

Astana – Kazakistan Han Çadırı (Khan Shatry) Alışveriş, Gösteri ve Eğlence Merkezi

II. Bölüm

Kazakistan'ın başkenti Astana'da yapımı tamamlanmak üzere olan "Han Çadırı" mimari tasarımı açısından, dünyadaki "mega yapılar" kategorisinde yer alabilecek ender yapılardan biridir.

A. Fethi AKALIN
Mak. Müh.
Vemeks Mühendislik Gn. Md.

Han Çadırı'nın enteresan bir yapı olması, alışılmamış yapı malzemelerinin kullanılmaması, farklı aktivite ve fonksiyonların birbiri içine girmiş olması, sınırların ve duvarların kaldırılması, yapısal ve işletme talepleri açısından karmaşık mühendislik çözümlerinin, tamamen bir tasarım üzerine oturtulmasını zorunlu kılmaktadır. Bu ve buna benzer özel yapılarda, mekanik tesisatın projelendirilmesi, pek çok öngörü ve yaklaşımlarla yapılabilmektedir. Bu açıdan projelendirme işine bakıldığında, sıradan projelendirmelere göre, daha karmaşık problemlerin ortaya konulması ve çözülmesini gerektirmektedir. Yapılan yaklaşımların ve çözümlerin, sonuçlarının sanal olarak test edilmesi açısından CFD modelleme bu tür yapılarda projeye ciddi anlamda yol gösterici olmaktadır. Önce "tasarlamak", sonra "mühendislik gereklilerini" bu tasarım üzerine oturtmak ve sonucu CFD modellemede değerlendirmek bu proje işini, "özel" kılmaktadır.

Han Çadırı I. Bölümün Özeti

Bu projenin genel inşai ve mimari özellikleri ile genel mekanik sistem tasarımı ve proje aşamalarının ayrıntılı açıklamaları Dergimizin Nisan 2009, 160. sayısında yayımlanmıştır.

1. Yapının Mimari Özellikleri

Yapı, Kazakistan'ın başkenti Astana'da inşa edilen içinde çeşitli alışveriş merkezlerinin, eğlence ve spor merkezlerinin yer aldığı yaklaşık 100.000 m² kapalı alandan oluşan, ticari bir merkezdir. Bina, eliptik bir taban oturma alanı üzerine toplam 6 kat betonarme olarak inşa edilmektedir. Yapının orta bölümlerinden 85 m. yükselen 3 adet çelik taşıyıcı direk yer almaktadır. Direkler zirvede, mafsalı olarak merkezi bir platforma bağlanmaktadır. Bu platformun çevresinden betonarme kabuğa uzanan çelik halatlar ve bunları dikine saran yatay çelik halatlardan bir ağ oluşturularak, yapının ana konstrüktif karkası oluşturulmaktadır. Yapı bu haliyle eğik duran kesik koniyi andırmaktadır. Yapının gerçek manada (küp, küre, koni, kesik

koni vs.) geometrik bir tanımlaması yoktur. Çelik halatlardan oluşan geniş yüzeyler, özel bir malzeme olan ve ETFE adı verilen (Ethylene Tetrafluoroethylene) malzeme ile özel modüller halinde kaplanmaktadır. Her modül, geometrik tanımı yapılamayan farklı düzlemlerden oluşmaktadır. Bu manada her modülün imalatı tek olmakta ve tekrarı veya simetriği oluşmamaktadır.

2. Yapının Mekanik Tasarım Aşamaları

2.1. Tasarım Unsurları ve Projelendirme Donelerinin Belirlenmesi

Hangi yapı olursa olsun mekanik projelendirme yapılırken temel olarak alınan tasarım esasları ve bunların belirlediği parametreler vardır. Bu faktörler çoğunlukla birbirini olumsuz etkileyecek özelliktedir. Genel olarak tasarımın unsurlarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

• Tasarımın Konfor UNSURLARI:

İç ortam mahal sıcaklıkları, ortam nemini, hava kalitesini, ortamların kullanım (işletim) periyotları, ortamdaki hava hareketleri (hız, yön), ses kaynakları ve seviyeleri, konfor konusunun ana başlıklarıdır. Bu çerçevede gerekli projelendirme donelerini belirlememiz gerekmektedir.

• Çevre ve İnsan Sağlığı Açısından Uygunluk:

Mekanalardaki asgari hava ihtiyaçları, havanın alınması, filtrelenmesi, şartlandırılması, havanın mekan içine kadar gönderilmesi, hava taşıyıcılarının kalitesi, yapıdan uzaklaştırılan atık havanın emisyon değerleri, çevreye ses ve gürültü yayılımı gibi kriterlerin hem kabul edilmesi, hem de sonuçlarından emin olunması gerekmektedir.

• Yangın ve Güvenlik UNSURLARI:

Yapıda alınacak yangın ve güvenlik tedbirlerinin projelendirilmesi esaslarının belirlendiği ve buna bağlı projelendirme işlerini kapsar.

- Mimari tedbirler,
- Elektriksel önlemler (algılama ve alarm),
- Sulu söndürme sistemleri,
- Havalandırma sistemleri vasıtasıyla alınan tedbirler proje bölümlerinin ana başlıklarıdır.

• Enerji ve Enerji Yönetimi:

Enerjinin temin edilmesi, ekonomik kullanımının sağlanması, optimum ısı yalıtımının hesaplanması, kullanılan cihazların COP

Mimari Alanların Temel Büyüklükleri	
Bina oturma alanı	40.500 m ²
Kullanım alanı	110.300 m ²
Isı Merkezi	
Bina oturma alanı	2.100 m ²
Kullanım alanı	3.350 m ²
Çephe Alanları	
Betonarme çephe	41.900 m ²
ETFE kaplama	19.250 m ²

değerleri, ısı ve nem kazanımlarının tasarıma olan etkileri, alternatif ve yenilenebilir enerji kullanımı, sistem otomasyonu gibi hususlarda çözülmesi gereken problemlerin ortaya konulması ve çözümlerinin oluşturulmasıdır.

• Deprem

Yapının bulunduğu coğrafik konumun deprem özelliklerine ve şartnamelerine uygun tesisatta alınması gereken önlemleri kapsar. Ancak Astana deprem bölgesi değildir.

• Ekonomi

Yapıda doğru bir dizayn, sadece yukarıdaki tasarım kriterlerini bilmek ve bunlara uygun çözümler üretmekten geçmez. Doğru çözümlere pek çok yoldan ulaşmak mümkündür. Önemli olan bu parametrelerin gereğini ekonomi kavramı içinde çözebilme. Bu kriterin temel öğelerini; ilk yatırım maliyetleri, işletme maliyetleri, bakım ve onarım maliyetleri, montaj maliyetleri olarak alabiliriz.

• Standartlar:

Tüm bu parametrelere ait yerel ve uluslararası standartlardır.

Mühendislik açısından bu faktörleri bir denge içinde tutmak gerekmektedir. Tasarım unsurları, birbirini her aşamada olumsuz etkileyen unsurlardır. Konfor düzeyinde yapılan her artış, enerji ve ekonomi dengelerini bozar. Çevre ve sağlık için alınan her tedbir pahalıdır ve ekonomik bir katkı getirmeyebilir. Enerjiyi doğru kullanmazsanız konfor ve çevre unsurlarında olumsuz etkiler görebilirsiniz. Proje için görevi bu unsurlar arasında dengeyi kurabilmektir.

2.2. Yapının Tasarım Aşamalarına Bağlı Olarak Çözümlemesi Gereken Problemler:

Han Çadırı mekanik projelerinde temel tasarım kriterlerine bağlı olarak, çözümlenmesi gereken problemleri belirlemek ve bunları çözerek projeyi oluşturmak gerekmektedir. Bunlardan en önemlileri ise şunlardır:

- Yapının mimari verileri dikkate alındığında, yapıyı benzerlerinden ayıran temel özelliklerden birisi yapının ETFE (Ethylene Tetrafluoroethylene) ile kaplı olmasıdır. Bu



nem kontrollerinin yapılması, tüm yıl boyunca ortamların havalandırılması enerji ihtiyaçlarını ortaya koymaktadır.

3.1. Bina Atrium Alanları

Binanın 16,80 kotu ve üzeri ETFE malzemesi ile kaplıdır. Bu kaplamanın altında kalan tüm alanlarda dolaşacak insanların rahat bir şekilde dolaşabilmesi ve üşümemesi için 15°C iç ortam sıcaklığı düşünülmüştür. Bu sıcaklıkta insanlar giyimli şekilde rahatça dolaşabilirler. ETFE malzemesi, gezinti yapılan alanları dış hava tesisinden korumaktadır. 15°C'den

malzemenin, yapıdaki iç atmosfere olan etkisi ve tasarım parametreleri açısından değerlendirilmesi çok önemlidir.

- Binanın bulunduğu Astana şehrinin kış şartları gerçekten acımasızdır. - 40°C'yi bile zaman zaman görmek mümkündür. Ortalama iki vardiya çalışacak bir binada gece çalışması nasıl olmalıdır?
- Binada ETFE'nin betonarme kabuk ile birleşim noktasında birikecek kar ve sonrasında oluşacak buzun verebileceği zarar ne olabilir? Buz tutmayı nasıl önleriz?
- Binada hiçbir düşey baca yapma imkanı yoktur. Egzost atışları nasıl çözülmeliydi?
- ETFE şeffaf bir malzeme olduğu için kısmen de olsa güneş radyasyonunu yapı içine taşıyordu. Bu enerjinin büyüklüğü ve tasarım aşamalarına olan yansımaları neler olabilirdi?
- Gezinti alanlarındaki havuzlardan, akar sular, insanlardan, bahçelerden ve ağaçlardan kazanılacak nem miktarlarının hesaplanması ve nemin kontrolü önemli bir problemdi.
- 85 m yükseklikte kesik koni benzeri bir yapıda iç atmosferdeki ısı katmanları nasıl oluşur ve bu bizim sistemlerimize etkileri neler olabilirdi?
- Havalandırma sistemi ile alınması gereken yangın tedbirlerinin özellikle atriumda belirlenmesi gerekiyordu.

3. Enerjinin Verimli Kullanımı

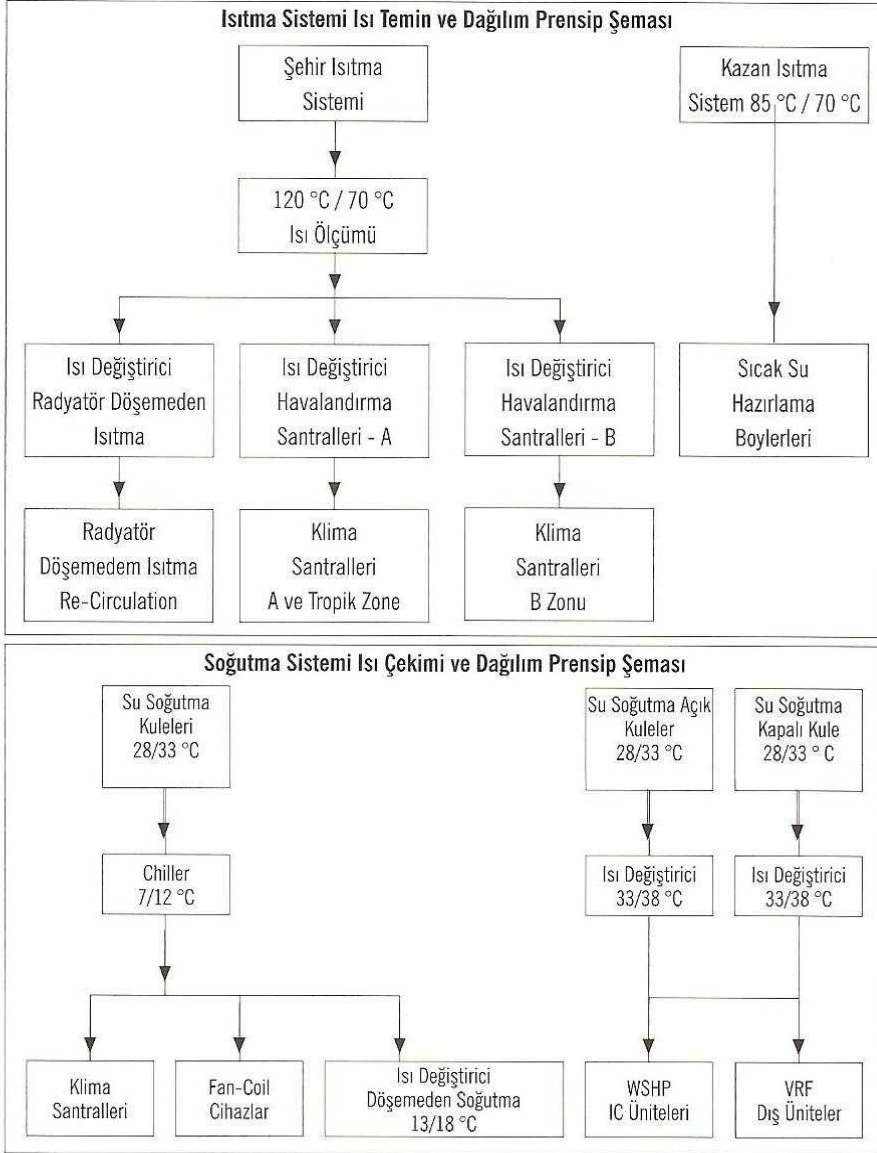
Bir yapının ısıtılması ve soğutulması enerji kullanımını gerektirir. Mevsimler içinde enerji tüketimleri doğal olarak farklılıklar göstermektedir. Yazın binanın konfor düzeyinde soğutulması, kışın konfor düzeyinde ısıtılması, iç ortamlarda

daha yüksek sıcaklığa ihtiyaç olamayacağı kabul edilmiştir. Bu değer üzerinde alınacak her 1 °C'lik sıcaklık artışının ciddi enerji artışlarına sebep olacağı açıktır. Bunun altındaki değerlerin ise hem konfor düzeyinin çok düşmesine, hem de sağlık problemlerine yol açması mümkündür.

Kışın ortama verilen dış hava, insan yoğunluğu ve dolayısıyla ortamdaki hava kirlenmesi ölçülerek değiştirilmektedir. Kişi başı kışın verilen taze hava miktarı 20 m³/h kişi olarak sabit tutulmaktadır. İçerideki insan yoğunluğu azalınca hava debileri düşecektir.

Bu sistem ile ortam hacmi kontrolde tutulmakta ve böylece ısının gereksiz yere dışarı atılması önlenmektedir. Dış hava kışın ısıtılarak içeri alındığı için enerji kullanılmaktadır. Dışarıdan alınacak havanın miktarı az olursa az enerji, çok olursa çok enerji tüketimiyle karşı karşıya kalınmaktadır. Alınan havanın miktarı ortam havasının kirlenme kriteriyle belirlenmekte ve tamamen otomatik hava miktarı ayarlanabilmektedir. Sistemin değişken debi kontrollü olması nedeniyle enerjideki ortalama tasarrufun %40 civarında olacağı beklenmektedir. Ayrıca bina işletme saatleri dışında havalandırma sistemleri durdurulmaktadır.

Atrium ısı kaybını karşılamak için döşemeden ısıtma, taze hava santralleri, WSHP (sudan suya ısı pompası) cihazları ve Re-Circulation santralleri kullanılacaktır. Bu elemanlardan sadece statik ısıtıcılar (döşemeden ısıtma sistemi) sürekli çalışacaktır. Bu sistem gece 23.00'ten sonra ortam sıcaklığını 10°C'de tutabilmektedir.



Ancak pik sıcaklık düşümü halinde mağazayı korumak için Re-Circulation santralleri otomatik olarak ve kademeli bir şekilde devreye alınmaktadır. Bu sistem otomasyona bağlanmıştır. Ortam sıcaklığı 7°C düşünce ilk 5 santral, 5 °C'ye inince ikinci 5 santral devreye girmekte ve ortam sıcaklığı bu sayede 10°C'ye ulaştırılmaktadır. Bu santraller ortam havası ısıtıldıktan sonra sıralı gruplar halinde devre dışı kalmaktadır.

Ilık ve sıcak mevsimlerde, döşemeden ısıtma sistemi tersine çalıştırılmakta, güneş radyasyonundan kaynaklanan ısının dışarı atılması maksadıyla soğutma yapılmaktadır.

Atrium soğutma yükünün büyük bir kısmını oluşturan 1800 kW'lık ısı kazanım yükünü karşılamak ve yapıdan uzaklaştırmak için 369.000 m³/h havayı sirküle eden ve şartlandıran (fan coil gibi iç ortam havasını sirkülasyon edecek

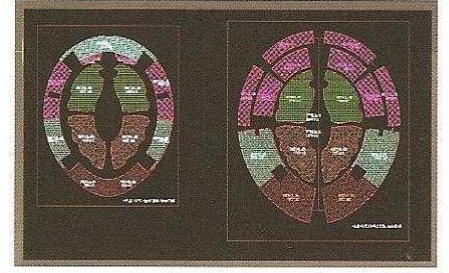
şekilde çalışan) 16 adet sirkülasyon santrali kullanılması planlanmıştır.

Atrium soğutma yükünün yine bir kısmı taze havanın şartlandırılmasıyla sağlanan soğutma etkisinden, kalanı ise gezinti mahallerine konulan WSHP cihazları ile sağlanmaktadır.

3.2. Bina Otopark Alanları

Bilindiği gibi otopark alanlarında en büyük ısı ihtiyacı havalandırmadan gelmektedir. Havalandırma için dışarıdan alınan havanın iç ortam dizayn sıcaklığına kadar ısıtılması gerekmekte ve bu havanın iç hava değişimini sağladıktan sonra dışarı egzost edilmesi gerekmektedir. Bu durum ciddi ısı kaybı anlamına gelmektedir.

Havalandırmadan kaynaklanan ısı kaybının en az olması için, ortam havası kontrol edilmektedir. Her zon için kullanılacak farklı CO sensörleri ile



+5,60 ve +11.20 kotları mağazaların bulunduğu alanlardır. Yapıda özellikle havalandırma zonları ve dolayısıyla yangın zonları yukarıdaki gibi planlanmıştır.

hava kalitesi kontrol edilmekte, hava kalitesi kötü ise dış hava alma santralleri çalışmakta, içerideki kullanılmış hava dışarı atılmakta ve ortam içindeki hava değişene kadar santraller çalışmaktadır.

Hava kalitesi uygun şartlarda olduğu müddet içinde taze hava alımı ve egzost atımı yapılmamaktadır. Böylelikle iç ortam gereksiz hava değişimleri ve ısı kaybına karşı korunmaktadır. Bu sistem ile kısa süreli çalışma olmakta vardiyalar süresince cihaz çalışması engellenmektedir. Bu şekilde çalışma ile ciddi bir enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

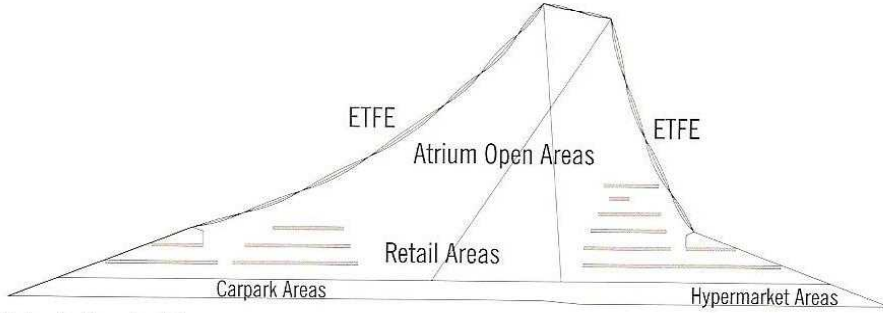
3.3. Bina Mağaza Alanları

Bina içinde yerleştirilen alışveriş mağazaları yapı özelliğinden dolayı kışın çok fazla ısı kaybına maruz kalmamaktadır. Bina iç ısı kazanç yükleri ısı kayıplarından daha fazladır. Bu mağazalarda genellikle soğutma ihtiyacı olmaktadır. Mağazalarda soğutma cihazları aynı zamanda bağımsız ısıtıcı (ısı pompası özelliği nedeniyle) olarak da çalışabilmektedir. Mağaza sahipleri ortam şartlarını kendi cihazları üzerinden belirlemekte, ister ısıtma, ister soğutma yapabilmektedir. Bu durum mağaza yükünün değişkenliği veya kullanım dışı olması hallerinde gereksiz enerji çekimlerine mani olmakta ve sarf edilen enerji maliyetini mağaza kullanıcılarına yüklemektedir. Böylece enerji kullanımında kişilerin tercihleri esas alınmış olmakta ve paylaşım da kolaylaşmaktadır. Ayrıca bireysel kontrol nedeniyle ciddi tasarruf imkanları sağlanmaktadır. Mağazalara yerleştirilen WSHP cihazlarında COP verimliliği yüksektir. 1 birim elektrik enerjisine karşılık 4 - 4,5 birim soğutma enerjisi sağlanmaktadır.

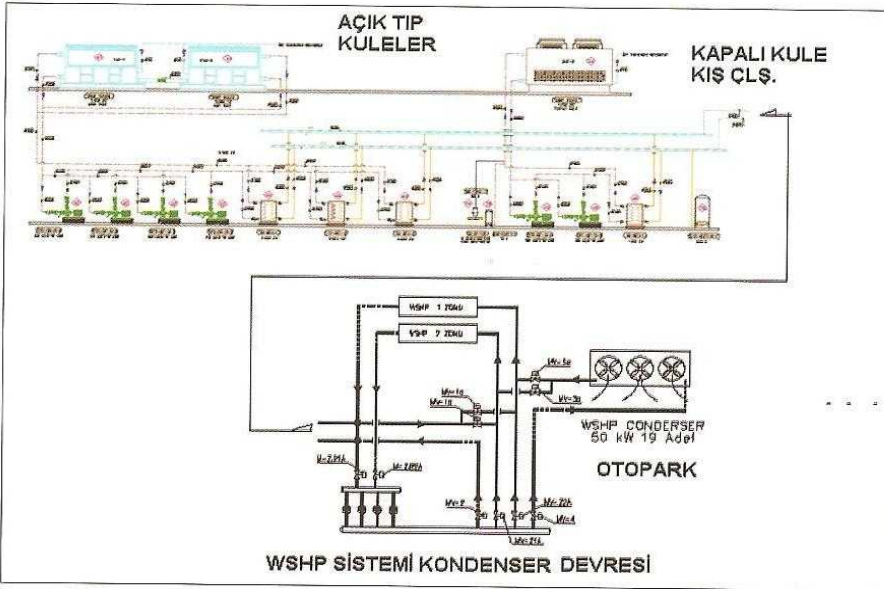
Mağaza bölümlerine yaz şartlarında sevk edilen %100 dış hava sadece filtre edilerek verilmektedir. Dış havadan kaynaklanacak ısı yükü tamamen mağazalardaki WSHP cihazlarına yüklenmiştir. Kış şartlarında mağazalara 15 °C'de taze hava basılmaktadır. Dolayısıyla ortam soğutması tamamen ferdi taleplere uygundur.

Eğer ortak olarak çözüm yapılsaydı, her mağaza bir diğer mağazayı emsal göstererek gereksiz yere hiç durmadan soğutma yapacaktı. Bu da enerjinin kontrolsüz kullanımına yol açacaktı. Tüm alınan önlemler enerjiyi her mağazanın kendi talebini karşılayabilme ve kullandığı enerjiyi ödeme esasına uygun olarak tasarlanmıştır.

Kışın bazı mağazalarda çıkan ciddi soğutma yükleri nedeniyle soğutulan mekanlardan alınan ısı kondenser üniteleri ile kışın atriuma ve kapalı otoparka verilmektedir. Bu da ek bir ısı kazancı sağlamakta ve saatlik yaklaşık 1000 kWh enerji tasarrufu yapılabileceği anlamına gelmektedir.



Atrium Isı Kayıp Analizi



WSHP kondenser devresinden garaj ısıtmaya enerji aktarımı

4. Yapıda Isıtma ve Soğutma Sistemleri ve Enerji Dağılımı

Binanın ana ısı kaynağı şehir şebekesinden sağlanan sıcak sudur. Şehir şebekesinden alınan sıcak su ısı merkezinin eşanjör odasında bulunan zon eşanjörlerinin primer devresinden geçirilerek ısı kaynağı olarak kullanılacaktır. Eşanjörlerden alınan sekonder sıcak su ise 3 zon halinde galeriden yapıya verilmektedir. En soğuk günde sağlanacak su sıcaklığı 120 °C olarak taahhüt edilmektedir. Kızgın su binada; radyatör, klima santralleri ve sıcak su hazırlama olmak üzere üç eşanjör zonuna verilmektedir. Şebekeye dönüş sıcaklığı 70 °C olarak istenmektedir.

Dış şebekeden gelen sıcak suyun binaya teslimi ve binadan dönüş şartları, şehir ısı merkezinin dış hava kompanzasyon şartlarını sağlayacak verilere uygun şekilde planlanmıştır.

4.1. Atrium Isı Kayıp Analizi

4.1.1. Yapı Elemanlarından olan Isı Kayıpları

Atrium'a bakan duvarlardan ve döşemelerden;

$$Q_{toplam} = 104.649 W$$

Atriuma bakan cam alanlarından ;

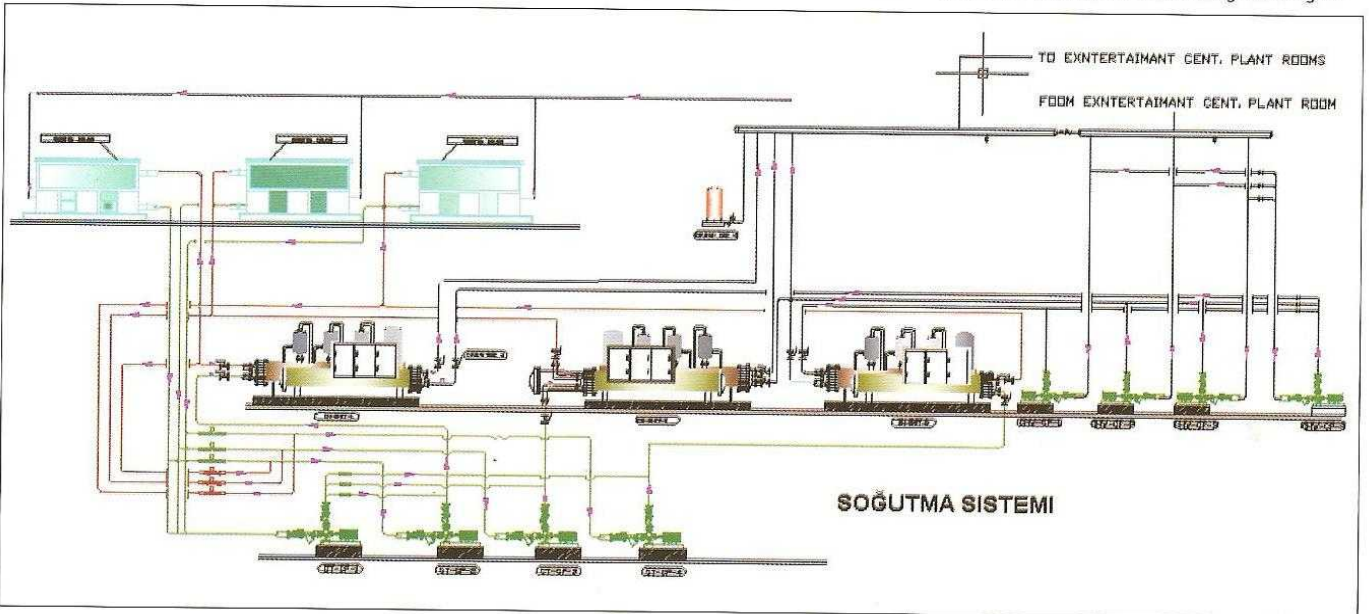
$$Q_c = 24.000 W$$

ETFE Membran kaplamadan;

$$Q_7 = 1.836.350 W$$

4.1.2. Havalandırma ihtiyacı ve ısıtma yükü;

Aynı anda atrium içerisinde pik zamanda 8795 kişi olduğu dikkate alınmıştır. Kişi için gerekli olan hava miktarda 20 m³/h kişi alınmıştır.



$$Q = 8975 \times 20 = 175.900 \text{ m}^3/\text{h}$$

Bu hava debisi 6 adet taze hava santrali tarafından sağlanmaktadır.

Havalandırma için gerekli ısı ihtiyacı ;

$$Q_{\text{hava}} = 2.945.300 \text{ W}$$

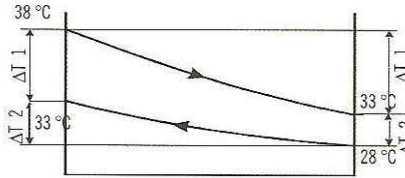
Toplam Isıtma Yüğü ;

$$Q_i = 3781 \text{ kW}$$

olarak bulunmuştur.

4.2. Soğutma Sistemi Isı Çekimi

Su soğutmalı gruplarda hazırlanan su 7/12 °C özelliğindedir. Chiller de hazırlanan suğutkan su grup pompaları ile galeriden ilgili AHU'lara ve döşemeden soğutma zonlarına gönderilmektedir.



WSHP sistemler ağırlıklı olarak mağazalarda kullanılmaktadır. SPA ve ofislerde sulu tip bireysel kontrolü ve konfor düzeyi daha yüksek olan VRF sistemi kullanılmıştır. Sulu VRF sistemlerinde ve WSHP'lerde önemli olan kondenser devresindeki su sıcaklığıdır. Yaz şartlarında WSHP kondenserine 33 °C'da giriş yapan su 38 °C'de çıkış yapmaktadır. WSHP sisteminin primer devresinde döşenmiş suyun taşıdığı ısı, kapalı bir eşanjör devresi üzerinden soğutma kulesine aktarılır. Eşanjör devresi primer şartları 28/33 °C'dir. soğutulur..

4.3. Yapıda CFD Analizi:

(Computational Fluid Dynamics)

Yapıda CFD analizi yapılmasının amacı:

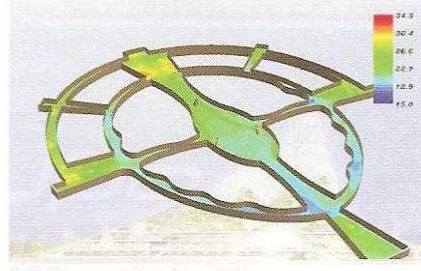
Belirlenmiş yaz ve kış şartlarında yapı içindeki:

- Sıcaklık dağılımı
- Nem dağılımı
- Akım çizgilerini

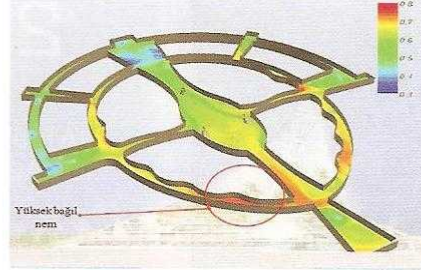
hesaplamak ve olası aşırı ısınma-aşırı soğuma bölgelerini saptamaktır.

Kış simülasyonu:

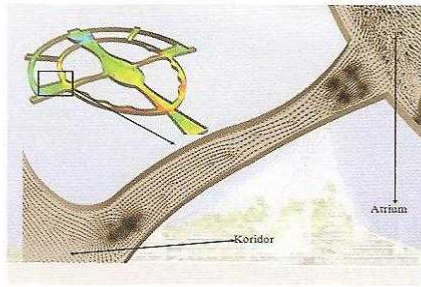
Dış Ortam Sıcaklığı	: -35 °C
Menfez Çıkış Sıcaklığı	: 30-35 °C
Yerden Isıtma	
(Belirlenen bölgelerden)	: 95 W/m ²
Mağaza İç Sıcaklıkları	: 18 °C



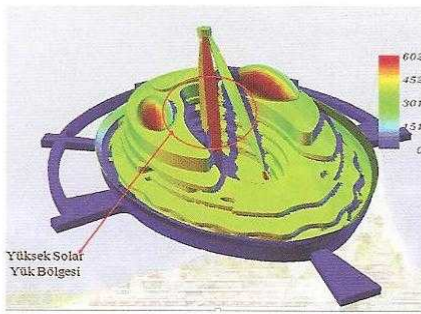
5.60 Kotu sıcaklık dağılımı (°C)



5.60 Kotu bağıl nem dağılımı



5.60 Kotu hız vektörü

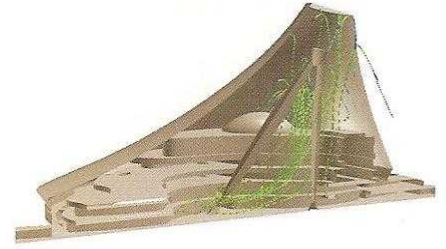


Solar yük dağılımı (W/m²)

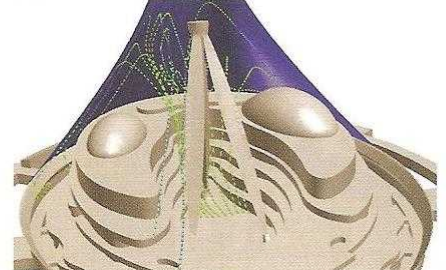
Kış Şartlarında Kazanılan Isı Miktarı	
İnsan Kaynaklı	: 130 000 Wh
Aydınlatma Kaynaklı	: 120 000 Wh
Kazanılan Nem Miktarı (İnsanlar, iç bahçe ve havuzlardan)	: 310 kg/h

Yaz simülasyonu:

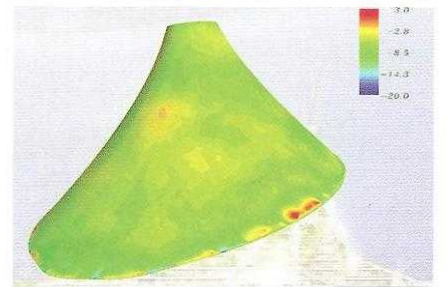
Dış Ortam Sıcaklığı	: 35 °C
İç ortam	: 29 °C
Solar Etki	: 21 Haziran, Saat 13:00
Koordinatlar	: 51.18 K; 71.45 D
Menfez Çıkış Sıcaklığı	: 14 °C
Yerden Soğutma	: 50 W/m ²



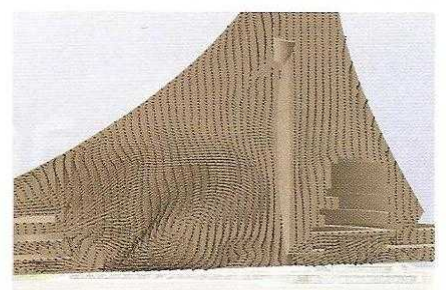
Atrium akım çizgileri



Atrium akım çizgileri-2



ETFE Sıcaklık dağılımı (°C)



Atrium hız vektörü

Mağaza İç Sıcaklıkları	: 18 °C
Gölgeleme	: 0,70
Isı Miktarı	
İnsan Kaynaklı	: 130 KW/saat
Aydınlatma Kaynaklı	: 120 KW/saat

NOT:

Khan Shatry Isıl Analiz Projesi Anova tarafından yapılmıştır. Kendilerine bu vesileyle tekrar teşekkür ediyorum. Han Çadın projesi uluslararası ortak çalışılan özel bir projedir. Bu yapının mekanik tesisat projeleri Vemeks Müh. Ltd. Şti. tarafından üstlenilmiş olup, çalışmalar halen yoğun bir şekilde devam etmektedir. ■