmemiş toprak yapı duvarlarına sahip 30 yapı incelenmiştir. Bu kapsamda 30 örnek yapının analiz tabloları oluşturulmuş, elde edilen bulgular ve irdelemeler ile ulaşılan sonuçlar iki temel başlık altında açıklanmıştır.

1.Yapı künyesi ile ilgili sonuçlar

2.Enerji korunumu ve toprak duvar ile ilgili sonuçlar

4.1. Yapı Künyesi ile İlgili Sonuçlar

Bu bölümde yapı işlevi, yapım yılı, yapım yeri ve iklim ile ilgili sonuçlar yer almaktadır.

- Yapı İşlevi

Yapılan çalışma sonucunda geleneksel bir malzeme olarak görülen toprağın gelişen teknolojiyle beraber farklı coğrafyalarda farklı işlevlerdeki yapılarda kullanılabildiği görülmektedir.

- Yapım Yılı

Analiz edilen 30 örnek sonucunda ve literatürde yer alan örnekler ışığında toprağın çağdaş kullanımının yaşanan iklim krizi nedeniyle son yıllarda artış eğiliminde olduğu düşünülmektedir.

- Yapım Yeri

Toprağın duvar elemanı üretiminde kullanımı gelişmemiş ve gelişmekte olan bölgelerde daha çok ekonomik nedenlerle tercih edilirken gelişmiş bölgelerde ise estetik görünümü ve enerji korunumuna katkılarından ötürü tercih edildiği sonucuna ulaşılmıştır.

- İklim

Farklı iklim tiplerinde var olan örnekler ışığında toprağın yapıda kullanımı için iklim tipinin kısıtlayıcı unsur olmadığı gerekli stabilizatörler ve uygun duvar kalınlığında farklı iklim tiplerinde toprağın duvar elemanı üretiminde kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

4.2. Enerji Korunumu ve Toprak Duvar ile İlgili Sonuçlar

Bu bölümde kat sayısı, üretim tekniği, malzeme, kalınlık, boy, yükseklik, toprak duvar-döşeme ilişkisi, toprak duvar-yapı ilişkisi, enerji korunumuna dair sonuçlar yer almaktadır.

- Kat Sayısı

Çalışmada analiz edilen örnekler ışığında toprağın taşıyıcı göreviyle 1-2 katlı yapılar, dolgu elemanı göreviyle 2-3 katlı yapılar inşa edilebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

- Üretim Tekniği

Çalışmada ve literatürde yer alan örnekler ışığında toprak duvar üretim teknikleri arasında sıkıştırma tekniğine (rammed earth) yönelik daha fazla araştırma ve uygulama yapıldığı görülmüştür. Prefabrikasyon yöntemleriyle sıkıştırma tekniği bir araya getirilmesiyle toprak yapı üretiminde standardizasyona gidilebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

- Malzeme

Ana duvar malzemesi olan toprak diğer malzemelerle bir araya gelerek düşük gömülü enerjisiyle enerji korunumuna katkıda bulunabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

- Kalınlık

Duvarın işlevine (taşıyıcı/bölücü) ve yapının yer aldığı iklim bölgesinin niteliklerine göre farklı kalınlıkta duvarlar inşa edilebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

- Boy

Çalışmada duvarın boyunun mekân organizasyon kararlarına göre değiştiği ve uygun yapım sistemi, kalınlık, yükseklik ve boyda toprak duvar inşa edilebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

- Yükseklik

Çalışmada pişmemiş toprakla uygun boy, kalınlık, yükseklik ve yapım sistemiyle duvar inşa edilebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

- Toprak Duvar-Döşeme İlişkisi

Pişmemiş toprak duvarla çeşitli malzemelerin bir arada bulunduğu döşeme uygulamaları görülmektedir. Taşıyıcısı betonarme kaplaması seramik döşemelerin bir arada yoğunlukta kullanıldığı böylece toprak duvarın nem ve suya karşı yalıtımının arttırıldığı sonucuna ulaşılmıştır.

- Toprak Duvar-Yapı İlişkisi

Toprak duvarların yapıda bölücü/taşıyıcı göreviyle farklı kot ve kalınlıklarda kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Analiz edilen 30 örnekte pişmemiş toprak duvarlarla ısı yalıtımı sağlanmıştır. Yapıda ısı yalıtımının sağlanması yoluyla enerji davranışının iyileşeceği düşünülmektedir.

- Enerji Korunumu

Yapı duvarlarda kullanılan ve teze konu olan toprak malzemenin estetik görünümünün yanında toprağın ısı yalıtım niteliği sayesinde ısıtma-soğutma yükü azaltılıp yapının enerji korunumuna yardımcı olacaktır.

Yapı yüzeyinde oluşturulan açıklıklar ve bacalarla; avlu kurgusuyla doğal havalandırma sağlanıp mekanik soğutma ihtiyacı azaltılacaktır.

Toprak duvara yapılan ilave katkılarla yapıda ses yalıtımı sağlanacaktır.

Yapının araziye gömülmesi veya kotlara oturması yoluyla daha korunaklı hale getirilip enerji korunumu sağlanacaktır.

Duvarlarda oluşturulan açıklıklar ve çatı pencereleriyle doğal aydınlatmaya imkan verilecektir.

Toprağın yapısının insanlığa sunduğu konfor koşulları, geri dönüştürülebilir olması, gömülü enerjisinin az olması enerji korunumuna olan katkısı gibi nedenler pişmemiş toprak malzemenin niteliklerini geliştirmeye yönelik yeni araştırmalar için itici güç oluşturacaktır. Bu durumun yapı sektörü ve mimarlar için farklı ölçek ve işlevlerde toprak yapılar inşa etmek için ilham kaynağı olacağı düşünülmüştür.

Ülkemizde yüzyıllardır kullanılagelen toprak malzemenin eski itibarını geri kazandırmaya yönelik ilk adımın eğitim çalışmalarıyla atılması önerilmiştir. Anaokulundan üniversite düzeyine eğitim müfredatında, alan gezilerinde toprak mimarlığının tanıtımına ve korunmasına yönelik çalışmalar yapılabilir. Mimarlık fakültelerinde toprağın çağdaş tekniklerle uygulanmasına yönelik atölye çalışmaları düzenlenebilir ve lisans/ lisans üstü düzeyde çağdaş toprak yapı üretimine dair dersler verilebilir. Toprağın inşaat sektöründe kullanımına yönelik teşvik edici yasal düzenlemeler ve ekonomik destekler önerilmiştir.

5. KAYNAKLAR

Acun Özgünler, S. ve Gürdal, E., 2012. Dünden Bugüne Toprak Yapı Malzemesi: Kerpiç, Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi, 9, 29-37.

Adam, E. A. ve Agib, A. R. A., 2001. Compressed Stabilised Earth Block Manufacture in Sudan, Graphoprint-UNESCO, Paris.

Akalan, İ., 1988. Toprak Bilgisi, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ziraat Fakültesi Yayınları, No:1058, Ankara.

Akbaş, M. F., Aslan, M. ve Arpacıoğlu, Ü., 2022. Yeşil Malzeme Bağlamında Kerpiç, Eksen Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Dergisi, 3, 2, 72-88.

Altın, M. ve Orhon, A. V., 2016. Enerji Korunumunda Adaptif/Uyarlı Cepheler, 8. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, Haziran, İstanbul, Bildiriler Kitabı:113-118.

Aydın, Ö., 2011. Yapı Düşey Dış Kabuğu Isı Yalıtım Uygulamaları ile Enerji Verimliliği Arasındaki İlişkinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Başoda, Ö., Kerpiç Ev Yapımı. https://www.ankara.bel.tr/files/7015/6534/6212/KERPIC_EV_ozlem_basoda.pdf 3 Şubat 2023.

Brunello, G., Espinoza, J. ve Golitz, A., 2018. Cob Property Analysis, Senior Thesis, Santa Clara University, Department of Civil Engineering, California.

Cascone, S., Rapisarda, R. ve Cascone, D., 2019. Physical Properties of Straw Bales as A Construction Material: A Review, Sustainability, 11, 12, 3388.

Cautius, C., 2014. Rammed Earth: Adaptations to Urban Toronto, Master Thesis, University of Waterloo, Department of Architecture, Ontario.

Correia, M., 2008. Materials and Techniques in Europe, Terra Incognita-Discovering& Preserving European Earthen Architecture, ed. Argumentum, Culture Lab. Editions, No:2, Brussels, 21-32.

Cruz, M. G., 2010. Earth Building Sustainable Potentials in the Reconstruction Scenery of Central Chile, 9th International Conference on Sustainable Energy Technologies, August, Shanghai.

Çağlar, H., 2021. Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Eğitim Yapılarının Enerji Etkin Aydınlatma Açısından İncelenmesi ve Uygulama Örneklerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.

Çalışkan, O. ve Türkoğlu, N., 2011. Ankara Şehrinin İnsan Biyoklimatolojisi Açısından Analizi, Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi, 8, 2, 978-1001.

Çepel, N., 1988. Toprak İlmi: Ders Kitabı, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını, No:3416, İstanbul.

Çiğan, A. ve Yamaçlı, R., 2020. Doğal Enerji, Sürdürülebilir Kalkınma ve Mimarlık Politikaları, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 8, 1, 554-571.

Çölhan, N. A., 2001. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın Eski Isı Yalıtım Yönetmeliği'nde Önerdiği Tip Döşeme Kesitlerinin Değerlendirilmesi, Yeni Yönetmelik Ve Ts 825'e Yeniden Önerilmeleri, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Dabaieh, M., 2014. Building with Rammed Earth-A Practical Experience with Martin Rauch, Lund University, Sweden.

Dikmen, Ç. B., 2011. Enerji Etkin Yapı Tasarım Ölçütlerinin Örneklenmesi, Politeknik Dergisi, 14, 2, 121-134.

Downton, P., Straw Bale. https://www.yourhome.gov.au/materials/straw-bale 8 Ağustos 2022.

Duran, S., Civelek, F. ve Aktuğlu, Y. K., 2016. Kerpiç Binalarda Çatı ve Cephe Malzemeleri; Akşehir, Erdoğdu ve Menderes Örnekleri, 8. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, Haziran, İstanbul, Bildiriler Kitabı: 127-132.

Easton, D., 2007. The Rammed Earth House, Chelsea Green Publishing, United States.

Ekinci, N., 2019. Modern Toprak Yapı, 11. Kârgir Yapılarda Koruma ve Onarım Semineri, Kasım, İstanbul, Bildiri Kitabı: 86-89.

Engin, N., 2012. Enerji Etkin Tasarımda Pasif İklimlendirme: Doğal Havalandırma, Tesisat Mühendisliği, 129, 62-70.

Erpul, G., Toprak Bilimi Ders Notları. https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/3266/mod_resource/content/0/Toprak%20Bilimi%20dersi%20el%20notu.pdf 22 Ocak 2020

Escobar, D. M., 2013. Earth Architecture: Building with Rammed Earth in A Cold Climate, Master Thesis, Chalmers University of Technology, Gothenburg.

Giada, G., Caponetto, R. ve Nocera, F., 2019. Hygrothermal Properties of Raw Earth Materials: A Literature Review, Sustainability, 11, 19, 5342.

Golden, E. M., 2018. Building From Tradition: Local Materials and Methods in Contemporary Architecture, Routledge, New York, 242.

Goodhew, S., Carfrae, J. ve De Wilde, P., 2010. Briefing: Challenges Related To Straw Bale Construction, Engineering Sustainability, 163, 4, 185-189.

Gürbüz, G., 2005. Toprak Yapı Malzemesinin Stabilizasyonu ve Toprak Bina Yapım Teknikleri Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Habert, G., The Earth Cycle Project Journal No:1. https://www.uia initiative.eu/sites/default/files/2019-06/Sevran_Earth%20Cycle_Journal%201.pdf 18 Şubat 2020

Habitat, 1992. Earth Construction Technology, Nairobi.

Hall, M. ve Allinson, D., 2009. Assessing The Effects Of Soil Grading On The Moisture Content-Dependent Thermal Conductivity Of Stabilised Rammed Earth Materials, Applied Thermal Engineering, 29, 4, 740-747.

Houben, H. ve Boubekeur, S., 1998. Compressed Earth Blocks: Standards, CRATerre-EAG Publications, Brussels, 142.

Işık, B., 2019. Kerpiç Yapılarda Deprem Güvenliği, 11. Kârgir Yapılarda Koruma ve Onarım Semineri, Kasım, İstanbul, Bildiri Kitabı: 107-110.

Janzen, H. H., Fixen, P. E., Franzluebbers, A. J., Hattey, J., Izaurralde, R. C., Ketterings, Q. M., Lobb, D. A. ve Schlesinger, W. H., 2011. Global Prospects Rooted in Soil Science, Soil Science Society of America Journal, 75, 1, 1-8.

Jaquin, P. A., 2008. Analysis of Historic Rammed Earth Construction, Doctoral Dissertation, Durham University, School of Engineering, Durham.

Jaquin, P. ve Augarde, C., 2012. Earth Building. History, Science and Conservation, IHS BRE Press, Watford, 740.

Jovanović, M., Mirić, A., Jovanović, G. ve Petronijević, M. A., 2018. Earth as a Material for Construction of Modern Houses, Facta universitatis-Series: Architecture and Civil Engineering, 16, 2, 175-188.

Kafescioğlu, R., 2017. Neden Toprak Yapılar?, Yaşamın Her Karesinde Toprak, İstanbul Aydın Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 133-159.

Khanları, A., 2013. Güneş Duvarı Sistemlerinin Dünyadaki Uygulamaları ve Türkiye'deki Uygulanabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Temiz Tükenmez Enerjiler Bölümü, Ankara.

Koç, İ., Duru, M. O. ve Dinçer, S. G., 2022. Yapılarda Gömülü ve Kullanım Enerjisi Kavramlarının Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) Metodolojisiyle İrdelenmesi, Journal of FSMVU Faculty of Architecture and Design, 3, 1, 55-69.

Koç, Z. G. ve Ekşi Akbulut, D., 2017. Ekolojik Tasarım Kapsamında Dünyada ve

Türkiye'de Toprak Yapı Standart ve Yönetmeliklerinin Değerlendirilmesi, Megaron, 12, 4.

Lal, R., 2012. Soil and Its Life Support Systems, Agricultural Sciences, Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS) Publishers, Oxford.

Lewis, M., 2019. Composite Vernacular Construction, Built Heritage, 3, 26-40.

Lindsay, R., 2012. Structural Steel Elements within Stabilised Rammed Earth Walling, In Modern Earth Buildings, eds. Hall, M. R., Lindsay, R. and Krayenhoff, M., Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, 461-480.

Little, B. ve Morton, T., 2001. Building with Earth in Scotland: Innovative Design and Sustainability, Scottish Executive Central Research Unit, Edinburgh.

Maçka, S., 2008. Türkiye İklim Bölgelerine Göre Enerji Etkin Pencere Türlerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Minke, G., 2012. Building with Earth: Design and Technology of A Sustainable Architecture, Third and Revised Edition, Birkhäuser, Berlin, 207.

Moriset, S., Rakotomamonjy, B. and Gandreau, D., 2021. Can Earthen Architectural Heritage Save Us?, Built Heritage, 5, 1, 1-11.

Morton, T., 2008. Earth Masonry: Design and Construction Guidelines, IHS BRE Press, No: 80, Bracknell, 160.

Niroumand, H., Zain, M. F. M. ve Jamil, M., 2013. Various Types of Earth Buildings, Procedia-Social and Behavioral Sciences, 89, 226-230.

Norton, J., 1997. Building with Earth: A Handbook, 2nd Edition, Intermediate Technology Publications, London, 80.

Öcal, M., 2016. Ahşap Esaslı Döşeme Kaplama Malzemelerinin Isı İletkenlik Özelliklerinin Belirlenmesi Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Özen, H., 2017. Yaşayan Mimari Gelenek: Santa Fe Kenti Kerpiç Mimarisi, Malatya/Darende Kerpiç Mimarinin Anadolu'daki Başkenti Anıt Kent Balaban, ed. Eyüpgiller, K. K., Hora Yapı Tasarım Turizm Tic.ve San. Ltd, İstanbul, 71-90.

Öztürk, M. Z., Çetinkaya, G. ve Aydın, S., 2017. Köppen-Geiger İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye'nin İklim Tipleri, Coğrafya Dergisi, 35, 17-27.

Özüer, M., 2012. Binalarda Enerji Korunumunu Sağlayan Fiziksel Çevre Ölçütleri, Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 5, 95-107.

Pehlivanlı, Z. O., 2009. Gazbeton Malzemesinin Isıl İletkenliğinin Nem ve Sıcaklıkla

Değişiminin İncelenmesi, International Journal of Engineering Research and Development, 1, 2, 76-80.

Rael, R., 2009. Earth Architecture, Princeton Architectural Press, New York, 208.

Reddy, B.V., 2009. Sustainable Materials for Low Carbon Buildings, International Journal of Low-Carbon Technologies, 4, 3, 175-181.

Reeves, G. M., Sims, I. ve Cripps, J. C., 2006. Clay Materials Used in Construction, Geological Society of London, London.

Riza, F. V., 2017. Formulation of Compressed Stabilized Earth Brick Using Black Uncontrolled Brunt Rice Husk Ash As Full Cement Replacement, Doctoral Dissertation, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia.

Röhlen, U. ve Ziegert, C., 2011. Earth Building Practice: Planning, Design, Building, Beuth Werlag, Berlin, 300.

Sauer, M. ve Kapfinger, O., 2015. Martin Rauch, Refined Earth: Construction & Design with Rammed Earth, Detail, Munich.

Saxton, R. H., 1995. Performance of Cob as A Building Material, Structural Engineer, 73, 7, 111-115.

Schimschar, S., Boermans, T., Kretschmer, D., Offermann M. ve John A., Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (EPBD) Bağlamında Maliyet Etkinliğe Yönelik Karşılaştırmalı Metodolojinin Uygulanması. https://www.izoder.org.tr/dosyalar/haberler/Turkiye-U-degerleri-haritasi-raporu-2016-Turkce.pdf, 15 Şubat 2023.

Schroeder, H., 2012. Modern Earth Building Codes, Standards and Normative Development In Modern Earth Buildings, eds. Hall, M. R., Lindsay, R. and Krayenhoff, M., Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, 72-109.

Schroeder, H., 2016. Sustainable Building with Earth, Springer International Publishing, New York, 576.

Schroeder, H., 2018. The New DIN Standards in Earth Building the Current Situation in Germany, J. Civ. Eng. Architect, 12, 113-120.

Tanoğlu, A., 1964. Türkiye'de Toprak, İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Mecmuası, 23,3-4.

Topay, M. ve Yılmaz, B., 2004. Biyoklimatik Konfora Sahip Alanların Belirlenmesinde CBS'den Yararlanma Olanakları: Muğla İli Örneği, 3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, Eylül, İstanbul, Bildiri Kitabı: 425-434.

Touré, P. M., Sambou, V., Faye, M., Thiam, A., Adj, M. ve Azilinon, D., 2017. Mechanical and Hygrothermal Properties of Compressed Stabilized Earth Bricks (CSEB), Journal of Building Engineering, 13, 266-271.

Toy, S. ve Çağlak, S., 2018. İnsan Biyoklimatik Konfor Şartları Üzerine Kentsel Alanların Etkisi ve Erzurum Kenti Örneği, ISUEP 2018 Uluslararası Kentleşme ve Çevre Sorunları Sempozyumu: Değişim/ Dönüşüm/ Özgünlük, Haziran, Eskişehir, Tam Metin Bildiri Kitabı-1: 28-30.

Toy, S. ve Yılmaz, S., 2009. Peyzaj Tasarımında Biyoklimatik Konfor ve Yaşam Mekanları İçin Önemi, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 40, 1, 133-139.

Tönük, S., 2001. Bina Tasarımında Ekoloji, Yıldız Teknik Üniversitesi Basım-Yayın Merkezi, İstanbul.

Tlaiji, G., Biwole, P., Ouldboukhitine, S. ve Pennec, F., 2022. A Mini-Review on Straw Bale Construction, Energies, 15, 21, 7859.

Tuztaşı, U. ve Çobancaoğlu, T., 2006. Anadolu'da Kerpicin Kullanım Geleneği ve Kerpiç Konut Yapım Sistemlerinin Karşılaştırılması, Tasarım+ Kuram, 3, 5, 95-104.

Türkmenoğlu Bayraktar, N. ve Kishalı, E., 2013. Evaluation of Thermal Behaviour of Traditional Hımış Type Buildings in Kocaeli, In Kerpiç 13-New Generation Earthen Architecture-Learning from Heritage-International Conference, Eylül, İstanbul.

Ünal, M., 2011. Toprak Oluşumu ve Ülkemizde Çeşitleri, Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim, 134, 12-18.

Ürün, E. ve Soyu, E., 2016. Türkiye'nin Enerji Üretiminde Yenilenebilir Enerji Kaynakları Üzerine Bir Değerlendirme, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 31-45.

White, R. E., 2006. Principles and Practice of Soil Science: The Soil as A Natural Resource, Fourth Edition, John Wiley & Sons, Hoboken, 384.

Yeşildal, B. B., 2002. Enerji Korunumu Açısından Dış Duvarlarda Saydam Yalıtım Kullanımın İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Zami, M. S. ve Lee, A., 2007. Earth as An Alternative Building Material for Sustainable Low Cost Housing in Zimbabwe, In 7 th International Postgraduate Research Conference, March, Manchester.

URL-1, https://topraktema.org/topragin-islevleri. 5 Mart 2020.

URL-2, https://www.killackeyillustration.com/catalhoyuk. 22 Haziran 2021.

URL-3, https://www.beijing-visitor.com/china-city-guides/xian-attractions/xian-city-walls. 19 Nisan 2021.

URL-4, https://www.arrivalguides.com/en/Travelguide/Marrakech/doandsee/city-walls13144. 20 Mayıs 2021.

URL-5, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Piseehochhaus_Weilburg.JPG. 22 Eylül 2021.

URL-6, https://www.earth-auroville.com/world_techniques_introduction_en.php3. Ekim 2021.

URL-7, https://www.pritzkerprize.com/laureates 30 Aralık 2022.

URL-8, https://www.area-arch.it/en/wa-shan-the-guesthouse-on-xiangshan-campus-2/ 14 Ekim 2021.

URL-9, https://www.pritzkerprize.com/laureates/diebedo-francis-kere. 31 Ocak 2023.

URL-10, https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/61362/mod_resource/content/0/imb5.pdf. 18 Ekim 2021.

URL-11, http://www.earth-auroville.com/raw_material_introduction_en.php. 18 Ekim 2021.

URL-12, https://www.lehmtonerde.at/en/products/product.php?aID=70. 3 Şubat 2023.

URL-13, https://theyearofmud.com/2017/03/18/earthen-floors-introduction/. 3 Şubat 2023.

URL-14, https://mapio.net/pic/p-24288244/. 3 Şubat 2023.

URL-15, https://eartharchitecture.org/?paged=2&cat=76. 3 Şubat 2023.

URL-16, https://www.lehmtonerde.at/en/products/product.php?aID=110. 3 Şubat 2023.

URL-17, https://www.claytec.de/en/products/clay-drybuilding/clayboard-d20-d25_pid205. 3 Şubat 2023.

URL-18, https://www.earth-auroville.com/adobe_buildings_en.php. 3 Şubat 2023.

URL-19, https://www.earth-auroville.com/modern_rammed_earth_en.php. 3 Şubat 2023.

URL-20, https://www.earth-auroville.com/compressed_earth_blocks_en.php. 3 Şubat 2023.

URL-21, https://www.archdaily.com/508294/nk-mip-desert-cultural-centre-dialog/537ab75cc07a80d859000049-nk-mip-desert-cultural-centre-dialog-photo. 30 Ekim 2021.

URL-22, https://www.earth-auroville.com/formed_earth_en.php. 3 Şubat 2023.

URL-23, https://www.earthbuilding.info/gb/03_material/03-3c_building_techniques.htm#vorsatzleichtlehm. 3 Şubat 2023.

URL-24, https://www.hgmatthews.com/lime-and-cob/earth-mortars-renders/. 3 Şubat 2023.

URL-25, https://www.earthbuilding.info/gb/03_material/03-3e_building_techniques.htm#top. 3 Şubat 2023.

URL-26, https://www.earth-auroville.com/stacked_earth_en.php. 3 Şubat 2023.

URL-27, https://www.earth-auroville.com/adobe_moulding_en.php. 4 Şubat 2023.

URL-28, https://www.earth-auroville.com/projected_earth_en.php. 3 Şubat 2023.

URL-29, https://whc.unesco.org/en/documents/109521. 18 Ekim 2021.

URL-30, https://whc.unesco.org/en/documents/109757. 18 Ekim 2021.

URL-31, https://www.mcgill.ca/mchg/files/mchg/project32.pdf. 8 Kasım 2021.

URL-32, https://www.archdaily.com/241809/earth-bricks-atelier-tekuto?ad_source=search&ad_medium=search_result_all. 10 Kasım 2021.

URL-33, https://craterre.hypotheses.org/files/2017/05/5735_BTC_production_equipment.Pdf. 21 Ocak 2023.

URL-34, https://www.earthcraftconstruction.com/straw-bale. 5 Ocak 2023.

URL-35, https://www.makearchitects.com/projects/the-gateway-building/. 5 Ocak 2023.

URL-36, https://www.basehabitat.org/assets/basehabitat-w18-handbook.pdf. 10 Kasım 2021.

URL-37, https://www.archdaily.com/370237/tucson-mountain-retreat-dust. 25 Kasım 2021.

URL-38, https://tr.climate-data.org/kuzey-amerika/amerika-birlesik-devletleri/arizona/tucson-1467/. 25 Kasım 2021.

URL-39, https://www.webpages.uidaho.edu/arch464archive/pdfs/Quiz3sp13.pdf. 3 Ocak 2023.

URL-40, https://www.archdaily.com/634724/ricola-krauterzentrum-herzog-and-de-meuron 7 Aralık 2021.

URL-41, https://arquitecturaviva.com/works/edificio-ricola-krauterzentrum-2. 7 Aralık 2021.

URL-42, https://tr.climate-data.org/avrupa/isvicre/basel-city/basel-437/ 12 Aralık 2021.

URL-43, https://www.archdaily.com/154485/the-school-of-visual-arts-of-oaxaca-taller-de arquitectura-mauricio-rocha. 19 Mart 2022.

URL-44, https://tr.climate-data.org/kuzey-amerika/meksika/oaxaca/oaxaca-3378/. 8 Nisan 2022.

URL-45, https://www.archdaily.com/897638/345-telenor-campus-arcop-pvt-ltd?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user. 27 Ağustos 2022.

URL-46, https://tr.climate-data.org/asya/pakistan/islamabad-capital-territory/islamabad-32/ 3 Eylül 2022.

URL-47, https://archestudy.com/345-telenor-campus-by-arcop-a-modern-approach-with-traditional-material/. 7 Eylül 2022.

URL-48, https://www.archdaily.com/774337/equestrian-buildings-seth-stein-architects-plus-watson-architecture-plus-design?ad_source=search&ad_medium=search_result_projects. 10 Eylül 2022.

URL-49, https://tr.climate-data.org/avustralya/avustralya/victoria/merricks-beach-435329/ 10 Eylül 2022.

URL-50, https://www.archdaily.com/901249/bushey-cemetery-waugh-thistleton-architects?ad_source=search&ad_medium=search_result_projects. 12 Eylül 2022.

URL-51, https://www.architectsjournal.co.uk/buildings/riba-stirling-prize-2018-bushey-cemetery-by-waugh-thistleton. 15 Eylül 2022.

URL-52, https://tr.climate-data.org/avrupa/birlesik-krall%c4%b1k/ingiltere/londra-1/ 15 Eylül 2022.

URL-53, https://cdn.ca.emap.com/wpcontent/uploads/sites/12/2020/02/busheycemetarywaughthistletondrawingsarchitect uralreview_103953147.pdf. 15 Eylül 2022.

URL-54, https://www.archdaily.com/84032/port-phillip-estate-winery-woodmarsh. 19 Eylül 2022.

URL-55, https://www.archdaily.com/942459/casa-ballena-art-center-rima-arquitectura?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user. 20 Eylül 2022.

URL-56, https://tr.climate-data.org/kuzey-amerika/meksika/south-lower-california/san-jose-del-cabo-5761/. 22 Eylül 2022.

URL-57, https://www.archdaily.com/897639/bamyan-provincial-hospital-arcop-pvt-ltd?ad_medium=widget&ad_name=more-from-office-article-show. 22 Eylül 2022.

URL-58, https://tr.climate-data.org/asya/afganistan/bamyan/bamian-51685/. 25 Eylül 2022.

URL-59, https://www.archdaily.com/387543/j2-residence-

assemblagestudio?ad_source=search&ad_medium=search_result_projects. 26 Eylül 2022.

URL-60, https://tr.climate-data.org/kuzey-amerika/amerika-birlesik-devletleri/nevada/las-vegas-723/. 26 Eylül 2022.

URL-61, https://www.archdaily.com/918378/zhengzhou-jianye-football-town-tourist-center-shuishi. 26 Eylül 2022.

URL-62, https://tr.climate-data.org/asya/cin-halk-cumhuriyeti/henan/%e8%a5%bf%e5%b7%a5%e6%9d%91-1064526/. 27 Eylül 2022.

URL-63, https://www.archdaily.com/937646/house-in-cunha-arquipelago-arquitetos. 29 Eylül 2022.

URL-64, https://tr.climate-data.org/gueney-amerika/brezilya/%d1%81%d0%b0%d0%bd-%d0%bf%d0%b0%d1%83%d0%bb%d1%83/sao-jose-dos-campos-6151/. 1 Ekim.

URL-65, https://www.archdaily.com/950432/ulaman-retreat-inspiral-architecture-and-design-studios. 5 Ekim 2022.

URL-66, https://tr.climate-data.org/asya/endonezya/bali/bali-denpasar-3427/. 7 Ekim 2022.

URL-67, https://www.archdaily.com/978637/green-school-south-africa-gass-architecture-studios?ad_source=search&ad_medium=projects_tab. 12 Ekim 2022.

URL-68, https://tr.climate-data.org/afrika/gueney-afrika/western-cape/paarl-9597/. 15 Ekim 2022.

URL-69 https://www.gzt.com/arkitekt/surdurulebilir-okullara-bir-yenisi-green-school-guney-afrika-3686886. 12 Ekim 2022.

URL-70, https://www.archdaily.com/985694/community-hall-of-dahei-new-village-one-university-one-village?ad_source=search&ad_medium=projects_tab. 22 Ekim 2022.

URL-71, https://en.climate-data.org/asia/china/yunnan/kunming-973288/. 23 Ekim 2022.

URL-72, https://www.dezeen.com/2020/06/10/bayalpata-hospital-sharon-davis-design-rammed-earth/.15 Şubat 2023.

URL-73, https://tr.climate-data.org/asya/nepal/western-development-region/pokhara-613/. 15 Şubat 2023.

URL-74, https://www.dezeen.com/2022/08/13/invisible-studio-yoga-studio-the-newt-in-somerset/. 21 Şubat 2023.

URL-75, https://tr.climate-data.org/avrupa/birlesik-krall%c4%b1k/somerset-10454/. 21 Şubat 2023.

URL-76, https://www.archdaily.com/940097/hawk-nest-house-fabrikg?ad_source=search&ad_medium=search_result_projects. 21 Şubat 2023.

URL-77, https://www.archdaily.com/943836/tapial-experimental-house-estudio-de-arquitectura-y-planificacion-kaiser. 21 Şubat 2023.

URL-78, https://tr.climate-data.org/gueney-amerika/bolivya/beni/san-lorenzo-1005745/. 21 Şubat 2023.

URL-79, https://www.archdaily.com/896828/regional-house-edeghem-bc-architects. 1 Aralık 2021.

URL-80, https://tr.climate-data.org/avrupa/belcika/flanders/antwerp-714869/. 25 Kasım 2021.

URL-81, https://www.kerearchitecture.com/work/building/centre-for-earth architecture. 15 Ocak 2022.

URL-82, https://www.archdaily.com/167094/centre-for-earth-architecture-kere-architecture/50159e0a28ba0d5a4b000612-centre-for-earth-architecture-kere architecture-plan. 27 Ocak 2022.

URL-83, https://tr.climate-data.org/afrika/mali/mopti/mopti-714797/. 19 Mart 2022.

URL-84, https://www.archdaily.com/906709/mudcafeteria-anna-schweiger-plus-jaap willemsen?ad_source=search&ad_medium=search_result_projects. 17 Nisan 2022.

URL-85, https://tr.climate-data.org/afrika/gana/northern-region/tamale-667/. 25 Mayıs 2022.

URL-86, https://www.archdaily.com/947564/secondary-school-and-auxiliary-buildings-of-bangre-veenem-school-complex-albert-faus?ad_source=search&ad_medium=search_result_all. 17 Eylül 2022.

URL-87, https://tr.climate-data.org/afrika/burkina-faso/sahel/koutougou-886071/. 17 Eylül 2022.

URL-88, https://www.archdaily.com/920427/hikma-a-religious-and-secular-complex-atelier-masomi-plus-studio-chahar?ad_medium=widget&ad_name=category-mosque-article-show. 18 Eylül 2022.

URL-89, https://tr.climate-data.org/afrika/nijer/niamey-1352/. 19 Eylül 2022.

URL-90, https://www.archdaily.com/467129/library-of-muyinga-bc-architects. 20 Eylül 2022.

URL-91, https://tr.climate-data.org/afrika/burundi/muyinga/muyinga-46588/. 20 Eylül 2022.

URL-92, https://www.archdaily.com/937786/shirasu-sakurajima-ecohouse-asei-architects?ad_medium=widget&ad_name=navigation-next. 15 Şubat 2023.

URL-93, https://tr.climate-data.org/asya/japonya/kagoshima-prefecture/kagoshima-5057/. 15 Şubat 2023.

URL-94, https://www.archdaily.com/922161/dandaji-daily-market-atelier-masomi. 21 Şubat 2023.

URL-95, https://tr.climate-data.org/afrika/nijer/tahoua/tahoua-3463/. 21 Şubat 2023.

URL-96, https://www.archdaily.com/875652/scl-straw-bale-house-jimmi-pianezzola-architetto?ad_source=search&ad_medium=projects_tab. 28 Eylül 2022.

URL-97, https://tr.climate-data.org/avrupa/italya/veneto/vicenza-1124/. 28 Eylül 2022.

URL-98, https://www.archdaily.com/928779/humanscapes-habitat-urban-living-auroville-design-consultant?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user. 8 Ekim 2022.

URL-99, https://tr.climate-data.org/asya/hindistan/tamil-nadu/chennai-1003222/. 8 Ekim 2022.

URL-100, https://surfacesreporter.com/articles/102619/auroville-design-consultants-uses-eco-friendly-and-recycled-materials-to-design-humanscapes-habitat-in-tamil-nadu. 10 Ekim 2022.

URL-101, https://archello.com/project/handmade-school-in-bangladesh. 21 Şubat 2023.

URL-102, https://tr.climate-data.org/asya/banglades/rangpur-division/dinajpur-969562/. 21 Şubat 2023.

ÖZGEÇMİŞ

Sema İSAK ilköğretim ve lise eğitimini Akçaabat'ta tamamladı.2015 yılında başladığı Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde (KTÜ) Mimarlık eğitimini 2019 yılında tamamladı. Aynı yıl KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Ana Bilim Dalı'nda Tezli Yüksek Lisans eğitimine başladı. Yüksek lisans eğitiminin yanında özel sektörde mimarlık çalışmalarına devam etmektedir. İyi derecede İngilizce bilmektedir.