



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİNA VE YAKIN ÇEVRESİ TERMAL KONFORUNUN SAĞLANMASINDA SU ÖGESİNİN ÖNEMİ: ANTALYA ÖRNEĞİ

Aysun COŞAR RÉGNIER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Aralık-2011
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all informations in this document have been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Aysun COŞAR RÉGNIER

Tarih:19/12/11

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİNA VE YAKIN ÇEVRESİ TERMAL KONFORUNUN SAĞLANMASINDA SU ÖGESİNİN ÖNEMİ: ANTALYA ÖRNEĞİ

Aysun COŞAR REGNIER

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Kerim ÇINAR

2011, 147 Sayfa

Termal ölçümler göstermektedir ki kent içi hava sıcaklığı, çeperindeki kırsal alanların hava sıcaklığından daha fazladır. Bu ısı artışı, özellikle sıcak iklim bölgelerindeki kentlerde, açık alan aktivitelerini olumsuz etkilemekte ve binalarda soğutma amaçlı enerji tüketiminin artışına neden olmaktadır. Yapı kullanım sürecinde işletme giderlerini azaltan ve uygun termal koşullarının oluşmasını sağlayan, yerel kaynakların kullanıldığı pasif soğutma sistemleri, üzerinde durulması gereken yöntemlerdir. Sıcak iklimin neden olduğu sorunların, doğal kaynaklar ile çözümlendiği geleneksel mimaride, doğal havalandırma, su ögesi gibi elemanlar iç ve dış mekan termal konfor koşullarının sağlanmasında yaygın olarak kullanılıyordu. İklimlendirme amaçlı harcanan enerjinin optimize edilmesi için alternatif çözümlerin arandığı günümüz koşullarında, benzer coğrafyalarda denenmiş geleneksel yöntemler, sürdürülebilir çözümler bulmak için gözden geçirilmelidir.

Antalya kenti ve yakın çevresinde yapılan çalışmada antik çağlarda ve geleneksel mimaride yerel su kaynaklarının serinleme amacı ile yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Antik Perge'de portikolar, çeşmeler, su kanalı ve kaskatlar ana cadde boyunca devam etmekteydi. Tarihi Kaleiçi ve yakın çevresinde, gölgeli avlular, su kanalları, fıskiyeli havuzlar ve ıslatılmış taşlıklar, doğal havalandırma ile etkin bir pasif soğutma sağlamaktaydı. Antalya tarihinin iki döneminde de yaygın olarak kullanılan yöntemler, yeni yerleşime açılacak bölgelerde iklime uygun çözümlerin oluşturulması ve mevcut mikroklimanın korunması için yeniden değerlendirilmelidir.

Anahtar kelimeler: Kentsel ısı adası, kent içi mikroklima, pasif evaporatif soğutma yöntemleri, pasif soğutma yöntemleri, termal konfor.

ABSTRACT

MSc THESIS

USE OF WATER FOR INDOOR AND OUTDOOR THERMAL COMFORT: A CASE STUDY IN ANTALYA

Aysun COŞAR REGNIER

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN ARCHITECTURE

Advisor: Prof. Dr. Kerim ÇINAR

2011, 147 Pages

Meteorological measurements indicate that urban air temperature is higher than its rural periphery. In hot climatic zones the temperature conditions in urban area have negative effects on human thermal comfort and outdoor activities, consequently leading to more energy consumption for indoor air conditioning. In order to reduce energy consumption and to create suitable outdoor thermal conditions for human activities, passive cooling systems using local sources are increasingly envisaged and used in architectural and environmental designs. Traditional architectural solutions using natural sources such as water elements and natural ventilation can be actualized to provide comfortable and healthy varying indoor and outdoor climate in an environmentally sustainable way.

The case study of Antalya and its surroundings showed the importance of local water sources in ancient and traditional architecture for passive cooling. In the ancient city of Perge water channels, cascades, fountains and porticos were settled along the main arteries. In the old city of Antalya shaded courtyards with water channels, fountains, wetted podima and natural ventilation formed the base of an efficient passive cooling system. Both periods emphasize that criteria like local climatic data, natural sources and traditional solutions should be considered when designing new settlements.

Key words: Thermal comfort, urban heat island, urban microclimate, passive cooling, passive evaporative cooling.

TEŞEKKÜR

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Ana Bilim Dalı'nda tamamladığım yüksek lisans tezi çalışmasında bana yol gösteren danışmanım Prof. Dr. Kerim ÇINAR'a, öneri ve eleştirileri ile tezin gelişimine katkıda bulunan jüri üyelerim Doç. Dr. Dicle AYDIN ve Yrd. Doç. Dr. Gülsüm ÖZKAN TER'e, seçtiğim konu ile ilgili bana ilham ve destek veren babam Makine Y. Mühendisi Necat COŞAR'a, çalışmamın her aşamasında manevi desteği ve yardımları ile beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli eşim Jeolog Dr. Jean-Luc REGNIER'e teşekkür ederim.

ÖNSÖZ

Bu tezin amacı, Antalya kentinde mevcut su kaynaklarının, pasif evaporatif soğutma teknikleri ile iç ve dış mekan termal konforu sağlanması için kullanım olanaklarını araştırmaktır. Giriş bölümünde çalışmada yararlanılan ana kaynaklar ile ilgili açıklamalar ile çalışmanın materyal ve yöntemleri yer almaktadır.

İkinci bölümde iklim, kent klimatolojisinin ana hatları ve termal konfor şartlarının gerekleri ve bileşenleri incelenmiştir. Bina yakın çevresinin, pasif soğutma sistemleri ile konfor koşullarına uygun olarak serinletilmesinde kullanılan alternatif teknikler araştırılmıştır. Dış mekanda su ile pasif evaporatif soğutma yöntemleri için gerekli ön koşullar incelenmiş, uygulanmış projelerden örnekler sunulmuştur.

Üçüncü bölümde binalarda kullanılan pasif soğutma sistemlerinin mimari kriterleri yer almaktadır. Bu bölümde, bina ölçeğinde pasif soğutmanın gerçekleştirilebilmesi için gerekli ön koşullar ve farklı pasif soğutma sistemleri incelenmiştir. Bina ve iç mekan pasif evaporatif soğutma yöntemleri ile ilgili deneysel çalışmalar incelenmiş ve geçmişten günümüze uygulamalardan örnekler verilmiştir.

Dördüncü bölümde Antalya kentinin iklimi ve su kaynakları ile ilgili veriler doğrultusunda su ögesi ile soğutma sistemlerinin uygulanabilirliği araştırılmış ve geçmişte Perge Antik Kenti ile Kaleiçi ve yakın çevresinde su ögesinin serinleme amaçlı kullanımına ilişkin bulgular değerlendirilmiştir. Sonuç bölümünde, geçmişte suyun serinleme amaçlı kullanıldığı Antalya kentinde mevcut su kaynaklarının yeni kent dokularında ve yapılarda kullanılma potansiyelleri irdelenmiştir.

Aysun COŞAR RÉGNIER
KONYA-2011

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....iv

ABSTRACT.....v

İÇİNDEKİLER.....viii

1. GİRİŞ.....1

1.1. Çalışmanın amacı ve önemi.....1
1.2. Çalışmanın kapsamı.....2
1.3. Materyal ve yöntem.....3
1.4. Kaynak Araştırması.....3

2. KENT KLİMATOLOJİSİ VE TERMAL KONFOR.....7

2.1. İklim.....7
2.1.1. İklim tipleri.....7
2.1.2. Akdeniz iklimi.....9
2.1.3. İklim bileşenleri.....9
2.2. Kent klimatolojisi 12
2.2.1. Kent geometrisi.....13
2.2.2. Kentsel ısı adası 17
2.2.3. Kentleşmenin mikroklima üzerindeki etkileri.....23
2.2.4. Kentleşmenin yağış üzerindeki etkileri.....24
2.3. Termal konfor.....32
2.3.1. İnsan vücudunun ısı dengesi.....32
2.3.2. Termal çevre.....35
2.3.3. Termal konfor zonu.....37

2.3.4. Biyoiklimsel konfor....40
2.3.5. Rüzgar konforu....40
2.4. Kentsel mikroklimanın geliştirilmesi....41
2.4.1. Kentsel planlamada mikroklima ve biyoiklimsel konfor faktörleri....42
2.4.2. Kentsel mikroklima elemanı olarak peyzaj....43
2.4.3. Bina yüzeylerinin bitkilendirilmesi....45
2.4.4. Hava koridorları....48
2.4.5. Suyun dış mekan soğutulmasında kullanımı....50
2.4.6. Gölgelendirilmiş dış mekanlarda yüzey ısısını su ile azaltma yöntemleri…53

3. BİNALARDA PASİF SOĞUTMA TEKNİKLERİNİN MİMARİ KRİTERLERİ....60

3.1. Binalarda pasif soğutma....61
3.1.1. Geleneksel mimaride pasif soğutma yöntemleri....61
3.1.2. Binalarda pasif soğutma stratejileri....64
3.1.3. Binaların ısı kazançlarının önlenmesi ve azaltılması....66
3.1.4. Bina kabuğunun ısı depolama süresinin arttırılması....71
3.1.5. Binalarda ısı kazançlarının pasif soğutma yöntemleri ile iç ortamdan atılması....72
3.2. Pasif soğutma yöntemlerinin tipleri....72
3.2.1. Toprak kaynaklı soğutma....72
3.2.2. Konfor havalandırması....73
3.2.3. Gece konvektif soğutma....74
3.2.4. Gece radyant soğutma....76
3.2.5. Evaporatif soğutma....78
3.3. Bina bileşenleri olarak evaporatif soğutma sistemleri....81
3.3.1. Evaporatif soğutma bacası (passive downdraft evaporative cooling)....82
3.3.2. Çatıda evaporatif soğutma sistemleri....89
3.3.3. Islak duvarlarla soğutma....96

4. ANTALYA ÖRNEĞİ.....100

4.1. Antalya'nın iklimi ve su kaynakları.....100

4.1.1. Antalya'nın iklimi.....101

4.1.2. Antalya'nın su kaynakları.....101

4.1.3. Antalya'da kentsel ısı adası etkisi.....103

4.1.4. Antalya'da pasif soğutma sistemlerinin kullanım potansiyelleri.....104

4.2. Kent planında su ögesinin sürekliliği, Perge Antik Kenti su kanalları ve F3 çeşmesi.....108

4.2.1. Perge Kenti kuzey kapısında su ögesinin kullanımı; F3 çeşmesi.....111

4.2.2. Perge Kenti Sütunlu Cadde'de su ögesinin kullanımı; kaskatlı kanal.....116

4.3. Antalya kent içi tarihi su yolları ve kanalları.....120

4.3.1. Düden kanalı.....121

4.3.2. Yedi Arıklar.....123

4.3.3. Kırcami sulama amaçlı ark sistemleri.....126

4.4. Kaleiçi konutlarının iklimsel özellikleri.....127

4.4.1. Kaleiçi evlerinde pasif soğutma stratejileri.....131

4.4.2. Kaleiçi evlerinde evaporatif serinleme elemanları 133

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....135

5.1. Sonuçlar.....135

5.2. Öneriler.....137

KAYNAKLAR.....142

1. GİRİŞ

Kentleşmenin neden olduğu ısınma, soğutma amaçlı enerji tüketiminin artışına neden olmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması, kentsel mikroklimaların yani biyoiklimsel konforun sağlanması ve sürdürülebilir tüketim politikaları, enerji tüketimini azaltmak için kullanılması gerekli olan araçlardır. Avrupa Birliği bünyesinde çıkarılan Enerji Direktifi Yasası´na göre 2020 yılına kadar binalarda enerji tasarrufu yapılması gerekmektedir. Yapı kullanım sürecinde işletme giderleri ve özellikle iklimlendirme amaçlı harcanan enerjinin optimize edilmesi için alternatif çözümlerin kullanımı enerji performansı açısından giderek önem kazanmaktadır. Bu nedenle yapılarda iklime duyarlı, yerel kaynakların kullanımı ile gerçekleştirilen, verimli pasif soğutma sistemleri hem kullanıcıların konforu hem de enerji tasarrufu için mutlaka irdelenmesi gereken yöntemlerdir. Benzer coğrafyalarda yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri olan "pasif evaporatif soğutma" bu tez çalışmasının konusunu oluşturmaktadır.

Kentsel ısınmanın etkilerinin yaz aylarında çok yoğun hissedildiği, bölgesel ve bina ölçeğinde pasif soğutma için kullanılabilecek yeterli su kaynaklarına sahip olması, geçmişte su ögesinin bina ve yakın çevresinde serinleme amacı ile kullanılmış olması sebebi ile Antalya kenti tez kapsamında incelenmiştir.

1.1. Çalışmanın amacı ve önemi

Bu tezin amacı, sıcak iklim bölgelerinde geçmişten günümüze yaygın olarak kullanılan pasif evaporatif soğutma metotlarını inceleyerek, Antalya kenti bina ve yakın çevresi termal konforunun sağlanmasında su ögesi kullanımının önemine dikkat çekmektir. Tez kapsamında incelenen Antalya örneğinde, geçmişte su ögesinin kentsel ve mimari dokuda soğutma amaçlı kullanıldığı görülmüştür. Günümüzde Antalya, yoğun yapılaşma, iklim koşulları ve doğal dokunun tahribi neticesinde ısınmanın oldukça yoğun hissedildiği bir kenttir. İklim koşullarına uygun olmayan yapılaşmalar kullanıcı konfor koşullarını olumsuz etkilemiş ve sonuçta soğutma amaçlı enerji harcamaları artmıştır. Kentte doğal kaynakların kullanıldığı pasif soğutma sistemleri, tanınmadığı için yaygın olarak kullanılmamaktadır.

Antalya kenti ısınmanın olumsuz etkilerini azaltacak doğal kaynaklara ve tarihi birikime sahiptir. Evaporatif soğutma sisteminin kabul görmesi ve yaygın olarak kullanılması için kamuoyu tarafından tanınması ve öncelikle deneysel çalışmalarla performansının kanıtlanması gereklidir. Antalya'da yeni yerleşime açılacak alanların iç ve dış mekan termal konfor koşullarının sağlanmasında mevcut su kaynaklarının pasif soğutma amaçlı kullanımı teşvik edilmelidir.

1.2. Çalışmanın kapsamı

Tez kapsamında, bina ve yakın çevresi termal konfor şartlarının sağlanmasında gerekli ön koşullar ve su ile pasif evaporatif soğutma teknikleri incelenmiş, konuyla ilgili geçmişten günümüze uygulamalardan ve deneysel çalışmalardan örnekler verilmiştir. Bu tez için seçilen proje ve uygulamalar, bütünleşik tasarım süreci kriterleri ile oluşturulmuş ve mimari proje ile entegre olmuş çalışmalardır. Planlama ile ele alınacak tasarım sürecinde pasif evaporatif soğutmanın etkin olabilmesi için aşağıdaki konular tez kapsamında incelenmiştir:

Planlama boyutunda;

-Kent geometrisi ve kentsel yüzeylerinin kent iklimi üzerindeki etkileri.

-Kentlerde mevcut mikroklimaların rehabilitasyonu ve korunmasının biyoiklimsel konfor şartlarının sağlanmasındaki önemi.

-Su ögesinin mikroklimanın oluşmasındaki önemi.

Bina boyutunda;

-Pasif soğutma stratejisi olarak, ısı kazanımlarının engellenmesi ve azaltılması.

-Isı kazanımlarının binadan uzaklaştırılmasında kullanılan pasif soğutma teknikleri.

-Pasif evaporatif soğutma tekniklerinin mimari kriterleri.

Antalya örneği;

Tez kapsamında Antalya'nın iklimi ve su kaynakları ile ilgili veriler doğrultusunda, su ögesi ile pasif soğutma yönteminin uygulanabilirliği araştırılmış ve geçmişte Perge Antik Kenti ile Kaleiçi ve yakın çevresinde su ögesinin serinleme

amaçlı kullanımına ilişkin bulgular değerlendirilmiştir. Günümüzde de deniz suyu ve yer altı suyunun kullanıldığı ısı pompaları, konvansiyonel mekanik soğutma sistemlerine alternatif olarak, otel ve alış veriş merkezlerinde evaporatif soğutma amacı ile kullanılmaktadır. Tez kapsamında incelenen, mimari projeye entegre olmuş pasif evaporatif soğutma yöntemlerinden farklı olan bu tip mekanik çözümler tezin kapsamı dışında tutulmuştur.

1.3. Materyal ve yöntem

Tez çalışması için bilgi elde edilmesinde seçilen yöntem, konuya ilişkin bilimsel ve yasal kaynakların taranması ve irdelenmesidir. Konuya ilişkin kaynakların, kurum ve üniversitelerin kütüphanelerinden elde edilmesinin yanı sıra, internet üzerindeki kurum ve üniversitelere ait web sayfalarından bilgi temini söz konusu olmuştur.

Antalya'nın iklim verileri ve soğutma amaçlı kullanılabilecek doğal kaynaklarına ait veriler incelendikten sonra doğal soğutma yöntemlerinin yörenin iklimine uygunluğu araştırılmıştır. Bu bağlamda, Antalya Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden 1975-2006 yılları arasındaki sıcaklık ve bağıl nem değerleri alınarak Givoni ve Olgyay'ın biyoklimatik diyagramlarına işlenmiştir.

Çalışma alanı olarak seçilen Perge antik kenti su kanalları ve detaylı bilimsel araştırma ve belge bulunamayan Kaleiçi'nde yer alan kanallar ve Yediarık kanalları için “Antalya Bölgesi Tarihi Su Kanalları” kitabının yazarı Galip Büyükyıldırım ile yerinde incelemeler yapılmıştır.

1.4. Kaynak Araştırması

Konu ile ilgili incelenen kaynaklar dört gruba ayrılabilir:

I. Kentlerde oluşan ısı adaları ve yarattığı sorunlar ve bölgesel soğutma ile ilgili genel bilgiler ve biyoiklimsel çözüm önerileri ve örnekleri içeren kaynaklar.

II. Planlamada su ögesini ve kentler üzerindeki etkilerini ve özellikle yağmur ve taşkın suyu yönetimini inceleyen kitap, bilimsel araştırma ve ülkesel ya da kentsel taşkın planlama raporları.

III. Mimaride pasif soğutma yöntemlerinin anlatıldığı ve örneklerin yer aldığı kitap, bilimsel makale ve tezler.

IV. Perge antik kentini inceleyen ve tarihi Yedi Arıklar kanallarını anlatan kitap, makale, doktora tezi ve koruma kurulu raporları.

Tezin kapsamı içinde yer alan iklim ve kent klimatizasonunun ana hatları ve termal konfor şartlarının gerekleri ve bileşenleri, “Stay Cool: A Design Guide for the Built Environment in Hot Climates” adlı kitapta detaylı olarak incelenmiştir. Kitapta bina ve yakın çevresinin insan konforuna uygun olarak pasif soğutma sistemleri ile iklimlendirilmesi için gerekli teknikler ve teknolojiler açıklanmıştır. Bu kitap, tasarım ilkeleri ile sıcak iklim bölgelerinde termal konforun kriterlerini sağlamaya yönelik geçmişten ve günümüzden örnekler ve öneriler sunmaktadır. Kitapta, iklime duyarlı yapıların ve kentsel çevrelerin oluşturulmasına ilişkin tasarım stratejileri ve bu stratejilerin hedeflediği enerji tasarrufundan ayrıntılı olarak bahsedilmektedir. Önerilen pasif soğutma sistemlerini basit yapılardan kompleks yapılara kadar uygulama imkanı vardır.

Tezin kapsamı içinde yer alan “kentsel ısı adası” fenomeninin oluşum nedenleri, editörlüğünü Santamouris'in yaptığı “Cooling the Cities : Rafraîchir les villes : Energy Efficient Cooling Systems & Techniques for Urban Buildings.” adlı kitapta detaylı olarak incelenmiştir. Avrupa Birliği tarafından başlatılan ve kitap olarak basılan bu çalışma, Seville, Atina ve Paris kentlerindeki kentsel ısı adasının varlığını ve soğutma amaçlı enerji kullanımının artışına neden olduğunu göstermektedir. Kitapta kentsel mikroklimanın iyileştirilmesi, bölgesel soğutma ve binalarda pasif soğutma sistemlerinin kullanılmasına ilişkin stratejiler yer almaktadır.

Tez çalışmasında, kentsel ısı adası, doğal ventilasyon, binalarda pasif evaporatif soğutma bacası ile ilgili kaynak olarak, editörlüğünü Francis Allard ve Cristian Ghiaus'un yaptığı “Natural Ventilation in the Urban Environment: Assessment and Design” adlı kitaptan yararlanılmıştır. Avrupa Birliği tarafından düzenlenen araştırma ve geliştirme programı kapsamında yapılan çalışmalar “Kentsel alanlarda doğal ventilasyon” başlığı altında kitap haline getirilmiştir. Kitapta, soğutma amaçlı enerji tüketimini azaltmak, kapalı alan termal konforunu arttırmak ve iç mekan hava kalitesini iyileştirmek amacıyla kentsel binalarda doğal havalandırmanın verimli kullanımı hakkında teorik açıklamalar, tasarım kriterleri ve uygulama detayları yer

almaktadır. Kitap, kentsel çevre ve doğal ventilasyon ilişkisi, kentsel ısı adası, kent kanyonlarının oluşumları ve etkileri, doğal ventilasyon yöntemleri, performansları ve maliyetleri ile ilgili detaylı bilgileri ve deneysel çalışmaları içermektedir.

Planlamada su ögesinin incelendiği editörlüğünü Herbert Dreiseitl ve, Dieter Grau'nun yaptığı Recent Waterscapes: Planning, Building and Designing with Water adlı kitapta, neden olduğu tahribatlardan ötürü yıllardır yerleşim alanlarından uzaklaştırılmaya çalışılan suyun, günümüzde kentsel tasarımın önemli bir parçası olduğu, dünyanın farklı bölgelerinde gerçekleştirilmiş proje ve uygulama örnekleriyle gösterilmektedir. Kitapta, mevcut su kaynaklarının yapılı çevreye entegre edildiği dere ıslahı uygulamaları, bölgesel yağmur suyu ve taşkın yönetimi uygulamaları, suyun kent meydanları ve parklarında, bina ve yakın çevresinde iklimsel amaçlı kullanımı gibi farklı kategorideki çalışmalar, büyük ölçekli nazım planlarından, iç mekan iklimlendirmesine kadar farklı ölçeklerde yer almaktadır. Kitapta editörün kendi uygulamaları da detaylı olarak anlatılmaktadır.

Baruch Givoni'nin “Climate Considerations in Building and Urban Design” adlı kitabı, bina ve kent klimatolojisi ile ilgili kapsamlı bir kaynak kitaptır. Kitapta binalar için pasif ve düşük enerjili soğutma sistemleri; konfor havalandırması, gece konvektif soğutma, suyun soğutma amaçlı kullanıldığı sistemler; radyant soğutma, direkt ve indirekt evaporatif soğutma, ve soğutma kaynağı olarak toprağın kullanılması durumları incelenmiştir. Kitapta farklı bina tipleri ve iklim koşulları için önerilen soğutma sistemlerinin tasarımlarını etkileyen faktörler ve mimari kriterler detaylı olarak anlatılmıştır.

“Sustainable Architecture and Urbanism: Concepts, Technologies, Examples” adlı kitapta çok sayıdaki Avrupa kentinde gerçekleştirilmiş kentsel rehabilitasyon uygulamaları ve sürdürülebilir mimarideki gelişmeler; doğal kaynakların kullanımı, suyun tasarruflu kullanımı, taşkın yönetimi, pasif ısıtma ve soğutma yöntemlerinin iç ve dış mekanda kullanımı başlıkları altında 23 örnek ile incelenmiştir.

“Sürdürülebilir Mimarlık” adlı kitapta tüm boyutlarıyla ele alınan sürdürülebilirlik, yazara göre durağan bir kavram olmayıp, tarihsel perspektif içinde toplumsal, ekonomik, sosyal ve kültürel koşullara bağlı olarak değişmektedir. Doğal ve yapılı çevre arasındaki dengeyi yeniden kurmaya yönelik ve giderek daha geniş

kitleler tarafından benimsenen sürdürülebilir mimarlık olgusunun geniş bir çerçevede ele alındığı kitapta; sürdürülebilir mimarlık ve yapım, çağdaş yapı örnekleri eşliğinde irdelenmiştir.

Green Architecture (Architecture & Design) adlı kitapta yazar, ekolojik mimari yapıtları incelerken, teknolojik çözümler ile doğayı şekillendiren insanın çabasını estetik bakış açısından farklı zamanlardan yetmiş adet örnek ile değerlendirmektedir. Günümüzden örneklerde, Renzo Piano, Antoine Predock, Charles Jencks, Jean Nouvell and Emilio Ambasz gibi otuz sekiz seçkin mimarın kentsel dokuya ve peyzaja entegre olmuş eserleri incelenmiştir. Yazarın kendi hazırladığı ve uyguladığı projeler de kitapta yer almaktadır.

Antalya'nın tarihi su yolları ile ilgili kaynak kitap olarak Galip Büyükyıldırım'ın "Antalya Bölgesi Tarihi Su Yapıları" adlı kitabından yararlanılmıştır. Bu araştırma, ilk çağlardan başlayarak, Türkiye Cumhuriyetine ve DSİ Genel Müdürlüğünün kurulduğu 1954 yılına uzanan çok geniş bir tarih sürecini kapsamaktadır. Antalya yöresinde çok bol ve somut olarak bulunan "Antik Su Yapıları" taşıdıkları teknik, arkeolojik, tarihsel önem nedeni ile çalışmada ağırlıklı bir yer tutmuştur. Kitapta yer alan su yapılarının seçiminde, su mühendisliği yönünden taşıdığı önem, yapının ilgili çevrelerde tanınması daha önceki yayınlarda adının geçmesi, ele alınan objenin genel tipik ve karakteristik özellikler taşıması gibi kriterler dikkate alınmıştır. Çalışmada tarihi su yolları, harita, detaylı çizim, debi ve eğim hesapları ile anlatılmış ve fotoğraflarla da desteklenmiştir.

Bu tezin kapsamında yer alan Kaleiçi ve yakın çevresi ile Yediarıklar su kanalları ile ilgili detaylı bilimsel araştırma ve belge bulunamamıştır. Ancak konu ile ilgili Antalya Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu raporlarından ve Hüseyin Çimrin'in derleyip yazdığı "Bir Zamanlar Antalya; Tarih, Gözlem ve Anılar" adlı kitaptan yararlanılmıştır.

2. KENT KLİMATOLOJİSİ VE TERMAL KONFOR

Bu bölümde iklim, kentsel ısınma, sıcak iklim ve ısınmanın iç mekan ve dış mekan termal konforuna olumsuz etkileri, bu etkileri azaltmada harcanan soğutma amaçlı enerjinin doğal yollarla optimize edilebilmesi amacı ile kentsel mikroklimanın oluşturulabilmesi için gerekli kriterler incelenecektir.

2.1. İklim

Yaşam döngüsü içinde hedeflerimizi, yerleşim alanlarımızı, yaşam biçimimizi ve daha birçok konuda aldığımız kararları iklim koşulları da şekillendirir (Koçman, 2002).İklim, coğrafi çevrenin yaşanabilirliğini belirleyen, doğal süreçlerle sosyo-kültürel süreçleri entegre eden bir konumdadır. Dolayısıyla hem doğal hem de sosyo-kültürel çevrenin oluşmasında birinci derecede etkilidir (Çetin ve diğerleri, 2010).

Bir bölgenin iklimi, o bölgedeki meteorolojik elemanların tümünün etkileşimi olarak tanımlanır. Güneş radyasyonu, hava sıcaklığı, nem, rüzgar ve yağış temel unsurlardır. Belli bir bölgenin iklim koşullarını anlayabilmek için bu verilerin tamamı toplanmakta ve analiz edilmektedir. Tasarıma veri oluşturmak amacı ile elde edilen veriler sezonluk ya da yıllık değil, yıllar bazındadır. Arazinin spesifik iklim elemanları gözetilir ve bölgesel verilerle birlikte değerlendirilir (Koch-Nielsen, 2002).

2.1.1. İklim tipleri

Bilimsel açıdan yeryüzündeki tüm meteorolojik faktörlerin belli bir bölge üzerinde uzun zaman dilimi içinde olan etkilerin bütününe iklim denilmektedir. İklimsel değişkenler üç ana grupta incelenebilir bunlar:

- makroklima,
- mezoklima,
- mikroklimadır.

Makroklima

Yeryüzünde geniş alanları kaplayan iklim tiplerine makroklima adı verilir. Makroklima dünya çevresinde geniş alanları kapsayan, kara, deniz, güneş ve hava akışına olanak veren atmosferik koşullardır. Bunların oluşmasında enlemin büyük

etkisinin yanında özel konum şartlarının da etkisi vardır. Genelde bir kuşak halinde uzarlar ve çok fazla kesintiye uğramazlar. Dünya genelinde bölgesel iklimler:

- Ekvator iklimi,
- savan iklimi,
- Muson iklimi,
- çöl iklimi,
- Akdeniz iklimi,
- step iklimi,
- karasal iklim,
- ılıman okyanussal iklim,
- tundra iklimi,
- kutup iklimidir.

Mezoklima

Mezoklima, makroklimanın bölgesel alanlarını kapsayan baskın su, topoğrafya, bitkilendirme ve yapılandırılmış çevre özellikleri etkisiyle oluşur. Mezoklima veriler, makro iklimsel verilere bağlı olarak yerleşimlerinin topoğrafik karakteristik özellikleri, ovalık, dağlık veya su miktarı fazla olan coğrafi veriler, büyük ölçekli tarımsal araziler, arazi örtüsü, mevsimlik sıcak ve soğuk rüzgarlarla ilgili verilerdir.

Mikroklima

İçinde bulunduğu alanın ikliminden farklı iklimsel özellik gösteren lokal bölgedir. Var olan makro ve mezo iklime yönelik alınan koruma ve faydalanma kararlarından kaynaklanan yapma çevredeki iklimsel değişiklikler mikroklimayı oluşturur (Arslanoğlu, 2008). Mikroklimanın anlaşılabilmesi için iklim verileri doğru biçimde değerlendirilmelidir. Atmosfer üzerine etki eden temel güçleri bilmek, yapılan tasarımların mikroklima üzerine ya da mikroklimanın tasarımlar üzerine etkisi hakkında yorum yapma fırsatı verir (Gülbay Tuğaç, 2003). Mikro iklimsel koşullara uyum sağlayacak tasarım yapabilmek için bölgeye özel analizlerin yapılması gereklidir. Yöresel mikroklimatik ve iklimsel hareketleri ortaya koyan iklim elemanları:

- güneş ışınımı,
- rüzgar, hava hareketleri,

- hava sıcaklığı,
- hava nemi,
- bunların sonucunda ortaya çıkan; sis, yağış gibi doğal kaynaklardır (De Wall, 1993).

Mikroklima dört ana başlıkta sınıflandırılabilir (www.metoffice.gov.uk):

- yayla (yüksek arazi) mikrokliması,
- kıyı mikrokliması,
- orman mikrokliması,
- kent mikrokliması.

2.1.2. Akdeniz iklimi

Yeryüzündeki makro iklim tiplerinden biri olan Akdeniz ikliminde, yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlı geçer. Yaz sıcaklığı güneş ışınlarının düşme açısına, kuraklık ise alçalıcı hava hareketlerine bağlıdır. En sıcak ay ortalaması 34-45 °C, en soğuk ay ortalaması 8-10 °C dir. Yıllık sıcaklık ortalaması 18 °C civarındadır. Kar yağışı ve don olayı çok ender görülür. En fazla yağış kışın, en az yağış yazın düşer. Kışın görülen yağışlar cephesel kökenlidir. Cephesel yağışlar en fazla bu iklimde görülür. Yıllık yağış miktarı yükseltiye göre değişir. Ortalama 400-600 mm arasındadır. Yağış rejimi düzensizdir. Bitki örtüsü yaz kuraklığına dayanabilen makidir.

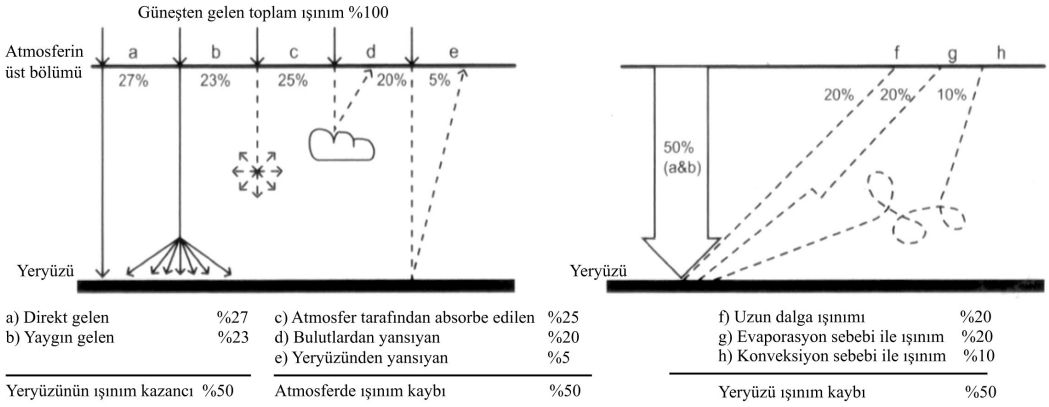
Bu iklim tipi, Akdeniz'e kıyısı olan ülkeler, Avustralya'nın güneybatısı, Güney Afrika Cumhuriyetinde Kap bölgesi, Şili'nin orta kesimleri ve Kuzey Amerika'da Kaliforniya çevresinde etkilidir. Coğrafi olarak Akdeniz'de yer aldıkları halde Libya, Mısır ve Filistin'in iklimi, yer şekilleri nedeni ile Akdeniz ikliminden farklıdır.

2.1.3. İklim bileşenleri

Hava sistemleri meteorolojik yöntemlerle araştırılır. Hava sistemlerinin yıllık ya da birkaç yıllık dökümü o bölgenin klimatolojisini verir. Bu sayede yıllık sıcaklık, hakim rüzgar yönleri gibi pek çok konunun dökümü yapılır. Bölgenin genel iklimi, güneş ışığının detayları, rüzgar, nemlilik ve ısısal değerlerden oluşan bilgileri meteoroloji istasyonlarından elde etmek mümkündür. Bu veriler iklim değişikliklerinden dolayı 30 yıllık ortalama değerlerin hesaplanmasıyla elde edilir (Özek ve Kısa Ovalı, 2007).

Güneş ışınımları

Bir alandaki güneş ışınımların yoğunluğu, güneşin yüksekliğine ve havadaki partiküllerin yoğunluğuna bağlıdır. Bu büyük ölçüde, coğrafi konum ve yerel hava koşullarına bağlı olarak değişir. Esasen güneş ışınımları; gündüzün uzunluğundan, ışınların yere düşme açısından, güneşe olan uzaklıktan, bulutlardan, ışınların geçtiği atmosferin hava kalitesinden direkt olarak etkilenir (Şekil 1).



Şekil 1. Güneş ışınımları.
Yeryüzünü etkileyen güneş ışınımı; direkt, yaygın ve yansıyan ışınım olmak üzere üç ayrı bileşenden oluşur. Sağdaki diyagramda yeryüzünün ışınımsal ısı kazanç ve kayıpları görülmektedir. Isı kazanımları gündüz, ışınımsal ısı kayıpları gece oluşur. Kazanç kayıp dengesi bozulursa yeryüzünün ısısı değişir. Sera etkisi ışınımsal ısı kaybına engel olduğu için yeryüzünün ısınmasına sebep olur (Koch-Nielsen, 2002).

Dünya, güneşten gelen ve sürekli olarak sistemine giriş çıkış yapan termal enerji ile desteklenen bir termodinamik sistemdir. Dünya sıcaklığının sabit kalabilmesi gelen enerji miktarının çıkan enerji miktarı ile eşit olmasına bağlıdır, bu enerji dengesine "enerji bütçesi" adı verilir (McPherson, 1984). Tüm bu faaliyetler dünyanın iklimini belirler.

Yeryüzünü etkileyen güneş ışınımı; direkt, yaygın ve yansıyan ışınım olmak üzere üç ayrı bileşenden oluşur. Yeryüzünün ışınımsal ısı kazanç ve kayıplarının miktarını bu ışınımların varlığı ve şiddeti belirler. Güneş kaynaklı ısı kazanımları gündüz, ışınımsal ısı kayıpları gece oluşur. Kazanç kayıp dengesi bozulursa yeryüzünün ısısı değişir. Sera etkisi de ışınımsal ısı kaybına engel olduğu için yeryüzünün ısınmasına sebep olur (Koch-Nielsen, 2002). Çok yüksek ısı kaynağından

ve güneşten gelen ışınımlara “kısa dalga ışınımı”; bina yüzeyi gibi sıcak bir nesneden yayılan ya da atmosfer tarafından emilen ışınımlara da “uzun dalga ışınımı” denir.

Kent içinde güneş ışınımları binalar tarafından kesilir ve güneşin açısına ve yapıların boyuna bağlı olarak gölgeler oluşur. Yapıların birbirine yakın olduğu durumlarda gölge koridorları oluşabilir, bu alanlara yalnızca dağınık ve yansıyan ışınlar ulaşır. Radyasyonun yani ışınımın farklı dalga boyları binaların ısı kazanç ya da kayıplarına neden olur. Binaya ısı transfer eden ve binanın ve ısı miktarını etkileyen güneş ışınımının üç ana türü vardır:

- direkt güneş ışınımı, güneşten doğrudan alınan ve güneş ışınlarının yönünden gelen radyasyon bileşeni,
- yaygın güneş ışınımı, gökyüzünden, bulutlardan ve atmosferden yönü dağınık olarak gelen radyasyon bileşeni,
- yansıyan güneş ışınımı, yerden, bina yüzeylerinden yansıyarak gelen radyasyon bileşenidir.

Hava sıcaklığı

Coğrafi koşulları ve yaşam etkinliklerini en yakından etkileyen iklim ögesi atmosferin sıcaklığıdır. Yeryüzünün tek sıcaklık kaynağı olan güneş, atmosferin de sıcaklık kaynağıdır. Hava sıcaklığı kuru termometre ve yaş termometre ile tespit edilir. Kuru termometre sıcaklığı, termometre ile ölçülen ortam sıcaklığıdır. Yaş termometre sıcaklığı, termometrenin haznesi suya batırılmış bezle sarılarak üzerinden hava akımı geçirilir, termometre ile ölçülen değerin azaldığı görülür ve azalmanın sona erdiği sıcaklığa yaş termometre sıcaklığı denir (Karakaya, 2010). Kentler, coğrafi olarak yüzey materyalleri, fiziksel formlar ve aktiviteler açısından farklılıklar gösterir ve farklı sıcaklık koşulları oluşturur.

Nem

Dış hava nemliliği, yeryüzündeki çeşitli kaynaklardan buharlaşarak havaya karışan su miktarının buhar basıncı veya oran olarak ifade edilmesidir. Bağıl nem, havadaki mevcut su buharı basıncının, aynı kuru termometre sıcaklığındaki doymuş havanın su buharı basıncına oranına denir (Karakaya, 2010).

Kentlerdeki beton ve asfalt gibi zemin ve yüzey malzemeleri, güneş enerjisini, emerek depolar ve bu yüzeyler suyu geçirmez. Bu durum o bölgedeki buharlaşma oranlarının ve dolayısı ile havadaki bağıl nem oranının düşmesine neden olur (Kadıoğlu, 2007).

Optimum iç mekan hava kalitesinin doğal yollardan sağlanabilmesi için, mimaride alınması gereken önlemler iklim bölgelerine göre değişir. Sıcak-nemli iklim bölgelerinde nemi azaltıcı, sıcak-kuru iklim bölgelerinde ise nemi arttırıcı çözümlerin tasarıma dahil edilmesi gerekir.

Rüzgar

Rüzgar iklimsel konfor açısından kontrolü güç ancak önemli bir konfor ögesidir. Temas ettiği yüzeylerdeki ısıyı taşır ve o ortamdaki insanların, yapıların enerji bütçelerini etkiler. Yönü, şiddeti, esme süresi ve karakteri tasarım kriteri olarak binaların ve yerleşimlerin yönlenmelerinde ele alınmalıdır. Rüzgarın kontrolü zordur, yere yakınken yavaş hareket eder, yükseldikçe hız ve türbülans artar. Türbülans alttaki yüzeylerin form ve yükseklikleri ile de alakalıdır, bunlar arasındaki farklılık fazla ise trübülans da artar. Türbülans rüzgarın hızı serinleme gücünü de arttırır (Seçkin, 2007).

Yağış

Atmosferdeki su buharının yoğuşarak sıvı veya katı halde yeryüzüne inmesi "yağış" olarak adlandırılır. Tasarımda, yıllık ve aylık ortalama yağış miktarının yanı sıra maksimum günlük yağış bilgileri de çatı ve kaplı yüzeylerdeki yüzey suyunun tahliyesinin sağlanması için gerekli olan verilerdir.

2.2. Kent klimatolojisi

Kırsal bölgelerde güneş enerjisi gün boyu toprak tarafından emilir, bitkilerden ve topraktan buharlaşan su ise ortamı serinletir. Güneş ışınlarından kaynaklanan ısı artışı bitki ve ağaçların sağladığı evaporatif soğutma ile nispeten dengelenir. Kentlerde ise sert malzemelerle kaplı yüzeyler topraktan nemin buharlaşmasına engel olur, evaporatif serinleme gerçekleşemez ve kentsel alanlar bu nedenle daha kuraktır ve sıcaktır (Santamouris ve diğerleri, 2004).

Şehirleşmenin artışına bağlı olarak, sıcaklık yapısında değişiklik, rüzgar hızlarında azalma, gelişen sıcaklık gradyanına bağlı olarak kent içi parklar ile çevresinde meltem rüzgarları gelişimi, bağıl ve mutlak nemde değişiklikler görülmektedir. İklim elemanlarındaki değişiklikler, kent kanyonlarının neden olduğu uzun dalga radyasyon kayıplarında azalma, kanyon geometrisinin neden olduğu albedo miktarında azalma, şehirlerin termik özellikleri, antropojenik ısı, kent sera etkisi, azalan evapotranspirasyona bağlı olarak artan hissedilebilir ısı, azalan gizli ısı gibi kompleks yapıların sonucudur (Landsberg, 1981; Oke ve diğerleri, 1991). Yüksek binalarla kuşatılan cadde ve sokaklarda gün içinde beliren ısınma farklılıkları, kirliliğin belirgin bölgelerde yoğunlaşması gibi konular kent klimatolojisi çalışmalarının önemli bölümünü oluşturmaktadır (Çiçek ve Doğan, 2005).

Şehirlerin planlanması, cadde ve sokak genişliklerinin saptanması, bina iklimlendirmesinin daha efektif yapılması için kent klimatolojisi çalışmalarına gereksinim vardır. Ayrıca dünyamız gündemini küresel ısınma gibi önemli bir sorun meşgul etmektedir. Küresel ısınma içerisinde şehirlerin ısınma üzerindeki pozitif etkisinin saptanarak küresel değerlendirmelerin buna göre yapılması gerekmektedir. Çünkü gelecek yüzyılın teknoloji ve enerji gereksinimleri küresel ısınma senaryolarına göre yeniden yapılandırılmaktadır (Çiçek ve Doğan, 2005).

Kırsal alanlarla karşılaştırıldığında, ışınımsal kazanç ve kayıp dengesi kentsel alanlarda ışınımsal kazancın lehinedir ve kentsel ısınmanın başlıca nedenlerinden biridir. Çatı, duvar, yol, otopark ve meydan gibi kent yüzeylerinde kullanılan malzemelerin ısı tutma kapasitelerinin yüksek olması, yüzeylerin güneş kaynaklı ısı kazanımını arttırır, bu da ortam sıcaklığının artması demektir.

2.2.1. Kent geometrisi

Kentsel ısı adasının oluşumunda yere gelen radyasyon önemli rol oynamaktadır. Kır ve kent alanların zemin özelliklerindeki farklılık önemli ısı değişikliklerine neden olur. Gelen enerjinin yerden yansıması da kır ve kent alanlarında aynı değildir. Çünkü kırsal alanlarda geri yansıyan enerji hiçbir fiziksel engele maruz kalmadan yansırken kent alanlarında yüksek binalar arasında önemli oranda tutulmakta ve geri yayılımında önemli zamansal gecikmeler olmaktadır.

Şehir alanlarında binaların oluşturduğu engelleri tanımlamak ve bunların enerji bilançosu üzerindeki etkilerini hesaplayabilmek için kent kanyonu (urban canyon), gökyüzü görüş oranı (sky view factor) ve yükseklik – genişlik (Y - G) oranı (height – weight (H-W) ratio) gibi kavramlar geliştirilmiştir (Çiçek ve Doğan, 2005).

Kent kanyonu

Kent geometrisi, kentsel ısı adası oluşumu ve genliğini açıklamak için kullanılan kavramlardan biridir. Şehir klimatolojisi üzerine yapılan pek çok çalışmada kent ve kırsal alanlar arasındaki sıcaklık farklılığı kent kanyon geometrisi ile karşılaştırılmıştır. Simetrik kent caddelerinde bu caddelerin genişliklerinin ve caddeler üzerindeki binaların yüksekliklerinin yarattığı üç boyutlu geometrik şekil "kanyon" olarak adlandırılmıştır. Maksimum ısı adası genliği ile gökyüzü görüş faktörü (sky view factor) arasında bağlantı olduğu, bazı Kuzey Amerika, Avrupa ve Avustralya kentlerinde yapılan çalışmalarla ispat edilmiştir (Oke, 1981). Şehir kanyonunun geometrisi ve boyutlarının yarattığı radyasyon değişiklikleri ısı adası genliğini doğrudan etkilemektedir.

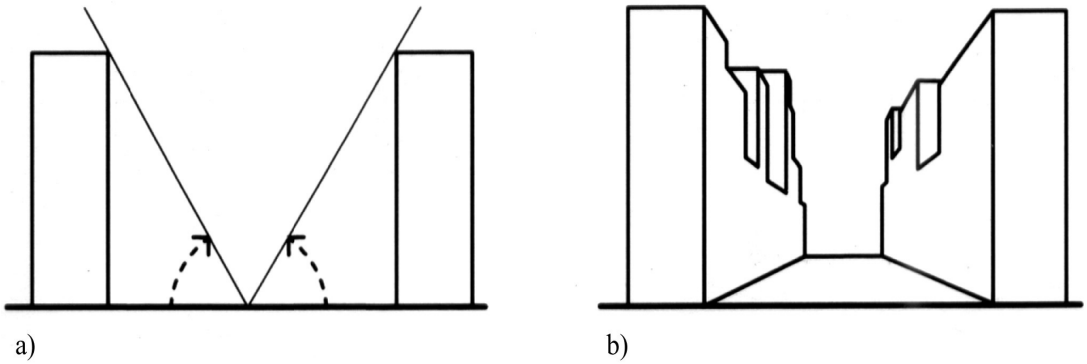
Gökyüzü görüş faktörü

Kanyon geometrisini ifade etmenin yollarından biride gökyüzü görüş faktörüdür. Gökyüzü görüş faktörü, kent kanyonlarından görülen gökyüzü miktarı ile tüm gökyüzünün oranıdır (Şekil 2).

Bunu saptamanın yollarından bir 180° görüş alanına sahip balıkgözü objektif ile yerden 1.20 m yüksekten kent kanyonun fotoğrafını çekmektir. Bu fotoğrafta görülen gökyüzünün tüm fotoğraf alanına oranı gökyüzü görüş faktörünü vermektedir. Gökyüzü görüş faktörü kırsal alanlarda 1 olup kent merkezlerine doğru sıfıra yaklaşmaktadır (Çiçek ve Doğan, 2005).

Yükseklik - genişlik oranı

Gök görüş faktörü esasında yükseklik - genişlik oranının (Y/G, height – weight H/W ratio) bir fonksiyonudur (Şekil 2). Kent kanyonunun yüksekliğinin artması gökyüzü görüş faktörünü azaltmakta, kanyon genişliğinin artması ise arttırmaktadır (Çiçek ve Doğan, 2005).

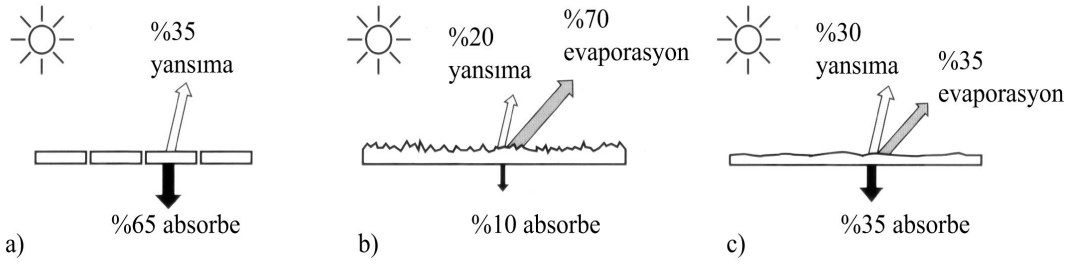


Şekil 2. Kent geometrisi.
a) Gök görüş faktörü ve yükseklik-genişlik oranı. b) Kent geometrisinde değişken oranlar (Koch-Nielsen, 2002).

Kent geometrisinin, rüzgar ve hava akışı, enerji absorbsiyonu, güneş ışınımlarının atmosfere geri gönderilmesi ile direkt bağlantısı vardır. Farklı yükseklikteki binaların yüzeyinden yansıyan uzun dalga ışınımların büyük bir kısmı gökyüzüne geri salınamaz ve ısı kazanımı olarak yapı yüzeylerinde kalır (Priyadarsini ve Wong, 2005).

Kent yüzeyleri

Kentsel alanlarda ısı dağılımı, kent içi ışınımsal kazanç ve kaybın dengesi ile doğrudan bağlantılıdır. Kent yüzeyleri tarafından güneş ışınları emilir ve bu enerji hissedilen sıcaklığa dönüşür (Şekil 3). En fazla ışınımsal kazanç çatı yüzeylerinde ve dikey duvarlarda olur, zeminde ise görece az miktardadır (Santamouris ve diğerleri, 2004). Gündüz kent yüzeyleri tarafından emilen güneş ışınımları, gece duvarlar, çatılar, ve zeminden gökyüzüne uzun dalga ışınımları olarak yayılır. Yayılan ışınımın yoğuluğu, yüzeyin gökyüzü görüş açısı ile doğrudan bağlantılıdır. Tipik bir kent dokusunda yüzeylerin gökyüzü görüş açıları, çevresindeki yapılar tarafından engellenir. Bu nedenle kentlerde, gece oluşan uzun dalga radyasyon yayılımı ile gerçekleşen ısı kaybı (radyant soğutma) yeterli değildir (Koch-Nielsen, 2002).



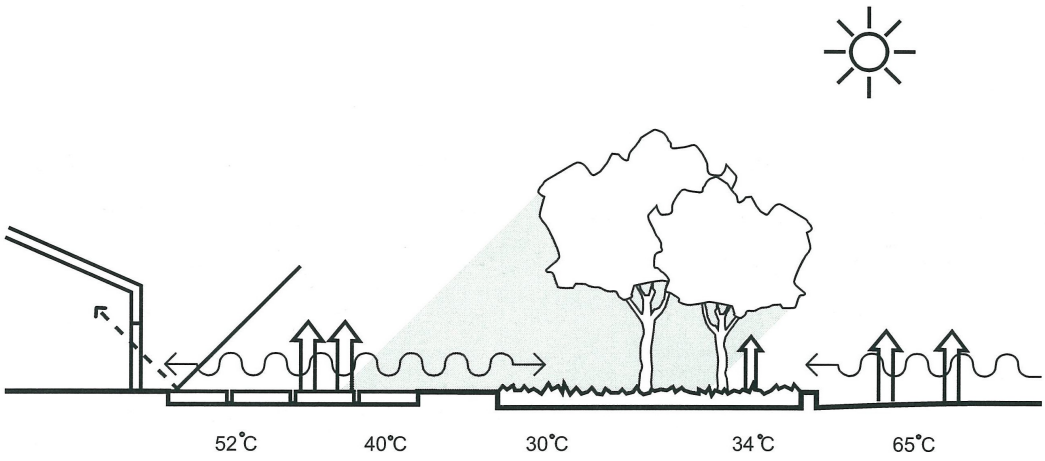
Şekil 3. Zemin malzemelerinin ışınımsal kazanç ve kayıp dengesi.
Zemindeki yüzey kaplama malzemelerinin özellikleri ışınımsal ısı kazancının veya kaybının miktarını etkiler (Koch-Nielsen, 2002). a) Bina yüzeyleri ve yer kaplamaları ışınımı absorbe eder ve yüzey ısısını arttırırlar. b) Bitki ve çim gibi doğal yüzeyler ısıyı azaltır. c) Doğal toprak yüzeyi, koşulları dengeler.

Kırsal alanlarla karşılaştırıldığında, gündüz oluşan ışınımsal kazanç ve gece oluşan kayıp dengesi kentsel alanlarda ışınımsal kazancın lehinedir. Bu da kentsel ısınmanın başlıca nedenlerinden biridir. Ayrıca malzemelerin ısı tutma kapasitelerinin yüksek olması, yüzeylerin ısı kazanımını arttırır, bu da ortam sıcaklığının artması demektir (Şekil 3).

Yüzey kaplamaları gündüz depoladıkları ısıyı gece serbest bırakırlar. Bina ve yer kaplamalarının güneş kaynaklı yüzey ısısı konveksiyon yolu ile havanın ısısını arttırır. Sıcak yüzeylere çarpan rüzgar yüzey ısısını azaltır ancak ortamın ısısı artar. Kentsel yüzeyler, doğal ve yapay yüzeyler olmak üzere ikiye ayrılır. Çatılar, duvarlar, yollar, meydanlar yapay yüzeylerdir. Kurak toprak yüzeyleri, parklar ve yeşil alanlar, mevcut su ögeleri de doğal yüzeylerdir (Şekil 4). Yüzey malzemelerinin termal özellikleri ısınma sebebidir. Malzemelerin termal özellikleri; yansıtma (reflectivity-albedo), ısıyı yayma (thermal emmitance), ısıyı tutma kapasiteleri (heat capacity) ile belirlenir (Baker, 1987). Malzemenin üzerine düşen elektromanyetik enerjiyi yansıtma kapasitesine “albedo" denir. Genel olarak güneş ışınlarını yansıtma kapasitesi için kullanılır. Malzemelerin rengi ve yüzey dokuları belirleyicidir.

Kentlerdeki beton ve asfalt gibi zemin ve yüzey malzemeleri, güneş enerjisini, emerek depolar ve bu yüzeyler suyu geçirmez. Bu durum o bölgedeki buharlaşma oranlarının ve dolayısı ile havadaki bağıl nem oranının düşmesine neden olur (Kadıoğlu, 2007). Gözenekli ve geçirgen yüzey kaplamaları, kaplama altındaki nemin buharlaşmasına izin verir ve evaporasyon yolu ile yüzey ısısı azalır. Örneğin geniş

otopark alanlarında gözenekli kaplama malzemesi kullanılması, çimin büyümesine izin verirken suyun aniden buharlaşmasına da engel olur, nem yüzeyin altında tutulur, nispeten daha yavaş buharlaşma ile zeminin ısısı azalır.



Şekil 4. Kent yüzeyleri.
Binaların çevre ve iç ortam ısıları kentsel yüzeylerin termal özelliklerinden direkt olarak etkilenir. Şekildeki yüzey sıcaklıkları, sıcak-kuru iklim bölgesinde, 40 °C dış ortam sıcaklığında tespit edilmiştir (Koch-Nielsen, 2002).

2.2.2. Kentsel ısı adası

Kentsel ısı adası tabiri, şehrin ve yakın çevresindeki kırsal alanların, hem yüzey hem de atmosferik ısıları karşılaştırıldığında ortaya çıkan farkın tanımladığı sınırı tariflemek için kullanılmaktadır. Kent inşası sürecinde tabiatın doğal akışının değişimi, atmosfer sınır tabakası denilen, yerin üzerindeki ince hava sınır tabakasında oluşan yerel enerji alışverişlerini olumsuz etkiler. Bu durum, iklimi yerel, orta ölçekte ve hatta büyük ölçekte etkilemektedir.

Kırsal bölgelerde güneş enerjisi gün boyu toprak tarafından emilir, bitkilerden ve topraktan buharlaşan su ortamı serinletir. Güneş ışınlarından kaynaklanan ısı artışı evaporatif soğutma ile nispeten dengelenir. Kentlerde ise sert malzemelerle kaplı yüzeyler topraktan nemin buharlaşmasına engel olur, evaporatif serinleme gerçekleşemez ve kentsel alanlar bu nedenle daha kurak ve sıcaktır (Santamouris ve diğerleri, 2004).

Yerleşimin yeri, yoğuluğu, cadde ve sokakların genişliği ve yönelimi, yapıların yükseklikleri ve göreli yükseklikleri, kentsel parklar ve yeşil alanlar kent iklimini

doğrudan etkileyen faktörlerdir (Givoni, 1998). Ayrıca topografya, rakım, eğim, oryantasyon, yüzey kaplamaları ve bina yoğunlukları da kent iklimini belirleyen faktörlerdir.

Kentleşmenin artışına bağlı olarak, sıcaklık yapısında değişiklik, rüzgar hızlarında azalma, gelişen sıcaklık gradyanına bağlı olarak kent içi parklar ile çevresinde meltem rüzgarları gelişimi, göreli ve mutlak nemde değişiklikler görülmektedir. İklim elemanlarındaki değişiklikler, kent kanyonlarının neden olduğu uzun dalga radyasyon kayıplarında azalma, kanyon geometrisinin neden olduğu albedo miktarlarında azalma, şehirlerin termik özellikleri, antropojenik ısı, kent sera etkisi, azalan evapotranspirasyona bağlı olarak artan hissedilebilir ısı, azalan gizli ısı gibi kompleks yapıların sonucudur (Landsberg, 1981; Oke ve diğerleri, 1991).

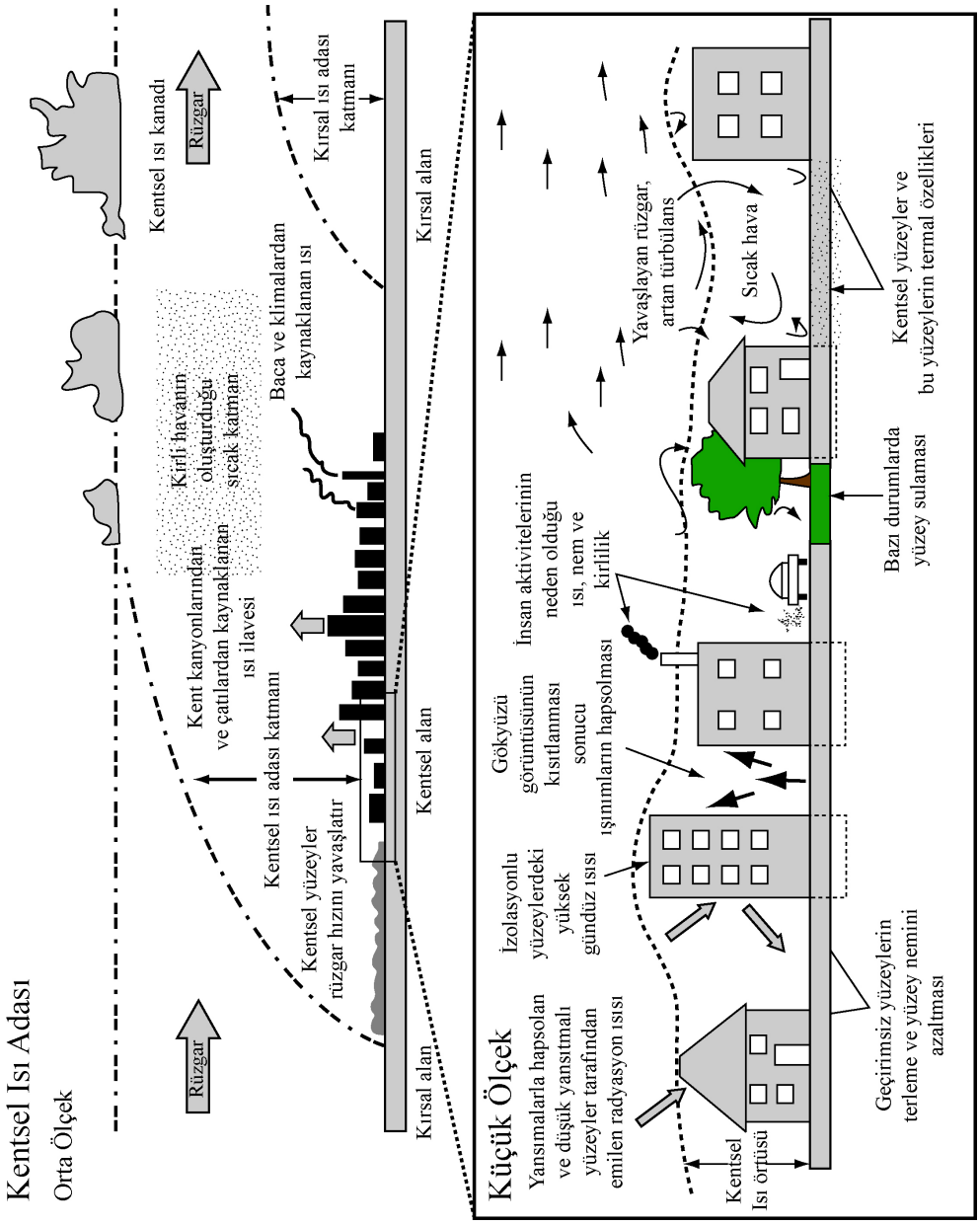
Kent klimatolojisi kapsamında en çok çalışılan konulardan biri kentsel ısı adasıdır. Bunda özellikle bu ısının diğer iklim elemanlarına göre daha kolay tespit edilmesi önemli rol oynamıştır. Konu ile ilgili çalışmalarda daha çok sıcaklık özelliği işlenmesi nedeni ile kavramın adı "kentsel ısı adası" (urban heat island) olarak literatüre yerleşmiştir. (Çiçek ve Doğan, 2005).

Kentsel ısı adası üç tipten oluşmaktadır:

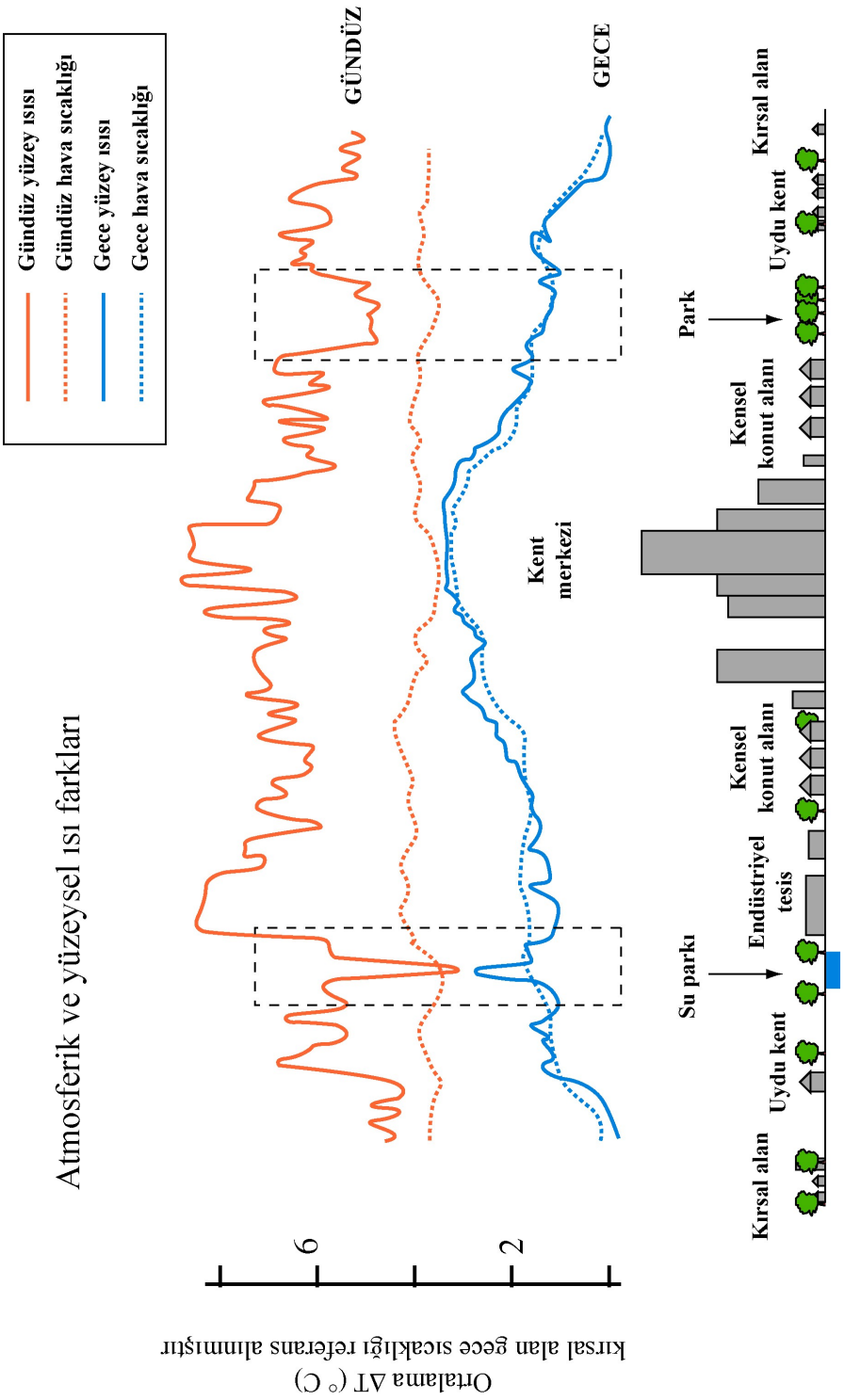
- örtü ısı adası (Canopy layer heat island),
- sınır ısı adası (Boundry layer heat island),
- yüzey ısı adası (Surface heat island).

İlk iki tanım kent atmosferindeki ısınmayı, sonuncusu da kentsel yüzeylerdeki ısı artışlarını tanımlar (Şekil 5). Örtü ısı adasının yoğunluğu güneş battıktan birkaç saat sonra maksimuma ulaşır ve güneşin doğuşuna kadar etkisini sürdürür. Gün içinde örtü ısı adasının etkisi görece azdır, hatta yüksek binaların gölgelerinden ve yapı malzemelerinin geç ısınmasından kaynaklanabilecek soğuk adalar bile görülebilir (Şekil 6).

Yüzey ısı adası, kentsel yüzeylerin sıcaklığından ötürü hem gece hem gündüz etkilidir. Gündüzleri ışınımların yüzey ısını arttırmasından ötürü daha etkilidir. Sınır ısı adası, hem gündüz hem gece etkilidir, ancak diğer iki tip ile kıyaslandığında etkisi daha azdır (Voogt, 2004).



Şekil 5. Kentsel ısı adası ve katmanları (Voogt, 2004).



Şekil 6. Gün boyunca kentsel alanlarda oluşan atmosferik ve yüzeysel ısı farkları.
Voogt (2000) tarafından hazırlanan diyagramda, "su ögesi" termal özelliklerinin diğer kent yüzeylerine olan farkı açıkça görülmektedir.

Şehirleşmeden en çok etkilenen iklim elemanı sıcaklıktır. Şehirleşme sonucunda sıcaklıklarda belirgin bir artış görülmektedir. Şehir ve çevresindeki kırsal alanlar arasındaki yüzey ve hava sıcaklık farklılığı kentsel ısı adası olarak tanımlanmaktadır (Landsberg, 1981). Bu olgu, şehirlerin doğal yüzey yapısının değiştirilip asfalt ve çimento ile kaplanması, yeşil alanların ve yüzey neminin azalması, binalardan kaynaklanan kanyon etkisinin bir sonucudur (Chandler, 1965; Landsberg, 1981). Bu etki genellikle pozitiftir. Isı adası gündüz ve gece görülmekle birlikte genellikle geceleri daha yoğun olarak oluşur. Sıcaklık farklılığı açık ve sakin hava koşullarında büyürken, bulutlu ve rüzgarlı havalarda kaybolmaktadır. Sıcaklık farklılığının gelişiminde farklı topografik özellikler, radyasyonla geçen ısı ve türbülanstan kaynaklanan değişim gibi farklılıklar önem kazanmaktadır (Çiçek ve Doğan, 2005).

Isı adasının etkileri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Oke, 1997);

- insan konforu: kışın pozitif, yazın negatif,
- enerji kullanımı: kışın pozitif, yazın negatif,
- hava kirliliği: negatif,
- su kullanımı: negatif,
- biyolojik aktivite: pozitif (ürün alma süresinin uzaması gibi),
- buz ve kar: pozitif.

"Türkiye, küresel ısınmanın potansiyel etkileri açısından risk grubu ülkeler arasındadır" başlıklı yazısında Çevre ve Orman Bakanlığı Müsteşarı Hasan Zuhuri Sarıkaya, kentsel ısı adası etkisinin de katkısıyla, özellikle büyük kentlerde, sıcaklığın belirgin bir biçimde arttığına dikkat çekmekte ve bu durumun havalandırma ve soğutma amaçlı enerji tüketiminin artmasına neden olduğunu belirtmektedir. Aynı yazıda, su varlığındaki değişiklikten kaynaklanabilecek enfeksiyonların özellikle büyük kentlerdeki sağlık sorunlarını artırabileceğine de dikkat çekilmektedir (Sarikaya, 2007).

Kentsel ısı adalarının yol açtığı sıcaklık, ticaret ve iskan için kullanılan binalarda soğutma enerjisi için talebin artmasına neden olur. Enerji için artan talep, içinde bulundukları rahat yaşam düzeyini sürdürebilmek amacıyla tüketicilerin ve idarelerin havalandırma sistemleri için ödedikleri faturalara eklenen yeni masraflara yol

açabilir. Buna ek olarak, enerji santrallerinin artan elektrik üretimi kükürt dioksit, karbonmonoksit, azot oksitler ve havada asılı partiküllerin yanı sıra küresel ısınma ve iklimsel değişimde rol oynayan sera gazı olarak da bilinen karbondioksidin yayılımına yol açar. Ayrıca, azot oksitler (NOX) ve uçucu organik bileşikler (VOC) gibi ozon habercileri yer seviyesi ozonunu oluşturmak için fotokimyasal olarak birleşirler ve yaz ısı adaları genellikle zararlı olan dumanlı sislerin oluşumuna hız kazandırırlar. Daha büyük ölçekte ise kentselleşmenin bir sonucu olarak değişen çevre; atmosfer, kara ve su sistemlerindeki enerjinin doğal akışını değiştirmektedir (Kadıoğlu, 2007).

Kentsel ısı adasının oluşumuna neden olarak, kırsal alanların dışında kalan kentleşmiş yüzeylerde oluşan birçok ciddi fiziksel değişiklikler sayılabilir. Kentlerdeki beton ve asfalt gibi zemin ve yüzey malzemeleri, güneş enerjisini, emerek depolar ve bu yüzeyler suyu geçirmez. Bu durum o bölgedeki buharlaşma oranlarının ve dolayısı ile havadaki bağıl nem oranının düşmesine neden olur (Kadıoğlu, 2007).

Isı adasının soğutma amaçlı enerji artışına etkisi

Sıcaklık artışı soğutma amaçlı enerji kullanımını etkilediği için, incelenmesi gereken önemli bir faktördür. Isınma yazın harcanan soğutma amaçlı enerji ihtiyacını arttırırken kışın ısıtma amaçlı enerji ihtiyacını azaltır. Bu durum bölgelere göre farklılıklar gösterir. Sıcak bölgelerde ısıtma amaçlı enerji tüketiminin azalmasının, yıllık genel tüketime etkisi ile ılıman bölgelerdeki ısıtma amaçlı enerji tüketiminin azalmasının yıllık enerji tüketimine olumlu etkisi aynı değildir.

Binaların klimatizasonu için harcanan enerji miktarı, kırsal alanlara nazaran daha sıcak olan kentsel alanlarda dikkati çekecek kadar artar. Örnek çalışmalar, kentsel ısı adasının varlığını ispat etmektedir. Kentlerdeki ısınma, soğutma amaçlı enerji tüketimini önemli ölçüde arttırmaktadır. Avrupa Birliği tarafından başlatılan bir çalışmada, Seville, Atina ve Paris kentlerindeki kentsel ısı adası oluşumu ve etkileri ile alınan önlemler incelenmiş ve soğutma amaçlı enerji kullanımının kentlerde giderek arttığı tespit edilmiştir (Santamouris ve diğerleri, 2004).

Kentsel ısı adasının ılıman ve sıcak iklimlerdeki etkisi, yaz aylarında soğutma amaçlı enerji tüketimini oldukça arttırır. ABD'nin büyük şehirlerinde, havanın 1 °C ısınması ile elektrik harcamalarının %3 ile 5 arttığı tespit edilmiştir (Santamouris ve

diğerleri, 2004). Kentlerdeki ısınmanın enerji tüketiminin artışı üzerinde doğrudan etkisi vardır:

- Dış hava sıcaklığının artması soğutma amaçlı enerji tüketimini arttırır.
- Gece serinleme potansiyeli azalır.
- Uygun olmayan yapılanma hava akımınını sürekliliğini olumsuz etkiler.
- Mevcut mikro klimanın kentleşme ile tahribatı o bölgedeki serinleme potansiyelini olumsuz etkiler.
- Yaz aylarında aynı anda kullanılan soğutma sistemleri elektrik ihtiyacını zirveye çıkartır.
- Soğutma amaçlı enerji ihtiyacının maksimum olduğu durumlarda, talebi karşılamak için ilave elektrik santralline ve enerji ağına ihtiyaç duyulmaktadır.
- Daha fazla enerji ihtiyacı, elektrik santrallerinin daha fazla üretim yapmasını ve sayılarının artmasını gerektirir. Termik santraller karbondioksit salınımını arttırırken, hidroelektrik santraller kuraklığa sebep olabilir.

Isı adasının insan sağlığı üzerindeki etkileri

Aşırı gündüz ve gece sıcaklarının insan sağlığı üzerinde; genel konfor şartlarının sağlanamaması, çalışmada verimsizlik, konsantrasyon bozukluğu, uyku bozukluğu, stres, yorgunluk, solunum güçlüğü, ısıdan kaynaklı kramplar, inme, ısı kaynaklı ani ölüm gibi etkileri vardır. Sağlık yönünden toplumun hassas kesimi olan yaşlılar ve çocuklar üzerindeki etkileri çok daha fazladır. 1987 yılında Yunanistan'daki aşırı sıcak hava dalgası 2.000 kişinin sıcak nedeni ile ölümüne neden olmuştur. 2003 yazında Fransa'da aşırı sıcaklar yüzünden sağlık hizmetleri yetersiz kalmış ve 15.000 kişi kısa sürede hayatını kaybetmiştir (Roaf ve diğerleri, 2009).

2.2.3. Kentleşmenin mikroklima üzerindeki etkileri

Mikroklima, bir bölgenin, yakın çevresine göre, sahip olduğu atmosferik farklılıktan kaynaklanan iklimsel özelliğini tanımlar. Bu farklılık, bölgedeki mevcut su ögesinin o bölgeyi soğutması ile oluşabileceği gibi, kent merkezlerindeki yapılaşmadan kaynaklanan kentsel ısı adası şeklinde de olabilir. Var olan makro ve mezo iklime yönelik alınan koruma ve faydalanma kararları ile çevrede yapılan değişiklikler de mikroklimayı oluşturur (Arslanoğlu, 2008). Kentsel çevrenin mikroklima üzerinde çeşitli etkileri vardır ve bunların sonucunda kentsel ısı adaları oluşur. Genel olarak

kent iklimi yakın çevresindeki kırsal iklime göre hem daha sıcak hem de daha rüzgarlıdır (Santamouris ve diğerleri, 2004).

Kentsel iklim; yerel iklim koşulları, topoğrafya, hakim rüzgar hızı ve yönü, bitki dokusu, mevcut su kitlesi, kentin morfolojisi, insan aktiviteleri gibi değişkenlerden ötürü farklılıklar gösterir. Örneğin kent içi park alanları, bitki örtüsü sayesinde ısı ve sıcağı absorbe ederek kent içinde mikro klimalar oluşturur, aynı şekilde, yüksek katlı binaların yarattığı geniş gölgeli alanlar ve kentsel kanyonlar da kendi mikro klima alanlarını oluştururlar. Mikro klima alanları, birkaç metre kare olabileceği gibi, birkaç kilometre kare de olabilir.

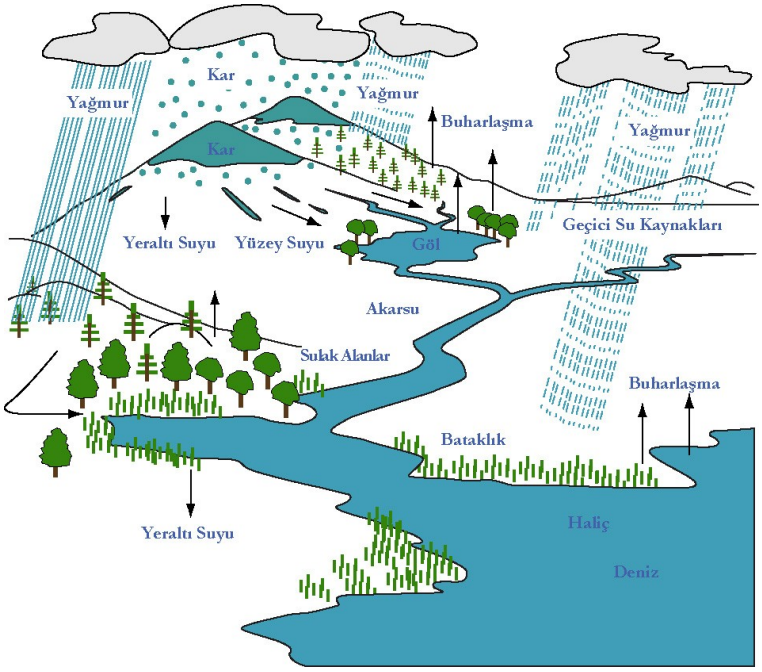
2.2.4. Kentleşmenin yağış üzerindeki etkileri

Kentsel bir kompleks, bulunduğu bölgenin yağışını özetle şu nedenlerden dolayı etkiler:

- Kentlerin oluşturduğu ısı adaları, termal olarak düşey hava akımlarına ve bunlar da atmosferin kararsızlığının artmasına sebep olur.
- Kentlerdeki endüstriyel aktivitelerden dolayı atmosfere salınan su buharı ve partiküler kirleticiler, bulutların yapısını değiştirir.
- Kentsel yapılaşma hava sistemlerinin hareketlerini engeller ve sonuçta, kente düşen yağış miktarı kırsaldan %10 daha fazladır (Kadıoğlu, 2007).

Suyun döngüsü

Yaşamın kaynağı olan su, bütün bu olumsuz etkilere rağmen yeryüzündeki ve atmosferdeki döngüsüne devam etmektedir. Tüm canlıların dünyanın yüzeyinde ya da yüzeye çok yakın ince bir toprak katmanında yaşadığı düşünüldüğünde, suyun döngüsü ile yaşam arasında çok sıkı bir bağlantı olduğu görülür. Güneş enerjisinin ısıtmasıyla, çeşitli kaynaklardan atmosfere çıkan su buharı; yağmur, kar, dolu gibi yağış biçimleriyle yeniden yer yüzüne döner. Bu suyun bir miktarı yer altı sularına karışırken,daha büyük bir kısmı, göl ve deniz gibi kaynaklarda birikir. Su döngüsü de, öteki tüm döngüler gibi süreklidir. Bitkiler de terleme ile su döngüsüne katılır (Şekil 7).



Şekil 7. Su döngüsü.
http://www.ct.gov/dep/lib/dep/water_regulating_and_discharges/stormwater/manual/Chapter_2.pdf.

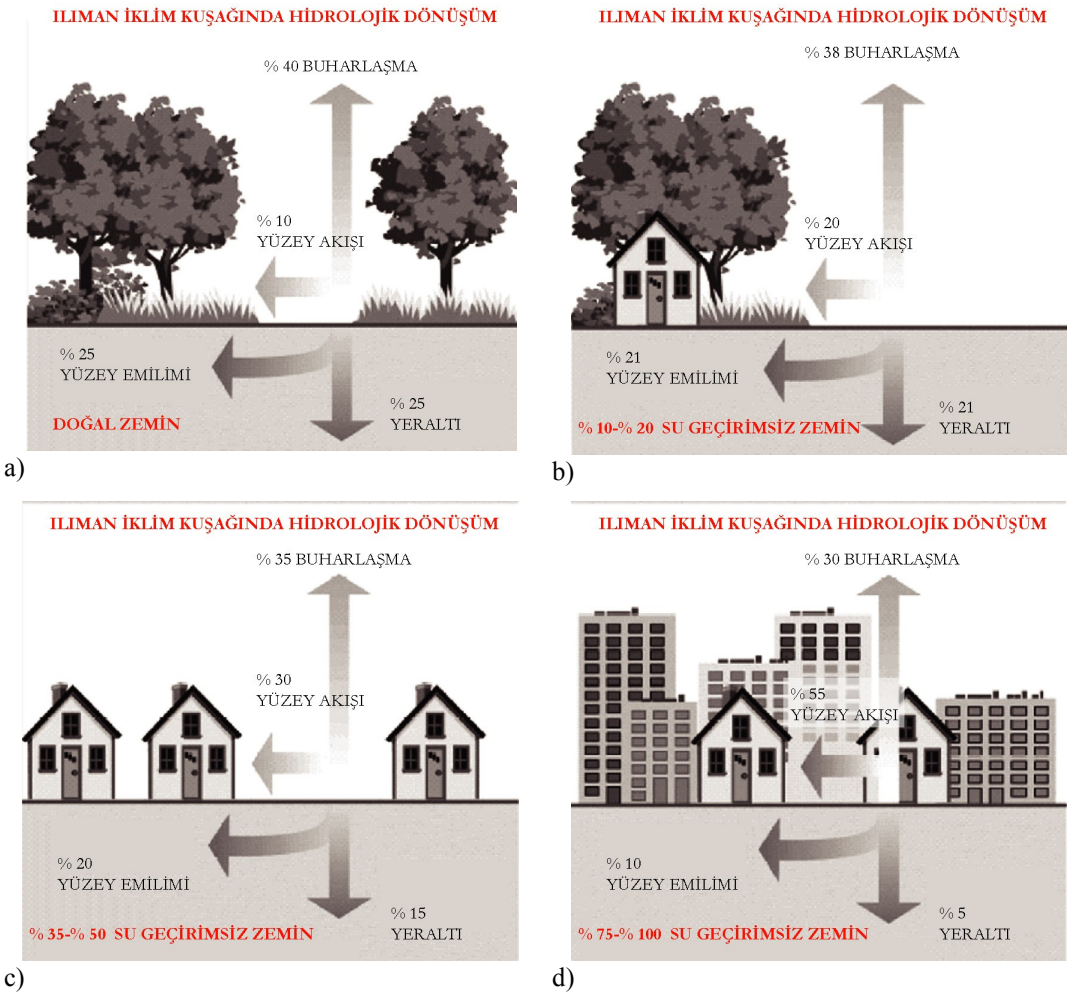
2.2.4.1. Yapılaşmanın su döngüsü üzerindeki etkileri

Kentleşme yağış koşulları üzerinde de etkilidir. Şehirsel bir kompleks, bulunduğu bölgenin yağışını özetle şu nedenlerden dolayı etkiler (Tanrıkulu, 2006):

- Kentlerin oluşturduğu ısı adaları, termal olarak düşey hava akımlarına ve bunlarda atmosferin kararsızlığının artmasına neden olur.
- Fosil yakıtların yanması sonucu atmosfere salınan su buharı ve partiküler kirleticiler, bulutlardaki su buharı için yoğunlaşma ve aşırı soğumuş sıvı su damlacıkları için de donma çekirdeği görevi görür. Böylece kentlerdeki endüstriyel aktivitilerden dolayı atmosfere salınan çok sayıda yoğunlaşma ve donma çekirdekleri bulutların mikro fiziksel yapısını değiştirir.

Pürüzlü kent yüzeyleri atmosferin aşağı seviyelerinde düşey hava hareketlerini arttırır. Ayrıca, pürüzlü kent yüzeyleri, hava sistemlerinin hareketlerini engelleyerek onlar için frenleyici etki yaparlar. Böylece yağış getiren bir meteorolojik olay ortaya çıkınca, kent üzerinden ayrılmakta olan bulut daha yavaş bir şekilde şehri terk edebildiği için daha fazla yağış bırakır. Bütün bunlar ve diğer nedenlerden dolayı şehirlerin sahip olduğu iklim şartları kırsal alanla farklılıklar göstermektedir. Yerleşim bölgelerinde yapılaşmalar ve geçirimsiz zemin ve yüzey kaplamalarından ötürü,

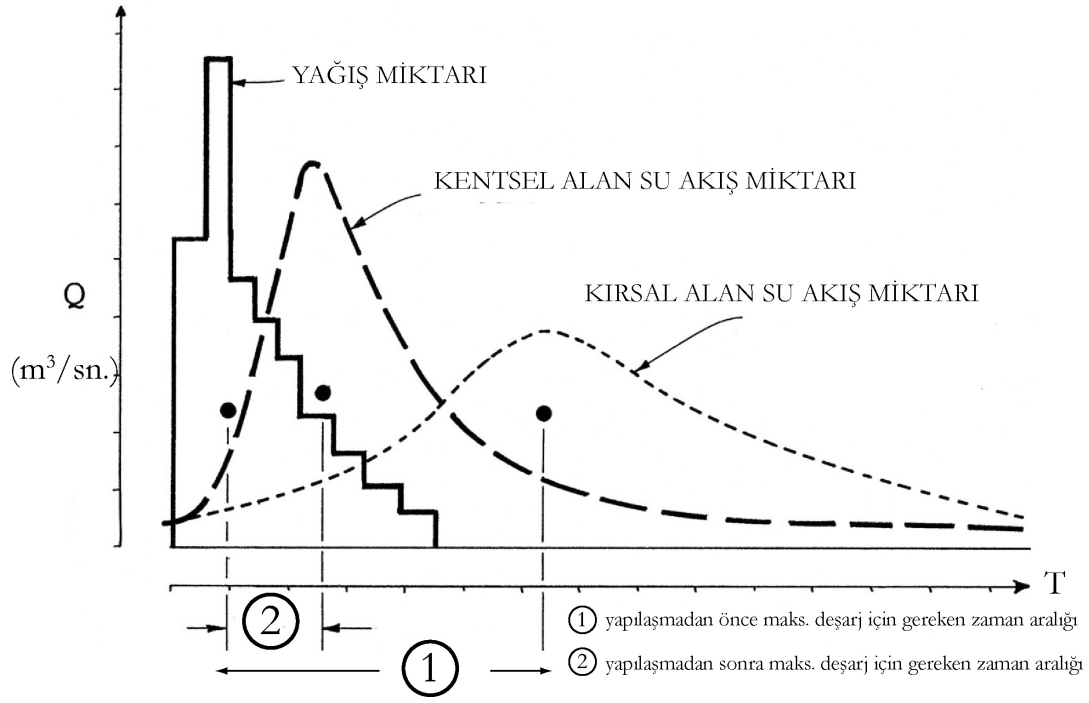
yağmur suyunun büyük bir kısmı yüzey suyu olarak ana su kaynaklarına karışır. Bu yüzey suları, yağmur suyu drenaj sistemi ile yer altından, açık kanal ile ya da serbest akış şeklinde olabilir (Şekil 8). Sıcak-nemli iklim bölgelerinde yağış miktarı çok olacağından mevcut su kitlesi, yüzey suyu ve doğal drenaj dokusu mutlaka incelenmelidir. Özellikle nehirlerin etrafındaki düz alanlar, şiddetli yağışlarda taşkınlara maruz kalabilirler. Sulak alanlar tarım için elverişli ve verimli olduğu için tercih edilse de taşkın ve sel durumunda riskli bölgelerdir (Givoni, 1994).



Şekil 8. Yapılaşmanın su döngüsü üzerindeki tahribat aşamaları. a) Kırsal alan. b) Münferit yapılaşma. c) Dağınık yapılaşma. d) Kent dokusu. Http:// www.ct.gov/dep/ lib/dep/ water_regulating_and_discharges/ stormwater/manual/ Chapter_2.pdf

Kentlerde yağmur suyu ve taşkın yönetimi

Kentlerdeki geçirimsiz zemin kaplamaları nedeni ile yüzey suyu çok hızlı artar. Kırsal alanlarla karşılaştırıldığında taşkınlar daha kısa sürede etkili olur (Şekil 9).



Şekil 9. Yağışın kentsel ve kırsal alanlarda yüzey suyu olarak akış miktarları.
(Dr. Rogers David tarafından hazırlanmıştır. Missouri University web:
http://web.mst.edu/~rogersda/umrcourses/ge301/Evolving%20Laws%20for%20Flood%20damage%20Litigation.html)

Yüzey suları, kent yüzeylerinden (çatılar, bina cepheleri, yollar, otoparklar), kaplı zeminlerden ve insan aktivitelerinden kaynaklanan bütün pisliği su kaynaklarına taşır ve bu durum su kaynaklarının kirlenmesine ve eko sistemlerin tahrip olmasına yol açar. Sıcak ve nemli bölgelerde dönemsel yağışlar taşkın ve sellere neden olur. Sel ve taşkın riski taşıyan açık alanlar çimlendirilmeli, suya dayanıklı ve suyun akış hızını azaltabilecek bitki ve ağaçlar seçilmelidir. Bu alanlar şiddetli yağmur ve taşkın zamanlarında suyun toprak tarafından emilmesine izin veren geçirgen yapıda malzemelerle kaplanmalı ya da hiç kaplanmamalıdır. Bu kontrollü taşkın alanları, diğer zamanlarda kent parkı, oyun, dinlenme ve spor alanları olarak kullanılabilir.

Çözüm olarak önerilen sistemler, yağmur suyunun ıslah edilerek su kaynaklarına ulaşmasını sağlamayı hedefler. Bu sistemlerin bir amacı da geçirimsiz yüzey miktarını olabildiğince azaltarak, taşkınların şiddetini düşürmektir. Filtrasyon, yerinde tutma ve sızdırma yöntemleri ile yüzey suyu hızının yavaşlatılması sağlanır. Bu yöntemlerin kullanılması yağmur sularının su kaynaklarına ulaşmasına engel olmaz ancak, toprak ve bitki örtüsü ile filtrelenmesini sağlar. Amaç geçirimsiz yüzeyleri azaltarak drenaj sistemine olabildiğince az yağmur suyu vermektir.

Yaya yolları, oto park ve araç yollarında geçirgen zemin malzemeleri kullanmak, yağmur suyunu tutmak için "yağmur bahçeleri" (rain garden), bitkilendirme, çökeltme çukuru ve hendeklerle suyun toprak tarafından süzülmesini sağlamak yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir (Woodcock, 2008). Bazı durumlarda ana yağmur drenaj hattı ara bağlantılarının, filtrasyonu arttırmak amacı ile perfore boru ile yapılması gerekebilir. Bu yöntemler münferit yapı ve küçük yapı grupları için kolaylıkla uygulanabilir ancak daha geniş alanlarda taşkın yönetimi kentsel planlamanın önemli bir parçası olmalıdır (Şekil 10).



Şekil 10. Düşük yoğunluklu bir yerleşim biriminde doğal drenaj sistemi.
Mithun Architects tarafından Seattle'ın batısında gerçekleştirilen kentsel sağlıklaştırma projesi (http://mithun.com/).

Yapılar, yollar, otopark alanları gibi kaplı geçirimsiz yüzeyler suyun doğal zemin tarafından emilimine engel olduğu için, kent içi yüzey suyu birikimi ve akışı, kırsal kesime göre daha fazladır. Su baskınları, yağış – yüzey sellenmesi ilişkisinin sonucu olup kentsel alanlardaki yüzey sellenmesi kırsal kesimdekinin yaklaşık beş katıdır (Kurt ve Arık, 2010). Bu nedenle özellikle düz alanlar, kentlerde taşkın ve sel tehdidi altındadır (Givoni, 1997).

Zemin su geçirgenliğini sağlayacak yüzey kaplamalarının kullanılması, yapılanma öncesi doğal drenaj sistemi olarak çalışan mevcut arazi yapısının ve bitki dokusunun korunması, ıslah edilmesi ve birbirleri ile bağlantılarının korunması taşkın için alınacak önlemlerin başında gelmektedir. Taşkın için alınan önlemlerde (Resim 1):

- doğal, daha dayanıklı, daha az maliyetli çözümler kullanmak,
- doğal yapıyı bozan yapısal çözümlerden olabildiğince kaçınmak,
- kentin geçmişinde denenmiş, geliştirilmiş çözümleri yeniden değerlendirmek ve kullanmak,
- her bölgenin sorununu kendi alanı içinde çözümlemek,
- amaca hizmet eden uygun teknolojileri yeri geldiğinde kullanmak en kalıcı ve ekonomik yoldur (Bakınız: "US Environmental Protection Agency" internet sayfasında yer alan http://www.epa.gov/dced/pdf/sg_stormwater_BMP.pdf).

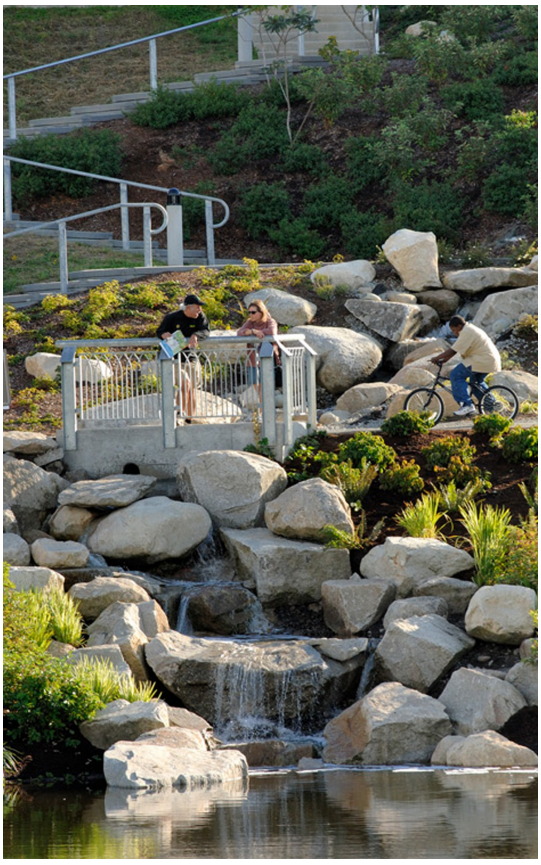
Kanallama yöntemi de akarsu ıslahında kullanılmaktadır. Kanallama, mevcut akarsu yatağının derinleştirilmesi, genişletilmesi, düzenlenmesi, temizlemesi ve astarlanmasını içerir. Kanallama işlemi su baskınlarını önlemede, bataklık kurutmada, erozyon önlemede ve taşımacılıkta kullanılan bir tekniktir. Taşkınlar, nehir yatağının düzenli bir kanal içerisine alınması ve akarsudaki su düzeyi tehlikeli boyutlara ulaştığında suyu, daha az hasara sebep olacağı alanlara yönlendirmek amacı ile saptırma kanallarının yapılması gibi fiziksel bariyerler ile de kontrol edilebilir (Kurt ve Arık, 2010).



a)



b)



c)



d)

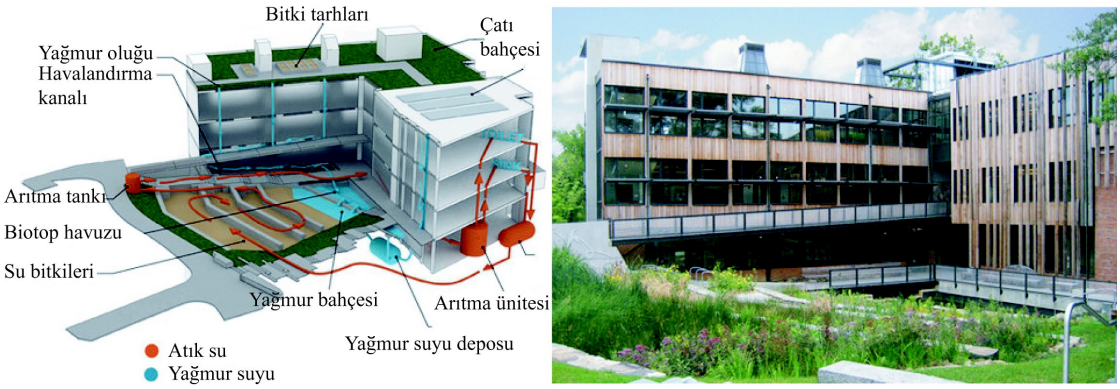


e)

Resim 1. Korunan ve geliştirilen doğal drenaj sistemi.
Taşkın için alınan önlemlerde; doğal, daha dayanıklı, daha az maliyetli çözümler kullanmak, doğal yapıyı bozan yapısal çözümlerden olabildiğince kaçınmak, kentin geçmişinde denenmiş, geliştirilmiş çözümleri yeniden değerlendirmek ve kullanmak, her bölgenin sorununu kendi alanı içinde çözümlemek, amaca hizmet eden uygun teknolojileri yeri geldiğinde kullanmak en kalıcı ve ekonomik yoldur. Mithun Architects tarafından Seattle'ın batısında gerçekleştirilen kentsel sağlıklaştırma projesi (http://mithun.com/). a) Taşkın sularının toplandığı gölet. b) Yağmur suyu göleti. c) Taşkın suyu hızını yavaşlatan taş bloklar. d) yol kenarında kuru dere yatağı ve kaskatlar. e) Geçirgen yüzeyli cadde ve yaya yolları.

Bina ölçeğinde yağmur suyu depolama, kentlerdeki taşkın oluşumunu azaltmak için iyi bir metottur (Şekil 11). Bazı ülkeler yağmur suyu depolama ve yeşil çatı kullanımını teşvik etmek için, yağmur suyu drenajlarının şehrin ana drenajına bağlanmasını vergilendirmiştir (Gauzin-Müller, 2002).

Kieran ve Timberlake tarafından tasarlanan Sidwell Friends ortaokul kampüsü, Colombia'da Potomac Nehri'ne akan iki havza arasında bir sırta yerleşmiştir. Tasarımın ana hedeflerinden biri de bölgede su ve taşkın yönetimine örnek olmaktır. Yağmur suyu nedeni ile oluşan yüzey akışına engel olmak ve doğal filtrasyon için çatı bahçeleri ve sulak alanlar projeye dahil edilmiş ve toplanan yağmur suyu işletmenin su giderlerinin azalması sağlamıştır. Yağmur suyunun akış hızı, çatı bahçesi yardımı ile yavaşlar ve çok sayıda iniş borusu ile avludaki biyolojik gölet ve yağmur bahçesine aktarılır. Yüzey suyunun akış hızını ve miktarını daha da azaltmak için otoparklar yeraltında çözülmüştür ve yaya yolları geçirgen malzeme ile kaplanmıştır. Doğal yöntemlerle arıtılan su tuvaletlerde ve soğutma kulelerinde kullanılmaktadır (http://www.aiatopten.org/hpb/overview.cfm?ProjectID=775).



Şekil 11. Bina ölçeğinde yağmur suyu depolama ve kullanımı.

Kieran ve Timberlake tarafından gerçekleştirilen okul projesi LEED platin sertifikası almıştır (http://kierantimberlake.com; http://www.aiatopten.org/hpb/overview.cfm?ProjectID=775).

2.3. Termal konfor

Bir mekanın hava sıcaklığı, nemi, hızı ve radyant sıcaklığı optimum değerlerde ise ve buradaki insanlar mekan sıcaklığının daha sıcak veya soğuk olmasını, nemin daha fazla veya az olmasını istemiyorlarsa bu mekanda termal konfor koşulları sağlanmış demektir. Binada termal konforu sağlayacak faktörlerin mutlaka tasarım aşamasında irdelenip tasarıma dahil edilmesi gerekmektedir (Roaf ve diğerleri, 2009).

Termal konfor, kullanıcı memnuniyeti için önemli bir koşuldur. Kullanıcının istediği iç hava sıcaklığı, iklimlendirme için harcanacak enerji miktarını belirleyen en önemli faktördür. Yapıda sunulan konfor imkanları kullanıcının beklentilerinin altında ise, kullanıcı kendi çabası ile termal konfor koşullarını sağlamaya çalışacaktır. Bu durum, mevcut sistem için yapılan harcamanın boşa gitmesi ve daha fazla enerji tüketimi demektir (Roaf ve diğerleri, 2009).

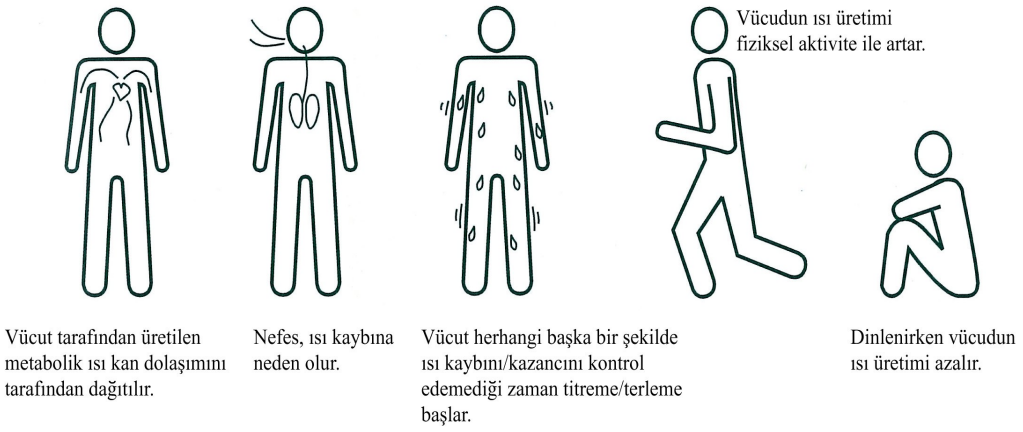
2.3.1. İnsan vücudunun ısı dengesi

Sağlıklı kalmak için vücut ısısının ortalama 36.5 °C ile 37 °C arasında olması gerekir. Bu ısısal ayarlama iki mekanizmaya dayanır; kimyasal termoregülasyon ve fiziksel termoregülasyon.

Kimyasal termoregülasyon

Kimyasal termoregülasyon, dinlenme ve aktivite durumunda vücudun metabolik çalışma sonucu ısı üretimidir. Bedensel vücut ısısını dengelemede; nefes almak, kan dolaşımı, kalp atışı istemsiz kontrol mekanizmalarıdır (Şekil 12).

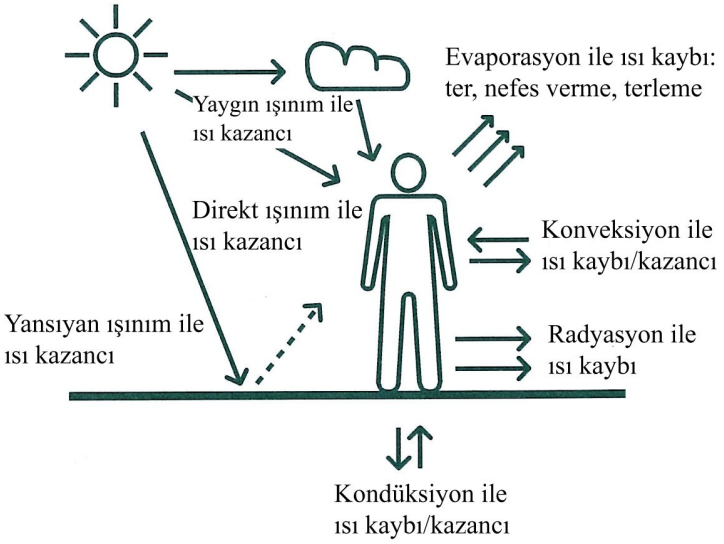
Vücut tarafından üretilen metabolik ısı kan dolaşımı tarafından dağıtılır. Ortam ısısı termal konfor değerlerinden fazla ise, terleme yolu ile vücut ısısı azalır.



Şekil 12. İnsan vücudunun istemli ve istem dışı termal kontrol mekanizmaları (Koch-Nielsen, 2002).

Fiziksel termoregülasyon

Fiziksel termoregülasyon, ortam ve vücut arasındaki ısı alışverişidir. Bedensel vücut ısısını dengelemede; bedensel aktiviteler, kıyafet, vücudun duruşu ve bulunduğu yer değiştirilebilir faktörlerdir. Fiziksel termoregülasyon dört yoldan gerçekleşir; konveksiyon, radyasyon, kondüksiyon, evaporasyon (Şekil 13).



Şekil 13. İnsan vücudunun dış ortam ile ısı alışverişi (Koch-Nielsen, 2002).

Vücut ile vücudun temas ettiği yüzeylerin arasındaki ısı transferi kondüksiyon yolu ile olur. Zemin kaplama malzemelerinin ısısal özellikleri termal konforun sağlanmasında önemli bir kriterdir.

Bedenin ısı kaybı veya kazancının hava aracılığı ile gerçekleşmesi konveksiyon yolu ile oluşur. Bu ısı transferi, vücut yüzeyi ile temas halindeki hava sıcaklığı ve akımın hızına bağlıdır. Tavan yüksekliği, pencerelerin konumu, soğutma ünitesi veya havalandırma fanlarının kullanıcıya uzaklıkları termal konforun sağlanmasında önemli kriterlerdir.

İnsanın cildi ile çevresindeki yüzeyler arasında uzun dalga ışınımları ile gerçekleşen ısı transferi radyasyon yoluyla oluşur. İç mekan gerçek ısısı, nem ve hava akımının, ışınımla gelen ısı kazancı üzerinde çok az etkisi vardır. Cildin ısısı ile çevre yüzey ısılarının farkı, radyant ısı alışverişinin nedenidir. Yapılan testler kullanıcıların tavan sıcaklığından, duvar sıcaklığına nazaran daha fazla etkilendiğini ve rahatsız olduklarını kanıtlamıştır (Roaf ve diğerleri, 2009).

Evaporasyon yolu ile vücut ısı dengesi korunur. Su buharlaşırken yakın çevresinden ısı alır, ciltteki ter buharlaşırken vücut ısısını düşürür ve serinleme gerçekleşir. Aslında terleme serinletmez, terin cilt üzerinden buharlaşması serinletir. Bu durum, havadaki nem ve vücudun etrafındaki hava akımının hızı ile doğrudan orantılıdır. Cildin ısısı ortam ısısından düşük ise %100 nemli ortamda dahi terleme yolu ile serinleme gerçekleşir. Vücut ısısından fazla sıcaklıkta, nem %100 den az bile olsa terleme gerçekleşmez (Givoni, 1976). Vücuttaki ısı fazlası, nefes alma süresince akciğerlerden de tahliye edilir. Bu ısı kaybı konveksiyon ve evaporasyon yolu ile gerçekleşir.

2.3.2. Termal çevre

Sıcaklık, nem, radyasyon ve hava akımından oluşan dört faktör termal çevreyi şekillendirir. Termal konfor şartlarının oluşması ve vücudun ısı kaybı veya kazancı bu faktörlere bağlıdır.

Termal konfor ve hava sıcaklığı

Konforlu bir ortam için 16 °C ile 30 °C arası kabul edilebilir sıcaklıklarıdır. Ortam sıcaklığının 16 °C altında olması durumunda ilave giysiye ve/veya bedensel aktivitenin arttırılmasına ihtiyaç duyulur. Ortam sıcaklığı 30 °C üzerinde ise ilave hava akımına ve terleme yolu ile serinlemeye ihtiyaç duyulur. Kişi tarafından algılanan sıcaklık, ortam sıcaklığı ile çevre yüzeylerden yansıyan uzun dalga ışınımlarının bileşimidir (Koch-Nielsen, 2002).

Termal konfor ve nem; hissedilebilir sıcaklık

Bağıl nemin %20 den az olması havanın çok kuru olmasına, gözlerde kuruluğa, dudakların çatlamasına ve boğazda tahrişe sebep olur, %90 dan fazla olması ise rutubet ve nemin rahatsızlık vermesi demektir. Sağlık Bakanlığı'nın hazırladığı tabloda, dış ortam sıcaklığı ile bağıl nem arasındaki ilişki, hissedilen sıcaklığı vermektedir (Şekil 14).

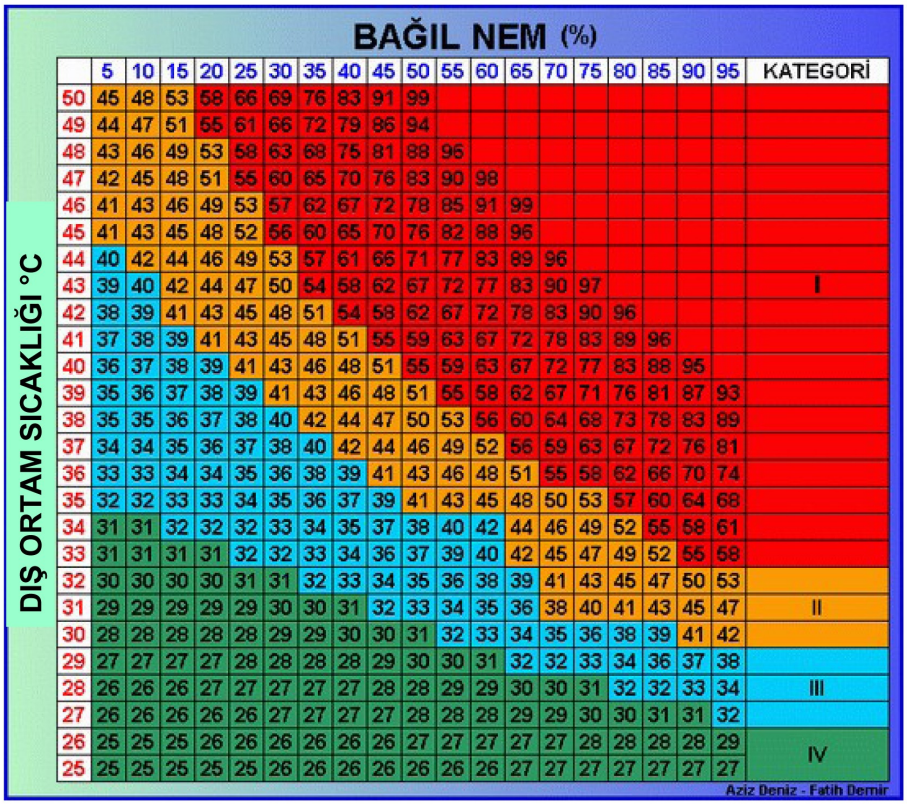
Termal konfor ve radyasyon

Sıcak iklimlerde güneşten gelen direkt ve çevre yüzeylerden gelen endirekt radyasyon en önemli termal rahatsızlık sebebidir. Yüzey ısıları konfor sıcaklığından fazla olan bir mekanda, iç mekan gerçek ısısının, nemin ve hava akımının endirekt radyasyonun etkisini azaltması mümkün değildir (Roaf ve diğerleri, 2009).

Termal konfor ve hava akımı

Hava akımı, insan vücudu ile ortam arasındaki ısı değişiminin oluşmasını ve serinlemeyi sağlar. 0.1 m/sn az olan hava akımı hızı burun tıkanıklığına neden olur. 2 m/sn civarında hava akımı hızı, özellikle sıcak ve nemli bölgelerde kabul edilebilir bir

hızdır. 1 m/sn gece konforu için maksimumdur. Hava akımının düzensiz olması ve türbülans konforu olumsuz etkiler.

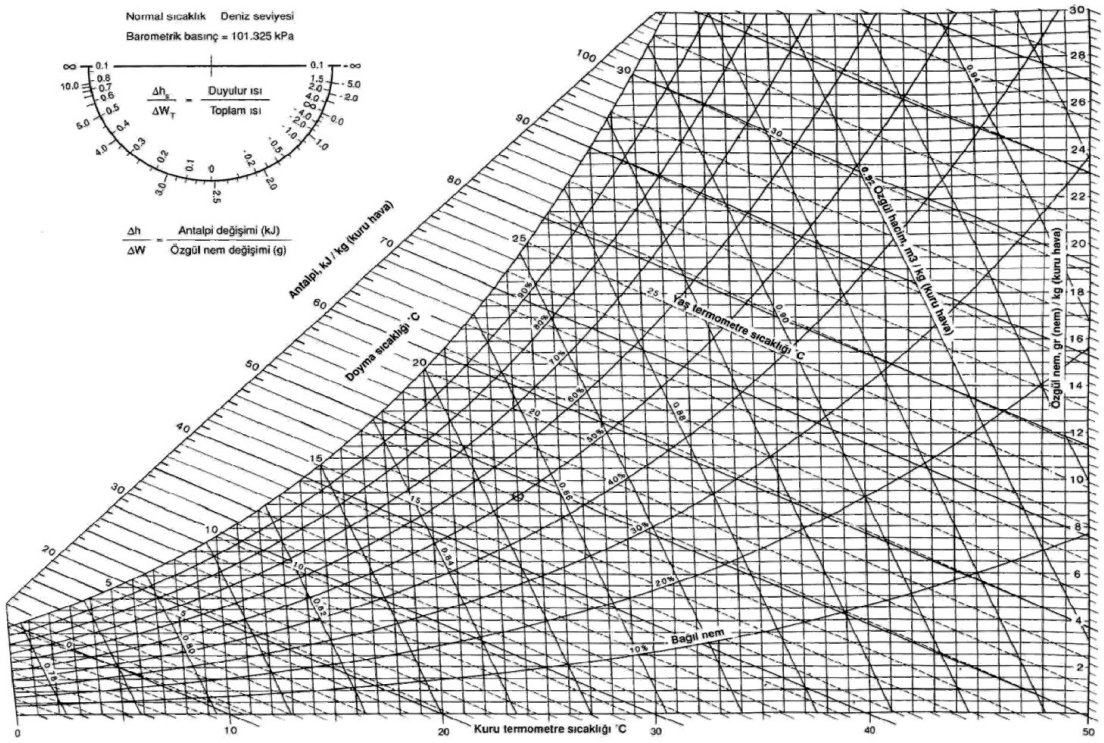


DIŞ ORTAM SICAKLIĞI °C	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	KATEGORİ
50	45	48	53	58	66	69	76	83	91	99										
49	44	47	51	55	61	66	72	79	86	94										
48	43	46	49	53	58	63	68	75	81	88	96									
47	42	45	48	51	55	60	65	70	76	83	90	98								
46	41	43	46	49	53	57	62	67	72	78	85	91	99							
45	41	43	45	48	52	56	60	65	70	76	82	88	96							
44	40	42	44	46	49	53	57	61	66	71	77	83	89	96						
43	39	40	42	44	47	50	54	58	62	67	72	77	83	90	97					I
42	38	39	41	43	45	48	51	54	58	62	67	72	78	83	90	96				
41	37	38	39	41	43	45	48	51	55	59	63	67	72	78	83	89	96			
40	36	37	38	39	41	43	46	48	51	55	59	63	67	72	77	83	88	95		
39	35	36	37	38	39	41	43	46	48	51	55	58	62	67	71	76	81	87	93	
38	35	35	36	37	38	40	42	44	47	50	53	56	60	64	68	73	78	83	89	
37	34	34	35	36	37	38	40	42	44	46	49	52	56	59	63	67	72	76	81	
36	33	33	34	34	35	36	38	39	41	43	46	48	51	55	58	62	66	70	74	
35	32	32	33	33	34	35	36	37	39	41	43	45	48	50	53	57	60	64	68	
34	31	31	32	32	32	33	34	35	37	38	40	42	44	46	49	52	55	58	61	
33	31	31	31	31	32	32	33	34	36	37	39	40	42	45	47	49	52	55	58	
32	30	30	30	30	31	31	32	33	34	35	36	38	39	41	43	45	47	50	53	
31	29	29	29	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	38	40	41	43	45	47	II
30	28	28	28	28	28	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	38	39	41	42	
29	27	27	27	27	28	28	28	28	29	30	30	31	32	32	33	34	36	37	38	
28	26	26	26	27	27	27	27	27	28	28	29	29	30	30	31	32	32	33	34	III
27	26	26	26	26	26	27	27	27	27	28	28	28	29	29	30	30	31	31	32	
26	25	25	25	26	26	26	26	26	26	27	27	27	27	27	28	28	28	28	29	IV
25	25	25	25	25	25	26	26	26	26	26	26	26	27	27	27	27	27	27	27	

Şekil 14. Hissedilebilir sıcaklık diyagramı.
Sağlık Bakanlığı'nın hazırladığı tabloda, dış ortam sıcaklığı ile bağıl nem arasındaki ilişki, hissedilen sıcaklığı vermektedir.(Karakaya, 2010):
I. Isı veya Güneş Çarpması, Termal şok an meselesi.
II. Güneş çarpması, ısı krampları veya ısı bitkinliği. Fiziksel etkinlik ve bu şartlarda etkilenme süresine bağlı olarak şiddetli termal stres ile birlikte ısı çarpması.
III. Fiziksel etkinlik ve bu şartlarda etkilenme süresine bağlı olarak kuvvetli termal stres ile birlikte ısı çarpması ısı krampları ve ısı yorgunlukları muhtemeldir.
IV. Fiziksel etkinlik ve bu şartlarda etkilenme süresine bağlı olarak oluşan termal stresten dolayı halsizlik, sinirlilik, dolaşım ve solunum sisteminde bir çok rahatsızlık meydana gelebilir.

Psikrometrik diyagram (Şekil 15) nemli havanın termodinamik özelliklerini ve bu özellikleri kullanarak nemli havada yapılabilecek işlemleri inceler. Nemli hava, kuru hava ile su buharının karışımı olarak iki bileşenden meydana gelmektedir. Hava içinde su buharının maksimum veya minimum olma durumuna göre doymuş veya doymamış olarak nitelendirilmektedir. Psikrometrik diyagramda şu veriler yer almaktadır; kuru termometre sıcaklığı (°C), yaş termometre sıcaklığı (°C), antalpi (kj/kg), çiğ noktası

sıcaklığı (°C), mutlak nem W [gr (nem) / kg (kuru hava)], bağıl nem φ (%), özgül hacim v [m³ / kg (kuru hava)] (Karakaya, 2010).



Şekil 15. Psikrometrik diyagram.
Kuru termometre sıcaklığı (°C): termometre ile ölçülen ortam sıcaklığıdır.
Yaş termometre sıcaklığı (°C) termometrenin haznesi suya batırılmış bezle sarılarak üzerinden hava akımı geçirilirse termometrenin düştüğü görülür. Düşmenin sona erdiği sıcaklığa yaş termometre sıcaklığı denir.
Antalpi (kj/kg): maddenin yapısında depoladığı her türden enerjilerin toplamıdır.
Çiğ noktası sıcaklığı (°C): su buharının yoğuşmaya başladığı sıcaklıktır.
Mutlak nem W [gr (nem) / kg (kuru hava)]: nemli havanın ihtiva ettiği nem kütlesinin, kuru hava kütlesine oranına mutlak nem denir.
Bağıl nem φ (%): havadaki mevcut su buharı basıncının, aynı kuru termometre sıcaklığındaki doymuş havanın su buharı basıncına oranına denir.
Özgül hacim v [m³ / kg (kuru hava)]: birim kütlenin hacmine denir.
(Karakaya, 2010).

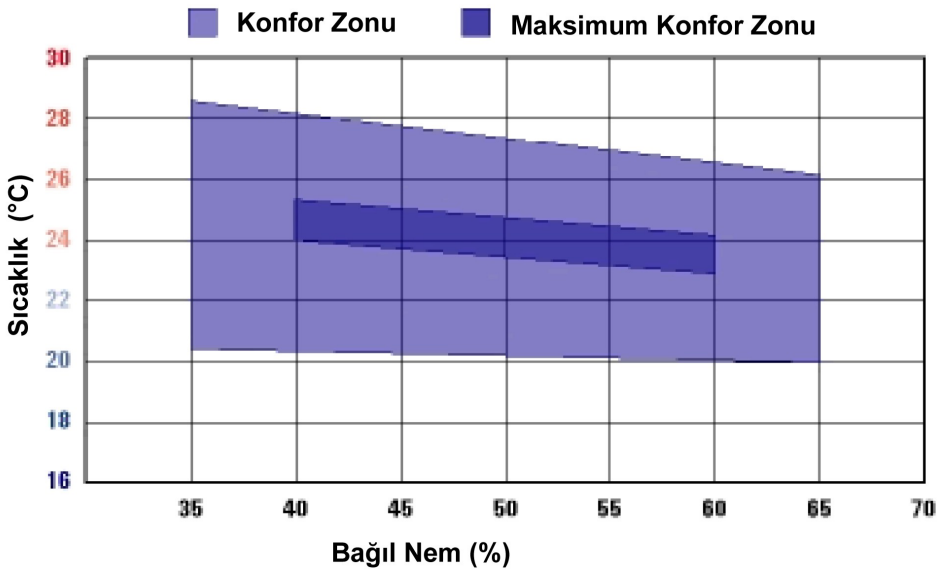
2.3.3. Termal konfor zonu

Yapı içinde kullanıcıların etkinliklerine bağlı olarak; bağıl nem, hava hareketleri, sıcaklık ve mekanı çevreleyen ögelerin iç yüzey sıcaklıkları kabul edilebilir sınırlar içinde olduğunda ısıl konfor koşulları sağlanmış demektir.

Yaşam alanları için genellikle % 40-60 bağıl nem ve 21 °C ile 27 °C arasında bir sıcaklık uygun olmaktadır. Kış aylarında en rahat iç ortam koşulları 21 °C sıcaklık

ve %55 nemdir. Yaz aylarında ise rahat edilen iç ortam koşulları, 24 °C sıcaklık, %50 nem ve 0.2 m/sn hızda hafif hava hareketidir (Koch-Nielsen, 2002).

Termal konfor şartları sağlanmış çevresel koşulları ısı, nem, rüzgar, fiziksel aktiviteler, kıyafet gibi faktörler belirler. Bir mekanın hava sıcaklığı, nemi, hava akımı hızı ve radyant sıcaklığı optimum değerlerde ise ve buradaki insanlar mekan sıcaklığının daha sıcak veya soğuk olmasını, nemin daha fazla veya az olmasını istemiyorlarsa bu mekanda termal konfor koşulları sağlanmış demektir (Karakaya, 2010). İklimlendirme ile, 21 °C ile 26 °C ortam sıcaklığı ve %30 ile %70 arasında nem oranı ve yeterli temiz hava değişimi sağlanan ortam konforu sağlanmış olarak kabul edilir (Şekil 16).

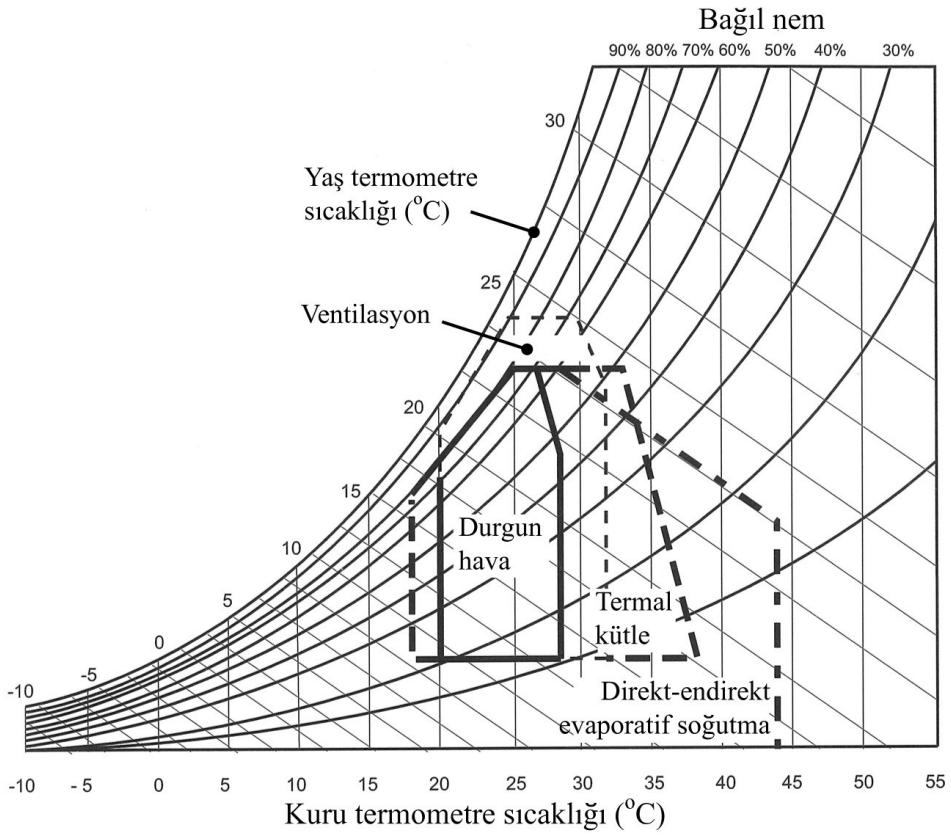


Şekil 16. Termal konfor diyagramı.
Psikrometrik diyagramda termal konfor koşullarının sağlandığı sıcaklık ve nem değerleri gösterilmektedir. Yaşam alanları için genellikle % 40-60 bağıl nem ve 21 °C ile 27 °C arasında bir sıcaklık uygun olmaktadır. Kış aylarında en rahat iç ortam koşulları 21 °C sıcaklık ve %55 nemdir. Yaz aylarında ise rahat edilen iç ortam koşulları, 24 °C sıcaklık, %50 nem ve 0.2 m/sn hızda hafif hava hareketidir (Karakaya, 2010).

Givoni (1998) iç mekan termal konforu için yaptığı çalışmasında bina çeperinin termal özellikleri, hava akımı ve direkt, indirekt evaporatif soğutma gibi faktörleri de diyagramına dahil etmiştir. Diyagram, termal kütlenin, pasif soğutma yöntemlerinin konfor şartlarını sağlamak amacı ile kullanımına ilişkin yol gösterir.

Givoni (1998) sıcak ve kuru iklimlerde binaların iç mekan konfor ortamının sağlanması ile ilgili yaptığı çalışmada; 40 °C dış hava sıcaklığı ve %20 bağıl nem olması durumunda, kalın duvarlı ve iyi izole edilmiş bir yapının sadece evaporatif soğutma yöntemi ile istenen konfor koşullarını sağlayabileceğini göstermiştir. Yine aynı çalışmada, sıcak ve nemli iklimlerde, 30 °C dış hava sıcaklığı ve iç mekanda %70 bağıl nem olması durumunda sadece uygun hava akımının sağlanmasının konfor şartları için yeterli olduğunu göstermiştir (Şekil 17).

Mekanik olarak iklimlendirilmiş bir ortamdaki kullanıcılar, doğal havalandırmalı ortamda çalışan, yaşayan kullanıcılara göre ısı ve nem oranındaki değişimleri daha çabuk hissederler. İkinci tip kullanıcılar iç ve dış hava koşullarının etkileşimlerine daha toleranslıdır (Koch-Nielsen, 2002).



Şekil 17. Givoni'nin iç mekan için hazırladığı termal konfor diyagramı (Koch-Nielsen, 2002).
Bu çalışmada Givoni (1998) 40 °C dış hava sıcaklığı ve %20 bağıl nem olması durumunda, kalın duvarlı ve iyi izole edilmiş bir yapının sadece evaporatif soğutma yöntemi ile istenen konfor koşullarını sağlayabileceğini göstermiştir.

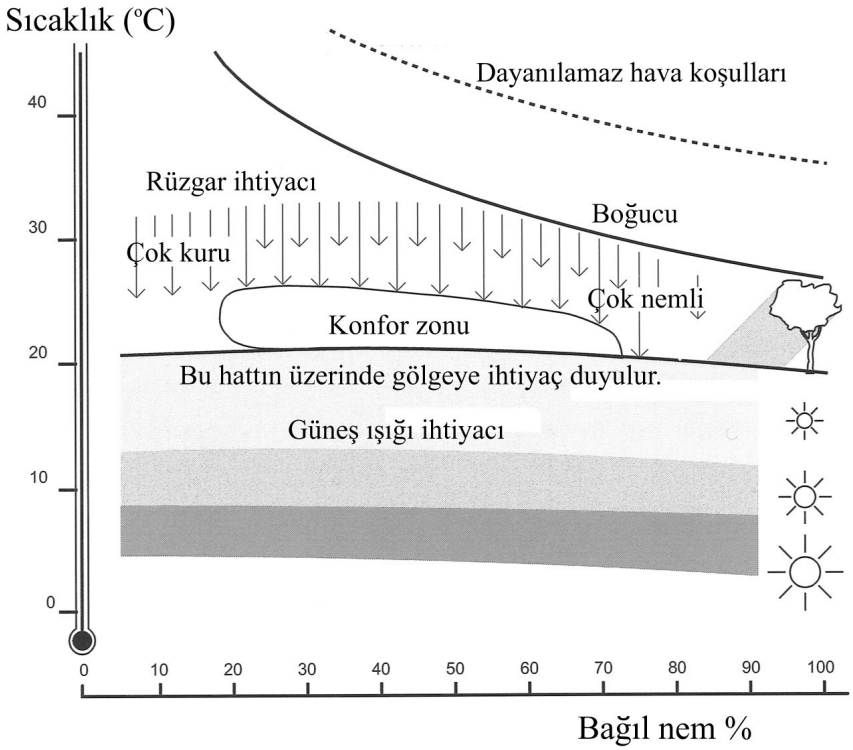
2.3.4. Biyoiklimsel konfor

Sıcaklık, güneş, nem, yağışlar ve hava hareketi gibi iklimsel koşullar, insanlar ve yapılar üzerinde etkili olan en önemli doğal faktörlerdir. İnsan çevresi ile uyumlu bir bütünsellik içinde yaşayabilmelidir. Sağlıklı bir insan, sağlıklı bir yapıya, sağlıklı bir yapı sağlıklı bir çevreye, sağlıklı bir çevre de sağlıklı insanlara bağlıdır. Bunun gerçekleşebilmesi için de, yaşanan ortamın iklimsel koşullarından rahatsız olmama, olumsuz etkilenmeme olarak tanımlanabilecek konfor hissinin sağlanmış olması gereklidir (Solmaz Yeler ve Özek, 2007). Biyoiklimsel konfor, insanın kendisini en sağlıklı ve dinamik hissettiği iklim koşullarıdır. Biyoiklimsel konforun sağlanmasında önemli olan iklim bileşenleri sıcaklık, bağıl nem, ve rüzgârdır. İklim koşullarının belirlediği biyoiklimsel konfor planlama açısından önem taşır. Planlı kentleşmede; insan sağlığı açısından uygun olan bölgelerin belirlenebilmesi için iklim değerlendirilmesi gereken önemli parametrelerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır (Çetin ve diğerleri, 2010).

Olgyay (1992) 1963'te termal konfor ile ilgili olarak yaptığı çalışmasında, nem ve sıcaklığı belirleyici faktör olarak almış, rüzgar, gölge gibi serinletici faktörlerin yanı sıra termal konforu doğrudan etkileyen ısınma için ihtiyaç duyulan güneş ışınımı faktörünü de diyagramına dahil etmiştir (Şekil 18).

2.3.5. Rüzgar konforu

Sıcak-nemli iklimlerde, yoğun yağmur yağışı, yüksek nem, sıcak-kuru iklim ile karşılaştırıldığında daha orta düzeyde günlük ve mevsimlik değişiklikler ve yoğun ışınım söz konusudur. Kışlar soğuk değildir. Nemin sıcaklıkla birleşmesi daha da bunaltıcı etki yarattığından konfor düzeyi yazın azdır. Bunun önlenmesinde hava hareketi önem kazanmaktadır (Solmaz Yeler ve Özek, 2007). Sıcak-kuru iklimlerde, yazlar çok sıcak, güneş ışınları yoğun ve kızgın, yağış çok az ve hava da kurudur. Kış günleri ise serin ya da ılıktır. Bu iklimlerde mevsimler arası ve gündüz gece sıcaklık farkı yüksektir. Bina tasarımında sıcaklık ve kuru havanın yarattığı konforsuzluk, nem ile giderilmeye çalışılmakta, sıcaklık farklılıklarından doğan ısı değişiminin iç mekanlara mümkün olduğunca geç girmesi istenmektedir.



Şekil 18. Olgyay'ın termal konfor diyagramı (Koch-Nielsen, 2002).

2.4. Kentsel mikroklimanın geliştirilmesi

Bina içi iklimsel konforun en az düzeyde mekanik enerji ile sağlanması; fiziksel çevre etmenleri ve yapılı çevreye ilişkin tasarım ölçütleri ile doğrudan bağlantılıdır. Topoğrafya, toprak yapısı, yüzey örtüsü, mevcut bitki dokusu ve su ögeleri gibi fiziksel çevre etmenleri ve kentsel morfoloji, binaların konumu, yönelimi, malzeme seçimi gibi yapılı çevreye ilişkin faktörler, bina içi ve yakın çevresinde sağlanmak istenen iklimsel konforu etkileyen faktörlerdir. Binaların enerji gereksiniminin azaltılabilmesi için, mevcut kentsel mikro klimanın korunması ve sağlıklaştırılması, yapıların da kentsel mikroklimaya adapte edilmesi gereklidir (Santamouris ve diğerleri, 2004). Yapıların doğal sistemlerinden yararlanılarak soğutulabilmesi için öncelikle, dış koşullardan kaynaklanan ısı kazanımlarının engellenmesi ve iç ısı kazanımlarının azaltılması şarttır. Güneş ışınımları ısınma kaynağıdır, güneş kontrolü, bina formu ve yerleşimi, ısı izolasyonu ile ilgili alınan kararların iklim koşullarına uygun olması gerekir. Ayrıca, kentin ve bina çevresinin doğal dokusu ve peyzajı iç ve dış mekan

termal konforunun sağlanmasında ve pasif soğutma sistemlerinin performansında etkin faktörlerdir.

2.4.1. Kentsel planlamada mikroklima ve biyoiklimsel konfor faktörleri

Kentler hava, su, arazi, iklim, flora, fauna, binalar, kentsel açık alanlar ve altyapıların, insan yerleşim ve aktivitelerine uygun olarak bir araya geldikleri fiziksel çevrelerdir (Hardoy, 2001). Enerji, kent yaşamının kalitesini belirleyen en önemli faktörlerin başında gelmektedir. Kentleşme enerji tüketiminin dramatik bir şekilde artışına neden olur, nüfusun %1 artması, enerji tüketiminin %2.2 artması demektir (Santamouris, 2003). Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması, kentsel mikro klimaların yani biyoiklimsel konforun sağlanması ve sürdürülebilir tüketim politikaları, kentlerdeki enerji tüketimini azaltmak için kullanılması gerekli araçlardır. Kent iklimi, planlama ile yeniden düzenlenip iyileştirilebilir. Böyle bir düzenleme ile kentte yaşayanların dış mekan ve iç mekan termal konfor düzeyleri artarken, yazın soğutma, kışın da ısıtma amaçlı enerji tüketimi azalır (Santamouris ve diğerleri, 2004).

Kentlerin gelişimi ile ilgili alınan kararlarda "sürdürülebilirlik" kavramı etkin olmakla beraber "sürdürülebilir şehircilik" tanımına ilişkin görüş birliği henüz sağlanamamıştır (Santamouris, 2003). En uygun stratejiler; tüketimi azaltmak, yenilenebilir kaynak kullanımının sağlanması, atıkların değerlendirilmesi, enerji kullanımının azaltılması, yerel ekosistemin ve ekosferin korunması ve iyileştirilmesini hedefleyen stratejiler olarak kabul edilmektedir. Nispeten az gelişmiş ülkelerde ise sürdürülebilir stratejilerle barınma, enerji, eğitim, sağlık hizmetleri, sıhhi koşulların sağlanması gibi konulara çözümler aranmaktadır (Santamouris, 2003).

Kentleşmede doğa ile bütünleşmeyi hedefleyen "Bahçe Şehirler (Garden Cities)", "Yeni Kentleşme (New Urbanism)", "Akıllı Büyüme (Smart Growth)" gibi yaklaşımlardaki ödeme gücüne dayalı çözümler, kentlerin gelişim sorunlarını çözmek için yetersiz kalmaktadır (Caves, 2004). Akıllı kentleşme (Intelligent Urbanism) modeli, sınırlı kaynaklar ve yetersiz altyapı düzeyleri ile hızla büyüyen nispeten düşük gelirli şehirlerin gelişimine yol gösterebilmek amacı ile ortaya çıkmıştır.

Akıllı kentleşme (Intelligent Urbanism)

Akıllı kentleşme çözümlerinin ilk temel ilkesi kentlerin doğa ile uyumlu olması ve mevcut mikroklimaların korunmasına vurgu yapmaktadır. Akıllı kentleşme yaklaşımı on temel ilkede şekillenir; doğa ile uyumlu olmak, geleneklerle uyumlu olmak, uygun teknolojileri kullanmak, sosyal yaşamda paylaşım, verimlilik, insan ölçeği, uygun imkanlar, bölgesel entegrasyon, uygun ulaşım, kurumsal bütünlük.

Doğa ile uyumlu olmak ilkesi ile mevcut mikroklimaların korunması ve iyileştirilmesi desteklenmektedir. Geleneklerle uyumlu olmak ilkesi, asırlar boyu iklim koşullarına karşı doğal ve yerel malzemelerle oluşturulmuş geleneksel çözümlerin, kentsel ve mekansal düzenlemelere dahil edilmesini teşvik eder. Uygun teknolojileri kullanmak ilkesi, halkın (kullanıcı / uygulayıcı) kapasitesi, jeo-iklimsel koşullar, mevcut yerel kaynaklar ve uygun sermaye koşulları ile uyumlu teknolojilerin kullanılması gerektiğini vurgulanmaktadır.

Eski ve yeni kent merkezlerinin planlamasında "Ekolojik Merkezi İş Alanı (EKOMİA)" konulu çalışmasında Tunçer (1994), kentin makro formuna bağlı olarak var olan doğal/ekolojik verilerin değerlendirilmesi ve geliştirilmesi, kent merkezinde madde ve enerjinin ekonomik kullanılması ve geliştirilmesi, alt yapının çevre duyarlı olarak sağlıklaştırılması ve atıkların geri kazandırılması gibi, çevre dostu ve "Sürdürülebilir bir merkez planlaması" anlayışını araştırmayı hedeflemektedir. Aynı çalışmada, akıllı kentleşme modelinde olduğu gibi, "mikroklima, topoğrafya ve doğal kaynakların en etkin şekilde kullanılması sürdürülebilirliğin sağlanmasında en temel ilkelerdir" denilmektedir (Tunçer, 1994).

2.4.2. Kentsel mikroklima elemanı olarak peyzaj

Kırsal bölgelerde güneş enerjisi gün boyu toprak tarafından emilir, bitkilerden ve topraktan buharlaşan su ise ortamı serinletir. Güneş ışınlarından kaynaklanan ısı artışı bitki ve ağaçların sağladığı evaporatif soğutma ile nispeten dengelenir. Kentlerde ise sert malzemelerle kaplı yüzeyler topraktan nemin buharlaşmasına engel olur, evaporatif serinleme gerçekleşemez ve kentsel alanlar bu nedenle daha kuraktır (Santamouris ve diğerleri, 2004).

Bina çevresi ve yüzeylerinin bitki ve ağaçla gölgelendirilmesi yaz aylarındaki soğutma amaçlı enerji tüketimini yüzde on beş ile yüzde otuz azaltmaktadır. Genelde yıllık %10 enerji tasarrufu sağlanır. Yapı çevresindeki toprak ya da kaplama yüzeylere güneş ışınları çarptığında burada depolanır ve termal enerjiye dönüşür. Gün boyunca depolanan bu ısı, güneşin etkisi azalmaya başlayınca uzun dalga ışınımı olarak açığa çıkar. Ağaçlar ve bitki dokusu terleme yolu ile ortamı serinletirken, yapraklarına gelen güneş ışınımının da yüzde doksanını emerler. Işınım enerjisi ise yapraklardaki suyun evaporasyonunda harcanır. Bu işlem sırasında yaprakların ısısı düşer ve yaprak ile temas halindeki havanın ısısı konveksiyon yolu ile azalır, nem artar (Santamouris ve diğerleri, 2004). Ağaçlandırma kentsel mikro klimanın sağlıklaştırmasında etkili bir yöntemdir. İnsan psikolojisine olumlu etkileri, dinlenme, sükunet etkisi ile dış mekan sosyal aktivitelerine katkısının yanı sıra yüzey ve ortam ısının azaltılmasında, bağıl nemin dengelenmesinde, gölgelendirme elemanı olarak ve rüzgar yönünü değiştirip yönlendirme ve hava kirliliğini azaltmadaki olumlu katkıları da göz ardı edilmemelidir.

Kullanıcılar için gölgeli alanlar oluşturmak, rüzgarı kesecek peyzaj düzenlemelerinden kaçınmak, sel ve taşkınlara karşı gereken önlemlerin alınmış olması, sıcak ve nemli bölgelerin yeşil alan tasarım kriterlerinin başında gelir. Sıcak ve nemli bölgelerde, gölgelendirme ve hava sirkülasyonu açısından yüksek gövdeli ve geniş taçlı ağaçlar tercih edilmelidir. Yüksek çalı grupları ve bodur ağaçlar hava sirkülasyonunu azalttığı ve nemi tuttuğu için bu iklim kuşağındaki peyzaj düzenlemelerinde yer almamalıdır. Geniş çim alanlar, yüksek gövdeli geniş taçlı ağaçlardan oluşan peyzaj düzenlemeleri bu iklim için uygundur (Givoni, 1994).

Ağaçlandırma ve evaporatif soğutma

Büyük bir ağaç günde 757 litreden fazla suyu terleme sureti ile kaybeder. Bazı ağaçlar her gün kendi ağırlıklarından fazla suyu topraktan alıp, terleme yolu ile suyu havaya verirler. Bir kent alanında çok miktarda dikilen ağaç evapotranspirasyon yani suyun topraktan buharlaşması ve bitkiden terlemesi yolu ile bölgenin ısısını 3 °C düşürebilir (Seçkin, 2007). Ağaç ve bitkiler gölgelendirme yaparak yüzeylerin güneş ışınlarından korunmasını sağlar, yüzey ısınmalarına engel olurlar ve evatranspirasyon yolu ile ortam ısısını azaltırlar. Güneş ışınımından ağaçlandırma ile korunan yapının iç

ortam sıcaklığı 3 °C ile 7 °C daha serin olur. Florida, Miami'de yapılan bir araştırma, mobil bir evin çevresindeki bitkilendirmenin soğutma masraflarını % 40, Pensilvanya'da yapılan bir araştırma da çevresi ağaçlandırılan bir mobil evin soğutma masraflarının % 70 oranında azaldığını göstermiştir (Seçkin, 2007).

2.4.3. Bina yüzeylerinin bitkilendirilmesi

Dış duvar ve çatılar binaların dış koşullara maruz kalan bileşenleridir. Yoğun güneş ışınımı, yağışlar, buz ve kar birikmesi gibi iklimsel etkiler binanın termal performansını doğrudan etkiler. Çatı bahçelerinin ve yeşil duvarların, güneş ışınımlarını absorbe etme, gölgelendirme, yağmur suyu drenajını azaltma, atık su tahliye şebeke yükünü azaltma, hava kalitesini arttırma, kent mikro klimasını düzenleme, kentsel ısı adası etkisini azaltma, serin ortam yaratma, gürültüyü yutma, elektromanyetik radyasyonu soğurma, sera gazlarının emilimi ve oksijen üretimi gibi faydaları vardır (Gauzin-Müller, 2002).

Çatı bahçeleri

Zeminde veya çoğunlukla zemin seviyesinin üzerinde yer alan herhangi bir yapıya ait, düz ya da eğimli çatıda özel malzeme ve teknikler yardımı ile gerçekleştirilen az ya da çok bakım gerektiren birçok işleve sahip açık yeşil alan düzenlemeleri, çatı bahçesi olarak adlandırılmaktadır (Uzun, 2007).

Kentlerin fiziki yapılanmalarından dolayı, yakın çevresine kıyasla daha çok ısınması ve bu ısıyı tutması ile oluşan kentsel ısı adasının kent yaşamı üzerinde doğrudan ve dolaylı olumsuz etkileri vardır. Çatı bahçeleri; güneşten gelen ışınımları absorbe edip yapının ısınmasına engel olurlar, yaz aylarında; %70-100 oranında su çatıdaki toprak tarafından tutulur. Ayrıca çatı bahçelerindeki bitkiler sağladıkları gölge ve serinleme sayesinde kentsel ısı adasının olumsuz etkilerini azaltırlar (Gauzin-Müller, 2002;Uzun, 2007). Chicago City Hall binasının üstündeki yeşil çatıda ASHRAE simülasyonu uygulanarak elde edilen sonuçlara göre, çatı çevresindeki ısının bir derece fahrenheit azalması ile, soğutma enerjisinin %1.2 daha az kullanıldığı tespit edilmiştir (Resim 2).



Resim 2. Chicago, City Hall binasının üstündeki yeşil çatının termal fotoğrafı.
Sağdaki termal fotoğrafta bitümlü malzeme ile kaplı olan teras yüzeylerinin sıcaklığı 55-60 °C iken yeşil çatı yüzey sıcaklığı 25 °C civarındadır. Lejanttaki max. değer 150 °F = 65 °C ve lejanttaki minimum değer 75 °F = 24 °C dir (files.harc.edu/Projects/DallasUHI/UHI_Basics.pdf).

Yeşil çatılar, temel kullanım, yapım metodu ve yaşatma ihtiyaçları kapsamında üç ana grupta değerlendirilir. Bu sınıflandırmalar her zaman birbirinden kesin çizgilerle ayrılmasalar da; seyrek yeşil çatılar, yarı yoğun yeşil çatılar, yoğun yeşil çatılar olarak belirlenmiştir (Uzun, 2007).

- Seyrek yeşil çatılar; yapının bulunduğu yöreye uygun, doğada kendi halinde yetişebilir çim, ot, çiçek ve çalı türlerin seçildiği, en düşük su ihtiyacına ve bakım maliyetine sahip çatı tipleridir. Sıcak iklimlerde kurakçıl bitkiler kullanılır. Büyük ve geniş çatı alanlarında uygundur, düz ve eğimli olabilir. Gezinti amaçlı kullanılmaz.

- Yarı yoğun yeşil çatılar; çim, çalı, aromatik bitkiler ve yer örtücülerin kullanıldığı bu tip çatılarda, periyodik bakıma, sulama, gübreleme ve budamaya ihtiyaç duyulur. Üzerinde gezilebilen bu tip çatı bahçeleri, bina taşıyıcı sistemine orta ölçekte yük bindirirler.

- Yoğun yeşil çatılar; normal bir bahçe, park niteliği taşıyan ve rekreasyon amaçlı kullanılabilen çatı bahçeleridir. Yer örtücü, çalı, bodur ve yüksek ağaçlar, yürüme yolları ve süs havuzları yer alabilir. Sulama, gübreleme, budama, ekim, dikim gibi sürekli bakım gerektiren, yüksek maliyetli sistemlerdir. Derin toprak katmanına ve yalıtım katmanlarına ihtiyaç duyulur. Bina strüktürüne ağır yük bindirdiği için yapı maliyetini arttırır, işletme maliyeti, normal peyzaj işletme maliyetinden fazla değildir (Uzun, 2007).

Dikey yeşil duvarlar

Yapıların dış cephesine bitki gruplarını tutturmak için kurgulanmış sistem, yeşil duvar ya da dikey bahçe olarak adlandırılır (Çahantimur ve Yücel, 2009). Sistem,

binanın yapısal bir parçası ya da ayrı bir strüktür olabilir. Yeşil duvar, toprak ya da inorganik ortamda yetişebilen bitkiler ile tamamen veya kısmen örtülmektedir.

Dünya genelinde yapılan araştırmalar sonucunda küresel iklim değişikliğine karşı alınacak en acil önlemler; enerji etkin yapı kabuğu tasarımı, binanın doğru konumlandırılması, yüksek verimli iklimlendirme sistemlerinin ve optimum izolasyonun kullanılmış olması şeklinde sıralanmaktadır. Yaşanmakta olan iklim değişikliğinin etkilerini hafifletmek için dikey yeşil duvarların, enerji etkin yapı kabuğu bileşenlerinden biri olarak ele alınması doğru bir strateji olabilir (Resim 3).



Resim 3. Yapı kabuğu bileşeni olarak bitki duvarı ve çatı bahçesi.
Solda, Patric Blanc tarafından tasarlanan Aix-en-Provence'daki Max Juvénal Köprüsü'nün bitki duvarı (http://www.verticalgardenpatrickblanc.com). Sağda,LMN Architects tarafından tasarlanan Vancouver Kongre Merkezi'nin çatı bahçesi (http://lmnarchitects.com/). Kongre merkezi'nin çatı bahçesini sulama suyu, körfezden çekilen okyanus suyu arıtılarak elde edilmektedir.

Yeşil duvarlar kentsel ve mimari tasarımlar için makro, mezzo ve mikro olmak üzere çok sayıda avantaj sağlamaktadır. Makro ölçekte, kentsel alanlarda yeşil duvarların kullanılması, kentsel ısınmayı yavaşlatmaya yönelik bir stratejidir. Bina cephelerinin bitkilendirilmesi sayesinde, binaların ve yakın çevrelerinin; gölgeleme, ısı yansımasını azaltma, terleme ve buharlaşma yolu ile serinlemesi sağlanmaktadır. Mikro ölçekte ise yeşil duvarlar, binaların termal izolasyon kapasitesini arttırır ayrıca toz ve polen gibi zararlı partikülleri ve zehirli gazları filtreleyerek iç mekan hava kalitesine olumlu katkıda bulunurlar. Yeşil duvarlar beş farklı grupta sınıflandırılırlar:

- Modüler sistem; büyüme ortamını içeren hazne, duvara modüler olarak sabitlenir.
- Endüstriyel keçe sistemi; bitkiler ihtiyaç duydukları besinleri ve suyu, kök saldıkları lifli bir malzemenin katmanlarından alırlar.

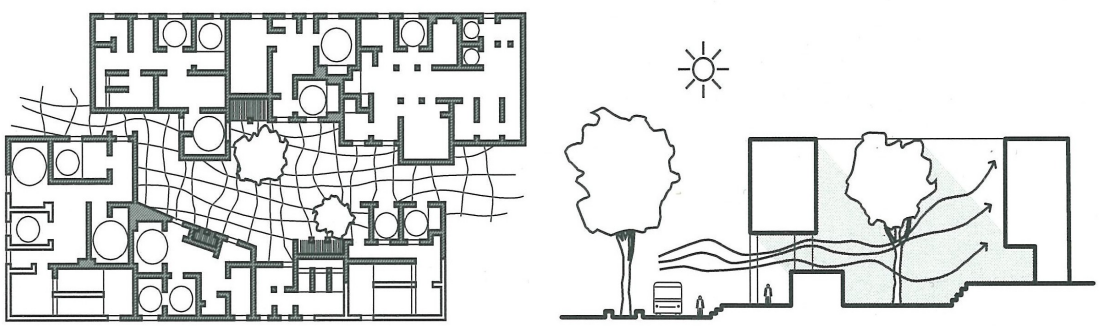
- Cephe yeşillendirme sistemi; toprakta veya saksıda yetişerek büyüyen bitkiler, bina cephesine monte edilen strüktüre tırmanırlar.
- Aktif sistemler; bitki duvarı tarafından üretilen taze hava, iklimlendirme sistemi aracılığı ile iç mekana iletilir.
- Pasif sistemler; bitki duvarı tarafından üretilen temiz hava sadece yakın çevresindeki hava kalitesine katkıda bulunur. Sistem, binanın iklimlendirmesi ile bağlantılı değildir (Çahantimur ve Yücel, 2009).

2.4.4. Hava koridorları

Temiz hava koridorları, kent dışından merkezlere doğru uzanan ve binalarla kesintiye uğratılmayan yeşil kuşaklardır. Ağaçlandırılmış geniş yollar doğru malzemelerle kaplandığında hava koridoru oluşturabilirler. Yol boyunca ardışık olarak dikilen çok sayıda ağaç, kaplı yüzeyleri gölgelendirip, zemindeki malzemelerin ısı absorpsiyonunu engeller ve aynı zamanda kolektif bir serinletme etkisi oluşturur (Seçkin, 2007).

Sıcak-nemli bölgelerde cadde ve sokaklar, yayalara ve yol kenarındaki yapılara uygun hava akımını sağlayacak şekilde düzenlenmelidir. Bu iki koşulu da aynı anda sağlayabilecek çözümler hem planlama aşamasında, hem mimari projede araştırılmalıdır (Givoni, 1994). Ayrıca yayaların konforu ve açık alanların kullanımının sağlanabilmesi için yolların ve açık alanların gölgelendirmesi gerekir. Ağaçlandırmanın yanı sıra yayaları ve yapıları güneşin istenmeyen etkilerinden koruyacak gölgelendirme detayları, hava akışına engel olmayacak şekilde çevre tasarımına dahil edilmelidir.

Sıcak-nemli bölgelerde dış mekan termal stres düzeyini belirleyen en önemli faktör cadde ve sokaklardaki hava akımının hızıdır (Givoni, 1994). İyi bir havalandırma için rüzgar yönündeki yamaçlar, rüzgar altı yamaçlara tercih edilir. Deniz ve göl kıyıları gündüz deniz, gece de kara yönünden gelen esintilerden faydalanır (Koch-Nielsen, 2002). Esintisiz gecelerde vadi tabanında hava durağan iken, vadi yamaçlarında hava akımı oluşabilir. Sıcak kuru iklim bölgelerinde ise, istenmeyen sıcak hava akımlarına maruz kalmamak için rüzgar altı yamaçlar tercih edilir (Givoni, 1994). Kompakt kent dokuları istenmeyen sıcak hava akımlarına engel olur ve sokaklarda gölge imkanı sağlar (Şekil 19).



Şekil 19. Sıcak-kuru iklim bölgesinde kent dokusu.
Solda Hassan Faty'nin Mısır'da Harrania için hazırladığı yaya bölgesinin şeması yer almaktadır. Dar ve gölgeli sokaklardan oluşan kent dokusu yaya konforu için gereklidir. Ağaçlandırma ile sağlanacak serinlik hava akımının sürekliliği, konfor şartlarını olumlu etkiler (Koch-Nielsen, 2002).

Kent içi hava sıcaklığının maksimuma ulaştığı saatlerde cadde ve sokakların rüzgar yönüne açık olacak doğrultuda düzenlenmiş olması yaya konforu için gereklidir. Ancak bu durumda yapılar rüzgara paralel olduğundan esintiden faydalanamazlar. Etkili bir iç mekan hava sirkülasyonu için yapının en az bir cephesinin rüzgara dik yönde olması gereklidir (Givoni, 1994). Gelişmekte olan ülkelerde sokakların rüzgar yönüne dik açıldığı ve blok yapılaşmanın kentsel hava akımına engel olduğu çok sayıda yerleşim vardır (Givoni, 1997).

Kentsel havalandırma açısından iyi bir sokak düzeni için geniş caddeler, rüzgar yönüne 30° – 60° gibi eğik açılarla konumlandırılmalıdır. Bu yönelim rüzgarın kent merkezine kadar etki etmesini sağlar. Bu caddelere cephesi olan binaların ön ve arka yüzlerinde farklı hava basınçları oluşur. Rüzgara karşı olan duvarlar pozitif basınç etkisinde, rüzgar altı duvarlar ise negatif basınç etkisindedir (Givoni, 1997; Koch-Nielsen, 2002). Bu durum bina içinde doğal hava akımının oluşmasını ve sürekliliğini sağlamaktadır. Rüzgar yapı duvarına dik olduğunda, bina yüzeyindeki basınç en fazladır, 45 derecelik açıyla estiğinde en azdır, fakat daha geniş bir rüzgar gölgesi yapar. Rüzgar denetiminde bu olaydan önemli ölçüde yaralanmak mümkündür. Rüzgarın içeri alınmasının istendiği durumlarda (sıcak nemli ve ılıman nemli iklim bölgelerinde) yapıların, en küçük rüzgar gölgesi yapacak ve birbirlerinin gölgesinde olmayacak şekilde yerleştirilmesi uygundur (Akyel, 2007).

Günümüzde sürdürülebilir mimarlığın öncülerinden olan Ken Yeang'ın, Honk Kong Batı Kawloon için hazırladığı masterplanda yer alan kent içi hava koridoru, bitki dokusu ve su ögesi ile de desteklenerek "ekolojik koridor" oluşturulmuştur. Yapılaşma bu koridorun doğal bir devamı niteliğindedir Su kütlelerinin serinletici etkisi kentsel hava koridorları sayesinde binaların içine kadar taşınır (Van Schaik, 2003).

2.4.5. Suyun dış mekan soğutulmasında kullanımı

Kentsel mikroklimanın oluşturulmasında ve mevcutlarının korunmasında su ögesinin varlığı önemli bir faktördür. Ağaçlandırma, peyzaj düzenlemeleri, çatı bahçeleri, çok miktarda suya ihtiyaç duyulan mikro klima bileşenleridir. Ayrıca suyun kendi soğutma özelliği ve su kütlesinin termal performansı mikroklimanın vazgeçilmez ögeleridir. Ancak dış mekanlarda su ile soğutmada performans elde edebilmek için, rüzgar ve gölge faktörlerinin de sağlanması gerekmektedir. Su evaporasyon yolu ile serinletir, hava akımının şiddeti evaporasyonu arttırır, suyun serinletici etkisinin oluşabilmesi için, hava akımının sürekliliğinin sağlanması ve tüm bu faktörlerin planlama ve projelendirme aşamasında değerlendirilmesi gerekir.

Kuru toprağa göre dört kat fazla ısı tutma kapasitesine sahip olan suda ısı değişimleri toprağa göre daha yavaş olur. Gündüzleri denizlerden çabuk ısınan karalara doğru deniz meltemleri, geceleri de çabuk soğuyan karalardan denizlere doğru kara meltemleri eser. Arazi üzerinde sıcak hava yükseldikçe denizin üzerinden gelen serin hava onu yerini alır, geceleri bu süreç tersine döner. Topoğrafya, bitki dokusu ve yapılar esintinin etkisini kesebilir.

Su evaporasyonu ile soğutma

Bir su damlasının durgun havada hareketi süresince aşağıdaki prosesler oluşur:

- havadan su damlasına doğru sıcaklık akışı olur (hava, su damlasından daha sıcak ise),
- su damlası buharlaşmaya başlar, buharlaşmanın miktarı su damlasının ısısı ile doğru orantılıdır,
- su damlasının hareketi aşağı doğru yavaşlar.

İlk iki proses su damlasının ısısını farklı yollardan etkiler; ilkinde ısı transferinden ötürü sıcaklık artışı olur, ikincisinde ise buharlaşmadan ötürü soğuma olur. Bu karşıt etkileşimlerin sonucu olarak su, dengeli bir sıcaklığa erişilir (havanın yaş termometre sıcaklığı). Su damlasının sıcaklığı, havanın yaş termometre sıcaklığına eriştiğinde, suyun buharlaşmaya devam edebilmesi için ilave enerjiye ihtiyaç duyulur. Bu durumda çevredeki hava soğumuştur ve suya doymuştur, daha fazla buharlaşma oluşmaz.

Su damlasının havadaki buharlaşma sürecinde iki farklı evre vardır:

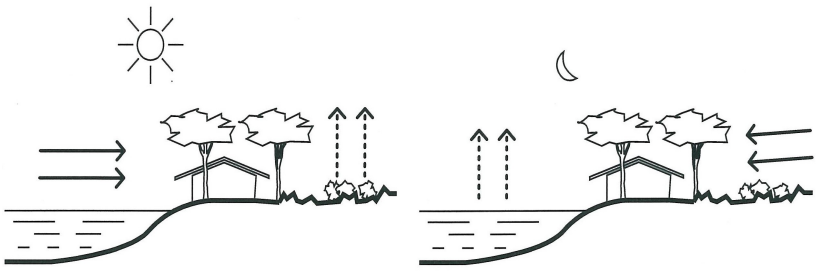
- Damlanın başlangıçtaki sıcaklığı, denge sıcaklığına (havanın ıslak termometre sıcaklığı) ulaşana kadar değişir,
- Damla, havanın ıslak termometre sıcaklığına ulaşır ve buharlaşma neticesinde çapı küçülür.

Suyun düşüşü esnasında oluşan bu iki evrenin soğutma etkisi damlanın püskürtüldüğü andaki çapına bağlıdır. Havuzlarda su hareketi ile soğutma sağlanmak isteniyor ise, damlanın başlangıçtaki çapı en önemli tasarım değişenidir.

Su kütlesinin termal performansı çoğu arazi yüzeylerinden farklıdır. Bu performans farkının sebepleri aşağıdaki gibidir:

- su şeffaftır, güneş ışınları sudan geçer ve su güneş ışınımlarını absorbe eder,
- su iyi bir iletkendir, absorbe ettiği ısıyı konveksiyon yolu ve suyun hareketi ile derinliklerine kadar iletir,
- suyun ısısı evaporasyon yolu ile azalır (Santamouris ve diğerleri, 2004).

Büyük bir su kütlesi yüzeyinde, ısı transferi ile oluşan hava akımı ortam sıcaklığının azalmasını sağlar. Su kütlesinin büyüklüğü ve hava akımının şiddetine bağlı olarak, su yönünden kara yönüne doğru esinti oluşur (Şekil 20).



Şekil 20. Gündüz ve gece meltemi (Koch-Nielsen, 2002).

Suyun yansıtma özelliği düşük, sıcaklığı da havanın sıcaklığından az olduğu için havuz ve benzeri dış mekan su ögeleri, açık havada etkili birer serinleme elemanıdır. Hava akımının hızı ve su kütlesinin uzunluğu sıcaklığın azalmasında etkili faktörlerdir.

Güneşten gelen ışınların maksimum olduğu zamanlarda bile su, bu ışınları %3 civarında geri yansıtır. Bu nedenle su ögeleri, bulundukları bölgeye çok az miktarda uzun dalga radyasyonu yayarlar. Su ögesi derinliği ile orantılı olarak, güneşten gelen ışınımları % 80 kadar absorbe edebilir.

Su kütlesinin ataleti ve yüzeyinde oluşan evaporasyon sayesinde, su ögesi tarafından emilen ışınımlar suyun ısısını çok arttıramaz. Su kütlesinin termal ataleti, suyun miktarı ve derinliği ile doğrudan orantılıdır. Su ögesinin termal ataleti arttıkça, suyun sıcaklığı ve gün içinde oluşan maksimum, minimum ısı aralığı azalır (Santamouris ve diğerleri, 2004). Gölgede olması durumunda su ögesi, ortam ısısının azaltılmasında daha da etkilidir.

Su, damla formunda en fazla yüzeye sahiptir. Hava ile temas eden su yüzeyi arttıkça evaporasyon miktarı da artar ve ortam ısısı daha fazla azalır. Havuz ve benzeri su ögelerinde, fiskiyelerden (su damlalarının çapı birkaç milimetredir) ve ince su püskürtücülerden (su damlalarının çapı bir milimetre veya daha azdır) gelen su damlacıkları, suyun sıcaklığını düşürmekte oldukça etkilidir. Damlalar küçüldükçe suyun hava ile teması artar ve evaporasyon miktarı da artar. Aynı su akış hızında, ince su püskürtücüler ve fiskiyelerin performansı karşılaştırıldığında, püskürtücüleri vasıtası ile sağlanan hava-su temas yüzeyi, fiskiyelerden sağlanan yüzeyin 100 katıdır (Santamouris ve diğerleri, 2004).

Su ile soğutma iki yöntem ile yapılabilir; direkt olarak ortama su püskürterek havayı soğutmak ve endirekt olarak, soğuk su ile ortam havasını soğutmak.

Direkt olarak ortama su püskürterek havayı soğutmak

Uygun koşullarda, havaya su püskürterek ortam ısısı düşürülür ve konfor ortamı sağlanır. Maksimum soğutma sağlanmış olması ve ortamın ıslanmaması için su damlalarının tamamının buharlaşmasının sağlanması gerekir.

Endirekt olarak, soğuk su ile ortam havasını soğutmak

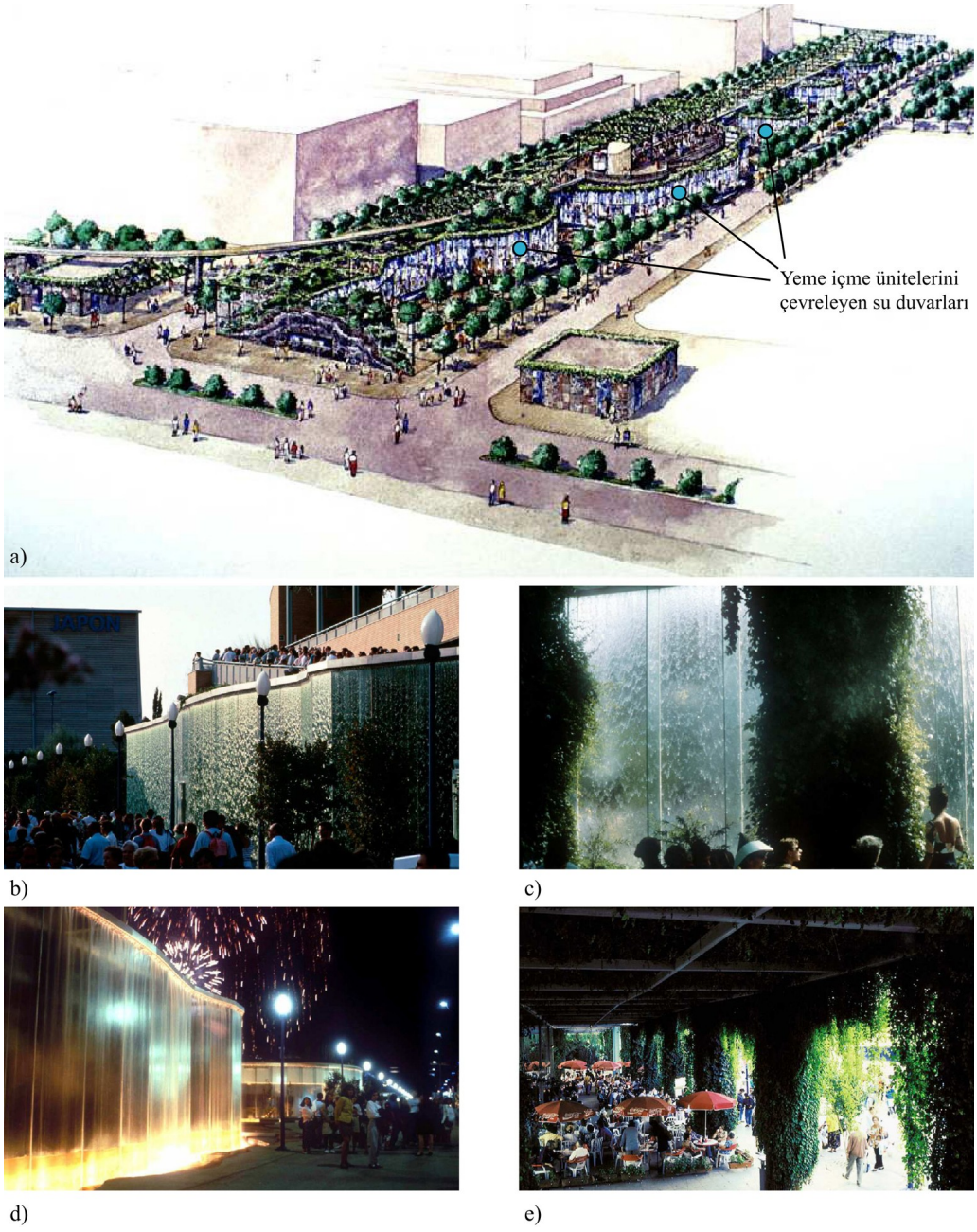
Dolaylı olarak hava soğutma yönteminde, soğuk su kütlesi ara elemandır. Havuz suyunun ısısını düşürmek için püskürtülen su ile ile maksimum ısı kaybı ve minimum su kaybı oluşması hedeflenir. Havuz suyundaki soğuma, çalışan püskürtücülerin tipi, sayısı, havuzun derinliği ve gölgede olması gibi faktörlere bağlıdır.İspanya'nın Seville kentinde 1992 yılında yapılan EXPO'da, 30 santimetre derinliğinde havuzlarda bir dizi deney gerçekleştirildi. Su püskürtme sistemleri ilk iki gün boyunca çalıştırıldı. Hava sıcaklığında 17 °C, püskürtme olan günlerde suda sadece 3 °C sıcaklık farkı oluştuğu tespit edilmiştir. Sistemin çalıştığı günlerde suyun sıcaklığı 24 °C, hava sıcaklığı 40 °C civarında ölçülmüştür (Givoni, 1998)

2.4.6. Gölgelendirilmiş dış mekanlarda yüzey ısısını su ile azaltma yöntemleri

Gölgelendirilmiş dış mekanlarda yüzey sıcaklığını, ortam sıcaklık seviyesinin altına düşürebilmek için iki yöntem uygulanabilir. Birinci yöntemde hedef, dış mekanı çevreleyen elemanların yüzey ısısını azaltmaktır, ikinci yöntem zemin kaplamasının su ile serinletilmesidir. Bu yöntemlerin temeli, direkt veya endirekt evaporatif soğutmadır.

Mekanı çevreleyen elemanların yüzey sıcaklığını su ile azaltmak; Avenue Five, EXPO'92

Taşlığı su ile serinletilmiş bir avlunun azalan ortam ısısı, yüksek çalı grubu, duvar, toprak yığını gibi çevre elemanları ile sınırlanıp azalan ısının, ortam içinde kalması sağlanmalıdır (Santamouris ve diğerleri, 2004). Çevre elemanları; sarmaşıkla kaplanmış duvar, bitkilendirilmiş tepecikler, çalı ve ağaç grupları gibi bitkisel ögeler olursa, güneş ışınımları ve yansıyan ışınımların etkileri minimize edilmiş olur. Ek olarak çevre elemanlarının yüzeyleri gölgelendirilir ve ıslatılırsa, sıcaklıkları ortamın ıslak termometre sıcaklığına kadar azalır. Avluyu veya serinletilmiş alanı çevreleyen elemanlar; duvar, taş veya beton kaplı tepecikler gibi sert yüzeyli elemanlar olabilir. Bu yüzeylerde sulu kaskatlar oluşturulabilir veya su, film halinde duvar yüzlerinden akıtılabilir (Şekil 21). Serinletilmiş dış mekanların düşük ortam ısıları, ıslak çevre elemanları ile korunmuş olur. Çevre duvarları ıslatmakta kullanılan suyun tatlı su olması gerekmez, hafif tuzlu ve acı sular da kullanılabilir.



Şekil 21. Mimarinin iklim kontrolü olarak kullanılması; 5th Avenue, EXPO' 92.
5th Avenue, James Wines ve SITE Architects tarafından Seville'deki dünya fuarı için tasarlanmış doğal elemanlarla iklim kontrolünün sağlandığı bir yaya aksıdır.
a) 5th Avenue aksonometrik görünüşü. b) Aksın, toplu taşıma hattına bağlanan rampası ve etrafını çevreleyen su duvarları. c) Şeffaf su duvarları. d) Şeffaf su duvarlarının gece görüntüsü. e) Bitkisel gölgelendirme elemanları ile çevrelenen yeme içme üniteleri.
Seville kentinin yaz sıcağında su ve bitki örtüsü ile sağlanan doğal soğutma, mimarinin iklim kontrolü olarak kullanılmasına iyi bir örnek teşkil eder (http://www.siteenvirodesign.com).

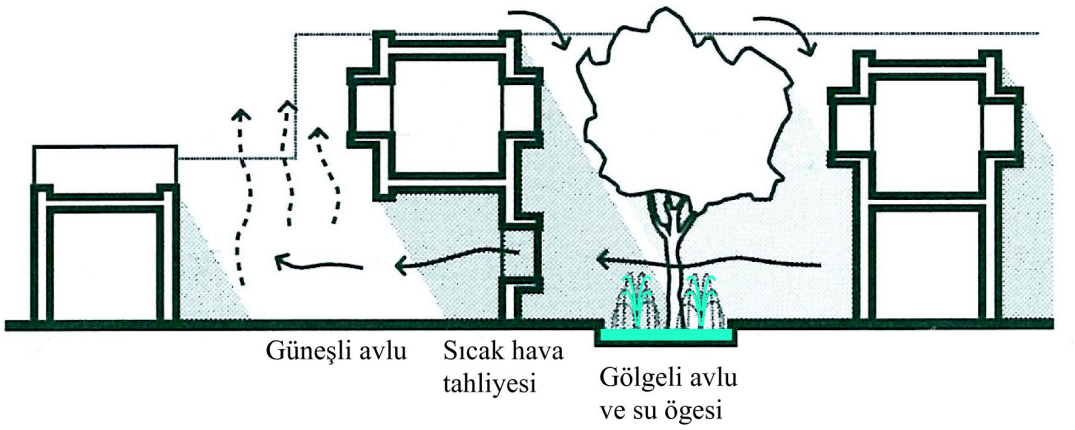
5th Avenue, James Wines ve SITE Architects tarafından Seville'deki dünya fuarı için tasarlanmış doğal elemanlarla iklim kontrolünün sağlandığı bir yaya aksıdır (Şekil 21). Bu proje ile gerçekleştirilen soğutma, Seville kentinin yaz sıcağında su ve bitki örtüsü ile doğal soğutma için ideal bir örnektir. Üç yüz metre uzunluğunda, altı metre yüksekliğindeki, cam su duvarı ve yerel bitkilerin kullanıldığı masif "yükseltilmiş bahçeler" restoran, sergi alanları ve monoray istasyonu etrafındaki açık alanları çevreler. Her etkinlik alanı; çatı bahçeleri, sarmaşıklı çardaklar, uzun ağaçlar ve asma bahçeleri ile gölgelendirilmiştir. Restoran, yaya aksı, sergiler ve yarı açık alanları çevreleyen su duvarları ve asmalı bahçeler, Sevilla'nın kuru yaz sıcağının bu alanlara ulaşmasına engel olur (Wines, 2000).

Zemin kaplamasını su ile soğutmak

Gölgelendirilmiş dış mekanlarda yüzey sıcaklığını, ortam sıcaklık seviyesinin altına düşürebilmek için uygulanan ikinci yöntem zemin kaplamasının su ile serinletilmesidir.

Bir dış mekan yüzeyi iyi gölgelendirilmiş olsa dahi, sıcaklığı ortam sıcaklığından daha fazla olabilir. Gölgeli zeminlerin soğutulması, radyant ısıyı düşürür ve kullanıcı konforunu arttırır. Ancak soğutulan yüzey yeterince geniş değil ise soğumanın miktarı da az olur ve hissedilmeyebilir. Alanın en dar kenarı en az dört metre olmalıdır (Santamouris ve diğerleri, 2004). Sıcak ve kurak iklimlerde, avlu gibi ara mekanların serinletilmesi sonucunda elde edilen ortam ısısı ile mevcut hava sıcaklığı arasındaki fark oldukça fazladır (Şekil 22).

Taşlığı su ile serinletilmiş gölgeli bir avlunun azalan ortam ısısı, yüksek çalı grubu, duvar ya da toprak yığını gibi çevre elemanları ile sınırlanarak serin havanın ortam içinde kalması sağlanabilir. Avlu içindeki sıcak hava, boşluklar aracılığı ile negatif basınç yönünde tahliye edilebilir (Koch-Nielsen, 2002).



Şekil 22. Gölgeli avlunun su ögesi ile serinletilmesi.
Taşlığı su ile serinletilmiş bir avlunun azalan ortam ısısı, yüksek çalı grubu, duvar ya da toprak yığını gibi çevre elemanları ile sınırlanarak serin havanın ortam içinde kalması sağlanabilir. Avlu içindeki sıcak hava boşluklar aracılığı ile negatif basınç yönünde tahliye edilebilir (Koch-Nielsen, 2002).

Açık alanlarda havayı su ile soğutmak; Givoni'nin soğutma kuleleri, EXPO'92

Soğutulacak alan, etkin bir şekilde gölgelendirildi ise ve çevre ortamdan duvar, ağaç ve çalı gibi bölücü elemanlarla ayrıldıysa ya da bir kısmı toprağa gömülü ise, alanın radyant ısısı dış ısıdan çok daha az olabilir. Bu sınırlı alan, ilave olarak pasif evaporatif soğutma kulesi ile daha da serinletilebilir (Resim 4). Soğutulmuş havadan maksimum yararlanmak için kulenin, insanları yoğun olarak dolaştığı, oturduğu alanlara yerleştirilmesi ve kulenin alt kısmının da yere çok yakın olması tavsiye edilir. Bu soğutma işleminde kullanılacak su acı su ya da ıslah edilmemiş dere suyu olabilir (Santamouris ve diğerleri, 2009).

İspanya'nın Seville kentinde 1992 yılında yapılan EXPO'da, 30 santimetre derinliğinde havuzlarda bir dizi deney gerçekleştirildi (Resim 5). Su püskürtme sistemlerinin çalıştığı süre içerisinde hava sıcaklığında 17 °C, püskürtme olan günlerde suda sadece 3 °C tespit edildi. Sistemin çalıştığı günlerde suyun sıcaklığı 24 °C, hava sıcaklığı 40 °C ölçüldü, güneş gören zemin kaplamalarının sıcaklığı, gün ortasında 50 °C den fazla olduğu kaydedildi (Yannas ve diğerleri, 2006).



Resim 4. Soğutma kulesi, EXPO'92 Seville, İspanya (Givoni, 1998).



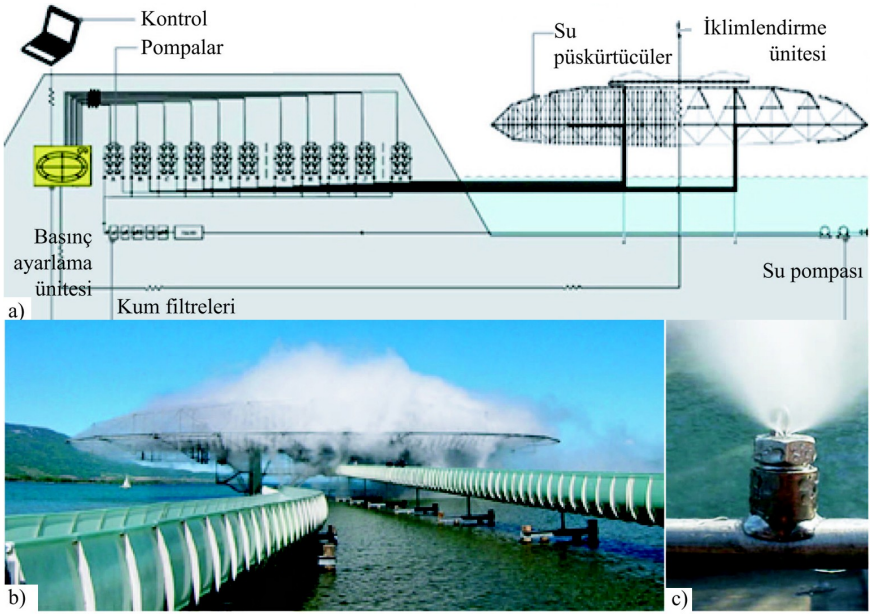


Resim 5. Dış mekan için direkt ve endirekt evaporatif soğutma uygulaması.
İspanya'nın Seville kentinde 1992 yılında yapılan EXPO'da, 30 santimetre derinliğinde havuzlarda bir dizi deney gerçekleştirildi. Su püskürtme sistemlerinin çalıştığı süre içerisinde hava sıcaklığında 17 °C, püskürtme olan günlerde suda sadece 3 °C, sıcaklık farkı oluştuğu tespit edildi. Sistemin çalıştığı günlerde suyun sıcaklığı 24 °C, hava sıcaklığı 40 °C ölçüldü, güneş gören zemin kaplamalarının sıcaklığı, gün ortasında 50 °C den fazla olduğu kaydedildi (Yannas ve diğerleri, 2006).

Açık alanlarda yapay sis ile soğutma; Blur Building, EXPO 2002

Damlacıklar yeterince küçükse, havanın bağıl nemi ve sıcaklığı uygunsa yüksek basınç ile çok ince deliklerden püskürtülen su, aniden buharlaşarak yapay sis oluşturur. Damlacıklar, yoğuşmadan buharlaşarak havayı aniden serinletirler. Basınç yaratmak için çok miktarda enerjiye ihtiyaç duyulur ve kullanılan suyun da kimyasal işlemden geçmiş olması gerekir. Hafif bir rüzgarla bile sis hemen dağılabilir ve soğutma etkisi kaybolur. Geniş alanlardan ziyade, sınırlı yürüme yolları ve sundurma alanları gibi yerlerde spot soğutmaların yapılması tavsiye edilir (Santamouris ve diğerleri, 2004)

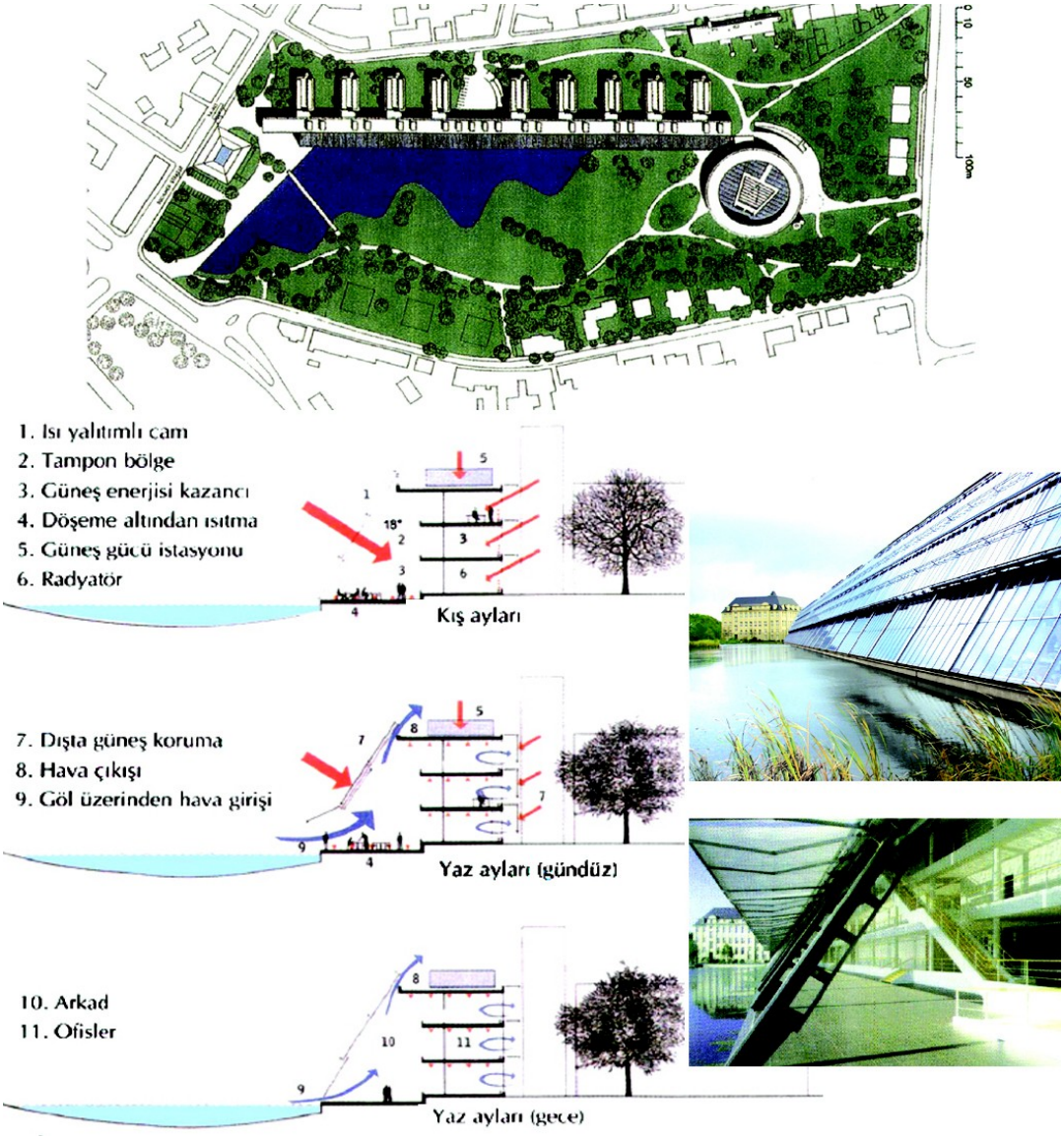
Diller Scofidio + Renfro tarafından tasarlanan "Blur Building" ana malzemesi "su" dur. İçine girildikten sonra, görsel ve akustik referansların silindiği görünmeyen bir sis kütlesidir (Şekil 23). Neuchatel gölünden pompalanan su, filtrelendikten sonra 31.500 adet yüksek basınçlı püskürtme ucundan ince bir sis tabakası halinde havaya püskürtülmektedir. Akıllı iklimlendirme sistemi; sıcaklık, nem, rüzgar hızı ve yönü gibi değişen iklim koşullarını okur ve su basıncını düzenler (http://www.dsrny.com/).



Şekil 23. Mimarinin iklim kontrolü olarak kullanılması; Blur Building, EXPO 2002.
a) Yapının şematik kesiti. b) Yapının genel görünüşü c) Basınçlı su püskürtme ucu.
Diller Scofidio + Renfro tarafından tasarlanan binanın ana malzemesi "su" dur. Neuchatel gölünden pompalanan su, filtrelendikten sonra 31.500 adet yüksek basınçlı püskürtme ucundan ince bir sis tabakası halinde havaya püskürtülür (http://www.dsrny.com/).

Mevcut su ögesinin ara mekanda termal konfor amacı ile kullanılması

Gelsenkirschen Bilim Parkında yapıların göle bakan batı cephesi kış bahçesini andıran cam bir duvarla korunmaktadır. Yaz aylarında cam cephedeki gölgelikler açılmakta ve ara hacimdeki hava sirkülasyonunu arttırmak için kanatlar yukarı sürülmektedir (Şekil 24).



Şekil 24 Mevcut su ögesinin ara mekanda termal konfor amacı ile kullanılması; Gelsenkirschen Bilim Parkı, Almanya.
a) Bina ve mevcut su ögesini gösteren vaziyet planı. b) Yaz aylarında güneş kontrollü ara mekanda mevcut su ögesi ile sağlanan hava sirkülasyonunu gösteren şematik kesit. c) Kış aylarında paneller kapatılarak ara hacim ısıtılmaktadır. d) Hava sirkülasyonu ve evaporatif soğutmanın sağlanabilmesi için yaz aylarında paneller açılmaktadır (Sev, 2009). Ara mekan hava bacası görevi görmektedir.

3. BİNALARDA PASİF SOĞUTMA TEKNİKLERİNİN MİMARİ KRİTERLERİ

Bina içi iklimsel konforun en az düzeyde mekanik enerji ile sağlanması; fiziksel çevre etmenleri ve yapılı çevreye ilişkin tasarım ölçütleri ile doğrudan bağlantılıdır. Topoğrafya, toprak yapısı, yüzey örtüsü, mevcut bitki dokusu ve su ögeleri gibi fiziksel çevre etmenleri ve kentsel morfoloji, binaların konumu, yönelimi, malzeme seçimi gibi yapılı çevreye ilişkin faktörler, bina içi ve yakın çevresinde sağlanmak istenen iklimsel konforu etkileyen faktörlerdir. Binaların enerji gereksiniminin azaltılabilmesi için, mevcut kentsel mikroklimanın korunması ve sağlıklaştırılması, yapıların da kentsel mikroklimaya adapte edilmesi gereklidir. Kentin ve bina çevresinin doğal dokusu ve peyzajı, iç ve dış mekan termal konforunun sağlanmasında ve pasif soğutma sistemlerinin performansında etkin faktörlerdir. Bu bölümde yapıların doğal sistemlerden yararlanılarak soğutulabilmesi için gerekli ön koşullar ve mimari tasarım kriterleri incelenecektir.

Enerji, ülkelerin kalkınmasında ve ilerlemesinde dinamik bir itici güçtür. Ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin tanımlanmasında, üretilen ve tüketilen enerjiler arasındaki denge önemli bir ölçüt oluşturmaktadır. 1970'li yıllarda yaşanan enerji krizi, ülkeleri tükenir nitelikteki enerji potansiyellerinin gelecekteki durumlarını öngörmeye, enerji tasarrufu için önlem almaya ve alternatif enerjilerin üretimini araştırıp geliştirmeye yöneltmiştir (Özek ve Kısa Ovalı, 2007).

Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nce yürütülmüş bir çalışmaya göre, iklim değişikliği sonucu Türkiye genelinde 2071-2080 yılları arasında ortalama sıcaklığın 4.5 °C artacağı ön görülmektedir. Ortalama maksimum sıcaklıklarda ise doğuda 5.6 °C diğer bölgelerde ise 4.5 °C artış görüleceği hesaplanmıştır. Bu araştırma göz önüne alındığında Türkiye'de soğutma yüklerinin giderek artacağı açıkça görülmektedir (Demir ve diğerleri, 2008). Enerji sorunu “enerji tasarrufu”, “enerji verimliliği” ve “yenilenebilir enerjiler” ile aşılabilecek üç aşamalı bir süreç gerektirmektedir (Özek ve Kısa Ovalı, 2007). Ülkemizde bu konu ile ilgili çalışma Mart 2007'de enerjide verimlilik ve tasarrufun arttırılmasını öngören “Enerji Verimliliği Yasası” TBMM'de kabul edilmiştir.

Enerji gereksiniminin karşılanmasında ciddi sorunlar yaşayan ülkemizde, toplam enerjinin önemli bir kısmının bina ısıtma ve soğutmasında tüketildiği düşünüldüğünde, binaların enerji gereksinimlerini azaltmaya yönelik tasarım ölçütleri ön plana çıkmaktadır. Enerji gereksiniminin % 72'sini ithal eden, elektrik tüketimi gelecek on yılda ortalama % 8,4 artışla bu talebi karşılamak için yılda 2-3 milyar dolar kaynak ayırması gereken ülkemiz, 2009 yılından itibaren bu ihtiyacı karşılayamayacak durumdadır (Çimen, 2007).

2000 yılında OECD ülkelerindeki konutlarda kullanılan toplam elektriğin %64ü soğutma amaçlı tüketilmiştir. 1990-2000 yılları arasındaki dönemde bu oranda %13 artış gözlenmiştir. İklim koşullarına uygun tasarımla soğutma amaçlı tüketimin önemli miktarı tasarruf edilebilir (Yıldız ve Durmuş Arsan, 2009).

Ülkemizde yapılaşma stratejisi olarak; fiziksel çevre etmenleri ve bu etmenlerle uyumlu yapılaşma ölçütleri her bölge için ele alınır ve nitelikli yapılar inşa edilirse, konutlarda tüketilen enerjilerin % 40 oranında azalabileceği düşünülmektedir (Özek ve Kısa Ovalı, 2007). Enerji tüketimi azaltılmış bu yapılar üzerinde verimliliği arttırmak için pasif sistemlerin uygulanması ve enerji üretiminde alternatif yöntemlerin kullanımı ile Türkiye enerjide dışa bağımlılığını önemli ölçüde azaltabilecektir.

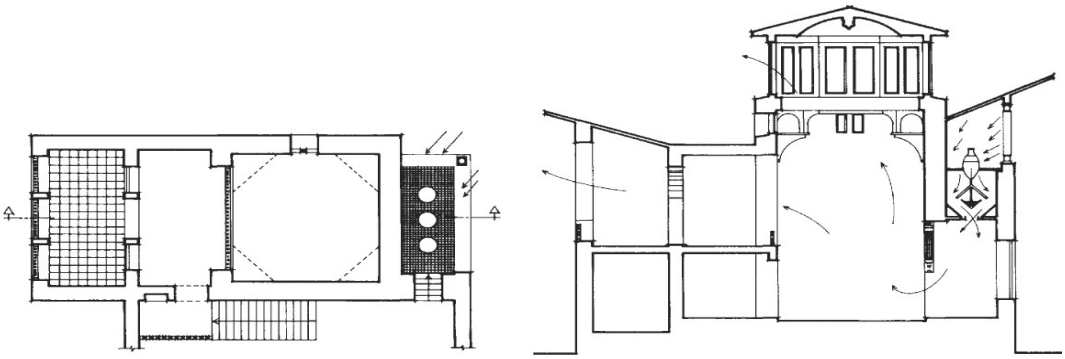
3.1. Binalarda pasif soğutma

İnsan ihtiyaçlarını ve çevresel, iklimsel verileri esas alan geleneksel mimarlık, modern çevre sorunlarına gerçekçi çözümler sunmaktadır. 1970 deki enerji krizinden sonra yerel iklim koşulları için ekolojik ve sürdürülebilir çözümler ve özellikle geleneksel mimaride kullanılan ikilime duyarlı ögeler, yeni mimari tasarımlar için potansiyel çözümler içerdikleri için tekrar gündeme geldiler (Roaf ve diğerleri, 2009).

3.1.1. Geleneksel mimaride pasif soğutma yöntemleri

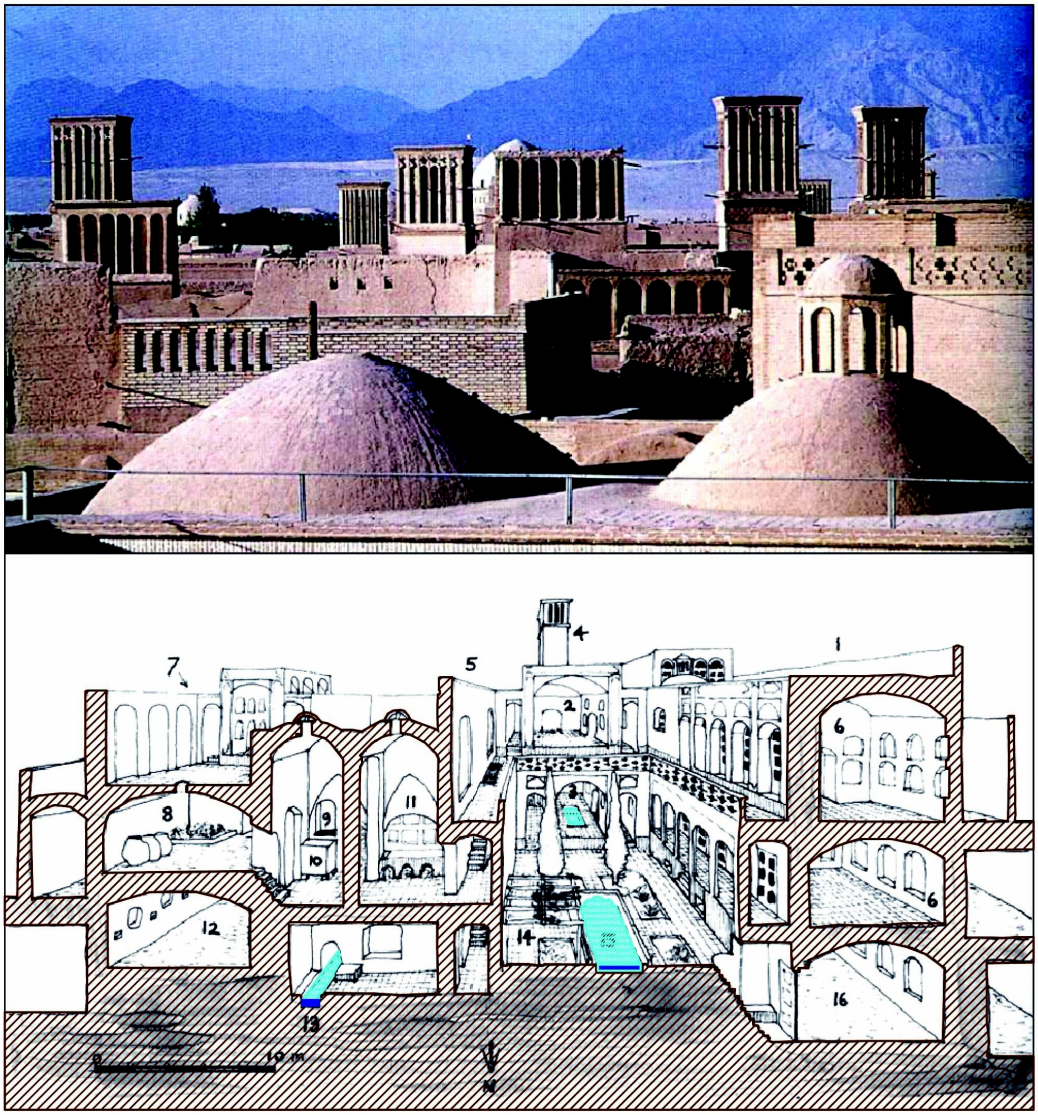
Mekanik soğutma sistemleri ortaya çıkmadan önce binaların soğutulması bazı doğal yöntemlerle gerçekleştiriliyordu. Ahşap kafeslerin arasından giren rüzgar, fiskiye ve çeşmelerden akan suyun buharlaşması, büyük hacimlerdeki çakıl taşı ve toprağın ısıyı depolaması gibi yöntemler yaygın olarak kullanılmaktaydı. Geleneksel serinleme sistemleri avlular ve su kullanımı ile sınırlı kalmamış, rüzgar kuleleri ve kafesler de

yaygın olarak kullanılmıştır. Urfa'da eyvanların ve odaların çatılarında daha alçak ve gömülü bacacıklar olarak görülen elemanlar, İran ve Mısır'da simgesel elemanlara dönüşerek rüzgar kuleleri şeklini almış ve yöresel mimarlığın işlevsel ve biçimsel ögesi haline gelmişlerdir (Solmaz Yeler ve Özek, 2007). Arap ülkelerinde "malkaf" olarak adlandırılan hava bacalarının verimli çalışması için evin en fazla rüzgar alan cephesinde, üst kata camsız pencere gibi bir açıklık bırakılır, buradan giren rüzgar, tüm binanın içinde bir hava dolaşımı başlatarak serinletici etki yapar. Bu etkiyi daha da arttırmak için hava boşluğuna, içi su dolu büyük bir küp de konulurdu (Şekil 25). Eve giren hava, çömlekteki suyun buharlaşması ile serinler ve nemlenirdi (Kışlalıoğlu ve Berkes, 2007).



Şekil 25. Rüzgar bacası; malkaf. Plan ve kesitte hava bacasına yerleştirilmiş içi su dolu küpler görülmektedir. Küpün yüzeyine çarpınca evaporasyon yolu ile ısısı azalan havanın yoğunluğu artar ve aşağıya doğru süzülür. İç mekandaki sıcak hava negatif basınç yönüne doğru çekilir ve çatı pencerelerinden tahliye edilir (Fathy, 1986). Hassan Fathy'nin çalışmaları, günümüzde sürdürülebilir mimarlığın öncülerinden olan Glenn Murcutt gibi pek çok mimara ilham vermiştir (Fromonot, 1995).

Orta Doğu ve Asya'nın geleneksel mimarisi, yerel iklim koşullarının, kültürün ve yerin ürünüdür, bu bölgelerin geleneksel mimarisinde, yerel iklim koşulları ile başa çıkabilmek için rüzgar tutucular yaygın olarak kullanılmıştır (Koch-Nielsen, 2002; El- Shorbagy, 2010). Sıcak iklime sahip bölgelerde yerel mimaride kullanılan rüzgar tutucu ve benzeri ögeler yeniden alternatif doğal havalandırma ögesi olarak değerlendirilebilir. Bu iklim bölgelerindeki yerel mimarilerde iç avlu, yerel materyal, rüzgar tutucu, serinletici su ögeleri gibi iç mekanın soğutmasında kullanılan pek çok metot vardır (Şekil 26).

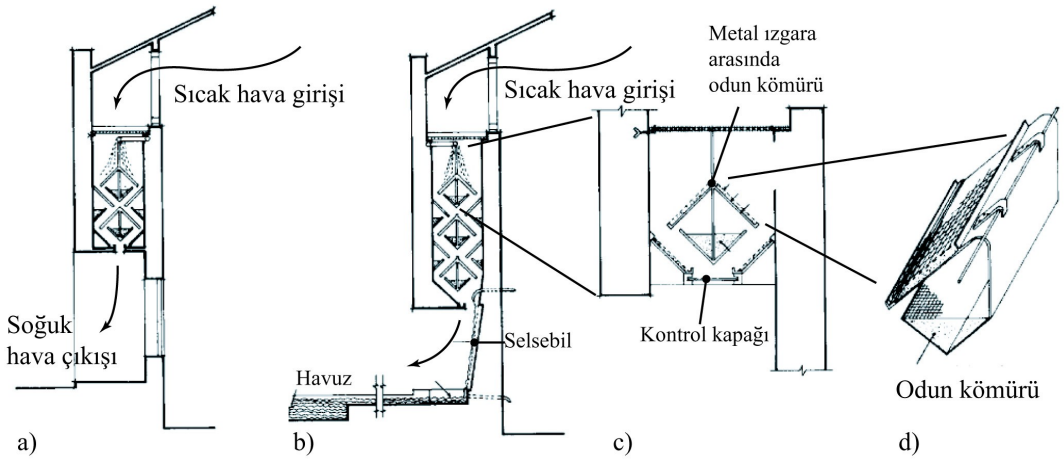


Şekil 26. Geleneksel bir konutta iç mekan konforu; Yazd evi, İran. Gün içerisinde malkaftan içeri alınan rügar avluları ve bağlantılı odaları serinletir. Gece, iç mekanın ve yapının sıcağı malkaftan tahliye edilir . 1. Teras. 2. Yaz odası. 3. Orta havuzlu yaz odası. 4. Rüzgar tutucu, malkaf 5. Batı duvarı; bu duvarın arkasında yaşam mekanı bulunmamaktadır. 6. Yaşam alanı. 7. Misafir avlusu. 8. Depo. 9. Kuyu 10. Su deposu. 11. Mutfak. 12. Depo. 13. Kanat; yer altı su kanalı. 14. Çardak. 15. Orta havuz. 16. Sıcak yaz günleri için toprağa gömülü serin oda (Roaf ve diğerleri, 2009).

Geçmişi M.Ö. 1300'lere dayanan rüzgar tutucuların bazı tiplerinde hem rüzgar yönünde havayı içeri almak için hem de rüzgara zıt yönde sıcak havayı tahliye etmek için olmak üzere iki açıklığı vardır (El-Shorbagy, 2010). Yerel iklim koşullarına göre rüzgar tutucuların farklı tipleri vardır, en yaygın kullanılan tipleri; tek yönlü (malkaf) ve çok yönlüdür (badgir). Rüzgar tutucunun ölçüsü dış hava sıcaklığına göre belirlenir, dış hava sıcaklığı fazla ise küçük, hava sıcaklığı nispeten az ise büyük rüzgar

tutucular tercih edilir (El-Shorbagy, 2010). Bu bacalara, havanın nemini arttırmak ve ısıyı azaltmak için mermerden yapılma taşmalı selsebil de eklenirdi (Şekil 27).

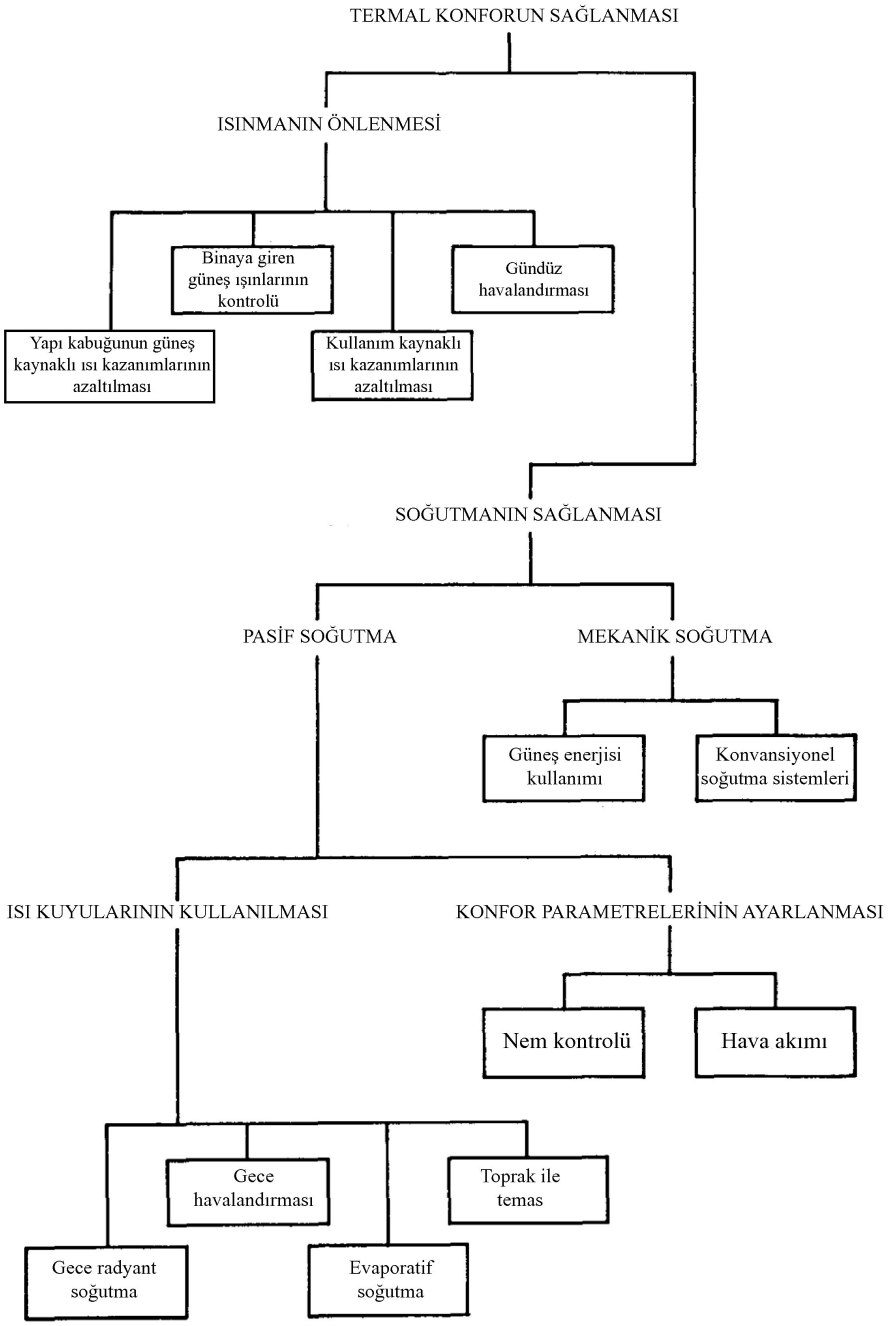
Doğal havalandırmanın yanı sıra kullanılan su ögesi iç mekan ısısının azaltılmasında oldukça etkilidir. Palermo'daki Zisa Sarayı'nın kabul holünde doğal su kaynağına bağlı selsebil, yapının içinden mermer kaskatlar halinde akarak dış mekan havuzlarına ulaşmaktadır (Blair ve Bloom, 2009).



Şekil 27. Su püskürtmeli ve selsebilli hava bacası.
Hassan Fathy'nin hazırladığı malkaf detayları.
a) Su püskürtmeli hava bacası; rüzgar yönünden giren hava su püskürtlerek soğutulur. b) Nemi arttırmak için alt hava çıkışına selsebil ve havuz eklenir. c) Dış hava koşullarının uygun olmadığı durumlarda hava bacasının altındaki kapak kapatılır. d) Hava-su temas yüzeyini arttırmak için metal ızgaralar arasına odun kömürü yerleştirilir (Fathy, 1986).

3.1.2. Binalarda pasif soğutma stratejileri

Yapılarda iklime duyarlı, yerel kaynakların kullanımı ile gerçekleştirilen, enerji verimli pasif soğutma sistemleri hem kullanıcıların konforu hem de enerji tasarrufu için mutlaka irdelenmesi gereken yöntemlerdir. Bu yöntemler mimari tasarım sürecinin başlangıcından bitimine kadar projenin ayrılmaz parçaları olmalıdır. Dış koşullardan kaynaklanan ısı kazanımlarının engellenmesi ve iç ısı kazanımlarının azaltılması, pasif soğutma sisteminin verimliliği için mutlaka yerine getirilmesi gereken ön koşuldur. İklime uygun tasarım stratejileri belirlenirken, fiziksel çevre etmenleri ve kent geometrisi, kentsel yüzeyler, bina formu ve yerleşimi, güneş kontrolü, ısı izolasyonu gibi yapılı çevreye ilişkin etmenler değerlendirilmelidir (Şekil 28).



Şekil 28. Binalarda termal konfor; güneş ve kullanım kaynaklı ısınmaların azaltılması ve pasif ve/veya mekanik soğutmanın gerçekleşmesi ile sağlanır (Baker, 1987). Günümüzde mekanik soğutmada alternatif enerjilerin ve ısı pompalarının kullanımı giderek artmaktadır. Mekanik çözümlere alternatif ve destek olan pasif sistemlerinin soğutma stratejileri; enerji kullanmaksızın binalarda soğutma yüklerini kontrol edici, engelleyici ve azaltıcı tüm önlemleri kapsamaktadır

Pasif soğutma stratejileri, mekanik enerji kullanmaksızın binalarda soğutma yüklerini kontrol edici, engelleyici ve azaltıcı tüm önlemleri kapsamaktadır. Bu önlemler üç ana başlık altında toplanabilir:

- ısı kazançlarının önlenmesi ve azaltılması,
- bina kabuğunda ısı depolama süresinin arttırılması,
- ısının iç ortamdan atılması (Santamouris ve diğerleri, 2004; Yıldız ve Arsan, 2009).

3.1.3. Binaların ısı kazançlarının önlenmesi ve azaltılması

Binalarda ısı kazançları iç ve dış ısı kazançları olmak üzere ikiye ayrılır. Dış ısı kazançları, güneş ışınımı, çevresel sıcaklıklar nedeni ile gerçekleşir. İç ısı kazançları ise bina kullanıcılarından kaynaklanan metabolik ısılar, aydınlatma, ofis ekipmanları ve pişirme aktivitelerinden kaynaklanır (Koch-Nielsen, 2002, Yıldız ve Arsan, 2009).

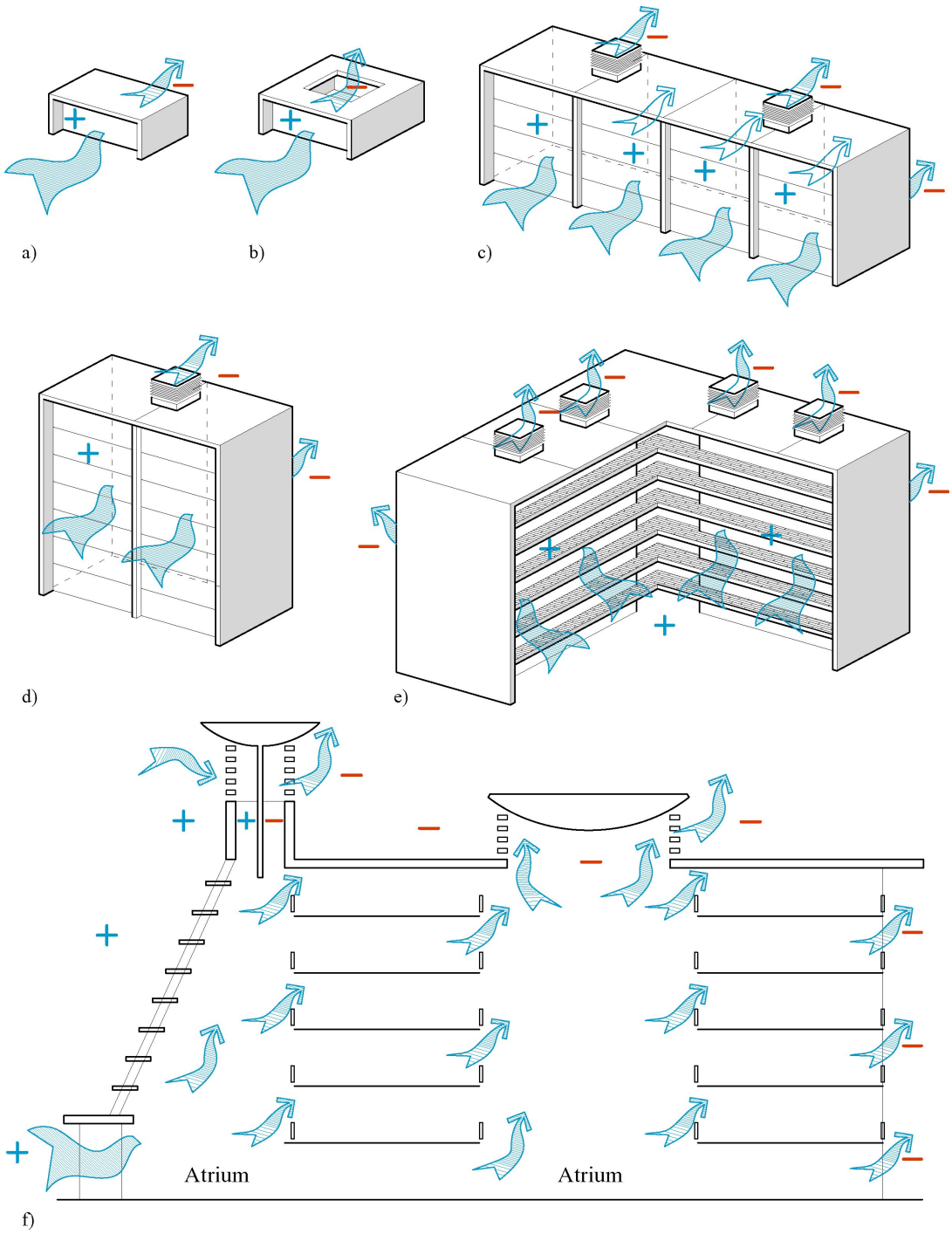
Binanın formu, güneş kontrolü, bina kabuğunun termal özellikleri, kullanılan yalıtım ve malzeme seçimi, yapının ısı kazançlarının önlenmesinde mutlaka değerlendirilmesi gereken faktörlerdir. Uygulanacak pasif soğutma tekniklerinden istenilen performansın sağlanabilmesi için binaların ısı kazançlarının önlenmesi ve azaltılması şarttır. Binanın yakın çevre mikroklima özelliklerinin yanı sıra iklimle dengeli yapı tasarımında, yapıya ilişkin tasarım parametreleri de oldukça önemlidir. Bu parametreler; yer seçimi, bina aralıkları, bina formu, yön ve bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleridir. Isı kazançlarının önlenmesi veya azaltılması; iklime uygun peyzaj planlaması, iklime uygun bina tasarımı ve doğru bina kabuğu ile mümkündür (Koch-Nielsen, 2002, Yıldız ve Arsan, 2009).

Sıcak bölgelerde bina formu

Binanın formu, oryantasyonu, açıklıkların ve şeffaf yüzeylerin konumu, bina kabuğunun termal özellikleri, saçaklar ve güneş kırıcıların doğru tasarımı güneş kaynaklı ısınmanın azaltılmasında önemli etmenlerdir. Ayrıca dış hava akımlarının bina içinde istenen noktalara kadar ulaşmasının sağlanması ve istenmeyen sıcak havanın binadan tahliye edilebilmesi için, bina iç mekan organizasyonun ve bina yerleşim ve açıklıklarının doğru tasarlanması gereklidir.

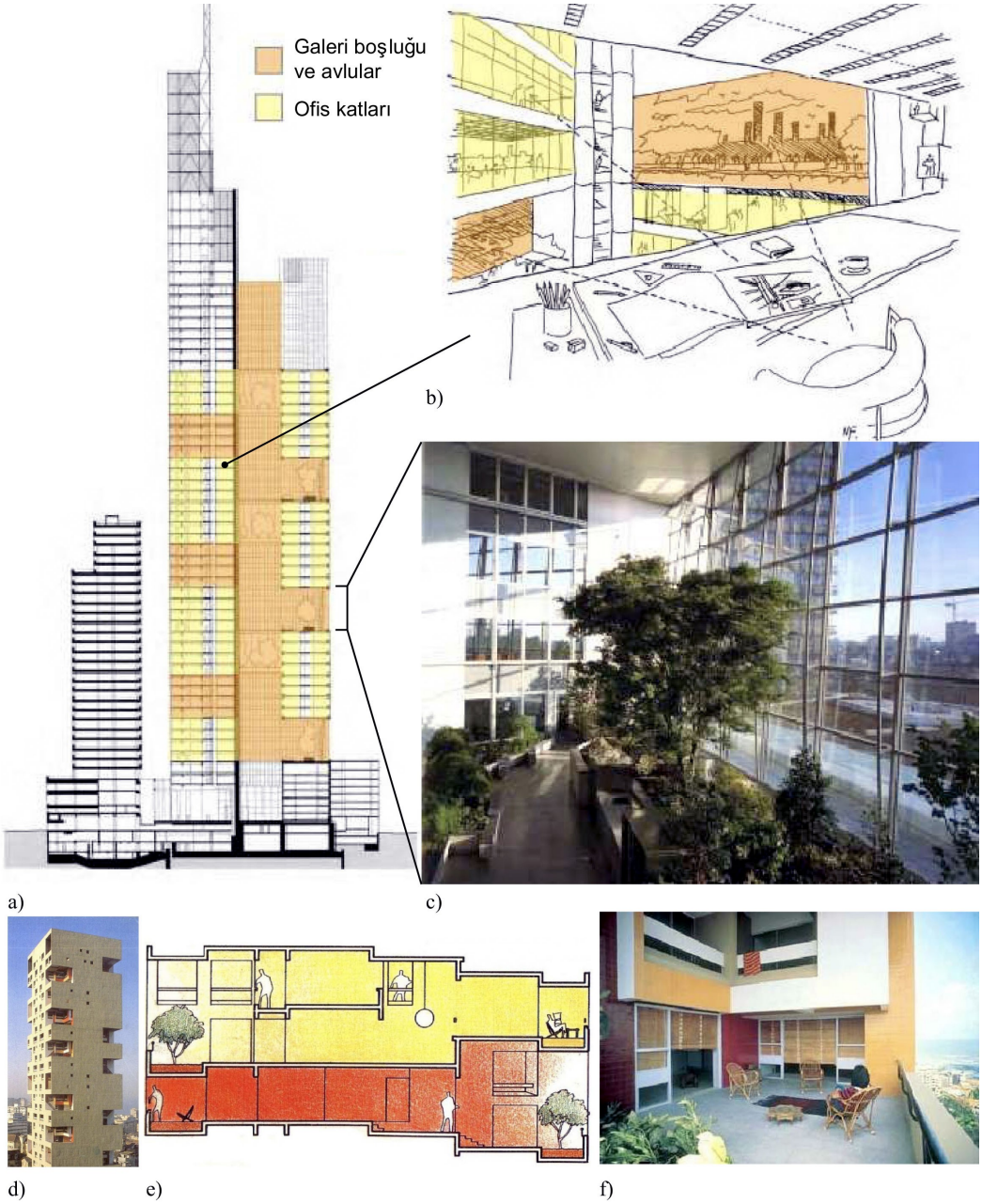
Sıcak iklim kuşağında genellikle gelişmekte olan ülkeler yer almaktadır (Givoni, 1994). Nüfusun ihtiyacına cevap verebilmesi, toplumun sosyal ve ekonomik yapısına uygunluğu, bina tipi seçimindeki kritik faktörlerdir. Aşağıda tekil yapılar, sıra evler, avlulu yapılar, çok katlı apartman yapıları ve çok katlı kule binalar gibi yapı tiplerinin iklimsel özellikleri ele alınmıştır:

- Tekil yapılar ve müstakil konutlar, rüzgar yönüne ve oryantasyona uygun konumlandırıldığında, tüm dış cephelerinin hava akımlarına açık olması sebebi ile sıcak-nemli iklim bölgelerinde tercih edilir (Şekil 29a). Diğer yapı tipleri ile karşılaştırıldığında, rüzgar hızının azaldığı gece saatlerinde dahi nispeten daha çabuk soğur ve konforlu bir ortam oluşur (Givoni, 1994). Sıcak kuru iklim bölgelerinde ise tekil yapılar daha çok ısıya maruz kalacağından tercih edilmez, kompakt yapılardan oluşan çoklu çözümler tercih edilir Şekil 19'da Hassan Faty'nin sıcak-kuru iklim bölgesinde yer alan Harrania için tasarladığı kent dokusu görülmektedir, kompakt bina formu, yapıların dış yüzey alanı daha az güneş ışınına maruz kalacağı için tercih edilmiştir (Koch-Nielsen, 2002).
- Avlulu yapı, bir yapı ya da yapı grubunun gökyüzüne açık bir orta mekanı çevrelemesi ile biçimlenir (Şekil 29b). Tüm sıcak-kuru iklim bölgeleri ve Akdeniz iklim kuşağında asırlardır tercih edilen bir yapı formudur. Gün içinde avlu, onu çevreleyen binadan daha çabuk ısınır ve binanın yüksekliğine ve oluşan ısı farkına göre, hava bacası gibi çalışır. Avlu içinde ısınan havanın yükselmesi ile negatif basınç oluşur ve bu basınç farkından ötürü çevresindeki mekanlarda hava akımı gerçekleşir. Avluda su ögesi ve bitkilendirme varsa serinleme etkisi çok artar (Koch-Nielsen, 2002).
- Sıra evler, rüzgar yönüne ve oryantasyona uygun konumlandırıldığında ve üç kattan fazla olmamak kaydı ile sıcak nemli iklimler için oldukça uygun yerleşim birimleridir. Çok katlı sıra evlerde hava akımını bina içine almak, gündüz ısısını tahliye edebilmek ve gece havalandırması yapabilmek için merdiven kovaları, hava bacası prensibi ile tasarlanabilir (Şekil 29c). Hava bacası hem ortak alanların hem de bağımsız bölümlerin havalandırması için kullanılabilir (Givoni, 1997; Allard ve Ghiaus, 2005).



Şekil 29. Sıcak ve nemli bölgelerin iklimine uygun bina formları. a) Tekil yapılar. b) Avlulu yapılar. c) Sıra evler. d) Tek katta iki daireli apartman yapıları. e) Açık koridorlu çok katlı yapılar. f) Atriumlu yapılar.

- Çok katlı apartman yapıları, rüzgar yönüne ve oryantasyona uygun konumlandırıldığında, tek katta iki daireli tiplerde, her birimde çapraz havalandırma sağlanabileceği için, sıcak-nemli iklim bölgelerinde tercih edilir (Şekil 29d). Ekonomik olması sebebi ile tercih edilen bir katta ikiden fazla dairenin olduğu, iç koridorlu apartman tipleri, sıcak-nemli iklim bölgeleri için uygun değildir (Givoni, 1994). Merdiven ve asansör kovaları hava bacası ve/veya evaporatif soğutma bacası olarak tasarlanabilir. Bu durumda iç mekanlar, tüm dairelerin uygun havalandırma koşullarından yararlanabilmesini sağlayacak şekilde düzenlenmelidir. Bu amaca ulaşabilmek için yapı, rüzgar yönüne dik ya da rüzgar yönüne en fazla 60° açı ile yerleştirilmelidir.
- Açık koridorlu ve çok katlı yapılarda çapraz hava akımı bina boyunca sağlanmış olmakla beraber, görsel ve işitsel olarak kullanıcı hoşnutsuzluğu oluşabilir (Şekil 29e). Sıcak kuru iklim bölgelerinde ise, orta koridorlu kompakt yapılar tercih edilmelidir (Givoni, 1998).
- Atriumlu yapılar, iç mekanda, düşeyde yarattıkları baca etkisi ile sağladıkları soğutma etkisi ile sıcak nemli iklim bölgeler için uygun çözümlerdir. Genellikle çok katlı binaların iç mekanında birkaç katlı boşluk oluşturulması ile şekillenen atriumlu yapılar geniş iç hacim ve yüksek tavanları ile sıcak iklim bölgelerinde tercih edilirler. Atrium binanın merkezinde ve/veya cephesinde ara hacim olarak yer alabilir (Şekil 29f).
- Gök avlulu yapılar dış mekanda, düşeyde yarattıkları baca etkisi ile sağladıkları soğutma ile sıcak nemli iklim bölgeler için uygun çözümlerdir (Sev, 2009). Çok katlı yapıların kütlelerindeki büyük ölçekli boşluklarla oluşturulan ara dış mekanlar, gök avlulu yapıların biçimlerini belirler (Şekil 30).
- Çok katlı kule binalar, karmaşık strüktür ve iklimlendirme sistemleri gerektirir. Dar ve yüksek yapılar uygun mesafelerde yerleştirildiklerinde, rüzgarın akışına ve hızına engel olmaz, aksine hızı arttırır ve yayarlar. Üst katlarda nem ve sıcaklık zemin ve alt katlara göre daha azdır (Yeang, 2007).



Şekil 30. Gök avlulu yapılar
Mimar Norman Foster'ın tasarladığı Commerzbank Kulesi'nin ortasındaki iç boşluk ile bağlantılı gök avlular, orta mekandaki hava sirkülasyonunun sürekliliğini ve çalışma alanlarına gün ışığı girmesini sağlar. a)Yapının kesiti. b) Ofislerden gök avlulara bakışı gösteren perspektif. c) Commerzbank binasının güney cephesindeki gök avlusu (Lambot ve Davies, 1997). d) Mimar Charles Corea'nın tasarladığı, Bombay'daki Kanchanjunga Apartmanı. e) Dubleks konutların tip kesiti. f) Kütledeki derin boşluklar sayesinde denizden gelen esintiler bina içine alınırken, güneş ışınlarından da koruma sağlanır (Khan, 1989).

3.1.4. Bina kabuğunun ısı depolama süresinin arttırılması

Bina kabuğu, bina iç ortamı ile bina dışı çevreyi birbirinden ayıran, fiziksel çevre etmenlerine bağlı olarak biçimlenen, yatay, düşey ve eğimli tüm yapı bileşenlerinin oluşturduğu yapı ögesidir. Bina kabuğu, iklimsel konforun sağlanmasında ve enerji korunumunda, tasarımcının denetiminde olan en önemli değişkendir (Özek ve Kısa Ovalı, 2007).

Bina dış yüzeyinde ısıl yalıtımın kullanılması bina kabuğundaki ısı iletimini azaltır. Bu sayede bina kabuğunun iç yüzey ısısı düşerek iç ortama ışıma sıcaklığı azalır. Kabuğun; yutuculuk, geçirgenlik, yansıtıcılık gibi optik ve ısı geçirme, saydamlık gibi termofiziksel özellikleri, binanın dış hava sıcaklığı ve radyasyon etkileri ile oluşan ısı kayıp ve kazançlarını belirlemektedir. Sıcak iklim bölgelerinde, bina kabuğu yapıyı radyant ısınma ve dış ortam sıcaklığından korurken, kabuğun biçimlenişi de rüzgarın havalandırma etkilerinden maksimum düzeyde yararlanmayı sağlamalıdır (Yıldız ve Arsan, 2009).

Bina kabuğunun niteliklerine bağlı olarak iç mekan termal konfor düzeyi ve soğutma amaçlı enerji harcamaları değişim göstermektedir bu nedenle kabuk, yapılı çevreye ilişkin doğal iklimlendirme alt sistemini oluşturan parametreler içinde yer almaktadır (Özek ve Kısa Ovalı, 2007).

Soğutmanın gerekli olduğu zamanlarda binanın ısı kazançlarının azaltılması, dış hava sıcaklığının ısıl kütle sıcaklığından fazla olduğu zamanlarda kazanılan ısının bina kabuğunda tutularak iç mekana verilme süresinin geciktirilmesidir. Isıl kütle, bina kabuğunun ısı depolama kapasitesi olarak tanımlanmaktadır. Bu yöntemle, özellikle yaz aylarında öğle saatlerinde gerçekleşen zirve sıcaklık değerlerinin iç mekana aktarımı zamansal olarak geciktirilebilir. Yüksek ısıl kütleye sahip malzemeler, çok miktarda ısı depolayarak mekanların yavaş veya hızlı bir şekilde ısınmasına veya soğumasına katkı sağlarlar (Yeang,2008; Yıldız ve Arsan, 2009).

3.1.5. Binalarda ısı kazançlarının pasif soğutma yöntemleri ile iç ortamdan atılması

Termal konfor koşullarının sağlanması, ısı kazançlarının önlenmesi veya geciktirilmesi ile mümkün olmayabilir, ilave olarak ısı kazançlarının iç ortamdan atılması gerekir. Bu durumda uygulanacak yöntemler, doğal, aktif veya hibrit olabilir. Toprak kaynaklı soğutma, doğal havalandırma, radyant (ışınımsal) soğutma ve su ile evaporatif soğutma yöntemleri binalarda kullanılan doğal soğutma yöntemleridir.

Pasif soğutma tekniklerinde istenen verimin sağlanabilmesi için, o yere ait iklim verilerine ve doğal kaynaklarına uygun seçim yapılaması gerekmektedir. Pasif soğutma sistemi bölgenin ortalama sıcaklık ve bağıl nemine göre belirlenmeli ve yerel kaynaklar kullanılmalıdır. Şekil 17'deki Givoni'nin hazırladığı iç mekan termal konfor diyagramında hava sıcaklığı ve bağıl neme göre pasif soğutma sistemlerinin seçimi şematik olarak gösterilmiştir.

3.2. Pasif soğutma yöntemlerinin tipleri

Hava, su, toprak, gökyüzü gibi doğal kaynakların kullanımı ile gerçekleştirilen doğal soğutma yöntemleri dört gruba ayrılır. Bu yöntemler ayrı ayrı kullanılabilecekleri gibi kombine olarak ya da mekanik soğutma sistemlerini destekleyici olarak da kullanılabilirler.

3.2.1. Toprak kaynaklı soğutma

Sıcaklık farkları sayesinde toprak, bir bina için, özellikle sirkülasyon havasının soğutulmasında ısı kuyusu olarak görev yapabilmektedir. Eğer toprak sıcaklığı yeterince düşükse, bu enerji, çeşitli şekillerde binanın soğutulmasında kullanılabilir. Bina mümkün olduğunca toprakla çevrelenebilirse, iletimle ısı transferi vasıtasıyla; duvarların ısı iletkenliği yüksek, yani duvarlar yalıtımsız olmalıdır, pasif soğutma yapılabilir. Bu uygulama sıcak yaz ve ılıman kış iklimlerine sahip bölgeler için çok uygundur (Çakmanus, 2001).

Gece-gündüz sıcaklık farkının azaltılmasında toprağa ya da kayaya gömülü yaşam alanları yaratmak, geçmişte de kullanılan yöntemlerdir. Tunus, Çin yer altı

konutları ve Göreme peri bacaları, toprağın soğutma kaynağı olarak kullanıldığı yerleşimlerdir (Solmaz Yeler ve Özek, 2007).

Yüksek ısıl kapasitesi nedeni ile toprağın ısısı yaz aylarında, belli bir derinlikten sonra ortam sıcaklığından daha düşüktür. Ilıman iklimlerde 2 veya 3 m derinlikteki toprak soğutma amaçlı kullanmak için yeterli olmaktadır (Yıldız ve Arsan, 2009). Sıcak iklimlerde daha derine inmek gereklidir, sıcaklık farkını arttırmak için toprak yüzeyi gölgelendirilebilir. Givoni (1998) tarafından iki yöntem geliştirilmiştir. Yöntemlerin ikisinde de toprak yüzeyinde oluşan evaporasyonun kesintiye uğramadan gölgelendirilmesi sağlanmıştır. İlk yöntemde; toprak yüzeyi yazın en az 10 cm kalınlığında ağaç, çakıl taşı gibi malzemelerle örtülmekte ve bunlar sulanmaktadır. İkinci yöntemde; sulama veya yaz yağmurları ile toprak yüzeyinden su buharlaşması sağlanarak yüzey sıcaklığı ve alttaki toprak sıcaklığı düşürülebilmektedir. İsrail ve Kuzey Floarida'da yapılan çalışmalarda bu yöntemlerle toprak yüzey sıcaklığı, çevre sıcaklığından 10-16°C arasında düşük tutulabilmiştir (Givoni, 1998).

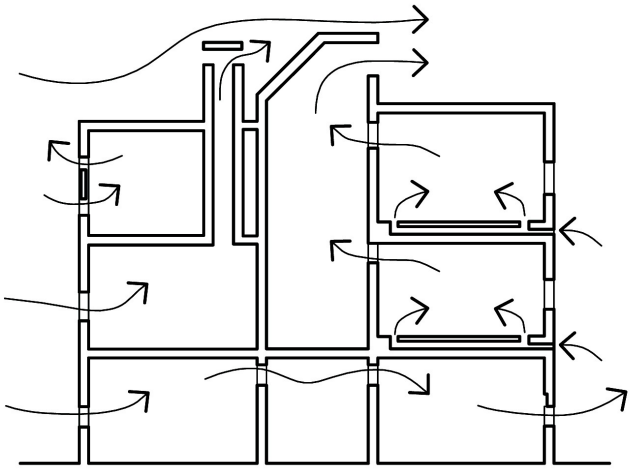
Toprak kaynaklı soğutma direkt ve endirekt olarak gerçekleşebilir. Bina dış yüzeyi toprak ile direkt temas halinde ise toprağın ısıl kütlesi, iç ortam sıcaklığının azalmasını sağlar. Endirekt soğutma, ön soğutma yöntemidir. Yer altına döşenen borularda sirküle edilen su veya havanın ısısı serin toprak katmanı sayesinde azalır ve bina içinde bu serinlikten yararlanılır. Bina çok iyi izole edildikten sonra, PVC borular ısı değişimini sağlamak amacı ile toprağa yerleştirilir. Bu borularda binanın sirkülasyon havası dolaştırılarak soğutulması sağlanabilir. Hava sirkülasyonu kapalı devre olabileceği gibi, dış havanın içeri alınması şeklinde de olabilir. İç havanın, toprağa gömülü bu borulardan dolaştırılmasıyla hava sıcaklığı, dış hava sıcaklığından 10°C daha düşük seviyelere getirilebilir. Çok yüksek dış hava sıcaklıklarına sahip bölgelerde ise verim daha da artmaktadır (Çakmanus, 2001).

3.2.2. Konfor havalandırması

Bina içindeki hava akımı ile düşük sıcaklıklarının taşınması ve sıcak havanın dışarı atılması ile konfor havalandırması oluşur, konveksiyon yolu ile gerçekleşen bir pasif soğutma yöntemidir (Yıldız ve Arsan, 2009). Binalarda iç hava hareketlerinin niteliği, iç ve dış mekanlar arasındaki basınç ve sıcaklık farkına bağlı olarak değişir.

Rüzgar doğal bir basınç farkı yaratır. Bina içi ile dışı arasındaki sıcaklık farkı da basınç yaratabilir, farkın yetersiz olduğu durumlarda mekanik fanlardan yararlanılabilir (Yaşa, 2004). Ayrıca oluşan hava akımı sayesinde insan derisindeki ter hızla buharlaşırken vücudun ısı dengesi korunmuş olur ve konfor hissi oluşur.

Binalarda doğal havalandırma sağlamak için kullanılan yöntemler; karşılıklı havalandırma, tek yönlü havalandırma, pasif emme havalandırması, rüzgar kuleleri, iç galeri havalandırması olarak sıralanabilir (Şekil 31). Ayrıca güneş bacaları kullanılarak sağlanan ısı artışı ile düşük rüzgar hızına rağmen iç mekan hava akım hızı arttırılır. Güneş bacasının etkinliği sıcak ve nemli iklimlerde çatıya ilave su sprey mekanizması eklenerek arttırılabilir (Allard ve Ghiaus, 2005; Yıldız ve Arsan, 2009).



Şekil 31. Binada doğal havalandırma alternatifleri.
Binalarda doğal havalandırma sağlamak için kullanılan yöntemler; karşılıklı havalandırma, tek yönlü havalandırma, pasif emme havalandırması, rüzgar kuleleri, iç galeri havalandırması olarak sıralanabilir (Allard ve Ghiaus, 2005).

3.2.3. Gece konvektif soğutma

Gece soğutması, dış sıcaklığın iç ortam sıcaklığından daha düşük olduğu zamanlarda gece boyunca sağlanan hava akımı ile iç ortam sıcaklığının bina ısıl kütlesinin depolama kapasitesine bağlı olarak azaltılmasıdır. Gece soğutması iç ortam ısıl koşullarına:

- zirve sıcaklıklarını azaltarak,
- gün içindeki ve erken saatlerdeki iç ortam sıcaklığını azaltarak,
- döşeme yüzey sıcaklıklarını azaltarak

- maksimum dış ve maksimum iç sıcaklıklar arasında gecikme (time lag) yaratarak etki eder (Yıldız ve Arsan, 2009).

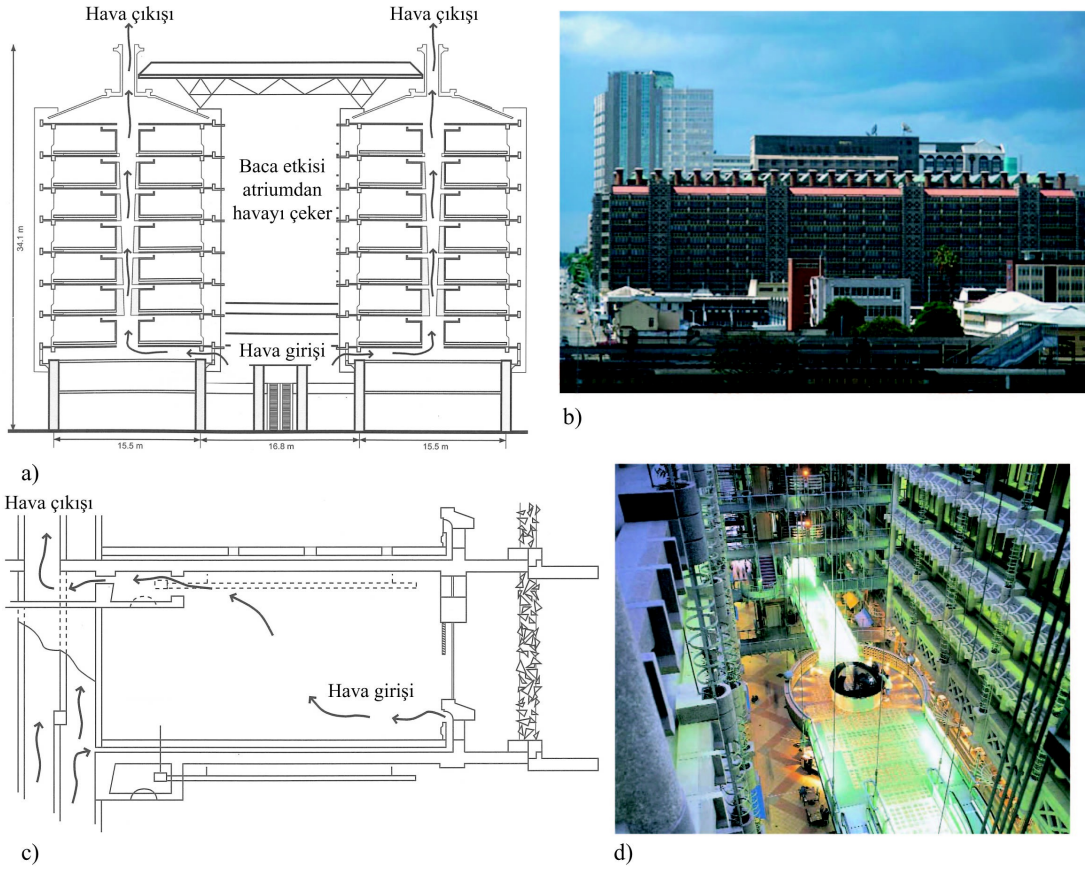
Binalar geceleri bina kütlesinde soğu depolamak amacı ile havalandırılabilir. Eğer bina kütlesi, taş veya beton gibi ısıyı tutan bir malzeme ise, gece soğuyan kütle, gündüz saatlerinde radyasyon ve doğal konveksiyon ile bir ısı kuyusu (heat sink) olarak görev yapabilir. Bu etkini arttırılabilmesi için gündüz saatlerinde pencere ve açıklıklar kapalı tutulmalıdır (Çakmanus, 2001).

Serinlik bina duvarlarında, zemin tavan döşemesinde hatta özel olarak tasarlanan kaya yatağı veya su tanklarında depolanabilir. Uygun koşullar altında depolanan serinlik; bina kütlesinde birkaç saat, kaya yataklarında birkaç gün, toprakta sezonsal olarak, suda birkaç saat veya ay, faz değiştiren malzemelerde (buz gibi) ise günlük veya sezonluk depolanabilmektedir (Roaf ve diğerleri, 2002). Bu soğutma yöntemi pratikte tek ailelik evlerden çok katlı apartmanlara, ofis binalarına kadar tüm bina tiplerine; iyi yalıtılmış ve soğuk depolayacak kütleye sahip olmak kaydı ile, uygulanabilir (Çakmanus, 2001).

Yüksek ısıl kütlesi olan, iyi yalıtılmış, iyi gölgelendirilmiş, gün boyunca pencereleri kapalı bir binada, dış hava sıcaklığına bağlı olarak, iç mekan sıcaklığının %35-40 civarında azaltılması, gece havalandırması ile mümkündür (Koch Nielsen, 2002; Yıldız ve Arsan, 2009). Pencerelerin açılarak iç ortamın havalandırılması, dış hava sıcaklığının iç hava sıcaklık değerinden az olduğu zamanlarda yapılmalıdır (Çakmanus, 2001).

Pearce Partnership tarafından tasarlan Eastgate Ticaret Merkezi Binasında pasif ve doğal havalandırma yöntemleri kullanılmıştır. Harare'nin iklimi genellikle ılık ve kuru olup, yılın kısa bir döneminde sıcak ve nemlidir. Bölge ikliminde geceleri serin geçer ve gökyüzü açıktır. Mimari tasarımda bölge ikliminin bu özelliği, gece radyasyon ve konveksiyon yolu ile soğutmada avantaj olarak kullanılmıştır (Sev, 2009). Binanın hava tahliye bacaları sayesinde atriumdaki hava gece dışarı atılır. Binanın duvar ve döşemesindeki hava dolaşım sistemi sayesinde oluşan sirkülasyon ile döşemeden iç mekana taze hava alınır ve iç mekanda depolanan ısı dışarıya atılır (Koch-Nielsen, 2002).

Binanın pasif havalandırma prensibini gösteren kesitte binanın hava tahliye bacaları sayesinde gece atriumda oluşan hava sirkülasyonu görülmektedir (Şekil 32). Bu alandaki hava, gece radyasyon ve konveksiyon yolu ile soğutulur (Koch-Nielsen, 2002; Sev, 2009).Yapının çatısındaki doğal havalandırma bacaları, soğutma fonksiyonlarının yanı sıra yapının siluetini belirleyen karakteristik mimari unsurlardır.



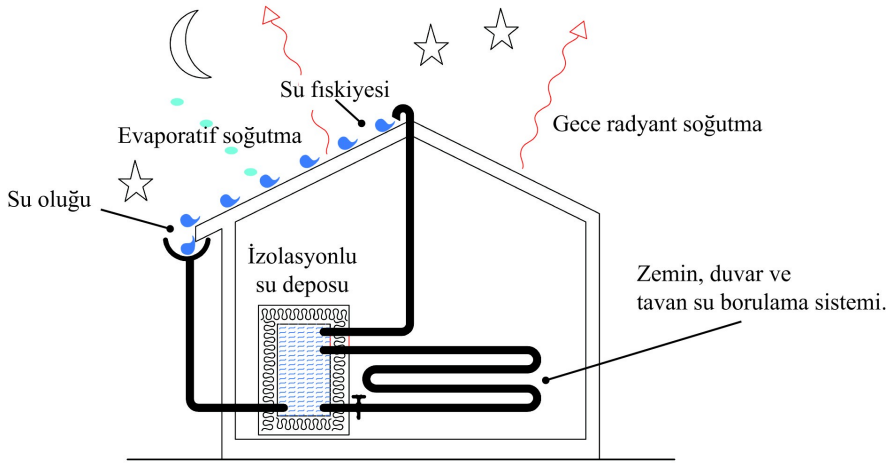
Şekil 32. Eastgate Ticaret Merkezi, Harare, Zimbabwe.
a) Binanın pasif havalandırma prensibini gösteren kesit. Binanın hava tahliye bacaları sayesinde atriumdaki hava gece dışarı atılır. b) Yapının çatısında doğal havalandırma bacaları yer almaktadır. c) Binanın duvar ve döşemesindeki hava dolaşım sistemi sayesinde iç mekanda depolanan ısı dışarıya atılır. d) Binanın atriyumundaki hava, gece radyasyon ve konveksiyon yolu ile soğutulur. Mick Pearce tarafından tasarlanan yapı doğal yöntemlerle havalandırılmaktadır (Koch-Nielsen, 2002; Sev, 2009).

3.2.4. Gece radyant soğutma

Bina, ısıl kütlesine bağlı olarak gün boyunca ısı depolar. Geceleri ise, gündüz yüzeylerde depolanmış olan bu ısı, gökyüzü sıcaklığı yüzey sıcaklığından daha az olduğu için gökyüzüne geri döner. Güneşten kaynaklı ısı kazanımları gündüz, ışınımsal

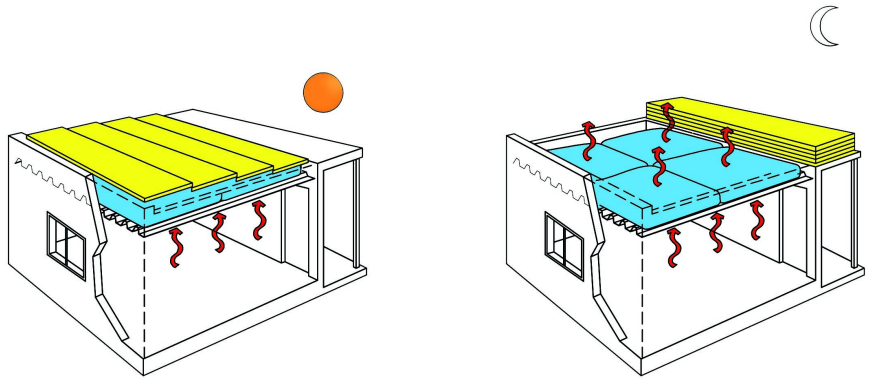
ısı kayıpları gece oluşur. Gece, uzun dalga boylu ışınlar ve gün boyu kazanılan ısı gökyüzüne salınır. Radyant soğutma gökyüzünün açık olduğu gecelerde gerçekleşebilir. Bulutlu, sisli ve kirli hava koşullarının, radyant soğuma üzerinde yoğunlukları oranında engelleyici etkileri vardır (Baker, 1987; Yıldız ve Arsan, 2009). Gök yüzüne bakan her hangi bir yüzey bir radyatör gibi düşünülebilir. Yazın gündüz radyant ısı kazancı, gece ısı kaybı söz konusudur. Binaların gökyüzüne bakan en geniş yüzeyleri çatılarıdır. Güneş radyasyonlarının en yoğun emildiği ve depolandığı yüzeyler olduğu için, aslında çatılar gece radyant soğutma için en uygun bina bileşenleridir (Şekil 33). Yüksek depolama kapasitesine sahip malzemelerin kullanımı ile ışınım potansiyeli arttırılabilir (Baker, 1987).

Bina konforunu artırmak için kışın ısı kayıplarını ve yazın da ısı kazançlarını azaltmak amacıyla, çatılar çok iyi yalıtılmalıdır. Ancak çatının dış yüzeyinde radyant ısı kayıpları meydana geldikçe yalıtım, binadan olan ısı transferini engelleyecektir. Radyant soğutmanın en basit biçimi, ağır ve iletkenliği yüksek bir kütlenin, örneğin yüksek yoğunluklu betonun, geceleyin gökyüzüne açık olarak bırakılması ve gündüz saatlerinde ise hareketli bir yalıtım malzemesi ile örtülmesidir. Böylece bina çatı yapısı geceleyin soğutularak gündüz saatleri için bir avantaj sağlamaktadır (Çakmanus, 2001; Yannas ve diğerleri, 2006; Givoni, 2009). Bu yöntem bir çok ülkede başarı ile uygulanmaktadır.



Şekil 33.Gece radyant soğutma.
Gece çatıya su püskürtülerek yüzeyin buharlaşma ve ışınım yolu ile soğutulması sağlanır, gece radyant soğutma ile soğutulan su, gündüz bina bileşenlerinin soğutulması kullanımı için depolanır (Baker, 1987)

Diğer bir pasif radyant soğutma sistemi Hay tarafından "Skytherm" adı ile geliştirilmiştir (Hay, 1978; Çakmanus, 2001). Bu sistem kışın ısıtma amaçlı olarak da kullanılmakta olup, çatı metalden yapılmaktadır. Metal örtünün üstünde içi su dolu plastik torbalar ve bunların üstünde de hareketli yalıtım malzemeleri bulunmaktadır (Şekil 34).

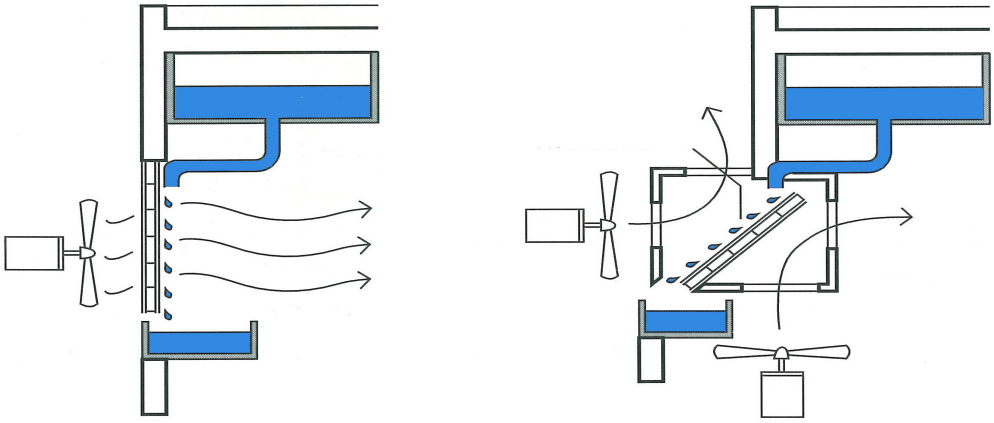


Şekil 34. Skytherm; yüzer izolasyonlu çatı (Yannas ve diğerleri, 2006).

Yazın gündüz saatlerinde su dolu torbaların üzerindeki izolasyon kapatılarak torbaların içindeki suyun ısınması engellenmektedir. Geceleyin torbaların üzeri açılarak suyun soğuması sağlanmakta, gündüz ise üstleri kapatılarak depolanan soğuğun binada kullanılması sağlanmaktadır. Diğer yandan çatı renkleri de soğutma için faktör olabilmektedir (Çakmanus, 2001).

3.2.5. Evaporatif soğutma

Su, sıvı halden gaz haline geçerken yakın çevresinden enerji alır ve bu enerji transferi ortamın serinlemesine neden olur. Evaporatif soğutma yöntemi, iç mekana giren havanın veya binanın strüktürünün soğutulmasında kullanılır. Havanın su ile soğutulması "direkt pasif evaporatif soğutma", bina strüktürünün veya yapı elemanın su ile soğutulmasına da "endirekt pasif evaporatif soğutma" yöntemi denir. Direkt soğutmada ortamın bağıl nemi artar, endirekt soğutmada kuru termometre sıcaklığı azalırken, ortamın bağıl nemi sabit kalır. Buharlaşma yoluyla pasif soğutma yöntemi; hava içindeki hissedilen ısının, ıslak yüzeylerdeki su damlacıklarının hissedilmeyen ısılarıyla yer değiştirmesidir (Yasa, 2004).



a) Direkt evaporatif soğutma aparatı b) Endirekt evaporatif soğutma aparatı

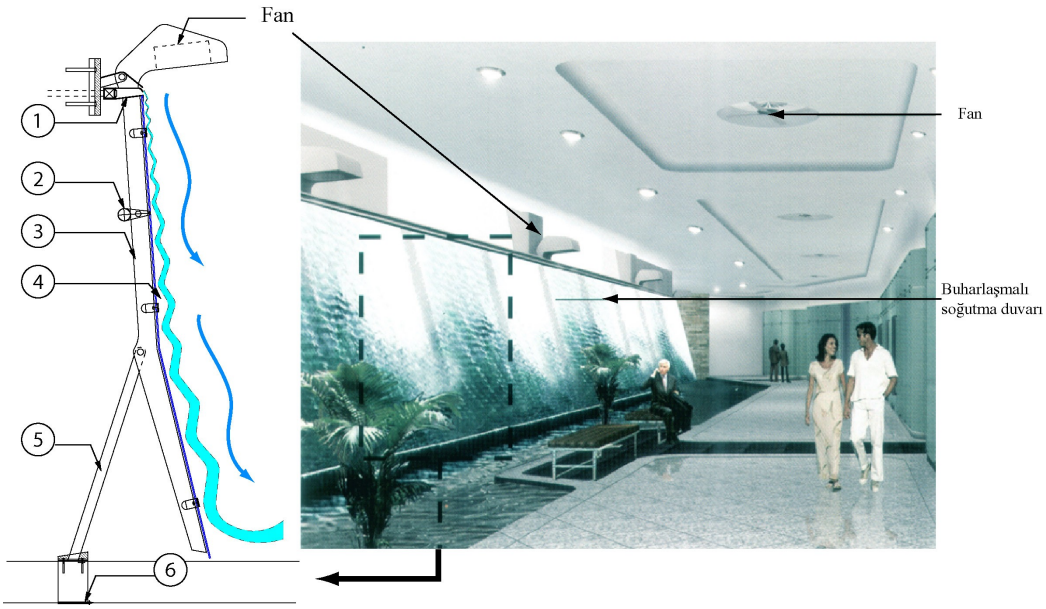
Şekil 35. Basit endirekt ve direkt evaporatif soğutma aparatları.
a) Soldaki aparatın çalışması ile direkt evaporatif soğutma gerçekleşir. Evaporasyon iç mekanda gerçekleştiği için iç ortamın nem oranı artar. Bu yöntem sıcak-kuru iklim bölgelerinde tercih edilir. Her iki yöntemde de su sirküle edilir, evaporasyonla kaybedilen miktarda su, sisteme ilave edilmelidir. b)Sağdaki aparatın çalışması ile endirekt evaporatif soğutma gerçekleşir. Evaporasyon yapının dışında ya da ara mekanda gerçekleşir bu nedenle iç ortamın nem oranı değişmez. Nem artışının istenmediği sıcak-nemli iklimlerde bu yöntem tercih edilir (Koch-Nielsen, 2002).

Direkt evaporatif soğutma

İç mekana giren havanın su püskürtülerek soğutulması "direkt pasif evaporatif soğutma" olarak adlandırılır. Bu yöntemde dış hava, binaya girmeden bir su kütlesi ile temas ettirilir ve suyun buharlaşması ile soğuma gerçekleşir (Givoni, 1998). Binaya giren havanın su ile soğutulması sürecinde iç ortamın bağıl nemi artar. Evaporasyon için hava akımına ihtiyaç duyulur, hava akımı basınç ve sıcaklık farkı yardımı ile doğal, fan yardımı ile de mekanik olarak sağlanabilir.

Konfor şartlarına göre düşük sıcaklıklardaki nemli ve kurak iklim bölgelerinde evaporatif soğutma, ilk yatırım ve işletme maliyetleri yönünden oldukça ekonomik olabilir ve psikolojik olarak da uygun bir çözümdür. Özellikle öğleden sonra yeterince hızlı esen rüzgara sahip, kurak iklim bölgelerinde küçük binaları pasif evaporatif soğutma cihazları ile soğutmak mümkündür (Şekil 35a). Cihazın yatakları fiberden, daha büyük sistemlerde selülozdan yapılabilir. Burada pencereler de rüzgara karşı yerleştirilirse, doğal direkt evaporatif soğutma sağlanabilir. Soğutma etkinliğinin artırılması için yataklar olabildiğince fazla yüzey alanına sahip olmalıdır, ancak rüzgara karşı da çok fazla direnç göstermemelidir. Binanın hakim rüzgar tarafında bir sundurma yapılabilirse,evaporatif soğutma yatakları bu sundurmanın önüne veya

konulabilir veya iç mekanda su duvarı ile evaporasyon sağlanabilir (Şekil 36). Ken Yeang'ın tasarladığı iç mekan direkt evaporatif soğutma duvarı, binanın ara hacmini doğal yöntemlerle serinletmek amacı ile tasarlanmıştır. Islak duvarın üstündeki ve tavandaki fanlar sayesinde iç hava sirkülasyonunun hızı arttırılır ve evaporasyon hızlandırılarak iç mekanda doğal yollarla serinlik sağlanır. Bu yöntem ile iç mekan bağıl nemi artar.



Şekil 36. Ken Yeang'ın tasarladığı, iç mekan direkt evaporatif soğutma duvarı.
1: Paslanmaz çelik su oluğu desteği. 2: Betonarme kolona sabitlenmiş cam yüzey taşıyıcı çelik konstrüksiyon. 3: Paslanmaz çelik lamine cam panel desteği. 4: Lamine cam. 5: Paslanmaz çelik sistem desteği. 6: Paslanmaz çelik uç (Yeang, 2007).

Daha büyük binalar için binanın yanında pasif soğutma kulesi inşa edilebilir, burada buharlaşma suyu yukarıdan aşağı doğru akarak aşağıda toplanır ve su sirkülasyonu bir pompa ile sağlanır. Bu tür sistemlerin uygulanabilirliği yaş termometre sıcaklığındaki değişimlere bağlıdır. Bu sistemler, yazın yaş termometre sıcaklığı konfor limitlerinden 4 °C civarında daha düşükse tavsiye edilebilir ve bu değer iyi yalıtılmış binalar için geçerlidir. Yalıtımı iyi olmayan bina için bu değer 6 °C civarındadır. Yaş termometre sıcaklığı ve kuru termometre sıcaklığının maksimum limitleri de sırasıyla 22-24 °C ve 42-44 °C'dir. Bu sistemler kaliteli ve büyük miktarda su kullanımını gerektirir ki bu, suyun bol ve ucuz olmadığı yerler için uygun olmaz. (Çakmanus, 2001).

Endirekt evaporatif soğutma

Direkt evaporatif soğutma sistemi ile soğutulan havanın nem oranı termal konfor şartlarını olumsuz etkileyecek derecede artabilir. Dolaylı yoldan evaporasyon ile gerçekleştirilecek soğutma sistemlerinde, yapı elemanları soğutularak iç ortamın nem oranı artmadan serinleme sağlanabilir, buna "endirekt pasif evaporatif soğutma yöntemi" denir (Çakmanus, 2001; Givoni, 2009). Yüzeyleri iç ortam ile temas eden çatı, duvar, döşeme gibi yapı elemanlarını ve/veya iç mekan ile dış mekan arasında yer alan atrium gibi ara mekanları bu yöntem ile soğutmak mümkündür. Bu sayede nem oranı artmadan iç ortam sıcaklığı ve azaltılabilir (Şekil 35b). İlave olarak, gece boyunca soğutulan su, gündüz saatlerinde duvar, tavan ve tabana döşenmiş borulardan sirküle edilerek iç ortam ısısı düşürülür (Baker, 1987). Çatıda havuz tesis edilmesi yerine bina yakınlarında, toprak altında, bir havuz inşa edilerek de soğutma yapılabilir. Bu uygulamalarda çevre yaş termometre sıcaklığının altına kadar soğutma suyu sıcaklıkları elde edilebilir (Çakmanus, 2001).

3.3. Bina bileşenleri olarak evaporatif soğutma sistemleri

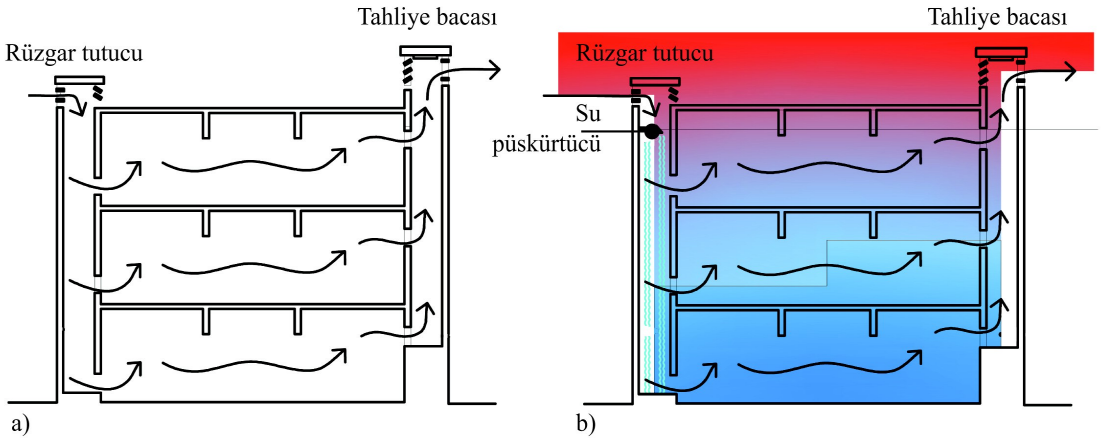
Evaporasyon ile gerçekleştirilecek soğutma sistemlerinde, yapı elemanları soğutularak serinleme sağlanabilir (Givoni, 2009). Yüzeyleri iç ortam ile temas eden çatı, duvar, döşeme gibi yapı elemanlarını bu yöntem ile soğutmak mümkündür. Bu sayede nem oranı artmadan iç ortam sıcaklığı ve ışınım değerleri azaltılabilir. Endirekt sistemlerde, gece boyunca soğutulan su, gündüz saatlerinde duvar, tavan ve tabana döşenmiş borulardan sirküle edilerek iç ortam ısısı düşürülür (Baker, 1987). Bu sistemlerde iç mekan havasında nem artışı olmaz (Şekil 33).

İç mekanda ıslak duvar veya direkt evaporativ soğutma kulelerinin kullanıldığı soğutma sistemleri ile soğutulan havanın nem oranı termal konfor şartlarını olumsuz etkileyecek derecede artabilir, dolayısı ile sıcak ve kuru iklim bölgeleri için daha uygundur. Endirekt yoldan evaporasyon ile gerçekleştirilecek soğutma sistemlerinde, yapı elemanları soğutularak iç ortamın nem oranı artmadan serinleme sağlanabilir, dolayısı ile sıcak ve nemli iklim bölgeleri için daha doğru bir tercihtir. Karma iklimlerde iki sistem bir arada uygulanabilir. Pasif evaporatif soğutma sistemleri binanın; duvar, çatı, havalandırma bacası, veya zemini ile bağlantılı olarak uygulanır.

Evaporatif soğutmanın uygulama şekillerinden bir tanesi de bina yüzeylerinin bitkilendirilmesidir (Yıldız ve Arsan, 2009). Tezin ikinci bölümünde kentsel mikroklima kapsamında incelenen çatı bahçeleri ve bitki duvarları bina ölçeğinde de ısı kazanımını önleyen ve evaporasyon ile ortam ısısını azaltan etkili yöntemlerdir.

3.3.1. Evaporatif soğutma bacası (passive downdraft evaporative cooling)

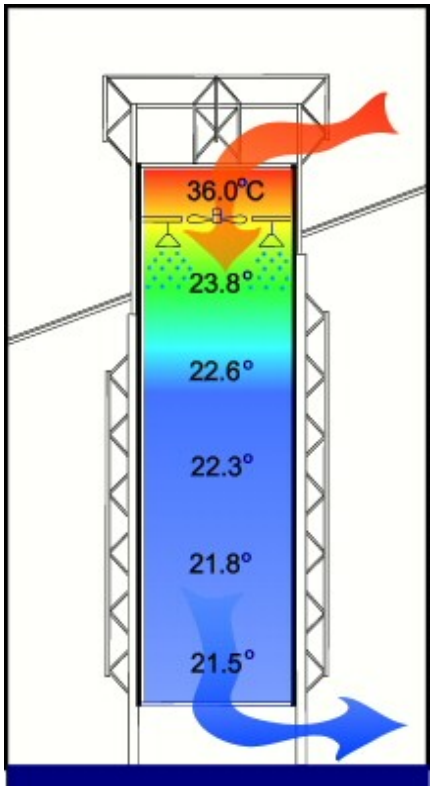
Binaya birleşik olarak inşa edilen pasif soğutma kulesinden püskürtülen su buharlaşarak ortam ısının azalmasını sağlar, yukarıdan aşağı doğru akan su, aşağıda toplanır ve tekrar sirküle edilir (Şekil 37). Su sirkülasyonu için pompaya ihtiyaç duyulur. Cunningham ve Thompson Arizona-Tuscon'da böyle bir yapı inşa etmişlerdir (Cunningham ve Thompson, 1986). Söz konusu sistemde hava sirkülasyonunu artırmak için binanın arka tarafında bir de güneş bacası inşa etmişlerdir. Güneş bacası, basınç farkını ve dolayısıyla hava sirkülasyonunu, artırmak için fan yerine kullanılabilen doğal bir yöntemdir. Burada dış hava sıcaklığı kuru termometre sıcaklığı = 40.6 °C ve yaş termometre sıcaklığı = 21.6 °C iken kuleden çıkan ve binaya giden havanın sıcaklığının 23.9 °C'ye kadar düştüğü belirlenmiştir. Bu ölçümde hava hızı 0.75 m/s gibi çok düşük değerlerdedir (Çakmanus,2001).



Şekil 37. Soğutma bacaları: rüzgar tutucu ve tahliye bacası.
a) Rüzgar yönündeki (pozitif basınçlı) rüzgar tutucu bacadan içeri alınan hava iç mekanda sirküle edilir. Isınan hava rüzgar altı yönündeki (negatif basınçlı) bacadan tahliye edilir. b) Rüzgar tutucu bacanın hava girişine eklenen su püskürtücü sayesinde evaporatif serinlik sağlanır (Passive downdraft evaporative cooling system). Hava akımının yetersiz olduğu durumlarda emiş yönüne güneş bacası veya fan eklenebilir (Allard ve Ghiaus, 2005).

Rüzgar yönünden içeri alınan sıcak havanın sirkülasyonu, sistemin verimini arttırmak için fanlar yardımı ile hızlandırılır (Şekil 38). Sede-boqer kampüsünde inşa edilen 8 m. yüksekliğinde ve 2.25 m. çapında bir prototip kulenin su tüketimi ve soğutma kapasitesinin incelendiği deneysel çalışmada 36.0 °C olan dış hava sıcaklığı bacanın tabanında 21.5 °C olarak ölçülmüştür (Yannas ve diğerleri, 2006).

Evaporatif soğutma bacasından giren havanın hızı, güneş bacaları kullanılarak sağlanan ısı artışı ile düşük rüzgar hızına rağmen arttırılır. Güneş bacasının etkinliği sıcak ve nemli iklimlerde çatıya ilave su sprey mekanizması eklenerek arttırılabilir.



Şekil 38. Evaporatif soğutma bacası.
Rüzgar yönünden içeri alınan sıcak havanın sirkülasyonu, sistemin verimini arttırmak için fanlar yardımı ile hızlandırılır. Sede-boqer kampüsünde inşa edilen 8 m yüksekliğindeki prototip kulenin su tüketimi ve soğutma kapasitesinin incelendiği deneysel çalışmada 36.0 °C olan dış hava sıcaklığı bacanın tabanında 21.5 °C olarak ölçülmüştür (Yannas ve diğerleri, 2006).

Benzer bir yaklaşımla tasarlanan Zion Doğal Park Binası (Şekil 39), Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı ve park görevlilerinin koordineli çalışması ile tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Yapının rüzgar yönünde evapotatif soğutma kulesi,

rüzgar altı yönünde kumandalı çatı pencereleri, kışın ısıtma yazın da hava sirkülasyonunu hızlandırmaya yarayan tromb duvarı gibi ögeler kullanılmıştır. Bina 2001 yılında Amerikan Mimarlık Enstitüsü (AIA) tarafından yılın en iyi on binasından biri olarak seçilmiştir (http://www.aiatopten.org/hpb/overview.cfm?ProjectID=16.).



Şekil 39. Direkt evaporatif soğutma kulesi ve tromb duvar; Zion Doğal Park Binası, Utah. Binada hava sirkülasyonunu hızlandırmak için tromb duvar ve çatı pencereleri kullanılmıştır. (http://www.nps.gov/zion/parkmgmt/sustainable-architecture.htm)

Kanada'nın Monitoba eyaletinde inşa edilen Hydro Place Binası, direkt ve indirekt pasif soğutma sistemlerinin kullanıldığı bir yapıdır (Şekil 40). Bölgede hava sıcaklığı yaz aylarında ortalama 34°C civarındadır, kış aylarında ısı -35 °C ye kadar düşer. Binanın doğal metotlarla yerel iklim koşullarına adapte edilmesi ve "yaşayan bir bina" elde etmek için, ileri teknolojiler ile birlikte zaman içinde test edilmiş çözümler binanın pasif iklimlendirme sistemleri için kullanılmıştır. Bu amaç için projenin başlangıç tarihi olan 2004 yılından, binanın resmi açılışı olan 2009 yılına kadar iklim mühendisleri ve mimarlar bütünleşik tasarım sürecinde bir arada çalışmışlardır (http://www.aiatopten.org/hpb/overview.cfm?ProjectID=1712).

Manitoba Hydro Place Binası, kentin önemli bir yaya aksı üzerinde ve toplu taşıma ağlarının kesiştiği kritik bir noktada yer almaktadır. Binanın güney atriumu, ofis mekanları ve yayalar için dış ortam iklim koşullarına karşı koruma sağlayan bir ara hacimdir. Atrium, yaz aylarında güneydeki yaya aksı için gölgeli ve pasif soğutmalı serin bir geçiş alanı iken, kış aylarında da bina içinde ısınan havanın sirküle edilerek konfor koşullarının sağlandığı bir iç ortamdır.

Binanın pasif soğutma sistemini, güney cephesindeki atrium ve içindeki düşey su ögesi ile kuzey cephesindeki atrium ve bağlantılı güneş bacası şekillendirir. Güney cephedeki atrium, içerideki ofislerle dış ortam arasında iklim kontrollü ara alan niteliğindedir. Atrium boyunca yer alan su ögeleri ile yaz aylarında ara hacimde doğal soğutma sağlanır. Binanın kuzey cephesindeki ikinci atrium ve bağlantılı güneş bacası, yaz aylarında hava tahliyesi sağlarken, kış aylarında ısınan havanın tutulduğu ara hacim görevi görür.



Şekil 40. Monitoba Hydro Place Binası direkt ve indirekt evaporatif soğutma sistemleri. (http://www.aiatopten.org/hpb/overview.cfm?ProjectID=1712)

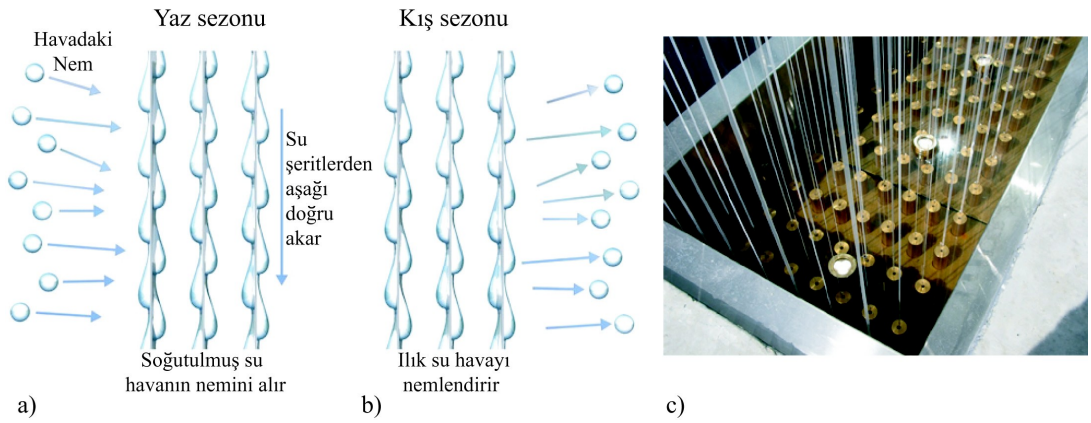
Yaz mevsiminde güneyden gelen taze hava direkt olarak güney atriuma alınır, su ile nemlendirme yapılarak iç mekana verilir, gerekirse taze havanın nemi alınır. Ofis bölümlerinde taze hava döşemeden iç ortama verilir, ısınarak yükselen hava kuzeydeki atriumdan güneş bacası vasıtası ile tahliye edilir (Şekil 41b). Güney atriumda yaz aylarında iç ortam soğutması çoğunlukla direkt evaporatif yolla gerçekleştirilir.



Şekil 41. Monitoba Hydro Place Binası direkt evaporatif soğutma sistemi.
a) Güney atriumdaki su ögesini gösteren kesit, b) kuzey atrium ve bağlantılı güneş bacası, c) güney atriumdaki su ögesi.
(http://www.aiatopten.org/hpb/overview.cfm?ProjectID=1712)

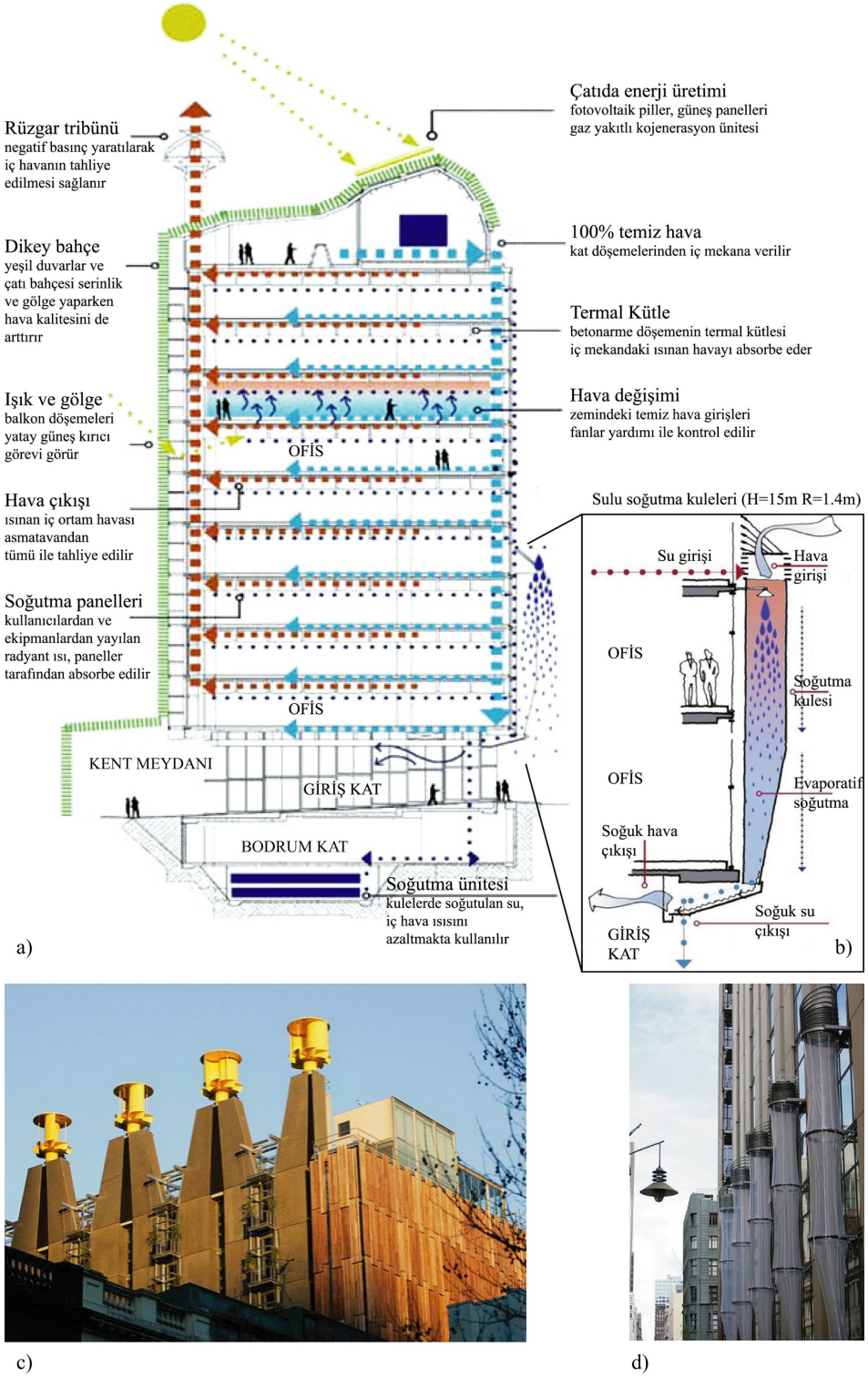
Ofislerde, jeotermal kuyudan gelen su ile döşemeden radyant soğutma metodu ile indirekt olarak iç ortam soğutması sağlanır. Güney atriumda sağlanan evaporatif soğutmanın sıcaklık ve nem değerleri termal konfor koşullarına uygunsa, ofislerin pencereleri direkt olarak atriuma açılır.

Güney atriumdaki su ögesi, binanın 6. katından, 24 metre aşağıya doğru, kalınlığı 4 mm olan şeritlerden suyun süzülmesi ile şekillenir (Şekil 41a ve 41c). Kullanılan su, bakteri oluşumunu engellemek ve minerallerden arındırmak için filtrelenir. İklimin sıcak ve nemli olduğu dönemde su, binanın jeo-termal kuyu ile bağlantılı ısı dönüşüm ünitesi vasıtası ile soğutulur. Yaz döneminde havadaki nem, soğutulmuş su ögesinin düşey elemanları üzerinde yoğuşur (Şekil 42). Kışın bu süreç tersine çalışır, yukarıdan aşağıya inen su önceden jeotermal kaynak vasıtasıyla ısıtılmıştır ve oluşan nem, içeri alınan kuru ve soğuk hava ile karıştırılır ve ortam ısısı artar.



Şekil 42. Monitoba Hydro Place Binası güney atriumundaki su ögesi.
Su ögesinin pasif evaporatif soğutma ve ısıtma prensibini gösteren kesit a) yaz sezonu pasif evaporatif soğutma. b) Kış sezonu pasif ısıtma. c) Suyun akışını yönlendiren şeritler, bina içinde toplam 23 km su şeridi kullanılmıştır (http://www.aiatopten.org/hpb/overview.cfm?ProjectID=1712).

Melburn Konsey Binası (CH2 Building), benzer bir sistemle soğutulmaktadır (Şekil 43). Binanın biyoklimatik kesitinde de görüldüğü gibi, bitki duvarları binayı gölgelendirir ve ikinci bir cephe oluşturur. Pasif evaporatif soğutma kuleleri sayesinde ofislerin ve zemin kattaki genel dolaşım alanlarının iç ortam hava sıcaklıkları doğal yöntemlerle azaltılmaktadır.



Şekil 43. CH2 Binasının pasif evaporatif soğutma sistemi.
a) Binanın biyoklimatik kesitinde soğutulmuş temiz açık mavi ile, tahliye edilen iç hava kırmızı ile ve su sirkülasyonu koyu mavi ile ifade edilmiştir. b) Evaporatif soğutma kulesinin kesiti. c) Sıcak hava tahliye bacaları. d) Soğutma kuleleri (www.melbourne.vic.gov.au/Environment/CH2/).

3.3.2. Çatıda evaporatif soğutma sistemleri

Binaya giren havayı su ile soğutmak yerine, çatıdaki bir su ögesini evaporatif yöntemlerle soğutmak veya çatıyı ıslatmak da mümkündür. Bu durum yazın geceleri yağan yağmurun yarattığı soğutma etkisine benzetilebilir. Böylece bina, çatıdan iletimli ısı transferi vasıtasıyla soğutulabilir ve bu tür yöntemler endirekt soğutma yöntemidir. Örneğin klimanın çok yaygın olmadığı dönemlerde Japonya'da çatılara saman konularak yağmurdan tutulan su, gündüz saatlerinde buharlaştırılarak soğutma etkisi sağlanabilmekteydi. Bu gibi yöntemlerle dış hava sıcaklığı 33 °C civarında iken iç hava sıcaklığının 25 °C civarında tutulabildiği tespit edilmiştir (Kimura ve Yamazaki, 1982). Diğer bir uygulama şekli de çatıda üzeri açılıp kapanabilir havuz yapılmasıdır. Bu uygulamalar bir çok gelişmiş ülkede de (özellikle ABD'de) başarı ile uygulanmaktadır. Bu tür yöntemler yazın yağmurlu ve kışın ılıman bölgeler ve ıslak termometre sıcaklığının 25°C, kuru termometre sıcaklığının da 46°C kadar olduğu yerler için uygundur (Çakmanus, 2001).

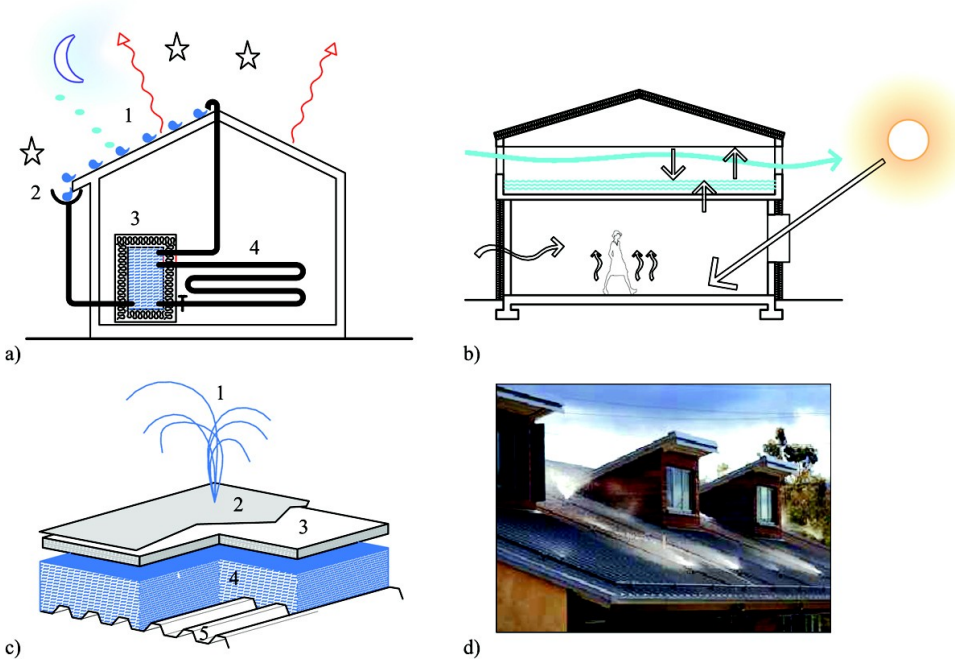
Çatı bahçeleri de gölgelendirme yaptığı ve bitkiler aracılığı ile ortamda evaporatif soğuma sağladığı için pasif evaporatif soğutma sistemi olarak değerlendirilebilir (Yıldız ve Durmuş Arsan, 2009).

Çatıda radyant evaporatif soğutma sistemi

Gece çatıya su püskürtülerek yüzeyin buharlaşma yolu ile soğutulması sağlanır. Gece radyant soğutma ile soğutulan su, gündüz kullanımı için depolanır (Şekil 44). Sistemin ana bileşenleri; su fiskiyesi; su oluğu, ısı izolasyonlu su deposu ve zemin, duvar, tavan su borulama sisteminden oluşur (Baker, 1987).

Çatıda endirekt evaporatif soğutma sistemi

Bu sistemde çatı havuzundaki su, hava akımı sayesinde buharlaşarak bina ısısını azaltır. Bu sistemde soğutmanın sağlanabilmesi için havuz ile temas eden taşıyıcı yapı elemanının beton veya metal gibi ısı geçirgenliği yüksek bir malzemeden yapılması gerekir. Sistemin ana bileşenleri; soğutma amaçlı çatı havuzu, fiskiye sistemi, koruyucu katman, havuz örtüsü, su deposu ve uygun bir konstrüksiyondan oluşur. (Yannas ve diğerleri, 2006, Givoni, 2009).

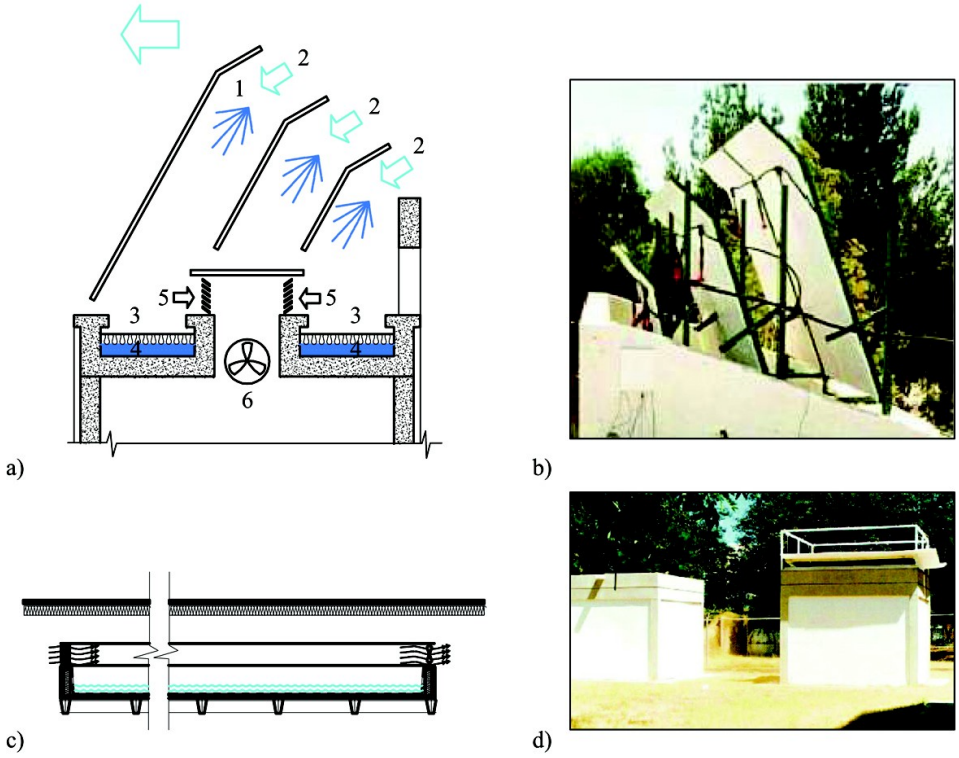


Şekil 44. Radyant evaporatif ve havuzlu çatı soğutma sistemleri.
a) Çatıda radyant evaporatif soğutma sistemi (Baker, 1987). 1: Su fıskiyesi; 2: Su oluğu; 3: İzolasyonlu su deposu; 4: Zemin, duvar ve tavan su borulama sistemi. Gece çatıya su püskürtülerek yüzeyin buharlaşma yolu ile soğutulması sağlanır, gece radyant soğutma ile soğutulan su, gündüz kullanımı için depolanır. b) Çatıda endirekt evaporatif soğutma sistemi (Givoni, 2009).Bu sistemde çatı havuzundaki su hava akımı sayesinde buharlaşarak bina ısısını azaltır. c) Soğutma amaçlı çatı havuzu (Yannas ve diğerleri, 2006). 1: Fıskiye sistemi; 2:Koruyucu katman; 3: Havuz örtüsü; 4: Su deposu; 5:Taşıyıcı. Bu sistemde soğutmanın sağlanabilmesi için havuz ile temas eden taşıyıcı yapı elemanının beton veya metal gibi ısı geçirgenliği yüksek bir malzemeden yapılması gerekir. d) Carnegie Dünya Ekoloji Merkezinin çatısındaki su püskürtme sistemleri (Brager, 2006).

Çatı havuzu

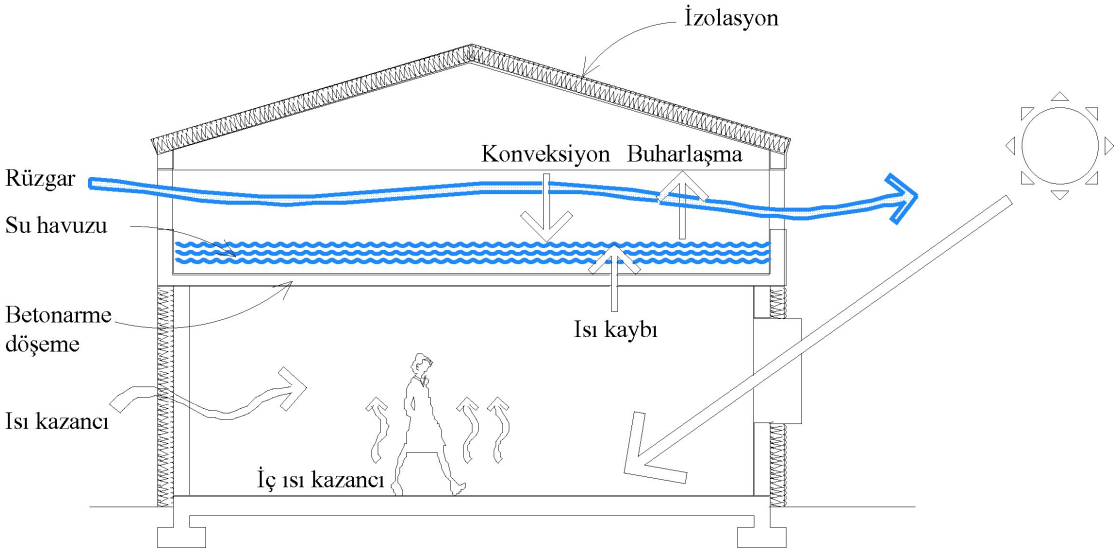
Gölgelendirilmiş ve sürekli hava akımı sağlanmış çatı havuzu, tavan döşemesine, ısı izolasyonu olmadan yerleştirilmelidir (Şekil 45 ve 46). Ancak bu sayede havuzdaki su, tavan döşemesini kondüksiyon yolu ile soğutabilir. Isı izolasyonsuz tavan döşemesinin üzerine yerleştirilen bu tip havuzlarda, rüzgarın etkisi ile oluşan evaporasyon sayesinde hem çatı ortamın hem de suyun ısısı düşürülür, betonarme döşemeden iletilen düşük ısı gün içinde, nemli ortamda dahi iç ortam ısısının azalmasını sağlar. Bu sistemde betonarme döşeme, altındaki iç mekan için radyant/konvektif soğutma paneli gibi işlev görür. İç hava sıcaklığı ve yapının ışınımsal kazancı, iç havanın nemi artmadan düşürülmüş olur (Givoni, 2009). Sistem tek katlı

yapılarda ya da çok katlı yapıların üst katında kullanılabilir. Bu tip çatı havuzları için ilave taşıyıcı gerekebilir. Ayrıca suyu gölgelemek ve çatının ısınmasına engel olmak için hafif konstrüksiyondan ısı izolasyonlu ilave bir çatı yapılmalıdır (Şekil 47). Çatı arasındaki su yüzeyinde evaporasyon oluşmasının sağlanabilmesi için rüzgarın içeri girebileceği geniş deliklere ihtiyaç duyulmaktadır ve bunlar yaz ayları boyunca açık tutulmalıdır. Kış aylarında havuzun suyu boşaltılmalı ve delikler kapatılmalıdır.



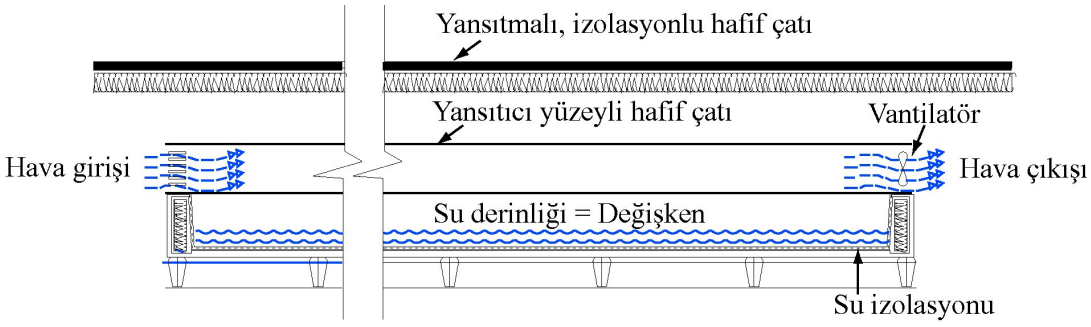
Şekil 45. Gölgelendirilmiş çatıda evaporatif soğutma sistemleri.
a) Sde-Boqer' da deneysel bir çatı soğutma sisteminin kesiti (Yannas ve diğerleri, 2006). 1: Su püskürtücüler; 2: Hava girişi; 3: Yüzer izolasyon; 4: Su; 5: Filtre; 6: Emiş fanları. Rüzgar yönüne göre yerleştirilmiş ve aynı zamanda gölgeleme işlevi de gören panellerin arasından giren hava, su püskürtülerek soğutulduktan sonra emiş fanları ile iç mekana alınır. b) Sde-Boqer' daki çatı soğutma sisteminin fotoğrafı (Yannas ve diğerleri, 2006). c) Gölgelendirilmiş çatı havuzu detayı, Maracaibo, Venezuella (Givoni, 2009). d) Çatı havuzunun fotoğrafı, Maracaibo, Venezuella (Givoni, 2009).

Givoni' nin (2009) Ben-Gurion Üniversitesinde yapmış olduğu deneysel çalışmada 3x4 metre ölçülerinde iyi izole edilmiş bir oda bu sistemle hazırlanmış ve dört gün süren ölçümlerde dış ortam sıcaklığı maksimum değerleri 30-34 °C arasında değişirken iç ortam ısısı maksimum 24 °C ye ulaşmıştır.



Şekil 46. Gölgelendirilmiş ve sürekli hava akımı sağlanmış, ısı izolasyonsuz çatı havuzu. Gölgelendirilmiş çatı havuzunda rüzgar sayesinde konveksiyon yolu ile ısı transferi olur ve suyun ısısı azalır(Givoni, 2009).

Yapılan deneyler, gölgelendirilmiş çatı havuzu (Şekil 46 ve 47) ile yüzer izolasyonlu (Şekil 34) çatı havuzunun çalışma şekillerinin farklı olduğunu göstermiştir. Gölgelendirilmiş çatı havuzunda soğutma evaporasyon yolu ile gece gündüz sürekli devam eder, yüzer izolasyonlu havuzda ise evaporatif ve radyant soğuma sadece geceleri oluşur. Ancak iki sistemden elde edilen iç hava sıcaklık değerleri aynıdır (Yannas ve diğerleri, 2006).

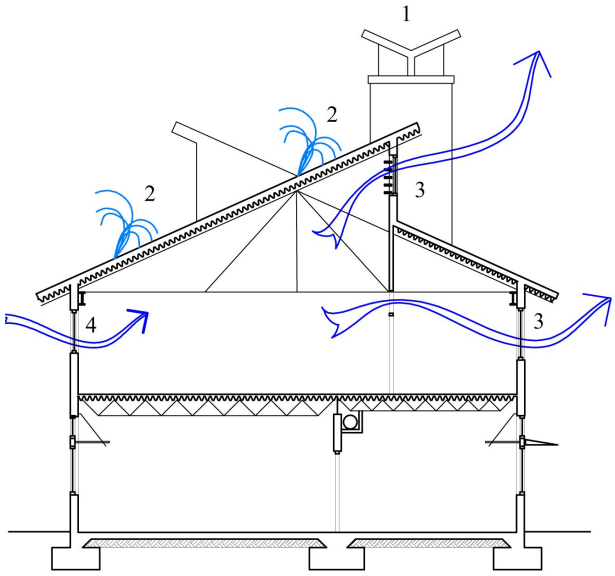


Şekil 47. Gölgelendirilmiş çatı havuzu sistem kesiti.
Çatının ısınmasına engel olmak ve suyu gölgelemek için hafif konstrüksiyondan ısı izolasyonlu ilave bir çatı yapılmalıdır. Çatı arasındaki su yüzeyinde evaporasyon oluşmasının sağlanabilmesi için rüzgarın içeri girebileceği geniş deliklere ihtiyaç duyulmaktadır. Rüzgar hızının yeterli olmadığı durumlarda hava çıkış yönüne vantilatör yerleştirilir (Givoni, 2009).

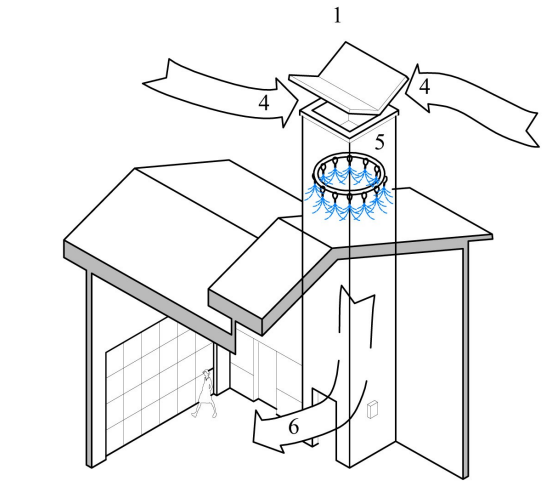
Su püskürtmeli çatı soğutma sistemleri

Stanford, Kaliforniya' da EHDD tarafında tasarlanan Küresel Ekoloji Merkezi binasının strüktürü çatıya püskürtülen su sayesinde evaporatif ve radyant olarak soğutulur, doğal havalandırma sayesinde konvektif soğutma da gerçekleşir (Brager, 2006). Soğutma bacası, çatı su püskürtücüleri, kumandalı çatı pencereleri, hava girişleri ve baca içindeki su püskürtme sistemleri binada yer alan pasif soğutma sistemleridir (Şekil 48).

Küresel ekoloji uzmanlarına göre en acil çevre sorunları küresel iklim değişikliği, biyolojik çeşitlilik ve su konularıdır. İşveren, laboratuvar ve araştırma alanlarının konfor ve standartlarından taviz verilmeden, karbon salınımının azaltılmasını hedefleyen, biyolojik çeşitlilik ve su sorunlarını dikkate alan bir proje hazırlanması doğrultusunda tasarım ekibini teşvik etmiştir. Çalışmanın sonucunda bina işletmesi ile ilgili % 72, inşaat malzemeleri ile ilgili olarak da % 50 oranında karbon salınımında azalma elde edilmiştir. Doğal havalandırmasında pasif sistemler kullanılan binanın,yönelimi, gölgelendirme elemanları, doğal aydınlatma ve havalandırması, enerji verimliliğini arttırmak amacı ile tasarlanmıştır. Binada kullanılan gece radyant soğutma sistemi aynı zamanda merkezin araştırmacılarının da çalışma konusudur. Evaporatif katabatik yani, aşağı doğru hava akışlı soğutma kulesi, ikonik bir odak noktası olmanın yanı sıra iç mekanı serinletir (http://www.aiatopten.org/hpb/overview.cfm?ProjectID=809).



a)



b)



c)



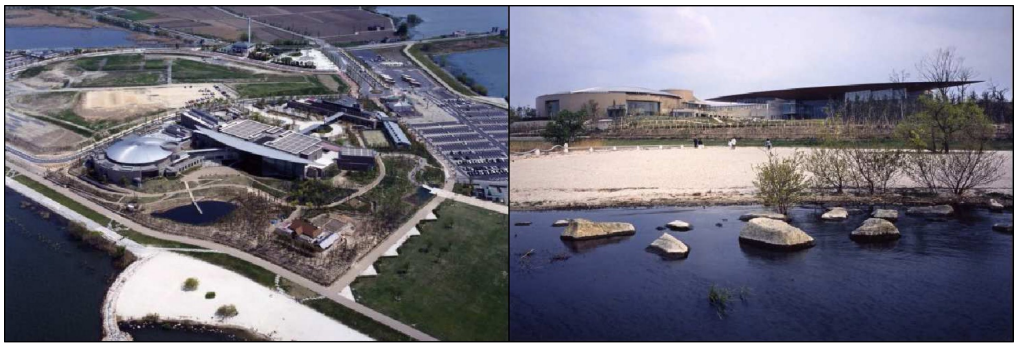
d)



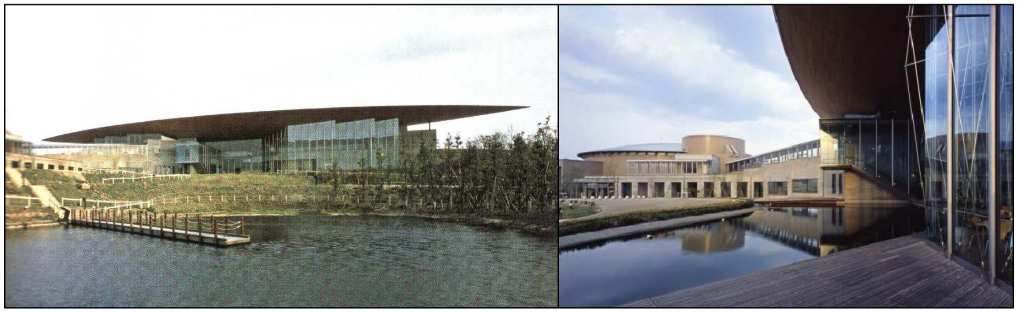
e)

Şekil 48. Direkt evaporatif soğutma bacası ve çatı soğutma sistemi; EHDD tarafında tasarlanan Küresel Ekoloji Merkezi Binası, Stanford, Kaliforniya.
a) binanın strüktürü çatıya püskürtülen su sayesinde evaporatif ve radyant olarak soğutulur, doğal havalandırma sayesinde konvektif soğutma gerçekleşir. b) 1: Soğutma bacası. 2: Çatı su püskürtücüleri. 3: Kumandalı çatı pencereleri. 4: Hava girişleri. 5: baca içindeki su püskürtme sistemi. 6: Soğuk hava çıkışı. c) Binanın genel görünüşü. d) Çatı sulama sistemi. e) Sol tarafta rüzgar bacası, sağ tarafta güneş kırıcılar.
(Brager, 2006; http://www.ehdd.com/;http://www.aiatopten.org/hpb/overview.cfm?ProjectID=809)

Nikken Sekkei mimarları tarafından tasarlanan Biwa Gölü Müzesi, Japonya'nın en büyük tatlı su gölünün kenarında yer almaktadır (Resim 6). Tasarımdaki öncelikli hedef atık oluşumuna ilişkin önlemler alınarak gölün ekolojik dengesini bozmamak ve bölgenin doğal zenginliğini korumak olmuştur. Zemin büyük oranda sığ köklü bitkiler ve çimli yürüme yolları ile donatılarak, yağmur suyunun zemin tarafından emilmesi sağlanmıştır. Yağmur suyu zeminde oluşturulan çakıl yatağından süzülerek göle geri dönmektedir. Çatılardan ve diğer yüzeylerden toplanan yağmur suyu filtre edilip depolanarak yaz aylarında soğutma amaçlı çatı yüzeylerindeki spreylerde kullanılmaktadır (Sev, 2009).



a)



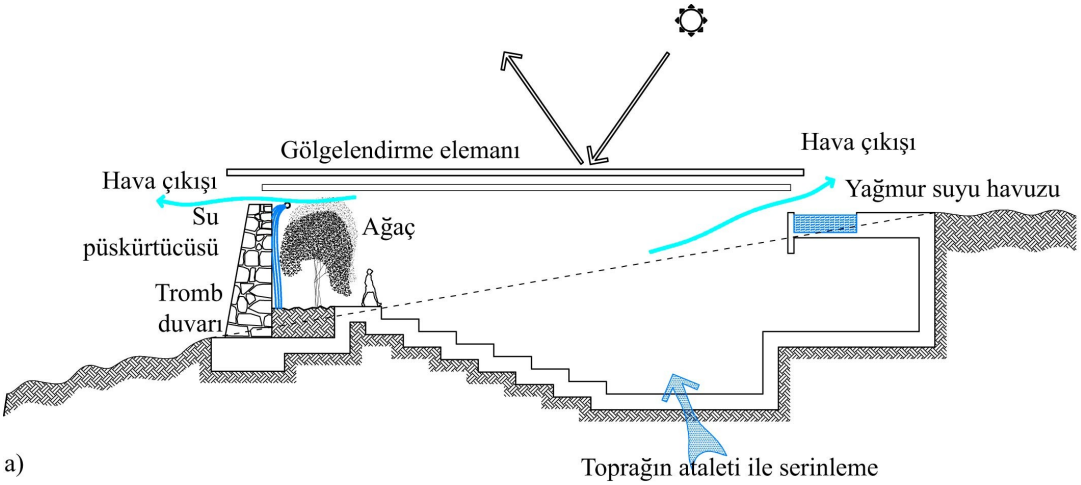
b)

Resim 6. Çatıda su ile radyant ve evaporatif soğutma; Biwa Gölü Müzesi, Japonya.
Çatılardan ve diğer yüzeylerden toplanan yağmur suyu filtre edilip depolanarak yaz aylarında soğutma amaçlı çatı yüzeylerindeki spreylerde kullanılmaktadır (Sev, 2009; http://www.nikken.co.jp/en/projects/pdf/Lake-Biwa-Museum_NIKKEN-SEKKEI-LTD_cultural.pdf)

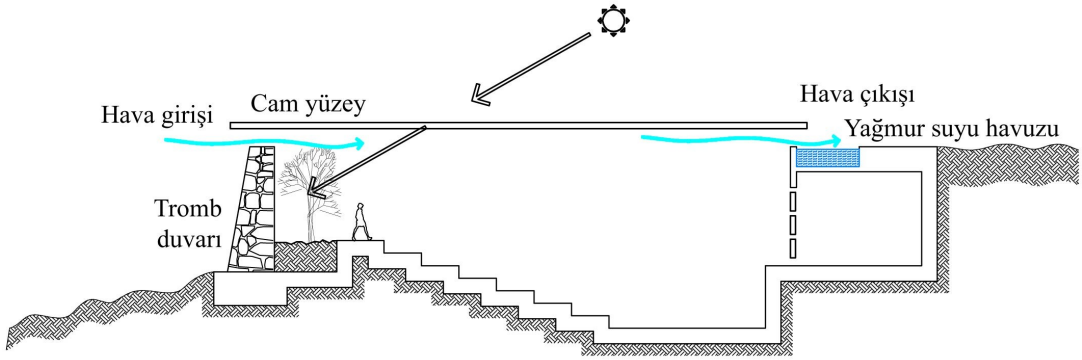
3.3.3. Islak duvarlarla soğutma

Ian Ritchie tarafından tasarlanan Terrasson Kültür Merkezinde iklimlendirme doğal yöntemlerle sağlanmaktadır (Gauzin-Müller, 2002). Binanın cam çatısı sayesinde ve kışın güneş ışınları içerideki taş duvarı ve döşemeyi ısıtır, iç mekanda yaklaşık 8 °C ısı artışı sağlanır. Çatı ile duvarlar arasındaki boşluk sayesinde sağlanan hava sirkülasyonu, cam yüzeylerde yoğuşmaya engel olur. Yazın bu boşluklar sayesinde rüzgar içeri girer. Çatının üzeri yaz aylarında gündüz saatlerinde gölgelendirilir ve geceleri gölgeleme elemanı kaldırılarak taş duvar ve zeminler radyant soğutma ile serinletilir. Taş duvara püskürtülen su sayesinde sıcak günlerde evaporatif soğutma sağlanır (Şekil 49). Kısmi gömülü olan binanın soğutmasında toprağın termal kütlesinden de yararlanılmaktadır. Tesis doğal iklim kontrol sisteminin verimli olduğu dönemlerde hizmet vermektedir (Gauzin-Müller, 2002).

Norman Foster tarafından tasarlanan Mclaren Teknoloji Merkezinin formu yanındaki göl ile beraber şekillenmiştir (Şekil 50). Göl aynı zamanda yapının en önemli soğutma bileşenidir (Dreiseitl ve Grau, 2009). Teknoloji Merkezini önünde birbirleri ile bağlantılı bir dizi gölet yer alır ve göl suyu, binanın mekanik soğutma sisteminde sirküle edilen suyun soğutulması amacı ile kullanılmaktadır. Gölün yan tarafındaki duvarın yüzeyinde yüksek yoğunluklu betondan yapılmış kaskatlar vardır (Şekil 50c). Soğutma kulelerine gönderilecek olan göl suyu, bu kaskatlardan aşağı püskürtülerek evaporasyon yolu ile soğutulur. Göl çevresindeki sazlıklar sayesinde doğal olarak filtrelenen ve biyotop havuzlarında arıtılan su, binanın ısı değişim ünitelerine pompalanır. Göl suyunun soğutma amaçlı kullanımı, soğutma kulelerinin yükünü yedide iki oranında azaltmıştır.



a)

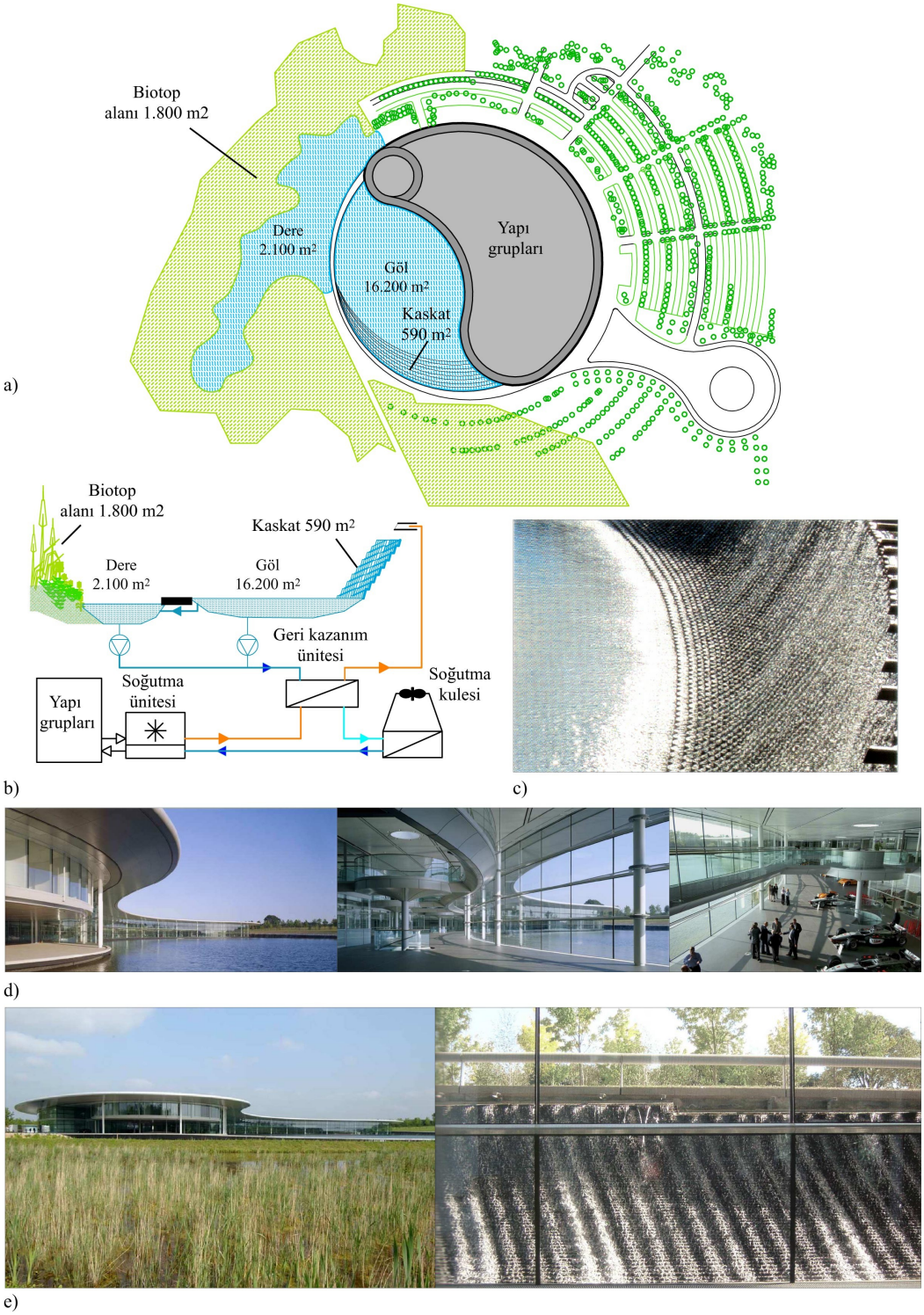


b)



c) d) e)

Şekil 49. Islak duvar ile iç mekan soğutması; Terrasson Kültür Merkezi, Fransa.
Ian Ritchie tarafından tasarlanan Terrasson Kültür Merkezinde iklimlendirme doğal yöntemlerle sağlanmaktadır (Gauzin-Müller, 2002). a) Yaz aylarında istenmeyen güneş ışıklarından korunabilmek için çatını üstü gölgelendirilir. Tromb duvara püskürtülen su sayesinde iç ortam evaporatif yöntem ile serinletilir. Ayrıca toprak sayesinde de serinleme sağlanır. b) Kış aylarında şeffaf çatı sayesinde tromb duvarı güneş ışınımları sayesinde ısınır,çatı birleşimindeki boşluklar sayesinde hava sirkülasyonu sağlandığı için cam yüzeylerde yoğuşma oluşmaz. c) Yapının çatısı. d) Islak duvar. e) Şeffaf çatının üstünde gezilmesine engel olmak için araya havuz yerleştirilmiştir.



Şekil 50. Islak dış duvarda kaskat sistemi; McLaren Teknoloji Merkezi.
a) Şematik plan. Çatının ve otoparkın yağmur drenajı sazlık alana bağlanmıştır. b) Su ile soğutma sistemini anlatan şematik kesit. c) Soğutma kulelerine gönderilecek göl suyu, kaskatlardan aşağı püskürtülerek evaporasyon yolu ile soğutulur. d) Geniş saçaklar binayı ve terasları gölgelendirir. e) Sağ tarafta biyotop havuzları ve sazlık, sol tarafta kaskat sistemi yer almaktadır. Göl aynı zamanda yapının en önemli soğutma bileşenidir (Dreiseitl ve Grau, 2009).

Geçmişin mimari değerleri, bölgenin iklimine uygun, yenilikçi çözümler için ilham kaynağı olabilir. Adrian Smith ve Gordon Gill tarafından tasarlanan, Birleşik Arap Emirlikleri'ndeki Masdar İş Merkezi'nin en belirgin ögesi on bir adet soğutma kulesidir (Şekil 51). Kulelerin tasarımında, Arap mimarisinde doğal ventilasyonu sağlamak için yaygın olarak kullanılan rüzgar bacalarından esinlenilmiştir.



Şekil 51. Masdar İş Merkezi, Birleşik Arap Emirlikleri.
Adrian Smith ve Gordon Gill tarafından tasarlanan yapının en belirgin ögesi on bir adet soğutma kulesidir (http://smithgill.com/#/work/by_name/masdar_headquarters).

Bölgenin iklim koşulları ile başa çıkabilmek için yörenin geleneksel mimarisinde kullanılan; bitkilendirilmiş avlular, su ögesi ile oluşturulmuş yapay vahalar, hava bacaları, termal kütle, çatı gölgelendirme elemanları binanın tasarımına ilham kaynağı olmuştur (http://smithgill.com).

4. ANTALYA ÖRNEĞİ

Önceki bölümlerde değinilen bilgilerin Antalya örneğinde uygulama potansiyellerinin değerlendirilebilmesi için bu bölümde, Antalya'nın iklim verileri ve doğal soğutma yöntemlerinin yörenin iklimine uygunluğu araştırılacak, soğutma amaçlı kullanılabilecek doğal kaynaklarına ait veriler sunulacaktır. Geçmişte Antalya ve yakın çevresinde su ögesi, soğutma amaçlı kullanılmaktaydı. Kent içinde çok sayıda su kanalları açılarak su şebeke sistemi oluşturulmuştu. Kentin iklimini de etkileyen bu kanallardan serinleme amacı ile de yararlanılıyordu. Yakın zamanlara kadar yerleşimlerin odağı olan akarsu ve kanalların üzeri kapatılarak ya da kanalizasyon sistemi için drenaj olarak kullanılarak kent coğrafyasından silinmiştir. Kentin ve mimarisinin su ile geçmişteki bağlantısına vurgu yapmak için bu bölümde Antalya tarihinden farklı dönemlere ait üç bölge incelenecektir:

-kent planında su ögesinin sürekliliği; Perge Antik Kenti su kanalları ve F3 çeşmesi,

-kent içi tarihi su yolları ve kanalları; Düden çayı kanalı, tarihi Yediarıklar ve Kırcamii bölgesi tarımsal amaçlı su kanalları,

-konut dokusunda pasif soğutma stratejileri ve su ögesinin serinleme amaçlı kullanımı; Antalya Kaleiçi evleri.

4.1. Antalya'nın iklimi ve su kaynakları

Ekolojik bakımdan zengin kaynaklara sahip olan Antalya, son 25 yıldır kentleşme açısından hızlı bir değişim ve gelişim göstermiştir. Hızlı nüfus artışı ve düzensiz yapılaşma doğal yaşam alanlarının hızla yok olmasına neden olmuş, ekonomik planlama yaklaşımları kent siluetini geri dönüşümü zor bir şekilde bozmuştur (Manavoğlu, 2007). Bu kentleşme sürecinde açık ve yeşil alanlar da olumsuz olarak etkilenmiştir. Antalya'da kişi başına düşen yeşil alan miktarı 4.4 m² olup yeterli değildir (Ortaçeşme ve diğerleri, 2005). Antalya, iklim koşullarına uygun olmayan yoğun yapılaşma ve doğal dokunun tahribatı nedeni ile kentsel ısı adası etkilerinin oldukça yoğun hissedildiği bir kenttir.

4.1.1. Antalya'nın iklimi

Antalya ili sıcak nemli Akdeniz ikliminin etkisi altındadır. Antalya ilinin ikliminin oluşumunda Toros Dağları'nın denize paralel olarak uzanması, su sıcaklığı yüksek olan Akdeniz kıyısında bulunması, her mevsim yeşil kalan bitki örtüsünün varlığı etkili olmaktadır. Antalya havzasında iki çeşit iklim görülmektedir. Denize yakın kesimlerde tipik Akdeniz iklimi, denizden uzak ve yüksek bölümlerde daha çok İç Anadolu iklimine benzeyen kara iklimi etkisini sürdürmektedir.

Akdeniz ikliminde yazları sıcak ve kurak, kısları ılık ve yağışlıdır. Kıyı kuşağında kar yağışı ve don olayları nadir olarak görülür. Yüksek kesimlerde kışlar karlı ve soğuk geçer. Antalya'da en çok yağış kış ve ilkbahar aylarında, en az yağış yaz aylarında görülmektedir. Yaz aylarında yağış miktarı çok yetersizdir. Antalya'da yaz aylarında yağış olmamasının sebebi, kent merkezinin doğusunda bulunan Toros Dağları ile batısında bulunan Bey Dağları'nın kuzeye doğru uzanmaları ve hava kütlelerinin hareketlerini Antalya üzerine çekmeleridir. Yaz aylarında yağış miktarının çok az olması nedeniyle bölgede yaz kuraklığı hakimdir.

Hakim rüzgar yönü

Antalya kent merkezinde hakim rüzgar yönü kuzeybatı ve güneydoğu yönleridir. Kuzeydoğu yönünden esen poyraz Antalya'da kışın soğuk, yazın sıcak eser. Oysa güney Antalya sahil şeridinde durum farklıdır; kuzeydoğudan esen poyraz sahile ulaşırken Antalya Körfezi üzerinden geçer ve deniz etkisi ile serinletici bir nitelik kazanır. Bu nedenle poyraz istenilen bir rüzgardır. Bölgedeki hakim rüzgarlardan biri de güney ve güneydoğudan esen meltem rüzgarıdır. Manavgat adı verilen doğudan esen rüzgar da serinletici ve istenilen bir rüzgardır. Dökün, sahili sınırlayan dağlar arasındaki vadilerden aksam üstleri, kısa süreyle esen yöreye has bir rüzgardır ve serinletici etkiye sahiptir.

4.1.2. Antalya'nın su kaynakları

Antalya'nın doğal fiziksel unsurları olan su kaynakları ve vadilerin varlığı, turunçgil bahçeleri ve tarım alanları, deniz ve nehir kıyı hatları, falezler kentsel mikroklima için önemli potansiyellerdir. Antalya'nın doğal fiziksel unsurları olan ve

kuzey-güney doğrultusunda, hakim rüzgar yönüne paralel uzanan, batıda Boğaçay deresi, Karaman çayı ve doğudaki Düden, Kopak, Aksu akarsuları, diğer küçük dere ve vadileri, yeşil koridorlar oluşturmak, kent ve yakın çevresinde mikroklima alanları yaratmak için bütüncül bir planlama ile ele alınmalıdır (Resim 7 ve 8). Ancak taşkınlar da göz ardı edilmemelidir.

Nehir taşkınları doğal sistemin gereğidir ve ekolojik sistemin sürekliliği için hayati önem taşımaktadır. Fakat kentsel alanlarda gerçekleşen taşkınlar, kent yaşamı için felakettir. Bu nedenle taşkınları önlemek için çeşitli önlemler alınmalıdır ancak alınan önlemler uzun vadede nehir ekolojisinin dengesini bozma riski taşımaktadır. Antalya kenti imar sınırları içerisinde yapılan bir çalışmada orman, maki, akarsu kıyıları, göl, su kaynakları, bataklıklar, kayalıklar, kumullar ve vadilerde önemli biyotop alanları saptanmıştır (Mansuroğlu ve diğerleri,2003).



Resim 7. Kuzey-güney doğrultusunda, hakim rüzgar yönüne paralel uzanan, kentin batısındaki Boğaçay deresi.



a) b)

Resim 8. a) Düden Çayı. b)Düden (Kasser) Şelalesi.

4.1.3. Antalya'da kentsel ısı adası etkisi

Antalya'da yapılaşma denize paralel gelişmiştir (Resim 9). Bu nedenle konfor için gerekli olan deniz yönünden esen rüzgarlar kent içine ulaşamaz. Yüksek yapıların ve dar sokakların şekillendirdiği kent geometrisi, gece radyant ısı kaybının yeterli derecede gerçekleşmesine engel olmakta ve ısınmaya sebep olmaktadır. Gün boyu ısınan yapıların ve zemin kaplamalarının, gece bu ısıyı geri vermesi ile oluşan olumsuz termal koşullar soğutma amaçlı enerji harcamalarını arttırmaktadır. Yoğun yapılaşma ve doğal dokunun tahribatı ile oluşan iklim değişikliği ve ısı adasının etkileri, kentte yaşayanlar tarafından hissedilmekte ve özellikle yaz aylarında bu nedenle sağlık sorunları yaşanmaktadır. Kent içinde farklı bölgelerde, değişken topoğrafya, farklı toprak yapısı, su kütlesi ve kent geometrisi ve yüzey kaplamaları nedeni ile nem yoğunluğu da değişiklik arz etmektedir. Hava akımlarının yetersiz oluşu nemin birikmesine ve sirküle edilememesine neden olmaktadır.



a) b)

Resim 9. a) Akdeniz Bulvarı, yaklaşık 4 km boyunca çok katlı apartmanlarla Antalya'nın sahil siluetini şekillendirir. b) Yüzüncüyıl bulvarı, Antalya'nın en işlek caddesidir ve kentsel ısı adası etkisinin en çok hissedildiği bölümüdür.
Antalya'da yapılaşma denize paralel gelişmiştir bu nedenle deniz yönünden esen meltem rüzgarları kent içine ulaşamaz.

4.1.4. Antalya'da pasif soğutma sistemlerinin kullanım potansiyelleri

Antalya'nın iklim verileri ve soğutma amaçlı kullanılabilecek doğal kaynaklarına ait veriler incelendikten sonra doğal soğutma yöntemlerinin yörenin iklimine uygunluğu, Givoni (1998) ve Olgyay'ın (1992) çalışmaları baz alınarak değerlendirilmiştir. Antalya'nın 1975-2006 yılları arasındaki sıcaklık ve bağıl nem değerleri Antalya Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden elde edilmiştir ve kentin farklı bölgelerine ait ölçümler yapılmamaktadır (Şekil 52a). Yapılan çalışmada şu sonuçlara ulaşılmıştır:

1) Psikrometrik diyagram üzerinde yapılan ilk çalışmada Antalya'nın mayıs-ekim ayları arasındaki ortalama sıcaklık ve bağıl nem değerleri, Givoni'nin (1998) pasif soğutma metotlarıyla termal konfor sağlama koşulları ile ilgili hazırladığı diyagrama işlenmiştir. Elde edilen sonuca göre; mayıs ve ekim aylarında, iyi izole edilmiş bir yapıda, konfor şartlarının sağlanması için soğutmaya gerek yoktur. Haziran ve eylül aylarında doğal ventilasyonun yanı sıra mekanik soğutmaya ihtiyaç duyulur. Temmuz ve ağustos aylarında mekanik soğutmaya ihtiyaç duyulur (Şekil 52b).

2) Yapılan ikinci çalışmada Antalya'nın mayıs-ekim ayları arasındaki ortalama sıcaklık ve bağıl nem değerleri, Olgyay'ın (1998) dış mekan termal konfor diyagramına işlenmiştir. Elde edilen sonuca göre; mayıs ve ekim aylarında neme rağmen rüzgar ile konfor şartlarının sağlanması mümkündür ancak gölgeye ihtiyaç duyulur. Haziran ve eylül aylarında rüzgara ve gölgeye ihtiyaç duyulur. Temmuz ve ağustos aylarında dış mekan termal şartları boğucudur, gölge ve rüzgar konfor koşullarını sağlamakta yetersizdir (Şekil 52c).

3) Yapılan üçüncü çalışmada Antalya'nın mayıs-ekim ayları arasında saat 14.00'te ölçülen sıcaklık ve bağıl nem değerleri, Givoni'nin (1998) pasif soğutma metotlarıyla termal konfor sağlama koşulları ile ilgili hazırladığı diyagrama işlenmiştir. Elde edilen sonuca göre; mayıs ve ekim aylarında, iyi izole edilmiş bir yapıda, konfor şartlarının sağlanması için soğutmaya gerek yoktur. Haziran ve eylül aylarında doğal ventilasyonun yanı sıra, termal kütlenin ısıl kapasitesinden yaralanılarak iç mekan termal konfor koşulları sağlanabilir. Temmuz ve ağustos aylarında, termal kütle ve evaporatif soğutma ile iç mekan termal konfor koşulları sağlanabilir (Şekil 53b).

4) Yapılan üçüncü çalışmada Antalya'nın mayıs-ekim ayları arasında saat 14.00'te ölçülen sıcaklık ve bağıl nem değerleri, Olgyay'ın (1998) dış mekan koşulları termal konfor diyagramına işlenmiştir. Elde edilen sonuca göre; mayıs ve ekim aylarında dış mekan koşulları termal konfor zonu içerisindedir, gölge ve rüzgar gerekli değildir.. Haziran ve eylül aylarında gölge ve rüzgarla termal konfor sağlanabilir. Temmuz, ve ağustos aylarında gölge ve daha fazla rüzgar ihtiyacı hissedilmektedir (Şekil 53c).

Yukarıda anlatılan çalışmadaki iklim verileri tek bir merkezden alınmaktadır. Kent içinde farklı bölgelerde, değişken topoğrafya, farklı toprak yapısı, su kütlesi ve kent geometrisi ve yüzey kaplamaları nedeni ile nem yoğunluğu da değişiklik arz etmektedir. Hava akımlarının yetersiz oluşu nemin birikmesine ve sirküle edilememesine neden olmaktadır. Konu ile ilgili bölgesel çalışmalar yapılıp veri tabanlarının oluşturulması, planlama ve tasarın için gereklidir.

2005 yılında Ateş ve Baker tarafından yapılan çalışmada "Türkiyenin 51 ilinde evaporatif soğutmanın uygulanabilirliği" araştırılmış ve Akdeniz bölgesi ile ilgili olarak şu sonuçlara ulaşılmıştır:

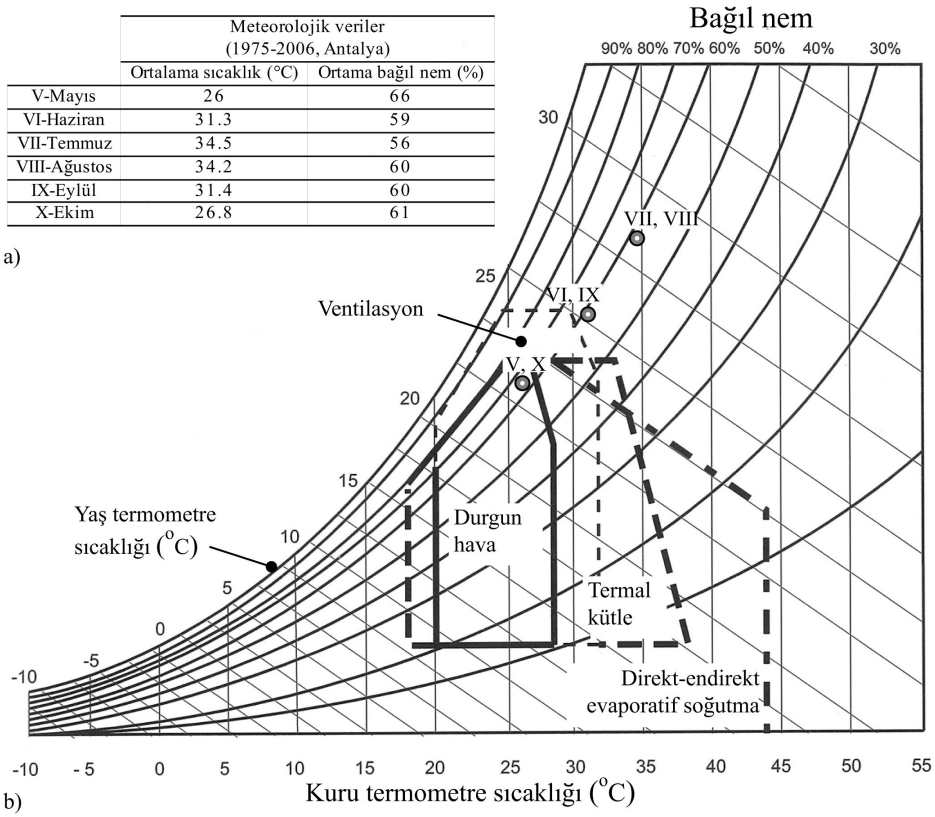
-Yüksek konfor beklentisi ve sistemin tanınmaması sebebi ile, Akdeniz ve Ege kıyıları boyunca tatil ya da kent merkezlerindeki büyük soğutma talebini karşılamak için uygun görünmemektedir.

-Ancak, evaporatif soğutma, bu bölgelerde düşük bir maliyetle, sıcaklığın etkisini biraz azaltmak ve rahatlama sağlamak için kullanılabilir (Ateş ve Baker, 2005).

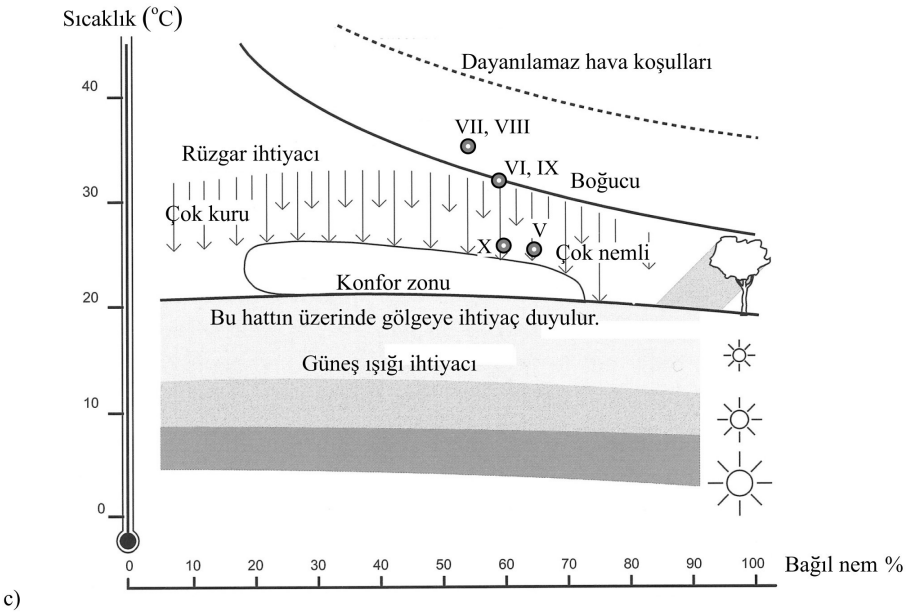
Antalya kentinde geçmişte su ögesi, bina ve yakın çevresinde serinleme amaçlı kullanıldığı halde günümüzde benzer yöntemler yaygın olarak kullanılmamaktadır. Bunun başlıca sebepleri, sistemin tanınmaması ve konu ile ilgili yeterli araştırma ve uygulama yapılmamış olmasıdır. Mevcut su kaynaklarının yeni kent dokularında ve yapılarda pasif soğutma amacı ile kullanımı ancak bölgesel iklim verilerinin doğru değerlendirilmesi ve tasarım kriterlerinin bu veriler doğrultusunda oluşturulması ile mümkündür.

	Meteorolojik veriler (1975-2006, Antalya)	
	Ortalama sıcaklık (°C)	Ortama bağıl nem (%)
V-Mayıs	26	66
VI-Haziran	31.3	59
VII-Temmuz	34.5	56
VIII-Ağustos	34.2	60
IX-Eylül	31.4	60
X-Ekim	26.8	61

a)



b)

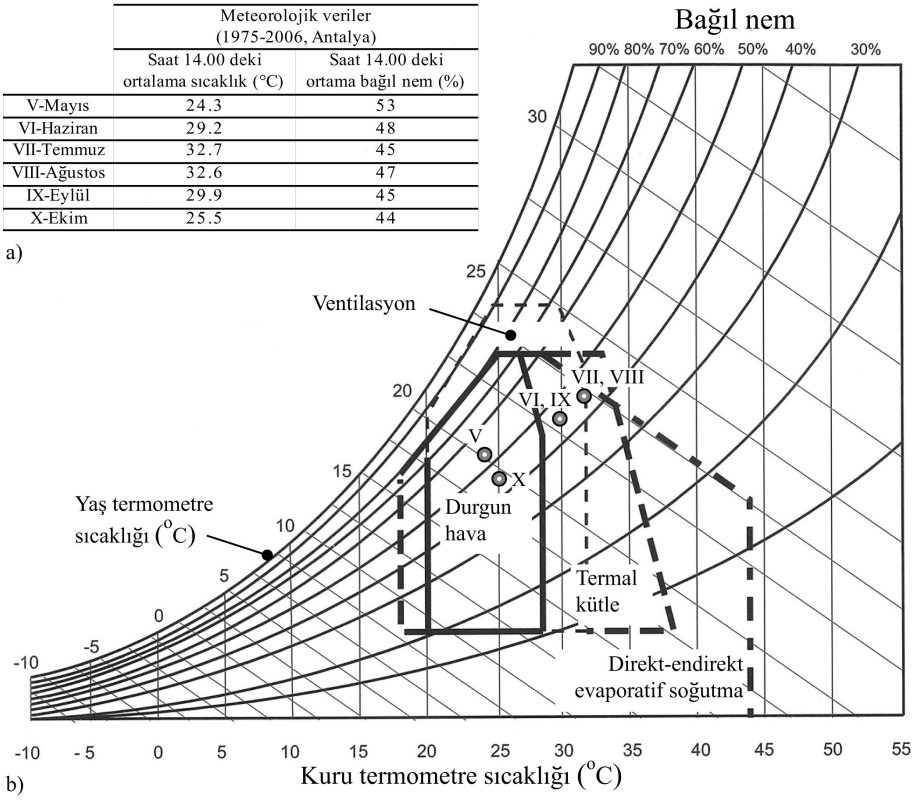


c)

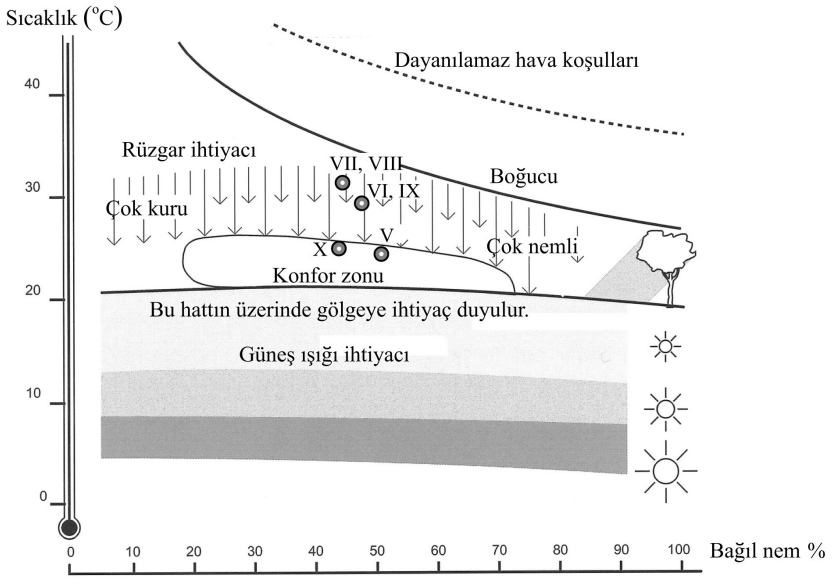
Şekil 52. Antalya yaz dönemi aylık ortalama iklim verilerinin termal konfor diyagramına uygulanması.
a) 1975-2006 yılları arasında Antalya'nın mayıs-ekim ayları arasında ortalama sıcaklık ve bağıl nem verileri (Antalya Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden alınmıştır.). b) Antalya ait ortalama sıcaklık ve bağıl nem verilerinin, Givoni'nin çalışmasına (1998) işlendiği diagram. c) Antalya ait ortalama sıcaklık ve bağıl nem verilerinin, Olgyay'ın çalışmasına (1992) işlendiği diyagram.

	Meteorolojik veriler (1975-2006, Antalya)	
	Saat 14.00 deki ortalama sıcaklık (°C)	Saat 14.00 deki ortama bağıl nem (%)
V-Mayıs	24.3	53
VI-Haziran	29.2	48
VII-Temmuz	32.7	45
VIII-Ağustos	32.6	47
IX-Eylül	29.9	45
X-Ekim	25.5	44

a)



b)



c)

Şekil 53. Antalya yaz dönemi saat 14.00'te ölçülen ortalama iklim verilerinin termal konfor diyagramına uygulanması.
a) 1975-2006 yılları arasında Antalya'nın mayıs-ekim ayları arasında saat 14.00'teki sıcaklık ve bağıl nem verileri (Antalya Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden alınmıştır.). b) Saat 14.00'te ölçülen, Antalya ait ortalama sıcaklık ve bağıl nem verilerinin, Givoni'nin çalışmasına işlendiği diagram. c) Saat 14.00'te ölçülen, Antalya ait ortalama sıcaklık ve bağıl nem verilerinin, Olgyay'ın çalışmasına (1992) işlendiği diyagram.

4.2. Kent planında su ögesinin sürekliliği, Perge Antik Kenti su kanalları ve F3 çeşmesi

Antalya yöresinde ilk çağlarda çok sayıda kanallar açılarak su şebeke sistemi oluşturulmuştur (Harita 1). Antik Çağ toplumları, suyu yalnızca içme, beslenme, temizlenme, sanayi ve sulama amaçları için kullanmamışlar; suyun serinliğinden, görüntüsünden ve sesinden de en geniş ölçüde yararlanmışlar, suyu sanatsal ve mimari bir öge olarak değerlendirmişlerdir (Resim 10a). İlk Çağlardan yakın zamanlara kadar Antalya ve yakın çevresinde su ögesi, iklimlendirme amacı ile de kullanılmıştır.

Antalya İli sınırları içerisinde iki yüzden fazla antik kent bulunmaktadır. Bu kentlerde kentsel ve mimari yapıların yanı sıra kentlere ana kaynaktan su getiren suyolları da teknik ve ustalıkla çözülmüştür (Harita 1). Kentlere kilometrelerce uzaktan getirilen sular; depo ve havuzlarda biriktirilmiş, kentler içerisindeki kanallardan, çeşmelerden, büyük hamamlardan akıtılmış, kirlendikten sonra da düzenli kanalizasyon sistemleri ile kentlerden uzaklaştırılmıştır.

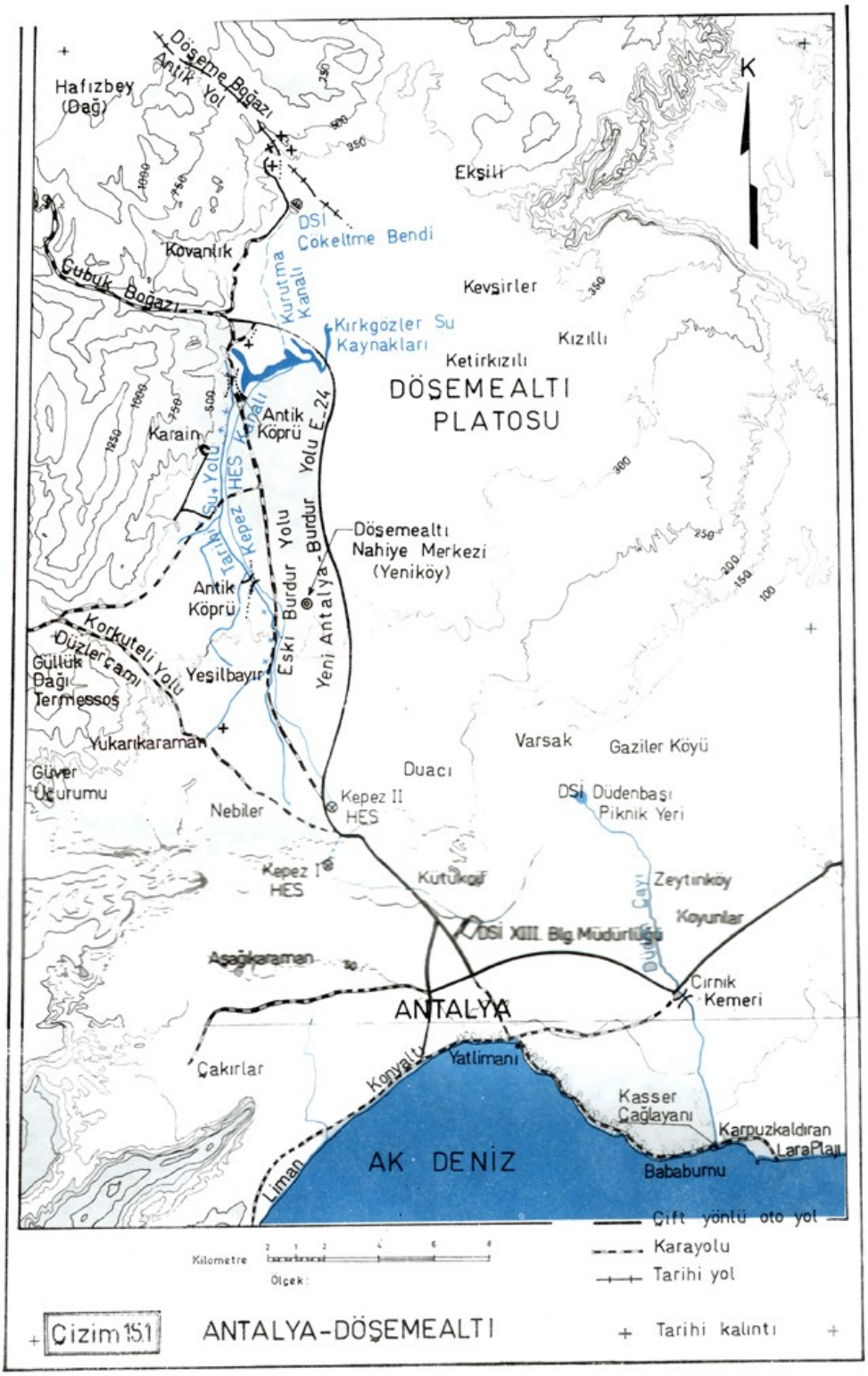
Antalya bölgesi antik su yapılarının genel özellikleri

-Kentlere değin kapalı kanallarla gelen su; kentlerin ortasından çağlayanlara, kaskatlı kanallara, havuzlara, anıtsal çeşmelere akmış ve insanların suyun sesinden ve serinliğinden en iyi biçimde yaralanabilecekleri birer sanat eserine dönüştürülmüştür (Büyükyıldırım, 1994).

-Su, taşkın, bataklık, ve kentsel atık sularına dönüştüğü zaman insan sağlığını tehdit eden bir ögeye dönüşür. Bu sorunlara çözüm olarak antik çağlarda, kurutma kanalları, tüneller, taşkın seddeleri ve kentsel atık suları uzaklaştırmak için kanalizasyon sistemleri yapılmıştır.

-Antik kentlere iletilen sular daima suyun başından, kaynaktan alınmıştır.

-Suyolları genellikle galeri ve tünellerden geçirilmiş, kanalların üzeri mutlaka kapatılmış, su hiçbir zaman açıkta bırakılmamıştır (Büyükyıldırım, 1994).



Harita 1. Antalya tarihi suyolları haritası (Büyükyıldırım, 1994).

Perge kenti ve su kaynakları

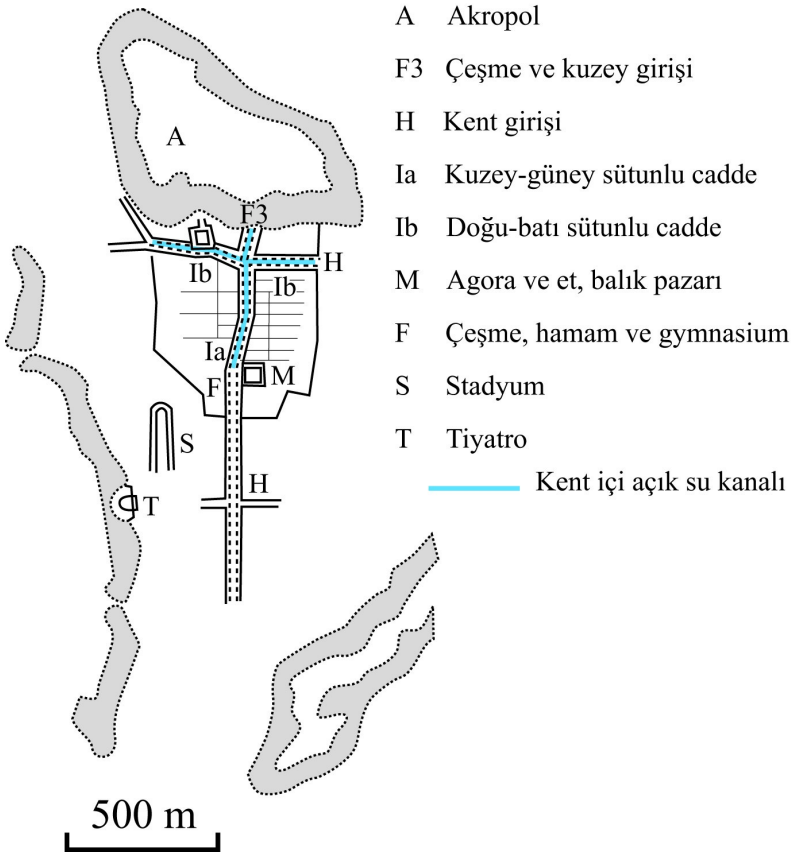
Pamphylia'nın önemli kentlerinden Perge, bugünkü Antalya ilinin 18 km. doğusunda, Alanya-Antalya karayolu üzerindeki Aksu beldesinden yaklaşık 2 km. kuzeyde bulunmaktadır. Akdeniz'den 11 km. içeride ve Aksu (Kestros) nehrinden 4 km. batıdadır. Perge'de ilk yerleşimin başladığı yer olan akropolis, yaklaşık 88 m. yüksekliğinde bir tepedir. Hellenistik Dönem'den itibaren şehrin yayılmaya başladığı akropolisin güneyindeki ova, Katarhaktes (Düden), Kestros (Aksu) ve Eurymedon (Köprüçay) nehirlerinin taşıdığı alüvyonlar ile oluşmuş bereketli bir ovadır. Perge akropolisi, antik Kestros (Aksu) Irmağı'nın batı kollarından Kalamaklı ve Soğucaksu dereleri arasındaki ova girişindeki tepe üzerine kurulmuştur. Akropolisteki kent su ihtiyacını diğer tüm kentlerde olduğu gibi önce yağmur ve yer altı sularından sağlamaya çalışmıştır. Bu amaçla yapılmış pek çok sarnıç ve kuyu özellikle akropolis tepesi üzerinde bulunmaktadır (Çağlayan, 2009). Perge'nin gelişmeye ve genişlemeye başladığı dönemlerden itibaren, kent nüfusunun da artışına bağlı olarak yükselen su ihtiyacını karşılamak için yeni ve yakın su kaynakları aranmaya başlanmıştır. Kurşunlu/Kümbet Çağlayanı ve Düden Nehri'nden alınan suyu, kent içine taşıyan ve atık suyu uzaklaştıran kanal sistemleri genel olarak Roma döneminde yapılmıştır, Bizans ve daha sonraki dönemlerde de işlevselliğini kaybetmemiştir.

Düdenbaşı, Antalya merkezinin 10 km. kuzeydoğusunda, Perge kentinin kuzeybatısında yer alır. Suyolu bu noktadan, uygun topoğrafyayı takip ederek çeşitli kanallar, tüneller ve su kemerleri vasıtası ile Perge kentine yaklaşık 22. km.de ulaşır. Kurşunlu-Perge suyolundan daha sonra inşa edildiği bilinen Düdenbaşı-Perge suyolu, Roma İmparatorluk Dönemi'nden itibaren yakın zamanlara kadar kullanılmıştır. Düdenbaşı-Perge suyolu tüm Pamphylia kentleri arasında suyu en gür akan suyoludur (Büyükyıldırım, 1994). Suyolunun kireçlenmesi veya kanal içinde çamur tabakalarının birikmesi, zaman içinde harçla sıvamış olan iç kesimde suyun içerdiği sodyum karbonattan dolayı kireç tabakası oluşmasına ve bu da suyun akış hızının ve miktarının azalmasına neden olmaktadır. Perge'de olduğu gibi, sodyum karbonat oranının yüksek olduğu kaynaklardan suyunu alan sistemlerde, kireçlenmeden dolayı onarılması güç hasarlar meydana gelmektedir. Bu sebeple Perge'de kente giren su,

birden fazla hazneden geçirilerek çökertilmekteydi. Bu çöktürme tankları kireç taşından yapılmış ve sızdırmazlığı sağlamak için harçla sıvanmıştır (Çağlayan, 2009).

4.2.1. Perge Kenti kuzey kapısında su ögesinin kullanımı; F3 çeşmesi

Perge, Akdeniz bölgesinin (Pamphilya) en önemli Antik Çağ yerleşimlerinden biridir. Bölge, Akdeniz iklim özelliklerini taşımakta ve yazları sıcak ve kurak , kışları ılık ve yağışlı geçmektedir. Şehir ovaya doğru yayılırken ızgara sistem olarak planlanmış ve güneyden Akdeniz üzerinden gelen serin esintiyi kent içine taşıyabilmek için "Sütunlu Cadde" oluşturulmuştur (Harita 2). Kuzeyde F3 çeşmesi (Şekil 54) Akropoldeki bir su kaynağını kullanarak sütunlu cadde boyunca sürekli akan su kanalını beslemekteydi (Tunçer, 1994).

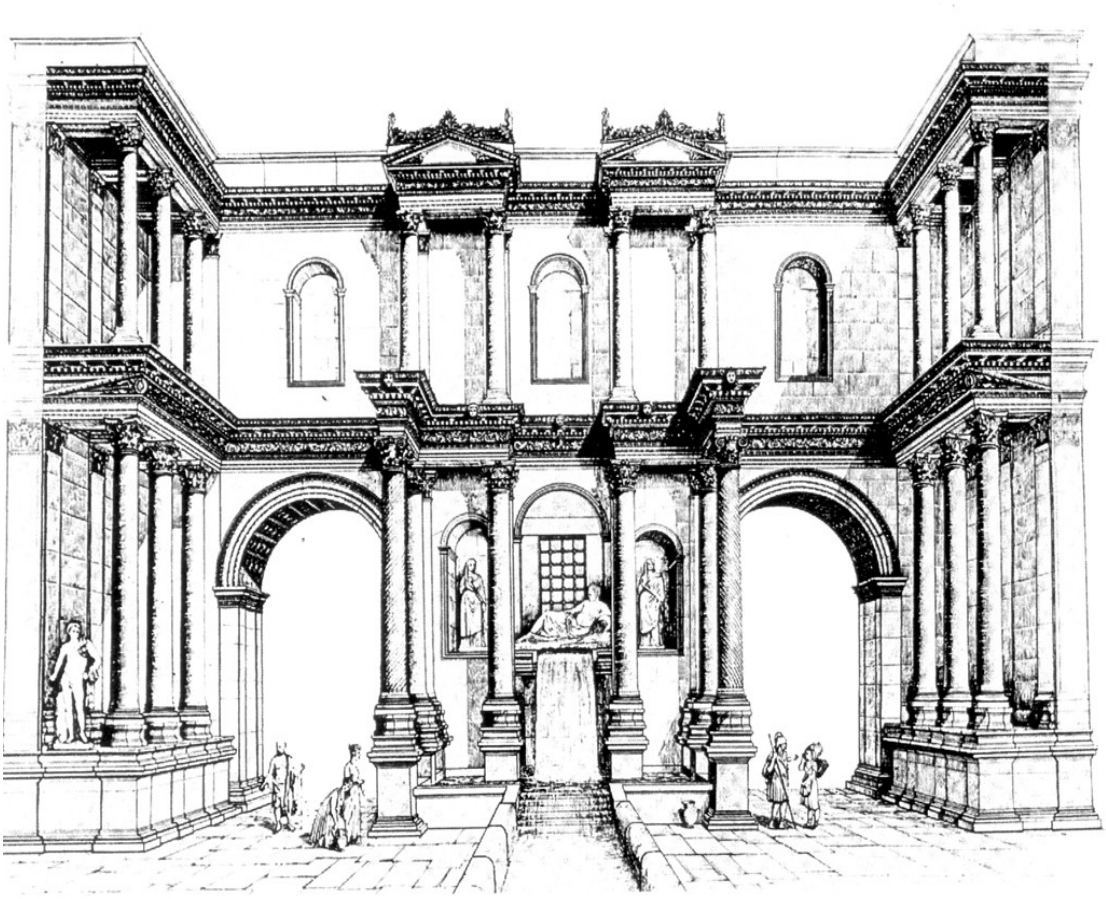


Harita 2. Perge Antik Kenti şematik haritası. Özdizbay (2008)'ın çalışmasından uyarlanarak hazırlanmıştır.

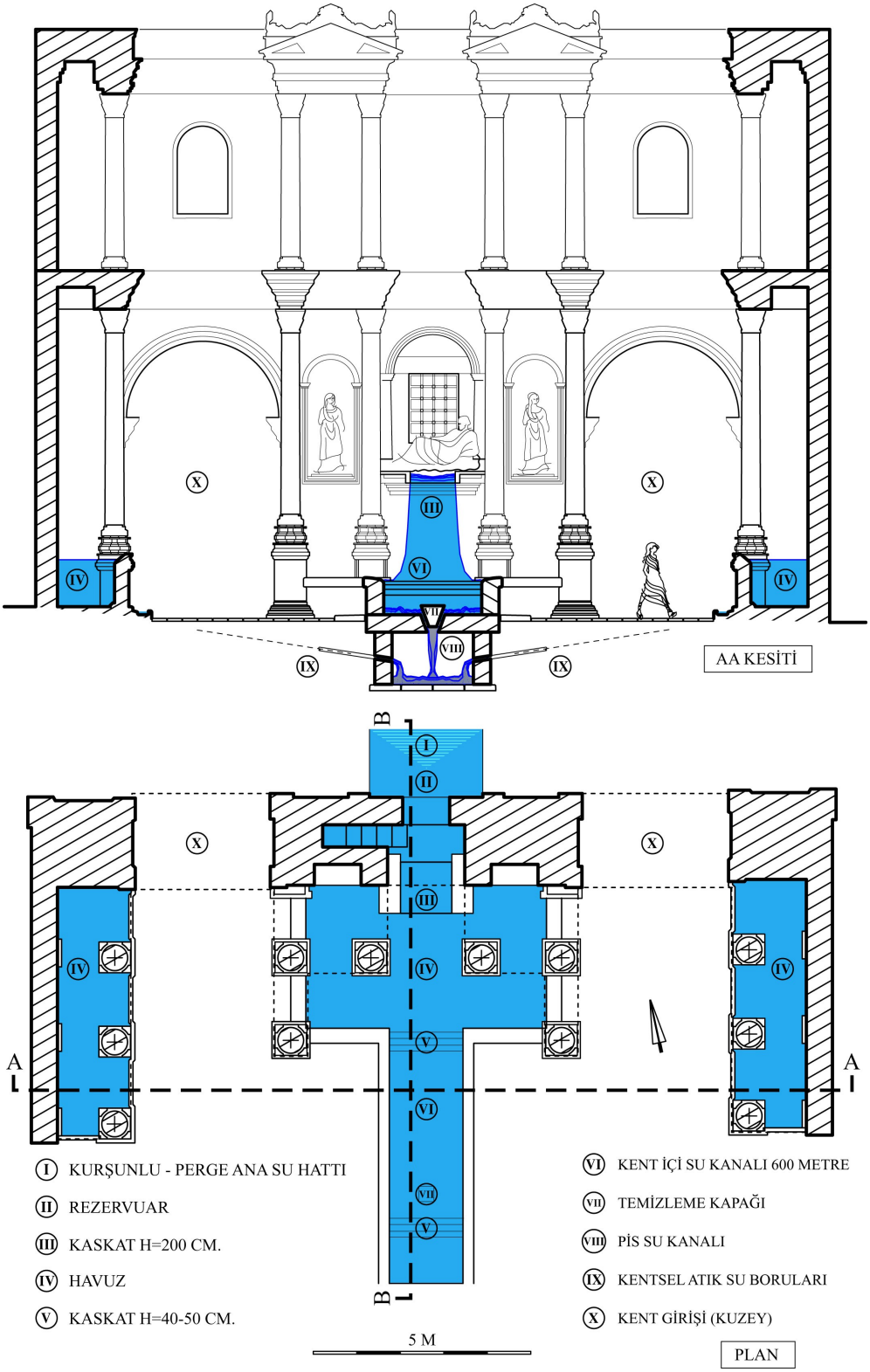
Perge' nin ana caddesi akropol eteklerinden başlayarak 600m. güneydeki geç dönem kapısına doğru uzanır (Harita 2). Batı kent kapısından başlayıp doğu-batı doğrultusundaki geniş bir cadde kuzey-güney caddesini dik olarak keser. Kuzeydeki anıtsal F3 çeşmesinden dökülen sular, ana caddenin ortasındaki bir kanaldan Agoraya kadar akıtılmıştır, bu kanala dik bağlanan ikinci bir kanal da doğuya uzanan geniş caddenin ortasından akmaktaydı (Büyükyıldırım, 1994).

Perge kentini besleyen Kurşunlu-Perge su iletim yolu, akropolün güneyindeki anıtsal F3 çeşmesi ile sonlanır ve bu nokta kent içi kanallarının başlangıç noktası olarak kabul edilir (Büyükyıldırım, 1994). Kurşunlu' dan gelen su, çeşmenin sol arka yanındaki yamaçtan getirilerek kemerli pencerenin önündeki savaktan 2,00-2,50 m. aşağıdaki havuza düşürülmüştür. Buradan akan suyun debisi 100-150 lt./sn. olduğu tahmin edilmektedir (Büyükyıldırım, 1994). Adını Aksu ırmağının antik adından alan Pergenin su tanrısı Kestros' un mermer heykeli savağın üzerine uzanmış, altından geçen suyun kente doğru çağlayarak akmasını adeta keyifle seyretmektedir Büyükyıldırım, 1994).

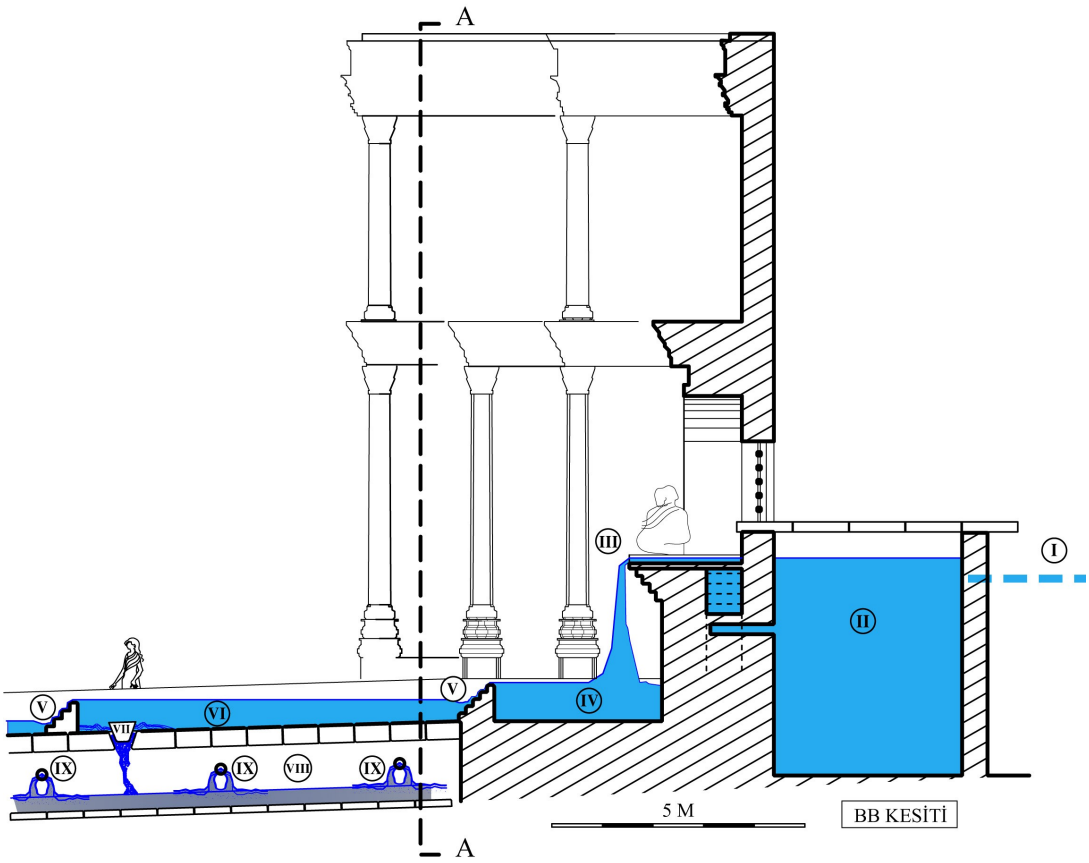
Kuzeyden güneye doğru alçalan bir kot ile devam eden açık su kanalı şehrin en özgün özelliği olarak tanımlanabilir (Özdizbay, 2008). Akroplis eteğindeki F3 çeşmesi üzerindeki Kestros heykelinin altından akan su, buradan havuzla bağlanmış olan kanalın içine, kanal vasıtası ile de caddenin ortasından kentin güneyine doğru akıyordu. F3 çeşme yapısını Delemen (2008) şu şekilde tarifler; “Kentlilere doğrudan su sağlayan bir çeşme yapısıdır; kentin refahını arttıran bir su dağıtım merkezidir; kentin Kestros (Aksu nehri) yakınındaki konumunu hatırlatan bir imgedir; doğal ortamı teatral bir çerçeve içerisinde taklit eden bir sanat ürünüdür; kentin hidroliğe hakimiyetini ve finansal gücünü ilan eden bir propaganda aracıdır” (Şekil 55 ve 56).

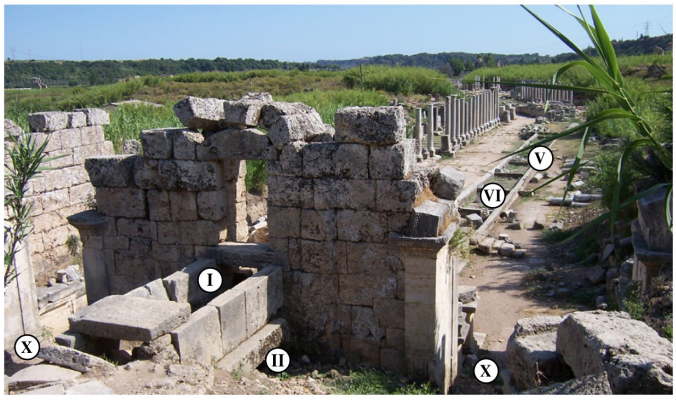


Şekil 54 Perge F3 çeşmesi.
Kentin kuzey girişinde yer alan F3 çeşmesi kentin kuzey-güney aksı boyunca devam eden su kanalının da başlangıç noktasıydı (Büyükyıldırım, 1994).



Şekil 55. Perge Antik Kenti kuzey girişi ve F3 çeşmesi şematik planı.
Özdizbay (2008) ve Büyükyıldırım (1994)'ın çalışmaları baz alınarak hazırlanmıştır.





Perge kenti kuzey kapısından F3 çeşmesi ve sütunlu caddenin genel görünüşü



F3 çeşmesi ve kaskatlı kanal

I KURŞUNLU - PERGE ANA SU HATTI

II REZERVUAR

III KASKAT H=200 CM.

IV HAVUZ

V KASKAT H=40-50 CM.

VI KENT İÇİ SU KANALI 600 METRE

VII TEMİZLEME KAPAĞI

VIII PİS SU KANALI

IX KENTSEL ATIK SU BORULARI

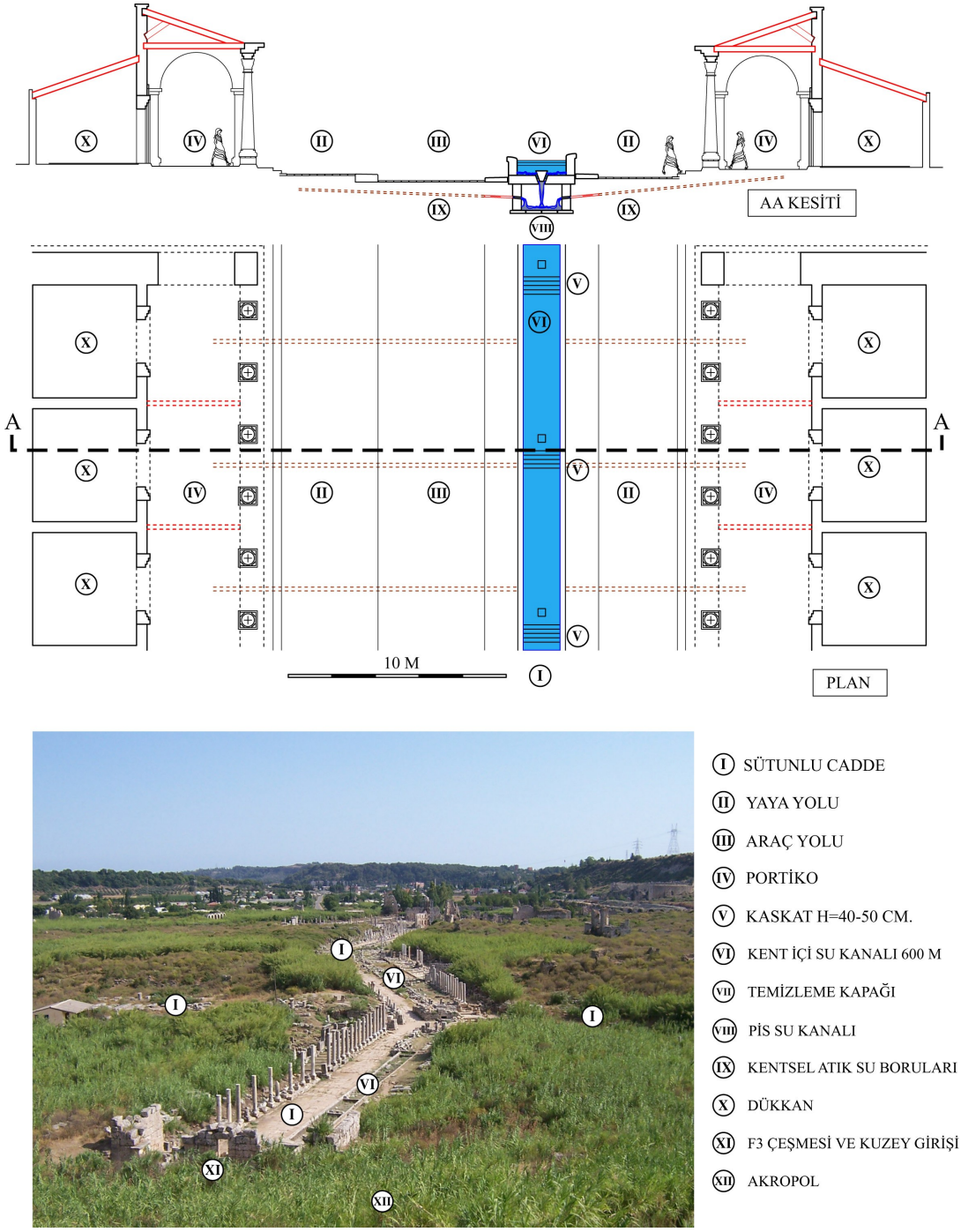
X KENT GİRİŞİ (KUZEY)

Şekil 56. Perge Antik Kenti kuzey girişi ve F3 çeşmesi şematik kesiti.
Özdizbay (2008) ve Büyükyıldırım (1994)'ın çalışmaları baz alınarak hazırlanmıştır.

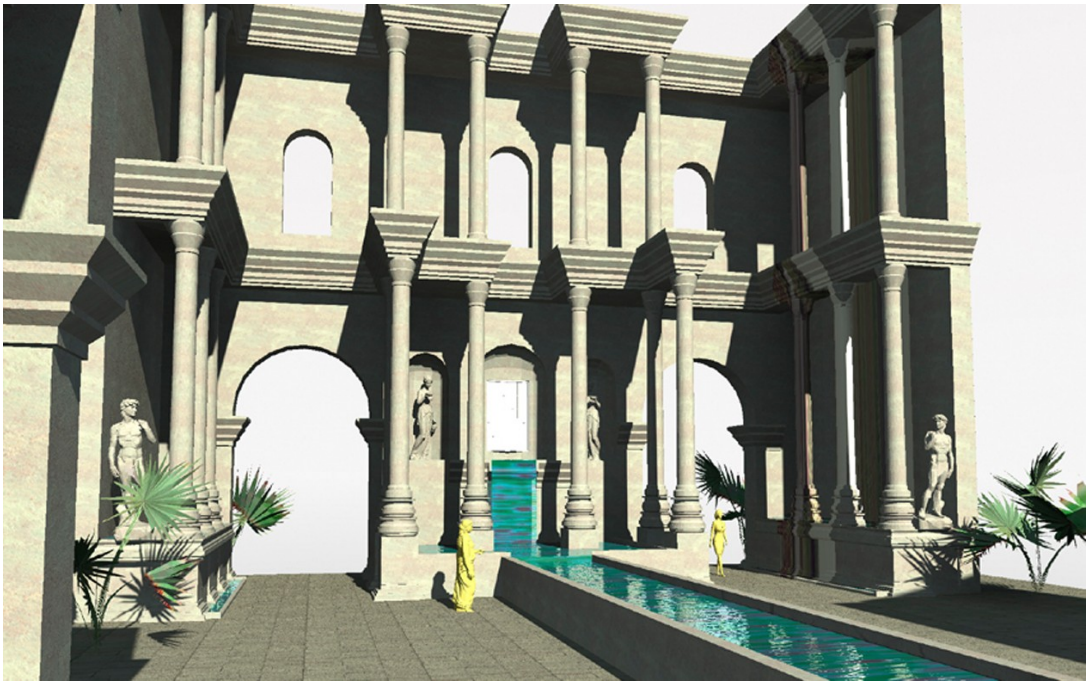
4.2.2. Perge Kenti Sütunlu Cadde'de su ögesinin kullanımı; kaskatlı kanal

Perge kenti ovaya doğru yayılırken ızgara (grid) sistem olarak planlanmış ve güneyden gelen serin esintiyi kent içine taşıyabilmek için "Sütunlu Cadde" oluşturulmuştur. Cadde yaklaşık 22,00 m. genişliğinde olup yaya ve araba trafiğine uygundur. Batısında 6,50 m.ve doğusunda ise 5,50 m. genişliğinde portikolar bulunur. Portikoların gerisinde ise ortalama 5,00 m derinliğinde dükkanlar sıralanmaktadır. Dükkan girişleri bu gölgeli portikolara açılmaktadır (Özdizbay, 2008). Kuzeyde F3 çeşmesinden gelen sularla beslenen açık kanal sütunlu cadde boyunca devam etmekteydi (Şekil 57 ve 58). Güneyden gelen serin rüzgar açık su kanalın üzerinden eserek kentin güney girişinden kuzey girişine kadar hiçbir engelle karşılaşmıyordu (Tunçer, 1994). Suların kent içerisinde böyle açıktan akıtılmasında, topografik koşulların elverdiği ölçüde yüksekliklerden düşürülmesinde güdülen bir amaç da iklimseldir. Böyle köpürerek, çağlayarak akan sular yakın çevreyi serinletir. Perge'nin 45 °C dereceyi bulan kavurucu sıcaklarında birkaç derecelik bir serinlik bile insanlar için çok önemlidir (Büyükyıldırım, 1994).

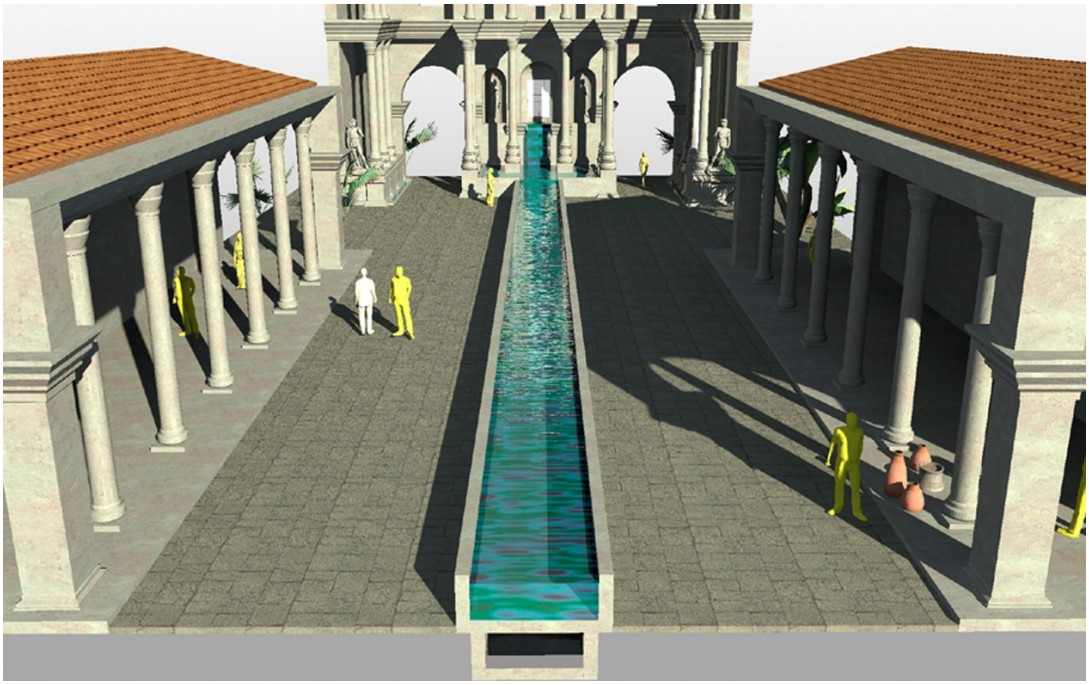
F3 çeşmesinden güneye doğru uzanan kanalın savak yüzeyleri basamaklı ve dişli yapılmıştır. Böyle bir savak üzerinden su, kırılarak, dalgalanarak, köpürerek, göze ve kulağa hoş gelen bir takım oyunlar yaparak akar. Suyun debisi fazla olmadığı için, aktığı yüzlerce yıl boyunca savak yüzeylerinde hiçbir aşınmaya yol açmamıştır. Dişleri keskin kenarları bugün de görülebilir (Büyükyıldırım, 1994). Dışı profilli kireç taşından yapılmış olan kanal, 2 metre genişliğinde olup, derinliği 0,78 ile 1,20 m. arasında değişmektedir. Kanalın tabanı büyük kireç taşı levhalarla kaplanmıştır. Kanalın bir diğer özelliği, yaklaşık 8 m aralıkla içinin kireç taşı bloklarla kompartmanlara ayrılmış olmasıdır. Bunun işlevi ise suyun debisinin azaltılıp, üstteki pisliğin dibe çökmesini sağlayarak akan suyun sürekli temiz kalmasını sağlamak olmalıdır (Özdizbay, 2008). Ayrıca kanalın tam altından kentin atık su kanalının geçtiği de saptanmıştır (Büyükyıldırım, 1994). Kanal eşiklerinin hemen önünde, açık kanaldan alttaki atık su kanalına açılan 40-45 cm. ebatlarında tahliye delikleri bulunmaktadır (Şekil 55, 56 ve 59).



Şekil 57. Perge Antik Kenti sütunlu cadde ve kent içi su kanalının şematik plan ve kesiti.
Kuzeyde F3 çeşmesinden gelen sularla beslenen açık kanal sütunlu cadde boyunca yaklaşık 600 m devam etmekteydi.
Özdizbay (2008) ve Büyükyıldırım (1994)'ın çalışmaları baz alınarak hazırlanmıştır.

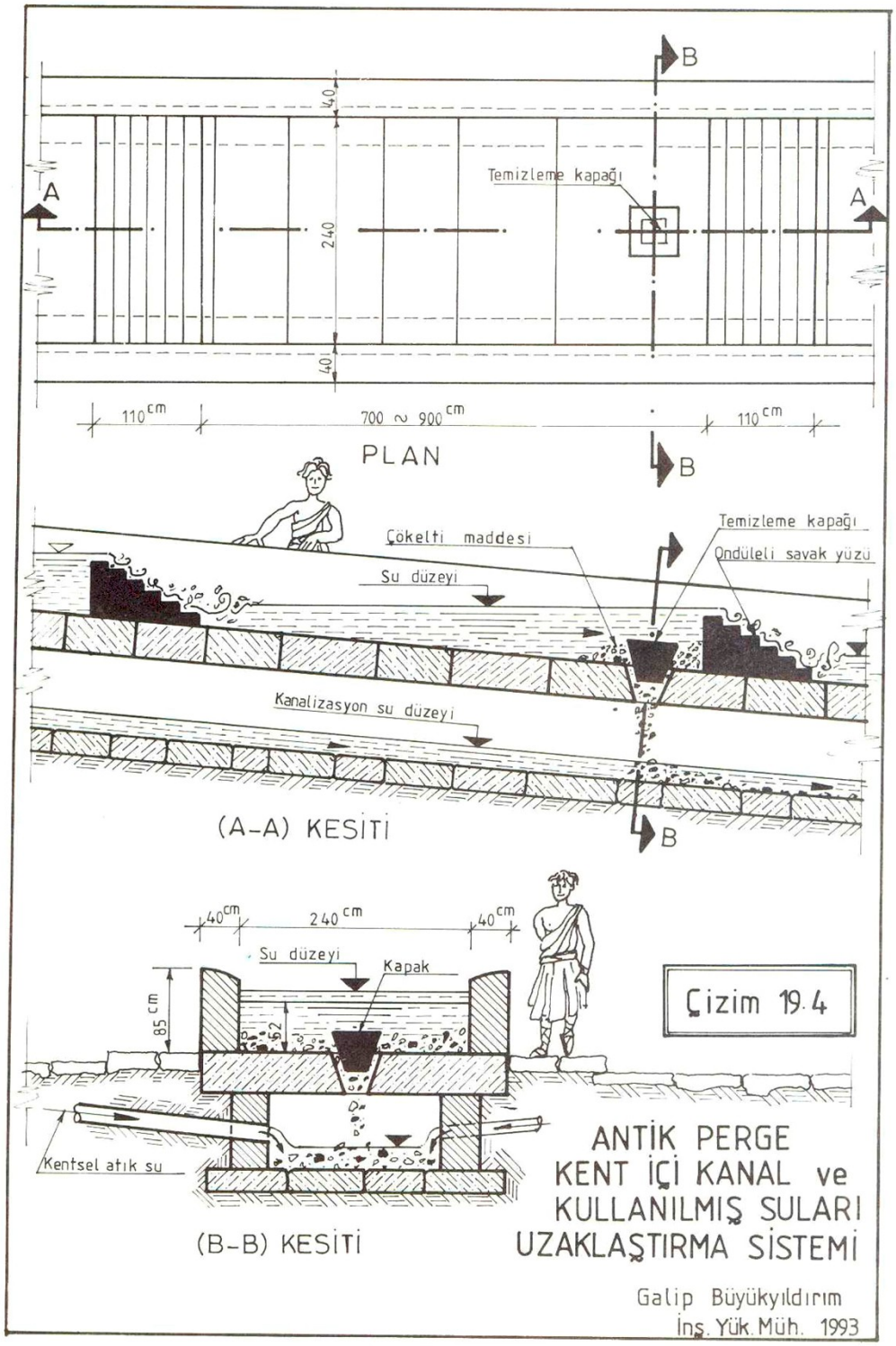


a)



b)

Şekil 58. Perge Antik Kenti kuzey girişindeki F3 çeşmesi, sütunlu cadde ve su kanalının üç boyutlu modeli.
Özdizbay (2008) ve Büyükyıldırım (1994)'ın çalışmaları baz alınarak hazırlanmıştır.



Şekil 59. Antik Perge kent içi su kanalı ve atık su sistemi.
Eşik sırtlarında biriken çökeltiler, deliklerin dairesel ya da kesik piramit formunda taş kapakları açılarak alttaki atık su kanalına tahliye ediliyordu (Büyükyıldırım, 1994).

4.3. Antalya kent içi tarihi su yolları ve kanalları

Eski Türk kentleri genellikle vadi tabanı ve su kıyılarına konumlanırdı. Bazen nehrin suları ayrı kollar halinde kanallara ayrılır; ev ve bahçelerin kenarından geçirilmek sureti ile kente serinlik ve özgünlük kazandırılırdı (Bolu, 2007). Yakın zamanlara kadar yerleşimlerin odağı olan akarsu ve kanalların üzeri kapatılarak ya da kanalizasyon sistemi için drenaj olarak kullanılarak kent coğrafyasından silinmiştir.

Antalya yöresinde ilk çağlarda çok sayıda kanallar açılarak su şebeke sistemi oluşturulmuştur (Harita 1). Antalya yöresinin İlk Çağ toplumları, suyu yalnızca içme, beslenme, temizlenme, sanayi ve sulama amaçları için kullanmamışlar; suyun serinliğinden, görüntüsünden ve sesinden de en geniş ölçüde yararlanmışlar, suyu sanatsal ve mimari bir öge olarak değerlendirmişlerdir (Resim 10a).



a)



b)

Resim 10. Tarihi su kanalları.
a) Tarihi Perge Kenti su kanalı. b) Antalya Yediarıklar (Çimrin, 2007).

Antalya'ya yüzyıllar boyu sulama ve kullanma suyu getiren kanallar Düden Çayı'ndan beslenirdi. Halk arasında "arık" olarak adlandırılan bu kanallar, yaz aylarında kent içine su taşır, kışın da yağmur suyunun tahliyesi için kullanılırdı. Yağışların başladığı dönemlerde kanallara su verilmez, yağmur suyu kanallarla denize drene edilirdi. Kurak dönemlerde de yağışlı dönemlerde de açık su yolları kent yaşamının önemli bir parçasıydı (Resim 10b).

4.3.1. Düden kanalı

Düden Çayı, Düdenbaşı Şelalesi'nin hemen doğu yakasından başlamaktadır. Suyun dipten kaynadığı çukurun hemen yanında Perge'ye su götüren kanalın 50-60 m uzunluğunda kayalara oyulmuş kısmının izlerine rastlanır. Daha aşağılarda bu kanal Düden yatağından ayrılarak doğuya yönelir ve yaklaşık 15 km uzaklıktaki Perge'ye ulaşır (Büyükyıldırım, 1994).

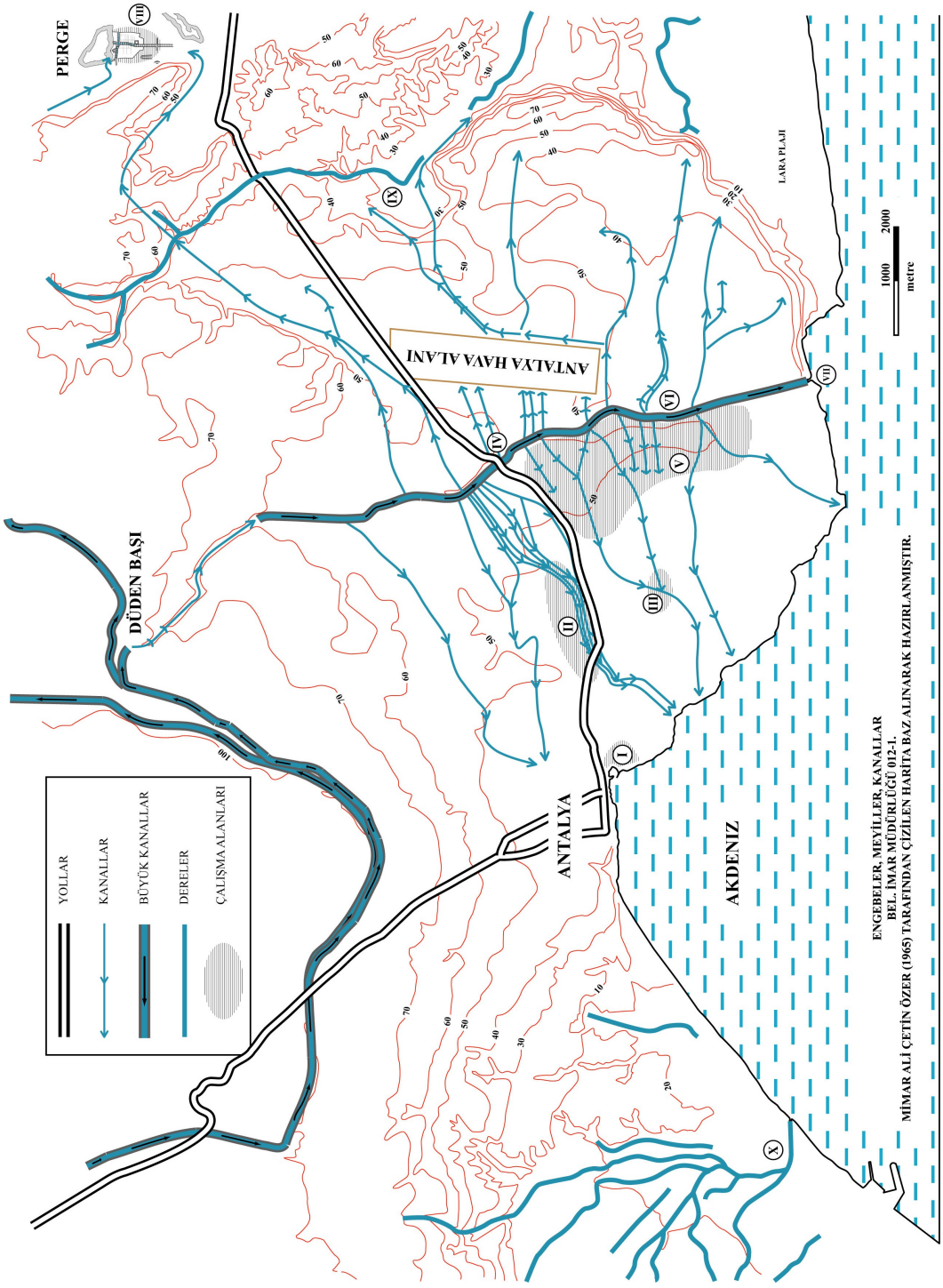
Kırkgöz kaynaklarından gelen sular da Antalya'yı besler. Kepez Hidroelektrik Santrali'ni çevirdikten ve Varsak yöresini suladıktan sonra Düden Çayı ile birleşir (Harita 1 ve 3). Santral ile Düden arasındaki 10 km'lik su kanalı 1961 yılında açılmıştır, Düdenbaşı Şelalesi de aynı yıl açılan yapay bir şelaledir.

Şelalenin altından çıkan Düden Çayı, karstik yapıya özgü dar ve iki tarafı 30 m kadar dik bir vadiden aktıktan sonra, düz bir ovaya açılır ve yatağı genişler. Eskiden bu bölgede su taşkınları sonucu büyük bataklıklar oluşmuş ve zaman zaman Antalya kentinin sular altında kalma tehlikesi oluşmuştu. 1885-1888 yılları arasında güney yönünde Düden Çayı bölünerek, binlerce dönüm arazi sular altında kalmaktan kurtarılmıştır ve bu sayede çevredeki alanlar tarıma daha elverişli duruma getirilmişti. O zamanlar açılan bu kanalla, Düden Çayı Antalya kent merkezinin 12 km doğusunda Karpuzkaldıran mevkinden 40 m yükseklikte bir şelale halinde Akdeniz'e dökülür (Çimrin, 2007).



a) b) c)

Resim 11. Düden Çayı.
a) Antalya-Alanya yolu TEDAŞ kavşağı. b) Cırnık köprüsü. c)Düden Çayı ve batısındaki DSİ kanalı.



Harita 3. Antalya, dereler, kanallar ve su yolları haritası.
I. Kaleiçi. II. Yediarıklar, Değirmenönü bölgesi. III. Kırcamii bölgesi. IV. Düden nehri. V. Kırcamii bölgesi tarımsal amaçlı sulama kanalları. VI. Düden nehri. VII. Düden şelalesi (Kasser Şelalesi). VIII. Perge Antik Kenti. IX. Aksu nehri. X. Boğaçay.
Antalya Belediyesi İmar Müdürlüğü, 1965 yılında Mimar Ali Çetin Özer tarafından hazırlanan harita baz olarak alınmıştır.

4.3.2. Yedi Arıklar

Antik çağlarda adı “Kataraktes” olan Düden nehri Antalya Havaalanının 5 km. Batısından geçerken kentin doğusundaki tarım alanlarına hayat verdikten sonra, Cırnık köprüsünden ayrılan bir kolla Antalya'ya gelir (Resim 11). Zeytinköy' ün doğusunda “Yedi arıklar” denilen yerde, yedi koldan Antalya kentine ulaşır ve dağılırdı. Yedi Arıklar, Antalya'nın sulama ve kullanma suyu gereksinimini karşılamak amacı ile inşa edilmiş, suyu Düden Irmağından alarak kente ileten bir kanal ağının başlangıç bölgesidir (Harita 3).

1970li yılların ortalarına kadar Yediarıklardan gelen sular, Antalya caddelerinin ortasından, sokaklarının kıyısından akardı (Büyükyıldırım, 1994). Değirmenönü'nün, Balbey Mahallesi'nin, Kaleiçi'nin, Yenikapı'nın evleri, bahçeleri ve sokakları su arıklarla yıkanır, sulanır ve serinlerdi (Resim 12). Yediarıklardan gelen sular, Antalya sokaklarının kıyısından, ana caddelerin ortasından, daima ağzına kadar dolu ve hatta etrafına taşarak akardı. Atatürk Caddesinin altından geçen suyun bir kısmı kalenin dibinden açılmış bir arıktan Kaleiçi'ne girerek, Üçkapılar'ı ve İmaret sokağı'nı geçer, Hesapçı Sokak'tan devam eder, kalenin dibindeki hendeğin içinden geçerek Yenikapı'ya ulaşırdı. Kentin içinde akışı devam eden bu kanalların suları, 40 m yükseklikteki falezlerin üzerinden denize dökülürdü. O tarihlerde falezlerden aşağıya 100-200 m aralıkla dökülen çok sayıda çağlayan vardı. Kış aylarında bu arıklara su verilmezdi, yaz aylarında kente su taşıyan bu arıklar, kış aylarında da yağmur sularını denize götürürdü (Çimrin, 2007).

Yedi Arıklar'ın Değirmenönü mevkindeki 25-30 m'lik kısmında ana kaya oyularak açılmış olan kanal ve çevresindeki konut dokusu koruma altına alınmıştır (Şekil 60). Günümüzde Yediarıklar kanal sistemi, su ve yoğun su bitkileri varlığı ile Meydan kavşağından, Düden Çayının batısından geçen DSİ sulama kanalına kadar izlenebilmektedir.



a)



b)



c)



d)



e)

Şekil 60. Yediarıkların bir kolu olan Değirmenönü bölgesi tarihi su kanalı.
a) Google harita üzerine 2004 tarihli halihazır haritanın montajı. b ve c) Tarihi değirmenlere su getiren kanal ve çevresindeki konut dokusu. d) ve e) Değirmenönü bölgesi restorasyonu.



Resim 12. Antalya'da kent içi su kanalları.
a) Yediarıkların ana kayaya oyularak yapılan Değirmenönü kolu b) Yenikapı, Büyükşehir Belediyesinin önündeki kanal. c) Kaleiçi, Hesapçı sokaktan geçen kanal. d) Atatürk Caddesinden geçen kanal.

1970li yılların ortalarına kadar Yedi Arıklardan gelen sular, Antalya caddelerinin ortasından, sokaklarının kıyısından akardı. Değirmenönü'nün, Balbey Mahallesi'nin, Kaleiçi'nin, Yenikapı'nın evleri, bahçeleri ve sokakları su arıklarla yıkanır, sulanır ve serinlerdi Atatürk Caddesinin altından geçen suyun bir kısmı kalenin dibinden açılmış bir arıktan Kaleiçi'ne girerek, Üçkapılar'ı ve İmaret sokağı'nı geçer, Hesapçı Sokak'tan devam eder, kalenin dibindeki hendeğin içinden devam ederek Yenikapı'ya ulaşırdı (Büyükyıldırım, 1994).

4.3.3. Kırcami sulama amaçlı ark sistemleri

Düden çayının batısındaki DSİ sulama kanalından başlayarak kente ulaşan tarımsal amaçlı sulama kanalları toprak kanal olmakla beraber, yakın çevrelerindeki yoğun bitki dokusu ve asırlık çınar ağaçları ile kolaylıkla algılanmaktadır (Harita 3). Kepez ve Düdenbaşı şelalesi arasında oluşturulan kanal boyunca, Kırcamii ve daha sonra Karpuzkaldıran'a kadar çevresinde yer alan tarlalar, geniş bahçeler varlığını tamamı ile Düden Çayı'ndan gelen sulara borçludur. Düden Çayı, suyu ile birlikte toprağını da beraberinde taşır. Çayın geçtiği geniş alanı zaman zaman sular basar ve yerinde ince, verimli bir toprak bırakır. Yörenin toprağı killi ve verimsiz bir topraktır, taşkınlar sayesinde gelen alüvyonlar bölgede tarımı mümkün kılar (Çimrin, 2007).

Yaz kış içinde su bulunan kanalların Kırcami bölgesine ulaşan bir kolu, beslediği bitki ve ağaçlar ile yoğun kent dokusunun ortasında vaha etkisi yaratmaktadır (Harita 2 ve Resim 13). Yoğun yağışların yaşandığı kış aylarında bu bölgedeki su kanalları ve geçirgen toprak yapısı, doğal drenaj işlevi görmektedir. Kanalların etrafindaki suya dayanıklı sazlar ve yoğun bitki dokusu da taşkınlar için doğal önlemdir. Kırcamii bölgesinin Düden Çayı'na kadar olan kısmı günümüzde tarımsal alan olmakla beraber yapılaşmanın tehdidi altındadır.



a) b)

Resim 13. Kırcamii bölgesinde Düden çayı bağlantılı su kanalı ve çevresi.
a) Restore edilen Kırcamii kahvesi, asırlık çınar, dut ağaçları ve asmaları ile kent merkezinde serin bir vaha gibidir. b) Caddenin karşısında yoğun konut dokusu başlar.

4.4. Kaleiçi konutlarının iklimsel özellikleri

Antalya Kaleiçi konut dokusunun oluşumunda iklim önemli bir yer tutar. Yaşanılan bölgedeki iklimsel koşullar, yapıların biçimlenişlerini etkileyen en önemli doğal faktörlerdir. Bu faktörler plan kuruluşunu ve biçimlenişini de etkileyerek mimari karakterlerde farklılıklar oluşmasına neden olmaktadır. Geleneksel konut mimarlığı bu farklılıkların en güzel yansıtıldığı örneklerdir (Solmaz Yeler ve Özek, 2007). Rapoport'un, "incelenmesi gereken en önemli girdi, yerel ustaların iklimsel sorunlar karşısında gösterdikleri akıl almaz beceri ve en az kaynakla en fazla konforu sağlama yetenekleridir" saptaması iklimin oluşturduğu etkilerin ve bu etkilere karşı üretilen çözümlerin anlaşılabilmesinde geleneksel mimarlığın incelenmesi gerektiğini vurgulamaktadır (Rapoport, 1969). Antalya'nın geçmiş mimari değerleri, bölgenin iklimine uygun, yenilikçi çözümler için ilham kaynağı olabilir.

Antalya'nın yazları çok sıcak, kışları da ılık olduğu için, evlerde soğuktan çok, güneşi önleme, serinlik sağlama temel ihtiyaçtır. Yazın, gündüzleri denizden karaya, geceleri karadan denize esen yumuşak esintilerden olabildiğince yararlanabilme ihtiyacı, Kaleiçi evlerinin şekillenmesinde önemli bir faktördür. Bu nedenle gölgeli taşlıklar, yüksek tavanlı odalar, avlular, evlerin belirleyici özelliğini oluşturur. Kaleiçi evlerinde tavan yükseklikliğinin 3-4 m. gibi yüksek olması hava sirkülasyonu açısından oldukça önemlidir. Geniş saçaklı çatılar, 2-2.5 m. yüksekliğinde avlu duvarları ve çıkmalar gölge etkisi yaratmakta faydalıdır. Yarı kapalı, gölgeli taş döşemeli avlular girişte yer almakta ve yaz aylarında, su ile serinletilmiş, esintili yaşam alanları olarak kullanılmaktaydı.

Genellikle iki katlı ve dış sofalı plan tipindeki evlerin zemin katı kagir, üst katı ahşap iskelet sistemindedir. İçeriye, iki kanatlı büyük bir bahçe kapısı ya da doğrudan taşlığa açılan ahşap bir kapıyla girilir. Yüksek duvarlarla istenmeyen bakışlardan korunan bahçe, ağaçlarının koyu gölgesindedir. Kaleiçi evlerinde bulunan yarı açık sofalar ve avlular iç mekanın havalandırılması ve serinletilmesinde etkilidir (Şekil 61 ve 62).

Evlerde mekanlar iklim özelliklerine göre yönlendirilmiş ve düzenlenmiştir. İklim elverdiği için çoğu kez mutfak, banyo, çamaşırlık, depo, kiler, ahır gibi hizmet

donatımı hep giriş katında örgütlenmiştir. Her evin bahçesinde yer alan sarnıç biçiminde, taş bilezikli bir su kuyusu vardır, kuyu aynı zamanda içine yiyeceklerin sepetle sarkıtıldığı bir buz dolabı gibi kullanılmaktaydı. Sokaklar boyunca ev duvarlarına paralel uzanan arıkların taşıdığı sular, temizlik, serinleme ve bahçe sulamasında kullanılmak üzere sırasıyla evlere çevrilirdi (http:// www. kaleicimuzesi.com/antalyaevi_tr.php).

Taşlık

Bahçenin evin altına doğru sokulmuş yarı açık bölümüne taşlık adı verilir. Taşlık; ana giriş, avlu ve merdiveni birbirine bağlayan önemli bir geçiş ve aktivite alanıdır ve Antalya Evleri'nin vazgeçilmez ögeleridir (Şekil 61b ve 61c). Günlük yaşam daha çok taşlıkta ya da hayatta geçerdi. Küçük çakıl taşlarının tatlı kireç harç üzerine tek tek döşenmesiyle oluşturulan bitkisel ve geometrik bezekli mozaikler binlerce yıllık bir geleneğin sürgünü biçiminde taşlıkların zeminini süsler. Bu dekoratif zenginlik, çakıl taşları arasında kurumadan kalabilen ıslaklığın gün boyu sağladığı serinlikle yarara dönüşür (Bektaş, 2004). Taşlıktan birinci kata çıkan ahşap merdiven, orta sahanlığında servis olarak kullanılan ara bir kata geçiş olanağı vererek üst kattaki dış sofaya açılır (Şekil 61d).

Dış sofa

Yurdumuzda Akdeniz ve Ege bölgelerindeki ev planlaması; rüzgar ve manzaradan yararlanma, güneş ışığı ve yağıştan korunma ilkelerine dayanır. Rüzgar yönünde dar sokaklarda oluşturulmuş gölge, mimari dokunun biçimlendirilmesi ile sağlanmıştır. Hayatın büyük oranda sofalarda geçmesi, iklimin de etkisi ile dış sofalı plan tiplerini oluşturmuştur (Ergünay Kurtçu, 1999). Bu plan tipinin uygulandığı yapılarda dış yüzey alanı daha fazladır (Aktuna, 2007). Dış cephe alanının artmasıyla yapı yüzeyindeki ısı kayıpları artarken, yapının ısı tutuculuğu da azalmaktadır. Cengiz Bektaş'a göre (2004): "Antalya Evleri'nin hemen tümünü dış sofalı çözüm bölümüne sokabiliriz. En çok bu türün tercih edilmiş olmasının iklimle ilişkili olduğu kuşkusuzdur".

Dış sofalı plan tipinde odalar doğrudan sofaya açılmaktadır. Kaleiçi'nde sofalar hakim rüzgar olan meltem rüzgarından faydalanabilmek için güney ve güneydoğuya, sofaya açılan odalar ise, kuzeye yönlendirilmiştir. Meltem rüzgarının etkisiyle sofada toplanan serin hava pencere ve kapı açıklıklarıyla odalara dağılabilmektedir (Şekil 63a). Sofanın konumu havalandırmanın yanı sıra, kış aylarında yeterli güneş ışığının alınmasını da sağlamaktadır (Aktuna, 2007).

Sofa özellikle yaz aylarında yoğun bir yaşama ve üretim alanıdır. Bu tip daha çok sıcak ve ılıman iklim bölgelerinde uygulanabilmiştir (Gökçe, 1985). Dış sofalı plan en basit ve orijinal şekliyle, bir oda sırası ve önündeki sofadan oluşmuştur. Oda sıralarının L veya U seklinde sofanın etrafında toplanmasıyla daha toplu ve ekonomik planlar meydana gelmiştir (Aktuna, 2007).

Avlu

Avlular daha çok yapıların arkasında ya da yanlarında düzenlenmiştir. Genelde bu alanlar Kaleiçi' nde istenilen rüzgar olan poyraz ve meltem rüzgarının esiş yönü olan kuzeydoğu, güneydoğu yönlerindedir (Gökçe, 1985). Avlular dış çevreden yüksek duvarlarla ayrılmıştır. Yüksek duvarların çevrelediği, ağaçlandırılmış avlu mekanı çok az güneş aldığından ve geceleri serin havayı iç mekanlara dağıttığından yaz aylarında serin olmaktadır. Avlularda mekana serinlik vermek amacıyla kuyu, havuz ve çakıl döşemeler gibi serinletme elemanları bulunmaktadır (Şekil 63a).

Çardak

Günümüzde yapılan restorasyon uygulamaları ile çoğu iç mekana dahil edilen ya da iptal edilen ahşap çardaklar, açık sofanın bitiminde, özellikle yaz akşamları için oldukça konforlu yaşam alanlarıydı (Şekil 61a). Evliya Çelebi, Seyahatname'sinde "Kaleiçi'nde dört mahalle ve gayet sık bin ev vardır. Sokakları kaldırımdır. Her evin dört direk üstüne çardağı vardır ki, geceleri orada yatarlar." demektedir (Sönmez, 2009).



Şekil 61. Kaleiçi evlerinde taşlık, avlu ve su ögesi ilişkisinin şematik planı.
a) Dış mekana serinlik vermek amacıyla avlularda yer alan yeşil duvar, kuyu, havuz ve çakıl döşemeler gibi serinletme elemanları, Bektaş (2004)'tan uyarlanan şematik planda görülmektedir. b) Taşlık. c) Taşlık, avlu bağlantısı ve su kuyusu. d) Taşlığa bağlanan açık merdiven. e) Yeşil avlu duvarı. f) Ağaçlarla gölgelenen avlu ve su kuyusu. g) Taşlığın kenarında yer alan su kuyusu.

4.4.1. Kaleiçi evlerinde pasif soğutma stratejileri

Kaleiçi evlerinde güneş kontrolü

Kaleiçi yerleşiminde sokakların dar tutulması ile güneş ışınımlarının etkisi azaltılmış evlerin ve sokakların gölgelenmesi sağlanmıştır. Yarı kapalı, gölgeli taşlıklar girişte yer almakta ve yaz aylarında serin yaşam alanları olarak kullanılmaktaydılar. Kaleiçi evlerindeki geniş saçaklı çatılar, 2-2.5 m. yüksekliğinde avlu duvarları ve çıkmalar gölge etkisini arttırıcı ögelerdir.

Özellikle güneş ışığının etkili olduğu ilkbahar, yaz aylarında güney ve batı cephelerinde kullanılan güneş kırıcılar, güneşin etkisini azaltarak iç mekanın fazla ısınmasını engellemektedir. Evlerde güney ve batı cephelerinde güneş kontrolü ahşap panjurlarla sağlanmıştır. Etkili batı güneşinden korunmak amacı ile batı cephesine az pencere açılmış ve gölgelendirme yapacak ağaçlar dikilmiştir (Aktuna, 2007).

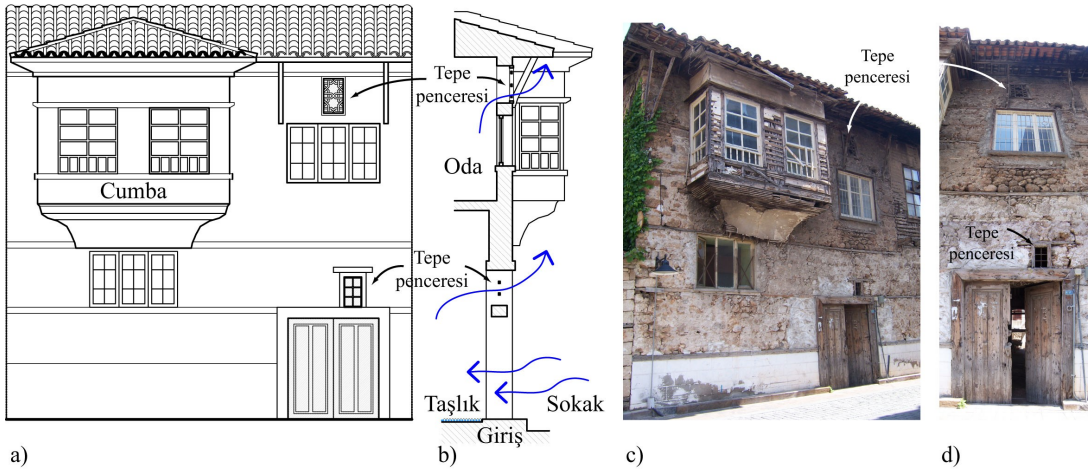
Kaleiçi evlerinde konfor havalandırması

Kaleiçi yerleşiminin deniz seviyesinden yüksekte olması, sokakların topoğrafyaya uygun konumlandırılması, sokakların ve evlerin meltem rüzgarından faydalanmalarını mümkün kılmıştır. Rüzgarın serinletici etkisi özellikle sıcak nemli iklimlerde evlerde iç mekan konforun sağlanması için gereklidir. “Güneydogu ve güneyden yani denizden esen meltem serinletici bir etkiye sahiptir. Sokakların meltem rüzgarlarından yararlanabilecek yönde gelişmesi, nemin olumsuz etkilerini de azaltmaktadır.

Bina formu hava akımlarını almada, hava akımlarını yönlendirip yapının serinletilmesini sağlamada etkilidir. Özellikle sıcak iklimlerde sıcak havanın yapıdan uzaklaştırılabilmesi için çapraz havalandırma sağlanmalıdır. Kaleiçi Evleri’nde, zemin kat giriş kapılarının açılmasıyla birlikte avluyla dış mekan arasında çapraz havalandırma sağlanır. Yapının etrafında gerçekleşen hava akımı dış yüzeylerin serinletilmesini sağlar. Mekanın ısısal konforunu etkileyen bir diğer faktör de kat yükseklikleridir. Sıcak iklimlerde kat yükseklikleri iç mekanda hava sirkülasyonunu sağlayacak şekilde fazla olmalıdır. Kaleiçi Evleri’nde kat yükseklikleri 3-3.5-4 m civarındadır.

Kaleiçi Evleri'nde avlular ve sofalar meltem rüzgarının serinletici etkisinden faydalanabilmek için güney ve güneydoğu yönlerine konumlandırılmıştır. Avlu geceleri serin havayı iç mekanlara dağıtarak gün boyu serin kalmasını sağlamaktadır. Tepe pencereleri doğal aydınlatma sağlamalarının yanı sıra, iç mekanın ve avlunun havalandırılmasında da etkilidir (Şekil 62 ve 63). Ayrıca iç mekanda ve avluda ısınan kirli havanın dışarı atılması için egzost işlevi görmektedir (Mutlu Danacı, 2009).

Alt kat pencerelerinde dış mekanla olan ilişkiler ne kadar kısıtlandıysa, üst kat pencerelerinde de o kadar yaygınlaştırılmıştır. Üst kat pencereleri mümkün olduğunca büyük boyutta ve çok sayıda düzenlenerek odaların doğal havalandırılması, doğal aydınlatılması ve görüşü arttırılmıştır. Kuzeye bakan tepe pencereleri iç mekanda doğal aydınlatma ve havalandırma sağlarken aynı zamanda iç mekanda ısınan havanın yükselerek dışarı atılmasına yardımcı olur (Aktuna, 2007).



Şekil 62. Kale içi evlerinin giriş ve avlusunda doğal havalandırma ve soğutma.
Avluya açılan ana giriş kapısının üstünde yer alan tepe penceresi taşlıktan üst kattaki tepe pencereleri de sofa ve odalardan sıcak havanın tahliye edilmesini sağlar. a) Tepe pencerelerinin dış cephedeki yerleri. b) Serinleme maksadı ile ıslatılan taşlıktan tepe pencereleri sayesinde sıcak hava tahliye edilir. c) Kapalı ve yarı kapalı mekanlardaki tepe pencereleri. d) Sokak, giriş, taşlık ve avlu bağlantısı.

Kaleiçi evlerinde termal kütleden yararlanma

Sıcaklık farkları sayesinde toprak, bir bina için, özellikle sirkülasyon havasının soğutulmasında ısı kuyusu olarak görev yapabilir, toprak sıcaklığı yeterince düşükse, bu enerji, çeşitli şekillerde binanın soğutulmasında kullanılır (Çakmanus, 2001). Tarihte toprak ve kaya kütlelerinin ısı kuyusu olarak kullanıldığı çok sayıda örnek

mevcuttur. Sıcak yaz ve ılıman kış iklimlerine sahip bölgeler için çok uygun olan bu yöntem Kaleiçi evlerinde de kullanılıyordu. Bazı binalarda binanın oturduğu travertenlerden denize doğru, serin hava akımı sağlamak aracılığı ile hava tünelleri bulunmaktaydı (Mutlu Danacı, 2009). Günümüzde, su kanalları gibi bu hava tünellerinden de iz kalmamıştır.

1662 tarihinde yazdığı gezi notlarında Antalya ikliminden ve yerleşiminden bahseden gezgin Vincent de Stochove "Yerleştirildiğimiz konsolosun ikâmetgâhından daha sevimli bir şey görülmemiştir; ev kayanın içine oyulmuş, her türlü konfor keskiyle taştan kesilmişti, dağın tepesinden aşağı üç kaynağın suları iniyor ve bütün evin içinden tatlı bir mırıltıyla geçiyordu." demektedir (Sönmez, 2009).

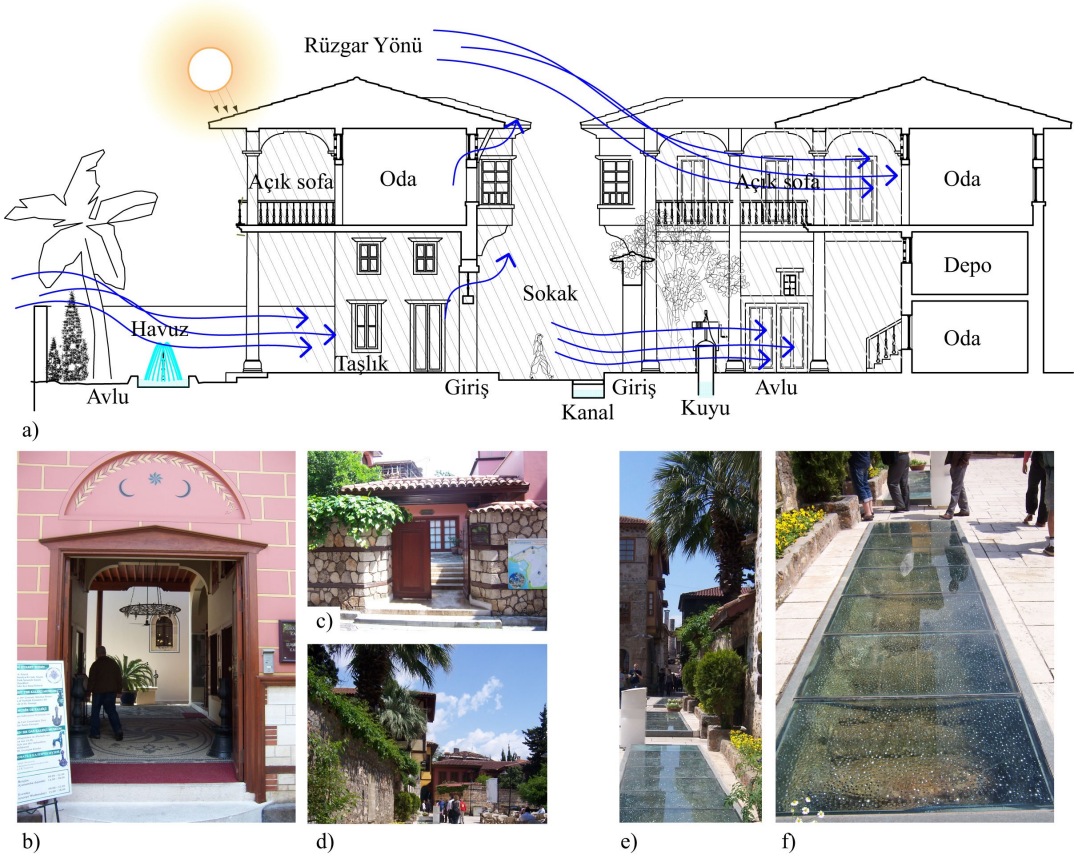
Kaya kütlelerinin ısıl kapasitesinden yararlanmanın yanı sıra derin kuyuların da toprak ve su kaynaklı soğutma özelliğinden yararlanılıyordu; her evin bahçesinde yer alan sarnıç biçiminde, taş bilezikli bir su kuyusu vardı, kuyu aynı zamanda içine yiyeceklerin sepetle sarkıtıldığı bir buzdolabı gibi kullanılmaktaydı.

4.4.2. Kaleiçi evlerinde evaporatif serinleme elemanları

Türk Evi'nin her bölgede ortak sayılabilecek özelliklerinden biri de yapılarda su unsuruna önem verilmiş olmasıdır. Geleneksel Anadolu mimarisinde mekanların serinletilmesi için suyun evaporasyonu yöntemi en sade köy evlerinden saray mimarisine kadar her yapıda yaygın olarak uygulanmıştır (Aktuna, 2007).

Antalya Kaleiçi evlerinde bulunan havuz ve kuyulardaki su, evaporasyon yolu ile avlunun serinlemesini sağlamak amacıyla da kullanılmaktaydı. Kuyu ve havuzlardaki su gün boyunca ısının etkisiyle buharlaşırken, çevredeki ısının bir bölümünü buharlaşma ısısı olarak kullanır böylece mekan serinler. Avluda biriken serin hava iç mekana doğru ilerler böylece iç mekan da serinletilmiş olur. Zemin katta yapının oturduğu taşlık bölümünün zemini bazı evlerde beyaz, gri ve siyah renkte küçük çakıl taslarıyla kaplanmıştır. Taşlık gün içerisinde sık sık ıslatılır. Taşların arasını dolduran su buharlaşarak ortamın ısısını düşürür ve mekanı serinletir. "Yaz aylarında bu çakıl döşemelerin ıslatılması sonucu çakıl taslarının arasında kalan ıslaklık nedeniyle elde edilen serinlik Antalya'nın yakıcı sıcaklarında bu evlerde yaşayan Antalyalılar için uzun süren bir klima etkisi yaratmıştır" (Çimrin, 2007). Taşlıktaki çakıl döşemelerde,

havuz ve kuyularda bulunan su buharlaşarak avluyu ve yapıyı serinleterek doğal iklimlendirme sağlamaktaydı (Şekil 63).



Şekil 63. Kaleiçi evlerinde gölgeli yol, taşlık, avlu ve su ögesi ilişkisi.
Antalya Kaleiçi evlerinde bulunan havuz ve kuyulardaki su, avlunun serinletilmesi amacıyla da kullanılmaktadır. Avluda biriken serin hava iç mekana doğru ilerler böylece iç mekan da serinletilmiş olur. a) Kaleiçi'nde sofalar hakim rüzgar olan meltem rüzgarından faydalanabilmek için güney ve güneydoğuya, sofaya açılan odalar ise, kuzeye yönlendirilmiştir. Gölgelendirilmiş avlular ve su ögeleri ile serinletilmiş hava meltem rüzgarı sayesinde, taşlıkları, açık sofaları ve sokakları serinletir. Şematik kesit, Bektaş (2004)'ın kitabı baz alınarak hazırlanmıştır. b) Sokak ve taşlık bağlantısı. c) Sokak ve avlu bağlantısı. d) Sarmaşıklı avlu duvarı. e) ve f) Üstü cam kaplanarak korumaya alınan su kanalı.

Günümüzde Antalya, hem iklimin hem de yapılaşmanın neticesi ile oluşan kentsel ısınmanın çok yoğun hissedildiği bir kenttir. Oysa kent, ısınmanın etkilerini azaltacak doğal kaynaklara ve tarihi birikime sahiptir. Kentte evaporatif soğutma yöntemlerinin günümüz koşullarına uygun olarak tekrar kabul görmesi için kamuoyu tarafından tanınması ve öncelikle deneysel çalışmalarla performansının kanıtlanması gereklidir. Yeni yerleşime açılacak bölgelerde geliştirilecek ekolojik çözümler için, Antik Perge Kenti ve tarihi Kaleiçi'ndeki iklime duyarlı çözümler ilham verebilir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İçinde yaşadığı çevrenin nitelikleri insanın yaşam kalitesini doğrudan etkiler. Sağlıklı ve üretken bir yaşam için termal konfor şartlarının sağlanmış olması önemli bir koşuldur. Enerji tüketiminin artışına neden olan küresel ısınma ve yanı sıra kentsel ısınma, insanın yaşam kalitesini, sağlığını, verimliliğini olumsuz etkilemektedir. Günümüzde enerji kaynaklarının kıt ve sonlu oluşu, uygun yaşam koşullarının sağlanmasında enerji tasarrufu için stratejiler geliştirmeyi zorunlu hale getirmiştir. Bu durum günümüz tasarımcılarını, enerji tasarrufunu sağlayacak alternatif çözümler araştırmaya ve üretmeye zorlamaktadır. Yapılarda iklime duyarlı, yerel kaynakların kullanımı ile gerçekleştirilen, verimli pasif soğutma sistemleri hem kullanıcı konforu, hem de enerji tasarrufu sağladığı için giderek daha çok rağbet görmektedir. Bu esaslar doğrultusunda, tez çalışmasında "bina ve yakın çevresi termal konfor koşullarının sağlanmasında su ögesi kullanımı" incelenmiştir.

Kentsel ısınmanın etkilerinin yaz aylarında çok yoğun hissedildiği, bölgesel ve bina ölçeğinde pasif soğutma için kullanılabilecek yeterli su kaynaklarına sahip olması, geçmişte su ögesinin bina ve yakın çevresinde serinleme amacı ile kullanılmış olması sebebi ile Antalya kenti tez kapsamında incelenmiştir.

5.1. Sonuçlar

Tez kapsamında incelenen kentsel ısınmanın bina ve yakın çevresi termal konfor koşullarını olumsuz etkilediği ve bu durumun soğutma amaçlı enerji harcamalarına neden olduğu anlaşılmıştır. Kentin iklimini doğrudan etkileyen kent geometrisi ile kentsel yüzeylerin ve güneş kontrolü, bina yerleşimi, bina formu, bina kabuğu özellikleri gibi yapısal çevre faktörlerinin pasif soğutma yöntemlerinin verimliliğinde doğrudan etkili olduğu ve ancak tüm bu faktörlerin iklime uygun tasarlanıp uygulanması durumunda enerji tasarrufunun sağlanabileceği görülmüştür. Kent planlaması sürecinde; güneş kaynaklı ısı kazanımlarının azaltılması ve mikroklima, rüzgar, bitkilendirme, su ögesinin kullanımı ile dış mekanda doğal soğutma sağlanmasının, açık alan kullanımını olumlu etkilediği anlaşılmıştır. Kentlerde mevcut mikroklimaların rehabilitasyonu ve korunması, biyoiklimsel konfor şartlarının sağlanmasında önemli faktörlerdir. Bu nedenle kentsel planlama aşamasında bitki

dokusu, su ögesi, hava akımı gibi doğal ögelerin sürekliliğinin sağlanmasının kent ekosisteme katkısının yanı sıra dış mekan konfor koşullarına olumlu katkıda bulunacağı sonucuna varılmıştır.

Tez kapsamında incelenen yapılarda, bölgenin iklim koşulları ile başa çıkabilmek için sıcak iklimlerin geleneksel mimarisinde kullanılan; bitkilendirilmiş avlular, su ögesi ile oluşturulmuş yapay vahalar, hava bacaları, termal kütle ve çatı gölgelendirme elemanlarının günümüz mimarlarının bina tasarımlarına ilham kaynağı olduğu görülmüştür. İncelenen pasif soğutma sistemlerinin verimli olabilmesi için mimari proje ile beraber şekillenmesi gerektiği anlaşılmış ve bu nedenle tezin içeriğinde; yerel soğutma kaynakları, iklim verileri doğrultusunda yapılmış deneysel çalışmalara geniş yer verilmiştir. Pasif soğutma tekniklerinin uygulandığı projelerde deneysel çalışmalardan sağlanan verilerin kullanımının, sistemin performansı için gerekli olduğu görülmüştür.

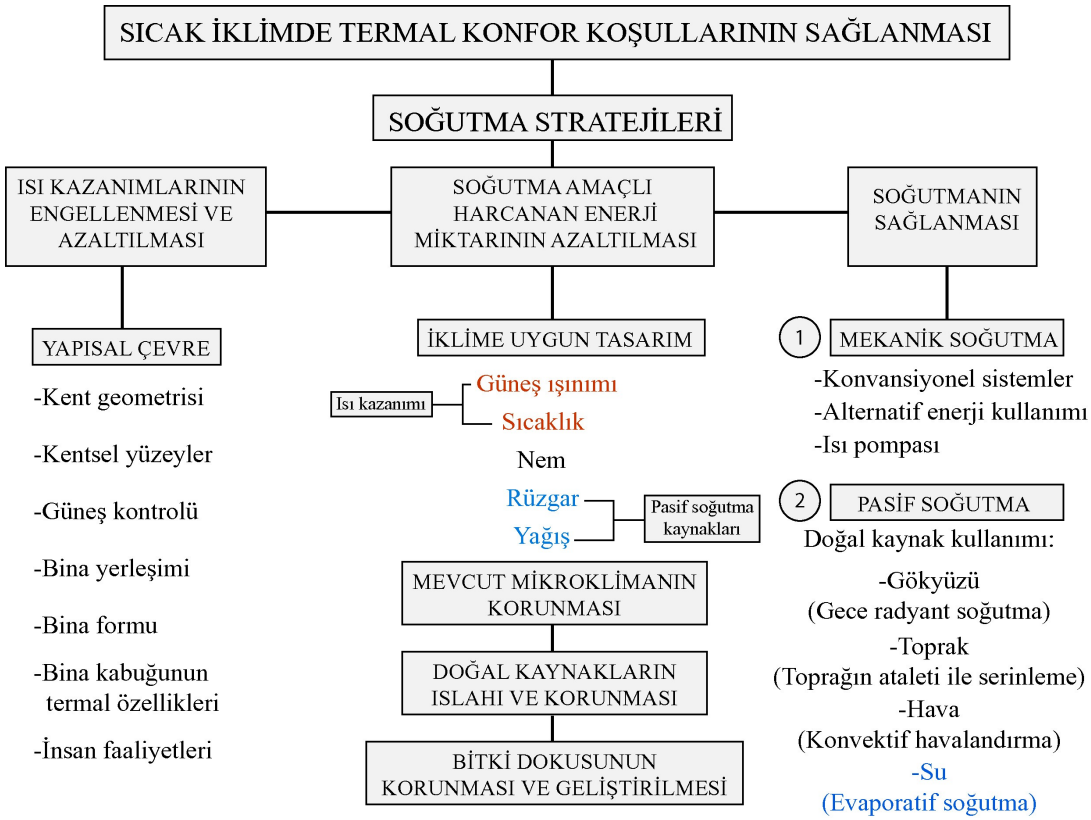
Tez kapsamında Antalya'nın iklimi ve su kaynakları ile ilgili veriler incelenmiş, su ögesi ile pasif soğutma yönteminin uygulanabilirliği araştırılmış ve geçmişte Perge Antik Kenti ile Kaleiçi ve yakın çevresinde su ögesinin serinleme amaçlı kullanıldığı görülmüştür. Perge antik kentinin kuzey-güney yönündeki ana caddesi rüzgara paralel şekillenirken cadde boyunca yer alan gölge elemanları ve sürekli su ögesi, sıcak iklimin etkilerini azaltmaktaydı. Antalya'da kent içinde çok sayıda su kanalları açılarak su şebeke sistemi oluşturulmuştu, kentin iklimini de etkileyen bu kanallardan serinleme amacı ile de yararlanılıyordu. Yakın zamanlara kadar yerleşimlerin odağı olan bu kanalların üzeri kapatılarak ya da drenaj olarak kullanılarak kent coğrafyasından silindiği görülmüştür. Sıcak iklimlerin geleneksel mimarisinde yer alan avlulu çözümler ve sağladığı hava sirkülasyonu, Antalya Kaleiçi evlerinde evaporatif soğutma elemanları ile desteklenmiş ve bina ve yakın çevresinde serinleme sağlanmıştır.

Antalya'nın geçmişinde kent ve bina ölçeğinde soğutma amaçlı kullanılan su ögesi, günümüzde aynı amaçla yaygın olarak kullanılmamaktadır. Bunun başlıca sebepleri, sistemin tanınmaması ve konu ile ilgili yeterli araştırma ve uygulama yapılmamış olmasıdır. Günümüzde Antalya'da, deniz suyu ve yer altı suyunun kullanıldığı ısı pompaları, konvansiyonel mekanik soğutma sistemlerine alternatif olarak, otel ve alışveriş merkezlerinde soğutma amacı ile kullanılmakla beraber bu tip

mekanik çözümler, tez kapsamında incelenen, mimari projeye ile bütünleşik olarak tasarlanmış pasif evaporatif soğutma yöntemlerinden farklıdır.

5.2. Öneriler

Tez kapsamında araştırılan pasif soğutma stratejilerinin, sıcak iklimlerde enerji tasarrufu ve termal konfor koşullarının sağlanması için gerekli olduğu anlaşılmıştır (Şekil 64). Bu stratejiler dahilinde soğutma amaçlı harcanan enerji miktarının azaltılabilmesi için; bina ve yakın çevresinde ısı kazanımları engellenmeli ve pasif yöntemlerle soğutma sağlanmalıdır. Tek başına uygulanan stratejiler istenen konfor şartlarının elde edilmesi için yeterli değildir.



Şekil 64. Bina ve yakın çevresinde termal konfor koşullarının sağlanabilmesi için geliştirilen soğutma stratejileri. Sıcak iklimlerde termal konfor koşullarının sağlanabilmesi için, güneş ışınımı ve sıcaklığın neden olduğu ısısal kazanımları azaltmak ve mekanik ya da pasif yollarla binayı soğutmak gerekir.

Doğru pasif soğutma stratejileri, ilk tasarım aşamasından sonuna kadar projenin ayrılmaz bileşeni olmalıdır. Ayrıca pasif soğutma stratejileri, iklim verilerine ve o bölgenin potansiyel kaynaklarına bağlı olarak değişim göstermelidir. Önce bölgenin iklim verileri doğru değerlendirilmeli ve bölgenin doğal soğutma kaynakları belirlendikten sonra, o yere ait soğutma stratejileri geliştirilmelidir.

Bina içi iklimsel konforun en az düzeyde mekanik enerji ile sağlanması; fiziksel çevre etmenleri ve yapılı çevreye ilişkin tasarım ölçütleri ile doğrudan bağlantılıdır. Topoğrafya, toprak yapısı, yüzey örtüsü, mevcut bitki dokusu ve su ögeleri gibi fiziksel çevre etmenleri ve kentsel morfoloji, binaların konumu, yönelimi, malzeme seçimi gibi yapılı çevreye ilişkin faktörler, bina içi ve yakın çevresinde sağlanmak istenen iklimsel konforu etkileyen faktörlerdir. Binaların enerji gereksiniminin azaltılabilmesi için, mevcut kentsel mikroklima korunmalı ve sağlıklaştırılmalı, yapılar da kentsel mikroklimaya adapte edilmelidir.

Bu veriler değerlendirildiğinde aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir:

Planlama boyutu

Kent geometrisi ve kentsel yüzeyler, kent iklimini doğrudan etkiler. Binalarda uygulanan pasif soğutma sistemlerinin verimli olabilmesi için bina çevresinin de iklim koşullarına uygun olarak şekillenmesi gerekir.

-Kentlerde mevcut mikroklimaların rehabilitasyonu ve korunması, biyoiklimsel konfor şartlarının sağlanmasında önemli faktörlerdir. Bu nedenle kentsel planlama aşamasında, bitki dokusu, su, hava akımı gibi doğal ögelerin sürekliliği sağlanmalı ve korunmalıdır.

-Termal performansı nedeni ile su, mikroklimanın oluşmasında önemli bir ögedir. Açık alanlarda su ile soğutmanın efektif olabilmesi için öncelikle fiziksel çevrede ısı kazanımlarının engellenmesi gereklidir.

- Su evaporasyon yolu ile serinletir, hava akımının şiddeti evaporasyonu arttırır. Dış mekanda suyun serinletici etkisinin oluşabilmesi için planlama aşamasında rüzgar ve gölge faktörlerinin sürekliliğinin sağlanması gereklidir.

-Kentsel mikroklimanın oluşturulmasında ve mevcutlarının korunmasında su ögesinin varlığı önemli bir faktördür; ağaçlandırma, peyzaj düzenlemeleri, çatı

bahçeleri çok miktarda suya ihtiyaç duyulan mikroklima bileşenleridir. Bu düzenlemeler mevcut su kaynakların verimine uygun olarak yapılmalıdır.

-Kent planlamasına mevcut ve doğal su ögesinin dahil edilmesi, taşkın riskini arttır. Nehir taşkınları doğal sistemin gereğidir ve ekolojik sistemin sürekliliği için hayati önem taşımaktadır. Ancak kentsel alanlarda gerçekleşen taşkınlar, kent yaşamı için felakettir. Bölgesel taşkın önlemleri alınmalı ve mevcut doğal drenaj olabildiğince korunmalı ve planlama ile desteklenmelidir.

-Nehir kıyıları su ile kara arasında geçiş bölgeleridir. Çok farklı fauna ve floraya ev sahipliği yapmasının yanı sıra oluşturduğu mikroklimalar ile kent içi nehirler korunması gereken doğal kaynaklardır. Taşkın için alınacak önlemler uzun vadede nehir ekolojisinin dengesini bozma riski taşımaktadır, önlemler alınırken doğal yapının korunması ve sürekliliğinin sağlanması gereklidir.

Bina boyutu

Kentsel ısınma kullanıcı konforunu olumsuz etkiler ve binalarda soğutma amaçlı enerji artışına neden olur. Binalarda iklime duyarlı, yerel kaynakların kullanımı ile gerçekleştirilen, enerji verimli pasif soğutma sistemleri hem kullanıcıların konforu hem de enerji tasarrufu için mutlaka irdelenmesi gereken yöntemlerdir.

-Binalarda dış koşullardan kaynaklanan ısı kazanımlarının engellenmesi ve iç ısı kazanımlarının azaltılması, pasif soğutma sistemlerinin verimliliği için mutlaka yerine getirilmesi gereken ön koşuldur.

-Binalarda pasif soğutma sistemlerinin performansları ile ilgili bölgesel deneysel çalışmalar yapılmalı, uygulanabilirliği ve verimliliği kanıtlandıktan sonra projelere dahil edilmelidir.

-Binalarda uygulanacak pasif soğutma sistemleri, bölgenin iklimine ve doğal kaynaklarına uygun seçilmelidir.

-Pasif soğutma sistemlerinin seçimi, detaylandırması ve uygulaması uzman ekip çalışmasını gerektirir.

Antalya örneği

Günümüzde kentsel ısı adası oluşumunun olumsuz etkilerinin oldukça yoğun bir şekilde hissedildiği Antalya kentinde, mevcut su kaynaklarının uygun teknolojilerle, bölgesel ve yapı ölçeğinde iklimlendirme amacı için kullanım yolları araştırılmalı ve deneysel çalışmalarla performansı test edilmelidir.

-Sağlıklı planlama ve tasarım için, kentteki mevcut yapılaşma ve doğal dokunun tahribatı ile oluşan iklim değişikliği ve ısı adasının etkileri ile ilgili bölgesel çalışmalar yapılıp veri tabanları oluşturulmalıdır. Bölgesel ve bina ölçeğinde geliştirilecek pasif soğutma stratejileri bu veriler ışığında değerlendirilmelidir.

-Antalya'da yapılaşma denize paralel gelişmiştir. Bu nedenle konfor için gerekli olan deniz yönünden esen hakim rüzgarlar kent içine ulaşamaz. Bina ve yakın çevresinden sıcağın ve nemin tahliye edilebilmesi için planlamada hakim rüzgarların kent içine kadar sürekliliği sağlanmalıdır.

-Kent içinde açılacak hava koridorları, bitki dokusu ve su ögesi ile de destekleyerek “ekolojik koridorlar” oluşturulabilir. Yapılaşma bu koridorların doğal bir devamı niteliğinde ele alınabilir ve su kütlelerinin serinletici etkisi kentsel hava koridorları sayesinde binaların içine kadar taşınabilir.

-Antalya'nın doğal fiziksel unsurları olan su kaynakları ve vadiler, rüzgar yönüne paralel şekillenmiştir. Batıda Boğaçay deresi, Karaman çayı ve doğudaki Düden, Kopak, Aksu akarsuları, diğer küçük dere ve vadileri, yeşil koridorlar oluşturmak için bütüncül bir planlama ile ele alınmalı ve bu kaynaklarının evaporatif soğutma potansiyeli bölgesel ve bina ölçeğinde değerlendirilmelidir.

-Antalya geçmişte ve günümüzde taşkınlar nedeni ile hasar gören bir kenttir. Çarpık yapılaşmanın yanı sıra, akarsu ve dere yataklarındaki uygulamalar, kentin geçmişinde yağmur drenajı olarak da kullanılan kanal sisteminin sürekliliğinin bozulması, geçirgen toprak yapısının geçirimsiz malzemelerle kaplanması, doğal bitki dokusunun tahrip edilmesi gibi nedenlerle ani ve şiddetli yağışlarda taşkınlar yaşanmaktadır. Oluşturacakları mikroklima etkisinin yanı sıra drenaj olarak da kullanılabilecek kanal sistemleri, kent planlamasına peyzaj elemanları olarak dahil edilebilir.

-Mevcut tarımsal amaçlı su kanalları ve çevrelerindeki bitki dokusu hem kentsel mikroklima alanları olarak hem de doğal drenaj sistemleri olarak korunup rehabilite edilebilir.

-Bina ölçeğinde yağmur suyu depolama taşkın oluşumunu azaltma metodu olarak kullanılabilir. Antalya'da yazın yaşanan dönemsel kuraklıklar için de yağmur suyunun depolaması faydalı olabilir.

-Antalya kentinde soğutma amaçlı harcanan enerjiden tasarruf sağlamak ve kullanıcı termal konforu için bölgenin iklimine uygun pasif soğutma sistemleri ve evaporatif soğutma sistemlerinin bina ölçeğinde kullanım potansiyelleri araştırılmalı ve teşvik edilmelidir.

Antalya'nın geçmişinde kent ve bina ölçeğinde soğutma amaçlı kullanılan su ögesi, günümüzde aynı amaçla yaygın olarak kullanılmamaktadır. Bunun başlıca sebepleri, sistemin tanınmaması ve konu ile ilgili yeterli araştırma ve uygulama yapılmamış olmasıdır. Mevcut su kaynaklarının yeni kent dokularında ve yapılarda kullanımı, ancak iklimsel verilerin doğru değerlendirilmesi ve tasarım kriterlerinin bu veriler doğrultusunda oluşturulması ile mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR

Aktuna, M., 2007. Geleneksel mimaride binaların sürdürülebilir tasarım kriterleri bağlamında değerlendirilmesi Antaya Kaleiçi örneği. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 113 s.

Akyel, D., 2007. Mikroklimanın yapı çevresinin tasarımına etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 134 s.

Allard, F. ve Ghiaus, C., 2005. Natural ventilation in the urban environment: assessment and design (buildings, energy and solar technology series). EarthScan, 256 s.

Arslanoğlu, N., 2008. Günümüz çok katlı konut binaları üzerindeki bio-iklimsel yaklaşımların istanbul örneği üzerinde incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 135 s.

Ateş, M. ve Baker, D., 2005. The potential for evaporative cooling in Turkey, Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment. Heliotopos Conferences, Santorini, Greece, s. 567-572.

Baker, N.V., 1987. Passive and Low Energy Building Design for Tropical Island Climates. Commonwealth secretariat publications, London, 197 s.

Bektaş, C., 2004. Anadolu Evleri Dizisi-2: Halk Yapı Sanatından bir Örnek, Antalya. Bileşim, İstanbul, 184 s.

Blair, S.S. ve Bloom, J.M., 2009. Rivers of Paradise: Water in Islamic Art and Culture. Yale University Press, 384 s.

Bolu, E., 2007. Kentsel alanlardaki akarsuların ekolojik açıdan değerlendirilmesi; Meriç nehri örneği. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, 122 s.

Brager, G.S., 2006. Mixed-mode cooling. ASHRAE Journal, 48: 30-37.

Büyükyıldırım, G., 1994. Antalya Bölgesi Tarihi Su Yapıları. DSİ Teknoloji Dairesi Başkanlığı Basım ve Foto-Film Şube Müdürlüğü, Ankara, 211 s.

Caves, R. (Editor), 2004. "Principles of Intelligent Urbanism," in Encyclopedia of the City. Routledge, London, 578 s.

Chandler, T.J., 1965. The climate of London. Hutchinson & Co, London, 292 s.

Cunningham, W.A. ve Thompson, T.L., 1986. Passive cooling with natural draft Cooling towers in combination with solar chimneys. Passive and low energy housing, PLEA Conference. The Hungarian Society of Science, Hungary.

Çahantimur, A. ve Yücel, Ç., 2009. Geleneksel yapı bileşenlerinin yeniden canlanması: Kentlerin çevresel sürdürülebilirliği için dikey yeşil duvarlar, Uluslararası ekolojik mimarlık ve planlama sempozyumu. Mimarlar Odası Antalya Şubesi, Antalya, s. 369-375.

Çakmanus, İ., 2001. Binalarda Pasif Soğutma Sistemlerinin Tasarım Kriterleri. Makina Mühendisleri Odası: http://www.mmoistanbul.org/yayin/tesisat/66/1[Ziyaret Tarihi: Temmuz 2011].

Çağlayan, Ç., 2009. Perge Antik Kentinde suyun kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, 86 s.

Çetin, M., Topay, M., Kaya, L.G. ve Yilmaz, B., 2010. Biyoiklimsel Konforun Peyzaj Planlama Sürecindeki Etkinliği: Kütahya Örneği. SDU Orman Fakültesi Dergisi, A(1): 83-95.

Çiçek, İ. ve Doğan, U., 2005. Ankara' da Şehir Isı Adasının İncelenmesi. Coğrafi Bilimler Dergisi, 3(1): 57-72.

Çimen, B., 2007. Fosil çıkmazından güneş enerjisi ile kurtulmak. Enerji Dünyası / Energy World, 47: 50-52.

Çimrin, H., 2007. Yakın Geçmişe Yolculuk Bir Zamanlar Antalya Tarih, Gözlem ve Anılar, Cilt 2. Antalya Ticaret ve Sanayi Odası, Antalya.

Çınar, İ., 1999. Fiziksel Planlamada Biyoiklimsel Veriler Kullanarak Biyokonforun Oluşturulması Üzerine Fethiye Merkezi Yerleşimi Üzerinde Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesı, 89 s.

De Wall, H.B., 1993. New recommendations for building in tropical climates. Building and Environment, 28(3): 271-285.

Delemen, İ., 2008. Antik Çağda Çeşme Yapıları ve Perge' den Örnekler, Geçmişten Geleceğe Su Yapılarında Taş Sempozyunu. Mimarlar Odası Antalya Şubesi, Antalya, s. 136-141.

Demir, İ., Kılıç, G. ve Coşkun, M., 2008. PRECIS bölgesel iklim modeli ile Türkiye için iklim öngörüleri: HadAMP3 SRES A2 senaryosu, IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu. İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, s. 365-373.

Dreiseitl, H. ve Grau, D., 2009. Recent waterscapes: planning, building and designing with water. Birkhäuser Architecture, 176 s.

El-Shorbagy, A., 2010. Design with Nature: Windcatcher as a Paradigm of Natural Ventilation Device in Buildings. International Journal of Civil & Environmental Engineering, 10(3): 26-31.

Ergünay Kurtçu, G., 1999. Mimari Kütlede Biçimleniş Faktörleri. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Edirne, 134 s.

Fathy, H., 1986. Natural Energy and Vernacular Architecture: Principles and Examples with Reference to Hot Arid Climates. University Of Chicago Press, 196 s.

Fromonot, F., 1995. Glenn Murcutt : Works and Projects. Thames & Hudson, 164 s.

Gauzin-Müller, D., 2002. Sustainable Architecture and Urbanism: Concepts, Technologies, Examples. Birkhauser, Basel, 255 s.

Givoni, B., 1976. Man, Climate and Architecture (Architectural Science). Elsevier Science Ltd, 499 s.

Givoni, B., 1994. Urban design for hot humid regions. Renewable Energy, 5(5-8): 1047-1053.

Givoni, B., 1998. Climate Considerations in Building and Urban Design. Wiley, 480 s.

Givoni, B., 2009. Indoor temperature reduction by passive cooling systems. Solar Energy, Basımda.

Gökçe, F., 1985. The restoration and revitalization project of Kerimoğlu, Mehmet Emin and Hesapçılar houses in Antalya. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 236 s.

Gülbay Tuğaç, Ç., 2003. Enerji etkin planlama yaklaşımının, kentlerin ekolojik planlaması ve tasarımı süreçlerine etkisi güney Ankara Ahiboz koridoru örneği. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 186 s.

Hardoy, J.E., Mitlin, D. ve Satterthwaite, D., 2001. Environmental Problems in an Urbanizing World. Second Edition. Earthscan, London, 464 s.

Hay, H.R., 1978. "A passive heating and cooling system from concept to commercialization", Proc., Annual Meeting of the American Section of ISES, s. 262-272.

Kadıoğlu, M., 2007. Bildiğiniz Havaların Sonu, Küresel İklim Değişimi ve Türkiye. Güncel Yayınları, 382 s.

Karakaya, T., 2010. İklimlendirme ve Psikrometri Eğitim notları. Makina Mühendisleri Odası, Antalya.

Katz, P., 1993. The New Urbanism: Toward an Architecture of Community. McGraw-Hill Professional, 288 s.

Khan, H.U., 1989. Charles Correa. Concept Media, 176 s.

Kimura, K. ve Yamazaki, K., 1982. Passive cooling performance of thatched roofs in traditional Japanese vernacular houses, PLEA Conference. Pergamon Press, Bermuda, s. 3/1.

Koch-Nielsen, H., 2002. Stay Cool: A Design Guide for the Built Environment in Hot Climates. Earthscan Publications Ltd., 160 s.

Koçman, A., 2002. Klimatoloji Çalıştayı 2002 Notlan, Ege Üniversitesı Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, İzmir.

Kurt, H. ve Arık, F., 2010. Şehir ve çevre jeolojisi. Aybil Yayıncılık, Konya, 298 s.

Kışlalıoğlu, M. ve Berkes, F., 2007. Çevre ve ekoloji. Remzi Kitabevi, 270 s.

Lambot, I. ve Davies, C., 1997. Commerzbank Frankfurt: Prototype for an Ecological High-rise. Birkhauser Verlag AG, 316 s.

Landsberg, H.E., 1981. The Urban Climate. Academic Press, New York, 275 s.

Manavoğlu, E., 2007. Kentsel ekolojik planlamada açık ve yeşil alanların rolü: Antalya örneği, Ekolojik mimarlık ve planlama sempozyumu. Mimarlar odası, Antalya, s. 259-262.

Mansuroğlu, S., Ortaçeşme, V., Karagüzel, O., Yıldırım, E. ve Baytekin, C., 2003. Antalya kentinde önemli biyotopların haritalanması üzerine bir araştırma. Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi, Proje no: 21.04.0104.12, Antalya.

McPherson, E.G., 1984. Energy-conserving site design. American Society of Landscape Architects, 326 s.

Mutlu Danacı, H., 2009. Antalya tarihsel kent yerleşiminin ekolojik açıdan irdelenmesi, Uluslararası ekolojik mimarlık ve planlama sempozyumu. Mimarlar Odası Antalya Şubesi, Antalya, s. 320-324.

Oke, T.R., 1981. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: Comparison of scale model and field observations. Journal of Climatology, 1(3): 237–254.

Oke, T.R., Johnson, G.T., Steyn, D.G. ve Watson, I.D., 1991. Simulation of surface urban heat islands under ideal conditions at night, part 2: diagnosis of causation. Bound. Lay. Meteorol, 56: 339-358.

Oke, T.R., 1997. Urban Climates and Global Environmental Change. In: R.D. Thomson and A. Perry (Editors), Applied Climatology: Principles & Practices. Routledge, New York, s. 273-287.

Olgyay, V., 1992. Design With Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism. John Wiley & Sons Inc, 208 s.

Ortaçeşme, V., Yıldırım, E. ve Manavoğlu, E., 2005. Kentsel yeşil alan fonksiyonları düzleminde Antalya Kenti yeşil alanlarına bir bakış, Antalya yöresinin inşaat mühendisliği sorunları kongresi. Antalya İnşaat Mühendisleri Odası, Antalya, s. 539-549.

Özdizbay, A., 2008. Perge'nin M.S. 1.-2. Yüzyıllardaki Gelişimi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, 387 s.

Özek, V. ve Kısa Ovalı, P., 2007. Ekolojik mimarlıkta binaların enerji gereksinimini azaltmaya yönelik ölçütler ve ülkemiz için önemi, Ekolojik mimarlık ve planlama ulusal sempozyumu. Mimarlar Odası Antalya Şubesi, Antalya, s. 166-172.

Priyadarsini, R. ve Wong, N.H., 2005. Parametric studies on urban geometry, air flow and temperature. International Journal on Architectural Science, 6(3): 114-132.

Rapoport , A., 1969. House Form and Culture. Prentice Hall, 150 s.

Roaf, S., Crichton, D. ve Nicol, F., 2009. Adapting Buildings and Cities for Climate Change: A 21st Century Survival Guide. Architectural Press, 400 s.

Santamouris, M., 2003. Sustainable Cities - Realistic Targets for an Utopian Subject, International Conference on Energy and Buildings, Westerloo, Belgium.

Santamouris, M. et al., 2004. Cooling the Cities : Rafraîchir les villes : Energy Efficient Cooling Systems & Techniques for Urban Buildings. Presses de l'Ecole des Mines, 263 s.

Sarikaya, H.Z., 2007. Türkiye, Küresel Isınmanın Potansiyel Etkileri Açısından Risk Grubu Ülkeler Arasındadır. Türkiye İşveren Sendikarali Konfederasyonu: http://www.tisk.org.tr/isveren_sayfa.asp?yazi_id=1825&id=90 [Ziyaret Tarihi: Temmuz 2011].

Seçkin, N.P., 2007. Ekolojik tasarımda güneş ve rüzgar kontrolü, Ekolojik mimarlık ve planlama ulusal sempozyumu. Mimarlar Odası Antalya Şubesi, Antalya, s. 89-94.

Sev, A., 2009. Sürdürülebilir Mimarlık. YEM Yayın, İstanbul, 223 s.

Solmaz Yeler, G. ve Özek, V., 2007. Geleneksel konut mimarlığının biçimlenişinde iklim faktörünün değerlendirilmesi, Ekolojik mimarlık ve planlama sempozyumu. Mimarlar Odası Antalya Şubesi, Antalya, s. 125-132.

Sönmez, C.C., 2009. Antalya Kenti Kalesi'nin Tarihi. Mimarlar Odası Antalya Şubesi Yayınları, 214 s.

Tanrıkulu, M., 2006. İzmir'de şehirleşmenin sıcaklık ve yağış üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, 119 s.

Tunçer, M., 1994. Kent Merkezleri Planlamasına Ekolojik Yaklaşım, 5. Kentsel Tasarım ve Uygulamalar Sempozyumu. MSÜ, Mim. Fak., ŞPB., Kentsel Tasarım Disiplin Grubu, İstanbul.

Uzun, T., 2007. Ekolojik mimaride yeşil çatı uygulamaları, Ekolojik mimarlık ve planlama ulusal sempozyumu. Mimarlar Odası Antalya Şubesi, Antalya, s. 211-216.

Van Schaik, L., 2003. Ecocells: Landscapes & Masterplans by Hamzah & Yeang. Willey-Academy, Chichester, 144 s.

Voogt, J.A., 2004. Urban Heat Islands: Hotter Cities. America Institute of Biological Sciences: www.actionbioscience.org/environment/voogt.html [Ziyaret Tarihi: Temmuz 2011].

Wines, J., 2000. Green Architecture (Architecture & Design). Tashen, Köln, 240 s.

Woodcock, 2008. Australia's guide to environmentally sustainable homes. Commonwealth of Australia 2010: http://www.yourhome.gov.au/technical/pubs/fs75.pdf [Ziyaret Tarihi: Temmuz 2011].

Yannas, S., Erell, E. ve Molina, J.L., 2006. Roof cooling techniques: a design handbook. EarthScan, 164 s.

Yasa, E., 2004. Avlulu Binalarda Doğal Havalandırma ve Soğutma Açısından Rüzgar Etkisi İle Oluşacak Hava Akımlarına ve Yüzey Açıklıklarının Etkisinin Deneysel İncelemesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 182 s.

Yeang, K., 2007. Eco Skyscrapers. Images Publishing Group Pty. Ltd., 160 s.

Yeang, K., 2008. Ecodesign: A Manual for Ecological Design. Wiley, Chichester, 499 s.

Yıldız, Y. ve Durmuş Arsan, Z., 2009. Binalarda pasif soğutma stratejileri konulu son on yıla ait yayın taraması, Uluslararası ekolojik mimarlık ve planlama sempozyumu. Mimarlar Odası Antalya Şubesi, Antalya, s. 103-110.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Aysun COŞAR REGNIER
Uyruğu	**:**	T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	Ankara, 1965
Telefon	**:**	0532-5993022
Faks	**:**	0242-3160809
e-mail	**:**	acr_mim@yahoo.com

EĞİTİM

Derece	**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise :	Çankaya Lisesi, Çankaya, Ankara	1982
Üniversite :	Mimarlık Fak., Mimarlık Bl. ODTÜ, Ankara	1988
Yüksek Lisans:	FBE, Mimarlık Bl., SÜ, Konya	2011

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
-2001	ACR Mimarlık Ltd. Şti., Antalya	Kurucu ortak
1996-2001	TEPE İNŞ. AŞ., Ankara	Mimari Büro Şefi
1991-1992	Şevki Vanlı Mimarlık Bürosu, Ankara	Mimar

UZMANLIK ALANI

Mimari tasarım, uygulama.

YABANCI DİLLER

İngilizce, Fransızca