

# YEŞİL HAVALİMANLARINDA BERABER ISI ve GÜÇ SİSTEMLERİ (KOJENERASYON/TRİJENERASYON)

*İstanbul Üçüncü Havalimanı (IGA): İlk Fazda Kaçan Fırsatlar ve Çevre*

Prof. Dr. Birol Kılıkş, Fellow ASHRAE

## GİRİŞ

2005 yılında ABD Texas Eyaletinde meydana gelen tarihin en güçlü kasırgalarından biri olan Katrina kasırgasında sadece bir hastane işlevini sürdürebildi, hatta tamamen duran diğer hastanelerden kritik hastaları kabul edebildi. Zira bu hastanede üçlü üretim (trijenerasyon) sistemi vardı ve yedek yakıtları ile birlikte kendi enerji adacığını kurabilmişti. Özellikle bu olaydan sonra tüm dünya beraber üretim (kojenerasyon) ve üçlü üretim sistemlerinin sadece ekonomik yönden değil daha da önemlisi barışta ve savaşta, acil durumlarda ve doğal felaketlerde ne denli bir emniyet ve tedbir platformu oluşturduğunu iyice kavradı ve büyük ölçekli uygulamalar -hava limanları dahil olmak üzere- hız kazandı [1]. Ülkemizde de bu sistemler Atatürk, Adnan Menderes, Ankara, Antalya, Sabiha Gökçen gibi hava limanlarında başarılı biçimde hizmet vermektedir. Kısaca özetlemek gerekirse bu sistemler öncelikle bölgesel ve ulusal güvenliği güçlendirme ve kendi enerji adacığını kurabilme fırsatı tanımakta, şebeke arızalarından ve ulusal elektrik kesintilerinden ve yakıt darlığından etkilenmemekte ve çevreye gerektiğinde acil enerji sağlayabilmektedir. Ayrıca LEED gibi yeşil bina sertifikasyonlarında sürdürülebilir ve yenilikçi teknolojiler sınıfında önemli puan kazanımları sağlamaktadır [2]. Enerji verimliliğinde ve bölge ısıtma soğutma sistemlerinde de önemli görevler üstlenmektedirler. Tüm bu avantajlar çerçevesinde 2014-2018 Onuncu Kalkınma Planında ve 2017-2023 Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planında önemli stratejiler oluşturulmuştur, 5 eylem noktasında kojenerasyon ve kojenerasyonla ilgili sistemlere yer verilmiştir. (Şekil 1).

### "Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı 2017-2023" (Eylem B5, B9, B11, B6, E1)



Şekil 1. Kojenerasyon Teknolojisinin Ulusal Stratejilerimizdeki Yeri [3].

## **Sürdürülebilir Havacılık**

Sürdürülebilir havacılık kavramı sadece uçakları ve hava trafiğini kapsamaz. Bu kavram içerisinde üç ana öge bulunur [4, 5]. Bunlar:

**Hava Tarafı:** Uçakların uçuş, taksi, kalkış, piste yaklaşım, iniş, park, yakıt temini ve hava trafiğinin eniyilemesi (optimizasyon) evrelerini kapsar.

**Yer Tarafı:** Terminal binaları, hizmet binaları, depolar, kargo merkezleri, enerji merkezleri, yer hizmetleri, bakım onarım merkezleri, yer ulaşımı, çevre ile ulaşım, kargo binaları, idari binalar, havalimanı dâhilindeki oteller, konferans salonları, ısıtma, havalandırma ve klima (HVAC), merkezleri, tüm sosyal donatılar, bölge enerji dağıtım sistemi, kontrol kuleleri, enerji alt yapısı, yakıt depoları ve bağlantıları, bagaj taşımacılığı, uçak PCA hizmetleri gibi birçok birimi kapsar. Hava trafiğine uygunluk, seyrüsefer emniyeti, yakın havalimanları ile etkileşim, havalimanına ulaşım altyapısındaki kısıtlar, uçakların yaklaşım ve rotaya giriş kolaylıkları veya zorlukları, doğa ile uyum gibi plansal gerekler ve hizmet kalitesi de bu kapsamdadır. Yılda yüzbinlerin hatta milyonların gelip geçtiği ve on binlerin çalıştığı Mega havalimanlarında hijyen ve salgın hastalıkların kontrolü de giderek ciddiye kazanmaktadır. Kısaca,

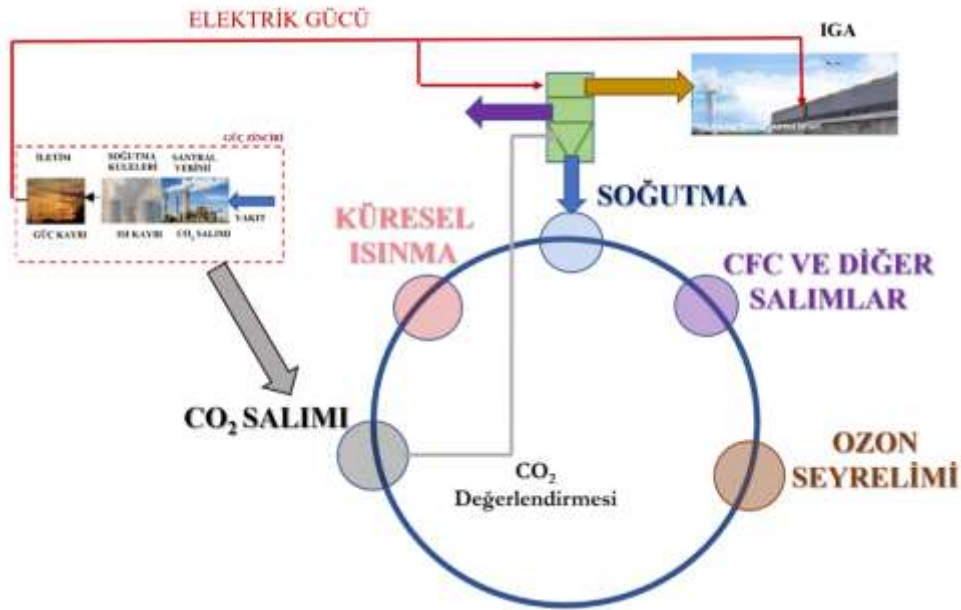
- İnşaat sahasını sürdürülebilir şekilde hazırlama, yer hazırlama, çevre düzeni ve inşaat,
- Su tasarrufu,
- Enerji verimliliği,
- Enerjinin akılcı kullanımı, Ekserji akılcılığı,
- Malzeme seçimi,
- İç hava kalitesi ve konfor,
- Güvenlik,
- Hijyen,
- Atık Yönetimi,
- Biyogaz üretimi ve artık ısının (soğukun) akılcı değerlendirmesi,
- Çevre ile olan ilişkiler ve çevresel etki,
- Tümleşik tasarım ve ekserji tabanlı işletim ve akılcı otomasyon,
- Düşük ekserjili binalar ve kapalı alanlar,
- Bölge enerji ağı gibi birçok tümleşik konu havalimanlarını sürdürülebilir havacılık kapsamında en ön plana çıkarmaktadır.

**Çevre:** Çevre etkisi, CO<sub>2</sub> salımları, ozon tabakasını seyreltici zararlı salımlar, inşaat öncesi, inşaat sırası ve sonrasında orman örtüsünün korunması, atık yönetimi, atıkların değerlendirilmesi, ekosisteme olan etkiler ve varsa kazançlar da bu kapsamın önemli öğeleridir.

## **Karbon Dioksit ve Ozon Tabakası Sorunlarına Çözüm: Üçlü Üretim ve CO<sub>2</sub> Kullanımı**

Alışılmış klima ve havalandırma uygulamalarında elektrik gücü ulusal şebekeden temin edilmekte ve bu güçle soğutucu akışkan içeren, gaz sıkıştırılmalı soğutma üniteleri (Çiller) kullanılmaktadır. Elektrik üretiminde ise ağırlıklı olarak termik santraller devrededir ve doğal gazın payı da %40 a yakındır. Bu süreçte önemli CO<sub>2</sub> salımları oluşmakta olup Ülkemiz CO<sub>2</sub> salımlarını azaltma girişimlerinde Dünyada en sondan üçüncüdür. Soğutucu akışkanlar ise CFC ve benzeri ozon tabakasını seyreltici etki göstermektedirler. Her ne kadar Ülkemiz ozon-zararlı

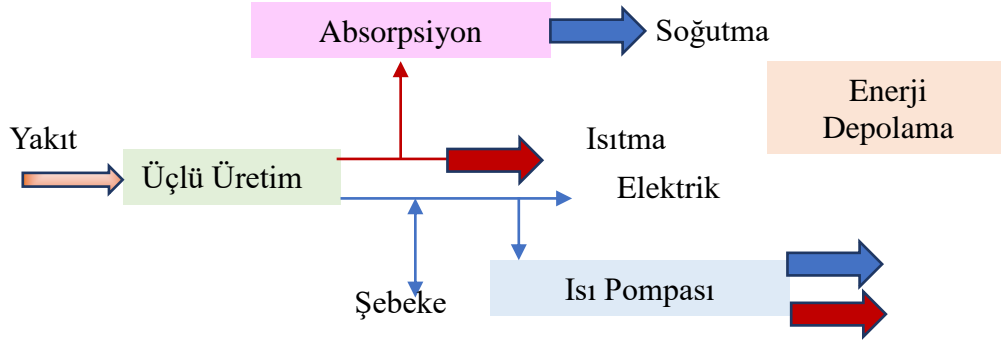
akışkanlar konusunda oldukça başarılı ise de [6, 7] sonuç itibarı ile bir yandan karbon salımları öte yandan eş-zamanlı olarak ozon-zararlı maddeler açılardan alışılmış ısıtma soğutma, klima ve havalandırma sistemleri hem verimsiz hem atmosferi kirletici hem de enerjinin akılcı kullanımında yetersiz bir döngü içerisindeyler. Bu döngü, Şekil 2 de gösterilmiştir. Elektrik gücü bir termik santralde üretildikten sonra enerji tüketim alanına gelene değin -yakıttan kullanıma-verimi Ülkemizde %27 olarak gerçekleşmektedir. Buna karşın elektrik gücü dağıtık bir sistemde ve kullanım alanında üretilse bu verim %60 a kadar yükselebilmektedir. Aydınlatma ve diğer işlevler dışındaki enerji tüketim noktalarında elektrik enerjisi önemli ölçüde soğutma gruplarının tahrikinde ve bunların artık ısılarının cebri çekişli ıslak veya kuru tip soğutma kulelerinde havaya atımında da tüketilmektedir. Dolayısı ile soğutma işlevi özelinde sistem önemli CO<sub>2</sub> salımlarından sorumlu olduğu gibi artık ısının havaya atımında da elektrik enerjisi tüketilmektedir. Halbuki artık ısı uygun taleplerle değerlendirilebilir. Soğutma grupları eşzamanlı olarak Ozon-zararlı kimyasalları da atmosfere salmaktadır. Bu döngü sonucu küresel ısınma artmakta ve soğutma ihtiyacı artarken salımlar da artarak kısır bir döngü oluşmaktadır. Gün geçtikçe satılabilir ve ülkeye katma değer yaratabilir bir ürün haline gelen CO<sub>2</sub> gazı kaynağında tutulup ticari olarak soğutma akışkanı olarak değerlendirildiğinde CO<sub>2</sub>-nötr bir uygulamaya geçilebilir.



Şekil 2. Alışılmış bir Havalimanı Uygulamasındaki (IGA) Soğutmada CO<sub>2</sub> ve Ozon Tabakasını Seyrelten Soğutucu Akışkan Sızıntılarının Küresel Isınma ile Kısır Döngüsü [6, 7].

Şekil 3 de ise yerinde üretime yönelik bir üçlü üretim sisteminin temel şeması gösterilmektedir. Absorpsiyon ve/veya adsorpsiyonlu sistemler soğutma gruplarının yerini almıştır ve daha verimli ve çevreci bir biçimde yerinde üretilen elektrik gücü ile çalışmaktadır. Bu sistemler CO<sub>2</sub> gazı ve karışımları ile teçhiz edilmişlerdir. Enerji depolama sistemi pik (Tepe) yükleri törpülediğinden daha küçük seçilebilen cihazlar sürekli tam kapasitede çalışabilir ve verimleri kısmi kapasitelere oranla yüksek sürer. Sonuç itibarı ile, Şekil 3 de gösterilen temel şemaya uygun ve daha kapsamlı bir küçük ölçekli uygulama Ülkemizde ilk LEED Platin sertifikası alan Eser binasında

gerçekleştirilmiştir [2]. IGA da kazan, soğutma grubu ve şebeke elektriği yerine üçlü üretim (Trijenerasyon) sistemi kullanılsa ve bu sistem atıklardan elde edilen biyogazla desteklense idi CO<sub>2</sub>salımları ve ozon-zararlı salımlar büyük ölçüde önlenilecek ve yakıt tasarrufu sağlanacaktı. Isı pompalarında ve absorpsiyonlu soğutma gruplarında iyonik sıvı-CO<sub>2</sub> karışımı kullanıldığında ozon-zararlı salımlar tamamen önlenilecekti.



Şekil 3. Üçlü Üretim Temel Şeması.

## HAVA LİMANLARINDA KOJENERASYON UYGULAMALARI

Ülkemiz dâhil olmak üzere birçok ülke havalimanlarında bu sistemler yaygın biçimde kullanılmakta, mevcut kazan-çiller birimleri kojenerasyon ve ısı pompası gibi cihazlarla değiştirilmektedir. Çizelge 1 de özet bir derleme verilmiştir. Günümüzde -büyük olsun, küçük olsun, Mega olsun- havalimanı idareleri ve tasarımcıları kojenerasyon ve trijenerasyon sistemlerini vazgeçilmez birer yerinde enerji sağlayıcı ve sürdürülebilirliğin olmazsa olmazı olarak görmektedirler. Ancak bu sistemlerin en uygun seçimleri ve diğer yenilenebilir enerji sistemleri ile harmanlanması saatlik değişikliklere göre yıl boyunca yapılacak enerji türüne göre kırılımlı enerji talep analizleri tabanındaki hassas hesaplara dayandırılmalıdır [8, 9].

### San Diego (Lindbergh) Havalimanı

2014 yılında San Diego Havalimanı LEED Sertifikasyon sisteminde en yüksek değere sahip LEED Platin derecesini alan ilk havalimanıdır. 1 MW güneş enerji sistemi, su ve enerji tasarruf sistemleri, çok kapsamlı ve akıllı iç mekân iklim ve enerji kontrol sistemleri, yansıtıcı çatı, gelişmiş iç hava kalitesi, düşük uçucu organik madde içeren malzeme boya ve eşya kullanımı ön plana çıkmıştır. LEED sertifikası sadece terminal binası için alınmış olup sürdürülebilir enerji sistemlerinin temel altyapısında, örneğin kojenerasyon sistemlerinin kullanımında ve sürdürülebilir havaalanı kavramında yeterli puana sahip olamamıştır. Dolayısı ile sürdürülebilir havalimanı (Sürdürülebilir havacılığın tüm kara tarafı) başka bir şey sürdürülebilir terminal binası başka bir şeydir.

### Schiphol, Amsterdam Havalimanı

Bu havalimanı kapsamlı bir yenileme ve genişletme çalışması geçirmiş olup kojenerasyon, absorpsiyon, adsorpsiyon sistemleri, güneş ve rüzgâr enerjisi, enerji depolaması, biyogaz, atık yönetimi, atık ve ısı kazanımı, şehrin çöp yakma sistemi ile bağlantı, bölge enerji sistemi, kapsamlı yer ulaşımı ve bagaj taşıma sistemi bulunmaktadır. Kıyı ötesi rüzgâr türbinlerinden yararlanılmaktadır. Yüksek enerji ve ekserji verimliliği ile uçak şirketlerine ucuz hizmet

verebilmekte ve hava taşımacılığının Avrupa merkezi (Hub) olma yönündeki iddiasını arttırmaktadır. Şekil 4 de gösterilen ideal kara tarafı özelliklerinin tamamına sahiptir.

Çizelge 1. Kojenerasyon/Trijenerasyon Sistemi Bulunan Önemli Hava Alanlarından Örnekler (Proje ve inşa halinde olanlar dahil)

BÖLGE	Kojenerasyon/Trijenerasyon Sistemi Olan Hava Alanları	
	Ülke	Havaalanları
Kuzey Amerika	ABD	Atlanta, JFK, Chicago-O Hare, LAX, Rochester, Washington-Dulles, Houston, San Fransisco, Pittsburg, John Wayne, Seattle, Sacramento, Connecticut-Bradley
	Kanada	Toronto, Edmonton
Güney Amerika	Madrid	Barajas
Avrupa	Hollanda	Amsterdam-Schiphol
	Almanya	Frankfurt, Münih, Düsseldorf, Köln/Bonn
	İtalya	Milano, Roma Fiomicio, Malpensa, Bari (Biyoyakıtlı)
	İngiltere	Heathrow
	İskoçya	Dublin
	İspanya	Madrid-Barajas
	İsveç	Alanda
	Türkiye	Atatürk, Sabiha Gökçen, Antalya, Esenboğa
	Avusturya	Salzburg
	Belçika	Brüksel
	Yugoslavya	Belgrat
	Yunanistan	Atina
	İzlanda	Kevflavik
	Danimarka	Copenhagen
Asya	Çin	Şangay-Pudong, Pekin-Daxing, Gansu-Lanzhou
	Japonya	Tokyo-TIAT, Narita
	Güney Kore	Incheon
	Tayland	Suvarnabhumi
	Hong Kong	Hong Kong International
	İsrail	Ben Gurion
	BAE	Dubai
	Malezya	Kuala Lumpur
Avustralya	Avustralya	Adeladia, Sydney, Perth
Afrika	Kenya	Jomo Kenyatta

### Kopenhag (CPH) Havalimanı

Bu havaalanı kentin 4. nesil bölge enerji sisteminden yararlanmaktadır. Amaç artan yolcu kapasitesine karşın enerji tüketimini sabit tutmak ve yenilenebilir enerji kullanım oranını (AER: Çizelge 2) arttırmaktır. Yeraltı suyu ile soğutma teknolojisine ve depolama sistemine sahiptir.

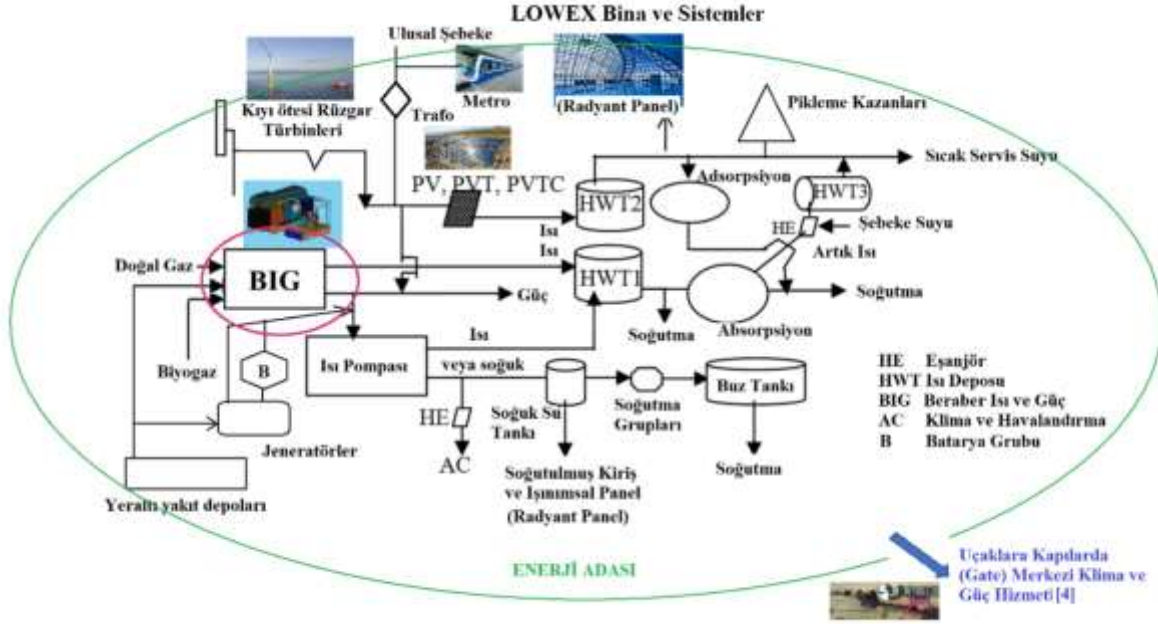
2014 yılında ise tüm havalandırma sistemini yüksek verimli fan ve motorlarla ve ısı değişim sistemleri ile değiştirerek dışarı atılan kirli (egzoz) havasının ısısı kullanılarak içeri alınan taze dış havanın ön ısıtmasını (Kışın) ve ön soğutmasını (Yazın) yapmaktadır. Amaç, aşağıdaki eşitlikte görüldüğü üzere *COPEX* (Çizelge 2) değerini ideal Karno Çevrimi tabanında (1) değerine olduğunca yaklaştırmaktadır. Aksi takdirde ön ısıtma ve soğutma işlemlerinde tüketilen elektrik enerjisinin kalitesi geri kazanılan hissedilir ısının kalitesini aşmakta ve ulusal katma değer eksi çıkmaktadır. *COPEX* → +1 koşulunu sağlamak üzere hava debileri iç hava kalitesinden ödün vermeksizin sürekli (anlık) kontrol edilmelidir. *COP* bilinen ısı tesir katsayısı olup, *COPEX* bu değerın akılcı ekserji yönetimi modeli ile düzeltilmiştir. (0.95 W/W) terimi elektrik gücünün birim ekserjisi,  $Q$  geri kazanılan ısıl (soğuk) güç,  $P_F$  fan motorlarının gücü,  $T_o$  anlık dış hava sıcaklığı,  $T_R$  içeri alınan havanın ön ısıtma/soğutmadan sonraki sıcaklığıdır.

$$COPEX = COP \cdot \frac{\left(1 - \frac{T_o}{T_R}\right)}{0.95} = \frac{Q}{P_F} \cdot \frac{\left|1 - \frac{T_o}{T_R}\right|}{0.95}$$

## SÜRDÜRÜLEBİLİR HAVALİMANI İDEAL MODELİ ve YENİ ÖLÇÜTLER

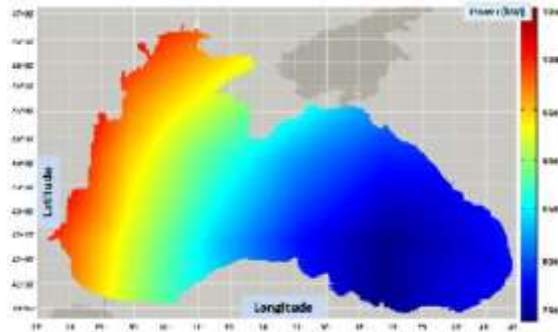
Şekil 4 de yenilikçi ve sürdürülebilir uygulamaları en uygun biçimde bir araya getirip harmanlayan bir ideal model gösterilmiştir [4]. Sistemin omurgasını *Beraber Isı ve Güç Sistemi* (BIG: Cogeneration) ve düşük ekserjili (*LOWEX*) yani düşük enerji yükleri yanı sıra düşük sıcaklıkla ısıtılabilen yüksek sıcaklıkla soğutulabilen ısınımsal sistemler içeren binalar oluşturmaktadır. Hong Kong ve Bangkok havalimanları bu türdedir. BIG sistemi birçok sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji kaynaklarından daha etkin yararlanma imkanlarını da getirmektedir. Yakıt olarak her ne kadar doğal gaz kullanıyor olsa da yakıt girdilerinde seçenek sunmaktadır. Ülke ekonomisi çerçevesinde %50 ye varan yakıt tasarrufu sağlamanın yanı sıra yerinde ve çevrede üretilen biyogazı da kullanabilmektedir. Yeraltı yakıt depoları ile doğal gaz kesilse bile belirli bir yakıt çeşitliliği içerisinde LPG, dökme gaz, biyogaz, dizel yakıtları ile bağımsız enerji adacığını oluşturabilmektedir. Enerji adacığı oluşturabilme imkânı özellikle havaalanlarında stratejik öneme ve avantaja sahiptir. Havalimanı belli bir süre işlevine devam edebilecek ayrıca bu süre zarfında kesintilerin giderilmesi için gerekli zamanı teknik anlamda sunacaktır. Bataryalar ise bu işleve destek olacak en azından hava trafiğinin emniyetli idamesini sağlayacaktır. Enerji depolaması da çok mühim ve gerekli olup Şekil 4 de 3 adet değişik sıcaklıklarda (Ekserji Düzeyi) sıcak su tankları, soğuk su tankları ve buz tankları yanı sıra elektrik bataryaları (minimum düzeyde) kullanılmaktadır. Enerji sisteminde yenilenebilir enerji kaynaklarına da FAA (Federal Aviation Administration) tarafından konulmuş katı kurallara bağlı kalmak kaydı ile yer verilmektedir. Bu kuralların amacı yanlış yön ve açıda kurulacak güneş PV sistemlerinin pilotların göz kamaşması (glare) ve rüzgâr türbinlerinde de geçerli olan seyrüsefere ve uçak elektroniğine olası elektromanyetik etki olasılıklarını azaltmak içindir. IGA bu bakımdan şanslıdır. En çok rüzgâr alan Karadeniz Bölgesinin kıyısında kuruludur (Şekil 5). Bu hava trafiği için potansiyel risk ve zorluk anlamına gelse de yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin ve akılcı kullanımı için çok önemli bir şanstır. FAA kısıtlarına tabi olmayacak şekilde kurulacak kıyı ötesi rüzgâr türbinleri çok yararlı olacaktır. Kıyıdaş Romanya kıyı ötesi rüzgâr türbin santrallerini uygulamaktadır (Şekil 6). Değişik bir kojenerasyon sistemi de güneş enerjisinden elektrik

üretirken ısı da üretilmesidir (Photo-Voltaic Thermal, PVT). Benzer bir uygulama da aynı zamanda soğutma yapılabilir (Photo-Voltaic-Thermal and Cooling, PVTC).



Şekil 4. Sürdürülebilir bir Havalimanında İdeal Çözüm [4].

Körükteki uçaklara ısı ve güç hizmeti her körüğün altındaki klima birimleri yerine merkezi PCA sistemi (Pre-Conditioned Air System) ile park halindeki uçaklara daha verimli, emniyetli ve enerji tasarruflu hizmet verilmesi de önemli bir seçenektir ve Şekil 4 ün yan kenarında resmedilmiştir. Bu sistem Atina Havalimanında uygulanmaktadır [10]. Çizelge 2 de ise bir yeşil havalimanında olması gerekenleri denetleyecek değerlendirme ölçütleri verilmiştir. Tüm bu ölçütlere bakıldığında ve diğer iddialı havalimanları ile mukayese edildiğinde IGA nın LEED sertifikasyonuna ve gerçek bir yeşil havalimanı düzeyine yönelik çalışmaların zayıf kaldığı anlaşılmaktadır. Sistemin bir sürdürülebilirlik parçası olan ve IGA yı şehre bağlayan metro sistemi sürdürülebilirlik ve çevre koruması bakımından iyi bir uygulama olmakla birlikte ısı ve veya soğutma yüklerine oranla yerinde üretilen elektrik gücünün fazla geldiği anlarda elektrikle çalışan metro tarafından kullanılması ve hatta (enerji adacığı süreleri dışında) şebekeye satılması da düşünülmelidir. Örneğin Atatürk havalimanı şebekeden aldığı elektrik enerjisinden daha fazlasını şebekeye satmıştır (TAV Airports Holding, 2014).



Şekil 5. Karadeniz Rüzgâr Enerjisi Yoğunluk Atlası [11].

Çizelge 2. Yeşil Havalimanı Değerlendirme Ölçütleri.

Ölçüt	Tanımı	Koşulu
$\psi_R$	Akılcı Ekserji Yönetim Verimi	$> 0,70$
$\eta_I$	Genel Birinci Yasa Verimi	$> 0,75$
$\eta_{II}$	Genel İkinci Yasa Verimi	$> 0,50$
$COPEX$	Ekserji Tabanlı Yıllık Tesir Katsayısı	$\rightarrow 1$
$PES_R$	Ekserji Tabanlı Birincil Enerji Tasarruf Yüzdesi	% 50
$PER$	Birincil Enerji Oranı	$> 1,2$
$SF$	Isıtmada	Tepe Yük Düzleme Oranı (Load Shaving Factor)
	Soğutmada	
$\Delta CO_2$ yüzdesi	CO <sub>2</sub> salımında azaltma oranı [4]	$> 0,70$
$EX_s/EX_r$	Yerinde Üretilen Ekserji/Hariçten Alınan Ekserji. (Yakıt dahil)	$> 0,50$
$AER$	Yenilenebilir Enerji Kullanım Oranı	$> 0,20$
$DFR$	Ağaç Kesim Oranı (Deforestation Ratio) [4]	$< 0,05$
$NZEXAP$	Sıfıra-Yakın Ekserji Havalimanı Endeksi (Net-Zero Exergy Airport Index) [4]	$\geq 0,70$ yazın $\geq 60$ kışın
$IAQ/IAQ_{ref}$	İç Hava Kalitesi Endeksi [4]	$\geq 90/100$
$\varepsilon_H$	Ekserji Tabanlı Konfor Endeksi [4]	$\leq 2,5 \text{ W/m}^2$

<sup>1</sup> Enerji Depolaması ile.



Şekil 6. Romanya da Kıyı Ötesi Rüzgâr Türbini Örneği [12].

Böylelikle hava limanının ulusal enerji bilançosuna katkısı daha fazla olacaktır. CO<sub>2</sub> gazı ile çalışacak ısı pompaları, absorpsiyon ve adsorpsiyon soğutma makineleri ozon tabakasının seyreltilmesine karşı önemli işleve sahiptir. Ozon tabakası medyadaki haberlere karşın NASA ya göre henüz yeterince tamir edilememiştir. Terminal binalarının da düşük ekserji sistemleri ile donatılması sistemin ülkeye sağlayacağı katkıyı daha da arttıracaktır. Hazarda seferde emniyet ve hizmet devamında BIG kadar tüm diğer sistemler ve ulaşım da önemli olup terminal içi yolcu ve hizmet taşımacılığında da sürdürülebilirlik ön plana çıkmalıdır. Otobüsler yerine terminaller arası hava treni, istasyonlar, sürdürülebilir enerji kaynakları ile beslenen elektrikli ve melez araçlar, yerinde üretilen biyo-yakıtla çalışan araçlar gibi uygulamalar düşünülmelidir.

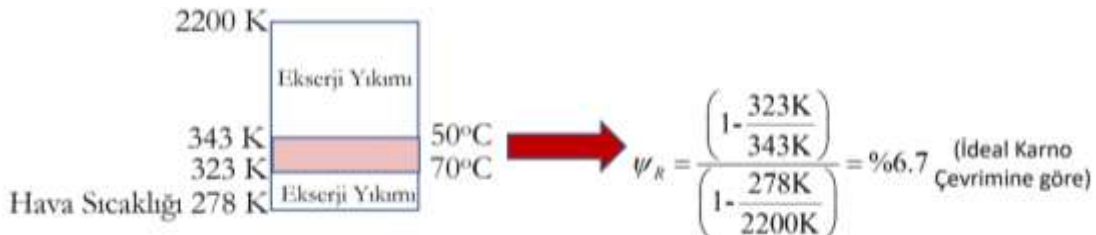


## İSTANBUL ÜÇÜNCÜ HAVALİMANI (IGA)

Bu havalimanının ilk proje tasarım sıralarından itibaren teknik görüşlerin belirlendiği bir çalışma yapılmış ve değişik tespitlerde bulunularak bazı ön önerilerde bulunulmuştu [13]. Isı üreten kazanlar, şebeke elektriği ile çalışan soğutma grupları, jeneratörler ve trafo dışında şu anda da enerji ve çevre açılarından su arıtma ve havalandırmada ısı geri kazanımı dışında herhangi bir uygulama görülmemektedir. Medyada enerji merkezi diye tanımlanan birim ise bilinen elektrik trafolarından ibaret olup yerinde enerji üretimi ile bir alakası yoktur [14]. Mevcut tasarımı ve uygulanmış hali ile IGA Hava Limanında yukarıda sözü edilen sürdürülebilir sistemlerin olmadığı görülmektedir [4]. Halbuki Çizelge 1 de özetlendiği üzere Ülkemiz de dahil olmak üzere bu sistemlerin çoğu birçok havalimanında bulunmaktadır. IGA Havalimanında olmayan sürdürülebilir ve çevre dostu teknolojiler aşağıda özetlenmiştir.

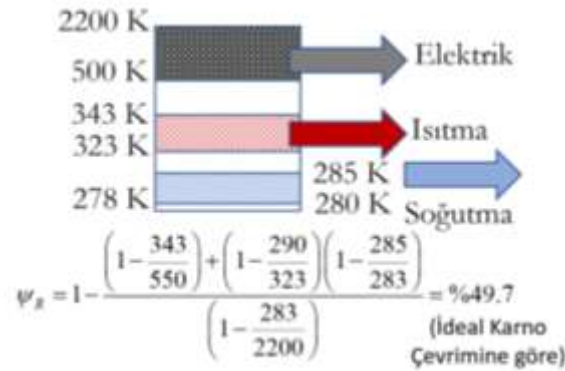
- Kojenerasyon veya Trijenerasyon sistemi (Absorpsiyon ve Adsorpsiyon ile soğutma)
- Isı Pompası Teknolojisi (*COPEX* → +1 koşu ile)
- Rüzgâr enerjisi (Kıyı ötesi ve FAA kaidelerine uyulmak kaydı ile)
- Güneş (Kıyı ötesi ve FAA kaidelerine uyulmak kaydı ile)
- Düşük Entalpili Jeotermal Enerji ile Doğrudan LOWEX ısıtma için
- Isı depolama (Sıcak ve soğuk)
- Atıklardan biyogaz eldesi
- Bölge Enerji Sistemi
- LOWEX binası, ısıtma, soğutma ve klima cihazları
- Taşımada sürdürülebilir enerji
- Ekserji akılcı ısıtma ve soğutma üniteleri
- Ekserji akılcı havalandırma sistemi
- Havalimanı içi ve bağlantılarında sürdürülebilir ve yüksek verimli ulaşım
- Körükteki uçaklara merkezi sistemden klima, güç ve havalandırma hizmeti
- 4. Nesil bölge enerji Sistemi (4DE)

Şekil 7 de yoğuşmalı bir kazanın doğal gaz yakıtını ne denli akılcı kullandığına ilişkin bir çalışma yer almaktadır. Bu Şekilde görüldüğü üzere doğal gazın serbest yanma sıcaklığı 2200 K olarak belirlenmiş ve yakıtın ulusal katma değeri için ortalama hava sıcaklığı (Referans Sıcaklığı) 278 K alınmıştır. Bu sıcaklık aralığında doğal gazın ulusal çaptaki katma değer potansiyelinin çok az bir bölümü kazanların ısı üretiminde değerlendirilmekte ve bu nedenle de katma değer potansiyelinin çok önemli bir bölümü geri kazanma imkânı da olmaksızın kaybedilmektedir (Ekserji Yıkımı). Akılcı ekserji yönetim verimi,  $\psi_R$  Şekilde yer alan eşitlikten ve sonucundan görüldüğü üzere sadece %6.7 dir (Kazan verimi %95 olmasına karşın).

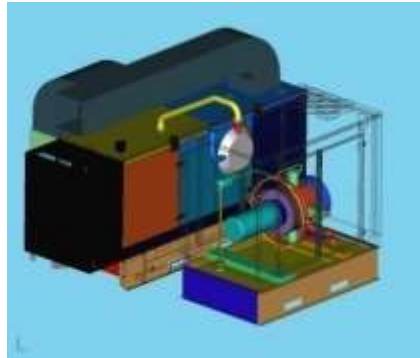


Şekil 7. Alışılmış Yoğuşmalı Kazan Teknolojisinin Akılcı Ekserji Yönetim Verimi.

Kojenerasyon sisteminin akılcı ekserji yönetim veriminin hesabı Şekil 8 de gösterilmektedir. Doğalgazın değerlendirilmesinde bu kez ilkin elektrik üretildiğinden eşitlik biraz değişik olup sonuç %49.7 dir. Burada elektrik üretiminde bottoming cycle diye adlandırılan organik çevrimli sistem de hesaplara dahil edilmiştir (Şekil 9). Soğutma da yapıldığından ekserji yıkımları büyük ölçüde azaltılmıştır. Aslında, yoğuşmalı kazanların doğal gazın üst ısı değerini kullanmaları nedeni ile bu avantaj kojenerasyon sistemine oranla göz önünde tutulması gerekir. Bu avantaj kazan sisteminin  $\psi_R$  değerine yüzde 3 dolayında bir artış şeklinde yansır. Bu etki takip eden hesaplarda göz önüne alınmıştır. Konunun kolay anlaşılması için yaklaşık ve basitleştirilmiş eşitlikler kullanıldığında aşağıdaki sonuçlar elde edilir. Ancak, [4, 8, 9] sayılı referanslara göre bina benzetimleri ile yıl boyu saatlik tabanda daha kapsamlı hesaplamalar gerekli olabilir.



Şekil 8. Trijenerasyon Teknolojisinin Akılcı Ekserji Yönetim Verimi.



Şekil 9. AB FP6 HEGEL Projesindeki Poli-Jenerasyon Sisteminin Genel Görünümü [8, 9].

### Çevresel ve Ekonomik Hesaplar-IGA Havalimanı

Yıllık 250 MW-saat/8000 saat = 31.35 MW<sub>e</sub> trafo yükünden (soğutma çiller yükleri dahil) yaklaşık bir tahminle 6 MW<sub>e</sub> diğer amaçlar için çıkarılırsa terminal kompleksindeki pik güç talebi yuvarlatılmış hali ile 25 MW<sub>e</sub> olarak kabul edilebilir. Bu durumda 25 MW<sub>e</sub>/54 MW<sub>h</sub> kurulu ısı güç hesabı ile tahmini güç ısı oranı,  $Y$  0.46 olarak bulunur. Ancak pik ısı ve elektrik değerleri zaman içerisinde çakışmaz ve yük profilleri sürekli değişir ve oranlar da devamlı değişir. Bunun dikkate alınması gerekir.

Terminal kompleksinde soğutmadan arındırılmış, birim ısı (1 kW-saat) ve doğal gaz eş bazında olmak üzere aşağıdaki eşitlik geliştirilmiştir.

$$\Delta CO_2 = c \left\{ \frac{1}{\eta_B} (2 - \psi_{RB}) + \frac{Y}{\eta_T} + \frac{Z}{COP \cdot \eta_T} \right\} - c \left\{ \frac{1}{CHPH\eta} (1 - \psi_{RCHP}) + \frac{Z}{COP \cdot \eta_T} \right\}$$

Burada:

Mevcut Sistem

Kojenerasyon Fırsatı

$\Delta CO_2$	Birim ısı için mevcut sisteme oranla kojenerasyon sisteminin CO <sub>2</sub> salımını azaltma potansiyeli, kg CO <sub>2</sub> /1kW-saat,
$c$	Doğal gazın birim CO <sub>2</sub> içeriği, kgCO <sub>2</sub> /kW-saat (0.2 kg CO <sub>2</sub> /kW-saat),
$\eta_B$	Yoğuşmalı kazanın yıllık ortalama verimi (İyimser senaryo),
$\eta_T$	Santrallerin tüketim noktasına kadarki toplam verimi (Türkiye genelinde),
$\psi_{RB}$	Kazan sisteminin Akılcı Ekserji Yönetim Verimi,
$COP$	Soğutma tesir katsayısı (Soğutma grupları için),
$Y$	Terminal kompleksinin ortalama elektrik-ısı yükleri oranı,
$Z$	Terminal kompleksinin ortalama soğutma-ısı yükleri oranı,
$CHPH\eta$	Kojenerasyon sisteminin kısmi ısıl verimi,
$\psi_{RCHP}$	Kojenerasyon sisteminin Akılcı Ekserji Yönetim Verimi dir.

Yukarıdaki eşitliğin iki parantezi içerisindeki son terimler birbirini götürmektedir, çünkü bu örnek eş taban çalışmasında ısı ve elektrik talepleri ele alındığından kojenerasyon sisteminde soğutma yükleri gene soğutma gruplarına atanmış bulunmaktadır. Ancak ısı yüklerinin az elektrik güç yüklerinin fazla olduğu sürelerde üretilen fazla ısının absorpsiyonlu ve/veya adsorpsiyonlu sistemler kullanılarak soğutma amaçlı değerlendirilmesi yapılabilir. Bu amaçla soğutma yüklerini de aşmayacak bir kapasitede bu sistemler de seçilebilir. Ancak ek ithal kalemi olan bu sistemlerin döviz maliyetleri göz önünde tutulmak ve kendi içlerinde bir döviz geri dönüşü hesaplanmak kaydı ile ek CO<sub>2</sub> salım azaltımı ve parasal getiri mümkün olacaktır.

Yukarıdaki eşitlikte tahmini ve ortalama değerler yerlerine konulduğunda ısı üretimi (kazanlar), şebeke elektrik talepleri ayrı ayrı karşılanması durumuna (Mevcut durum) oranla kojenerasyon fırsatının ne kadar CO<sub>2</sub> salımında azaltma yapabileceği şu şekilde hesaplanabilir: Toplam 54 MW kurulu ısıl güç tabanında %70 yıllık ortalama baz yük ve 8000 saat çalışma/yıl hesabı ile ve Ülkemizdeki elektrik üretiminde ortalama doğal gaz payı 0.36 ve 0.46 kurulu güç elektrik ısı oranı,  $Y$ , 0.46 alındığında, CO<sub>2</sub> salımlarındaki azaltma potansiyeli  $\Delta CO_2$  bulunur:

$$\Delta CO_2 = 0.2 \left\{ \frac{1}{0.95} (2 - 0.067) + \frac{0.46}{0.27} \right\} - \frac{0.2}{0.53} (1 - 0.497) = 0.748 - 0.189 = 0.559 \text{ kg CO}_2/\text{kW-saat}$$

Böylelikle de CO<sub>2</sub> salımında azaltma oranının da  
 $= 0.559/0.748 = \%74.7$  olduğu görülür.

Yılda 8000 saat çalışma koşulunda, 54 MW kurulu ısıl güç için ve %70 ısıl taban (baz) yük kabulü ile, ayrıca Türkiye genelinde enerji üretiminde kurulu güç hesabı ile doğal gazın ortalama payı 0.36 alınarak-ki bu anlık olarak uygulamada değişmektedir- bir yıl sonunda toplam CO<sub>2</sub>

salım miktarındaki azaltım potansiyeli IGA da kurulu doğal gazlı, yoğuşmalı kazan sistemi ve şebeke elektriği kullanım senaryosuna oranla şu şekilde ortaya çıkmaktadır:

$$54000 \text{ kW} \times 0.7 \times 8000 \text{ saat} \times 0.36 \times 0.559 \text{ kg CO}_2/\text{kW-saat}/(1000 \text{ kg/ton}) = 60855 \text{ ton CO}_2$$

Sadece doğal gaz tasarrufundan kaynaklanan milli ekonomimize (Havalimanı ve ulusal elektrik üretim, dağıtım sistemi) (termik santraller dahil) parasal katkısı,  $\Delta C$ :

$$\Delta C = 54000 \text{ kW} \times 0.7 \times 8000 \text{ saat} \times 0.03 \text{ EUR/kW-saat} \times \left[ \left\{ \frac{1}{\eta_B} (2 - \psi_{RB}) + \frac{Y}{\eta_T} \right\} - \left\{ \frac{0.89}{CHPH\eta} (1 - \psi_{RCHP}) \right\} \right]$$

$$\Delta C = 9.1 \times 10^6 \times \left[ \left\{ \frac{1}{0.95} (2 - 0.067) + \frac{0.46}{0.27} \right\} - \left\{ \frac{0.89}{0.40} (1 - 0.497) \right\} \right] = 23.7 \text{ Milyon EUR /yıl}$$

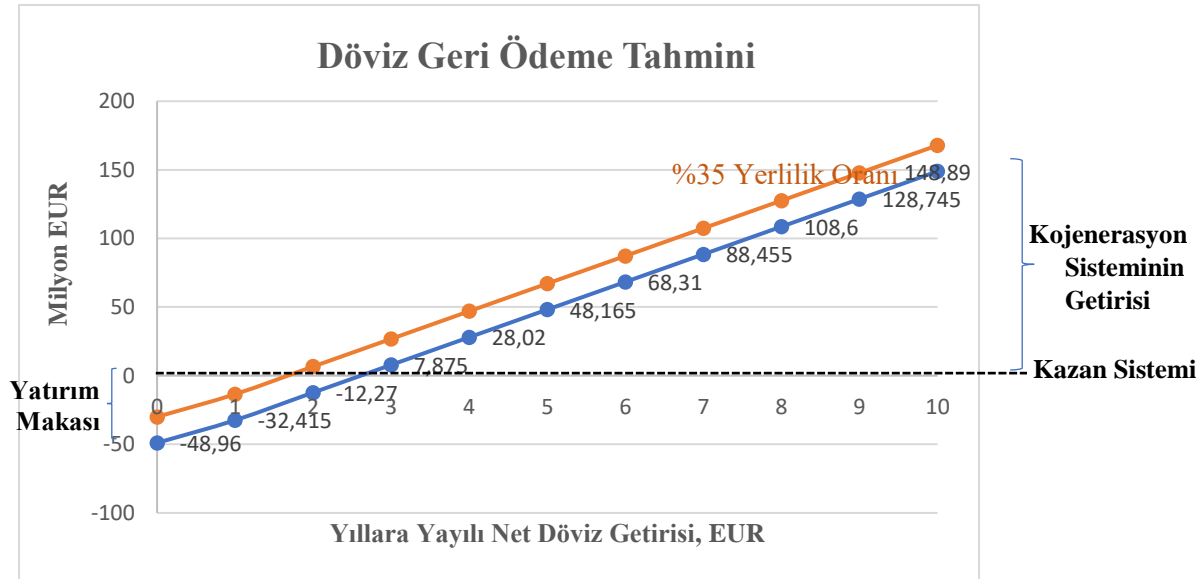
Bu hesapta iyimser bir kestirimle ithal doğal gazın gelecek on yıl içerisindeki ortalama maliyeti 0.03 EUR/kW-saat ve yoğuşmalı kazanların Birinci Yasa verimi de yıllık tabanda 0.95 alınmıştır. Bu hesap ulusal şebekedeki tüm kayıplarını doğrudan göz önünde bulundurmaktadır (%27 toplam verim).  $(1-0.11) = 0.89$  katsayısı ise doğal gazın üst ve alt ısı değerleri oranına bağlı olup (yaklaşık %11) kojenerasyon sisteminin alt ısı değerinde (yoğuşmasız), kazan sisteminin (yoğuşmalı) üst ısı değerinde çalıştığını göz önünde tutar. Günümüzdeki fizibilite hesapları sadece bölgesel avantajlarla sınırlı kalmakta ve ulusal şebeke verimsizliğini göz ardı etmektedir. Dolayısı ile ulusal çerçevede karlılık az gözükmemektedir. Bir örnek vermek gerekirse:

$$[(54000 \text{ kW} \times 0.7 \times 8000 \text{ saat/yıl} \times 0.03 \text{ EUR/kW-saat})/0.95] \times 0.747 = 7.53 \text{ Milyon EUR/yıl.}$$

Bu önemli fark konuya dar bir çerçeveden bakılıyor olmasından kaynaklanmaktadır ve Ülkemizin IGA da olduğu gibi alternatiflerin yeterince değerlendirilmemesine yol açmaktadır. Yatırımın başında dipsel çevrimli ve yüksek verimli (High-Efficiency, Bottoming Cycle) polijenerasyon sistem kurulumu senaryosu ile mevcut doğal gazlı yoğuşmalı kazan grubu kurulumu senaryosu arasındaki ve sadece cihazlara yönelik döviz maliyet makası kW kurulu ısı kapasitesi başına -iki adet yedek kojenerasyon ünitesi dahil olmak üzere (Dönüşümlü ve kademeli çalıştırılarak kojenerasyon ünitelerinin 10 yıl sonundaki ağır bakımlarına değişik zamanlarda girebilmeleri için) biraz abartılı bir tahminle 1200 EUR/kW alınır, buna mukabil sistemin en az %15 daha küçük seçilebileceği varsayıldığında (Enerji Depolaması ile)  $1200 \text{ EUR} \times (1-0.15) = 1020 \text{ EUR/kW}$  ısı güç kurulumu için cihazlara ödenecek dövizdeki fazlalık makası olacaktır (Yerinde kurulumlarının ve işletmeye alma işlemlerinin yerli ve milli gerçekleşeceği varsayılmıştır). Toplam döviz makası  $1020 \text{ EUR} \times 54000 \text{ kW} = 48.96 \text{ Milyon EUR}$ . Bu dövizle ödemede fazlalık başlangıçta önemli gözükse de bu miktarın kaç yılda doğal gazdaki tasarrufla geri ödeneceği çok daha önemlidir.

Bu olgu Şekil 10 da incelenmiş, basit geri ödeme yıllara yayılı biçimde gösterilmiştir. Şekil 10 hazırlanırken, ilk onuncu yıl sonunda ilk yatırımın %50 si bir masrafla kojenerasyon sistemlerinin ağır bakımdan geçirileceği ve her yıl tasarruf miktarının %15 inin ek işletme, bakım ve onarıma harcanacağı göz önünde tutulmuştur. Bu koşullarda ilk 2.5 yılda döviz

yatırımını geri ödeyen sistem ilk on yılın sonunda da 148.9 Milyon EUR hazineye kar getirmektedir. Bu meblağ ilk döviz yatırımının tam üç katıdır. Bu getiri ulusal döviz dengesinde IGA enerji sisteminin mevcut durumuna kıyasla dış ticaret *zararı* olarak dolayısı ile kaçırılan maddi bir fırsat şeklinde de yorumlanabilir. Konuya sadece parasal açıdan bakılsa bile bu geri ödeme süresi kojenerasyon sisteminin bugünkü ithalat mecburiyetinde bile çok çok makul bir seçenek olduğunu göstermektedir. Makas azaldıkça yani kojenerasyon üretiminin yerli ve milli pay yüzdesi sıfırdan yukarı doğru çıktıkça döviz geri ödeme süresi ve on yıl sonundaki döviz tasarrufu artmaktadır. Örneğin yerlilik oranı %35 olduğunda döviz geri ödeme süresi 2.5 yıldan 2 yıla inmekte döviz getirisi de 167.7 Milyon EUR a çıkmaktadır. Dolayısı ile yerli üretimin önemi somut bir biçimde ortaya çıkmaktadır. Kazanlar ise kendilerini hiçbir zaman ödemez ve kar etmez (Şekil 10 da kesikli yatay çizgi). Makas sıfırdır ama getirisi de sıfırdır. Teknik kullanım süresi sonunda sadece hurda olarak satılır.



Şekil 10. İlk Yatırım Döviz Makasının Doğal Gaza Ödenen Dövizdeki Tasarruf ile Yıllara Yayılı Basit Geri Ödemesi.

Bu hesaplarda kazanların tamamen kojenerasyon sistemi ile ikame edildiği varsayılmaktadır. Uygulamada ise kojenerasyon sistemleri tam kapasitelerine yakın biçimde daha sürekli, ekonomik ve verimli çalışabilmeleri için taban (Baz) yüke göre seçilir. Pık yüklerde ise kazanlar devreye sokulur. Bu koşulda kojenerasyon sisteminin ekonomik ve çevresel katkıları yeniden hesaplamalıdır. Doğal gaz tasarruf yüzdesi AB 2004/8/EC yönergesi kullanılarak, ekserji yıkımları dahil olmak üzere  $PES_R$  eşitliği kullanılarak da hesaplanabilir [8]:

$$PES_R = \left( 1 - \frac{1}{\left[ \frac{CHPH\eta}{0.75} + \frac{CHPE\eta}{0.52} \right] \times \left( \frac{2-0.25}{2-\psi_{RCHP}} \right)} \right) \times 100$$

$CHPH\eta$  beraber ısı üretimindeki kısmi ısı verim,  $CHPE\eta$  kısmi elektrik üretim verimi,  $\psi_{RCHP}$  ise beraber ısı ve güç sisteminin Akılcı Ekserji Yönetim verimidir. ( $CHP$ ) alt simgesi Combined Heat and Power terimini betimler. 0.75 ve 0.52 değerleri ise AB 2004/8/EC Yönergesine göre sırası ile kısmi ısı verimi ve kısmi (Kombine) elektrik üretim referans verimleridir. 0.25 değeri ise uluslararası enerji sistemleri sektörünün referans akılcılığıdır. Örnek değerlerimiz kullanıldığında

$$PES_R = \left( 1 - \frac{1}{\left[ \frac{0.54}{0.75} + \frac{0.40}{0.52} \right] \times \left( \frac{2-0.25}{2-0.497} \right)} \right) \times 100 = \%42$$

Bu örnekten görüldüğü üzere Havalimanında yerel olarak %40 ın üzerinde bir yakıt tasarrufu söz konusudur. Doğal gaz tabanındaki bu yakıt tasarrufu CO<sub>2</sub> salımlarına doğrudan ilişkilendirilebilir. Bu durumda CO<sub>2</sub> salımlarında da %42 azaltım söz konusudur. Aynı örnek için daha önce bulunan tasarruf oranı (%74.7) ile bu oran arasındaki fark ise ilk formülün Ülke bazında enerji bilançomuzu daha kapsamlı ve gerçekçi biçimde modellendirmesinden, örneğin toplam hat kayıplarından ve enerji karışımı içerisindeki diğer termik santral verimlerinin daha düşük olmasından kaynaklanmaktadır. IGA projesinde ayrıca havalimanının ve çevrenin atıklarından biyogaz eldesi de düşünülmeli idi. Birçok yabancı havalimanlarında uygulanan bu yöntemle ek enerji tasarrufu sağlanmakta ve çevre korunmaktadır [1, 4]. Biyogazın kojenerasyon sisteminde kullanımı karbon nötr olarak kabul edildiğinden CO<sub>2</sub> salımlarından da doğal gaza karıştırılan biyogaz oranı kadar ek azaltım söz konusudur. Örneğin, bu karışım oranı sadece %15 bile olsa doğal gaz için  $c$  değeri 0.2 kgCO<sub>2</sub>/kW-h değeri 0.17 kgCO<sub>2</sub>/kW-saat değerine ineceğinden CO<sub>2</sub> salım azaltım potansiyeli %83 e ulaşacaktır. Doğal gaz tasarrufu da aynı oranda artacaktır. Sistemde ısı pompaları da kullanılsa ve düşük ekserjili (LOWEX) terminal binaları uygulansaydı elektrik tüketimi daha da azaltılabilecekti. Zira ışımsal (Radyant) tavandan ve tabandan ısıtma/soğutma panelleri (Şekil 4), soğutulmuş kirişler gibi cihazlar daha düşük sıcaklıkta (ısıtmada) ve daha yüksek sıcaklıklarda (soğutmada) işletilebildiklerinden ısı pompalarının tesir katsayıları yükselmekte ve daha az elektrik gücüne gerek duymaktadırlar. Öte yandan, ısı ve soğuk depolamasında pik yükler törpülediğinden cihazlarda %20 kadar küçültme ve ucuzlama söz konusudur.

## SONUÇ

Kabul edilmeli ki bugünkü koşullarda kazan yapımı en az %80 yerli, buna mukabil kojenerasyon sistemleri ve bağlı sistemler ise tamamen ithal kalemidir. Ayrıca kW ısı (Soğuk) başına daha pahalıdırlar. IGA Havalimanında yerli kaynak kullanım oranının da yüzde 80'e ulaştığı belirtilmektedir. Böylelikle dövizle yapılan yatırımlar azaltılmaya çalışılmıştır. Bu önemli ve zamanında alınmış güzel bir tedbir ve etkin bir yöntemdir. Ancak, bu yerlilik daha ziyade yapı malzemelerinde ve kazanlarda görülmektedir. Buna karşın kojenerasyon gibi daha sürdürülebilir sistemlerle çevresel bağlamda CO<sub>2</sub> salımının ve atmosferdeki Ozon tabakasını seyreltici gazların büyük oranda azaltılabileceği ve büyük oranda dövize dayalı doğal gazda ise %50 den fazla yakıt tasarrufu sağlanacağı göz önünde tutulmalıdır. Bu nedenlerle bu sistemler şimdiden yani Faz 1

de bile makul bir döviz geri ödemesine sahip olarak uygulanabilirdi. Nitekim Şekil 10 da görüldüğü gibi döviz geri ödeme süreleri çok makuldür. Yerli ve milli hedefler doğrultusunda hiç olmazsa bundan sonraki fazlarda bu sistemlere yer verilerek bu ürünlerde de yerleşme ve millileşmenin yolu açılmalıdır. Özellikle büyük kapasiteli motor ve türbin sanayiinde buna ihtiyaç vardır. Havalimanı projesi bunlar için çok önemli ve teşvik edici bir fırsattır. Ayrıca eğitimler de önemli olup kalifiye teknik eleman ve mühendis kadroları da gerekmektedir. Bu bağlamda Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Kalkınma Bankası, TÜBİTAK ve değişik üniversiteler ve motor sanayimiz, tekno kentler ve KOSKEB işletmeleri yanı sıra sektör dernekleri tarafından ortak ve eşgüdümlü bir ortamda milli kojenerasyon teknolojisi geliştirilmeli ve mevcut çalışmalar çok hızlandırılmalıdır. Bu çalışmalara Eskişehir Uçak Motor TEI ve TUSAŞ, altyapıları ve mevcut ürün teknolojileri tabanlarında dahil edilerek, üretimde olan uçak motor teknolojileri çerçevesinde yerleşme dönüşürülmüş (Stasyon) uçak motorları da kısa vadede çözüm olarak düşünülmelidir. Kaçırılan bu önemli fırsatlar nedeni ile havalimanı işletmesinde önemli yakıt maliyetleri ve CO<sub>2</sub> salımları söz konusudur. Bu durumda işletme maliyetleri açısından sürdürülebilir havaalanları teknolojisinde önde gelen Amsterdam Schiphol ve Dubai havaalanları (Her iki havalimanında da kojenerasyon sistemi bulunmaktadır) ile rekabeti imkânsız olmasa bile çok zor olacaktır. Bu bağlamda *the Turkish Perspective* dergisinin son yayınında söz konusu edilen IGA'nın Ülke ekonomisine doğrudan/dolaylı yararlarının tekrar değerlendirilmesi ve bu değerlendirmelere çevresel etkilerin de eklenmesi yararlı olacaktır [15]. Havalimanlarında (taban yük/tepe yük) oranı %70 gibi yüksek ve gün boyunca oldukça sabittir. Diğer bir deyişle havalimanlarında kojenerasyon kapasitesi taban ısı yükünün %70'i kadar seçilir ve geri kalan yük zaten kazanlarla karşılanır. Büyük oranda milli kaynaklar kullanılarak tesis edilen ve şu an çalışmakta olan yerli ve milli kazanların hiçbir işlevsel ve ekonomik değer kaybı olmaksızın işletilmesine akılcı biçimde devamı bu kazanların tedricen pikleme yüklerine kaydırılması ile mümkündür. Bu bağlamda Faz 1 ve diğer iki faz toplamında 3 x %30'ar pikleme yükleri mevcut kazanlarla karşılanırken taban yükler için kojenerasyon teknolojisi de giderek artan yerli ve milli oranlarda zamana yayılı yumuşak bir geçişle devreye sokulmuş olacaktır [1].

## KAYNAKÇA

- [1] Taşeli, B., Kılış, B. 2016. Ecological Sanitation, Organic Animal Farm, and Cogeneration: Closing the Loop in Achieving Sustainable Development-A Concept Study with On-site Biogas Fueled Trigeneration Retrofit in a 900 Bed University Hospital, Energy and Buildings, 2016, 129, pp: 102-119.
- [2] Çakmanus, I, Künar, A., Kilkis, B., Torak, G. A., Gülbeden, A. 2010. A Case Study in Ankara for Sustainable Office Buildings, CLIMA 2010 International Conference, Proceedings on CD, No: R3-TS27-OP02, p.106. ISBN: 978-975-6907-14-6, 9-14 May, Antalya, 2010.
- [3] Kılış, B. 2018. Yapılı Çevrede Yenilenebilir Enerji Kaynakları ile Beraber Isı ve Güç Üretiminin Akılcılığı, 9. Enerji Verimliliği Forumu ve Fuarı, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Verimli Kojenerasyon/Yerinde Üret Yerinde Tüket Özel Oturumu 30 Mart 2018 İstanbul.

- [4] Kilkis, B. 2019. A Holistic View of Sustainable Aviation, Chapter 2.4, *Sustainable Aviation-Fundamentals*, Springer, 2019.
- [5] Kilkis, B. 2015. Constraints and Opportunities of Green and Sustainable Airport Design, Construction, and Operation Phases, ISSA 2015-000, International Symposium on Sustainable Aviation May 31- June 3, 2015, İstanbul.
- [6] Kılış, B. 2019. Enerjinin Akılcı Kullanımı ve Paylaşımı, V. Enerji Verimliliği Günleri, 18-19 Ocak, EMO İzmir Şubesi.
- [7] Kılış, B. 2019. Ozon Tabakasının Korunmasında CO<sub>2</sub> Salımları Tehdit mi Potansiyel Çözüm mü? T. C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 19 Ozon Paneli ve Ozon Tabakasının Korunması Etkinliği, 18 Aralık 2018, İstanbul.
- [8] Bingöl, E., Kilkis, B. and Eralp, C. 2011. Exergy Based Performance Analysis of High Efficiency Poly-Generation Systems for Sustainable Building Applications, *Energy and Buildings*, Vol. 43, Issue: 11, pp. 3074-3081.
- [9] Bingöl, E., Kaya, O., Eralp, C., Kılış, B. 2010. Different Exergy Analysis Techniques for High Efficiency Poly/Co- Generation- Systems in a Variable Range of Operating Loads, CLIMA 2010 International Conference, Proceedings on CD, ISBN: 978-975-6907-14-6, 9-14 May, Antalya, 2010.
- [10] Sikorski, E. 2010. Air-Conditioning of Parked Aircraft by Ground-Based Equipment, International Refrigeration and Air Conditioning Conference. Paper 1086.  
< <http://docs.lib.purdue.edu/iracc/1086>>
- [11] Onea, F. and Rusu, E. 2012. Evaluation of the Wind Energy Resources in the Black Sea Area, Conference: 8th International Conference on Energy, Environment, Ecosystems and Sustainable Development (EEESD '12).  
<[https://www.researchgate.net/publication/236210841\\_Evaluation\\_of\\_the\\_Wind\\_Energy\\_Resources\\_in\\_the\\_Black\\_Sea\\_Area](https://www.researchgate.net/publication/236210841_Evaluation_of_the_Wind_Energy_Resources_in_the_Black_Sea_Area)>
- [12] Nikolae, C. 2009. Romanian Offshore Wind Energy Possibilities, *Analele Universităţii din Oradea Fascicula de Energetică*, Vol. 15.
- [13] Kılış, B. 2014. Energy Consumption and CO<sub>2</sub> Emissions Responsibility of Airport Terminal Buildings: A Case Study for the Future Istanbul Airport, *Energy and Buildings*, 76, pp: 109-118, 2014.
- [14] Enerji Günlüğü, İstanbul 3. Havalimanı için 'enerji merkezi' kurulacak, 24.03.2017  
<<https://enerjigunlugu.net/icerik/22279/istanbul-3-havalimani-icin-enerji-merkezi-kurulacak.htm>>
- [15] Ülgen, S. 2018. The New Airport is Set to Contribute Significantly to the Development of the Turkish Economy, *the Turkish Perspective*, Issue 65, December 218.