

ŞEHİR HASTANELERİNDE ENERJİ MALİYETLERİNİN YÖNETİMİ: ÖNCELİKLİ STRATEJİLERİN BELİRLENMESİ

MANAGEMENT OF ENERGY COSTS IN CITY HOSPITALS: IDENTIFYING PRIORITY STRATEGIES

Yaşar GÖKALP

İstanbul Medipol Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi,
Sağlık Yönetimi Bölümü
ygokalp@medipol.edu.tr
ORCID: 0000-0002-3390-4597

ÖZ

Geliş Tarihi:

05.01.2025

Kabul Tarihi:

17.05.2025

Yayın Tarihi:

27.06.2025

Anahtar Kelimeler

Şehir Hastaneleri,
Hastane Enerji
Yönetimi,
Sürdürülebilirlik,
Çok Kriterli Karar
Verme,

Keywords

City Hospitals,
Hospital Energy
Management,
Sustainability, Multi-
Criteria Decision
Making,

Şehir hastaneleri, yapıları gereği oldukça büyük yapılardır. Buna bağlı olarak, enerji tüketim miktarları da oldukça yüksektir. Bu hususlar, sağlık hizmetlerinin sürdürülebilirliği ve kalitesi ile doğrudan ilişkilidir. Dolayısıyla, şehir hastanelerindeki enerji tüketiminin ve maliyetlerinin yönetilmesi önemlidir. Ancak, şehir hastanelerindeki enerji tüketimini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerin tamamına aynı anda müdahale etmek karar verici pozisyonundakiler açısından oldukça güçtür. Bu nedenle, şehir hastanelerinde enerji maliyetlerine etki eden faktörlerin önem derecesine göre ağırlıklandırılması gerekir. Bu doğrultuda, çalışmanın amacı şehir hastanelerinde enerji maliyetlerini azaltabilmek amacıyla öncelikli stratejilerin belirlenmesidir. Literatür tabanlı olarak belirlenen 8 kriter analiz edilmiştir. Analiz p,q-SFS-AHP yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Belirsizliğin minimize edilebilmesi için bulanık sayılardan faydalanılmıştır. Bu sayede, daha doğru sonuçlar elde edilir. Analiz sonuçları, “Binaya yalıtım yapılarak fazla enerji tüketiminin önüne geçilmesi” kriterinin şehir hastaneleri için en önemli faktör olduğunu göstermektedir (w=0,256). Süreci etkileyen diğer önemli kriter ise “Yenilenebilir enerji alternatifleri ile enerji bağımlılığının azaltılması”dır (w=0,234). Dolayısıyla, binalara yalıtım yapılması önemli bir gerekliliktir. Ayrıca, şehir hastanelerinin kendi enerjisini üretebilir konuma gelmesi sürdürülebilirlik açısından önemlidir.

ABSTRACT

City hospitals are quite large structures due to their nature. Accordingly, their energy consumption amounts are also quite high. These issues are directly related to the sustainability and quality of healthcare services. Therefore, it is important to manage energy consumption and costs in city hospitals. However, there are many factors affecting energy consumption in city hospitals. It is very difficult for decision makers to intervene in all of these factors at the same time. Therefore, the factors affecting energy costs in city hospitals should be weighted according to their importance. Accordingly, the aim of this study is to identify prioritized strategies to reduce energy costs in city hospitals. Based on the literature, 8 criteria were analyzed. The analysis was carried out with the p,q-SFS-AHP method. Fuzzy numbers are used to minimize uncertainty. In this way, more accurate results are obtained. The results of the analysis show that the criterion “Preventing excess energy consumption by insulating the building” is the most important factor for city hospitals (w=0.256). The other important criterion affecting the process is “Reducing energy dependency with renewable energy alternatives” (w=0.234). Therefore, insulation of buildings is an important requirement. In addition, it is important for city hospitals to be able to produce their own energy in terms of sustainability.

DOI: <https://doi.org/10.30783/nevsosbilen.1613618>

Atıf/Cite as: Gökalp, Y. (2025). Şehir hastanelerinde enerji maliyetlerinin yönetimi: Öncelikli stratejilerin belirlenmesi. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi*, 15(2), 651-666.

Giriş

Kamu-özel ortaklığı modeliyle hayata geçirilen önemli projelerden biri şehir hastaneleridir. Şehir hastaneleri kapsamlı sağlık hizmeti sunulmasının yanında birçok amaç taşır. Sahip olduğu gelişmiş teknoloji sayesinde hizmet kalitesinin artırılmasına önemli katkı sağlar. Bunun dışında birçok farklı sağlık hizmeti birlikte sunulabilir (Açıkgöz ve Biçer, 2022). Hasta odaklı bir yaklaşım benimsendiğinden dolayı hasta memnuniyetinin artması muhtemeldir. Şehir hastaneleri hizmet verdiği bölgenin ekonomik kalkınmasına katkı sağlar. Güncel teknoloji ile donatılmış altyapısı sağlık hizmetlerinin sürekliliğini mümkün kılar. Sağlık hizmeti sunma konusunda yüksek kapasiteye sahiptir. Bu durum, acil durumlarda güvence sağlama niteliğindedir. Tüm bunlar göz önüne alındığında, sağlık hizmetleri ve kalitesi açısından şehir hastanelerinin önemli bir yerde olduğu anlaşılmaktadır (Fedai, 2020). Ancak, tüm bu hizmetlerin sürdürülebilirliğinin sağlanması maliyetlerin yönetilmesi ile doğrudan ilişkilidir.

Hastanelerdeki maliyete neden olan faktörlerin başında enerji kalemi gelmektedir. Hastaneler, en çok enerji tüketen binaların başında gelmektedir. Dolayısıyla, hastanelerin sürdürülebilirlikleri ile enerji maliyetlerinin kontrolü doğrudan ilişkilidir (Kıraç ve Arifler, 2024). Şehir hastaneleri ise büyük yapılar olduklarından dolayı enerji tüketimi oldukça yüksek yerlerdir. Ancak, şehir hastanelerindeki enerji maliyetlerini etkileyen birçok faktör vardır. Öncelikle, enerji konusundaki dışa bağımlılıktan dolayı döviz dalgalanmaları etkili olabilmektedir. Teşvikler ile maliyetlerin kontrol altında tutulması önemlidir (Eser, 2023). Bunun dışında, hastaların ve personellerin hastane içerisindeki bilinçsiz tüketimi enerji maliyetlerini artırabilmektedir. Enerji üretiminde yenilenebilir enerji kullanmak, dışa bağımlılığı da azaltacağından dolayı enerji maliyetlerini kontrol altında tutma konusunda faydalı olur (Kılıç ve Güdük, 2018). Enerji tasarruflu ekipmanların hastane genelinde yaygınlaşması ve denetim sürecinin aktif işlemesi de etkili olabilecek diğer faktörlerdir (Çakmak ve Yol, 2019).

Şehir hastanelerinde enerji maliyetlerini verimli bir şekilde yönetmek, finansal sürdürülebilirliğe katkı sağlamanın yanında çevresel sürdürülebilirliği de destekler. Buna bağlı olarak, enerji verimliliğini artırmaya yönelik stratejilerin uygulanması oldukça önemli bir konu hâline gelmektedir. Mevcut sistemlere yenilenebilir enerji kaynaklarının entegre edilmesi ve akıllı enerji yönetim sistemlerinin uygulanması enerji tüketimini optimize etmek adına güçlü stratejiler sunmaktadır. Ek olarak, hasta ve personel bilinç düzeylerinin artırılması uzun vadede tasarruf sağlanmasına yardımcı olabilir. Devasa büyüklükteki şehir hastaneleri gibi yapıların enerji verimliliğini artırmaya yönelik benimseyeceği stratejiler hem maliyetlerin yönetilmesine hem de çevresel hedeflere ulaşılmasına katkı sağlar. Bu sayede şehir hastanelerinin sağlık hizmeti sunumu açısından sürdürülebilirliğinin sağlanması mümkün olabilecektir.

Enerji konusunda dışa bağımlı olan ülkelerde enerji maliyetlerinin yönetilmesi oldukça önemlidir. Şehir hastaneleri de enerji tüketiminin yüksek olduğu yapılardır. Bu nedenle, şehir hastanelerindeki enerji maliyetlerinin yönetilmesi gerekir. Literatürde, bu konuyu ele alan sınırlı çalışma bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar, çoğunlukla, konunun önemini dile getiren çalışmalardır. Hastanelerdeki enerji maliyetleri etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Yönetimin, bu faktörlerin tamamına aynı anda müdahale etmesi, ekstra maliyet, işgücü ve zaman gerektirir. Dolayısıyla, bu faktörlerin önem derecesine ağırlıklandırılması literatürde ihtiyaç duyulan bir çalışmadır. Literatürdeki bu boşluk, çalışmanın motivasyonunu oluşturmaktadır. Buna bağlı olarak, bu çalışmanın amacı, şehir hastanelerinde enerji maliyetlerine etki eden faktörlerin önem ağırlıklarını belirleyerek strateji geliştirmektir. Çalışmanın araştırma sorusu, şehir hastanelerinde enerji maliyetlerini etkileyen en önemli hususların neler olduğudur. Bu minvalde, çok kriterli karar verme tekniklerinden p,q-SFS-AHP yöntemi kullanılacaktır.

Çalışmanın ilerleyen bölümleri literatür taraması, metot, bulgular, tartışma ve sonuç bölümlerinden oluşmaktadır.

Literatür taraması

Şehir hastanelerindeki enerji maliyetlerini etkileyen faktörlerden biri mevcut teşvik politikalarıdır (de Oliveira vd. 2021). Devlet tarafından vergi indirimi ya da muafiyeti gibi uygulamalar, enerji maliyetleriyle başa çıkmak adına gereklidir. Bunun dışında, hastanelerin yenilenebilir enerji kullanımının artırılmasına yönelik politikaların takip edilmesi enerji maliyetlerinin uzun vadede kontrol altında tutulması adına önemlidir (Kantola ve Saari, 2013). Yenilenebilir enerji kullanımına yönelik politikaların çevre sağlığına da pozitif etkisi olacağı söylenebilir. Ayrıca, uzun vadede, hastanelerin kendi enerjilerini üretebilir olma niteliği de kazanması sağlanabilir (Ascione vd. 2016).

İhtiyaç fazlası üretimin dışarıya satılması durumunda hastaneler ek gelir sağlamak mümkün olabilir. Qadir vd. (2024), yenilenebilir enerji kullanımını artırmaya yönelik stratejiler geliştirmiştir. Buna göre, bu projelerin artırılması için devlet teşviklerinin önemli bir yere sahip olduğunu savunulmaktadır. Wangsa vd. (2023), Endonezya'da temiz enerji kullanımını artırmak amacıyla matematiksel model önerisinde bulunmuştur. Vergi teşvikleri ve indirimlerin bu süreçte önemli role sahip olduğu bildirilmektedir.

Tasarruflu ekipman kullanımı, şehir hastanelerindeki maliyet sürecini etkileyen bir diğer önemli etkidir (Hu vd. 2004). Sunulan sağlık hizmetinin sürdürülebilir olması hayatidir. Tıbbi cihaz ve ekipmanlar ise bu hizmetlerin sunumunda önemli rol oynar. Dolayısıyla, enerji tüketiminin tıbbi cihaz ve ekipmanlar ile bağlantılı olduğu söylenebilir (Saidur vd. 2010). Bu nedenle, kullanılan cihazların tasarruf özelliğe sahip olması önemlidir. Ayrıca, ani kesinti anlarında tıbbi cihazlarda yaşanabilecek hasarların en aza indirilmesi açısından da önemlidir. Bunun dışında, hastane içerisindeki aydınlatma ekipmanlarının tasarruflu seçilmesi enerji verimliliği pozitif katkı sağlar (Aunión-Villa vd. 2021). Caiado vd. (2027), elektrik enerjisi şirketlerinde sürdürülebilirlik analizi gerçekleştirmiştir. Sürdürülebilirlik açısından tasarruflu ekipman kullanımının önemi vurgulanmaktadır. Rana vd. (2022), yenilenebilir enerji yatırımlarına özel sektör yatırımcılarını teşvik etmek amacıyla bir çalışma yürütmüştür. Bu çalışmada, yüksek verimli ekipman kullanımının yatırım kararları üzerinde etkili olduğu ileri sürülmektedir.

Bir diğer önemli faktör yenilenebilir enerji kullanımının artırılmasıdır (Vaziri vd. 2020). Yenilenebilir enerji projelerinin ilk yatırım maliyetleri yüksek olsa da uzun vadede enerji bağımsızlığının kazanılması açısından önemlidir. Enerji bağımsızlığının kazanılması, hastanelerin bilançolarına pozitif yansır (Dangond vd. 2020). Finansal açıdan sağlanacak bu katkı ile hizmet kalitesinin artırılması, hasta memnuniyetinin artması ve daha fazla araştırma ve geliştirme faaliyetinin yürütülmesi mümkün olur. Ayrıca, kullanılacak yenilenebilir enerji türü de bu noktada önem taşır. Şehir hastanelerinin bulunduğu lokasyon, iklim koşullar gibi koşullar hangi enerji türünden daha fazla verim alınabileceği ile doğrudan ilişkilidir (Vourdoubas, 2021). Mazzeo vd. (2023), sağlık hizmetlerindeki yenilenebilir enerji kullanımının zorluklarını incelemiştir. Hastanelerin yenilenebilir enerji benimsemesinin güvenilir ve düşük karbon emisyonu sağlayacağını savunmaktadır. Apergis vd. (2022), yenilenebilir enerji tüketimi ile sağlık harcamalarının karbon emisyon üretimi üzerindeki etkisini incelemiştir. Sahra altı ülkeler için yapılan çalışmanın sonuçları, sağlık ve yenilenebilir enerji alanlarına yatırım yapmanın faydalı olacağını göstermektedir.

Binanın yalıtım durumu, hastanelerdeki enerji tüketimini etkileyen önemli faktörlerden bir diğeridir (Schoenmakers, 2016). Sağlık hizmetlerinin sürdürülebilirliği ve kalitesi için önemli olan sıcaklık ve nem oranı takibi birçok alanda yapılmaktadır. Sıcaklık ve nem oranları Sağlık Bakanlığı tarafından sağlıkta kalite standartlarında açık bir şekilde belirtilmiştir. Bunun dışında, ilaçların muhafaza edilmesi ve steril malzemelerin uygun koşullarda saklanması gibi birçok faaliyette takip edilmesi gereken durum mevcuttur. Ayrıca, binaların kış aylarında ısıtılması ve yaz aylarında soğutulması için yüksek miktarda enerji tüketilmektedir. Şehir hastaneleri gibi devasa büyüklükteki yapılarda bu tüketim daha yüksek miktarlarda olabilmektedir (As ve Bilir, 2023). Almarzooq vd. (2022), hastanelerdeki enerji maliyetlerinde havalandırma sistemlerinin önemli bir yeri olduğunu belirtmektedir. Ayrıca bakımlarının düzenli olarak yapılmasının gerekliliğinden bahsetmektedir. Munsamy ve Telukdarie (2020), yalıtım yapılan hastanelerin yalıtım yapılmayanlara göre enerji tasarrufunda daha başarılı olduğunu savunmaktadır.

Sağlık çalışanlarının ve hastaların enerji verimliliğine dair bilinç düzeyi, şehir hastanelerindeki enerji maliyetlerini etkileyen bir diğer önemli etmen olarak dikkat çekmektedir (Rad vd., 2021). Sağlık çalışanları ve hastalar hastanelerdeki enerji tüketiminin önemli paydaşlarındandır. Hastanelerdeki günlük işleyişin büyük çoğunluğu tüketicilerin enerji verimliliği konusunda davranışlarıyla ilişkilidir. Bunun dışında, hastaların konfor talepleri de enerji tüketimini doğrudan etkilemektedir (Tonn vd., 2018). Dolayısıyla, tüketici konumundaki hastaların ve sağlık çalışanlarının enerji verimliliği konusundaki bilinçlenmesi enerji tüketimini etkilemektedir. Bakaimis ve Papanikolaou (2017), hastanelerdeki enerji tüketiminin boyutunu ortaya koymak amacıyla yürüttükleri çalışmada, çalışan/hasta bilincinin enerji tüketim boyutunu etkilediği sonucuna ulaşmıştır. Rastegarpour vd., (2018), sağlık ile ilgili binalarda enerji tasarrufu sağlanabilmesi için tüketici bilinç düzeyinin artırılması gerektiğini savunmaktadır. Hwang (2019), hastanelerdeki enerji tüketiminin hasta sayısı ile doğrudan ilişkili olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Yapılan literatür taraması neticesinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

- i. Hastane grupları arasında şehir hastaneleri sağlık hizmetlerinin sürdürülebilirliği açısından Türkiye için önemli bir yer tutmaktadır.
- ii. Sürdürülebilirliğin sağlanmasını etkileyen bir diğer önemli faktör maliyetlerin etkin yönetilebilmesidir. Şehir hastanelerinde maliyetlere etki eden önemli faktörlerden biri enerji tüketimidir.
- iii. Dolayısıyla, şehir hastanelerinde enerji tüketiminde verimliliği sağlamak önemlidir. Ancak, hastanelerde enerji maliyetlerine etki eden birçok faktör bulunmaktadır.
- iv. Bu faktörlerin tamamına aynı anda müdahale etmek mümkün değildir. Bu durum için çok fazla para, zaman ve iş gücüne ihtiyaç duyulmaktadır.
- v. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, yapılan çalışmaların çoğunlukla konunun önemine vurgu yapan yönde olduğu görülmektedir.
- vi. Bu kapsamda, çalışmanın amacı şehir hastanelerindeki enerji maliyetlerini azaltmaya yönelik öncelikli stratejilerin belirlenmesidir.
- vii. Öncelik belirlemek için çok kriterli karar verme tekniklerinden p,q-SFS-AHP yöntemi kullanılacaktır. Ayrıca, belirsizliğin en aza indirilmesi için analiz bulanık sayılar ile gerçekleştirilecektir. Literatürdeki çalışmalar çoğunlukla konunun önemini vurguladığından dolayı önceliklendirme çalışması önemli bir boşluktur. Şehir hastanelerindeki enerji maliyetlerini yönetmeye yönelik olarak yapılan önceliklendirme analizi kaynakların etkin kullanılarak verimliliği sağlama konusunda literatüre önemli katkı sağlayacaktır. Literatür taraması neticesinde belirlenen kriter seti Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Şehir Hastanelerinde Enerji Maliyetlerini Etkileyen Faktörler

Kriter Listesi	Destekleyen Literatür
Kurumun dışarıdan borçlanarak-ortak bularak finans sağlaması ile enerji maliyetlerini karşılaması (KDB)	Wang vd. (2022), Delmas ve Aragon-Correa (2016)
Devlet teşvikleri ile enerji maliyetinin düşürülmesi (DTEM)	Zhang vd. (2021), Megura ve Gunderson (2022)
Hasta/hasta yakınlarına enerji tasarrufuna yönelik bilgilendirici doküman dağıtılması (HTETD)	Chatzitheodorou vd. (2021), Lundie vd. (2019)
Personle enerji tasarrufuna yönelik eğitimlerin verilmesi (PETE)	Hoppmann vd. (2018), Wang vd. (2022)
Enerji tasarrufu yüksek ekipman kullanılması (ETYE)	Lloret vd. (2019), Busch (2020)
Yenilenebilir enerji alternatifleri ile enerji bağımlılığının azaltılması (YEAB)	Silvestre ve Fonseca (2020), Kumar vd. (2021)
Binaya yalıtım yapılarak fazla enerji tüketiminin önüne geçilmesi (BYFE)	Mohammadi vd. (2018), Kumar vd. (2022)
Etkin denetim mekanizmasının oluşturulması ile gereğinden fazla enerji tüketiminin önüne geçilmesi (EDMO)	Sueyoshi ve Gato (2019), Gabrielli vd. (2022)

Tablo 1’e göre faktörler belirlenirken literatür taramasının dışında hastanelerin teknik hizmetler alanında tecrübeli ve yöneticilik yapan uzmanlardan da görüş alınmıştır. Bu kapsamda şehir hastanelerinde enerji maliyetlerine etki eden 8 faktör belirlenmiştir. Şehir hastaneleri oldukça büyük yapılar olmaları sebebiyle enerji tüketimini de yüksek boyutlara ulaşabilmektedir. Yüksek enerji tüketimini yönetmek amacıyla denetim mekanizması kurulması gereksiz kullanımı azaltabilir. Benzer şekilde, şehir hastanelerinin kuruldukları lokasyon ve büyük yapıları gereği binaları ısıtmak ya da soğutmak çoğu zaman zor olabilmektedir. Bu durum gereksiz enerji tüketimine sebebiyet vermektedir. Bu yapılara yalıtım yapılarak fazla enerji tüketiminin önüne geçmek

mümkün olabilir. Bunun dışında, şehir hastanelerinin kendi enerjilerini üretmeleri enerji maliyetlerini yönetmek adına önemli bir araç olabilir. Hastane çatılarına kurulacak güneş panelleri ya da rüzgâr türbinleri ile şehir hastanelerinin enerji bağımsızlıklarını elde etmeleri mümkün olabilir.

Sağlık hizmeti sunmak için hastanelerde birçok araç-gereç kullanılabilmektedir. Aydınlatma, hizmet sunumunda kullanılan teknolojik cihazlar, ısıtma ve soğutma gibi hastanenin günlük işleyişinde ihtiyaç duyulanların A+ özellik taşıması ve tasarruflu olması enerji tüketimi noktasında belirleyici olabilmektedir. Ayrıca, bahsi geçen araç-gereçlerin kullanımı çoğunlukla sağlık personelleri ve hastalar tarafından yapılmaktadır. Dolayısıyla, sağlık personellerinin ve hastaların enerji tasarrufu konusundaki bilinç düzeyi enerji verimliliğini etkilemektedir. Şehir hastanelerinin enerji maliyetlerini karşılama konusunda arayış içerisinde olabilmektedir. Bu noktada, borçlanma araçlarının kullanılması bir seçenektir. Bir diğer seçenek ise vergi indirimi gibi teşvikler ile devlet tarafından desteklenmektedir. Bu sayede, şehir hastanelerinin enerji maliyetlerini yönetmesi daha kolay olacaktır.

Yöntem

Bu çalışmanın analiz sürecinde p,q-SFS-AHP yönteminden yararlanılacaktır. Analiz sürecindeki belirsizliğin en aza indirilmesi için p,q-Spherical Fuzzy Sets kullanılacaktır. Farklı p ve q değerleri ile karşılaştırma sağlama ve bu değerlerin artırılması ile daha geniş değerlendirilme imkânının sağlama yöntemin avantajları arasındadır. Ayrıca, p ve q değerlerinin artırılması ile belirsizlik artışı durumu için kriter değişimi incelenmesine olanak sağlamaktadır. Bu yöntemin uygulanabilmesi için öncelikle kriter setinin belirlenmesi gerekmektedir. Literatür taraması neticesinde elde edilen ve Tablo 1’de verilen kriterler analiz sürecinde kullanılmıştır. Ayrıca, görüşüne başvurulmuş uzmanlara ait bilgiler de aşağıda sunulmuştur.

Uzman Bilgileri

Uzmanlar karar verme yetkisine sahip kişilerden oluşmaktadır. Ayrıca sağlık yönetimi ve hastaneler hakkında bilgi sahibi olması beklenen uzmanlar en az 15 yıl tecrübeye sahiptir. Toplam 5 uzmandan biri lisans, üçü yüksek lisans ve biri doktora mezunudur. Uzmanlar sırasıyla 16, 18, 21, 22 ve 25 yıl tecrübeye sahiptir.

p,q-Spherical Bulanık Kümeler

U, söylem evrenin boş olmayan bir küme olsun. Bir p,q-Spherical bulanık küme

$$\tilde{F} = \{ \langle x, (\mu_{\tilde{F}}(x), \nu_{\tilde{F}}(x), \pi_{\tilde{F}}(x)) | x \in U \}$$

Olarak tanımlanır. Buradaki fonksiyonlar;

$$\mu_{\tilde{F}}(x): U \rightarrow [0,1],$$

$$\nu_{\tilde{F}}(x): U \rightarrow [0,1],$$

$\pi_{\tilde{F}}(x): U \rightarrow [0,1]$ tanımlıdır. Ayrıca, kümenin elemanı olma koşulu $0 \leq (\mu_{\tilde{F}}(x))^p + (\nu_{\tilde{F}}(x))^r + (\pi_{\tilde{F}}(x))^q \leq 1$ ’dir (Rahim vd., 2024).

Tanım 1: Bir p,q- spherical bulanık kümede olumsuzlama derecesi,

$$h(x) = \sqrt{1 - ((\mu_{\tilde{F}}(x))^p + (\nu_{\tilde{F}}(x))^r + (\pi_{\tilde{F}}(x))^q)}$$

şeklinde tanımlanır.

Not: p ve q herhangi bir pozitif tam sayı olsun. O halde r, p ve q’nun en küçük ortak katıdır.

$$r = OKEK(p, q)$$

Tanım 2:

$\tilde{F}_1 = (\mu_1, \nu_1, \pi_1)$ ve $\tilde{F}_2 = (\mu_2, \nu_2, \pi_2)$, iki p,q-SF sayısı olsun. O halde,

- i. $\tilde{F}_1 + \tilde{F}_2 = \left(\sqrt[p]{\mu_1^p + \mu_2^p - \mu_1^p \mu_2^p}, \nu_1 \nu_2, \pi_1 \pi_2 \right)$
- ii. $\tilde{F}_1 * \tilde{F}_2 = (\mu_1 \mu_2, \sqrt[r]{\nu_1^r + \nu_2^r - \nu_1^r \nu_2^r}, \pi_1 \pi_2)$
- iii. $\lambda \tilde{F}_1 = \left(\sqrt[p]{1 - (1 - \mu_1^p)^\lambda}, \nu_1^\lambda, \pi_1^\lambda \right)$

$$\text{iv. } \tilde{F}_1^\lambda = \left(\mu_1^\lambda, \sqrt[r]{1 - (1 - v_1^r)^\lambda}, \sqrt[q]{1 - (1 - \pi_1^q)^\lambda} \right)$$

işlemleri tanımlanır.

Tanım 3:

$\tilde{F} = (\mu, v, \pi)$, bir p,q-SF sayısı olsun. O halde $\tilde{F}$ 'nin skor fonksiyonu şu şekilde tanımlanır.

$$S(\tilde{F}) = \frac{1 + \mu^p - v^r - \pi^q}{2}$$

Tanım 4:

$\tilde{F} = (\mu, v, \pi)$, bir p,q-SF sayısı olsun. O halde $\tilde{F}$ 'nin doğruluk fonksiyonu şu şekilde tanımlanır.

$$A(\tilde{F}) = \mu^p + v^r + \pi^q$$

Tanım 5:

$\tilde{F}_i$ ile sembolize edilen p,q-SF sayılarının dizisi varsayalım. O halde, bu sayıların ağırlıklandırılmış ortalaması şu şekilde tanımlanır.

$$p, q - SFWA(\tilde{F}_1, \tilde{F}_2, \dots, \tilde{F}_n) = \left(\sqrt[p]{1 - \left(1 - \prod_{i=1}^n \mu_i^p\right)^{w_i}}, \prod_{i=1}^n v_i^{w_i}, \prod_{i=1}^n \pi_i^{w_i} \right)$$

Benzer şekilde ağırlıklandırılmış geometrik ortalaması aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$p, q - SFWG(\tilde{F}_1, \tilde{F}_2, \dots, \tilde{F}_n) = \left(\prod_{i=1}^n \mu_i^{w_i}, \sqrt[r]{1 - \left(1 - \prod_{i=1}^n v_i^r\right)^{w_i}}, \sqrt[q]{1 - \left(1 - \prod_{i=1}^n \pi_i^q\right)^{w_i}} \right)$$

Burada $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ olarak kabul edilir.

p,q-SFS-AHP

AHP, hiyerarşik problemin ele alındığı çok kriterli karar verme tekniğidir. Kriter ağırlıklarını hesaplamak için kullanılan AHP'de tutarlılık indeksi incelenerek hesaplamaların kontrol edildiği bir yapı mevcuttur (Tepe ve Eti, 2022).

Tablo 2'de, p,q-SF sayıları ile AHP modelinin uygulaması verilmiştir.

Tablo 2. Sözde Kod

Girdi: Değerlendirme Matrisi $E = [e_{ij}]_{n \times n}$; n: Kriterlerin sayısı	
Çıktı: Kriter Öncelikleri P_i	
Başla	
(1) Değerlendirmeleri Topla	
(2) p,q-SF sayılarına çevir ve uzman değerlendirme matrislerini inşa et	
(3) Değerlendirmelerin geometrik ortalamasını hesapla	
(4) Satırların aritmetik ortalamasını hesapla	
(5) Skor fonksiyonu ile değerleri durağanlaştır	
(6) CR değerini hesapla	
	$CR \leftarrow \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} / RI$
(7) Eğer CR değeri 0.1'den küçüktür O Halde 8.adıma git, değilse 1.adıma dön	
(8) Genel öncelikleri hesapla	
	$P \leftarrow W^{t^{th} level} \times W^{(t+1)^{th} level}$
Son	

Bulgular

Analizin gerçekleştirilmesi için alanında uzman, şehir hastaneleri konusunda tecrübeli kişilere başvurulmuştur. Şehir hastanelerindeki enerji maliyetlerini etkileyen faktörlere yönelik verilerin değerlendirmesinde faydalanan dilsel terimler Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Dilsel Terimler

	m	v	π
AMI	0.9	0.1	0
VHI	0.8	0.2	0.1
HI	0.7	0.3	0.2
SMI	0.6	0.4	0.3
EI	0.5	0.5	0.4
SLI	0.4	0.6	0.3
LI	0.3	0.7	0.2
VLI	0.2	0.8	0.1
ALI	0.1	0.9	0

Uzman görüşleri Tablo 3'teki dilsel ifadeler çerçevesinde değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda elde edilen dilsel değerler analize hazır hale getirilmiştir. İlgili değerler Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Uzman Görüşleri

DM1	BYFE	YEAB	PETE	EDMO	KDB	ETYE	DTEM	HTETD
BYFE	EI	AMI	AMI	VHI	AMI	AMI	VHI	AMI
YEAB	ALI	EI	VHI	VHI	AMI	VHI	VHI	AMI
PETE	ALI	VLI	EI	SLI	AMI	SLI	AMI	AMI
EDMO	VLI	VLI	SMI	EI	AMI	AMI	AMI	AMI
KDB	ALI	ALI	ALI	ALI	EI	SLI	SLI	SLI
ETYE	ALI	VLI	SMI	ALI	SMI	EI	AMI	AMI
DTEM	VLI	VLI	ALI	ALI	SMI	ALI	EI	AMI
HTETD	ALI	ALI	ALI	ALI	SMI	ALI	ALI	EI
DM2	BYFE	YEAB	PETE	EDMO	KDB	ETYE	DTEM	HTETD
BYFE	EI	AMI	AMI	VHI	AMI	AMI	VHI	AMI
YEAB	ALI	EI	VHI	VHI	AMI	VHI	VHI	AMI
PETE	ALI	VLI	EI	SLI	AMI	SLI	AMI	AMI
EDMO	VLI	VLI	SMI	EI	AMI	EI	AMI	AMI
KDB	ALI	ALI	ALI	ALI	EI	SLI	SLI	SLI
ETYE	ALI	VLI	SMI	EI	SMI	EI	AMI	AMI
DTEM	VLI	VLI	ALI	ALI	SMI	ALI	EI	AMI
HTETD	ALI	ALI	ALI	ALI	SMI	ALI	ALI	EI
DM3	BYFE	YEAB	PETE	EDMO	KDB	ETYE	DTEM	HTETD
BYFE	EI	AMI	AMI	VHI	AMI	AMI	VHI	AMI
YEAB	ALI	EI	VHI	VHI	AMI	VHI	VHI	AMI
PETE	ALI	VLI	EI	SLI	AMI	EI	SLI	AMI
EDMO	VLI	VLI	SMI	EI	AMI	EI	AMI	AMI
KDB	ALI	ALI	ALI	ALI	EI	ALI	EI	EI

ETYE	ALI	VLI	EI	EI	AMI	EI	SLI	AMI
DTEM	VLI	VLI	SMI	ALI	EI	SMI	EI	SLI
HTETD	ALI	ALI	ALI	ALI	EI	ALI	SMI	EI
DM4	BYFE	YEAB	PETE	EDMO	KDB	ETYE	DTEM	HTETD
BYFE	EI	AMI	AMI	VHI	AMI	AMI	VHI	AMI
YEAB	ALI	EI	VHI	VHI	AMI	VHI	VHI	AMI
PETE	ALI	VLI	EI	SLI	AMI	EI	SLI	AMI
EDMO	VLI	VLI	SMI	EI	AMI	AMI	AMI	AMI
KDB	ALI	ALI	ALI	ALI	EI	EI	AMI	SLI
ETYE	ALI	VLI	EI	ALI	EI	EI	AMI	AMI
DTEM	VLI	VLI	SMI	ALI	ALI	ALI	EI	AMI
HTETD	ALI	ALI	ALI	ALI	SMI	ALI	ALI	EI
DM5	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
BYFE	EI	AMI	AMI	VHI	AMI	AMI	VHI	AMI
YEAB	ALI	EI	VHI	VHI	AMI	VHI	VHI	AMI
PETE	ALI	VLI	EI	SLI	AMI	VHI	SLI	AMI
EDMO	VLI	VLI	SMI	EI	AMI	VHI	SLI	SLI
KDB	ALI	ALI	ALI	ALI	EI	AMI	AMI	AMI
ETYE	ALI	VLI	VLI	VLI	ALI	EI	EI	EI
DTEM	VLI	VLI	SMI	SMI	ALI	EI	EI	AMI
HTETD	ALI	ALI	ALI	SMI	ALI	EI	ALI	EI

Şehir hastanelerindeki enerji maliyetlerini yönetmeye yönelik yapılan analize yönelik belirlenen uzmanlar, şehir hastanelerinin kuruluşu ve işletimi sürecinde görevli kişilerden oluşmaktadır. Bu alanda görev alan tecrübeli 5 uzmandan görüş alınmıştır. Bu uzmanlar, hastane yönetimi konusunda uzman, şehir hastaneleri özelinde tecrübe sahibi, gerekli bilgi birikimi ve eğitimi olan yöneticiler arasından seçilmiştir. Uzman görüşlerinin dilsel ifadelere çevrilmesini takip eden analiz sürecinde p ve q'nun 3 olması durumu için bulanık karar matrisi oluşturulmuştur. Analizin sonraki aşamasını oluşturan bulanık karar matrisi Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Bulanık Karar Matrisi

	BYFE			YEAB			PETE			EDMO			KDB			ETYE			DTEM			HTETD		
BYFE	0.50	0.50	0.40	0.90	0.10	0.00	0.90	0.10	0.00	0.80	0.20	0.10	0.90	0.10	0.00	0.90	0.10	0.00	0.80	0.20	0.10	0.90	0.10	0.00
YEAB	0.10	0.90	0.00	0.50	0.50	0.40	0.80	0.20	0.10	0.80	0.20	0.10	0.90	0.10	0.00	0.80	0.20	0.10	0.80	0.20	0.10	0.90	0.10	0.00
PETE	0.10	0.90	0.00	0.20	0.80	0.10	0.50	0.50	0.40	0.40	0.60	0.30	0.90	0.10	0.00	0.50	0.52	0.33	0.55	0.51	0.25	0.90	0.10	0.00
EDMO	0.20	0.80	0.10	0.20	0.80	0.10	0.60	0.40	0.30	0.50	0.50	0.40	0.90	0.10	0.00	0.69	0.37	0.29	0.76	0.36	0.17	0.76	0.36	0.17
KDB	0.10	0.90	0.00	0.10	0.90	0.00	0.10	0.90	0.00	0.10	0.90	0.00	0.50	0.50	0.40	0.37	0.68	0.28	0.57	0.48	0.28	0.49	0.54	0.30
ETYE	0.10	0.90	0.00	0.20	0.80	0.10	0.44	0.58	0.33	0.21	0.80	0.29	0.43	0.64	0.288	0.500	0.50	0.40	0.68	0.41	0.26	0.80	0.30	0.23
DTEM	0.20	0.80	0.10	0.20	0.80	0.10	0.29	0.75	0.25	0.14	0.86	0.17	0.28	0.75	0.28	0.19	0.82	0.26	0.50	0.50	0.40	0.76	0.36	0.17
HTETD	0.10	0.90	0.00	0.10	0.90	0.00	0.10	0.90	0.00	0.14	0.86	0.17	0.40	0.65	0.30	0.13	0.87	0.23	0.14	0.86	0.17	0.50	0.50	0.40

Bulanık karar matrisindeki değerler gerekli işlemlerden geçirildikten sonra bulanık ağırlıklar elde edilmektedir. Buna göre analiz sürecinde elde edilen bulanık ağırlıklar Tablo 6'te sunulmuştur.

Tablo 6. Bulanık Ağırlıklar

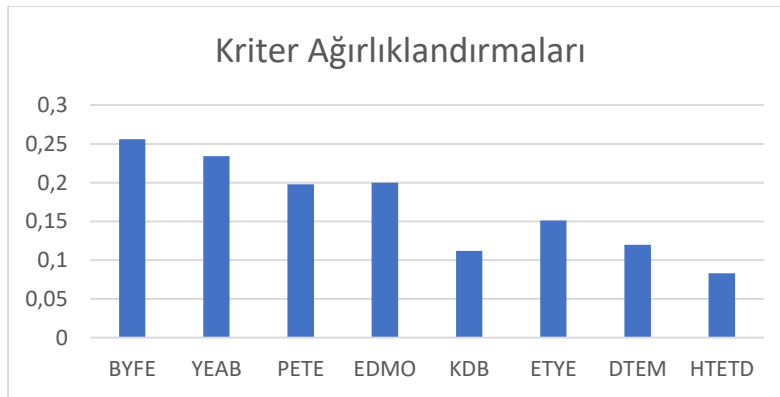
BYFE	0.8602	0.1454	0.0000
YEAB	0.7960	0.2276	0.0000
PETE	0.6873	0.3938	0.0000
EDMO	0.6964	0.3989	0.0000
KDB	0.4009	0.7027	0.0000
ETYE	0.5472	0.5849	0.0000
DTEM	0.4571	0.6837	0.1983
HTETD	0.2975	0.7927	0.0000

Hesaplanan bulanık ağırlıkların durulaştırma işleminden geçirilmesi gerekir. Durulaştırma işlemi defuzziefied işlemi olarak da adlandırılmaktadır. Durulaştırılmış ağırlıklandırmalar süreci etkileyen en önemli kriterin hangisi olduğunun anlaşılmasına katkı sağlar. Ayrıca, tüm kriterlerin ilgili süreç için önem sırası ortaya konulabilmektedir. Elde edilen defuzziefied matrisi Tablo 7’de sunulmuştur.

Tablo 7. Defuzziefied Matris

BYFE	0.256
YEAB	0.234
PETE	0.198
EDMO	0.200
KDB	0.112
ETYE	0.151
DTEM	0.120
HTETD	0.083

Tablo 7’ye göre şehir hastaneleri özelinde gerçekleştirilen analize göre, enerji maliyetlerine en çok etki eden kriterin yalıtım olduğu görülmektedir. En çok etki eden ikinci kriter ise yenilenebilir enerji kullanımı olduğu söylenebilir. Bu iki kriterden sonra süreci en fazla etkileyen kriterler, personele enerji tasarrufuna yönelik eğitimlerin verilmesi ve etkin denetim mekanizmasının oluşturulması ile gereğinden fazla enerji tüketiminin önüne geçilmesi olarak hesaplanmıştır. Süreci en az etkileyen kriter ise hasta/hasta yakınlarına yönelik bilgilendirici faaliyetlerin yürütülmesidir. Şehir hastaneleri için bu faktörden sonra en az etkileyen kriterler, devlet teşvikleri ile enerji maliyetinin düşürülmesi ve kurumun dışarıdan borçlanarak-ortak bularak finans sağlaması ile enerji maliyetlerini karşılaması olduğu görülmektedir. Ayrıca, CR değeri 0.03 olarak hesaplanmıştır. CR değerinin birden küçük olması, analiz sonuçlarının güvenilir olduğunu göstermektedir (Hamidah vd., 2022). Ağırlıklandırma sonuçları Grafik 1’de ayrıca sunulmuştur

**Grafik 1.** Kriter Ağırlıklandırmaları

Sonuçların tutarlılığını sağlamak amacıyla p ve q nun diğer değerleri ile yöntemi tekrarlanır ve sonuçlar karşılaştırılır. Sonuçlar Tablo 8’de sunulmuştur.

Tablo 8: Karşılaştırma Analizi

Kriter	2-2 SFS AHP	3-3 SFS AHP	3-2 SFS AHP	2-3 SFS AHP	4-4 SFS AHP
BYFE	1	1	1	1	1
YEAB	2	2	2	2	2
PETE	4	4	4	4	4
EDMO	3	3	3	3	3
KDB	7	7	7	7	7
ETYE	5	5	5	5	5
DTEM	6	6	6	6	6
HTETD	8	8	8	8	8

Tekrar analizleri ile sonuçların tutarlılığını test etmek amacıyla analiz gerçekleştirilmiştir. Bu sayede sonuçların güvenilirliği de ispatlanmıştır.

Tartışma

Yapılan p,q-SFS-AHP analizi, şehir hastanelerinde enerji maliyetlerini etkileyen en önemli hususun “Binaya yalıtım yapılarak fazla enerji tüketiminin önüne geçilmesi” olduğu görülmektedir. Şehir hastaneleri oldukça büyük yapılardır. Bu nedenle büyük binaların yazın soğutulması ve kışın ısıtılması oldukça yüksek miktarda enerji tüketilmesine neden olabilmektedir. Bunun dışında, Sağlık Bakanlığı tarafından takip edilen ve uygulanması istenen sıcaklık uygulamaları bulunmaktadır. Bu şartın sağlanabilmesi için harcanan enerji yadsınamaz miktardadır. Gaspari vd. (2019) ve Fyfe vd. (2020) yalıtıma sahip olan hastanelerin yalıtım yapılmayanlara nazaran enerji tasarrufu sağlama konusunda daha iyi konumda olduğunu vurgulamaktadır. Biglia vd. (2017), ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin performansının enerji verimliliğini etkilediğini belirtmektedir. Kim (2017), havalandırma sistemlerinde kullanılan enerji tasarrufu teknolojilerinin enerji maliyetlerinde %14’lük bir pozitif katkı sağladığını savunmaktadır. Chiang vd. (2017), enerji maliyetlerinde ısıtmanın önemli bir yere sahip olduğunu belirtmektedir. Beypazarlı vd. (2016), negatif plenyum teknolojisinin kullanımı ile iklimlendirme sistemlerinde %34 oranında enerji verimliliği sağlandığını ifade etmektedir.

Analiz sonuçları, şehir hastanelerindeki enerji maliyetlerini etkileyen diğer önemli faktörün “Yenilenebilir enerji alternatifleri ile enerji bağımlılığının azaltılması” olduğunu göstermektedir. Enerji, Türkiye’nin ekonomik açıdan dışa bağımlılığına neden olan önemli bir faktördür. Bunun yanında, hastanelerin binalar kategorisinde en fazla enerji tüketen gruplardan biri olduğu savunulmaktadır (Gökalp ve Eti, 2025). Dolayısıyla, hastanelerin kendi enerjilerini üretebilir bir konuma gelmeleri maliyet yönetimi açısından önemlidir. Ayrıca, yenilenebilir enerji kullanımı çevre sağlığını da destekleyen özelliğinden dolayı toplum sağlığına da katkı sağlar. Aelenei ve Gonçalves (2017) ve Ahmad ve Alam (2017), yenilenebilir enerji kullanımının hastanelerdeki enerji tüketimin kullanımını etkilediğini savunmaktadır. Sala ve Nelli (2017) ve Yu vd. (2020), hastanelerde kullanılan enerjinin güneş enerjisi ile üretilebileceğini ve bu durumun maliyetleri düşürebileceğini ifade etmektedir. Jahangir vd. (2021), hastanelerde yenilenebilir enerji kullanımının uzun vadede maliyetleri düşürdüğünü belirtmektedir. Takgil ve Kara (2020), hastanelerde pnömatik sistemlerin kullanılmasının odalar ile laboratuvar arasında zaman ve enerji açısından verimlilik sağlanacağını savunmaktadır.

Etkin denetim mekanizmasının oluşturulması faktörü, şehir hastanelerindeki enerji maliyetlerini yönetmeyi etkileyen en önemli üçüncü faktör olarak dikkat çekmektedir. Hastanelerdeki enerji tüketimi izlenerek hangi alanlarda verimsizlik yaşandığını tespit etmek denetim mekanizmasının oluşturulması ile mümkün olur. Ayrıca, enerji verimliliğine yönelik performans göstergelerinin tanımlanması ve takip edilmesini mümkün kılar. Dolayısıyla denetim mekanizmalarının enerji verimliliği sağlama konusunda güçlü bir araç olduğu söylenebilir. Dangond vd., (2020), hastanelerde enerji verimliliğini sağlamanın önemli araçlarından birinin denetim olduğunu

belirtmektedirler. García-Sanz-Calcedo vd. (2018), hastanelerdeki enerji maliyetlerinin yatak sayısı, çalışan sayısı, binanın büyüklüğünün yanında denetim mekanizmasının olmayışının da etkilediğini belirtmektedir. Ji ve Qu (2022), klima sistemlerinin iyileştirilmesi ve denetlenmesi ile enerji tasarrufu konusunda hedeflere ulaşılabilirliğini belirtmektedir. Yılmazoğlu (2022), enerji yöneticisi görevlendirilen hastanelerin en az %15 enerji tasarrufu sağladığı sonucuna ulaşmıştır.

Sonuç ve Öneriler

Şehir hastanelerinde enerji bağımlılığının azaltılması için yenilenebilir enerji alternatiflerine yönelmek gerekmektedir. Buna bağlı olarak, yenilenebilir enerji kullanımını artırmaya yönelik teşviklerin artırılması ve bürokratik süreçlerin kolaylaştırılması yerinde olacaktır. Devlet tarafından sağlanan finansal teşviklerin enerji verimliliği odaklı yürütülmesi faydalı olabilir. Sağlık Bakanlığı bütçelerinde enerji verimliliği projelerine özgü fon ayrılması istenen sonuçların elde edilmesi açısından önemlidir. Şehir hastanesinin hizmet sunduğu coğrafyanın özelliklerine göre güneş ya da rüzgâr enerjisine yönelik teşvikler sunulabilir. Ek olarak, personellerin bilinç düzeyini artırmak için enerji tasarrufu sağlamaya yönelik eğitimlerin düzenlenmesi ideal bir yaklaşım olacaktır. Yeni başlayan personellerin oryantasyon eğitimlerinde enerji verimliliğine yönelik eğitimlerin yer alması sağlanmalıdır. Mevcut personeller ise düzenli eğitimlere tabi tutularak enerji verimliliği konusundaki bilgileri sürekli taze tutulabilir. Hastane yönetimleri, iş sağlığı ve güvenliği birimlerinin bu eğitimleri takip etmesi atılacak adımları netleştirecektir.

Sağlık Bakanlığı tarafından belirlenen standartların sağlanabilmesi için gerekli soğutma-ısıtma işlemleri yapılmak zorundadır. Bu nedenle, şehir hastanelerindeki enerji tüketimi sürecinde verimliliğin sağlanması için yalıtım yapılması önemli bir gerekliliktir. Şehir hastaneleri özelinde, yalıtımın bir zorunluluk hâline getirilmesi gerekir. İnşaatına yeni başlanacak hastanelerde yalıtım yapılması mecburiyet haline getirmek önemli bir adım olabilir. Bunun dışında, hastane yöneticilerine enerji verimliliği puanı gibi performans göstergelerinin tanımlanması pozitif katkı sağlayabilir. Hastanelerin yenilenebilir enerjiye geçiş sürecinde teknik rehberlik sağlanması da bir gerekliliktir. Bu sayede enerji maliyetlerinin düşürülmesinin yanı sıra sürdürülebilir sağlık hizmetlerine de katkı sağlanmış olur.

Çalışmanın Sınırlılıkları

Bu çalışma, şehir hastanelerinin enerji verimliliğine yönelik önemli bulgular sunmasına karşın bazı kısıtları vardır. Önemli kısıtlardan biri çalışmada uzman görüşleri alınırken, şehir hastanelerinin toplam enerji tüketimi dikkate alınmıştır. Bu nedenle, gelecek çalışmaların poliklinik ya da birim bazlı gerçekleştirilmesi gerekir. Bir diğer önemli kısıt, analiz kamuya ait şehir hastanelerinde gerçekleştirilmiştir. Diğer çalışmaların özel dal hastaneleri, aile sağlığı merkezleri ya da üniversite hastaneleri gibi farklı kurumlarda gerçekleştirmek yerinde olacaktır. Ayrıca, yenilenebilir enerji kullanımının artırılması gerektiği çalışmanın sonuçlarından biri olarak bulunmuştur. Hangi yenilenebilir enerji türünün hastaneler için daha uygun olacağına yönelik çalışmaların yürütülmesi gerekebilir. Kullanılan yöntem p,q-SFS-AHP, literatürde bazı eleştiriler almaktadır. Bu eleştiriler, uzman görüşlerinin eşit alındığına yöneliktir. Dolayısıyla, uzman görüşlerini eğitim ve tecrübe gibi faktörlere göre ağırlıklandıran yapay zekâ tabanlı çok kriterli karar verme tekniklerinden faydalanılabilir.

Çıkar Çatışması Beyanı/ Declaration of Conflicting Interests

Yazar(lar), bu makalenin araştırma, yazarlık ve/veya yayın süreci ile ilgili herhangi bir potansiyel çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Mali Destek/ Funding

Yazar(lar) bu makalenin araştırılması, yazılması ve/veya yayınlanması için herhangi bir mali destek almamıştır.

Yayın Etiği Beyanı/ Statements of Publication Ethics

Çalışmada etik dışı bir husus bulunmadığını, araştırma ve yayın etiğine özenle uyulduğunu beyan ederim.

Yazar Katkı Oranı/ Researchers' Contribution Rate

Çalışma tek yazarlı olup, yazarın katkı oranı %100'dür.

Etik Kurul İzni/ Ethics Committee Approval Information

Bu çalışma, yalnızca ikincil veri ve ÇKKV yöntemleri kullanılarak gerçekleştirildiğinden etik kurul izni gerektirmemektedir.

Kaynakça

- Açıkgöz, O., & Biçer, D. F. (2022). Sağlık kuruluşlarının dijital pazarlama açısından incelenmesi: Şehir hastaneleri örneği. *Uluslararası Sağlık Yönetimi ve Stratejileri Araştırma Dergisi*, 8(2), 224–238.
- As, M., & Bilir, T. (2023). Enhancing energy efficiency and cost-effectiveness while reducing CO₂ emissions in a hospital building. *Journal of Building Engineering*, 78, 107792.
- Ascione, F., Bianco, N., De Stasio, C., Mauro, G. M., & Vanoli, G. P. (2016). Multi-stage and multi-objective optimization for energy retrofitting a developed hospital reference building: A new approach to assess cost-optimality. *Applied Energy*, 174, 37–68.
- Aunió-Villa, J., Gómez-Chaparro, M., & García-Sanz-Calcedo, J. (2021). Study of the energy intensity by built areas in a medium-sized Spanish hospital. *Energy efficiency*, 14(3), 26.
- Bakaimis, B., & Papanikolaou, I. (2017). Electrical energy saving policies, initiatives, results, challenges and lessons learned for the Grevena hospital. *Procedia Environmental Sciences*, 38, 882–889.
- Bey pazarlı, Ş., Ayar, H., & Aktaş, M. (tarih yok). İklimlendirme sistemlerinde enerji verimliliği ve konfor artışı için alternatif bir yöntemin analizi. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 5(2).
- Busch, T., Richert, M., Johnson, M., & Lundie, S. (2020). Climate inaction and managerial sensemaking: The case of renewable energy. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 27(6), 2502-2514.
- Caiado, R. G. G., Lima, G. B. A., Gavião, L. O., Quelhas, O. L. G., & Paschoalino, F. F. (2017). Sustainability analysis in electrical energy companies by similarity technique to ideal solution. *IEEE Latin America Transactions*, 15(4), 675-681.
- Chatzitheodorou, K., Tsalis, T. A., Tsagarakis, K. P., Evangelos, G., & Ioannis, N. (2021). A new practical methodology for the banking sector to assess corporate sustainability risks with an application in the energy sector. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 1473-1487.
- Çakmak, B., & Yol, Ş. (2019, October). Medical Device Energy Consumption Analysis. In 2019 Medical Technologies Congress (TIPTEKNO) (pp. 1-4). IEEE.
- Dangond, J. D. A., Pantoja, I. O., Soto, J. D., Solano, L. R., & López, L. (2020). A review of use of non-conventional renewable energies in healthcare facilities and hospitals. 2020 IEEE ANDESCON, 1-6.
- de Oliveira, K. B., dos Santos, E. F., Neto, A. F., de Mello Santos, V. H., & de Oliveira, O. J. (2021). Guidelines for efficient and sustainable energy management in hospital buildings. *Journal of Cleaner Production*, 329, 129644.
- Delmas, M. A., & Aragon-Correa, J. A. (2016). Field experiments in corporate sustainability research: Testing strategies for behavior change in markets and organizations. *Organization & Environment*, 29(4), 391-400.
- Eser, N. S. (2023). Yeşil Hastanelerin Maliyet Avantajı Bakımından Değerlendirilmesi. *Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi*, 18(2), 54-64.
- Fedai, R. (2020). Şehir Hastaneleri'nin Gelişimi Sürecinde Sağlık Bakanlığı'nın Yapısal ve İşlevsel Dönüşümü. *Journal of Management and Economics Research*, 18(4), 1-28.

- Gabrielli, P., Aboutaleb, R., & Sansavini, G. (2022). Mitigating financial risk of corporate power purchase agreements via portfolio optimization. *Energy Economics*, 109, 105980.
- García-Sanz-Calcedo, J., Al-Kassir, A., & Yusaf, T. (2018). Economic and environmental impact of energy saving in healthcare buildings. *Applied Sciences*, 8(3), 440.
- Gökalp, Y., & Eti, S. (2025). Priority strategy development with intuitionistic fuzzy DEMATEL method for reducing energy costs in hospitals. *Journal of Soft Computing and Decision Analytics*, 3(1), 26-32.
- Hamidah, M., Hasmadi, I. M., Chua, L. S. L., Yong, W. S. Y., Lau, K. H., Faridah-Hanum, I., & Pakhriazad, H. Z. (2022). Development of a protocol for Malaysian important plant areas criterion weights using multi-criteria decision making-analytical hierarchy process (MCDM-AHP). *Global Ecology and Conservation*, 34, e02033.
- Hoppmann, J., Sakhel, A., & Richert, M. (2018). With a little help from a stranger: The impact of external change agents on corporate sustainability investments. *Business Strategy and the Environment*, 27(7), 1052-1066.
- Hu, S. C., Chen, J. D., & Chuah, Y. K. (2004). Energy cost and consumption in a large acute hospital. *International Journal on Architectural Science*, 5(1), 11-19.
- Hwang, D. K., Cho, J., & Moon, J. (2019). Feasibility study on energy audit and data driven analysis procedure for building energy efficiency: bench-marking in Korean hospital buildings. *Energies*, 12(15), 3006.
- Ji, R., & Qu, S. (2019). Investigation and evaluation of energy consumption performance for hospital buildings in China. *Sustainability*, 11(6), 1724.
- Kantola, M., & Saari, A. (2013). Renewable vs. traditional energy management solutions—A Finnish hospital facility case. *Renewable energy*, 57, 539-545.
- Khahro, S. H., Kumar, D., Siddiqui, F. H., Ali, T. H., Raza, M. S., & Khoso, A. R. (2021). Optimizing energy use, cost and carbon emission through building information modelling and a sustainability approach: A case-study of a hospital building. *Sustainability*, 13(7), 3675.
- Kılıç, C. H., & Güdük, Ö. (2018). Yeşil hastane kavramı ve Türkiye'deki son kullanıcıların beklentileri üzerine bir hastane örneği. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 7(1), 164-174.
- Kıraç Ç., F. Ç., & Arifler, C. (2024). Sağlık Sistemlerinde Sürdürülebilirliğin Yeri ve Önemi. *Modern Sağlık Yönetiminde Temel Konular*, 9.
- Kumar, A., Gupta, J., & Das, N. (2022). Revisiting the influence of corporate sustainability practices on corporate financial performance: An evidence from the global energy sector. *Business Strategy and the Environment*, 31(7), 3231-3253.
- Kumar, K., Kumari, R., & Kumar, R. (2021). The state of corporate sustainability reporting in India: Evidence from environmentally sensitive industries. *Business and Society Review*, 126(4), 513-538.
- Lloret, A., Domenge, R., & Castro-Hernández, M. (2019). Regulatory limits to corporate sustainability: How climate change law and energy reforms in Mexico may impair sustainability practices in Mexican firms. *Systems*, 7(1), 3.
- Lundie, S., Wiedmann, T., Welzel, M., & Busch, T. (2019). Global supply chains hotspots of a wind energy company. *Journal of Cleaner Production*, 210, 1042-1050.
- Mazzeo, D., Baglivo, C., Panico, S., Manieri, M., Matera, N., & Congedo, P. M. (2023). Eco-Sustainable Energy Production in Healthcare: Trends and Challenges in Renewable Energy Systems. *Energies*, 16(21), 7285.
- Megura, M., & Gunderson, R. (2022). Better poison is the cure? Critically examining fossil fuel companies, climate change framing, and corporate sustainability reports. *Energy Research & Social Science*, 85, 102388.
- Mohammadi, M. A. D., Mardani, A., Ali Khan, M. N. A., & Streimikiene, D. (2018). Corporate sustainability disclosure and market valuation in a Middle Eastern Nation: Evidence from listed firms on the Tehran Stock Exchange: Sensitive industries versus non-sensitive industries. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 31(1), 1488-1511.

- Munsamy, M., & Telukdarie, A. (2020, December). Healthcare Energy Management: A Digital Approach. In 2020 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM) (pp. 1048-1052). IEEE.
- Qadir, S. A., Ahmad, F., Al-Motairi, H., bin Saleh Al-Sada, M., & Al-Fagih, L. (2024). Renewable energy incentives for project owners representing communities with heavily subsidised fossil fuel-based electricity. *Sustainable Cities and Society*, 101, 105152.
- Rad, M. A. V., Vaghar, M. P., Kouravand, A., Bellos, E., & Kasaeian, A. (2022). Techno-economic evaluation of stand-alone energy supply to a health clinic considering pandemic diseases (COVID-19) challenge. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 51, 101909.
- Rahim, M., Amin, F., Tag Eldin, E. M., Khalifa, A. E. W., & Ahmad, S. (2024). p, q-Spherical fuzzy sets and their aggregation operators with application to third-party logistic provider selection. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, (Preprint), 1-24.
- Rana, M. W., Zhang, S., Ali, S., & Hamid, I. (2022). Investigating green financing factors to entice private sector investment in renewables via digital media: Energy efficiency and sustainable development in the post-COVID-19 era. *Sustainability*, 14(20), 13119.
- Rastegarpour, S., Ghaemi, M., & Ferrarini, L. (2018, March). A predictive control strategy for energy management in buildings with radiant floors and thermal storage. In 2018 SICE International Symposium on Control Systems (SICE ISCS) (pp. 67-73). IEEE.
- Saidur, R., Hasanuzzaman, M., Yogeswaran, S., Mohammed, H. A., & Hossain, M. S. (2010). An end-use energy analysis in a Malaysian public hospital. *Energy*, 35(12), 4780-4785.
- Schoenmakers, I., Zeiler, W., & Boxem, G. (2016, May). KPI's energy consumption of isolation rooms in hospitals. In 12th REHVA World Congress (CLIMA 2016), May 22-25, 2016, Aalborg, Denmark.
- Silvestre, W. J., & Fonseca, A. (2020). Integrative sustainable intelligence: A holistic model to integrate corporate sustainability strategies. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 27(4), 1578-1590.
- Sueyoshi, T., & Goto, M. (2019). DEA non-radial approach for resource allocation and energy usage to enhance corporate sustainability in Japanese manufacturing industries. *Energies*, 12(9), 1785.
- Takgil, B., & Kara, R. (2020). Hastane Pnömatik Sistemlerinin Bulanık Mantıkla Modellenmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8(5), 25-34.
- Tepe, S., & Eti, S. (2022). A study on strategy development for e-commerce businesses with clustering and spherical fuzzy analytic hierarchy process. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(2), 294-302.
- Tonn, B., Rose, E., & Hawkins, B. (2018). Evaluation of the US department of energy's weatherization assistance program: Impact results. *Energy Policy*, 118, 279-290.
- Vaziri, S. M., Rezaee, B., & Monirian, M. A. (2020). Utilizing renewable energy sources efficiently in hospitals using demand dispatch. *Renewable Energy*, 151, 551-562.
- Vourdoubas, J. (2021). Use of renewable energy sources for heat and cooling generation in hospitals. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS)*, 79(1), 98-112.
- Wang, Z., Liu, Q., & Zhang, B. (2022). What kinds of building energy-saving retrofit projects should be preferred? Efficiency evaluation with three-stage data envelopment analysis (DEA). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 161, 112392.
- Wangsa, I. D., Vanany, I., & Siswanto, N. (2023). The optimal tax incentive and subsidy to promote electric trucks in Indonesia: Insight for government and industry. *Case Studies on Transport Policy*, 11, 100966.
- Yılmazoglu, Z. (2021). Hastaneler İçin Diğer Binalara Göre Farklı Enerji Verimliliği Uygulamaları. *Mühendis ve Makina*, 63(706), 55-66.
- Zhang, X., Nie, S., He, M., & Wang, J. (2021). Energy-saving renovation of old urban buildings: A case study of Beijing. *Case Studies in Thermal Engineering*, 28, 101632.

EXTENDED SUMMARY

City hospitals are public-private partnership projects that provide comprehensive healthcare services. Thanks to their advanced technology and multidisciplinary approach, they improve the quality of healthcare services and ensure patient satisfaction. In addition, these hospitals contribute to regional economic development and provide assurance in emergencies with their high capacity. However, the sustainability of services is directly related to the management of costs. Energy consumption is one of the leading costs in hospitals and since city hospitals are large buildings, energy consumption is quite high. Factors affecting energy costs include currency fluctuations, unconscious consumption and the use of renewable energy. The use of energy-efficient equipment and active auditing are also effective in controlling costs. Managing energy costs in city hospitals is critical for energy-dependent countries. In the literature, there are limited studies on the factors affecting energy costs. The aim of this study is to develop a strategy by determining the importance weights of these factors with p,q-SFS-AHP method.

In this context, the set of criteria affecting energy costs in city hospitals is determined based on the literature. The determined criteria are as follows: "Covering energy costs by financing the organization by borrowing from outside - by finding a partner", "Reducing energy costs with government incentives", "Distributing informative documents on energy saving to patients / patient relatives", "Providing trainings to staff on energy saving", "Reducing energy dependency with renewable energy alternatives", "Preventing excessive energy consumption by insulating the building", "Using energy-efficient equipment" and "Preventing excessive energy consumption by establishing an effective audit mechanism". Improving all of these criteria is important for managing energy costs in city hospitals. However, addressing all criteria at the same time requires a lot of time, money and labor. Therefore, p,q-SFS-AHP analysis is applied for prioritization. According to the results of the analysis, the most important criterion affecting the energy costs in city hospitals is found as "Preventing excess energy consumption by insulating the building". The weight of this criterion is $w=0,140$. After insulation, the most influential criterion was found to be "Reducing energy dependency with renewable energy alternatives" with a weight of $w=0,137$ and "Preventing excessive energy consumption by establishing an effective control mechanism" with $w=0,136$.

City hospitals built with the public-private partnership approach are very large buildings. The cooling of such large buildings in the summer and heating in the winter can cause quite high energy consumption. Apart from this, there are temperature-cooling practices that are monitored and required to be implemented by the Ministry of Health. The amount of energy consumed to meet this requirement is undeniable. Kim (2017) argues that energy-saving technologies used in ventilation systems provide a positive contribution of 14% in energy costs. Chiang et al. (2017) state that heating has an important place in energy costs. It is advocated that hospitals are one of the most energy-consuming groups in the category of buildings. Therefore, it is important for hospitals to be in a position to produce their own energy in terms of cost management. In addition, the use of renewable energy contributes to public health as it also supports environmental health. Sala and Nelli (2017) and Yu et al. (2020) state that the energy used in hospitals can be produced with solar energy and this can reduce costs. Jahangir et al. (2021) indicate that the use of renewable energy in hospitals reduces costs in the long run.

Considering that the energy consumption of city hospitals is quite high, it is important to develop strategies to address this issue. Apart from this, the amount of energy consumed by the ventilation systems used in hospitals cannot be ignored. In light of all these reasons, insulation is an important requirement to ensure efficiency in the energy consumption process in city hospitals. In addition, the use of renewable energy sources in city hospitals is an important alternative to reduce energy independence. Accordingly, it would be appropriate to increase incentives to increase the use of renewable energy and facilitate bureaucratic processes. In addition, preventing unnecessary energy consumption by establishing an effective audit mechanism is important for efficiency. Apart from all these, it would be an ideal approach to organize trainings on energy saving in order to increase the level of awareness of the personnel.

In this study, the experts were asked to make the assessment specific to city hospitals and taking into account the total energy consumption. This is an important limitation for the study. Therefore, it would be appropriate to conduct future studies on polyclinic or unit basis. In addition, conducting studies in different institutions such as specialty hospitals, family health centers or university hospitals would offer a different perspective. In addition, the need to increase the use of renewable energy was found to be one of the results of the study.

Studies may need to be conducted to determine which type of renewable energy would be more suitable for hospitals. The method used, p,q-SFS-AHP has received some criticism in the literature. These criticisms are that expert opinions are taken equally. Therefore, artificial intelligence-based multi-criteria decision-making techniques that weight expert opinions according to factors such as education and experience can be utilized.