



Natural approach to urban construct: From leaf to urban

Ömer Atabeyoğlu*^{ID}, Gülşah Bilge^{ID}

Department of Landscape Architecture, Faculty of Agriculture, Ordu University, 52200, Ordu, Türkiye

Highlights:

- Potential for urban formation of leaf transmission networks and texture features
- Determination of the most appropriate leaf textures to create urban texture
- Determining the suitability of urban textures derived from leaf tissues according to spatial theories

Keywords:

- Biomimicry,
- urban design,
- leaf structure,
- sustainability,
- space syntax,

Article Info:

Research Article

Received: 22.12.2020

Accepted: 26.01.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.845241

Correspondence:

Author: Ömer Atabeyoğlu

e-mail:

omeratabeyoglu@odu.edu.tr

phone: +90 452 226 5200 /

6320

Graphical/Tabular Abstract

The collected leaves were photographed between 1 mm and 200 μ under the microscope. When photographed under the microscope, the area that best represents the leaf structure and reproduces it most clearly and completely was selected. All images were scaled at the time of acquisition. When reviewing the images obtained, images of 38 different plants were selected for urban formation and study. All selected photos were created as vectors using the drawing software. The proposed city plans were created based on the data obtained from the analysis of the drawings (Figure A).

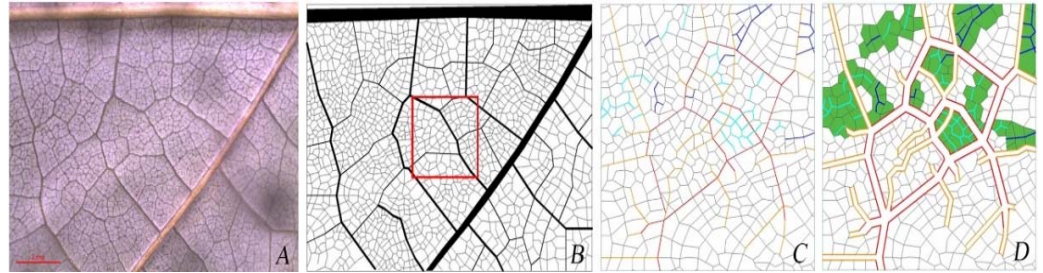


Figure A. (A) Leaf samples under a microscope (B) Vector illustration of leaf veins (C) Mapping the tissue and mesh system integration (D) City plan proposal

Purpose:

To adapt its perfect functionality to the urban space, imitating the leaf, one of the most visible elements of nature, as an urban structure, as a solution to the systemic deficiencies and sustainability problems in cities.

Theory and Methods:

The material of the study; leaf samples collected from broad-leaved trees. The tree leaves were obtained from species commonly found in urban areas without any particular classification, in order to obtain a wide range of samples. 38 leaves from different plants were selected. From the leaf veins obtained from the samples, those that were suitable for the urban environment were selected. In this selection, the methods of fractal analysis and Space Syntax were applied. Considering the functional requirements of a city, the effectiveness of the proposed urban facilities was analyzed in terms of different functions.

Results:

Acer saccharinum, Quercus robur, Juglans regia, Platanus orientalis and Laurus nobilis provide a suitable system for the construction of a full-scale city model. According to the results of the analyzes, the leaf samples of these plants are tissues that have the potential to create a functional and efficient city in terms of system performance, productivity and continuity.

Conclusion:

The fact that leaf tissue can be adapted to urban formation has shown that it is necessary to update and apply urban systems on a large scale, taking inspiration from nature. The fact that a natural system, with its billions of years of experience, can be used for urban transportation and land-use networks shows that efficiency, functionality and continuity in systemic structures such as urban transportation and landuse decisions can be ensured much more effectively with this vast experience.



Kentsel kurguya doğal yaklaşım: Yapraktan kente

Ömer Atabeyoğlu*, Gülşah Bilge

Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 52200, Altınordu, Ordu, Türkiye

ÖNEÇIKANLAR

- Yaprak iletim ağı ve doku özelliklerinin kent formasyonu oluşturma potansiyeli
- Kent dokusu oluşturmaya en uygun yaprak dokularının tespiti
- Yaprak dokularından elde edilen kent dokularının mekan kuramlarına göre uygunluğunun belirlenmesi

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 22.12.2020

Kabul: 26.01.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.845241

Anahtar Kelimeler:

Biyobenzetim,
kentsel tasarım,
yaprak dokusu,
sürdürülebilirlik,
mekan dizimi

ÖZ

Doğadan öykünerek tasarlanan, üretilen ve geliştirilen sistemler zamanla hayatın ve yaşam alanlarının kalıcı bir parçası haline dönüşmüştür. Doğanın hala çok fazla gizem ve öğüt barındırdığı gerçeğinden yola çıkılarak gerçekleştirilen bu çalışma; kent formasyonlarına doğal bir çözüm önerisi olarak yaprak damarlanma şekillerinin bir atfı temelinde kurgulanmıştır. Yaprak damarlarının dizilimi ve oranlarından esinlenerek bir kent kurgusunun işlevselliği ve estetiğinin sorgulandığı bu çalışma, zamanın gerektirdiği enerji etkin, sürdürülebilir ve doğa ile uyumlu bir kent düzeni oluşturmayı hedef almaktadır. En etkin taşınım ve alan yönetim kurgusunu barındırdığı düşünülen yaprakların kent formasyonuna da optimum bir referans olacağı düşünülmektedir. Bu amaçla, 38 adet odunsu geniş yapraklı bitkiden toplanan yaprak örnekleri bütünüyle ve detayda mikroskop ile 1mm ile 200µ arasında olmak üzere görüntülenerek fotoğraflandırılmıştır. Örneklerden elde edilen yaprak damar şekillenmesinden kentsel kurguya uygun olanlar seçilmiştir. Bu seçim sürecinde fraktal analiz ve Space Syntax yöntemleri gerçekleştirilmiştir. Önerilen kent kurgularının bir kentin fonksiyonel gereklilikleri dikkate alınarak, çeşitli fonksiyonlar özelinde etkinliği analiz edilmiştir. Çalışmada, farklı yaprak damarlarından yola çıkılarak önerilen farklı kent formasyonlarının birbirlerine üstünlükleri sorgulanmıştır. Ayrıca öneriler Norberg Schulz ve Lynch mekan kuramları ve tasarım ilkeleri doğrultusunda yorumlanmıştır. Biyobenzetimin kent boyutunda hayata aktarılmasını amaçlayan bu çalışma, kentlerin sağlıklı gelişimini teminat altına almada bir alternatif olarak görülmektedir.

Natural approach to urban construct: From leaf to urban

HIGHLIGHTS

- Potential for urban formation of leaf transmission networks and texture features
- Determination of the most appropriate leaf textures to create urban texture
- Determining the suitability of urban textures derived from leaf tissues according to spatial theories

Article Info

Research Article

Received: 22.12.2020

Accepted: 26.01.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.845241

Keywords:

Biomimicry,
urban design,
leaf structure,
sustainability,
space syntax

ABSTRACT

Systems designed, produced and developed by imitating nature have become an integral part of life and habitats over time. This study is based on the fact that nature still holds many secrets and advice, this study. It was constructed based on a reference to the patterns of leaf venation patterns as a natural proposed solution for urban formations. Inspired by the arrangement and proportions of leaf veins, this study questions the functionality and aesthetics of an urban environment and aims to create an energy-efficient, sustainable and nature-friendly urban order as demanded by the times. It is assumed that the leaves, which are believed to contain the most effective transport system and area management, will also be an optimal reference for urban design. For this purpose, leaf samples of 38 woody broad-leaved plants were collected and photographed in their full entirety and in detail with a microscope between 1mm and 200µ. From the leaf vein structure obtained from the samples, those suitable for urban setting were selected. In this selection, the methods of fractal analysis and Space Syntax were applied. Considering the functional requirements of a city, the effectiveness of the proposed urban facilities was analyzed with respect to the different functions. The study questioned the superiority of the proposed different urban formations to each other based on different leaf veins. In addition, the proposals were interpreted in accordance with the spatial theories and design principles of Norberg Schulz and Lynch. This study, which aims to bring biomimicry to life in the urban dimension, is seen as an alternative to ensure the healthy development of cities.

*Sorumlu Yazar/Yazarlar / Corresponding Author/Authors : *omeratabeyoglu@odu.edu.tr, gulsahbilge@odu.edu.tr /
Tel: +90 452 226 5200 / 6320

1. Giriş (Introduction)

Dünya, milyarlarca yıllık, hatta bilinen insanın varlığından çok öncesine dayanan bir yaşam tecrübesine sahiptir. Bu uzun yaşam döngüsü süresince sayısız felaketler ve değişimler yaşamıştır. Yaşanılan tüm olumsuzluklar dünyanın en dayanıklı türleri seçmesine, en güçlü ve etkili sistemleri kurmasına ve adaptasyonun çeşitlenmesine neden olmuştur. Bu nedenle de hayatı bir sanat haline getiren doğa, aynı zamanda yaşamı kusursuz şekilde inşa eden bir mühendistir. Hayatta kalmayı da, yaşamayı da doğadan öğrenen insanoğlu kendisine bahşedilen akıl, mantık ve duygu ile hem doğadan bilgi edinmenin yollarını öğrenmiş, hem de öğrendiklerini hayatına uyarlamının yollarını geliştirmiştir. Deneme yanılmanın, her şeyi sıfırdan keşfetmenin ve dünyayı hiçe saymanın anlamsızlığı karşısında var olan tecrübeyi kullanmak en akıllıca seçenek olmuştur. Böylece günümüz teknolojsi ve gelişmelerinin perde arkasında yatan doğayı ve gizemlerini arayış zamanla bir bilim alanına dönüşmüş, "bioinspired", "biomimesis" veya "biomimetics" olarak da bilinen biyobenzetimin temellerini oluşturmuştur. Rao'ya [1] göre, biyomimikri, doğanın modellerini inceleyen ve daha sonra insan sorunlarını sürdürülebilir bir şekilde çözmek için bu formları, süreçleri, sistemleri ve stratejileri taklit ederek, sürdürülebilirlik için ekolojik bir standart kullanır. Tasarımda biyomimikri, mekan ve üründe enerji tasarrufu, düşük işletme maliyeti, atık geri dönüşümü ve tasarımın yenilenmesi için sürdürülebilirlik ve verim getiren bir yöntemdir [2-4]. Zamanın sınırlı kaynakları ile artan ihtiyaçların karşılanması için doğadan öğrenmenin mimarlık ve kentsel yapıda da önemli ilerlemeler sağlaması mümkündür [5-7]. Biyomimikri, insanlar ve tüm canlılar için faydalı ve biyolojik çeşitliliği koruyan bir çevre inşa etmek üzere doğanın sahip olduğu ilkeleri kullanır [8]. Böylece, mimaride kültürün gelişmesi ve zenginleşmesine katkı sağlar [9, 10].

Her şeyden önce doğanın bir parçası olan insan, her ne kadar modern zamanın getirdiği yaşam şartları içerisinde sıkışmış olsa da, özünde ve bilinçaltında her zaman doğayı aramıştır. Böylece zamanla, kentlere sokulmaya çalışılan yeşil alanlar doğanın parçalarını, yaşam alanlarına iliştirilen bitkiler ise doğanın esintilerini insanoğlunun çevresinde var kılmaya başlamıştır. İnsan her zaman doğanın renkleri ile huzur bulmuş, onun kokusu ile bezenmiş, hatta doğadan temin edilmiş kaynaklarla yaşam alanını inşa etmiştir. Böylece, insan hem ait olduğu çevrenin parçası olarak kalmış, hem de aradığı iç huzurunu tesis etmiştir.

Aynı zamanda doğa, kurulabilecek en kompleks ve etkin sistemlere sahiptir. Son derece karmaşık, birbiri ile bağlantılı ve kusursuzca işleyen sistemler bütünü içinde etkili bir uyum söz konusudur. İster büyük ölçekte, ister mikroskobik boyutta olsun, bu düzenin suni kopyaları dahi sorunsuz çalışır. Biyobenzetimin ortaya çıkış nedeni de olan bu kusursuzluğu arayış, taklit ve esinlenme ile yeni keşifleri de beraberinde getirir. Doğanın hayata adapte edilebilen her olgusu hayata olumlu katkılar sunduğu gibi, mekânsal yaşanabilirliği de artırır. Biyobenzetimin nesnelere kadar geniş ölçekte uygulanmış son derece başarılı örnekleri de bulunmakla birlikte, her ölçekteki araştırmalar yaygın etkiyi artırır.

Ulaşım ağlarının enerji veya maddeyi bir yerden bir yere taşıma ortak paydasına sahip olmaları nedeniyle; kent sokakları, bitki yaprak [11, 12] ve gövde iletim hatları [13, 14], nehir yatakları [15], memeli dolaşım sistemleri [16] ve teknolojik ağlar verimlilik ve çalışma prensibi anlamında da ortak tecrübeyi kullanabilirler [17].

Doğa milyarlarca yıllık tecrübesi ile kusursuz işleyen sistemler inşa etmiştir. Bu sistemin insanla ve insan çevresiyle en yakın olduğu parçalarından birisi de yapraklardır. Yapraklar, bitkide yerine

getirdiği hayati işlevler ile bitkinin hayatta kalmasını ve gelişmesini sağlar. Son derece etkin kapasiteleri ve etkin işleyen iletim sistemleri insan yaşam alanlarına da ilham olacak özellikler barındırır. Katifori vd. [18]'ne göre de; yaprak damarlanması, yapraklara bir taşıma sistemi ve mekanik esneklik kazandıran karmaşık bir biyolojik ağı yaygın bir örneğidir.

İnsan yaşam alanlarının ve toplu yaşamın olmazsa olmazı kentler son derece kompleks sistemler ve yoğun ihtiyaçlar hiyerarşisinin de merkezidir. Her kesimden insana aradığını vermeye çalışan kentler, işlevsellik ve sürdürülebilirlik sorunlarının da en yoğun yaşandığı yerlerdir. Özellikle de ihtiyaçların ve beklentilerin yükseldiği, alternatiflerin çeşitlendiği, popülasyonun yoğunlaştığı kentler büyük ve sürdürülebilir çözümler aramaya başlamıştır. Günümüzde kentlerin barındırdığı sorunlar kent sakinlerini ruh ve beden sağlığı ve yaşam kalitesi bakımından da etkiler düzeyindedir. Artık, yetersiz kalan ve işlevini yitiren sistemler kentlerde gürültü, kirlilik, yoğunluk gibi maddi, toplumsal mutsuzluk, huzursuzluk gibi manevi sorunların da nedeni haline dönüşmüştür.

Bu kapsam dahilinde çalışmanın amacı; kentlerde yaşanan sistemsel kusurlar ve sürdürülebilirlik sorunlarına bir çözüm önerisi olarak doğanın sunduğu en göz önündeki öğelerden biri olan yaprağı kent formasyonu olarak taklit ederek, kusursuz işlevselliğini kentsel alana adapte etmektir. Yaprak formasyonları üzerinden kurgulanacak kentsel sistemin hem insan ihtiyaçları için yaşam alanlarını oluştururken, hem de güneş, hava hareketleri gibi doğal süreçlerle uyumlu sistemler oluşturacak şekilde öneriler getirmek çalışmanın başlıca hedefidir.

2. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

Çalışmanın materyalini; geniş yapraklı ağaçlardan toplanan yaprak örnekleri oluşturmaktadır. Ağaç yaprakları, geniş bir örnekleme spektrumu sağlamak üzere, özel bir sınıflandırmaya tabi tutulmaksızın kentsel mekanda yaygın kullanıma sahip türlerden temin edilmiştir.

Çalışmada yaprak örneği alınan bitkiler; *Acer buergerianum* (Üç Dişli Akçaağaç), *Acer negundo* (Dişbudak Yapraklı Akçaağaç), *Acer pseudoplatanus* (Dağ Akçaağacı/Yalancı Çınar Yapraklı Akçaağaç), *Acer saccharinum* (Gümüşü Akçaağaç), *Aesculus hippocastanum* (At Kestanesi), *Betula pendula* (Adi Huş), *Carpinus betulus* (Adi Gürgen), *Catalpa bignonioides* (Katalpa), *Cercis siliquastrum* (Erguvan), *Malus domestica* (Elma), *Ficus benjamina* (Benjamin), *Fraxinus excelsior* (Adi Dişbudak), *Ginkgo biloba* (Mabet Ağacı), *Lonicera japonica* (Japon Hanımel), *Hibiscus syriacus* (Ağaçhatmi), *Diospyros lotus* (Kara Hurma), *Tilia cordata* (Küçük Yapraklı İhlamur), *Ficus carica* (İncir), *Juglans regia* (Adi Ceviz), *Alnus glutinosa* (Adi Kızılğaç), *Liriodendron tulipifera* (Lale Ağacı), *Laurus nobilis* (Akdeniz Defnesi), *Citrus limon* (Limon), *Quercus robur* (Saplı Meşe), *Wisteria sinensis* (Çin Mor Salkımı), *Platanus orientalis* (Doğu Çınarı), *Populus nigra* (Kara Kavak), *Prunus serrulata* (Süs Kirazı), *Pyrus communis* (Avrupa Armudu), *Quercus rubra* (Kırmızı Amerikan Meşesi), *Robinia pseudoacacia* (Yalancı Akasya), *Salix babylonica* (Salkım Söğüt), *Liquidambar orientalis* (Anadolu Sığıla Ağacı), *Morus nigra Pendula* (Kara Dut), *Melia azedarach* (Tesbih Ağacı), *Prunus cerasus* (Vişne), *Magnolia grandiflora* (Manolya), *Eriobotrya japonica* (Malta Eriği)'dir.

Yöntemin ilk aşamasında; kentsel ortamdaki ağaçlardan yapraklar toplanmıştır. Yapraklar toplanırken olgun, sağlıklı ve yeşil yapraklar seçilmiştir. Yapraklar taze olarak tam boy ve mikroskopta 1 mm ile 200 µ arasında fotoğflanmıştır. Mikroskopta fotoğraf çekimleri sırasında yaprak dokusunu en iyi temsil eden, en net ve tam yansıtan alan seçilmiştir. Tüm görüntüler çekim esnasında ölçeklendirilmiştir.

Elde edilen görüntülerin incelenmesi ile kentsel formasyon oluşturmaya ve çalışmaya uygun olan 38 farklı bitkiye ait görüntü seçilmiştir. Seçilen 38 görüntünün dışında, 16 görüntü de damar dizilimi ve bağlantılarının arasındaki açıları ölçmek için seçilmiştir. Seçilen tüm fotoğraflar AutoCAD 2019 yazılımı ile vektörel olarak yeniden çizilerek altlıklar oluşturulmuştur.

İkinci aşamada; çekilen fotoğraflar üzerinden Autocad 2019 yazılımı ile yaprak yüzeyindeki damarlanma şekillerinin vektörel çizimleri gerçekleştirilen görüntüler bu defa .jpg görüntülere dönüştürülmüş ve Photoshop CC 2019 yazılımı ile boyut ve piksel değerleri bakımından eş niteliklere getirilmiştir. Jpg formatına dönüştürülen görüntülerin daha sonra ImageJ yazılımı ile fraktal analizleri gerçekleştirilmiştir. Fraktal analiz yöntemi; uzaydaki tek, iki ve üç boyutlu nesnelerin tam sayılar yerine kesirli sayılarla ifade edildiği bir analiz yöntemidir. Piksel sayma esasına dayanır. Analiz yazılımı ile görüntü siyah beyaz veriler şeklinde işlenir. Analiz edilecek olan temel görüntü, siyah-beyaz vektörel görüntü halinde analize hazırlanır. Analiz sonucunda fraktal yapının dağılımını gösteren fraktal değer elde edilir. Bu değer büyüdükçe şeklin kompleksleştiği, estetik değerinin ve organik yapının arttığı, kentsel analizler için farklı perspektifler, mekan zenginliği ve görsel kalitenin arttığı anlaşırken, değer küçüldükçe tersi anlaşılır. Fraktal analiz ile kentsel çalışmalarda kentsel unsurların dağılımı, kentlerin ve unsurlarının karşılaştırılması, yoğunluk, kentin kompleksitesi ve estetik potansiyeli gibi değerlendirmeler yapılabilmektedir.

Üçüncü aşamada; vektörel çizimlerden faydalanılarak ölçümler elde edilmiştir. Bu ölçümler, dokularda bulunan şekillerin alanları, şekillerin dağılımı, iletim damarlarının genişlikleri, damarların bağlanma açıları ve birbirlerine göre oranları gibi ölçülerdir. Bunun için, 10x13 mm (130 mm²) boyutlarındaki fotoğraflar üzerinden çizilmiş vektör çizimlerin tam ortasına yerleşecek şekilde 3x3 mm (9 mm²) boyutlarında kare çerçeveler oluşturulmuştur (Şekil 1). Bu çerçeve içine denk gelen, tamamı ve büyük kısmı çerçeve içinde kalan doku şekillerinin toplam alanı ve sayısı tespit edilmiştir. Toplam alan şekil sayısına bölünerek ortalama şekil boyutu tespit edilmiştir. Ayrıca, ana ve lateral damarlara ait ölçüler de alınmıştır. Bunun için,

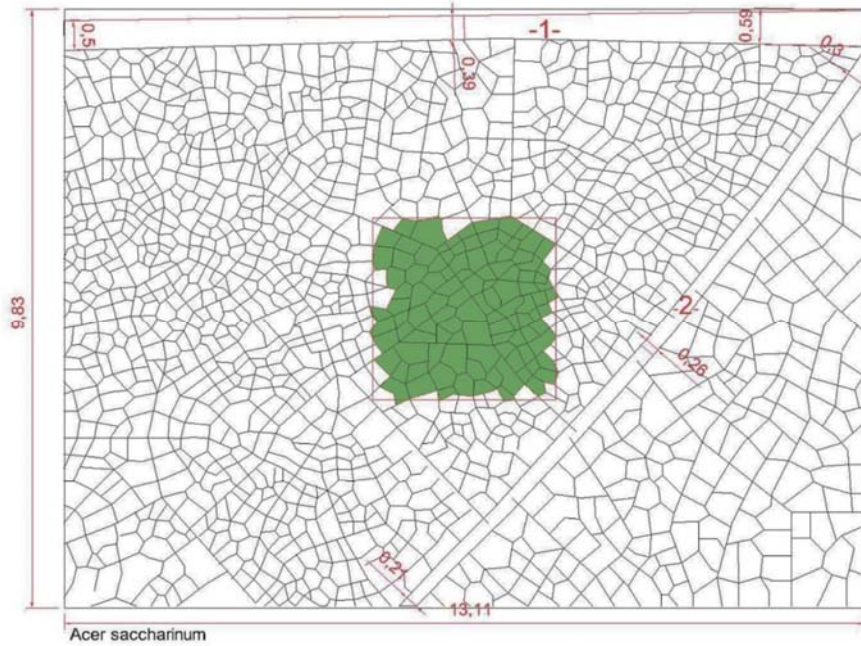
damarın başı, sonu ve ortasından ölçümler alınarak ortalaması alınmıştır. Damar ölçümleri damarın iki kenarı arasındaki dik mesafeden alınmıştır. Aynı nitelikli çok sayıda damarlar içinde aynı yöntem tüm damarlar için uygulanmış ve toplamının ortalaması alınmıştır. Böylece aynı nitelikli damar yapıları için tek bir ortalama değer elde edilmiştir. Bunların dışında, damarların bağlanma açıları da ölçülmüştür. Açılar, lateral damarların ana damara bağlandığı yerden alınmıştır. Açılar, her bir yaprağın tam görüntüsü üzerinden ana damara bağlanan lateral damarların açılarının ölçülüp, ortalamalarının alınması ile bulunmuştur. Kullanılan açılar, yaprağın ucu yönüne bakan dar açılardır.

Dördüncü aşamada; doku ve ağ sistemlerinin fonksiyonel özelliklerini ölçmek üzere Spacesyntax yöntemi kullanılmış, bunu sağlamak üzere de Depthmapx yazılımı kullanılmıştır. Yazılım aracılığı ile Segment analizi uygulanmıştır. Bu analiz ile dokuların bağlantı, segment uzunluğu, seçim/alternatif, entegrasyon/bütünleşme, düğüm sayısı ve toplam derinlik verileri sayısal ve harita bilgisi olarak elde edilmiştir. Daha sonra tüm yaprak dokuları için elde edilen veriler tablolandırılmış ve verilerin ortalamaları alınmıştır.

Beşinci aşamada; yapraklardan elde edilen tüm veriler değerlendirilerek ortalamaya göre en yüksek değerler işaretlenmiştir. Böylece, en fazla sayıda yüksek veriye sahip olan dokular en uygun ve en aranan dokular olarak seçilmiştir.

Altıncı aşamada; seçilen 5 adet yaprak dokusu, entegrasyon analizi verileri ile birinci derece yol, ikinci derece yol, yapı parselleri ve çok amaçlı ortak kullanım parselleri şeklinde haritalandırılmıştır. Bu yolla, analiz verilerinden elde edilen sonuçlar ile şekillendirilmiş 5 farklı kent öneri haritası oluşturulmuştur.

Yedinci aşamada; kurgulanan kent formasyonları fonksiyonel uygunluklarının tespiti ve somut temellerde değerlendirilmesi için Norberg-Schulz [19] ve Lynch [20]'e ait mekan algı ve kuramları açısından incelenmiştir. Referans kuramlar doğrultusunda; öneri kent kurguları “yol”, “yüzey”, “bölge”, “düğüm noktası” ve “yeryüzü işaretleri”, “merkez veya yer”, “yön ve yol”, “alan veya sınır”, “şekil-



Şekil 1. Vektör çizim üzerindeki ölçümlere ilişkin örnek (Example of measurements on vector drawing)

zemin ilişkisi”, “yakınlık”, “tamamlama”, “benzerlik” ve “süreklilik” ilkelerine göre detaylı çizimleri oluşturularak yorumlanmıştır. Kent kurgularının kuramlar açısından değerlendirilmesi sürecinde Lynch ve Norberg-Schulz’un birbiri ile örtüşen ilkeleri birlikte değerlendirilmiştir. Sonuç analizinin gerçekleştirildiği bu mekan kuramlarına göre; Kent plancısı olan Lynch (1918-1984) kentsel çevrelerin algısal formları hakkındaki çalışmaları ile tanınır. Lynch mekân algısını “yol”, “yüzey”, “bölge”, “düğüm noktası” ve “yeryüzü işaretleri” bazında değerlendirir. Buna göre “yol”; kullanıcıların alıştığı ve potansiyel olarak değerlendirilen kanallar; “yüzey”, iki farklı bölüm arasında hat oluşturan, tek düzelikli kıran sahil, demiryolu, duvar gibi hatlar olup, kullanıcılar tarafından yol olarak değerlendirilmezler. “Bölge”, aynı ve kendine has özellikler gösteren alanlar; “Düğüm noktası”, yolların kesişim veya birleşim noktaları; “Kent simgesi veya yeryüzü işareti” ise, alan içerisindeki genel karakterden farklılıklar ve değişimlerdir. İşaretler, kolayca ayırt edilebilir ve göze çarparlar. Norberg-Schulz’a göre mekân algısı [19] “merkez”, “yön” ve “alan” kurgusunda gerçekleşir. “Merkez veya yer”; merkez bir çevredeki referans noktasıdır. Bütün merkezler eylemlerin yeridir. Buna göre merkezleri eylemin birim mekânı olarak tanımlamak mümkündür. “Yön ve yol”; her mekân içerisinde olan bir kavramdır. Yön kişinin çevre içerisindeki hareketini tanımlar. Kişinin mekân içerisindeki pozisyonunu belirlemesi bulunduğu noktadan ayrılması ile başlar ve seyahati boyunca yol kişinin amacı doğrultusunda ilerlemesine yardımcı olur. Algısal ve şematik olarak bir yolun karakteristik özelliği sürekliliğidir. “Alan veya sınır”; alan içerisinde yolların tanımlandığı, strüktüre edilmemiş “zemin” olarak tanımlanabilir”.

3. Bulgular (Findings)

Doğanın sundukları ile yaşamı biçimlendirmenin yolları insan var olduğundan bu yana süren bir çabadır. Bu yolda, pek çok farklı kaynak değerlendirilmiş ve alternatifler denenmiştir. Doğanın sunduğu alternatiflerin çeşitliliği de bu arayışı güçlendirmiştir. Bitkiler, her parçası ile insanoğluna pek çok çözüm sunmuş, ve yaşam alanlarının şekillendirilmesinin en etkin yollarına sahip olduklarını kanıtlamışlardır. Bu açıdan bakıldığında yapraklar, kentsel formasyonlar için de doğru alternatifler üretilebilirler. Bu kapsamda, toplanan yapraklardan kesitler halinde görüntüler alınmış ve damar yapılarını gösteren vektör çizimleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 2, Şekil 3). Çalışma kapsamında 38 farklı yaprak incelenmiştir. Yaprakların her biri şekil, form, doku ve damar yapısı bakımından birbirinden farklılıklar göstermektedir.

3.1. Fraktal Analiz Yöntemi ile Değerlendirme (Evaluation with Fractal Analysis Method)

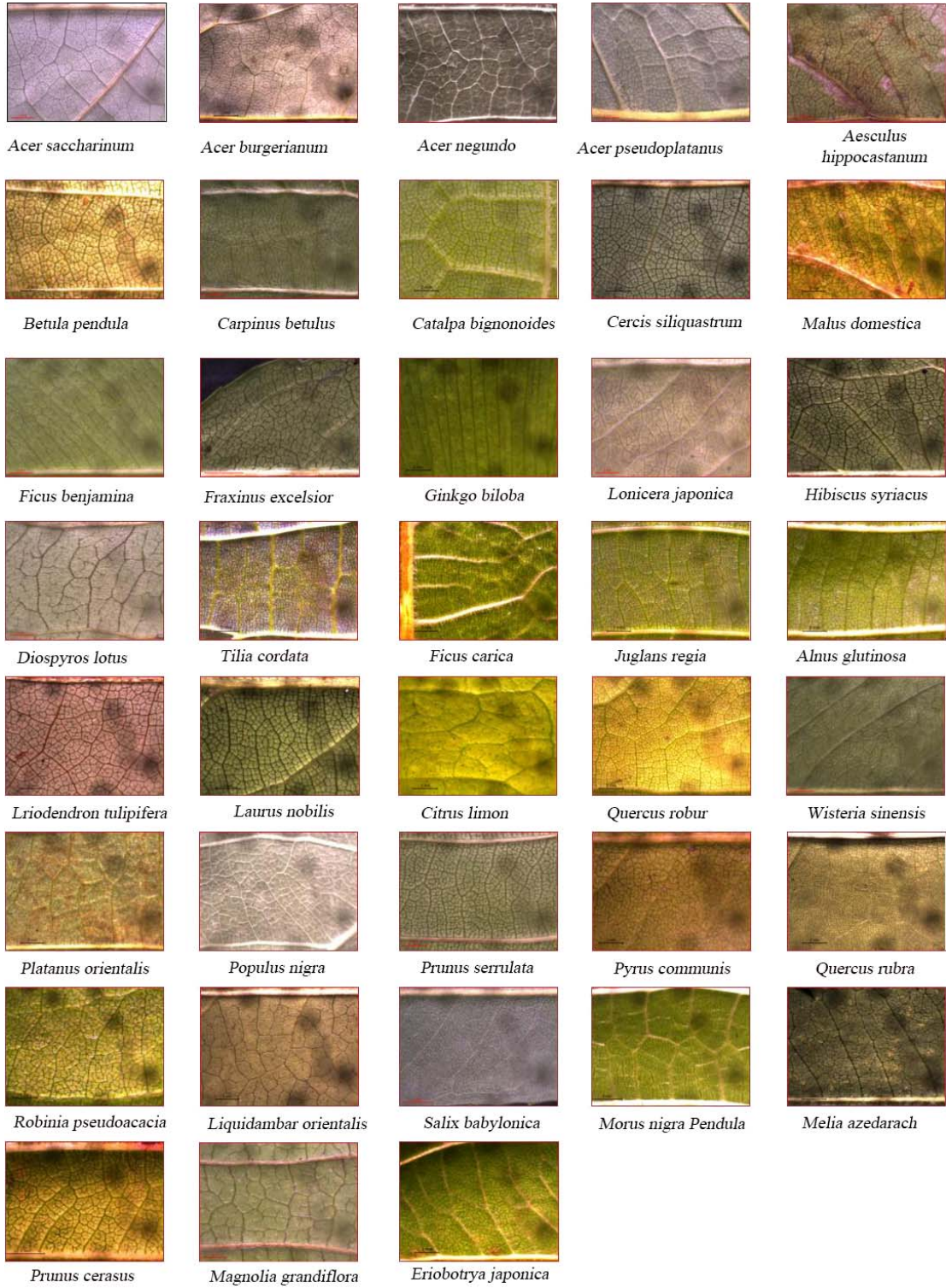
Kentler, yapı, form, dağılım, yoğunluk, örtüntü, doku gibi özellikleriyle farklılaşırlar. Bu farklılaşma ise kentlerin kendilerine has karakterlerini oluşturur. Her ne kadar kentler, sakinlerine verdikleri hizmetler bazında ortak bir paydaya sahip olsalar da farklılıklar kentlerin tercih edilirliliğini etkiler. Fraktal analiz benzerlik, uyum, dağılım, çeşitlilik gibi özelliklerde görselleri sınıflandırmaya imkan tanıyan bir yöntemdir. Yöntemin bu özelliği kullanılarak kentlere ilişkin değerlendirmeler de gerçekleştirilebilir. Fraktal analiz yöntemi; kentler, kentsel sistemler, ağlar, sirkülasyon ve parselasyon hakkında analiz ve yorumlar yapılmasında gerçek dünyada etkilidir. Aynı şekilde, kentsel sistemler ile benzeşen yapı ve dokular üzerinden mukayeseler gerçekleştirmek yoluyla yapılacak analizler ile de kente atıfta bulunmak mümkündür. Bu noktadan yola çıkarak, kentsel form ve dokulara benzerlik gösteren yaprak dokuları üzerinden değerlendirme yapılması da olasıdır. Yaprak dokularının fraktal analiz yöntemiyle incelenmesi ile doku düzeni, dağılım, çizgisel özellikler, yoğunluk, karmaşa gibi pek çok veri elde edilebilir. Bu verilerden hareketle, yaprak dokularının kent formasyonu oluşturmak için ne

kadar uygun oldukları ile ne kadar etkin sistemler oluşturabilecekleri de tespit edilebilir. Çalışmada, toplanan yaprak dokularından oluşturulan vektör çizimler fraktal analize tabi tutulmuştur. Yaprakların analiz değerleri; 1,3333 ile 1,7855 aralığında tespit edilmiştir. Fraktal analiz, verilerin kıyaslanması ile yorumlama sağlayan bir analiz yöntemidir. Bu nedenle, kıyaslama yapabilmek için veriler önce yapraklardan elde edilen en büyük ve en küçük fraktal değer aralığında, daha sonra ise fraktal değer sınırları olan 1 ile 2 aralığında gruplandırılmıştır (Tablo 1). Böylece elde edilen veriler ile yapraklar hem kendi aralarında, hem de genel fraktal değer aralığında mukayese edilmiştir. Örnek yapraklardan elde edilen fraktal değerler ile aynı zamanda, kent formasyonlarından elde edilecek olan fraktal değerler ve diğer başka yaprak örneklerini de mukayese etmek mümkün olmaktadır.

Tablo 1. En küçük ve en büyük fraktal değer aralıklarına göre gruplar (Groups by smallest and largest fractal value ranges)

Fraktal Aralık	Fraktal Değer Sınırları	Fraktal Kategori
Görüntü max-min		
1,3333-1,4237	1-1,2	1
1,4237-1,5142	1,2-1,4	2
1,5142-1,6046	1,4-1,6	3
1,6046-1,6951	1,6-1,8	4
1,6951-1,7855	1,8-2	5

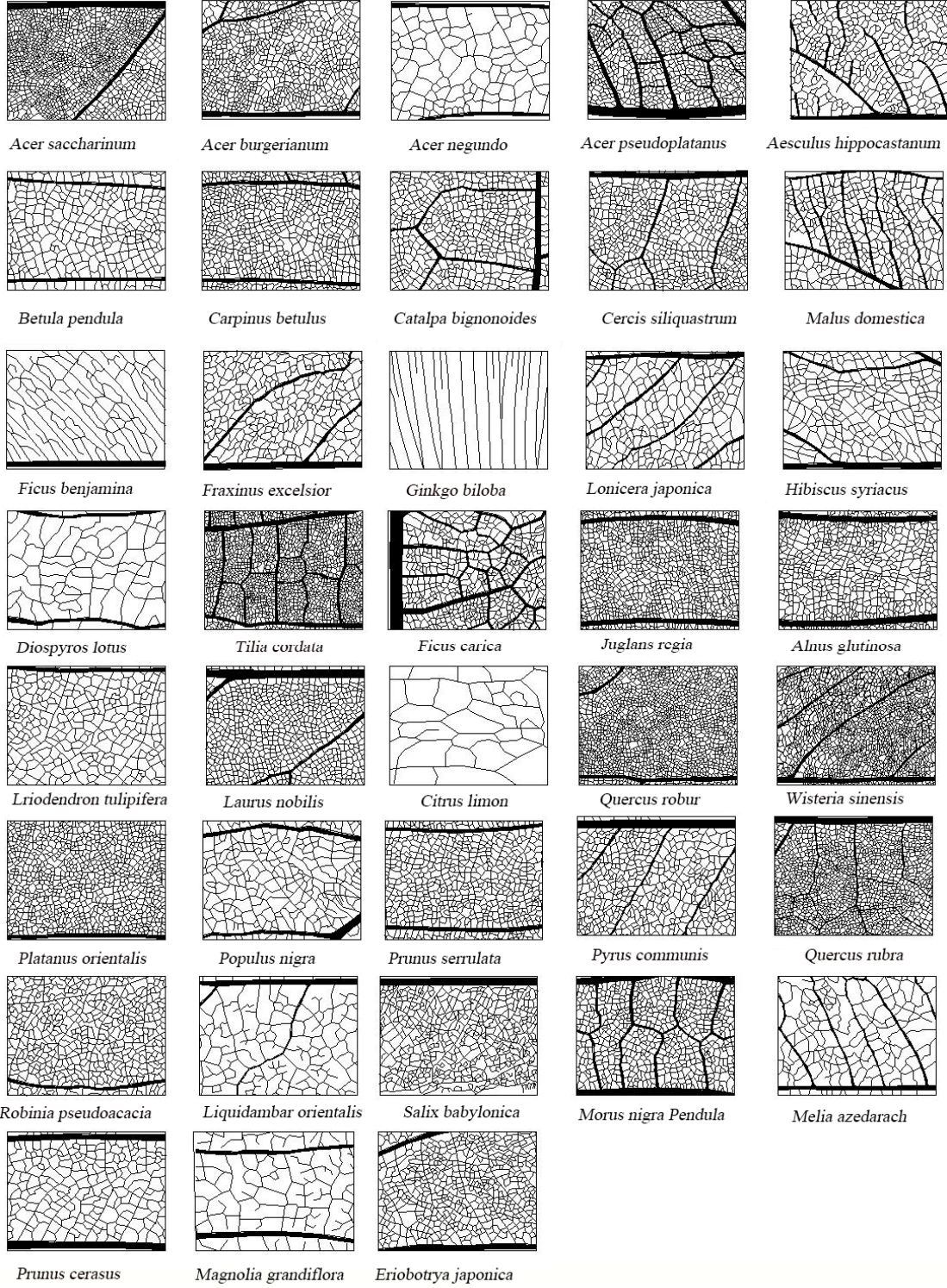
Yaprakların analizi sonucunda çıkan değerlere bakıldığında, değerlerin büyük kısmının en yüksek fraktal değer aralığında (4-5) olduğu görülmektedir. Fraktal değerlerin bu kadar yüksek olması, dokuların yüksek yoğunluklu, estetik, kompleks ve organik yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Tablo 2’de yapraklar fraktal değerlerine göre büyükten, küçüğe doğru sıralanmıştır. Üst sıralardaki yaprakların kent formasyonları için daha etkili sistemler ortaya çıkarması mümkündür. Aynı zamanda, farklı yapraklara ait değerlerin çoğunlukla birbirine yakın çıkması ise, çalışmayı destekleyecek pek çok alternatif sistem ve pek çok veri olması açısından olumludur. Aynı zamanda fraktal analiz ile farklı yapraklardaki benzerlik, sayısal olarak en uygun dokuyu da ortaya koymaktadır. Böylece doğa tarafından en çok kullanılan doku ve iletim sistemi, aynı zamanda en etkili sistem olarak da kabul edilebilir (Tablo 2). Fraktal değerler açısından bakıldığında; 1,7855 ile 1,7005 değer aralığındaki ilk 20 yaprak örneği en yüksek fraktal değer aralığında bulunduğundan sistemsel olarak da en uygun doku örneklerine sahip oldukları düşünülebilir. Dolayısıyla bu aralıkta bulunan yaprak örneklerindeki dokular kentsel bir sistem oluşturmak için daha yüksek bir potansiyele sahiptir. Bu yapı formasyonunun benzer özellikleri ve ortak noktaları ile ölçü, açı, oran gibi sayısal verileri de önemli hale gelmiştir. Bunu belirlemek üzere dokulardaki şekil sayıları ve alanları ile damar genişlikleri ve damarların bağlanma açıları ölçülerek sayısal veriler elde edilmiştir (Tablo 3). Damarlar arası açılar 34 ile 73 dereceler arasında değişmektedir. 3 Bitki 30°’lu açı, 15 bitki 40°’li açı, 12 bitki 50°’li açı, 6 bitki 60°’li açı ve 1 bitki 70°’li açı değerindedir. En yüksek ve en düşük değerler çıkarıldıktan sonra tüm açılarının ortalaması 51 derecedir. Yaprakların büyük çoğunluğunda bağlanma açısı 40 ve 50°’li derecelerde yoğunlaşmıştır. Bu da, 40 ve 50 derece civarındaki açılarının iletim açısından doğada tercih edilen ve optimum etkili açı olduğunu gösterebilir. Yaprak dokusundaki formların ortalama alan büyüklüğü ise; 0,07 mm² ile 4,89 mm² arasında değişmektedir. En yüksek ve en düşük değerler çıkarıldıktan sonra tüm yapraklara ait doku şekli alan ortalaması 0,54 mm²’dir. 24 Adet yaprağın doku büyüklüğü 0-0,5 mm² aralığında, 6 adet 0,5-1 mm² aralığında, 3 adet 1-1,5 mm² aralığında, 1 adet 1,5-2 mm² aralığında, 2 adet 2-2,5 mm² aralığında, 1 adet ise 2,5 mm²’den büyüktür. En yaygın şekil boyutu 0 mm² ile 0,5 mm² aralığındadır. En yüksek ve en düşük değerler çıkarıldıktan sonra yaprakların ana damar kalınlıklarının ortalaması ise; 0,49 mm² olup, ana damar kalınlıkları 0,22 mm² ile 1,01 mm² arasında değişmektedir.



Şekil 2. Toplanan yapraklara ait örnekler (Examples of collected leaves)

Yaprak örnekleri, Space Syntax yöntemi ve DeptMapX yazılımı ile analiz edilmiş ve bağlantırlık, segment uzunluğu, seçenek, entegrasyon/bütünleşme, düğüm sayısı ve toplam derinlik açısından veriler ve haritalar elde edilmiştir. Bu veri seti analiz edilirken segment analizi yöntemi tercih edilmiştir. Segment analizinin tercih edilmesinin nedeni, dokunun parçalar üzerinden daha iyi analiz edilebilmesidir. Bunun da nedeni, kent dokularının geniş bir çeşitliliğe

sahip olmasıdır. Segment analizi, kent dokusunda düğümler arasındaki parçalar yoluyla organik dokuları daha iyi anlamlandırır. Hillier'e [19] göre; segment analizi, farklı derinlik ve bütünleşme değerlerini belirlemede daha iyidir [20]. Bağlanabilirlik; Alanların bir biri arasındaki bağlantılarını ve bir alana bağlanan alanların sayısını ölçer. Böylece dokuyu oluşturan parçaların bir biri ile etkileşim gücünün tespit edilmesini sağlar.



Şekil 3. Toplanan yapraklara ait damarlanma şekillerinin vektör çizimleri (Vector illustration of veining patterns of collected leaves)

Segment uzunluğu; Segmentlerin metrik uzunluğudur. Her bir çizgi parçası bir segmenti oluşturmaktadır, segmentlerin birleşiminden de dokular ortaya çıkmaktadır. Segmentlerin uzunlukları doku boyutunu ve kentsel fonksiyon alanları veya parselleri de belirlediğinden son derece önemli bir kriterdir. Seçenek; Tercih değeri, dokudaki en kısa yolun belirlenmesi ilkesine dayanır. Böylece, kentsel sirkülasyonda

kullanıcılar tarafından en kısa yolların alternatifleri tespit edilir. Bu yolla, doku içerisindeki çeşitli noktalar arasında sirkülasyonu sağlayan parçaların tercih edilirliliği ortaya konulabilir. Entegrasyon; Bütünleşme değeri, formların farklı uzaklıklarda ve ölçeklerde birbirlerine olan mesafesinin tanımlanmasıdır. Bütünleşme ögenin, diğer öğelerle olan ilişkisi veya geri kalan diğer öğelere ulaşmak için

Tablo 2. Her bir yaprağa fraktal analiz uygulanması sonucu elde edilen fraktal değerler
(Fractal values obtained by applying fractal analysis to each leaf)

Yaprak	Fraktal değer	Fraktal Değer Sınırları	Max-Min Değer Aralığı	Yaprak	Fraktal değer	Fraktal Değer Sınırları	Max-Min Değer Aralığı
Fraktal Ortalama; 1,6755							
<i>Wisteria sinensis</i> (Mor Salkım)	1,7855	4	5	<i>Catalpa bignonioides</i> (Katalpa)	1,7005	4	5
<i>Tilia cordata</i> (Küçük Yapraklı İhlamur)	1,7825	4	5	<i>Aesculus hippocastanum</i> (At Kestanesi)	1,6862	4	4
<i>Acer pseudoplatanus</i> (Dağ akçaağacı)	1,7720	4	5	<i>Robinia pseudoacacia</i> (Yalancı Akasya)	1,6828	4	4
<i>Acer saccharinum</i> (Gümüşi Akçaağaç)	1,7685	4	5	<i>Malus domestica</i> (Elma)	1,6726	4	4
<i>Quercus rubra</i> (Kırmızı Amerikan Meşesi)	1,7655	4	5	<i>Fraxinus excelsior</i> (Adi Dişbudak)	1,6687	4	4
<i>Quercus robur</i> (Saplı Meşe)	1,7601	4	5	<i>Prunus cerasus</i> (Vişne)	1,663	4	4
<i>Morus nigra Pendula</i> (Ters Dut)	1,7536	4	5	<i>Hibiscus syriacus</i> (Ağaçhatmi)	1,6558	4	4
<i>Juglans regia</i> (Adi Ceviz)	1,7473	4	5	<i>Lonicera japonica</i> (Japon Hanımeli)	1,6474	4	4
<i>Ficus carica</i> (İncir)	1,7424	4	5	<i>Betula pendula</i> (Adi Huş)	1,6464	4	4
<i>Laurus nobilis</i> (Akdeniz Defnesi)	1,7374	4	5	<i>Liriodendron tulipifera</i> (Lale Ağacı)	1,6417	4	4
<i>Alnus glutinosa</i> (Adi Kızılağaç)	1,7291	4	5	<i>Populus nigra</i> (Kara Kavak)	1,6303	4	4
<i>Platanus orientalis</i> (Doğu Çınarı)	1,7229	4	5	<i>Ficus benjamina</i> (Benjamin)	1,6012	4	3
<i>Cercis siliquastrum</i> (Erguvan)	1,7192	4	5	<i>Melia azedarach</i> (Tespah Ağacı)	1,5914	3	3
<i>Carpinus betulus</i> (Adi Gürge)	1,7149	4	5	<i>Liquidambar orientalis</i> (Anadolu Sığıla Ağacı)	1,5628	3	3
<i>Prunus serrulata</i> (Süs Kirazı)	1,7137	4	5	<i>Acer negundo</i> (Dişbudak Yapraklı Akçaağaç)	1,5541	3	3
<i>Pyrus communis</i> (Avrupa Armudu)	1,7117	4	5	<i>Magnolia grandiflora</i> (Büyük Çiçekli Manolya)	1,5138	3	2
<i>Acer buergerianum</i> (Çin Akçaağacı)	1,7103	4	5	<i>Diospyros lotus</i> (Kara Hurma)	1,4938	3	2
<i>Eriobotrya japonica</i> (Malta Eriği)	1,7076	4	5	<i>Citrus limon</i> (Limon)	1,3333	2	1
<i>Salix babylonica</i> (Salkım Söğüt)	1,7038	4	5				

*Liste en yüksek değerden en düşük değere doğru sıralanmıştır.

kaç yapıyla etkileşime geçmesi gerektiğini verir. Böylece, dokudaki öğelerim birbirlerinden ne kadar kopuk veya bütünleşmiş olduğu ve formların ne kadar organik olduğu öğrenilebilir.

Düğüm sayısı; seçilen segmentten diğerlerine giden rotada karşılaşılan segmentlerin sayısını ölçer. Böylece, doku içerisinde bağlantının ne kadar güçlü, sirkülasyonun ne kadar sürekli ve etkili olduğunu ortaya koyar.

Toplam derinlik; herhangi bir düğümden diğerlerine kadar topolojik derinliğin toplamı olarak tanımlanır. Böylece, doku içerisinde ulaşılabilirliği güçlü ve zayıf veya kolay ve zor olan bölümler tespit edilmiş olur.

Buradan yola çıkılarak gerçekleştirilen segment analizi sonucunda elde edilen veriler Tablo 4'te verilmiştir. Değerler kategoriler altında birbirlerine yakın değer aralıklarında sonuçlara sahiptir. Ancak yöntem, dokuları incelemekte hassas algoritmalar kullandığından elde edilen veriler dokuları tüm detayları ile okumak ve birbirleri ile mukayese etmek açısından etkili olmuştur. Ayrıca, şekilsel verilerin sayısallaştırılması değerlendirmenin objektif olarak gerçekleştirilmesini de mümkün kılmıştır. Tüm yapraklara ilişkin aynı verilerin ortalamaları kıstas alınarak mukayeseler gerçekleştirilmiştir. Böylece ortalamanın üzerindeki veriler yüksek veriler olarak değerlendirilmiş ve yıldız (*) verilmiştir. Böylece en fazla yüksek değere sahip yaprak örnekleri belirlenmiştir. Sadece "toplam derinlik" verisi olumsuz olarak değerlendirilmiş ve genel değerlendirmeye

Tablo 3. Yapraklara ilişkin sayısal veriler (Numerical data on leaves)

Yaprak	Doku boyutu (mm ²)		Damar genişliği (mm)		Damar Açısı (derece)
	Ortalama alan	Birim alana sığan sayı	1. Derece	2. Derece	Ana ve Lateral damarlar arası
Ortalama	0,62	33,59	0,49	0,22	51,54
<i>Acer saccharinum</i> (Gümüşü Akçaağaç)	0,07	106	0,49	0,27	47
<i>Acer buergerianum</i> (Çin Akçaağacı)	0,17	47	0,34	0,18	52
<i>Acer pseudoplatanus</i> (Dağ akçaağacı)	0,17	29	0,72	0,29	45
<i>Carpinus betulus</i> (Adi Gürgen)	0,2	28	0,57	0,27	43
<i>Catalpa bignonioides</i> (Katalpa)	0,25	27	0,44	0,17	41
<i>Cercis siliquastrum</i> (Erguvan)	0,2	32	0,44	0,15	64
<i>Tilia cordata</i> (Küçük Yapraklı Ihlamur)	0,07	115	0,31	0,01	54
<i>Ficus carica</i> (İncir)	0,31	30	1,01	0,19	68
<i>Wisteria sinensis</i> (Mor Salkım)	0,08	107	0,34	0,13	55
<i>Quercus rubra</i> (Kırmızı Amerikan Meşesi)	0,08	98	0,97	0,45	43
<i>Quercus robur</i> (Saplı Meşe)	0,07	111	0,23	-	41
<i>Morus nigra</i> (Ters Dut)	0,2	39	0,69	0,50	45
<i>Juglans regia</i> (Adi Ceviz)	0,15	49	0,36	-	59
<i>Laurus nobilis</i> (Akdeniz Defnesi)	0,17	47	0,63	0,23	36
<i>Alnus glutinosa</i> (Adi Kızılağaç)	0,22	33	0,49	-	42
<i>Platanus orientalis</i> (Doğu Çınarı)	0,15	47	0,72	0,33	68
<i>Prunus serrulate</i> (Süs Kirazı)	0,23	34	0,63	0,25	47
<i>Pyrus communis</i> (Avrupa Armudu)	0,3	22	0,62	0,12	56
<i>Eriobotrya japonica</i> (Malta Eriği)	0,2	31	0,34	-	73
<i>Salix babylonica</i> (Salkım Söğüt)	0,28	21	0,54	-	55
<i>Aesculus hippocastanum</i> (At Kestanesi)	0,23	20	0,52	0,17	56
<i>Robinia pseudoacacia</i> (Yalancı Akasya)	0,29	22	0,22	-	46
<i>Malus domestica</i> (Elma)	0,4	19	0,24	0,13	47
<i>Fraxinus excelsior</i> (Adi Dişbudak)	0,41	14	0,46	0,17	53
<i>Prunus cerasus</i> (Vişne)	0,67	10	0,49	-	48
<i>Hibiscus syriacus</i> (Ağaçhatmi)	0,63	14	0,40	0,17	59
<i>Lonicera japonica</i> (Japon Hanımeli)	0,55	14	0,33	0,15	45
<i>Betula pendula</i> (Adi Huş)	0,56	11	0,58	0,27	37
<i>Liriodendron tulipifera</i> (Lale Ağacı)	0,5	15	0,63	0,28	34
<i>Populus nigra</i> (Kara Kavak)	0,57	13	0,28	-	48
<i>Ficus benjamina</i> (Benjamin)	1,02	10	0,39	-	59
<i>Melia azedarach</i> (Tespah Ağacı)	1,2	6	0,32	0,11	66
<i>Liquidambar orientalis</i> (Anadolu Sığıla Ağacı)	1,37	6	0,52	0,12	61
<i>Acer negundo</i> (Dişbudak Yapraklı Akçaağaç)	2,13	7	0,22	-	41
<i>Magnolia grandiflora</i> (Büyük Çiçekli Manolya)	2,3	3	0,62	0,31	54
<i>Diospyros lotus</i> (Kara Hurma)	1,61	4	0,54	0,27	57
<i>Citrus limon</i> (Limon)	4,89	2	-	-	62

*İtalik sayılar, ortalamanın üzerinde değere sahip verilerdir.

“toplam sıklık” verisi şeklinde ortalamanın altındaki, genele göre küçük değerler puanlamaya artı katkı sağlamıştır. Yapraklar, Space Syntax verilerine ilaveten fraktal değer, dokuyu oluşturan form alanı, doku sayısı ve damar genişlikleri açısından yüksek veriler de ilave edilmiş, toplamda 10 farklı veri ile geniş bir değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Böylece seçim ve eleme pek çok sayısal veri ile objektif ve nicel bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Fraktal değerler açısından 8, form ortalaması açısından 11, birim alandaki form sayısı ve damar genişliği bakımından da 13'er yaprak örneği önemli bulunmuştur (Tablo 5). Bu verilerin en çok bulunduğu yaprak örnekleri ise mekânsal analizleri gerçekleştirilmek üzere son aşama için seçilmiştir.

Tüm verilerin puanlanması ve bitkilerin nicel bir şekilde kıyaslanması ile birlikte bitki seçimi 5 bitkiye kadar indirgenmiştir (Tablo 6). Seçilen yapraklar, 10 adet veriden 7'sinde yüksek veya uygun değerlere sahiptir. Tüm kriterler açısından yüksek verilere sahip dokularda segment uzunluğunun düşük olması önemli veri olarak gözlemlenmiştir. Kısa segment boyu dokudaki diğer verilerin olumlu şekilde yükselmesini sağlamıştır.

Space Syntax yöntemi ile Depthmapx yazılımında seçilen dokulara ilişkin entegrasyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Entegrasyon analizi

sonuçları renkler ile ifade edilmektedir. Etkin sistem ve hatlar ile, etkinliği zayıf sistem ve hatları tanımlamak üzere kırmızıdan maviye doğru renk skalası ile belirlenmektedir. Analiz sonuçlarına göre etkinlik düzeyi tespit edilen hat ve sistemlere etkinlik durumuna göre kentsel fonksiyonlar yüklenmiştir. Böylece yaprak dokularından kentsel dokulara geçiş sağlanmış, yaprak dokularının kentsel dokulara dönüşümü gerçekleştirilmiştir. Kentsel dokulara dönüştürülen yaprak dokularında; en etkin sistem ve hatlar ana arterler, daha az etkin olanlar ise lateral hatlar olarak değerlendirilmiştir. Etkinliği en zayıf olan sistem ve hatlar ise aktif ve pasif yeşil alanlar ile çok amaçlı ortak alanlar olarak vasıflandırılmıştır. İki uç etkinlik vasfının arasında kalan tüm alanlar ise yapı parselleri olarak ayrılmıştır (Şekil 4).

3.2. Fonksiyonel Sistemler ve Süreklilik (Functional Systems and Continuity)

3.2.1. Lynch ve Norberg-Shulz'un Mekân Kuramları Açısından İnceleme (Review in Terms Lynch and Norberg-Shulz's Theories of Space)

Çalışma da; bu iki kuram bir birine benzer değerlendirme elemanları ve bir birini destekler özellikleri nedeniyle birlikte değerlendirilmiştir. Bu kuramlara ilişkin değerlendirmeler model

Tablo 4. Yapraklara ilişkin olarak Space Syntax yöntemi ile elde edilen sayısal veriler
(Numerical data regarding leaves obtained by Space Syntax method)

Yaprak		Bağlanırlık	Segment uzunluğu	Seçenek	Entegrasyon	Düğüm sayısı	Toplan derinlik
Ortalama	Puan	2,59	3,27	11896,34	51,75	509,23	6205,11
<i>Acer saccharinum</i>	****	3,32	2,26	30556,2	201,19	1889,24	18420,2
<i>Acer buergerianum</i>	***	3,04	2,77	18176,9	115,39	1135,07	11665
<i>Acer pseudoplatanus</i>	**	3	2,48	640,36	22,46	88,16	416,58
<i>Carpinus betulus</i>	***	2,75	2,83	31212,6	64,84	936,93	14597,7
<i>Catalpa bignonioides</i>	**	2,59	2,67	3766,41	31,24	226,61	2102,56
<i>Cercis siliquastrum</i>	****	2,7	2,56	14389,3	54,45	564,39	6937,63
<i>Tilia cordata</i>	**	3	1,8	3328,43	42,52	276,13	2045,41
<i>Ficus carica</i>	**	2,27	3,54	96,72	11,53	21,24	60
<i>Wisteria sinensis</i>	***	2,55	1,92	16233,3	79,79	734,05	7602,89
<i>Quercus rubra</i>	**	2,61	1,61	11585	33,93	410,88	6099,59
<i>Quercus robur</i>	****	2,8	1,78	64095,9	192,27	2469,78	33412
<i>Morus nigra Pendula</i>	*	2,46	2,6	1555,55	20,24	114,66	842,16
<i>Juglans regia</i>	****	2,79	2,49	31966,5	101,55	1257,73	16429,8
<i>Laurus nobilis</i>	****	2,81	2,55	23425,9	82,62	958,61	12119,5
<i>Alnus glutinosa</i>	*	2,36	2,75	8041,37	22,23	259,23	4084,43
<i>Platanus orientalis</i>	****	2,78	1,96	54833,5	86,76	1429,4	25463
<i>Prunus serrulata</i>	*	2,48	2,56	8246,47	39,21	368,28	4315,64
<i>Pyrus communis</i>	**	2,71	2,76	4664,81	39,46	295,89	2510,65
<i>Eriobotrya japonica</i>	**	2,61	3,09	11116,6	45,25	493,37	6114
<i>Salix babylonica</i>	*	2,39	2,69	25672,2	43,64	688,78	12056,2
<i>Aesculus hippocastanum</i>	**	2,68	2,54	5821,9	26,72	282,63	3835,26
<i>Robinia pseudoacacia</i>	***	2,59	2,91	16494,1	38,48	584,66	9920,08
<i>Malus domestica</i>	***	2,65	3,47	5538,48	33,37	252,66	2546,24
<i>Fraxinus excelsior</i>	*	2,56	2,81	4494,38	31,21	259,06	2662
<i>Prunus cerasus</i>	***	2,6	4,37	6298,55	41,37	359,42	3632,72
<i>Hibiscus syriacus</i>	**	2,47	4,77	4563,39	33,88	267,84	2555,69
<i>Lonicera japonica</i>	**	2,32	3,69	797,32	18,55	74,88	479,5
<i>Betula pendula</i>	**	2,46	3,53	10345,1	49,13	456,33	4897,35
<i>Liriodendron tulipifera</i>	*****	2,89	3,32	9486,53	83,06	652,5	5408,66
<i>Populus nigra</i>	**	2,26	3,52	2369,56	31,34	166,09	1054,91
<i>Ficus benjamina</i>	**	2,28	6,12	1167,18	19,75	91,13	585,47
<i>Melia azedarach</i>	*	2,16	2,69	1552,67	24,98	104,94	645,42
<i>Liquidambar orientalis</i>	**	2,44	4,04	757,2	24,19	88,34	402,23
<i>Acer negundo</i>	****	2,67	4,1	4965,04	57,54	347,87	2594,62
<i>Magnolia grandiflora</i>	**	2,03	6,32	236,03	14,85	33,88	155,33
<i>Diospyros lotus</i>	**	2,38	5,35	1121,94	28,61	118,15	617,88
<i>Citrus limon</i>	**	2,44	7,92	551,3	27,05	82,78	300,85

*İtalik sayılar, ortalamamın üzerinde değere sahip verilerdir.

kentlerin ilgili kriterdeki belirteçlerini gösteren haritalar ile desteklenmiştir (Şekil 5). Bu kuramlar mekânı; "yol", "yüzey", "bölge", "düğüm noktası" ve "yeryüzü işaretleri", "merkez veya yer", "yön ve yol", "alan veya sınır" açısından değerlendirmektedir.

3.2.1.1. Yol ve yön (Way and direction)

Kent sakinlerinin, kent içerisindeki tüm hareketleri için kullandıkları rotalar (sirkülasyon ağı, kaldırımlar, yollar ve sokaklar) bu kentsel öğeyi teşkil eder. Sirkülasyon hatları kendi içerisinde bir hiyerarşiye sahiptir. Yolların nitelikleri ve aralarındaki hiyerarşi kent içerisinde mekânların tanımlanmasında etkilidir. Çalışmadaki yaprak dokularında, entegrasyon analizi ile doku ve ağ sistemi içerisindeki hiyerarşi de ortaya çıkmıştır. Böylece oluşturulan kent formunda ulaşım sirkülasyonu oluşturulmuş ve yol ve yön açısından değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Buna göre; seçilen beş dokudan özellikle 1. ve 2. Kentlerdeki ana sirkülasyon ağı daha homojen ve etkin bir yayılım göstermektedir. Böylece, 1 ve 2. Kentler daha çok ulaşım alternatifi ve hareket kabiliyeti sağlamakta, kentin dinamizmini artırmaktadır. Ancak, 3, 4 ve 5. Kentlere ait sirkülasyon ağları 1 ve 2. Kentlere göre daha zayıf kalsa da modelin önemli bir bölümündeki lateral ağa

ulaşım sağlamaktadır. Bununla birlikte, 1 ve 2. Kentlere göre daha az alternatif, hareket kabiliyeti ve dinamizm sunmaktadır. Bu kategoride 1. ve 2. Kentler, mekânsal erişim avantajları ve daha etkin hiyerarşi çözümleri ile ön plana çıkmaktadır.

3.2.1.2. Yüzey, kenar ve sınır (Surface, edge and border)

Kıyı kenar çizgisi, bina veya duvar gibi algısal sınırlar bu mekan öğesini ortaya çıkarır. Çoğu zaman olumsuz şekilde mekânı sınırlandırılan, geçişi ve ulaşımı kısıtlayan, zorunlu sirkülasyonu hatları oluşturan, görüntüleri perdeleyen etkiler oluştururlar. Bu kentsel bariyerler zaman zaman doğal ve/veya insan yapımı elemanlardır. Çalışmada, eşit değerlendirme şartlarına sahip olmaları açısından özel öğeler ve kentsel değişkenler atfedilmeden model kentlerde bu yüzey ve sınırları yapı adaları ve yapılar oluşturmaktadır. Yüzey ve sınırlar, çok amaçlı alanların fazlalığı ve daha büyük parsel boyutu nedeniyle 3 ve 4. Kentler daha yüksek derinlik algısı oluşturmaktadır. Tüm kent modellerinde, özellikle ana arterler boyunca yer alan yapı parselleri daha büyük yapı adaları oluşturarak algısal ve fiziksel sınırlar oluşturarak kenti büyük adalar halinde bölmektedir.

Tablo 5. Tüm kriterler bazında yapraklara ilişkin puanlama (Scoring for leaves based on all criteria)

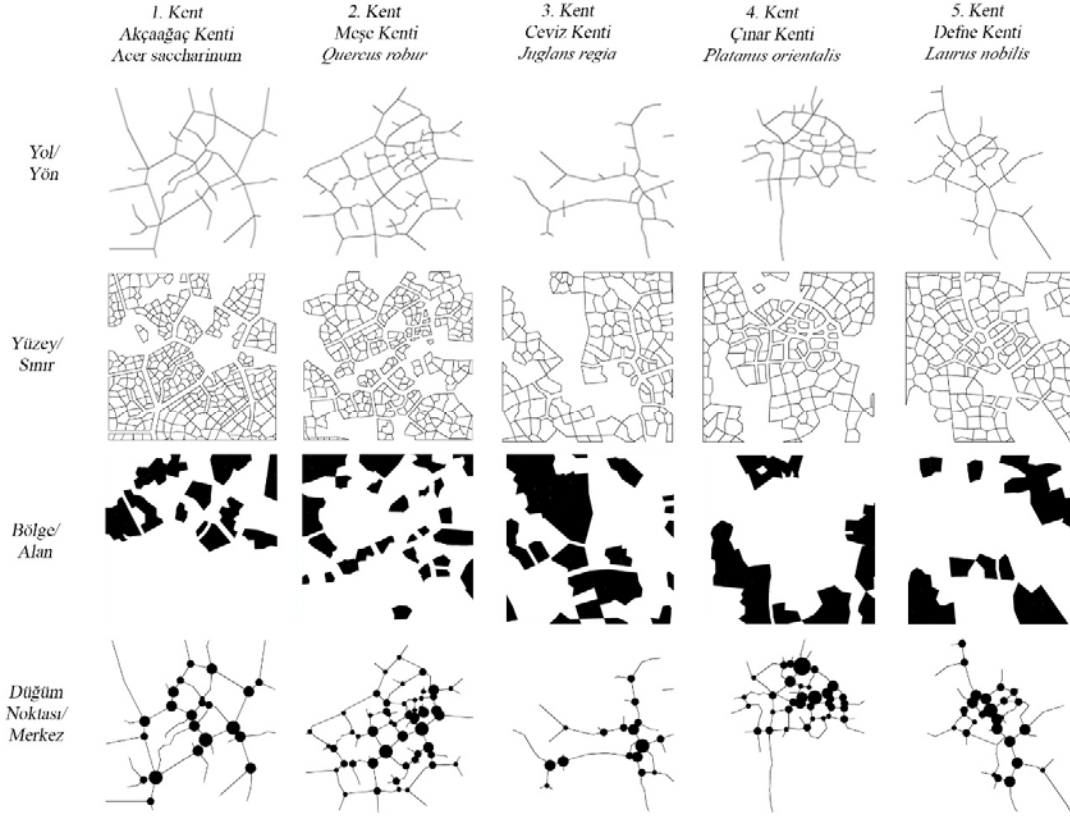
Yaprak	Puan	Fraktal değer	Ortalama alan	Birim alana sığan doku	Damar genişliği	Space Syntax verileri
<i>Wisteria sinensis</i> (Mor Salkım)	*****	*		*		***
<i>Tilia cordata</i> (Küçük Yapraklı Ihlamur)	****	*		*		**
<i>Acer pseudoplatanus</i> (Dağ akçaağacı)	****	*			*	**
<i>Acer saccharinum</i> (Gümüşi Akçaağaç)	*****	*		*	*	****
<i>Quercus rubra</i> (Kırmızı Amerikan Meşesi)	*****	*		*	*	**
<i>Quercus robur</i> (Saplı Meşe)	*****	*		*		****
<i>Morus nigra Pendula</i> (Ters Dut)	****	*		*	*	*
<i>Juglans regia</i> (Adi Ceviz)	*****	*		*		****
<i>Ficus carica</i> (İncir)	***	*				**
<i>Laurus nobilis</i> (Akdeniz Defnesi)	*****	*		*	*	****
<i>Alnus glutinosa</i> (Adi Kızılağaç)	***	*			*	*
<i>Platanus orientalis</i> (Doğu Çımarı)	*****	*		*	*	****
<i>Cercis siliquastrum</i> (Erguvan)	*****	*				****
<i>Carpinus betulus</i> (Adi Gürgen)	*****	*			*	***
<i>Prunus serrulata</i> (Süs Kirazı)	*****	*		*	*	*
<i>Pyrus communis</i> (Avrupa Armudu)	***	*				**
<i>Acer buergerianum</i> (Çin Akçaağacı)	*****	*		*		***
<i>Eriobotrya japonica</i> (Malta Eriği)	***	*				**
<i>Salix babylonica</i> (Salkım Söğüt)	**	*				*
<i>Catalpa bignonioides</i> (Katalpa)	***	*				**
<i>Aesculus hippocastanum</i> (At Kestanesi)	***	*				**
<i>Robinia pseudoacacia</i> (Yalancı Akasya)	****	*				***
<i>Malus domestica</i> (Elma)	***					***
<i>Fraxinus excelsior</i> (Adi Dişbudak)	*					*
<i>Prunus cerasus</i> (Vişne)	****		*			***
<i>Hibiscus syriacus</i> (Ağaçhatmi)	**					**
<i>Lonicera japonica</i> (Japon Hanımeli)	**					**
<i>Betula pendula</i> (Adi Huş)	****				*	**
<i>Liriodendron tulipifera</i> (Lale Ağacı)	*****				*	*****
<i>Populus nigra</i> (Kara Kavak)	**					**
<i>Ficus benjamina</i> (Benjamin)	***		*			**
<i>Melia azedarach</i> (Tesbih Ağacı)	**		*			*
<i>Liquidambar orientalis</i> (Anadolu Sığıla Ağacı)	***		*			**
<i>Acer negundo</i> (Dişbudak Yapraklı Akçaağaç)	*****		*			****
<i>Magnolia grandiflora</i> (Manolya)	*****		*		*	***
<i>Diospyros lotus</i> (Kara Hurma)	*****		*		*	**
<i>Citrus limon</i> (Limon)	***		*			**
Toplam		8	11	13	13	91

Tablo 6. Değerlendirmeler sonucunda seçilen bitkiler (Plants selected as a result of evaluations)

Yaprak	Bağlanırlık	Seçenek	Entegrasyon	Diğüm sayısı	Toplam derinlik	Birim alana sığan sayı	Damar genişliği	Fraktal değer
Ortalama	2,59	11896,34	51,75	509,23	6205,11	33,59	0,49	1,6755
<i>Acer saccharinum</i> (Gümüşi Akçaağaç)	3,32	30556,2	201,19	1889,24	18420,2	106	0,49	1,7685
<i>Quercus robur</i> (Saplı Meşe)	2,8	64095,9	192,27	2469,78	33412	111	-	1,7601
<i>Juglans regia</i> (Adi Ceviz)	2,79	31966,5	101,55	1257,73	16429,8	49	-	1,7473
<i>Platanus orientalis</i> (Doğu Çımarı)	2,78	54833,5	86,76	1429,4	25463	47	0,72	1,7229
<i>Laurus nobilis</i> (Akdeniz Defnesi)	2,81	23425,9	82,62	958,61	12119,5	47	0,63	1,7374



Şekil 4. Seçilen beş bitkiye ait entegrasyon haritaları (Integration maps of five selected plants)



Şekil 5. Mekan kuramları açısından seçili yaprakların oluşturduğu dokulara ilişkim analizler
(Analyzes the texture of selected leaves in terms of theories of space)

3.2.1.3. Bölge ve alan (Region and area)

Kent içerisinde belirleyici karakteri oluşturan geniş kentsel dokulardır. Kentler, farklı özelliklerdeki fonksiyon ve alanların geniş bir kompozisyonuna sahiptir. Karakteristik farklılaşmalar ve özel oluşumlar kentsel mekanların birbirinden ayrışmasını sağlar ve bu yolla kentin algılanırlığı ve tanınırlığı artar. Kent içerisinde benzer karakteristiğe sahip kent parçaları kentsel bölgeleri meydana getirir. Çalışmada yeşil alanlar, çok amaçlı kullanım alanları ve yapı adaları kendi içinde benzer ve kentin geri kalanından ayırt edici nitelikleri ile bölgeler oluşturmaktadır. Bu bölgesel dağılımlar 2 ve 3. Kentlerde daha parçalı, küçük boyutlu, dağınık ve kentin geneline yayılmıştır. 1. Kentte bölgeler büyük parçalar halinde kentin belirli kesimlerine toplanarak alansal farklılaşmalar kentte kutuplar oluşturmuştur. 4 ve 5. Kentlerde ise çok amaçlı alanlar çoğunlukla kent modelinin çeperlerine doğru çekilmiş ve yapı adalarının oluşturduğu alanlar kentin merkezini teşkil etmiştir. Böylece kentsel alan kullanımları, net bir ayrışma ortaya çıkartacak şekilde kenti organize etmiştir. Alan kullanımlarının kent içerisinde homojen bir şekilde dağılması kent içerisinde kitle boşluk oluşturması açısından olumludur. Ancak, çok küçük parçalar şeklinde dağılması da net kullanım alanlarının oluşmasını engellediğinden olumsuzluklar oluşturacaktır. Diğer taraftan, kentin orta bölgelerinin yapılaşmaya, çeperlerin de ortak kullanım alanlarına ayrılması olumlu bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir.

3.2.1.4. Düğüm noktası ve merkez (Node and center)

Kentteki sirkülasyon hatlarının kesiştiği ve bu kesişimlerin oluşturduğu meydanlar ile kente odak oluşturan noktalardır. Kesişimleri oluşturan aksların karakteristiği, düğüm noktalarının da

karakteristiğini belirler. Düğüm noktaları, farklı karakteristikleri, kent ve kentli etkileşimini doğrudan sağlayan odaklar olduğundan kentsel okunabilirliği artırır. Çalışmada incelenen model kentlerden 1 ve 2. Kentlerde düğümler kente homojen olarak dağılıp, kentte yaygın bir etki göstermektedir. Bu kent modellerinde düğümlerin sayısı fazla ancak kente dağılıklarından bir kümelenme görünmez. 3. Kentte düğüm sayısı az olmakla birlikte, son derece heterojen bir dağılımdan da bahsetmek mümkündür. 4 ve 5. Kentlerde ise düğüm sayısı nispeten fazla olmakla birlikte düğüm noktaları kümeleşmeye sahiptir. Bu durumda çok sayıda düğüm noktasının bir arada veya yakın mesafeli olarak bulunmasını getirmiş, kentteki yaygın etkiyi azaltmıştır.

3.2.1.5. İşaret ögesi (Land mark)

Kentleri tanımlamaya olanak sağlayan referans noktalarıdır. Yerleşim yeri içerisinde anlam veya işlev olarak farklılaşan, dikkat çeken, tanıma veya tanımlama ögesi olarak ön plana çıkan unsurlardır. Bu çağrışımı oluşturan yapay veya doğal elemanlar işaret ögesi olarak değerlendirilebilir. Çalışmada incelenen model kentlerin eşit değerlendirilebilmesi için modellere standart ve mukayese edilebilir kent fonksiyonlarının dışında fonksiyon ve donatılar ilave edilmemiştir. Bu nedenle de model kentlerde işaret ögesi olarak değerlendirilebilecek referanslar yer almamaktadır.

4. Sonuçlar ve Tartışmalar (Results and Discussions)

Doğa, keşfedilmiş her sistemin başlıca esin kaynağıdır. İçerisinde çözümleri ve en doğru alternatifleri barındıran sistemleri içeren doğa muhtemelen henüz keşfedilmemiş çözümlerin de kaynağı olacaktır. Buradan hareketle insanoğlu doğayı her dönemde merak etmiştir.

Böylece, her defasında doğanın gizemlerinden yenileri ortaya çıkartılabilmektedir. Her çözülen gizemle de insan medeniyeti gelişimini sağlamış; doğadan öğrenilenlerle refah, verimlilik ve süreklilik de artmıştır. Yeni gelişme ve çözülecek yeni sırların bu gelişimi devam ettireceği ise kesindir. Kent çalışmaları, insanların barınma, eğlenme, çalışma gibi tüm yaşamsal ve gelişimsel ihtiyaçlarını sağlayan ve destekleyen başlıca alanlar olduklarından ayrıca önemlidir. Doğadan uzaklaşıp, ekolojik denge bozuldukça artık doğadan daha çok ilham alınıyor, daha çok çözüm ve yardım doğada aranıyor. Bu aslında doğadan kopmanın verdiği zararların fark edilip, doğanın çözümlerinin kabul edilmesi, affedilme ve öze dönülme çabası olarak da değerlendirilebilecek bir süreçtir.

Çalışma, doğanın en etkin iletim ve taşıma sistemlerinden birisine sahip olan yapraklar odağında kurgulanmıştır. En yakınımızda, en göz önünde ve belki de en yaygın doğa parçası olan yaprak mikroskobik boyutta detaylara ve çok önemli verilere sahiptir. Özellikle de kent formasyonuna benzeyen dokusu ile araştırılmaya değerdir. Gerçekleştirilen çalışma ile kent formasyonu ile yaprak dokusu arasında büyük şekilsel benzerlikler olduğu mikroskopla çekilmiş fotoğraflar ile ortaya koyulmuştur. Ancak, bu benzerlik sayısal verilerle de kanıtlanmıştır. Dahası, yaprakların son derece etkili ve işlevsel iletim ve taşıma sistemlerinin kentlere uygunluğu kanıtlanmıştır.

Çalışmadaki dokulardan elde edilen kentsel formasyon önerileri üzerinden, sayısal ve ilişkisel analizlerin verdiği teknik veriler doğrultusunda sirkülasyon ve parselasyonlar oluşturulmuştur. Çalışmada da merak edilen ve araştırılan, bilgi birikimleri, deneyim ve mevcut anlayışlar dışında doğanın safi bir şekilde sundukları ve yönlendirmelerini ortaya koymaktır. Bu doğrultu ve amaçla gerçekleştirilen çalışmada, çeşitli bilimsel yöntemler ve analizler uygulanmış, amaçlandığı gibi sayısal ve objektif veriler üzerinden yaprak dokularının oluşturduğu formasyon ve iletim sistemlerinin kentlere adapte edilebileceği ve kentleri yüksek etkinlik seviyesine ulaştırabileceği kanıtlanmıştır.

Çalışma kapsamında değerlendirilen yaprakların içinde çeşitli analizler yolu ile elemeler ile seçilen 5 adet yaprağın kentsel formasyon oluşturmaya en uygun dokular olduğu tespit edilmiştir. En uygun verilere sahip bu 5 doku örneği bu defa gerçekten uygun olup olmadıklarının belirlenmesi için kent ve mekan kuramları ile okunmuştur. Çalışma sonucunda öneri kentsel dokular, herkesçe kabul edilmiş olan mekan kuramları açısından da uygun ve uyandırabilir olarak bulunmuştur. Fraktal analiz yöntemi, incelenen tüm yapraklar arasında en yüksek organik doku, yüksek mekan zenginliği, yüksek fonksiyonel çeşitlilik ve alan kullanımında homojen dağılım gösteren örneklerin tespitinde etkili olmuştur. Tüm yaprak dokuları için yüksek fraktal değerden bahsetmek mümkün olmakla birlikte, örnekler arasında da en yüksek değerli örneklerin sonraki analizler için seçilmesi uygun doku hedefine ulaşmakta sağlam temeller sunmuştur. Bu değerlendirme ile 20 adet örnek, sonraki aşama için seçilmiş, 18 adet örnek ise bu aşamada elenmiştir. Sonrasında yaprakların mikroskobik boyuttaki örnekleri üzerinden alınan karakteristik ölçüler 20 adet örnek arasındaki farklılık ve benzerlikleri belirlemek üzere değerlendirilmiştir. Space Syntax yöntemi ile gerçekleştirilen analiz sonuçları ile karakteristiğe yönelik ölçümlerin sonucunda ise seçilen bitki sayısı 5'e indirgenmiştir. Bu 5 doku örneği kentsel formasyon oluşturmaya en uygun dokular olarak kabul edilmiştir. Space Syntax yöntemi doku örneklerinde, özellikle fonksiyon alanlarının oluşturulması ve ağ etkileşimlerinin çözümlenmesinde etkili ve belirleyici olmuştur. Fonksiyon alanlarının ve ağ etkileşimlerinin belirlenmesi ile doku örnekleri, kentsel alanların temel birer örneğine dönüştürülmüştür. Artık temel kentsel olgular kazandırılmış örnekler bu defa da kent ve mekan kuramları ile değerlendirilmeye hazır hale gelmiştir. Kent ve mekan kuramları doku

örneklerinin uygunluğunun sağlanmasını yapmak ve uygun/uygun olmayan yönlerinin ortaya koyulması açısından belirleyici olmuştur. Kent ve mekan kuramları ile okunan örnekler çalışma sonucunda uygun ve uyandırabilir olarak bulunmuştur.

Yaprak dokularının kentsel formasyona adapte edilebilir bulunması, doğa rehber alınarak kentsel sistemlerde de geniş çaplı ve büyük ölçekli güncelleme ve uygulamalar yapılması gerekliliğini ortaya çıkartmıştır. Milyarlarca yıla yayılmış tecrübesi ile doğal bir sistemin kentsel sirkülasyon ve parselasyon ağı için kullanılabilir olması, bu büyük tecrübe ile kentsel sirkülasyon, alan kullanım kararları gibi sistemsel yapılarda verimlilik, işlevsellik ve sürekliliğin çok daha etkin bir şekilde sağlanacağını ortaya koymaktadır.

Çalışmanın sonucuna göre; Acer saccharinum, Quercus robur, Juglans regia, Platanus orientalis ve Laurus nobilis gerçek boyutlu bir kent modeli oluşturmak üzere uygun bir sistem sunmaktadır. Analizlerin verdiği sonuçlara göre de, bu bitkilerin yaprak örnekleri sistemsel performans, verimlilik ve süreklilik bakımından da işlevsel ve verimli bir kent oluşturma potansiyeline sahip dokulardır.

5. Kaynaklar (References)

1. Rao, R., Biomimicry in architecture, International Journal of Advanced Research in Civil, Structural, Environmental and Infrastructure Engineering and Developing, 1 (3), 101-107, 2014.
2. Agus Salim, N.A., Mydin, M.A.O. and Ulang, N.H. Md., Biomimetic architecture in building envelope maintenance (a literature)." E3S Web of Conferences., Emerging Technology for Sustainable Development Congress (ETSDC 2014), 3, EDP Sciences, Bangi, Malaysia, 01007 (1-7), 5 Ağustos, 2014.
3. Naguib, M. ve Hanafi, A.M., Exploring the Applications of Bio-Eco Architecture for Sustainable Design and Construction process, European Journal of Sustainable Development, 2 (4), 85-96, 2013.
4. Zari, M. P., Biomimetic approaches to architectural design for increased sustainability, NZ Sustainable Building Conference (SB07), Kuala Lumpur, Malezya, 1-10, 5-7 Kasım 2007.
5. Erdine, E., Biomimetic Strategies in Tower Design. Biomimetics and Bio-Inspiration, Computation and Performance (eCAADe), 1, Delft, Hollanda, 18-20 Eylül 2013.
6. Arslan, G. Y., Biomimetic Architecture, A New Interdisciplinary Approach to Architecture, International Journal of Sustainable Tropical Design Research and Practice (ALAM CIPTA), 7 (2), 29-36, 2014
7. Yuran, F. A. ve Taşgetiren, S. A., Biologically Inspired Design, Electronic Journal of BioTechnology, 1 (2), 23-30, 2010.
8. Selçuk A., Sorguç A., Impact of Biomimesis in Architectural Design Paradigm, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 22 (2), 451-459, 2007.
9. Alqalami, T., Ahmed, V. ve Ormerod, M., Bio-inspired design material: a multipurpose case study, WIT Transactions on The Built Environment, 149, 567-577, 2015.
10. Yeler G., Influences of the Living World on Architectural Structures: An Analytical Insight, Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering, 20 (1), 23-38, 2015.
11. Dengler, N., & Kang, J., Vascular patterning and leaf shape. Current opinion in plant biology, 4 (1), 50-56, 2001.
12. Runions, A., Fuhrer, M., Lane, B., Federl, P., Rolland-Lagan, A. G. ve Prusinkiewicz, P., Modeling and visualization of leaf venation patterns, Special Interest Group on Computer Graphics and Interactive Techniques Conference (SIGGRAPH), 24 (3), Los Angeles, California, 702-711, 31 Temmuz - 4 Ağustos, 2005.
13. Scarpella, E., Barkoulas, M., ve Tsiantis, M., Control of leaf and vein development by auxin, Cold Spring Harbor perspectives in biology, 2 (1), a001511, 2010.
14. Scoffoni, C., Rawls, M., McKown, A., Cochard, H., ve Sack, L., Decline of leaf hydraulic conductance with dehydration: relationship to leaf size and venation architecture, Plant Physiology, 156 (2), 832-843, 2011.
15. Nelson, T. ve Dengler, N., Leaf vascular pattern formation, The Plant Cell, 9 (7), 1121-1135, 1997.
16. Roth-Nebelsick, A., Uhl, D., Mosbrugger, V. ve Kerp, H., Evolution and function of leaf venation architecture: a review, Annals of Botany, 87 (5), 553-566, 2001.

17. Barthélemy, M. ve Flammini, A., Modeling urban street patterns, Physical review letters, 100 (13), 138702, 2008.
18. Katifori, E., Szöllösi, G. J. ve Magnasco, M. O., Damage and fluctuations induce loops in optimal transport networks, Physical Review Letters, 104 (4), 048704, 2010.
19. Norberg Schulz, C., Existence, Space and Architecture, Studio Vista, Londra, Birleşik Krallık, 1972.
20. Lynch, K., The Image of the City, The Cambridge MIT Press, Massachusetts, A.B.D., 1960.
21. Hillier, B., The architectures of seeing and going: or, are cities shaped by bodies or minds? And is there a syntax of spatial cognition?, Hanson, J., Fourth International Space Syntax Symposium, 06.1-06.34, University College London, Londra, Birleşik Krallık, 2003.
22. Eskidemir, K. ve Kubat, A., Urban Form and Culture: A Comparative Analysis of Anatolian And Italian Towns, Urban Morphology, 24 (1), 2016.

