

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Sürdürülebilirlik Bağlamında Yerel Kilin Yapı Malzemesi  
Olarak Dijital Fabrikasyon Süreci: Adana Boşluklu Tuğla  
Örneği**

**İnana ABDULLİ**

*Mimarlık Anabilim Dalı*

Nisan, 2024

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ ONAYI

Sürdürülebilirlik Bağlamında Yerel Kilin Yapı Malzemesi  
Olarak Dijital Fabrikasyon Süreci: Adana Boşluklu Tuğla  
Örneği

İnana ABDULLİ

*Mimarlık Anabilim Dalı*

Bu Yüksek Lisans Tezi 29/04/2024 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Değerlendirilmiş ve Oy Birliği ile Kabul Edilmiştir.

Jüri : Doç. Dr. Altay ÇOLAK (Danışman) .....

: Prof. Dr. Havva ALKAN BALA .....

: Dr. Öğr. Üyesi F. Seda ÇARDAK .....

**Bu Tez Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.**

**Tez No:**

**Prof. Dr. Sadık DİNÇER**  
Enstitü Müdürü

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## İÇİNDEKİLER

ÖZ .....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	V
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	VII
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Tezin amacı.....	1
1.2. Tezin kapsamı .....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3. MATERYAL VE METOT .....	7
3.1. Materyal .....	7
3.2. Metot.....	7
4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR .....	9
4.1. Pişmiş Kil Esaslı Yapı Malzemesi Olarak, Tuğla.....	9
4.1.1. Killerin Oluşumu ve Özellikleri:.....	9
4.1.2. Killerin Pişirme Olayı: .....	9
4.1.3. Tuğlanın Kısa Tarihi .....	10
4.1.4. Dijital Çağda Tuğlanın Yeri.....	12
4.2. Yerel Mimari Ve Malzeme .....	14
4.2.1. Adana İklimsel Özellikleri .....	15
4.2.2. Adana’da Yerel Malzeme Kullanımı .....	16
4.2.3. Adana’da Boşluklu Tuğla Kullanımı .....	17
4.3. Mimarlıkta Dijital Devrim .....	21
4.3.1. Hesaplmalı Tasarım.....	21
4.3.2. Genetik Algoritmalar ve Çok Amaçlı Optimizasyon.....	24
4.3.3. Eklemeli Üretim ve Üç Boyutlu Baskı Teknolojisi .....	25
4.4. Alan Çalışması .....	27
4.4.1. Çalışmada Kullanılan yazılımlar, materyaller ve araçlar .....	27
4.4.2. Kilin Toplaması, Analizleri, hazırlanması ve baskı süreci.....	28
4.4.3. Çalışma Alanı ve Mevcut Durum Analizleri .....	35
4.4.4. Modül Tasarımı ve Optimizasyon süreci .....	38
4.4.5. Modülün baskı süreci .....	42
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	47
5.1. Sonuçlar .....	47

5.2. Öneriler .....	48
KAYNAKLAR .....	49
ÖZGEÇMİŞ .....	53



---

**Sürdürülebilirlik Bağlamında Yerel Kilin Yapı Malzemesi  
Olarak Dijital Fabrikasyon Süreci: Adana Boşluklu Tuğla  
Örneği**

---

**İnana ABDULLİ**

*Danışman: Doç. Dr. Altay ÇOLAK*

*Mimarlık. Anabilim Dalı*

**ÖZ**

Günümüz mimarlık ve inşaat sektörü, yerel inşaat malzemeleri ve gelişen teknolojilerin entegrasyonunu teşvik eden sürdürülebilirlik ve yenilikçilik akımlarının etkisi altındadır. Bu amaçla, Adana Seyhan Baraj Gölü etrafından elde edilen kili, sürdürülebilirlik bağlamında güncel teknolojilerle potansiyelini ortaya koyulması hedeflenmektedir. Yerel mimari uygulamalarla çağdaş tekniklerin harmanlanması, Adana'nın iklimsel ve kültürel özelliklerine uygun, yerel malzeme kullanılarak optimize edilmiş yapı elemanı tasarımları geliştirme amacını taşımaktadır. Öncelikle, toplanan kilin özelliklerini belirlemek için laboratuvar testleri gerçekleştirilmiştir. Test sonuçları uygun gelen kil, 3B yazıcı ile basılabilecek hale getirilmiş ve parametrik modelleme araçları kullanılarak boşluklu tuğla tasarımı üretilmiştir. Sonuç olarak, yerel malzemelerin ve teknolojik yeniliklerin mimarlık pratiğine entegrasyonunu destekleyen bir yaklaşım geliştirilmiş ve bölgesel sürdürülebilirlik ile modern üretim süreçlerini birleştirme potansiyeli ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Kil, Sürdürülebilirlik, Boşluklu Tuğla, 3B Yazıcı, Adana.

---

**The Digital Fabrication Process of Locally Obtained Clay  
Material in Context of Sustainability: Adana Breeze Brick  
Example**

---

**İnana ABDULLİ**

*Advisor: Assoc. Prof. Dr. Altay ÇOLAK*

*Department of Architecture*

**ABSTRACT**

Today's architecture and construction industry is under the influence of sustainability and innovation movements that encourage the integration of local construction materials and advancing technologies. In this context, the clay found in the Adana Seyhan Dam Lake region has been investigated in this thesis for its potential in brick production using 3D printing technology. The blending of local architectural practices with contemporary techniques aims to develop brick designs optimized for Adana's climatic and cultural characteristics. In this research, laboratory tests were conducted to determine the properties of the clay collected from around the Seyhan Dam Lake in Adana. The clay was made printable with a 3D printer and optimized perforated brick designs were produced using parametric modeling techniques according to environmental conditions. This thesis presents an approach that supports the integration of local materials and technological innovations into architectural practice, highlighting the potential to merge regional sustainability with modern production processes.

**Keywords:** Clay, Sustainability, Perforated Brick, 3D Printer, Adana.

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında bilgi ve deneyimleriyle yanımda olan danışmanım Doç. Dr. Altay ÇOLAK'a; lisans ve yüksek lisans eğitimim süresince bana yol gösteren, desteklerini esirgemeyen Çukurova Üniversitesi Mimarlık Bölümü hocalarıma; bana g veren ve bilgisiyle aydınlatan Prof. Dr. Havva ALKAN BALA'ya; mesleki hayatıma yön veren ve tez sürecinde yanımda olan "Hedef Proje" aileme; sabrı, anlayışı ve verdiği destek için kıymetli arkadaşım Kesra MANSURİ'ye; her zaman yanımda olan aileme ve her daim ilham kaynağım olan babam Abdulkadir ABDELLİ'ye teőekkürlerimi sunarım.



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Adana Seyhan Baraj Gölü Etrafından Toplanan Kilin Kimyasal İçeriği, Kazdırma Kaybı ve Doğal Nem Oranı .....	29
Çizelge 4.2. Seyhan Baraj Bölgesi kilinin kimyasal analizi (%) .....	30
Çizelge 4.3. Kuru Küçülme ve Pişirme Küçülmesi Oranları .....	34
Çizelge 4.4. Nozul Ölçüleri ile Baskının Katman Yüksekliği Arasındaki İlişki.....	34



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	3B Yazılmış Cephe Fayansları .....	4
Şekil 2.2.	3B Yazıcı ile Basılmış Tuğla Modüllerin Birleşim Detayı.....	5
Şekil 2.3.	Sağdan Sola Açıklık Oranı Değişen Cephe Modülleri .....	5
Şekil 2.4.	Çöküş (Solda), Kısmi Hücre Çöküşü (Ortadaki Fotoğraf) ve Mükemmel Şekilde Basılabilir Tuğla (Sağda) .....	6
Şekil 3.1.	Tez Akış Şeması .....	8
Şekil 4.1.	Güneşte Kurutulmuş Tuğla, Yaklaşık MÖ 8000 .....	11
Şekil 4.2.	Tarih Boyunca Tuğlanın Gelişim Şeması .....	11
Şekil 4.3.	Winery Gantenbein Cephesi .....	13
Şekil 4.4.	ACLAB- V Brick Wall .....	13
Şekil 4.5.	Robotic Fabrication LAB, Faculty Of Architecture, Hong Kong Üniversitesinde 2017 Yılında 3B Yazıcı Teknolojisi İle Üretilmiş Tuğlar İle Pavyon .....	14
Şekil 4.6.	Adana Konum Haritası .....	15
Şekil 4.7.	Climate Consultant 6.0 Kullanarak Üretilen Adana'nın Yıl Boyunca Konfor Ve Sıcaklık .....	16
Şekil 4.8.	Adana'da A-Hurmalı B- Meydan, C-Döşeme ve D-Namık Kemal Mahallerin Haritada Konumu.....	18
Şekil 4.9	Adana'da A-Hurmalı B- Meydan, C-Döşeme ve D-Namık Kemal Mahallerinden Boşluklu Tuğla Kullanımı Örnekleri (A-C-D Yazar Tarından Çekilmiştir, B .....	19
Şekil 4.10.	Solda Yıldız Balkon Tuğlası, Sağda Çiçek Balkon Tuğlası .....	20
Şekil 4.11.	Baca Tuğlası .....	20
Şekil 4.12.	Solda Namık Kemal Mahallesinden (Yazar Tarafından Çekilmiştir), Sağda Kullanılan Düşey Delikli Yığma Tuğlası .....	21
Şekil 4.13	Frei Otto'nun Sabun Köp Deneyleri.....	22
Şekil 4.14	Gaudi'nin Asılı Zincir Modelleri.....	23
Şekil 4.15	Ivan Sutherland Sketchpad'i Tanıtırken.....	24
Şekil 4.16.	Seyhan Baraj Gölü ve Kilin Toplandığı Yer.....	28
Şekil 4.17	XRF Analiz Süreci.....	29
Şekil 4.18	Seyhan Baraj Gölü Etrafından Toplanan Kilin XRD Analizi.....	30
Şekil 4.19.	Kili Hazırlarken Çekilen Fotoğraflar : .....	31
Şekil 4.20.	Kilin Hazırlama Aşamaları .....	32
Şekil 4.21.	Makinenin Çalışma Mantığı .....	32
Şekil 4.22.	Kil Ekstrüzyon 3B Baskı Süreci, Jonathan Keep Tarafından Hazırlanmış Yazar Tarafından Tekrar Çizilmiştir .....	33
Şekil 4.23.	60mm Çapında, 60mm Yüksekliğinde Silindir Baskı Denemeleri.....	34

Şekil 4.24. Çalışma Alanı Olarak Belirlenen Ofisin Bulunduğu Bina.....	35
Şekil 4.25. Seçilen Vaka Çalışması Binası Konumu .....	35
Şekil 4.26. Çalışma Alanı ve Batıya Bakan Belirlenen Pencere .....	36
Şekil 4.27. Ofis Planı .....	36
Şekil 4.28 Kışın ay saat girdileri.....	37
Şekil 4.29 Yazın ay saat girdileri.....	37
Şekil 4.30. Yaz aylarında (temmuz, ağustos ve eylül) çalışma saatleri içinde (08-18 arası) direk güneş ışığı miktarı mevcut durum analizi.....	37
Şekil 4.31. Kış aylarında (aralık, ocak ve şubat) çalışma saatleri içinde (08-18 arası) direk güneş ışığı miktarı mevcut durum analizi.....	38
Şekil 4.32. Modülün hareket sınırları.....	38
Şekil 4.33. Modülün oluşturma algoritması.....	39
Şekil 4.34 Modülün dizilim örüntüsü .....	39
Şekil 4.35 Güneş Yolunun Grasshopper Kodu .....	40
Şekil 4.36 Galapagos fitness değerini tanımlamak için izlenen yol.....	41
Şekil 4.37 Optimizasyon Süreci.....	41
Şekil 4.38. Optimizasyon sonucunda elde edilen ve seçilen örüntü .....	42
Şekil 4.39. Simplify3D Programı ile GCODE Dosyasının Simülasyonu .....	42
Şekil 4.40. Modül Baskısı.....	43
Şekil 4.41. Modülün Pişme İşlemi Sonrası .....	43
Şekil 4.42. Üretim Süreci.....	44
Şekil 4.43. Doğru Açıyı Elde Etmek İçin Hazırlanan Altlık.....	45
Şekil 4.44. Montaj İşlemi Tamamlanmış ve Modüllerin Son Hali .....	45

## SİMGELER VE KISALTMALAR

3B : Üç Boyutlu

XRF : X-Işın Floresans

XRD : X-ışın difraksiyonu



## 1. GİRİŞ

Günümüz küresel gündeminde yerellik ve sürdürülebilirlik önemli ve öncelikli bir durum haline gelmiştir. Bu bağlamda, yerel mimarlık ve teknolojinin hızlı ilerlemesi arasındaki ilişkinin güçlendirilmesi, sürdürülebilirlik ilkesini destekleyecek kritik bir unsur olarak ön plana çıkmaktadır. Yerel mimari, belirli bir bölgeye veya kültüre özgü malzemeleri ve yapım tekniklerini kullanarak evrimleşen yapıları ifade etmektedir. Bu mimari, genellikle iklim, coğrafya ve kültür gibi çevresel koşullara yanıt olarak bir döngü şeklinde evrimleşir. Günümüzde endüstri devrimini getirdiği seri imalat yapan makinelerin ürettiği yapı malzemeleri dünya çapında yayılmıştır. Bu nedenle yerel yöntemlerin terk edilmesine yol açmıştır.

Yerel yaklaşımlar ve teknolojik ilerlemeler arasındaki dengenin ve doğal kaynakların korunması ekonomik özerkliğin geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Yerel mimarinin korunması ve geliştirilmesi hem kültürel hem de çevresel nedenlerle önemlidir. Yerel yapı malzemeleri ve uygulamaları, genellikle bölge iklim koşullarına ve kültürel ihtiyaçlara en uygun çözümleri sunmaktadır. Bunun yanında, bilgisayar destekli hesaplamalı tasarım yöntemleri ve dijital fabrikasyon teknolojileri gibi araçların kullanımı, yerel mimari yapım tekniklerini çağımıza uygun, daha verimli ve sürdürülebilir hale getirmektedir.

### 1.1. Tezin amacı

Bu çalışma Adana'da kullanılan ve yerel mimarisinin temsillerinden biri olan boşluklu tuğla (Balkon Tuğlası) ve sürdürülebilirlik bağlamında sağladığı değerleri ele almaktadır. Bu bağlamda Adana bölgesinde yer alan ve Seyhan Baraj Gölü çevresinde bulunan kilin kullanılabilirliği öncelikle test edilmiştir. Bu süreçte, dijital teknolojiler ve hesaplamalı tasarım yöntemleri kullanılarak, çevresel koşullara göre optimize edilmiş yapı elemanı tasarımı oluşturulması planlanmıştır. Bu tasarım yerel kil ve 3B yazıcılar ile baskı süreçleri geliştirilmiştir. Buradan hareketle, bu yerel malzeme ve uygulamaları günümüzün teknolojisiyle birleştirerek, kullanılabilirliği test etmek ve dijital tasarım ve fabrikasyon araçları ile birleşmesinin çevresel faktörlere duyarlı ve sürdürülebilir yapılar oluşturma potansiyelinin ortaya çıkarılmasını amaçlanmıştır.

### 1.2. Tezin kapsamı

Çalışmanın kapsamı, kilin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi, 3B yazıcı teknolojisinde kullanılabilirliğinin test edilmesi ve çevresel koşullara uygun olarak optimize edilmiş tuğla modüllerinin tasarlanması, üretilmesi ve değerlendirilmesi süreçlerini içermektedir. Bu süreçte, Adana'da bir yapıya ait batıya bakan pencerenin çevresel performansını maksimize edebilecek tuğla modülü optimizasyonuna odaklanılmıştır. Araştırma, bölgesel malzemelerin yeniden değerlendirilmesi ve yerel mimari pratiğin çağdaş üretim teknikleriyle entegrasyonu

konusunda yeni bakış açıları sunmayı amaçlamaktadır. Ayrıca, bu entegrasyonun sürdürülebilir mimari ve enerji verimliliği üzerindeki potansiyel etkileri de irdelenmektedir. Bu anlamda, yerel kilin, dijital tasarım ve üretim süreçlerinde nasıl bir potansiyel taşıdığı ve bu süreçlerin Adana'nın iklimsel ve kültürel özelliklerine nasıl adapte edilebileceği konuları üzerinde durulmuştur.



## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tez çalışması kapsamında Adana kenti mimarisi, yerel mimari, kil esaslı pişmiş tuğla, kil 3B baskı teknolojisi ile üretilen yapı elemanları ve yerel malzeme üzerine yapılmış çalışmalar hakkında yapılan çalışmalar, araştırmalar, tezler, yayınlar ve kitaplar incelenmiştir.

(Altunkasa, 2004). “Adana'nın kentsel gelişim süreci ve yeşil alanlar.” Adana Kent Konseyi Çevre Çalışma grubu bireysel Raporunda Adana'nın demografik hareketliliği, göç durumu ve kentleşme süreci üzerine önemli bilgiler içermektedir. Ayrıca, kentin yeşil alanlarının korunması ve sürdürülebilir kentleşme konularına da değinilmektedir.

(Saban ve ark., 2006). ‘Adana mimarlık rehberi 1900-2005’ kitabında Adana'nın mimari mirasını üzerinden detaylandıran kapsamlı bir eserdir. Seçilen binalar, sanatsal ve mimari akımlar, tanınmış mimarların eserleri, ekonomik ve kültürel dinamikler gibi çeşitli kriterlere göre belirlenmiştir. Kitap, kentin iklimine ve kültürüne uyum sağlayan mimari özelliklerle donatılmış yapılardan oluşur. Rehber, yapıların künyesinden, plan ve fotoğraflarla zenginleştirilmiş ayrıntılı tanımlarına kadar, Rehberde dahil edilen yapıların büyük bölümü kent merkezinde, yürüme mesafesi içerisinde yer almaktadır. Adana'nın kentsel gelişimini ve mimari karakterini anlama yolunda değerli bir rehber niteliği taşımaktadır.

(Erman ve ark., 2007). ‘Adana'da, 1930'lardan günümüze, sosyal, kültürel ve ekonomik değişimler bağlamında konut mimarisinin gelişimi’ adlı yayınlarında Adana'da konut mimarisinin tarihsel gelişimine ve bu sürecin çeşitli dönemlerdeki ekonomik, sosyal ve teknolojik değişimler tarafından nasıl şekillendirildiğine odaklanmaktadır. 1930'lardan başlayarak Jansen Planı ile düzenlenen kentsel yapının oluşumu, 1960 ve 1970'lerde modernleşmeyle birlikte Uluslararası Stil ‘in yerel özelliklerle harmanlanması ve apartman tipi konutların yükselişi, 1980'ler ve sonrasında ise yapı-sat sistemleri ve arazi değerlerindeki artışla birlikte değişen kent dokusu ve konut tipolojilerinin dönüşümü ele alınmaktadır. Makale, Adana'nın konut mimarisinin zaman içindeki evrimine ve şehirselleşme süreçlerine genel bir bakış sunmaktadır.

(Umar et al., 2014). “An example of vernacular architecture: Traditional houses of Adana, Turkey” adlı makalede Türkiye'nin Adana şehrindeki geleneksel evlerin benzersiz özelliklerini ve kültürel miras için önemini keşfeden bir vaka çalışması sunmaktadır. Çalışmada, evlerin orijinal karakterlerini ve bu yapıların şehir için önemini ve modern gelişmelerle karşı karşıya kalan bu tarihi yapıların korunması önerilerde bulunmuştur.

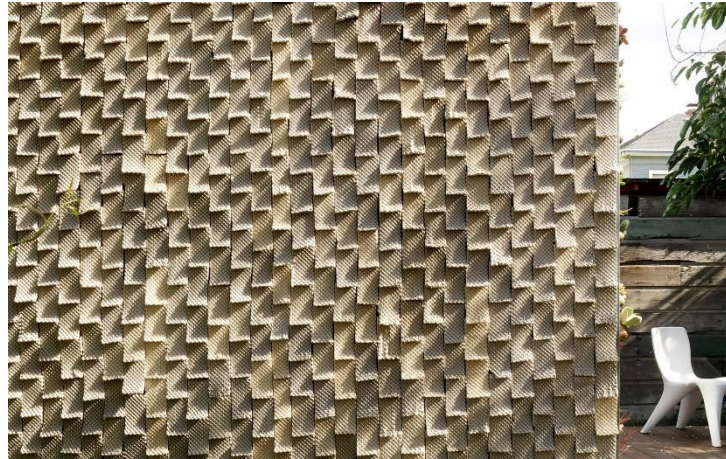
(Ökesli, D. S, 2015) “Gelenekselden Moderne Adana Kent Formu” Çalışmasında, kentin fiziksel yapısının değişimini ve dönüşümünü analiz ederek gelecek öngörüsünde bulunmaya yardımcı olmaktadır. Adana'nın tarihi ve modern kent dokusu arasındaki geçiş süreci, mekânsal karakteri ve işlevsel değişimi bu çalışmada detaylı bir şekilde incelenmiştir.

(Yüksel ve Çerçi, 2019) “Sıcak Nemli İklim Bölgesinde Geleneksel Konutların Sürdürülebilirliğinin Değerlendirilmesi” adlı bildiriye sıcak ve nemli iklim bölgelerindeki

geleneksel evlerin sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesi üzerine bir araştırmayı içermektedir. Bu araştırmada, sürdürülebilir mimari kavramı ele alınarak, Adana evlerinin sürdürülebilir tasarım özellikleri incelenmektedir. Bu özellikler, pasif tasarım stratejileri, yapı-parcel ilişkisi, yöresel malzeme kullanımı, cephelerde gönyeli çıkıntılar ve kat planlarında pencerelerin konumlandırılması gibi konuları kapsamaktadır. Ayrıca, sıcak ve nemli iklim bölgelerindeki binaların sürdürülebilir tasarımı için toplum, ekoloji, enerji, su ve materyal gibi beş adımda değerlendirme kriterleri belirlenmiştir.

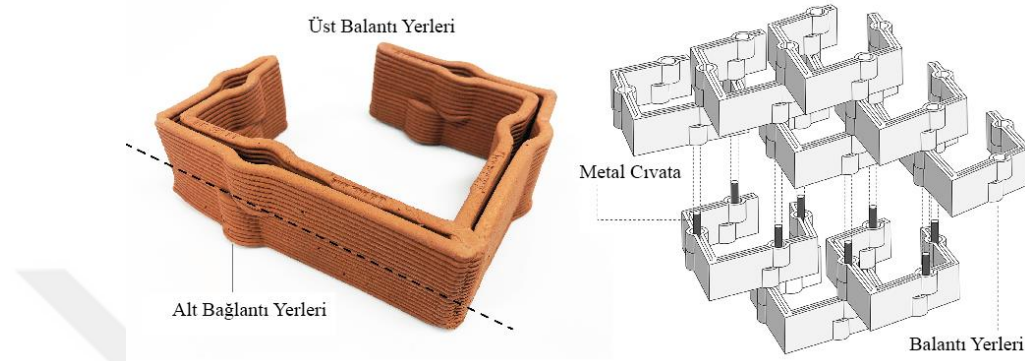
(Taşkın ve Saban, 2023). “Adana Bağlarbaşı Mevkisinde Mekânın Evrimi” adlı makalede Çukurova Yöresinde bağ kültürünün ve Adana'nın tarihi kent merkezi ile bağ yerleşimlerinin kentsel dönüşümünü incelemektedir. Çalışma, bölgenin tarihi ve morfolojik değişimini inceleyerek, bağ kültürü ve evlerinin genel özelliklerini belirlemeyi amaçlamaktadır. 1950'lerden günümüze kadar olan dönüşüm sürecini incelerken, kentleşme baskısının bağ yerleşimlerini nasıl etkilediğini de ele almaktadır.

Emerging Objects, 2018 de Cabin of 3D printed Curiosities projesinde, çatı ve 2 yan cepheye yağmur perdesi görevi gören kil 3B baskı teknolojisi ile üretilen “seed stitch” adı verilen seramik kaplama sistemi ile kaplanmaktadır. Kolay montaj için tasarlanan Seed Stitch fayansları bir binanın cephesine veya iç kısmına asılmak üzere yapılmıştır. Her bir seramik karonun yüzeyi, “Seed Stitch” adı verilen bir örgü tekniğini görsel olarak taklit etmektedir (Rael et al., 2019) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. 3B Yazılmış Cephe Fayansları (Rael et al., 2019)

(Lange and Holohan, 2019). ‘Ceramic Information Pavilion, Rethinking structural brick specials through an indexical 3D printing method.’ Adlı çalışmada kil 3 boyutlu baskı ile özelleştirilmiş tuğlalar üretmek ve çift kavisli bir duvar oluşturacak şekilde, sıradan bir montaj prosedürü ile karmaşık saha kurulumuna veya özel işgücüne gerek kalmadan sahada hızlı montaj olanağını araştırmaktadır (Şekil 2.2)



Şekil 2.2. 3B Yazıcı ile Basılmış Tuğla Modüllerin Birleşim Detayı (Lange and Holohan, 2019)

(Shi et al., 2019) ‘Guiding Instability A craft-based approach for modular 3D clay printed masonry screen units’ Adlı makalede, mimari bir yığma cephe sisteminin geliştirilmesi için kil 3B baskı sürecinin doğal malzemenin istikrarsızlığına ilişkin bir araştırma sunmaktadır. Baskı sürecinde ortaya çıkan istikrarsızlıklar, mimari bir yüzey tasarımında bir avantaj olarak nasıl kullanılabilirdiği incelenmektedir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Sağdan Sola Açıklık Oranı Değişen Cephe Modülleri (Shi et al., 2019)

(Sangiorgio et al., 2022) ‘The new boundaries of 3D-printed clay bricks Design: Printability of complex internal geometries.’ Adlı makalede tuğlaların karmaşık iç geometrilere sahip olacak şekilde 3B baskı kil teknolojisini kullanarak üretilmesi olasılığını araştırmaktadır (Şekil 2.4). Özellikle, periyodik minimal yüzeyler gibi önemli mekanik özelliklere sahip geometriler kullanarak iç konfigürasyonların oluşturulma olasılığını araştırmaktadır. Bu konfigürasyonlar, tuğlalara artan dayanıklılık, izolasyon veya diğer faydalı özellikler incelemektedir.



Şekil 2.4. Çöküş (Solda), Kısmi Hücre Çöküşü (Ortadaki Fotoğraf) ve Mükemmel Şekilde Basılabilir Tuğla (Sağda) (Sangiorgio et al, 2022)

(Köseaydin, E. N., 2014) ‘Türkiye’nin Doğu Akdeniz Bölgesindeki Demir Çağı seramik buluntularının güncel/yerel hammaddelerle çağdaş yorumu’ adlı yüksek lisans tezinde, arkeolojik kazılardan elde edilen Demir Çağı seramik buluntuları incelenmiştir. Tez, Mersin, Tarsus, Kinet Höyük, Kilisetepe, Sirkeli Höyük, Soli-Pompeipolis, ve Tatarlı Höyük gibi merkezlerde bulunan seramiklerin form ve dekorasyon özelliklerine odaklanmaktadır. Ayrıca, çalışmada seramiklerin üretim aşamaları, hammaddeleri ve teknik özellikleri üzerinde durulmuştur. Çalışmada Seyhan

Baraj Bölgesi kili, Almanpınarı Yöresi kili, şamotlu çamur, kırmızı ve beyaz torna çamuru, pigmentler, oksitler ve sırlar kullanılmıştır.

Genel olarak, Adana bağlamında boşluklu tuğla kullanımına ilişkin herhangi bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Ayrıca, Seyhan Baraj Gölü çevresinden toplanan kilin 3B yazıcıda kullanılması konusunda da literatürde bir örneği görülmemiştir. Bu çalışmanın Adana özelinde yerel malzemelerin ve gelişen teknolojilerin entegrasyonu üzerine odaklanıp, mimarlık ve sürdürülebilirlik alanındaki önemli bir boşluğu kapatarak, mevcut literatüre önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmüştür. Adana bölgesinden elde edilen yerel kilin, 3D yazıcı teknolojisi kullanılarak optimize edilmiş boşluklu tuğla üretimi için potansiyelinin araştırılması, yerel kaynakların yeniden değerlendirilmesi ve modern üretim yöntemlerine entegrasyonu açısından yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır. Bu çalışma, yerel malzemelerin çevresel sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği açısından getirebileceği avantajları ortaya koyarken, aynı zamanda dijital tasarım ve üretim tekniklerinin mimari pratiğe entegrasyonu konusunda yeni perspektifler de sunmaktadır.

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Materyal

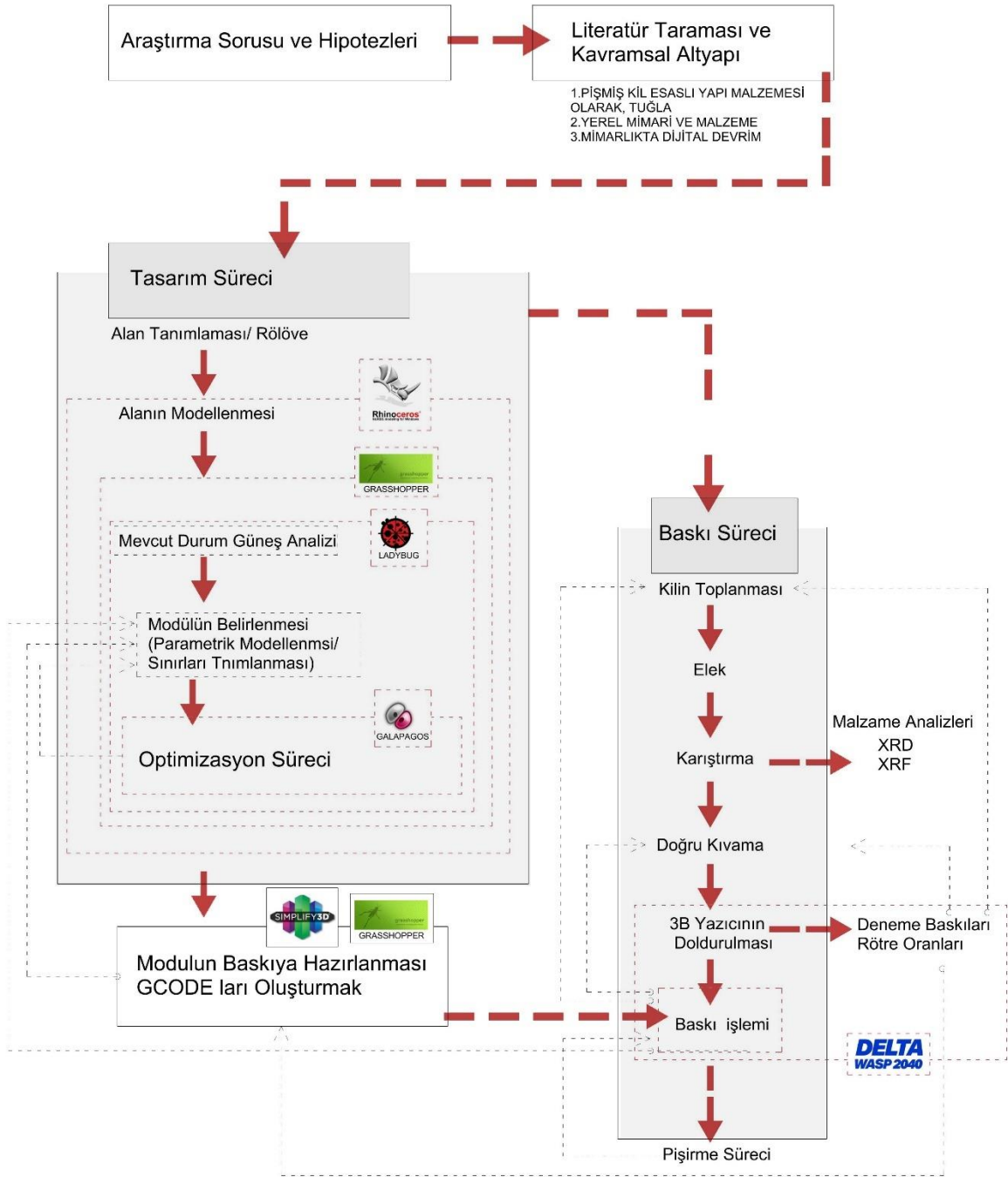
Araştırmada kullanılan ana materyaller; Seyhan Baraj Gölü çevresinden toplanan kil, Wasp 2040 3B kil yazıcısı ve bu yazıcı için uygun olan diğer yardımcı malzemelerdir. Adana’da batıya bakan bir binanın cephesi, iklimsel koşullara göre optimize edilmiş yeni boşluklu tuğla Tasarımı ve yerel kil ile baskı süreci değerlendirilmiştir. Bu süreçte kullanılan yazılımlar, Rhinoceros7, Grasshopper 3D, Ladybug, EPW İklimsel Verileri, Galapagos Evolutionary Solver ve Simplify3D. Bunun yanı sıra, baskı sonrası tuğla modüllerin kurutma ve pişirme işlemleri için gerekli ekipmanlar ve yöntemler de materyal olarak ele alınmıştır.

#### 3.2. Metot

Çalışmanın süreci, vaka çalışması alanındaki mevcut koşulların analizi, mekân kullanımını etkileyen termal ve görsel konfor koşullarının iyileştirilmesi, elde edilen tasarımların, Seyhan Baraj Gölü etrafından toplanan kili kullanılarak 3B yazıcı ile basılması ve bu uygulamanın sonuçlarının değerlendirilmesini içermektedir.

Bu bağlamda, alan çalışmasının aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır (Şekil 3.1):

1. Alanın seçilmesi, Rhinoceros ile modellenmesi.
2. Grasshopper arayüzü ve Ladybug eklentisi kullanılarak mevcut durum güneş analizlerinin simüle edilmesi.
3. Modülünün belirlenmesi ve parametrik olarak modellenmesi.
4. Galapagos Evolutionary Solver ile cephe modüllerinin optimizasyonu.
5. Tasarım senaryolarının simülasyon sonuçlarının elde edilmesi ve temel durum senaryosu ile karşılaştırılması.
6. Seyhan Baraj Gölü çevresinden toplanan kilin hazırlanması, XRF, XRD, analizlerinin yapılması.
7. Deneme baskıların alınması, kilin kuru ve pişirme küçülme oranlarının elde edilmesi.
8. Optimize edilmiş tuğla modülünün baskı süreci ve pişirilmesi.



Şekil 3.1. Tez Akış Şeması

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

### 4.1. Pişmiş Kil Esaslı Yapı Malzemesi Olarak, Tuğla

Tuğla, mimarinin temel taşlarından biri olarak binlerce yıldır sayısız yapıda kullanılmış, dünyanın dört bir yanındaki topluluklar tarafından benimsenmiş kil esaslı bir yapı malzemesidir. Malzeme temel sınıflamasında seramik grubunda bulunur. Pişmiş kil malzemelerin özellikleri, kullanılan toprak tipi, uygulanan pişirme yöntemleri, pişirme sıcaklıkları ve malzemenin kullanıldığı alanın özelliklerine bağlı olarak geniş bir yelpazede değişiklik göstermektedir. Bu bölüm, tuğla yapımında kullanılan killerin oluşumu ve özelliklerine, pişirme sürecinin etkilerine ve sonucunda elde edilen maddenin özelliklerine odaklanmaktadır.

#### 4.1.1. Killerin Oluşumu ve Özellikleri:

Killer, ince taneli doğal kaya ve toprak malzemesidir ve genellikle nemli ve plastik haldedirler. Genellikle çeşitli nedenlerle feldspatların ve başka kayaçların ayrışmasının bir sonucu olarak oluşmaktadır (Malayoğlu ve Akar, 1995) (Minke, 2000). Killer tane boyutu 0.02 mm'den küçük ince taneli sedimanlar olup; toprağımsı, belirli miktarda su katıldığında plastikliği artan, alumina ve silis içeriği yüksek bir mineraldir. Hiçbir zaman saf bir şekilde bulunmayan kilin içerisinde alüminyum silikatlarla beraber, demir, magnezyum, potas, kalsiyum, sodyum, kuvars gibi mineraller içinde bulunmaktadır (Malayoğlu ve Akar, 1995). En saf kil olarak bilinen ve Çin kilinde yüksek oranda bulunan kaolen;  $2\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  formülü ile gösterilmiştir. Fakat killerin karakterlerindeki farkları, bir kimya formülü ile ifade etmek mümkün olmamıştır. Dolayısıyla klasik killer «su ile karıştırınca çamur yapabilen alüminosilikat hidratları» olarak tarif edilmiştir (Tolon, 1973).

Nihat Toydemir'e göre, kilin seramik malzeme üretimi açısından önde gelen özelliklerin şöyle sıralıyor: Plastiklik, Kohezyon, Renk ve Rötredir.

**Plastiklik** özelliği, su eklenerek yoğrulabilmesi ve bu sayede çeşitli şekillere sokulabilmesi daha sonra da verilmiş olan şekli muhafaza etmesi demektir.

**Kohezyon** ise moleküllerin çekim gücünü barındırmaktadır, kil kuruduğu zaman verilen şekle muhafaza etmesi ve dağılmaması ve pudra haline gelmemesini özelliği vermektedir.

**Renk**, kil saf olduğu zaman rengi beyazdır, killerin renkleri metal oksitler ve organik maddelerdendir.

**Rötre**, çekme oranı diye özetlenebilir, kil kurumaya bırakıldığında ve daha sonra pişirilmesi sırasında boyutları değişir ve hacmi küçülmesine Rötre denilmektedir (Toydemir, 1978).

#### 4.1.2. Killerin Pişirme Olayı:

Kilin pişirme sırasında fiziksel ve kimyasal değişimler söz konusu, pişme sırasında kristal düzenindeki bozulmalar kaybolur ve kristal parçaları bir alomera şeklinde birleşir, serbest olan

valans değerleri de doyar (Toydemir, 1978). Tuğla pişirerek dayanıklı sert bir malzemeye dönüşmektedir.

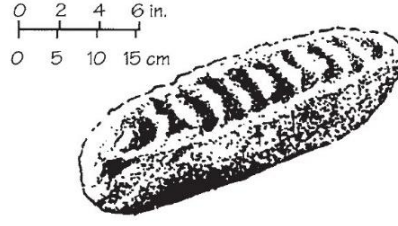
Kilin pişirilerek tuğlaya dönüştürülmesi, ilk olarak Mezopotamya'da M.Ö. 3500 dolaylarında görülmüştür (Bakırer, 1981). Hammadde olarak kil, en çok seramik özellikleri için değerlidir. Yüksek pişirme sıcaklıklarına maruz kaldığında kildeki silikatlar eriyerek parçacıkları camlaştırmaya yaklaşan bir yoğunlukta kaynaştırır. Pişmiş tuğlaların zorlu hava koşullarına daha dayanıklı olduğu görülmüştür, bu durum onları kerpiç tuğlaların yeterli olmayacağı kalıcı binalarda kullanım için çok daha güvenilir bir tuğla haline getirilmiştir. Pişmiş tuğla aynı zamanda gün boyunca oluşan ısının emilmesi ve geceleri serbest bırakılması açısından da kullanışlıdır. Ortaya çıkan malzemenin sağlamlığı ve hava direnci, tuğla, yapısal kiremit ve pişmiş toprakları en dayanıklı inşaat malzemeleri arasında yer almasını sağlamaktadır (Beall, 2003).

‘İlk insanlar için nesnenin niteliğindeki bu değişimi, çamur ya da tozun taşa dönüşümü gizsel bir işlem olmalı. Belki de nesne ve değişmezlik konusunda derin düşünler esinlemiştir.’ (Childe, 1978).

Kilin pişirme sırasında, 300 °C civarında organik maddelerin tamamen yanmasıyla başlamaktadır, su molekülleri 450-650 °C arasındaki sıcaklıkta buharlaşmaktadır. Isı, 850-950 °C'ye ulaştığında, sert, şeklini koruyan, belirli bir mukavemet ve renge sahip yeni bir materyale dönüşmektedir. Bu işlem, kilin fiziksel ve kimyasal yapısında önemli değişikliklere yol açmakta, sonuçta elde edilen ürün, zorlu çevresel koşullara karşı dayanıklılık göstermektedir

#### **4.1.3. Tuğlanın Kısa Tarihi**

Kalıcı barınak inşa etmeye yönelik ilk çabalar, eldeki malzemeyle sınırlıydı (Beall, 2003). Dolayısıyla toprak, mimarlık tarihinde önemli bir rol oynamış ve MÖ 10000'den beri insanlar tarafından kullanılan eski geleneksel yapı malzemesidir (Dethier, 2020). Binlerce yıldır mimari yapıların yapımında temel bir malzeme olmuştur. Bu doğal malzeme, bol miktarda kil içeren toprak ve suyun fazla olduğu yerlerde kolayca bulunup işlenebildiği için dünyanın dört bir yanındaki topluluklar tarafından kullanılmıştır. Bölgeye bağlı olarak organik materyal eklenerek (örneğin saman), toprağın özelliklerini iyileştirmek ve malzemenin dayanıklılığını artırmak için kullanılmıştır. Elle şekillendirerek ve daha sonra güneşte kurtulmaya bırakılarak kerpiç yapı malzemesini elde edilmiştir. Şekil 4.1'de Antik Eriha bölgesindeki arkeolojik kazılardan alınan, yaklaşık MÖ 8000 tarihine ait elle şekillendirilmiş ve güneşte kurutulmuş dünyanın en eski tuğlalarından biridir (Beall, 2003).



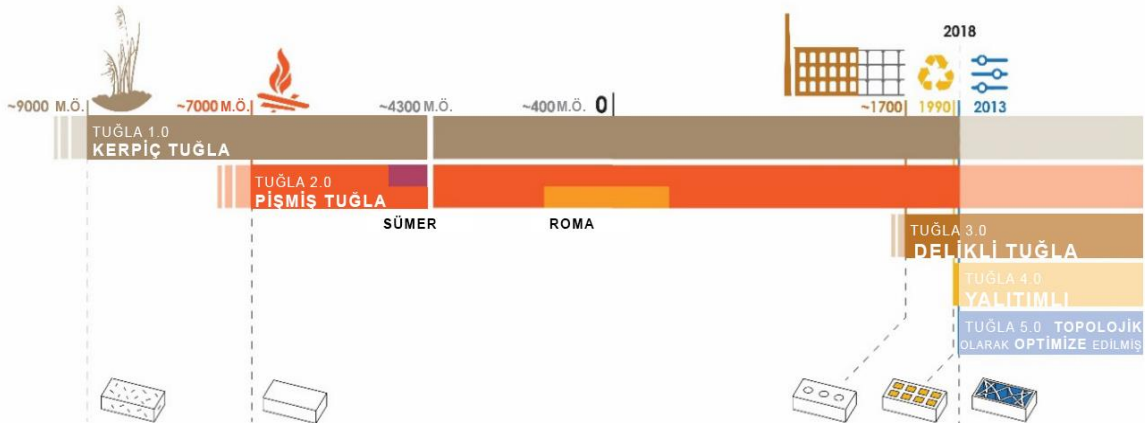
Şekil 4.1. Güneşte Kurutulmuş Tuğla, Yaklaşık MÖ 8000. (Beall, 2003).

Elle şekillendirme kullanımını uzun zaman sürdürdü, Ahşap kalıpların kullanımını, MÖ 3000 ye kadar el şekillendirme tekniklerinin yerini almamıştır (Beall, 2003).

MÖ 3500 civarlarında kil pişirilerek tuğlaya dönüşmesi keşfedildiğinde (Bakırer, 1981), güneşte pişirmek yerine ateş ile pişirmesi daha dayanıklı bir hal almıştır. İlk insanlar toprağı pişirmeyi öğrendiklerinde, onlara doğal taşın yanı sıra tuğla ile de yapı inşa etme seçeneğı vermiştir.

Roma döneminde tuğla kullanımını artmış ve bu tuğlalar üretimin en üst düzeye çıkaracak şekilde yeni üretim teknikleriyle özelleştirilmiştir. Romalıların çıkardığı (mobile kiln), fırında pişirilen tuğlaları tüm Roma İmparatorluğu'na tanıtmaya başarmışlardır. Romalılar uygarlıklarının ilk yüzyılında bu tür tuğla yapımını tercih etmişler ve tuğlaları imparatorluğun her yerinde kamu ve özel binalarda kullanmışlardır.

Tuğlalar birçok kültürde bağımsız olarak ortaya çıkmış, çağlar boyunca gelişerek yüzyıllar boyunca varlığını sürdüren evrensel yapı elemanları olmuştur (Ganobjak ve Carstensen, 2019). Tuğla üretim yöntemleri yüzyıllar içinde sürekli gelişim göstermiş Şekil 4.2'de tarih boyunca teknoloji gelişimi ile beraber tuğlanın gelişimini gösterilmektedir.



Şekil 4.2. Tarih Boyunca Tuğlanın Gelişim Şeması (Ganobjak ve Carstensen, 2019)

Tuğla, günümüzde hala en yaygın kullanılan yapı elemanlarından biri olarak önemini korumuş olsa da temel geometrisi nerdeyse hiç değişmemiştir (Andreani ve Bechthold, 2014). Günümüzde dijital araçlar, tuğla yapımıyla ilgili karşılaşılan zorlukların üstesinden gelmeye ve tuğlanın potansiyelini keşfetmeye yardımcı olmaktadır. Hem tarihsel hem de modern mimaride benzersiz bir yer tutmasının ötesinde, sürdürülebilir bir geleceğin oluşturulmasında önemli bir rol oynamaktadır.

#### **4.1.4. Dijital Çağda Tuğlanın Yeri**

Tuğla, geometrik kombinasyonlar yoluyla verimli yapısal formlar oluşturmanın yanı sıra, hafif ve ucuz bir malzeme olarak düz, kavisli ve çok yönlü yapılar inşa etmek için mükemmel potansiyellere sahiptir. Bu özellikleri sayesinde, inşaat tarihi boyunca statik ve estetik açıdan pek çok başarılı yapısal kompozisyon oluşturmuş olmasının yanı sıra, bu tür yapıların inşası, zaman, işçilik ve hassasiyet gerektiren işlerdir. Son yıllarda endüstriyel bağlamlarda beton ve çelik yapılar devreye girdikten sonra tuğla kullanımını dekoratif bir kaplama malzemesine indirgenmiştir. Ancak tuğlanın özellikleri nedeniyle bu duruma karşı tuğlanın kullanım potansiyellerini ne olabileceğini sorusunu önemli araştırma alanı haline gelmiştir (Sunguroğlu, 2008).

Mimarlık disiplininde yer alan dijital tasarım uygulamaları, dijital üretim araçları ve robotik montaj süreçleri, standart tuğla modülünü karmaşık tuğla örüntüsünü uygulanabilir hale getirilmesiyle beraber tuğla ile yapılabilecek örüntü potansiyellerini yönelik uygulamalar son zamanlarda yaygınlaşmaya başlamıştır. Form, malzeme ve uygulama arasındaki ilişkiyi güçlendirmektedir.

Dijital üretim süreçlerinde, materyali efektif kullanmanın yansıra yeni kompleks formların uygulanmasına yol açmıştır. Öğreneğin, dijital tasarım araçları ile standart tuğla modülünü farklı açılar ile dizdirecek kompleks örüntüler elde edilebilir ve robotik üretim yöntemleri ile hızlı ve hassas bir şekilde de dizme olanağı vermektedir. Winery Gantenbein projesinde Gramazio & Kohler, 2006 yılında ETH Zurich üniversitesinde geliştirdikleri robotik üretim yöntemi ile 20.000 tuğlanın her birini programlanan parametrelere göre, istenilen açıda ve tam olarak öngörülen aralıklarla hassas bir şekilde yerleştirilmiştir (Bonwetsch et al, 2007) (Şekil 4.3).



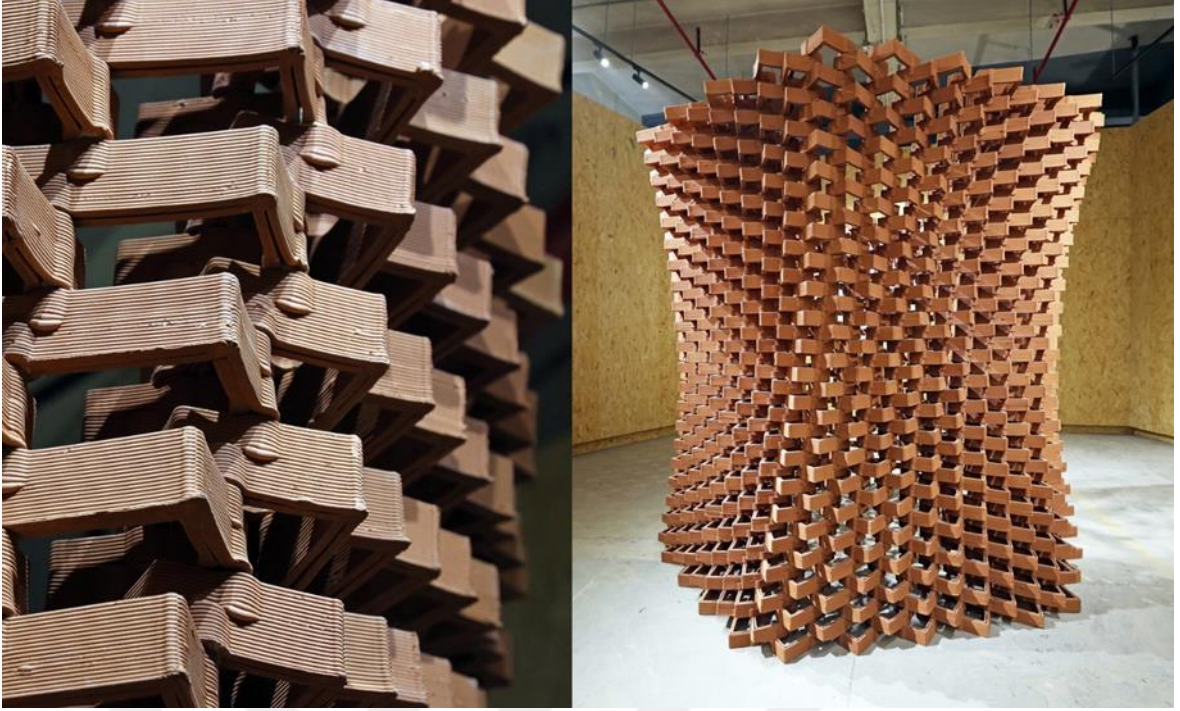
Şekil 4.3. Winery Gantenbein Cephesi (URL-1)

Dijital üretim araçları sayesinde, tuğlanın klasik formu yeniden keşfedilmektedir. Bu yeni yaklaşımlar, tuğlanın malzeme özelliklerini ve yapısal işlevlerini genişletilmektedir, böylece tuğla, dijital üretim araçları ile birleşerek daha özgün ve yenilikçi yapı malzemelerine dönüşmektedir. ACLAB dijital üretim araçları ile tuğla bloklarının geometrisini sınırlarını zorlayıp, bu yaklaşımın potansiyellerini göstermek için deneysel çalışmalar yapmaktadır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. ACLAB- V Brick Wall (URL-2)

Bu bağlamda yapılan gelişmeler ve araştırmalar, tuğlanın gelecekte standart dışı yapılar oluşturma yeteneği (Şekil 4.5) ve bu yolla inşaat sektörünün ihtiyaçlarını karşılamada büyük bir potansiyele sahip olduğunu vurgulamaktadır.



Şekil 4.5. Robotic Fabrication LAB, Faculty Of Architecture, Hong Kong Üniversitesinde 2017 Yılında 3B Yazıcı Teknolojisi İle Üretilmiş Tuğlar İle Pavyon (URL-3)

#### 4.2. Yerel Mimari ve Malzeme

Yerel mimari, belirli bir bölgeye özgü yapım teknikleri ve malzemeleri kullanarak yapılan yapıları tanımlamaktadır. Bu tür mimari, genellikle iklimsel, coğrafi ve kültürel koşullara yanıt olarak evrimleşir. Profesyonel mimarlar veya tasarımcılar tarafından değil, o bölgede yaşayan insanlar tarafından geliştirilir ve inşa edilmektedir. Rudofsky'nin (1964) belirttiği gibi, yerel mimarinin büyümesi, sade yöntemlerle büyük etkilere ulaşabilmesindedir; moda döngülerine tabi olmaksızın, amacına uygunlukla öne çıkar ve yerel kültürel değerleri yansıtırken, sürdürülebilir ve çevre dostu tasarım ilkelerini de barındırmaktadır.

“Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World” yazarı Paul Oliver yerel mimarinin tanımını şöyle ifade eder:

“Yerel mimari, insanların konutlarını ve diğer tüm binalarını kapsar. Çevresel bağlamları ve mevcut kaynaklarıyla ilgili olarak, geleneksel teknolojiler kullanılarak, geleneksel olarak sahipler veya topluluk tarafından inşa edilirler. Yerel mimarinin tüm biçimleri, belirli ihtiyaçları karşılamak, bunları üreten kültürlerin değerlerine, ekonomilerine ve yaşam tarzlarına uyum sağlamak için inşa edilir.”

Paul Oliver, Yerel mimarinin yok olma tehdidi altında olduğunu ve aslında yerel çözümlerin çevresel sorunlara bir yanıt olabileceğini savunmaktadır. Bu nedenle, vernaküler mimariyi araştırmanın, kaynakların tükenmesi ve iklim değişikliği gibi sorunların çözülmesine yardımcı olabileceğini öne sürmektedir. Daha da önemlisi, kültürel mirasın bir parçasıdır ve korunması kritik bir rol oynamakta, bu nedenle vernaküler mimariyi araştırmanın çevresel ve kültürel açıdan büyük bir öneme sahip olduğunu vurgulamaktadır (Oliver, 2007).

#### 4.2.1. Adana İklmsel Özellikleri

Adana kenti, Türkiye'nin güneyinde, Akdeniz kıyısının hemen doğusunda yer almaktadır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Adana Konum Haritası (URL-4)

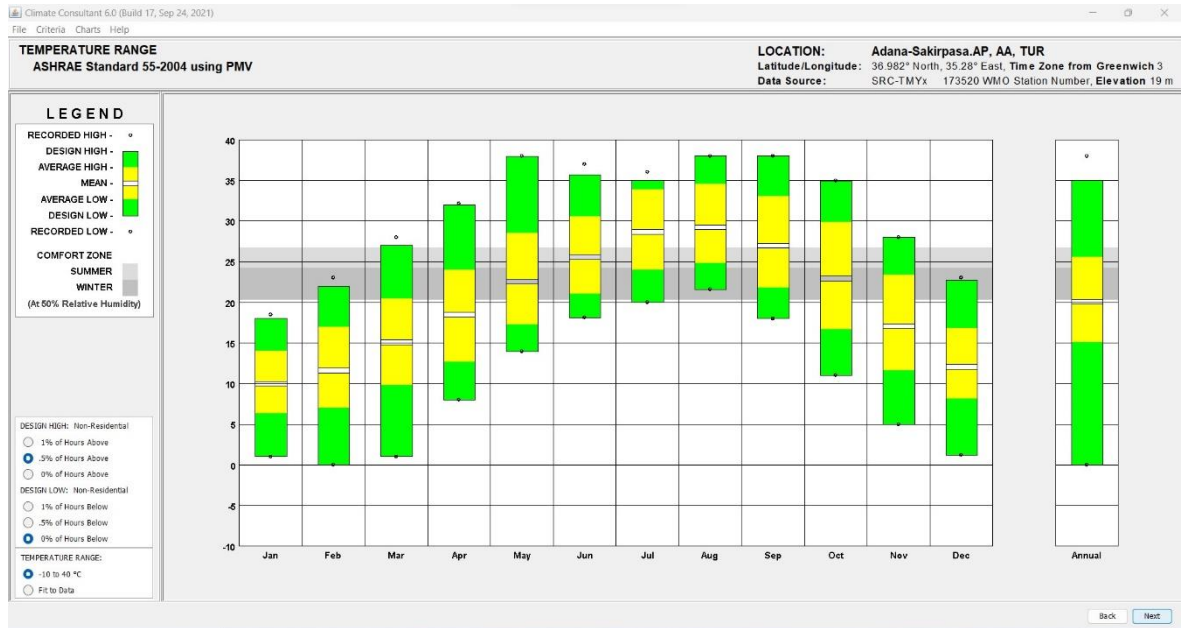
Adana, Konumu itibariye Akdeniz iklim özelliklerini taşımaktadır. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlıdır. Bölgede meydana gelen yağışlar, genellikle yamaç yağışları ve gezici hava kütlelerinin karşılaşması ile oluşur. Ortalama yağış miktarı 625 mm dir. Yılın ortalama 74 günü yağışlı geçer. Yağışlar %51 kışın, %26 ilkbaharda, %18 sonbaharda, %5 yazın düşer. Yazın havanın nemle yüklü olmasına karşılık, bazı yıllarda hiç yağış düşmediği görülür. Yazın bir alçak basınç merkezi olan Çukurova'ya denizden ve Toroslardan hava akımı olur. Böylece dinamik nedenli bir yüksek basınç merkezi oluşur. Bir taraftan denizden gelen nemli hava, diğer taraftan barajlar ve ovanın sulanması nedeniyle nem artar. İklimin ve enlemin etkisiyle ısınan hava, birikim nedeniyle ağırlaştığı için yükselemez ve doyma noktasına ulaşamaz. Böylece yazın nem yüklü sıcak bir hava görülür. Ortalama nisbi nem % 66 olmakla beraber, yazın % 90'ın üzerine çıkar. 37 yıllık ortalama sıcaklık 18.7 C'dir. En soğuk ay Ocak, en sıcak ay Ağustos'tur. Ocak ayı ortalaması 9 C, Ağustos ayı ortalaması 28 C'dir. Ovanın sıcak olmasına karşılık, ilin topraklarında yükselti ve yüzey şekillerine göre iklim şartları çok değişir. Yağışlarda da değişme görülür. Dağlık kesimde yağışlar doğal olarak fazladır (Fekede 930.5 mm. Saimbeyli'de 805 mm.) Ovada ender olarak görülen kar, dağlarda erken başlar ve bazan aylarca kalır. Adana'da yılın 195.6 günü yaz günüdür. Bu günlerin 134.4'ü tropik gün olarak belirlenmiştir (URL-5).

Kaliforniya Üniversitesi Enerji Enstitüsü (UCEI) tarafından geliştirilen grafik tabanlı yazılım Climate Consultant 6.0 (URL-6), BBC'ler (building bioclimatic chart) oluşturmamız sağlamaktadır. Adananın çeşitli hava durumu grafiklerini göstermek için kullanılmıştır.

Climate Consultant, mimarların, inşaatçıların, müteahhitlerin, ev sahiplerinin ve öğrencilerin yerel iklimi anlamalarına yardımcı olan, kullanımı basit, grafik tabanlı bir bilgisayar programıdır (society of building science educators, t.b.). Bu grafikler ASHRAE Standardı 55'teki

Konfor Modeline göre üretilmiştir. OneBuilding'den (t.b.) alınan EnergyPlus Weather (EPW), tüm simülasyonlar ve iklim analizi için kullanılmıştır.

Şekil 4.7 'de gösterildiği gibi, tüm yıla bakıldığında hava sıcaklığı 35 °C'nin üzerinde bir değerle Mayıs, Ağustos ve eylül aylarında en yüksek, Şubat ise 0 °C'ye ulaşan bir değerle en düşük hava sıcaklığına sahiptir. Ortalamaya baktığımızda grafiğe göre Mayıs ve Ekim ayların ortalama hava sıcaklığının 20 ile 25 °C arasında olup konfor bölgesinin içinde, dire aylarında ise ortalama hava sıcaklığının konfor bölgesinin üzerinde, yılın kalan ayları ise ortama hava sıcaklığının konfor bölgesinin altında olduğu söylenebilir.



Şekil 4.7. Climate Consultant 6.0 Kullanarak Üretilen Adana'nın Yıl Boyunca Konfor Ve Sıcaklık Aralığı

#### 4.2.2. Adana'da Yerel Malzeme Kullanımı

Adana'da geleneksel konut yapımında taş, toprak, ahşap gibi doğada hazır bulunan yapı malzemeleriyle cam ve çelik gibi endüstri ürünü malzemeler kullanılmıştır (Soygun, 2003). Bu malzemeler genellikle bölgenin iklimsel, coğrafi ve kültürel özelliklerine uygun olarak seçilmiş ve kullanılmıştır.

**Tuğla ve Kerpiç:** Adana ve çevresindeki toprakların kil içeriği yüksek olduğundan, geleneksel yapı malzemesi olarak tuğla ve kerpiç yaygın olarak kullanılmıştır.

**Kiremit:** Çatı kaplama malzemesi olarak kiremit, Adana'da geleneksel yapılarda rastlanan bir yapı malzemesidir.

**Taş:** Adana'nın bazı bölgelerinde, özellikle temel ve duvar yapımında doğal taş malzeme olarak kullanılmıştır.

**Ahşap:** Geleneksel Adana evlerinde ahşap, çatı karkasları, döşemeler, duvarlar ve pencere doğramaları gibi çeşitli amaçlarla kullanılmıştır.

Adana'nın geleneksel yapım malzemeleri, bölgenin doğal kaynaklarından elde edilmiş ve zaman içinde iklim koşullarına, yerel ihtiyaçlara uyum sağlayan mimari uygulamaların bir parçası olmuştur.

#### **4.2.3. Adana'da Boşluklu Tuğla Kullanımı**

Adana kentinin, 1950'lerde tarımsal kapasitenin artışı ve buna bağlı olarak büyüyen endüstri ve ticaretin iş olanaklarını yaratmasıyla yoğun göç alan bir şehir haline gelmiştir (Altunkasa, 2004). Şehir merkezinin etrafına yerleşmeye başlayan dar gelirli insanların, sıcak hava koşullarına uyum sağlamak ve mahremiyetlerini korumak için boşluklu tuğla kullanarak özgün vernaküler mimariyi oluşturduğu düşünülmektedir. Bu anlamda, Hurmalı, Meydan, Döşeme ve Namık Kemal mahallelerinde boşluklu tuğla kullanımının örnekleri incelenerek, şehir merkezi çevresinde 1950'lerden sonra gerçekleşen yoğun göçle birlikte hızla gelişen yerleşim alanlarının oluşum sürecinde boşluklu tuğlanın rolünü ele alınmıştır (Şekil 4.8). Bu mahalleler, kentsel dönüşüm süreçlerinden daha az etkilenmiş olmaları nedeniyle seçilmiştir. Bu sayede 1950'lerden sonra şehir merkezi çevresinde inşa edilen evlerin orijinal özelliklerini günümüzde de gözlemleyebilmekteyiz (Şekil 4.9). Bu boşluklu tuğlalar genellikle evlerin merdiven sahanlıklarının caddeye bakan duvarlarında kullanılır ve çok yönlü işlevler sunmaktadır. Özellikle güneşten korunmayı, doğal havalandırmayı ve esintiyi sağlamayı amaçlarlar, bu nedenle yarı geçirgen bir sınır oluşturmaktadır. Bu boşluklu tuğlalar, balkon korkuluğu yerine de kullanıldığı için, "balkon tuğlası" adı da verilir. Bu yerel mimari uygulamaları, farklı kültürlerde benzer amaçlar doğrultusunda farklı malzemeler, farklı desenler ve farklı uygulama detaylarına sahiptir. Örneğin, Orta Doğu'da Maşrabiya, Hindistan'da Jali pencere ya da Brezilya'daki Cobogo gibi benzer uygulamalar bulunmaktadır. Vernaküler mimarideki bu tür benzerlikler ve farklılıkların sebebi Henry Glassie'e göre farklı alanlardaki bina türleri arasındaki farklılıklar, kültür, ritüeller, yaşam biçimleri ve sosyal organizasyon, iklimler ve manzaralar, mevcut malzeme ve teknolojilerdeki farklılıkların ifadesi iken, benzerlikler ise sadece bu faktörlerin bir kısmının veya tamamının çakıştığı alanların değil, aynı zamanda insanın ihtiyaç ve arzularındaki bazı temel sabitliklerin ifade etmektedir (Glassie, 2000).

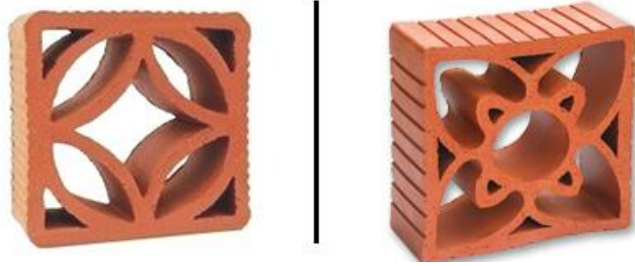


Şekil 4.8. Adana'da A-Hürmalı B- Meydan, C-Döşeme ve D-Namık Kemal Mahallerin Haritada Konumu

**A****B****C****D**

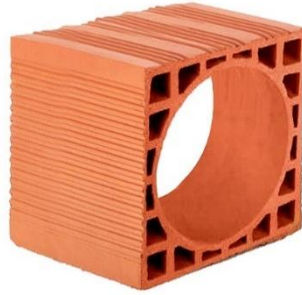
Şekil 4.9 Adana’da A-Hurmalı B- Meydan, C-Döşeme ve D-Namık Kemal Mahallerinden Boşluklu Tuğla Kullanımı Örnekleri (A-C-D Yazar Tarından Çekilmiştir, B(URL-7)),

Alan çalışmasında, belirlenen mahallerdeki yerleşim alanlarında en sık karşılaşılan tuğla modülünün "yıldız balkon tuğlası" ve "çiçek balkon tuğlası" olduğu gözlemlenmiştir (şekil 4.10).



Şekil 4.10. Solda Yıldız Balkon Tuğlası, Sağda Çiçek Balkon Tuğlası (URL-8)

Diğer farklı tuğla dokuları ve modülleri incelendiğinde, yerel mimari pratiğin çeşitliliği ve zenginliği dikkat çekmektedir. Özellikle, farklı işlevler için üretilmiş tuğlaların örme yönlerinin değiştirilerek yarı geçirgen bir sınır ve farklı bir doku oluşturulmuştur. Örneğin, baca tuğlası (Şekil 4.11) içindeki daire şeklindeki boşluk normalde baca işlevi ve tesisatları geçirmek için kullanılırken, bu tuğlaların yan yana dizilmesiyle yapı cephesinde özgün bir örüntü oluşturulduğunu gözlenmiştir. Benzer şekilde, düşey boşluklu tuğlaların yönlerinin yeniden konumlandırılması, yerel mimaride yaratıcılığın ve adaptasyonun güzel bir örneğini sunmaktadır (Şekil 4.12).



Şekil 4.11. Baca Tuğlası (URL-9)

Adana'da kullanılan boşluklu tuğla uygulamaları, çevresel koşullara uyum sağlama, yerel kültüre saygı gösterme ve sürdürülebilir tasarım ilkelerini yansıtarak yerle mimari örneklerindedir. Ancak, Adana kenti özelinde bu yerel mimari örneği üzerine özel bir araştırma yapılmamış görünmektedir. Paul Oliver'in de dile getirdiği gibi bu tür yerel uygulamaların kaybolma tehlikesi altında olduğu bir gerçektir (Oliver, 2007). Çağımızda, daha yerel ve sürdürülebilir olmak önemli ve öncelikli bir durum haline gelmiştir. Yerel mimarinin korunması ile teknolojinin hızlı ilerlemesi arasındaki dengeyi sağlamak önemlidir. Bu nedenle, bu tür önemli yerel mimari örneklerinin araştırılması, korunması ve tekrar güncel teknolojiler ile yaşatılması büyük bir önem taşımaktadır.



Şekil 4.12. Solda Namık Kemal Mahallesinden (Yazar Tarafından Çekilmiştir), Sağda Kullanılan Düşey Delikli Yığma Tuğlası (URL-10)

### 4.3. Mimarlıkta Dijital Devrim

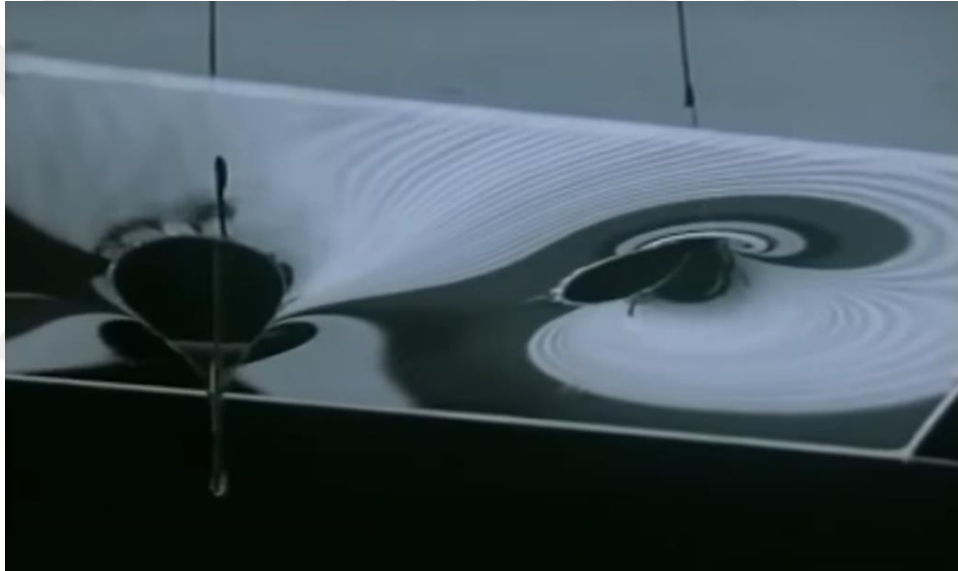
Dijital devrim, 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren gelişen teknolojiler ve hesaplamalı tasarım yöntemleri hayatımıza girmesi ile tanımlanmaktadır (Carpo, 2017). Bir fikir ile başlayan, üretim ile biten yapım süreçleri daha verimli hale getiren Dijital devrimin ortaya çıkardığı üretim teknolojileri ile yeni yollar açmıştır. Branko Kolarevic'e göre, dijital çağ, tasarım ve üretim arasındaki ilişkiyi kökünden yeniden şekillendirilmiştir, neyin tasarlayabileceği ile neyin inşa edilebileceği arasında doğrudan bir bağlantı yaratmıştır (Kolarevic 2004). Bu sürece bakıldığında, tasarım ve üretim ilişkisinin etkileşimli olduğunu görebiliriz. Dijital tasarım ve üretim araçları mimarlıkta kullanımını gittikçe artmaktadır. Özellikle yeni biçim deneyleri ve kompleks formları tasarlamak, manipüle etmek ve üretmek için olanak sunmasının yanı sıra geleneksel yaklaşımların ve materyallerin de yeniden ele alınarak verimli özgün tasarımlar elde edilmesini sağlayabilmektedir.

#### 4.3.1. Hesaplamalı Tasarım

Çizim mimarların aracı olmuştur yıllardır. 20. Yüzyılın 2. Yarısından itibaren mimarlık mesleğine giren dijital tasarım ve üretim süreçlerin doğal sonucu olan tasarım yapma ve uygulama şekli de değişmiştir. Fakat mimarlar çoğunlukla bu dijital araçları, çizim aracı olarak kullanmışlardır. Tersidis (2005), hesaplama "Computation" ve bilgisayarlaştırma "Computerization" kavramları arasındaki farkı anlamamız gerektiğini dile getirmektedir. "computerization" bilgisayarlaştırma, bilgisayar sistemine bilgi girme, işleme veya saklama

anlamına gelirken, hesaplama “Computation” matematiksel veya mantıksal yöntemlerle bir şeyi belirleme eylemidir. Bu durum hesaplama “computation” bilgisayar olmadan da yapılan bir eylem olduğunu anlamına gelmektedir. Bilgisayar öncesi hesaplamalı tasarım öncüleri; Gaudi (1852-1926), İslar (1926-2009), Otto (1925-2015) ve Musmeci (1926-1981) gibi isimler form bulmak (Form finding) için yöntemlerini benzerlikleri; form hesaplayan maketler yada Tedeschi’in (AAD,2014) kullandığı kavram ile “akıllı aparat” kullanmış olmalarıdır.

Gaudi'nin kariyerinin ortasındaki tasarımları (1900 ila 1914 civarı), Otto'nun stüdyosunda (özellikle 1960'lar ve 1970'lerde) ortaya çıkan çalışmalarla, her ikisinin de "serbest biçim" ile çalışmak için "esnek modelleri" kullanma biçimleri açısından önemli benzerlikler taşımaktadır (Burry, 2016). Otto'nun sabun filimlerden bulduğu minimal yüzeyleri (Şekil 4.13) ve Gaudi'nin asılı zincirler ile yerçekimi kuvveti etkisinde optimum form bulması (Şekil 4.14) bunun örneğidir.



Şekil 4.13 Frei Otto'nun Sabun Köpüğü Deneyleri (URL-11)

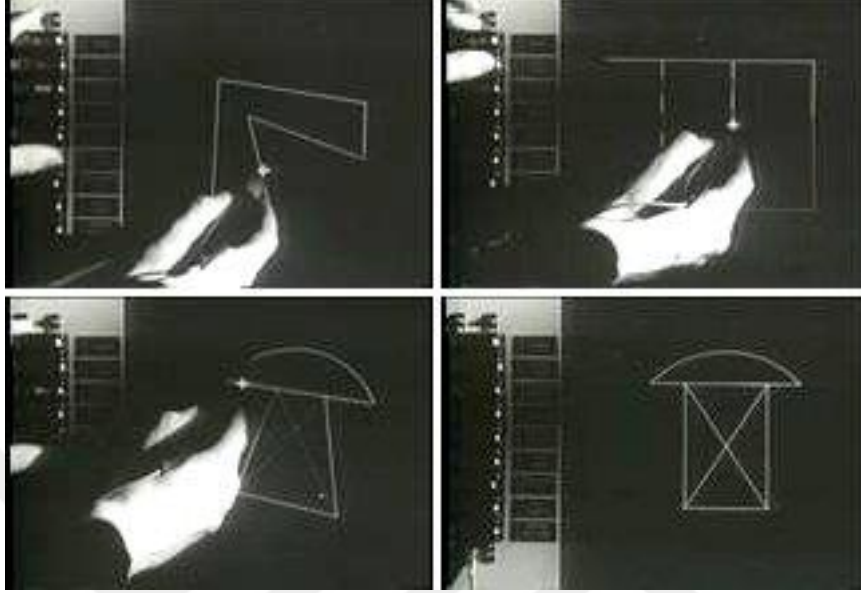


Şekil 4.14 Gaudi'nin Asılı Zincir Modelleri (URL-12)

Bu araştırmalar devam ederken İtalyan mimar Luigi Moretti (1907-1973), 1939'da "Parametrik Mimari" tanımını ortaya koymuştur. "Çeşitli parametrelere bağlı olarak boyutlar arasındaki ilişkilerin tanımlanması" üzerine araştırması, futbol, tenis ve yüzme stadyum modellerinin yenilikçi bir sergisiyle sonuçlanmıştır. Moretti'nin tasarım parametrelerin arasında matematiksel ilişkiler kurarak yapıdaki her pozisyondan görünümü optimize eden bir sistem ile stadyumun formunu belirlemiştir (Tedeschi, 2014).

Analog yöntemler ile yapılan hesaplamalı tasarım metotları, dijital ile ilk buluşması 1963 yılında Ivan Sturthland'ın MIT Lincoln Laboratuvarında doktora tezi kapsamında tasarladığı *Sketchpad* ile gerçekleşmektedir (Şekil 4.15). Sturthland, tasarladığı *Sketchpad* ile mevcut parametrik tasarım olarak düşündüğümüz temelleri atmıştır (Davis, 2013). *Sketchpad*, ışıklı kelem kullanılarak çizgiler ve yaylar çizilebilir ve bunları daha sonra Sutherland'in (atomic constraints) *atomik kısıtlamalar* konseptiyle birbiriyle ilişkilendirilebilmektedir. Sutherland yazılarında hiçbir zaman parametrik kelimesini kullanmamıştır, ancak atomik kısıtlamalar parametrik bir denklemin tüm temel özelliklerine sahiptir: her kısıtlama, bir dizi bağımsız parametrenin açık bir fonksiyonu olarak ifade edilen bir dizi sonuca sahiptir (Davis, 2013). Bilgisayar destekli tasarım araçları geliştirilmeye devam edilmiştir ve 1982 yılında AutoCAD yazılımı piyasaya sürülmüştür (Davis, 2013). Fakat bu araçların öğeler arasındaki aktif ilişkileri değil daha çok çizim araç olarak geliştirilmiştir. Bu neden ile *Sketchpad* teki parametrik ilişkileri ileriye görülmemiştir. On sekiz versiyon sonra, AutoCAD 2010'da parametrik işlevsellik tanıtılmıştır (*Sketchpad*' den kırk üç yıl sonra) ve basınlarda "çığır açan yeni bir yetenek" olarak ilan edilmiştir (Davis, 2013). 1988 yılında

3 boyutlu çizim de yapabilen parametrik modelleme aracı olarak Pro/ENGINEER daha sonra 2003 yılında Generative Components ve 2007 yılında Explicit History arayüzü daha sonra Grasshopper adına verilen araçlar piyasaya sürülmüştür.



Şekil 4.15 Ivan Sutherland Sketchpad'i Tanıtırken (URL-13)

Kullanılan araçların metin kodlar yerine görsel arayüzler; programlar metin olarak değil diyagram olarak temsil yerine almıştır daha anlaşılabilir hale gelmesiyle beraber son 20 yılda parametrik tasarım, mimarlık alanında düzenli bir parçası olarak benimsenmiştir.

#### 4.3.2. Genetik Algoritmalar ve Çok Amaçlı Optimizasyon

Optimizasyon, TDK 'ya göre en uygun duruma getirme açıklanmaktadır (URL-14). Latince Kökeni en iyi anlama gelen "Optimus" sözcüğünden türetilmiştir. Biyolojideki ilk kullanımlarına dayanarak, bir sistemin en arzu edilen konfigürasyonunu ifade ederken, bu terim aynı zamanda bu konfigürasyonu arama sürecini ve tekniklerini de kapsamaktadır (Canestrino, 2021). Bu süreç, çeşitli değişkenleri içeren matematiksel fonksiyonların maksimize veya minimize edilmesi gibi problemleri çözmeyi amaçlamaktadır. Optimizasyon, mimari tasarım süreçlerinde, kaynakların belirli bir hedefe yönelik kullanılması için bir yöntem olarak önemli bir rol oynamaktadır. Canestrino, günümüz mimarisinde kaynakların daha etik bir şekilde kullanılmasına yönelik çabaların ön planda olduğunu belirtirken, bu bağlamda sürdürülebilirliği artırmaya yönelik optimizasyonların giderek daha fazla önem kazandığını vurguluyor. Ancak, mimari tasarımın özünde bulunan ölçülemeyen yönlerin, optimizasyonun baskın hedef haline gelmesiyle göz ardı edilme riskine de dikkat çekiyor. Bu nedenle, Canestrino bu iki kavramın dengeli bir şekilde ele alınmasının gerekliliğini vurgulamaktadır (Canestrino, 2021). Çok amaçlı optimizasyon, birden fazla hedefin veya performans kriterinin aynı anda göz önünde bulundurulduğu bir optimizasyon

sürecidir. Mimarlıkta, bu hedefler genellikle enerji verimliliği, estetik çekicilik, yapısal bütünlük ve maliyet etkinliği gibi birbirine çoğu zaman zıt olan faktörleri içerebilmektedir. Çok amaçlı optimizasyon, bu hedefler arasında en iyi dengeyi bulmayı amaçlar. Birden fazla hedefin optimizasyonu için genetik algoritmalar en yaygın optimizasyon yöntemidir.

Genetik algoritma, doğal seçim ve genetik mekanizmalardan esinlenerek oluşturulan, problemlere çözüm bulmak için kullanılan bir arama ve optimizasyon yöntemidir. Bu kavram John Holland tarafından 1960lı ve 70li yıllarda geliştirilmiştir (Holland,1975).

Genetik algoritmanın temel adımları şunlardır:

**Başlangıç Popülasyonunun Oluşturulması:** Problemin potansiyel çözümlerini temsil eden rastgele bir bireyler seti oluşturulur.

**Uygunluk Fonksiyonunun Değerlendirilmesi:** Her bireyin, problemin çözümüne ne kadar iyi uyduğunu belirlemek için bir "uygunluk fonksiyonu" kullanılır.

**Seçim:** Yüksek uygunluk puanına sahip bireyler, bir sonraki nesle aktarılacak genleri belirlemek üzere seçilir.

**Çaprazlama (Çapraz Üreme):** Seçilen bireyler arasında, genetik bilginin yeni nesil bireylere aktarılmasını sağlayan çaprazlama işlemi gerçekleştirilir. Bu, genellikle iki bireyin genotiplerinin bir kısmının takas edilmesi şeklinde olur.

**Mutasyon:** Yeni nesil bireylerin genotiplerinde rastgele değişiklikler (mutasyonlar) yapılır. Bu, çeşitliliği artırarak yerel optimumlarda takılıp kalmaktan kaçınmayı amaçlar.

**Yeni Nesil:** Çaprazlama ve mutasyon sonucu oluşturulan yeni nesil bireyler, bir sonraki iterasyonda değerlendirilmek üzere kullanılır.

Mimarlıkta genetik algoritmalar ve çok amaçlı optimizasyonun kullanımı, tasarım sürecini daha bilinçli ve veriye dayalı kararların alınmasını sağlamaktadır. Bu yöntemler, tasarımın her aşamasında önemli katkılar sağlayarak, daha yenilikçi ve sürdürülebilir mimari çözümlerin geliştirilmesine imkân tanımaktadır.

#### 4.3.3. Eklemeli Üretim ve Üç Boyutlu Baskı Teknolojisi

Dijital fabrikasyon, tamamı dijital devrimin parçası olan bilgisayar destekli tasarım (CAD), bilgisayarlı sayısal kontrol (CNC) makineleri ve robotik gibi dijital teknolojileri birbirine bağlamış olup, temel olarak üç üretim sürecini kapsamaktadır (Chadha ve Ark., 2024):

- Eklemeli üretim, üç boyutlu bir nesne oluşturmak için sonraki malzeme katmanlarını biriktirerek bileşenlerin yapımına yönelik bilgisayar kontrollü bir teknolojidir.
- Çıkarmalı üretim, istenen şekilleri oluşturmak için matkaplar, freze makineleri, tel kesiciler, torna tezgâhları veya yönlendiriciler gibi çeşitli aletler kullanılarak malzemenin katı bir bloktan veya malzeme stoğundan çıkarıldığı bir işlemdir.

- Biçimlendirici üretim, belirli bir malzemenin kalıp kullanılarak veya kullanılmadan mekanik deformasyonunu, bükülmesini, dövülmesini veya şekillendirilmesini içeren bir dizi tekniktir.

Üç boyutlu baskı teknolojisi, eklemeli üretim (Additive Manufacturing) kategorisinin altında yer alan yenilikçi bir üretim yöntemidir. Bu yöntemde, sayısal ortamda tasarlanan nesnelere katmanlar halinde üretilir. Tasarım verisi, bilgisayar destekli tasarım yazılımlarıyla yatay kesitlere dönüştürülerek dilimlenir. Üretim süreci, katmanlı bir yapı oluşturarak fiziksel bir nesnenin üretilmesine imkân tanır. Mimarlıkta üç boyutlu baskı teknolojisi, tasarım ve inşaat süreçlerini dönüştürmekte ve yenilikçi yapısal çözümler ile benzersiz formların gerçekleştirilmesini mümkün kılmaktadır. Bu teknolojiler, tasarımcılara karmaşık geometrileri fiziksel nesnelere dönüştürme olanağı sunarak geleneksel yöntemlerle üretilmeyen yapıları ve elemanları üretmek mümkün hale getirmektedir. İlk ticarileştirilmiş 3 boyutlu yazıcı, 80'lerde Chuck Hull tarafından icat edilen eski bir teknolojidir. Chuck Hull SLA (Stereolitografi) teknolojisi sıvıyı ışıkla sertleştirerek çalışan 3B yazıcı teknolojisiyle çalışan sistemi icat etmiştir. 3B yazıcı sistemleri SLA temeli üzerine kurulmuştur (Gibson et al., 2021). FDM (Fused Deposition Modelling) veya FFF (Fused Filament Fabrication), Eriyik Biriktirme Modellemeli 3B yazıcı, günümüzde en yaygın kullanılan 3B baskı teknolojisi, 1988 yılında Scott Crump icat etmiştir (Barnatt, 2013). Katmanlı üretimin evrim süreci devam ederek, farklı malzemeler ve farklı yöntemler ortaya çıkmaya devam etmiştir.

Massimo Moretti, 2012 yılında bir grup genç tasarımcı ile beraber, WASP (World's Advanced Saving Project) İtalya'da üretilen 3B yazıcı firması kurmuştur. Massimo Moretti, doğadan ve kendi evini inşa eden çömlekçi arısı gözlemlerinden ilham alarak, WASP'ı sifıra yakın bir maliyet ile doğal malzemelerle evler inşa edebilen büyük 3B yazıcılar üretmek için harekete geçmiştir (URL-15).

Üç boyutlu baskı teknolojisi, tasarım süreçlerinde esnekliği artırırken aynı zamanda kompleks geometrilerin üretimini daha erişilebilir hale getirmiştir. Geleneksel üretim yöntemlerine kıyasla daha az atık üretirken daha hızlı prototipleme ve üretim süreçleri sunmaktadır. Bu teknoloji, mimarlar ve tasarımcılar için özgün ve özelleştirilmiş yapı elemanları oluşturmak için geniş bir alan açmıştır. Üç boyutlu baskı teknolojisi, gelecekte mimarlık ve inşaat sektörlerinde daha fazla yenilik ve sürdürülebilirlik sağlama potansiyeline sahip heyecan verici bir araç olarak ön plana çıkmaktadır.

#### 4.4. Alan Çalışması

Bu bölüm, araştırmanın uygulamalı yönünü, kullanılan yazılımların, materyallerin ve araçların detaylarını ve bu araçların projedeki uygulanabilirliklerini ele almaktadır. Çalışma, Adana'nın vernaküler mimarisi ve modern teknolojilerin entegrasyonu üzerine odaklanırken, bu teknolojilerin gerçek dünya koşullarında nasıl uygulandığını ele almaktadır.

##### 4.4.1. Çalışmada Kullanılan yazılımlar, materyaller ve araçlar

**Rhinoceros 7:** Bu yazılım, 3 boyutlu modelleme için kullanılan bir bilgisayar yazılımıdır. NURBS (Non-uniform rational B-spline) tabanlı bir modelleme aracıdır. Bu kullanıcıların karmaşık ve yüksel çözünürlüklü şekilleri ve yüzeyleri yüksek hassasiyetle oluşturmalarını sağlamaktadır. Vaka çalışması alanın rölevesi alındıktan sonra modelini oluşturmak için kullanıldı.

**Grasshopper 3D:** Rhinoceros yazılımı için geliştirilmiş bir görsel programlama aracıdır. Bu eklenti, kullanıcılara karmaşık geometrileri ve yapıları algoritmik ve parametrik bir yaklaşımla oluşturma yeteneği sağlamaktadır. Tuğla modülünün tasarımı ve değişken sınırlarının tanımlanmasında kullanıldı.

**Ladybug Eklentisi:** Grasshopper 3D için geliştirilmiş bir çevresel analiz eklentisidir. Özellikle sürdürülebilir tasarım ve enerji verimliliği konularında tasarımcılara rehberlik etmek amacıyla kullanılır. Ladybug, güneşlenme, ısı kazancı, termal konfor gibi bir dizi çevresel parametreyi analiz edebilmektedir. Çevresel analizler ve güneş analizleri için kullanıldı.

**EPW İklimsel Verileri:** EPW (EnergyPlus Weather) dosyası, binanın enerji modellemesi ve performans simülasyonu için kullanılan bir hava verisi formatıdır. OneBuilding'den alınan bu veriler, enerji modellemesi ve performans simülasyonları için temel bir veri kaynağıdır.

**Galapagos Evolutionary Solver:** Bu eklenti, Grasshopper için bir evrimsel çözümleyici (evolutionary solver) eklentisidir. Temelde, belirli bir hedefe (veya hedeflere) ulaşmak için bir tasarımın farklı parametrelerini otomatik olarak ayarlamaya yardımcı olur. Bu, genetik algoritmalara dayanır. Genetik algoritmalar, doğal seleksiyonun temel prensiplerini taklit ederek optimum çözümlere ulaşmaya çalışır. Optimum tuğla modülün açıklıkları ve yönleri tespit etmek için kullanıldı.

**Wasp 2040 3B Yazıcı ve Simplify3D Dilimleme Programı:** Bu yazıcı, Seyhan Baraj Gölü çevresinden toplanan kille yapılan baskı için kullanıldı. Simplify3D, baskı dosyaları hazırlamak için kullanıldı.

Seyhan Baraj Gölü etrafından toplanan kil bu çalışmada 3B baskı malzemesi olarak kullanıldı. Kilin seçilmesi, yerel malzemenin modern üretim teknikleri ile nasıl entegre edilebileceğini ve bu entegrasyon sürdürülebilir mimari çözümler açısından potansiyelini araştırmak amacıyla yapıldı. Bu yaklaşım, bölgesel kaynakların kullanımıyla çevresel etkinin azaltılmasına katkı sağlama potansiyelini göstermektedir. Ve aynı zamanda yerle malzemelerin güncel teknoloji uygulamaları ile uyum olabileceğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda Seyhan

Baraj Gölü etrafından toplanan kilin, 3B baskı sürecindeki performansı ve işlenebilirliği, mimari tasarımların hem estetik hem de işlevsel açıdan nasıl geliştirilebileceği üzerine bilgiler sunmaktadır.

#### 4.4.2. Kilin Toplaması, Analizleri, hazırlanması ve baskı süreci

##### *Malzeme analizleri*

Bu çalışmada Seyhan Baraj Gölü çevresinden alınan kil kullanılmıştır (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Seyhan Baraj Gölü ve Kilin Toplandığı Yer

Toplanan kilin XRF analizli ile mineral kompozisyonları elde edilmiştir. XRF “X-Işın Floresans” anlamına gelir ve çok çeşitli materyallerin temel bileşimlerini belirlemek için uzun yıllardır kullanılan bir malzeme analiz tekniğidir. Seyhan Baraj Gölü çevresinden alınan kilin XRF analizi Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında yapılmıştır. Laboratuvara verilen deney numunesi agat havan yardımı ile öğütüldükten sonra 125 mikron altına elenerek analize hazır hale getirilmiştir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17 XRF Analiz Süreci

Numunenin kimyasal analizi XRF yarı kantitatif yöntemle (standartsız) yapılmıştır. Numunelerin kimyasal içerikleri ve doğal nem oranları Çizelge 1 de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1. Adana Seyhan Baraj Gölü Etrafından Toplanan Kilin Kimyasal İçeriği, Kazdırma Kaybı ve Doğal Nem Oranı

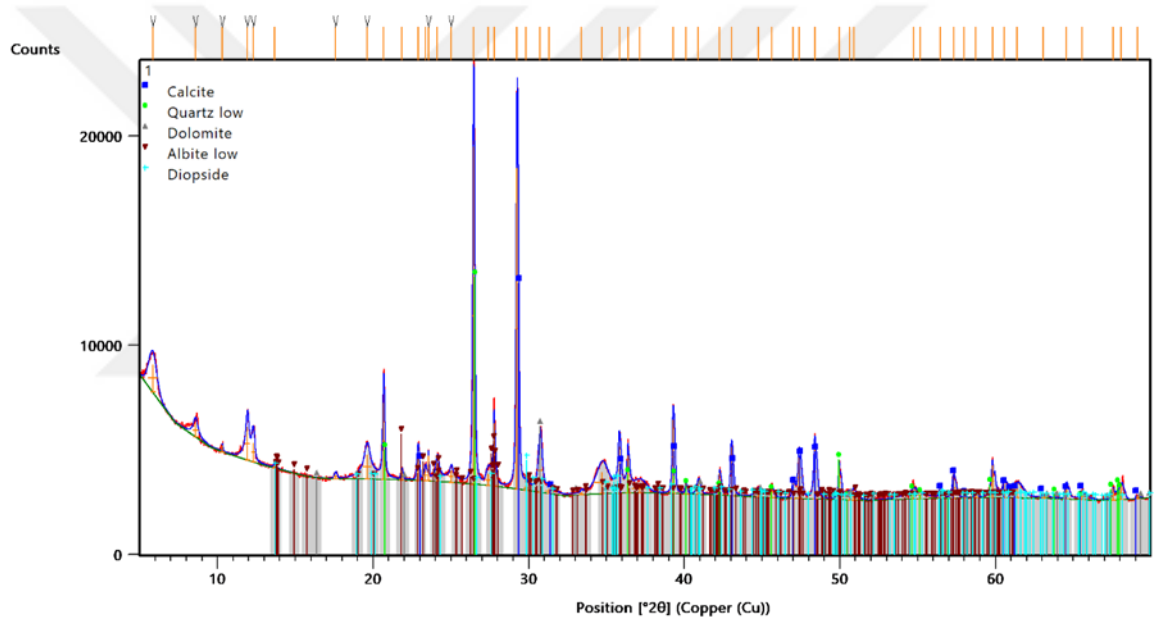
Oksit %	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	Cl	TiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	MgO	CuO
	31,31	8,35	13,83	24,50	2,01	0,00	0,98	0,65	0,17	0,07
Kızdırma Kaybı	%18,13									
Doğal Nem	%3,67									

Yüksek Silika SiO<sub>2</sub> (%31.31) ve Alüminyum Oksit Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (%8.35) içeriği, malzemenin yüksek ateşe dayanıklılık ve yapısal bütünlük sağlayacağını göstermektedir. Bu iki bileşen, tuğlaların yapısını güçlendiren ve refrakter özellikleri artıran ana bileşenlerdir. Kalsiyum Oksit (CaO) malzemenin sertleşme ve yapışma özellikleri iyileştirebilir, yüksek oranda olması malzemeyi pişirim sonrası rengini sarıya dönüştürüp, şekil bozuklukları ve çatlamlar oluşturabilmektedir. Demir Oksit (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) içeriği de renklendirmesinde önemli rol oynamaktadır. K<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub>, MgO ve SO<sub>3</sub> gibi diğer bileşenlerin varlığı, malzemenin fiziksel ve kimyasal özelliklerini az etkilemektedir. Örneğin, K<sub>2</sub>O seramiklerde füzyon (erime) sıcaklığını etkileyebilirken, TiO<sub>2</sub> pigmentasyon özellikler sağlayabilmektedir. CuO ve Cl'nin çok düşük oranlarda bulunması, bu elementlerin malzemenin genel özelliklerine büyük etkisi olmayacağını göstermektedir. Literatürde tuğla yapımında kullanılan kil hammaddesinin ideal kimyasal bileşimi için belirtilen değerler, Silika (SiO<sub>2</sub>) için %42 ile %64, ve Alüminyum Oksit (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) için ise %16 ile %20 arasında değişmektedir. (Köseaydin, E. N., 2014), Seyhan Baraj Gölü çevresinden toplanan kilin 2014 yılı analiz sonuçları (Çizelge 2), literatürde önerilen ideal oranlara daha yakın değerler sergilemektedir. Dolayısıyla, birden fazla bölgeden kil numunelerinin toplanması ve detaylı analizlerinin yapılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 4.2. Seyhan Baraj Bölgesi kilinin kimyasal analizi (%) ((Köseaydin, E. N., 2014)

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	A.Z
47,02	15,02	6	18,30	2,60	2.80	8.26

XRD “X-ışın difraksiyonu” malzemelerin kristalografik özelliklerinin ve içerdikleri fazların belirlenmesini sağlayan hasarsız analiz yöntemidir. Toz numunelere uygulanan bu analiz sonucunda kristal yapısının yansıma, tane boyutu ve tercihi yönlenme özellikler belirlenebilir. Seyhan Baraj Gölü çevresinden alınan kilin XRD analizi Çukurova Üniversitesi Çukurova Üniversitesi Merkez Laboratuvarında yapılmıştır (Şekil4.18). XRD analizinden elde edilen spektrumda kalsit(C<sub>1</sub>Ca<sub>1</sub>O<sub>3</sub>), diopsid (Ca<sub>1</sub>Mg<sub>1</sub>O<sub>6</sub>Si<sub>2</sub>), dolomit (C<sub>2</sub>Ca<sub>1</sub>Mg<sub>1</sub>O<sub>6</sub>), kuvars (O<sub>2</sub>Si<sub>1</sub>) ve albit (Al<sub>1</sub>Na<sub>1</sub>O<sub>8</sub>Si<sub>3</sub>) mineralleri tespit edilmiştir.



Şekil 4.18 Seyhan Baraj Gölü Etrafından Toplanan Kilin XRD Analizi

Malzemenin analizleri, tuğla üretimi için potansiyel olarak uygun bir temel sunmaktadır. Ancak, bu malzemenin ticari tuğla üretimi için tam uygunluğunu belirlemek için ek testler ve deneyler yapılmalıdır. Özellikle, malzemenin pişirme sırasındaki davranışı, mekanik özellikleri ve nihai ürünün dayanıklılığı gibi faktörler, üretim sürecinde ve uygulama performansında önemli rol oynamaktadır.

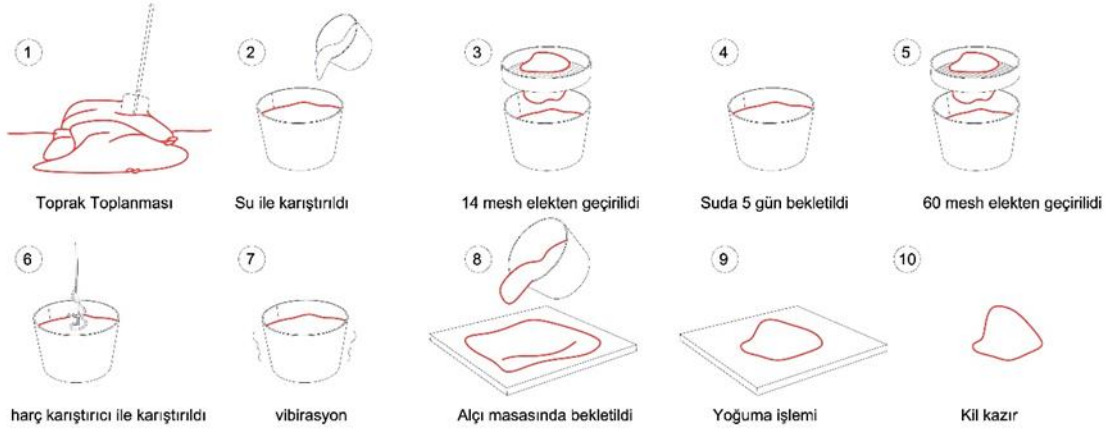
### ***Baskı için Hammaddenin hazırlanması***

Seyhan Baraj Gölü çevresinden elde edilen kil, ilk önce ot, taş vb. malzemelerden arınması için 14mesh (1.41 mm) elek ile süzölmüştür. Daha sonra homojen bir karışım ve içinde tuzların çözölməsi için 5 gün suda bekletildikten sonra karıştırmıştır. Bu karışım 60 mesh (0.25mm) elekten süzölerek içinde herhangi bir katı malzeme olmadığını kontrol edilmiştir. Bu adım 3 boyutlu yazıcının ekstrüder kısmında yer alan vidalı mile zarar vermemesi için önemlidir. Elde ettiğimiz karışım sıvısının içinde hava kabarcığı olmaması için kovanın sallanması sağlanmıştır. Elde edilen sıvıyı alçı masasında sererek suyu alıp elle yoğurularak plastik çamur kıvama getirilmiştir. Yoğurma işlemi esansında karışımında hava kabarcıkların oluşmaması için özen gösterilmiştir. Elde ettiğimiz hamurda hava kabarcıkları kalırsa 3 boyutlu baskı sırasında malzeme akışını değıştirebilir ve basılan nesnede topaklar veya patlama izleri bırakabilir bu nedenle kili hazırlarken bu olaya dikkat etmek önemlidir. (Şekil 4.19) (Şekil 4.20)



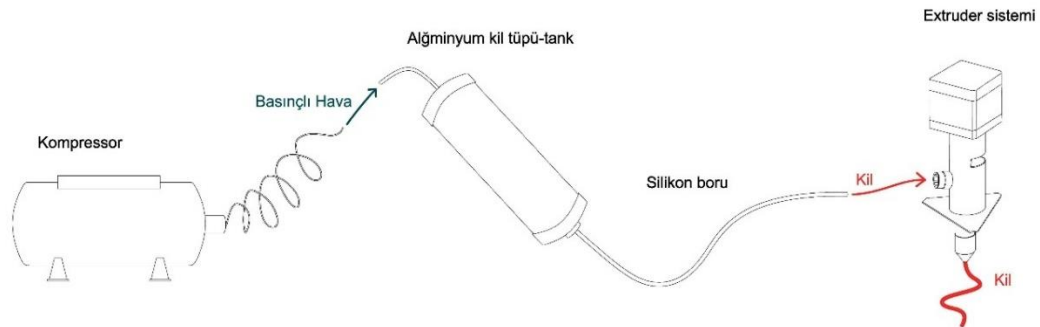
Şekil 4.19. Kili Hazırlarken Çekilen Fotoğraflar :

1. Seyhan Baraj Gölü Çevresinden Elde Edilen Kil
2. Suda Bekletmesi
3. 14 Mesh Elekten Geçirilmesi
4. 60 Mesh Elekten Geçirilmesi
5. Harç Karıştırıcısı ile Karıştırılması
6. Alçı Masasında Bekletilmesi



Şekil 4.20. Kilin Hazırlama Aşamaları (Yazar Tarafından Hazırlanmıştır)

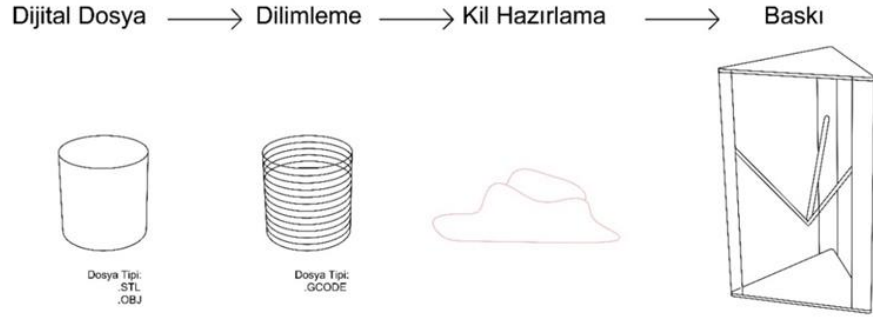
Daha önce hazırlanan kili bir tüpe doldurulur, bu tüp kili kontrollü bir şekilde dışarıya itmek için tasarlanmıştır. Kilin itme işlemi bir kompresör yardımıyla gerçekleşmektedir. Kompresörden gelen basınçlı hava, kilin akışkanlığı ve çıkış hızını dengeli bir şekilde yönetmektedir. Kil tüpten çıktıktan sonra, silikon bir hortumla ekstrüder kısmına ulaşmaktadır (Şekil 4.21) de gösterildiği gibidir. Ekstrüder, kontrol mekanizması tarafından yönlendirilir ve bilgisayar tarafından oluşturulan 3B modelin koordinatlarına göre hareket etmektedir.



Şekil 4.21. Makinenin Çalışma Mantığı (Yazar Tarafından Hazırlanmıştır)

### **Dosya hazırlığı**

3B yazıcının şekli oluşturabilmesi için modelin katmalar veya dilimler halinde kesilmesi gerekmektedir. Dilimlemek için Simplify3d programı kullanılmıştır. Dilimleme programları GCODE dosyası oluşturur, bu süreç (Şekil 4.22) te gösterilmektedir. (.GCODE) uzantılı dosyalar, CNC makineleri ve 3B yazıcıları gibi birçok bilgisayar destekli makine tarafından kullanılan bilgisayar dilidir. GCODE dosyası, yazıcının ekstrüder hareketlerini, katman yüksekliklerini, akış miktarını ve diğer baskı parametrelerini içerir. Bu dosya, yazıcıya her katmanı nasıl ve hangi sırayla basacağını detaylı bir şekilde anlatır. GCODE, yazıcının hareketlerini ve işlemlerini adım adım yönlendiren bir yol haritası gibi işlev görmektedir. Katmanlar birbirlerinin üzerine eklenerek, tasarlanan 3B modelin fiziksel bir kopyası oluşturulmaktadır.

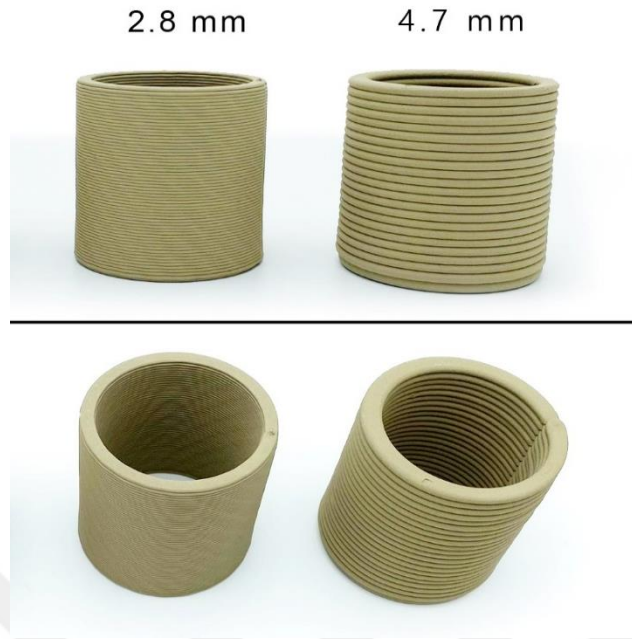


Şekil 4.22. Kil Ekstrüzyon 3B Baskı Süreci, Jonathan Keep Tarafından Hazırlanmış Yazar Tarafından Tekrar Çizilmiştir (URL-16)

Nozul ebadı, filament akış miktarı ve katman kalınlığı gibi parametrelerin doğru ayarlanması, başarılı bir baskı için önemlidir. Nozul çapı ne kadar geniş olursa, o kadar kalın katmanlar basılabilir, detay seviyesini düşürebilmektedir. Benzer şekilde, akış miktarı ve baskı hızı, baskı kalitesi ve yapısal bütünlük üzerinde doğrudan etkilere sahiptir. Simplify3D gibi programlar, bu parametrelerin optimize edilerek en iyi baskı sonuçlarının elde edilmesine olanak tanır. Programın arayüzü üzerinden kullanıcı, GCODE dosyasını hazırlarken bu ayarları kolayca düzenleyebilir ve baskı işlemine başlamadan önce simülasyon yoluyla sonucu görebilir. Ancak, bu tür yazılımların sınırlamaları da bulunmaktadır. Daha özgür ve esnek baskı süreçleri için, yazılımın kısıtlamalarının ötesine geçebilen ve tasarımcının yaratıcılığını daha geniş bir çerçevede destekleyebilen çözümlere ihtiyaç vardır. Standart yazılımların sınırlarını aşan özelleştirilmiş GCODE yazma pratikleri önem kazanmaktadır. Bu bağlamda, Grasshopper gibi görsel programlama platformları, kullanıcıların tasarıma özel GCODE'lar oluşturarak daha esnek ve kişiselleştirilmiş baskı süreçleri sunmaktadır.

### ***Kuru küçülme ve pişirim küçülmesi***

Kil kuruyup su buharlaştıkça küçülür, farklı killer farklı oranlarda küçülür bunun adı da kuru küçülme. Yansıra kili pişirdikten sonra da küçülme söz konusudur, onun adı da pişirme küçülmesidir. Kullanılan kilin bu oranları öğrenmek için elde ettiğimiz hammaddeden 60mm çapında ve 60mm yüksekliğinde silindir formunda Silindir formunda duvar kalınlığı minimum 3mm, maksimum 6mm olacak şekilde 2.8mm ve 4.7mm 2 farklı nozul ebadında basılmıştır (şekil 4.23), nozul ölçüleri ile baskının katman yüksekliği arasındaki ilişki Çizelge 4'te gösterilmiştir. Basılan numunelerin ıslak iken, kuruduktan sonra ve fırından çıktıktan sonra çapı, yüksekliği ve duvar kalınlığı ölçülmüştür, sonra ortalama kuru küçülme ve pişirme küçülmesi değerleri elde edilmiştir (Çizelge 3). Kilin homojen küçülme özelliklerine karşın, kil kullanılarak 3B baskı yöntemiyle üretilen nesnelere benzer bir küçülme gözlemlenmemiştir. Bu durumun, katmanlı ekstrüzyon süreci sırasında oluşan dikey basınç etkisi ve kilin yapısal hafızasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

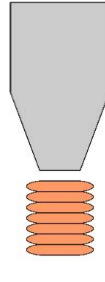
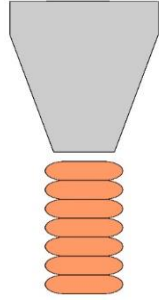


Şekil 4.23. 60mm Çapında, 60mm Yüksekliğinde Silindir Baskı Denemeleri

Çizelge 4.3. Kuru Küçülme ve Pişirme Küçülmesi Oranları

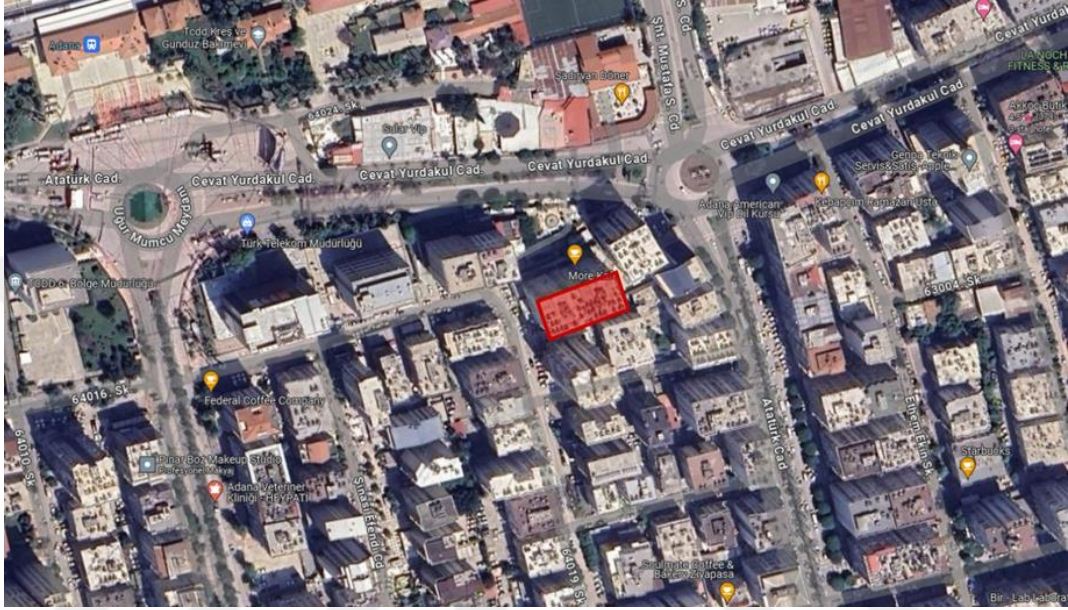
	KURU KUÇULME	PİŞİRME KUÇULMESİ
ÇAP	%8	%1
YÜKSEKLİK	%7.5	%2
DUVAR KALINLIĞI	%6.5	%1

Çizelge 4.4. Nozul Ölçüleri ile Baskının Katman Yüksekliği Arasındaki İlişki

NOZUL ÖLÇÜSÜ MM	2,8mm	4,7mm
DUVAR KALINLIĞI/ EKSTRÜZYON GENİŞLİĞİ	4,6 mm	6 mm
KATMAN YÜSEKLİĞİ	1 mm	2 mm
KATMAN YÜKSEKLİĞİ İLE EKSTRÜZYON GENİŞLİĞİ ARASINDAKİ ORAN	1:4,6	1:3
		

#### 4.4.3. Çalışma Alanı ve Mevcut Durum Analizleri

Seçilen uygulama alanı, Adana şehrinin Seyhan ilçesinde konumlanmaktadır (Şekil 4.24). Apartmanın 1.katında yer alan mimarlık ofisinin batıya bakan cephesi bu tezin deneme alanı olarak seçilmiştir. Ofise gelen batı güneşi bu bölge için direkt güneşe maruz kalan ve önemli ölçüde ısıya sebep olan çözülmesi gereken bir sorun ortaya koyulmuş ve çalışmanın odak noktasını oluşturmuştur (Şekil 4.25) (Şekil 4.26).



Şekil 4.24. Çalışma Alanı Olarak Belirlenen Ofisin Bulunduğu Bina



Şekil 4.25. Seçilen Vaka Çalışması Binası Konumu



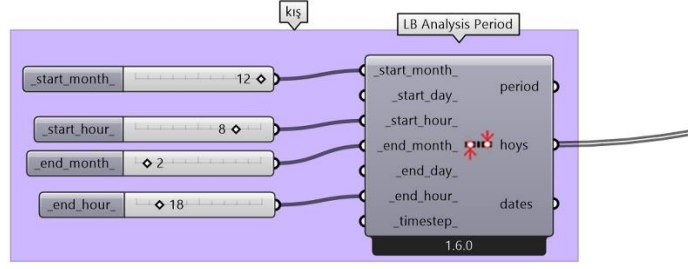
Şekil 4.26. Çalışma Alanı ve Batıya Bakan Belirlenen Pencere



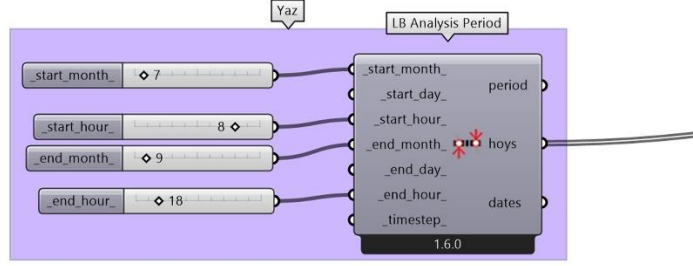
Şekil 4.27. Ofis Planı

Çalışma alanı olarak belirlenen mekân Rhinoceros7 programında modellenmiştir (Şekil4.27). Grasshopper arayüzü ile Ladybug eklentisi kullanılarak belirlenen odanın mevcut güneş analizlerinin baz senaryo olarak simüle edilmiştir (Şekil 4.30 ve 4.31).

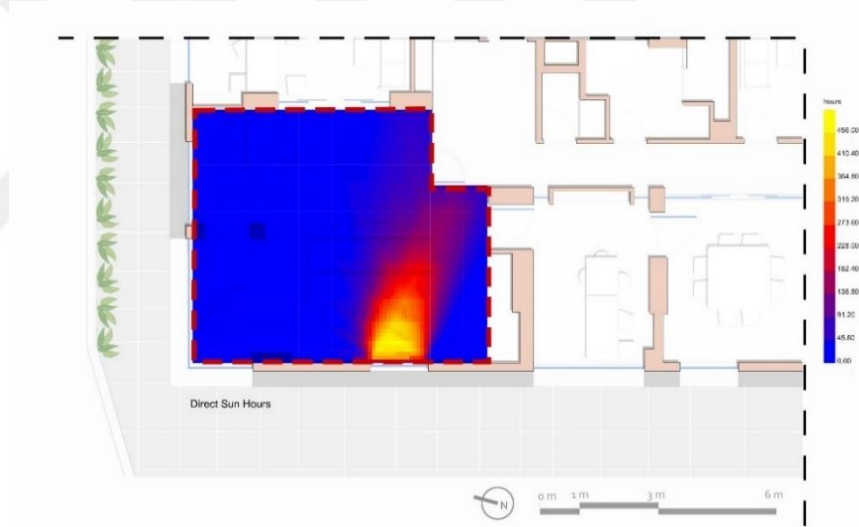
Bölüm 5.1’de açıklanan grafiğe göre ay aralıkları seçilmiştir. Saat aralıkları ise çalışma saatleri olarak ele alınmıştır. Şekil 4.28 ve 4.29’te süre girdileri gösterilmiştir.



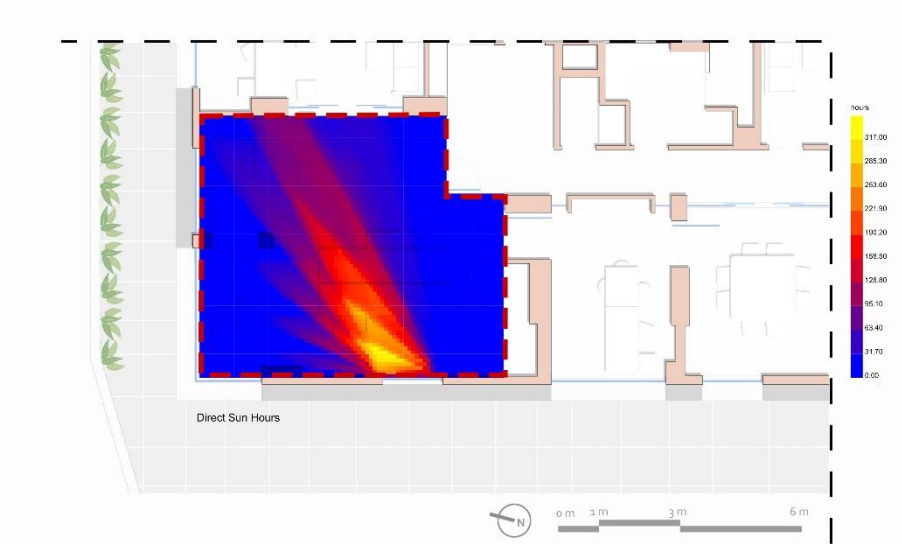
Şekil 4.28 Kışın ay saat girdileri



Şekil 4.29 Yazın ay saat girdileri



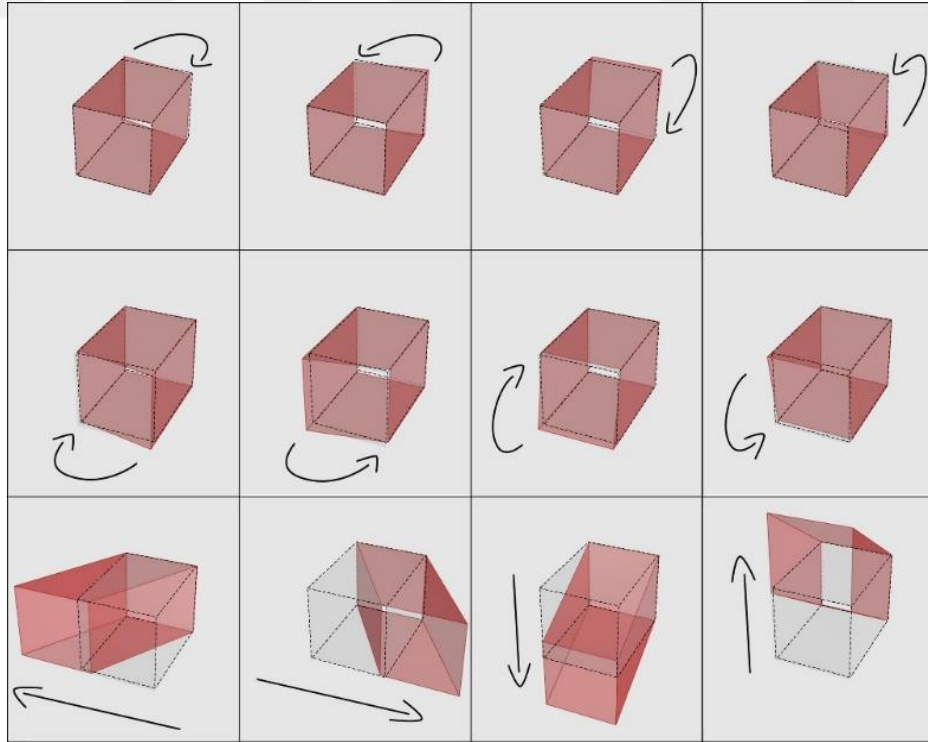
Şekil 4.30. Yaz aylarında (temmuz, ağustos ve eylül) çalışma saatleri içinde (08-18 arası) direk güneş ışığı miktarı mevcut durum analizi



Şekil 4.31. Kış aylarında (aralık, ocak ve şubat) çalışma saatleri içinde (08-18 arası) direk güneş ışığı miktarı mevcut durum analizi

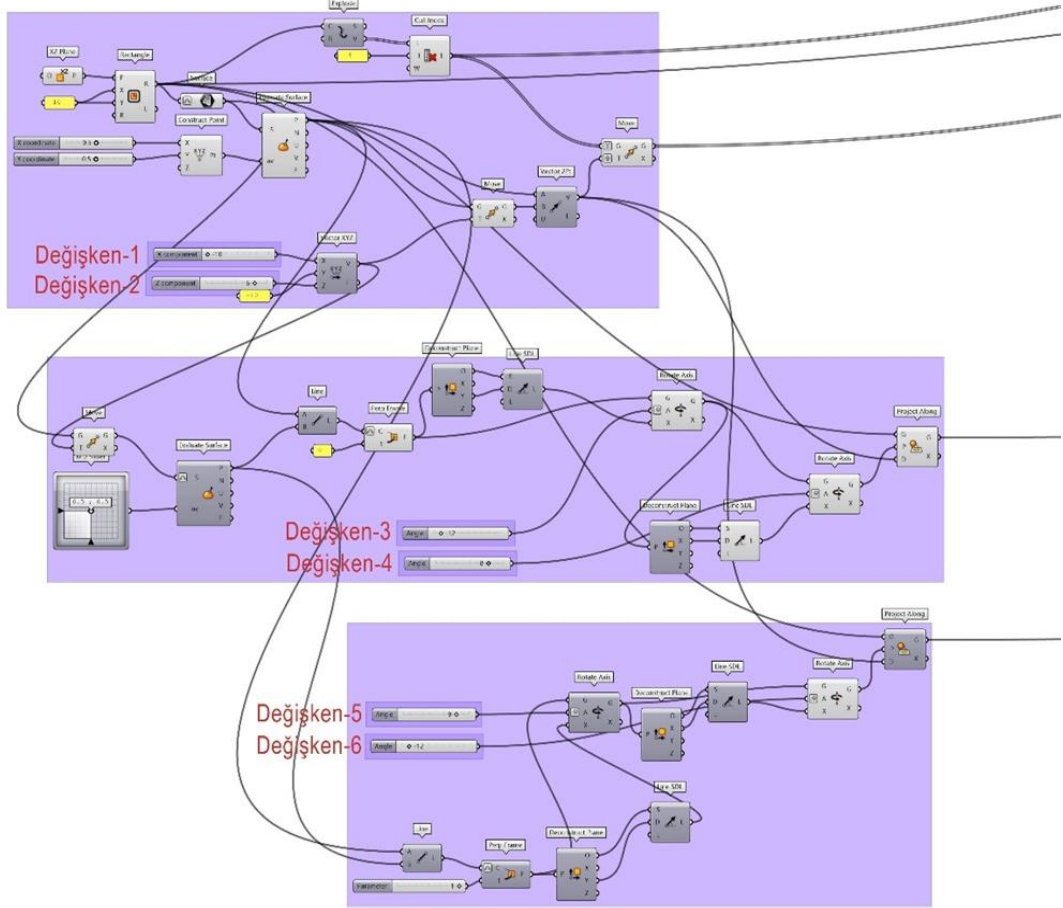
#### 4.4.4. Modül Tasarımı ve Optimizasyon süreci

Tasarım süreci, Grasshopper'da geliştirilen bir algoritma ile oluşturulmaktadır. Algoritma, temelde bir küp geometrisiyle başlamış olup uygulanan rotasyon ve hareket parametreleri değişken olarak belirlenmiştir. Değişkenleri tanımlarken 3B yazıcının baskı alanını ölçü sınırları ve yüzeyler değişirken düz kalması faktörleri göz önünde bulundurularak yapılmıştır (Şekil4.32).

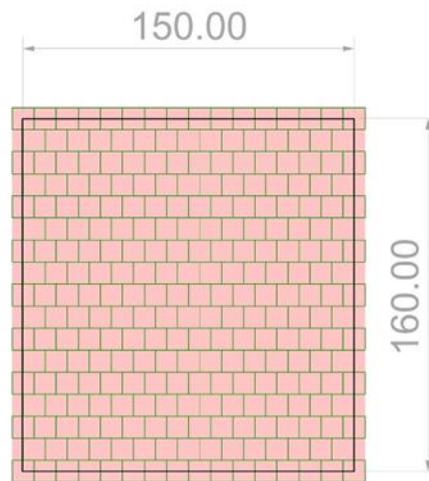


Şekil 4.32. Modülün hareket sınırları

Oluşturulan modüle toplamda 6 adet değişken parametresi tanımlanmıştır (şekil 4.33) Bu parametreler Galapagos için optimizasyon girdileri olarak kurgulanmıştır. Pencere ebadına göre kaydırmalı bir şekilde bir örüntü oluşturulup, tuğla modülü dizilmiştir. (Şekil 4.34)

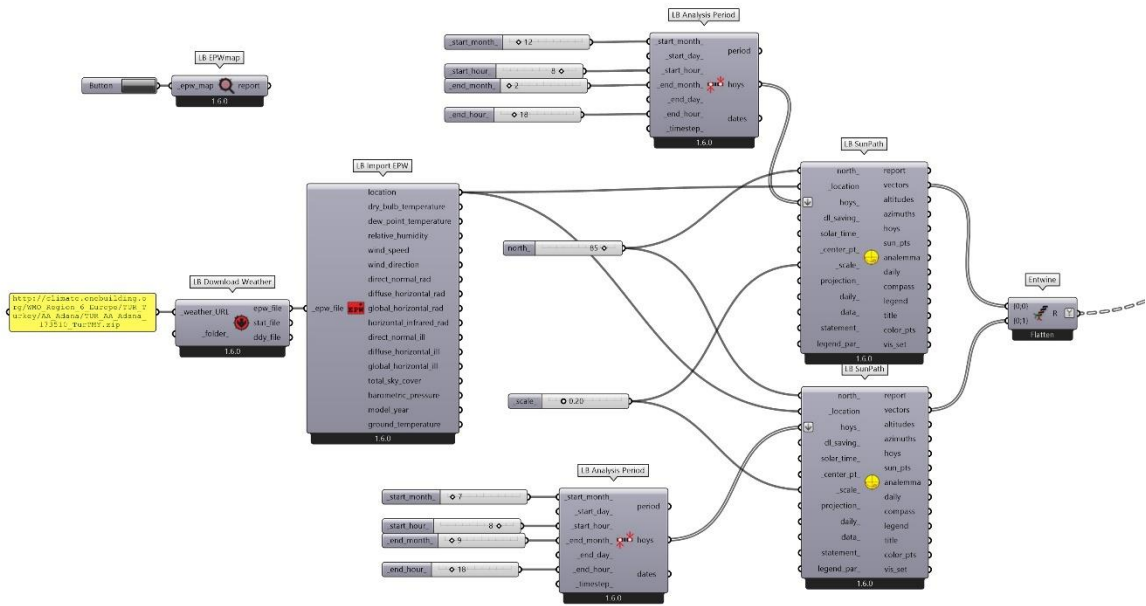


Şekil 4.33. Modülün oluşturma algoritması

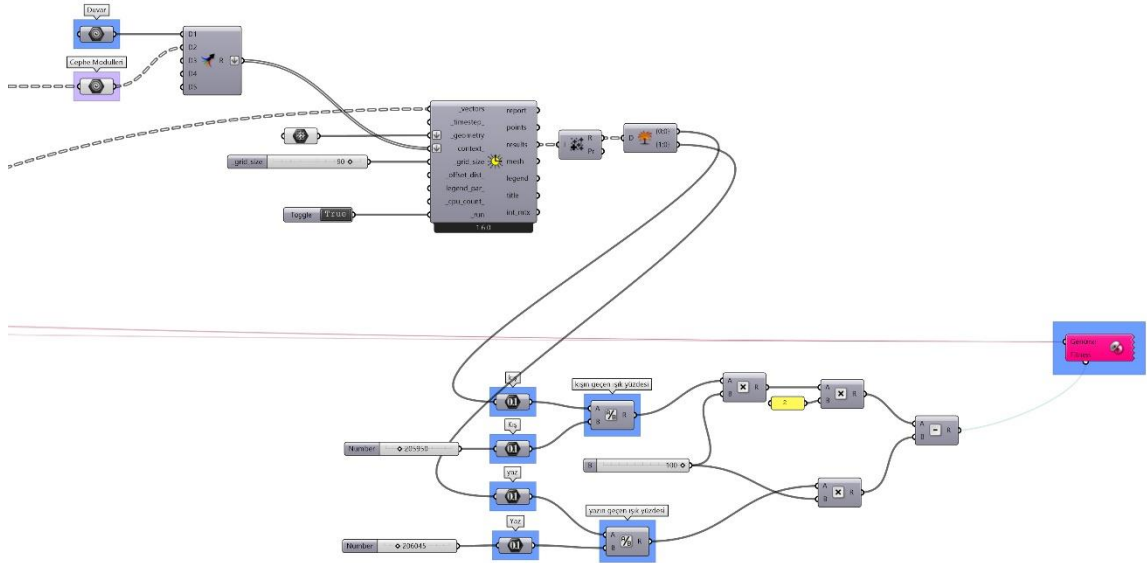


Şekil 4.34. Modülün dizilim örüntüsü

Grasshopper'da modülün örneği pencere önüne yerleştirdikten sonra, cephe elemanlarının örneğini güneş analizi ile bağlantısını sağlama aşamasına gelmiştir. Grasshopper Laydybug eklentisini kullanarak Adana ili iklim verilerinin indirilip Grasshopper arayüzüne aktarılmıştır. Grasshopper arayüzünde ofisin konumuna göre güneş yolu konumlanmıştır. Bu işlem hem yaz ayları hem de kış ayları belirlenmiş analiz süreleri için ayrı ayrı yapılmıştır (Şekil4.35). Belirlenen süreler için hem yaz hem de kış ayları içinde güneş yolu (sun path) bileşeninden elde edilen güneş vektörlerini kullanarak, (direkt sun hours) bileşeninde tasarladığımız cephe elemanlarının örneğini ile bağlandı ve oradan çıkan sonuçlar tekrar iki listeye ayrıldı, yaz ve kış olarak, ve buradan çıkan verileri birbirinden çıkartılarak galapagos için fitness değerine ve daha önce belirlenen modülün değişkenleri Genome'ye bağlanmıştır (Şekil4.36)

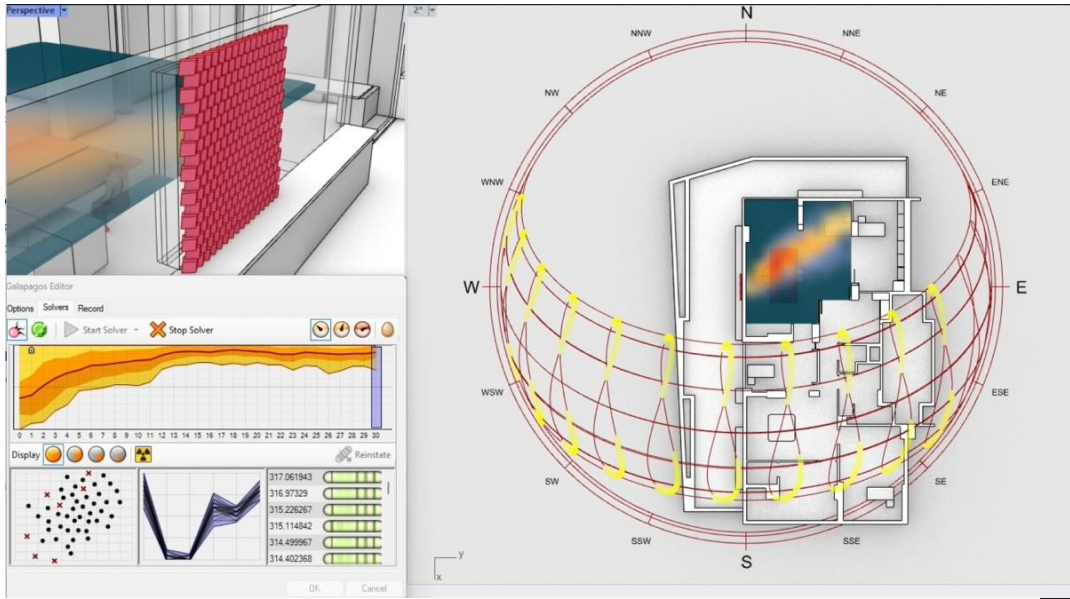


Şekil 4.35. Güneş Yolunun Grasshopper Kodu



Şekil 4.36. Galapagos fitness değerini tanımlamak için izlenen yol

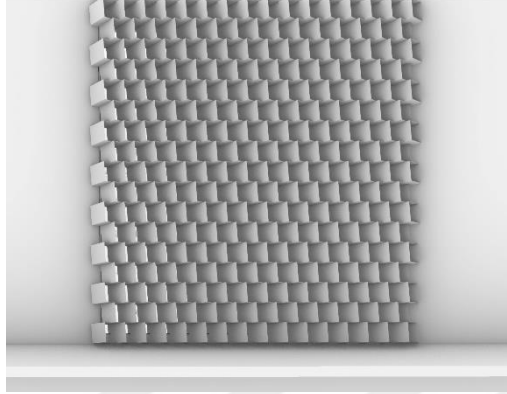
Galapagos'ta, evrimsel algoritma, bu iki girdi (genom ve fitness) arasındaki etkileşimi kullanarak en iyi tasarım çözümünü bulmaya çalışır. Süreç, doğal seleksiyonun temel prensiplerini taklit eder; yani en uygun gen kombinasyonları (tasarımlar) "hayatta kalır" ve diğerleri elenmektedir. Galapagos'u çalıştırdıktan yarım saat sonra birbirine çok benzer sonuçlar vermeye başladığında durdurulmuştur ve bizim belirlediğimiz fitness değeri için en uygun kompilasyonları elde edilmiştir (Şekil 4.37). Optimizasyon sonucu bazı senaryo ile kıyasladığımızda yaz aylarında direk gün ışığı miktarı %96sını engellediğini, kış aylarında ise %50sini içeriye aldığını sonuca varılmıştır.



Şekil 4.37. Optimizasyon Süreci

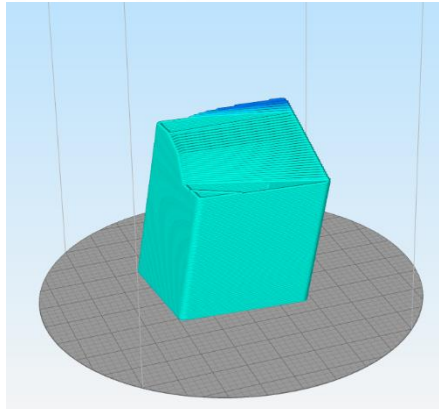
#### 4.4.5. Modülün baskı süreci

Elde edilen optimize edilmiş tuğla modülünün örüntüsü (Şekil 4.38) formuna ve açılarını incelendiğinde, önceki test sonuçları ile birlikte değerlendirilerek; baskı zaman verimliliği açısından, 2.8 mm nozul çapıyla basım için uygun olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.38. Optimizasyon sonucunda elde edilen ve seçilen örüntü

Modülün STL formatına getirildikten sonra Simplify3D programı ile GCODE dosyası hazırlama girişimi, formun Z ekseninde sabit bir yüksekliğe sahip olmamasından dolayı başarısız olmuştur (Şekil 4.39). Bu nedenle, formun geometrisi ve değişken yüksekliklerini yönetebilmek için, Grasshopper kullanılarak özel bir GCODE dosyası hazırlanmıştır.



Şekil 4.39. Simplify3D Programı ile GCODE Dosyasının Simülasyonu

Her bir baskı 20 dakika sürmüştür, toplam 10 adet tuğla modülü basılmıştır (Şekil 4.40).

Baskı sonrası, modüllerin tamamen kuruması için 2 gün beklenmiştir. Kuruma sürecini takiben, modüller 1000 derecede pişirilmiştir (Şekil 4.41). 160x170 cm'lik planlanmış pencere önü alanı için 264 adet tuğla modülünü gerekmektedir. Her bir modül için öngörülen baskı süresi göz önünde bulundurduğumuzda, tek bir 3B yazıcı kullanılarak tüm tuğlaların basılması toplamda 13 gün sürecektir. Ayrıca, kullanılan fırının aynı anda 42 adet tuğla alabileceği ve tüm tuğlaların

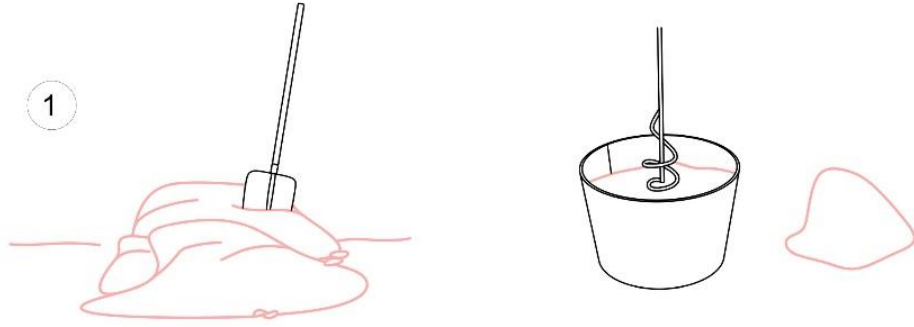
pişirilmesi için toplamda 7 fırınlama işlemi gerektiği belirlenmiştir. Bu durum, tüm pişirme sürecinin 10 gün süreceğini göstermektedir (Şekil 4.42).



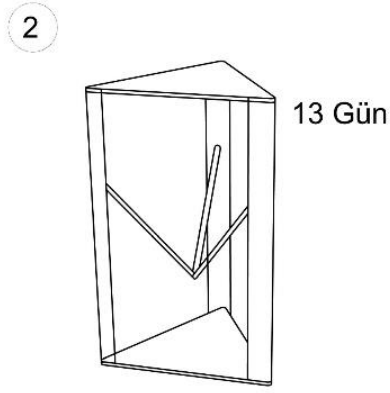
Şekil 4.40. Modül Baskısı



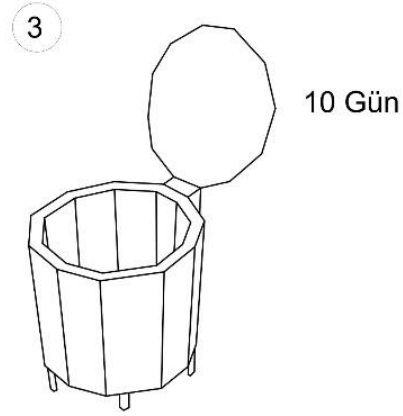
Şekil 4.41. Modülün Pişme İşlemi Sonrası



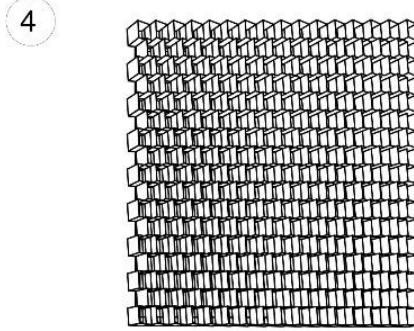
Toprağın Toplaması ve Hazırlama süreci



Baskı Süreci



Fırınlanması



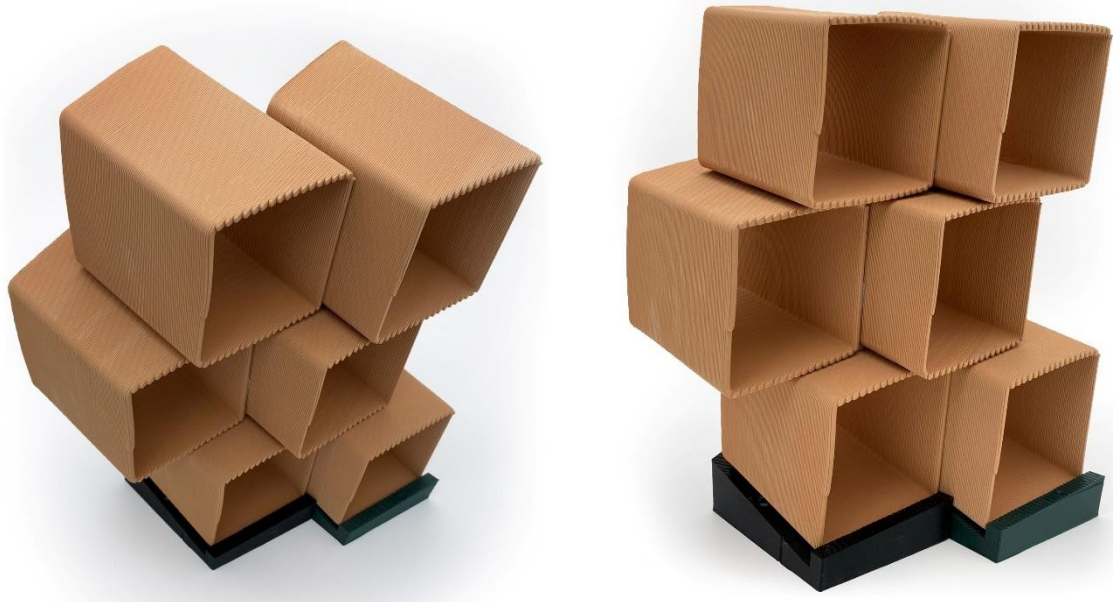
Montaj Süreci

Şekil 4.42. Üretim Süreci

Modüllerin doğru açıda ve sabit bir şekilde durmalarını sağlamak amacıyla altlık hazırlanmıştır ve PLA dan basılmıştır (Şekil 4.43). Modüllerin montajı, sıvı çivi yapıştırıcısı kullanılarak doğru açılarda sabitlenmiştir. Bu işlem, her bir modülün istenilen konumda ve yönde doğru bir şekilde hizalanarak gerçekleştirilmiştir. Montaj işleminin tamamlanmasının ardından, modüllerin birleşiminden oluşan yapısal bütünlüğün son hali, Şekil 4.44'de gösterilmektedir.



Şekil 4.43. Doğru Açığı Elde Etmek İçin Hazırlanan Altlık



Şekil 4.44. Montaj İşlemi Tamamlanmış ve Modüllerin Son Hali



## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 5.1. Sonuçlar

Bu tez, bilgisayar teknolojilerinin mimari tasarım süreçleri ile nasıl devrim yarattığını ve hesaplamaların kolaylıkla gerçekleştirilmesine nasıl olanak tanıdığını ele almakta; iklim verilerine dayalı cephe elemanı tasarımının, sürdürülebilir mimarinin önemli bir unsuru olarak enerji verimliliğini ve iç mekân konforunu nasıl iyileştirebileceğini ortaya koymaktadır. Yerel toprağın, çağdaş teknoloji kullanılarak yapı elemanına dönüştürülmesi, yerel kaynakların yeniden değerlendirilmesi ve çevresel sürdürülebilirlik ilkelerine katkıda bulunurken, Adana'da yerel yapı elemanı olarak kullanılan boşluklu tuğlanın modern mimariyle entegrasyonu üzerine değerli bilgiler sunmaktadır. Bu çalışmanın bulguları hem teorik hem de pratik açıdan, sürdürülebilir ve yenilikçi mimari çözümlerin geliştirilmesine yönelik yol gösterici bir nitelik taşımakta; yerel malzemelerin ve dijital tasarım tekniklerinin mimarlık pratiğine entegrasyonunu teşvik eden yeni perspektifler sunmaktadır:

- 1- Seyhan Baraj Gölü çevresinden elde edilen kilin, Yapılan laboratuvar testleri, kilin fiziksel kimyasal özellikleri ve tuğla üretimi için potansiyel olarak uygun bir temel sağladığı görülmüştür.
- 2- 3D yazıcı teknolojisi ile tuğla üretiminde kullanılabilirliği ortaya koyulmuştur.
- 3- Parametrik modelleme teknikleri kullanılarak üretilen boşluklu tuğlalar, çevresel koşullara göre optimize edilmekte ve enerji verimliliğini artırma potansiyeli taşımaktadır. Bu anlamda Adana özelinde bir ofis binası cephesinde denenen bu modelleme ile optimizasyon sonucunda yaz aylarında direkt gün ışığı miktarı %96'sını engellendiği, kış aylarında ise ışık miktarının %50'sini içeriye aldığı sonucuna varılmıştır.

Bu anlamda yerel kaynakların potansiyelinin keşfi ve değerlendirilmesi, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada önemli bir rol oynamaktadır. Sonuç olarak, yerel malzemenin sürdürülebilirlik bağlamında modern üretim süreçleri ile birleştiğinde potansiyelinin ne olabileceği ortaya koyulmuştur.

## 5.2. Öneriler

- 1- Yapılan laboratuvar testleri kilin tuğla üretimi için potansiyel olarak uygun temel özelliklerini ortaya koysa da üretim süreçlerine ve nihai ürün kalitesine olan etkilerini tam olarak değerlendirebilmek için ek test ve analizler yapılabilir.
- 2- Modüller arası bağlantıların optimizasyonu hem montaj kolaylığı hem de yapısal performans açısından araştırılması önemli katkılar sağlayacaktır.
- 3- 3B yazıcı teknolojisinin tam kapasitesinin ortaya çıkarılabilmesi için standart tasarımların ötesine geçilerek, her bir modülün benzersiz özelliklerini vurgulayan çeşitlendirilmiş deneylerin gerçekleştirilmesi büyük önem arz etmektedir.
- 4- Üretim sürecinin verimliliğini artırarak projenin fizibilite süresini iyileştirmek amacıyla, birden fazla 3B yazıcıların ve daha geniş kapasiteli fırınların kullanımı önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Altunkasa, M. F., 2004. Adana'nın Kentsel Gelişim Süreci ve Yeşil Alanlar Çukurova Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Adana Kent Konseyi Çevre Çalışma Grubu Bireysel Raporu, Adana.
- Andreani, S., & Bechthold, M., 2014. [R] evolving brick: geometry and performance innovation in ceramic building systems through design robotics. Fabricate 2014, UCL Press,UK,192-197.
- Bakırer, Ö.,1981. Selçuklu öncesi ve Selçuklu dönemi Anadolu mimarisinde tuğla kullanımı. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 2s.
- Barnatt, C. ,2013. 3D printing: the next industrial revolution (pp.). Nottingham, UK, 26-71.
- Beall, C., 2003. Masonry Design and Detailing. McGraw-Hill Professional, New York, 3s,4s,43s.
- Boller, G., & Schwartz, J., 2020. Modelling the form. Heinz Isler, Frei Otto and their approaches to form-finding. In Proceedings of Seventh Conf. Constr. Hist. Soc, Cambridge, UK, pp. 565-76.
- Bonwetsch, T., Gramazio, F., & Kohler, M. (2007, April). Digitally fabricating non-standardised brick walls. In ManuBuild, 1st international conference, Rotterdam (pp 191-196).
- Burry, M., 2016. Essential Precursors to the Parametricism Manifesto: Frei Otto and Gaudí. Archit. Des, 86, 34.
- Canestrino, G.,2021. Considerations on optimization as an architectural design tool. Nexus Network Journal, 23(4), 919-931.
- Carpo, M. (2017). The second digital turn: design beyond intelligence. MIT press, , MA, Cambridge, 7s.
- Chadha, K., Dubor, A., Cabay, E., Tayoun, Y., Naldoni, L., & Moretti, M, 2024. Additive Manufacturing for the Circular Built Environment: Towards Circular Construction with Earth-Based Materials. In A Circular Built Environment in the Digital Age, Springer International Publishing, 111-128.
- Childe G., 1978. Kendini Yaratan İnsan. Çevirmen filiz Ofluoğlu, varlık yayınları, 96s.
- Davis, D. (2013). Modelled on software engineering: Flexible parametric models in the practice of architecture. Doktora tezi, RMIT University, Melbourne, 243s.
- Dethier, J., & Clarke, M., 2020. The art of earth architecture: past, present, future. princeton architecture press, New York, 12s.
- Erman, O., Karaman, F., SABAN, F. D., & Durukan, İ., 2007. Adana'da, 1930'lardan günümüze, sosyal, kültürel ve ekonomik değişimler bağlamında konut mimarisinin gelişimi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 22(2), 235-247.
- Ganobjak, M., & Carstensen, J. V.,2019. Topology-optimized insulating facebrick with aerogel filling. In Journal of Physics: Conf. Ser. 1343 012195

- Gibson, I., Rosen, D. W., Stucker, B., Khorasani, M., Rosen, D., Stucker, B., & Khorasani, M. (2021). Additive manufacturing technologies (Vol. 17, pp. 160-186). Cham, Switzerland: Springer.
- Glassie, H., 2000. Vernacular architecture. Indiana University Press, Indiana.
- Holland, J. H., 1992. Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence. MIT press, MA, Cambridge.
- Kolarevic, B. (Ed.), 2004. Architecture in the digital age: design and manufacturing. Taylor & Francis, Oxfordshire, 7s.
- Köseaydin, E. N., 2014. Türkiye'nin Doğu Akdeniz Bölgesindeki Demir Çağı seramik buluntularının güncel/yerel hammaddelerle çağdaş yorumu. Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Lange, C. J., & Holohan, D. A., 2019. Ceramic Information Pavilion, Rethinking structural brick specials through an indexical 3D printing method. In CAADRIA 2019-24th International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia. Intelligent & Informed, Victoria University of Wellington, Wellington, New Zealand, v. 1, p. 103-112
- Malayoğlu, U., & Akar, A., 1995. Killerin sınıflandırmasında ve kullanım alanlarının saptanmasında aranan kriterlerin irdelenmesi. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, Türkiye, 2, 125-133.
- Minke, G., 2000. Earth construction handbook: the building material earth in modern architecture WIT Press, UK.
- Oliver, P., 2007. Built to meet needs: Cultural issues in vernacular architecture. Routledge, İngiltere.
- Ökesli, D. S., 2015. Gelenekselden Moderne Adana Kent Formu. Türkiye Kentsel Morfoloji Ağı, 548-559.
- Ronald Rael, Virginia San Fratello, and Logman Arja. "The Cabin of 3D Printed Curiosities" San Francisco Design Week (2019).
- Rudofsky, B., 1964. Architecture without architects, an introduction to nonpedigreed architecture. The Museum of Modern Art, New York, 11 s.
- Saban, D., Karaman, F., Erman, O., & Durukan, İ., 2006. Adana mimarlık rehberi 1900-2005. Adana: TMMOB Mimarlar Odası Adana Şubesi.
- Sangiorgio, V., Parisi, F., Fieni, F., & Parisi, N., 2022. The new boundaries of 3D-printed clay bricks Design: Printability of complex internal geometries. Sustainability, 14(2), 598.
- Shi, J., Cho, Y., Taylor, M., & Correa, D., 2019. Guiding Instability A craft-based approach for modular 3D clay printed masonry screen units. Blucher Des Proc, 7(1), 477-484.
- Soygun, D., 2003. Adana Tarihi Kent Dokusundaki Geleneksel Konutların Yapım Teknikleri. Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Sunguroğlu, D., 2008. Complex brick assemblies. Architectural Design, 78(2), 64-73.

- Taşkın, A., & Saban, D., 2023. Adana Bağlarbaşı Mevkisinde Mekânın Evrimi. Türkiye Kentsel Morfoloji Ağı, 557-569.
- Tedeschi, A., & Lombardi, D. (2018). The algorithms-aided design (AAD). Informed Architecture: Computational Strategies in Architectural Design, 33-38s.
- Tolon, C., 1973. Bazı Bölgelerimize Ait Killerin Fiziksel ve Kimyasal İncelenmesine Katkı. Doktora Tezi, İTÜ, İstanbul, 1s.
- Toydemir, N., 1978. Pişmiş toprak yapı malzemesinin rasyonel üretim olanaklarının araştırılması. Doçentlik tezi, İTÜ, İstanbul, 10s.
- Umar, N., Karbeyaz, C., & Polat, Ö. O., 2014. An example of vernacular architecture: Traditional houses of Adana, Turkey. In Vernacular heritage and earthen architecture: Contributions for sustainable development (pp. 331-336).
- Yüksel, Ç. Y., & Çerçi, S., 2019. Sıcak Nemli İklim Bölgesinde Geleneksel Konutların Sürdürülebilirliğinin Değerlendirilmesi. Ereğli Uluslararası Bilim ve Akademi Kongresi, Konya, Türkiye.
- URL-1:  
Anonymous 1: <https://www.archdaily.com/260612/winery-gantenbein-gramazio-kohler-bearth-deplazes-architekten> [Son Erişim Tarihi: 02.02.2024]
- URL-2:  
Anonymous 2: <https://www.aclab-idegui.org/v-brick-wall> [Son Erişim Tarihi: 02.02.2024]
- URL-3: [https://www.archdaily.com/890192/in-china-an-experimental-pavilion-of-ceramic-bricks-fuses-craftsmanship-and-digital-fabrication?ad\\_medium=gallery](https://www.archdaily.com/890192/in-china-an-experimental-pavilion-of-ceramic-bricks-fuses-craftsmanship-and-digital-fabrication?ad_medium=gallery) [Son Erişim Tarihi: 02.02.2024]
- URL-4: [http://cografyaharita.com/turkiye\\_mulki\\_idare\\_haritalari2.html](http://cografyaharita.com/turkiye_mulki_idare_haritalari2.html) [Son Erişim Tarihi: 02.02.2024]
- URL-5:  
Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı: <https://adana.csb.gov.tr/ilimizi-taniyalim-i-1222#:~:text=Adana%2C%20Akdeniz%20iklim%20%C3%B6zelliklerini%20ta%C5%9F%C4%B1r,hava%20k%C3%BCtlelerinin%20kar%C5%9F%C4%B1la%C5%9Fmas%C4%B1%20ile%20olu%C5%9Fur.> [Son Erişim Tarihi: 02.02.2024]
- URL-6: <https://climate-consultant.informer.com/> [Son Erişim Tarihi: 02.02.2024]
- URL-7: <https://www.google.com/maps/@36.9918281,35.320652,15z?entry=ttu> [Son Erişim Tarihi: 02.02.2024]
- URL-8: <https://bloksan.com.tr/portfolio/bd-33-cicek-balkon-tuglasi/> [Son Erişim Tarihi: 02.02.2024]
- URL-9: <https://www.demirellertugla.com/index.php/urunler/30-luk-baca-tuglasi> [Son Erişim Tarihi: 02.02.2024]

- URL-10: <https://insaattrendy.com/urun/dusey-delikli-yigma-tugla> [Son Erişim Tarihi: 02.02.2024]
- URL-11:  
Frei Otto Film- Modeling With Soap Films: <https://www.youtube.com/watch?v=-IW7o25NmeA&t=1s> [Son Erişim Tarihi: 02.02.2024]
- URL-12: <http://dataphys.org/list/gaudis-hanging-chain-models/> [Son Erişim Tarihi: 02.02.2024]
- URL-13: <https://en.wikipedia.org/wiki/Sketchpad> [Son Erişim Tarihi: 02.02.2024]
- URL-14: <https://sozluk.gov.tr/> [Son Erişim Tarihi: 02.02.2024]
- URL-15: <https://www.3dwasp.com/en/massimo-moretti/> [Son Erişim Tarihi: 02.02.2024]
- URL-16:  
Jonathan Keep: <https://www.youtube.com/watch?v=M2grAyX8sdE&t=62s> [Son Erişim Tarihi: 02.02.2024]



## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : İnana ABDULLİ

### Eğitim

Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Çukurova Üniversitesi	2024
Lisans	Çukurova Üniversitesi	2017

### Çalışma Tecrübesi

Yıl	İşyeri	Unvan
2015-Halen	Hedef Proje	Mimar
2017-Halen	Solidified Design	Ortak Kurucu