

PAPER DETAILS

TITLE: Absorbsiyonlu (LiBr-su) Nem Alma Sisteminin Isil Performans Degerlerinin Deneysel Olarak Arastirilmesi

AUTHORS: Ertugrul CIHAN

PAGES: 197-206

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/298928>

Absorbsiyonlu (LiBr-su) Nem Alma Sisteminin Isıl Performans Değerlerinin Deneysel Olarak Araştırılması

Ertuğrul CİHAN*¹

¹*Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Osmaniye*

Geliş tarihi: 23.01.2017

Kabul tarihi: 14.03.2017

Öz

Bu çalışmada, mekanik nem alma sistemlerinin yerine kullanılabilecek, nem alma ve rejenerasyon kolonlarında, daha önce kullanılmamış, polikarbonat dolgu malzemesi kullanılan bir açık sıvı nem alma sisteminin deneysel olarak araştırılmıştır. Sıvı desikant olarak kütlece %45'lik LiBr-su (Lityum bromür-su) çözeltisi kullanılan sistemde dolgu malzemeleri, 6 mm kalınlıklarındaki polikarbonat levhaların 30°, 45° ve 60° kanal açısı oluşturacak şekilde kesilmesiyle oluşturulmuştur. Sözü geçen kanal açılarının, hava hızının ve sıvı desikant debisinin sistemin nem alma verimine, elektriksel ve ısı performans katsayısına etkisi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sıvı desikant, Sıvı desikant nem alma sistemi, Polikarbonat dolgu

Experimental Investigation of Thermal Performance Values of Absorption (LiBr-aq) Dehumidification System

Abstract

In this study, an open liquid desiccant dehumidification system, using polycarbonate packing material in dehumidification and regenerator columns, has not been used previously, which can be used instead of mechanical dehumidification systems, was experimentally investigated. The packing material of the system, using 45 mass percent LiBr-aq (Lithium bromide-water) solution as desiccant, was formed by cutting polycarbonate sheets 6 mm thickness to form 30°, 45° and 60° channel angles. The effect of these channel angles, air velocity and liquid desiccant flow rate on dehumidification efficiency, electrical and thermal coefficient of performance were investigated.

Keywords: Liquid desiccant, Liquid desiccant dehumidification system, Polycarbonate packing

*Sorumlu yazar (Corresponding author): Ertuğrul CİHAN, ertugrul.cihan@osmaniye.edu.tr

1. GİRİŞ

Artan yaşam standartlarıyla beraber insanların enerji tüketimi de günden güne artmaktadır. Tüketilen enerjinin büyük bir kısmı (yaklaşık %75) fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Fosil yakıtların pek uzak olmayan bir gelecekte tükenmesi, insanları alternatif enerji kaynaklarına ve enerji tasarrufu arayışlarına yönlendirmektedir. Tüketilen toplam enerjinin büyük bir kısmının iklimlendirme (alan ısıtması/soğutması) uygulamalarına harcanması, araştırmacıları bu alanda çalışmaya yönlendirmektedir. Günümüzde yaygın olarak iklimlendirme uygulamalarında kullanılan konvansiyonel buhar sıkıştırma soğutma sistemleri enerji tüketimi açısından dezavantajlı sistemlerdir. Bu sistemlerin kullanımı yüksek enerji tüketiminin yanında, bulundurduğu ozon delici ve yüksek oranda sera etkisi içeren CFC/HCFC (kloroflorokarbonlar) gazları sebebiyle çevresel tartışmaları da beraberinde getirmektedir. Bu sebeple bu sistemlere alternatif olabilecek iklimlendirme sistemleri üzerinde çalışmalar yapılmış ve hala yapılmaktadır [1-2].

Bağıl nemin fazla olduğu bölgelerde, özellikle soğutmada, iç hava konforunun iyileştirilmesinde soğutma işlemi kadar havanın neminin kabul edilebilir bir düzeye getirilmesi yani havadaki gizli ısı da giderilmesi önem taşımaktadır. Konvansiyonel buhar sıkıştırma soğutma sistemlerinde havanın gizli ısı, hava buharlaştırıcıda çığ noktasına kadar soğutulmuş olarak giderilmektedir. Bu uygulama, hem gizli ısı da giderilmesine harcanan enerjinin yüksek olmasına, hem de sistem performansının (COP) düşmesine sebep olmaktadır. Bu durum sıcaklık kontrolünden bağımsız nem kontrolünün yapılmasını gerekli kılmaktadır. Havanın gizli ısının daha az enerji harcanarak giderilebilmesi ve bağıl nem oranının gerekli düzeye getirilebilmesi için sıvı desikant nem alma sistemleri geliştirilmiştir.

Sıvı desikant nem alma sistemlerinin çalışma prensibi, yüzey buhar basıncı havadan düşük olan bir malzeme kullanılarak, havadaki su buharının soğutulup gizli ısının duyulur ısıya

dönüştürülmesine dayanır. Bu şekilde, havadaki gizli ısı herhangi bir mekanik enerji harcanmadan ya da çok az miktarda mekanik enerji harcanarak duyulur ısıya çevrilmiş olur. Sıvı desikant nem alma sistemlerinin konvansiyonel buhar sıkıştırma soğutma sistemleriyle beraber kullanılması durumunda, %35'e varan enerji tasarrufu sağlanabileceği [3], sistem performans katsayısının (COP) ise %50 artırılabilceği belirtilmiştir [4].

Sıvı desikant nem alma sistemlerinin konvansiyonel buhar sıkıştırma soğutma sistemlerine göre oldukça önemli avantajları bulunmaktadır. Birincisi, bu sistemlerin kullanımıyla daha düşük enerji tüketimiyle nem kontrolü sağlanır ve nemi alınmış hava ile iç hava kalitesi önemli ölçüde artırılır. Bir diğer avantajı ise, daha iyi nem kontrolü yapılarak, nemden dolayı yapılarda meydana gelebilecek küf, mantar ve çürüme gibi olumsuzlukların önüne geçilebilir. Son olarak, sıvı desikant nem alma sistemleri evaporatif soğutma sistemleri ile kullanıldığında CFC gazlarının kullanımı tamamen giderilebilecek, konvansiyonel soğutma sistemleri ile kullanılması durumunda ise CFC kullanımı önemli ölçüde azaltılabilecektir [5]. Bu ve buna benzer diğer avantajlar sıvı desikant nem alma sistemlerinin kullanımını cazip hale getirmektedir.

Bu çalışmada, mekanik nem alma sistemleri yerine kullanılabilecek, nem alma ve rejeneratör kolonlarında dolgu malzemesi olarak, daha önce kullanılmamış, polikarbonat levhalar kullanılan bir sıvı desikant nem alma sisteminin tasarımı ve performans analizi yapılmıştır. Sıvı desikant olarak LiBr-su çözeltisi kullanılan sistemde dolgu kanal açılarının ve akış hızlarının sistemin nem alma verimine, elektriksel ve ısı performans katsayılarına (COP) etkisi incelenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Sıvı desikant nem alma sistemleri üzerine yapılan çalışmalarda genellikle, nem alma veriminin artırılması, nem alma miktarının artırılması ve kütle ve ısı transferi performansının iyileştirilmesi üzerinde durulmuştur.

Sıvı desikant nem alma sistemleriyle ilgili bilinen en erken çalışmalardan biri Lof [6] tarafından yapılmıştır. Çalışmada, sıvı desikant olarak trietilen-glikol kullanılan ve güneş enerjisi ile rejenere edilen nem alma sisteminin tasarımı yapılmış ve deneysel olarak test edilmiştir. Daha sonra yapılan bir başka çalışmada Factor ve Grossman [7], güneş enerjili iklimlendirme sisteminde havadaki nemin alınması ve rejenerasyon için dolgu kolonu tasarlamışlardır. Çalışmada, sistemin farklı çalışma koşulları altında teorik analizini yapmışlardır.

Longo ve Gasparella [8] dolgu kolonda sıvı desikantın rejenerasyonu sırasında kolonda kullanılan biçimlendirilmiş (structured) ve rastgele (random) dolgu malzemelerini deneysel olarak karşılaştırmıştır. Çalışmada, rastgele dolgu malzemeleri ile dolu kolonun rejenerasyon performansının biçimlendirilmiş dolgulara oranla %20-25 daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Fakat kolondaki basınç kayıplarına bakıldığında, biçimlendirilmiş dolgu malzemeleri ile dolu kolondaki basınç kaybı diğerine oranla %65-75 civarında daha düşüktür.

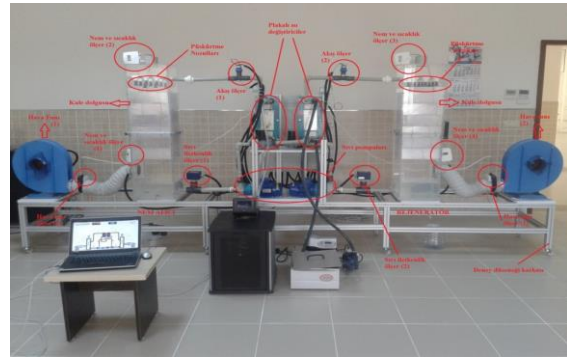
Diğer bir çalışmada Öberg ve Goswami [9], sıvı desikant olarak trietilen glikol kullanılan bir sıvı desikant nem alma sisteminde gerçekleşen ısı ve kütle transferini deneysel olarak incelemişlerdir. Çalışmada nem alıcı olarak yine dolgu kolonu kullanmışlar ve iyi bir dolgu kolonunda ısı ve kütle transferi performanslarının iyi olduğunu ve hatta kolondaki basınç kaybının az olduğunu ortaya koymuşlardır.

Salarian ve arkadaşları [10] ise yaptıkları sayısal çalışmada kolon yüksekliğinin artmasıyla nem alma miktarının arttığını ortaya koymuşlardır. Çalışmada, MATLAB yazılımı yardımıyla sayısal modeller geliştirilmiş ve bu modellerin kabul edilebilirliği deneysel verilerle ispatlanmıştır. Elde edilen sonuçlar, nem alma miktarının nem alma kolonuna giren havanın ve desikant çözeltisinin kütleli debisinin artmasıyla arttığını fakat giriş havasının sıcaklığının artmasıyla azaldığını göstermiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çalışmada önerilen sıvı desikant nem alma sistemi, temel olarak, Şekil 1’de görüldüğü gibi hava fanlarından, nem alma ve rejeneratör kolonlarından, sıvı pompalarından ve plakalı ısı değiştiricilerden oluşmaktadır. Sistemde ölçüm yapabilmek için çeşitli noktalara hız, sıcaklık ve bağıl nem sensörleri yerleştirilmiştir.

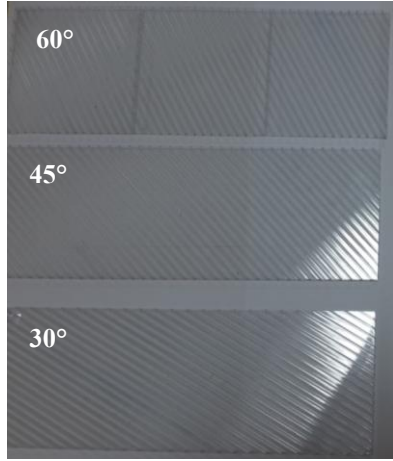


Şekil 1. Sıvı desikant nem alma sistemi ve üzerindeki sensörler

Deney düzeneğinde nem alma ve rejeneratör kolonları şeffaf pleksiglas levhaların, kolon boyutları 30x30x120 cm olacak şekilde yapılandırılmasıyla imal edilmiştir. Kolonlarda kullanılan polikarbonat dolgu malzemesi ise 2x6 m boyutlarındaki büyük polikarbonat levhaların 30°, 45° ve 60° kanal açısı oluşturacak şekilde, 30x30 cm boyutlarında kesilmesiyle oluşturulmuştur. Polikarbonat dolgu malzemesinin oluşturulma aşamaları ve kolonların içindeki görünümü Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Polikarbonat levhaların hazırlanması ve kolonlara yerleştirilmesi



Şekil 3. 30°, 45° ve 60° kanal açılı polikarbonat levhalar

30°, 45° ve 60° kanal açılı 6 mm kalınlığındaki polikarbonat levhalar Şekil 3'te gösterilmiştir.

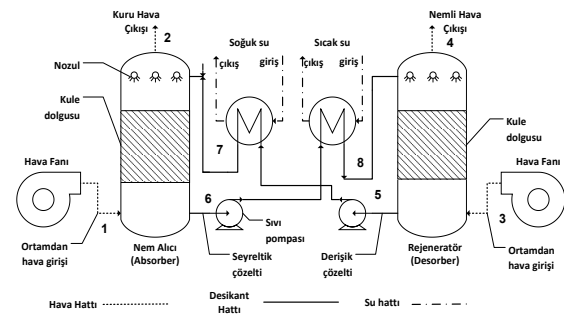
Hazırlanan polikarbonat levhaların yüzey alanları ve gözeneklilik değerleri üç açıdan farklı üçer numune alınıp ölçülmüştür. Polikarbonat dolgu malzemelerinin birim hacimdeki ortalama yüzey alanları ve gözeneklilik değerleri standart sapmalarıyla beraber Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Polikarbonat dolgu malzemesi ortalama yüzey alanı yoğunluğu ve gözeneklilik değerleri

Kalınlık	6 mm		
Kanal Açısı	30°	45°	60°
Yüzey alanı yoğunluğu (m ² /m ³)	637±9	650±3	648±2
Gözeneklilik (%)	88±1,3	89±0,4	89±0,6

Şekil 4'te sistem şematik olarak gösterilmiştir. Sistemde nemi alınacak hava nem alma kolonuna hava fanı (1) ile gönderilmektedir. Nem alma kolonuna (Absorber) gönderilen nemli havanın nem alma kolonunda derişik sıvı desikant çözeltisiyle bir miktar nemi alınmaktadır. Havadan bir miktar su buharı alan desikant çözeltisi seyreltik hale geçer. Seyreltik sıvı desikant çözeltisi, (6) noktasındaki sıvı pompası yardımıyla ısıtılmak üzere ısı değiştiriciye gönderilir. Sıvı desikant çözeltisi sıcaklığı bir miktar artırılarak rejeneratör (Desorber) kolonuna gelir ve burada (3)

noktasından hava fanı yardımıyla kolona gönderilen hava ile çözeltiden bir miktar su buharı giderilir. İçerisinden su buharı alınan fakat hala yüzey buhar basıncı yüksek olan çözelti, yüzey buhar basıncının düşürülebilmesi için (5) noktasındaki sıvı pompası ile soğutulmak üzere ısı değiştiriciye gönderilir. Isı değiştiriciden çıkan çözelti tekrar kullanılmak üzere nem alma kolonuna gönderilir ve bu şekilde çevrim tamamlanır.



Şekil 4. Sıvı desikant nem alma sistemi şematik görünümü

3.2. Metot

Sistemde kolon girişleri ve çıkışlarında havadaki su buharının doyma basıncı Antonie denklemi ile bulunmuştur:

$$\ln P_w^{sat} = A - \frac{B}{T+C} \quad (1)$$

Burada, A=16,3872, B=3885,7 ve C=230,17 sabit katsayılar olup su buharı için Antonie parametreleridir [11]. Havanın mutlak nemi ise aşağıdaki eşitlik ile tanımlanmıştır:

$$\omega = 0,622 \frac{P_w^{sat}}{P_T - P_w^{sat}} \quad (2)$$

Burada P_T (kPa), havanın toplam basıncını göstermektedir. Nem alma kolonunun nem alma verimi ise Eşitlik 3 ile hesaplanmıştır [12]:

$$\eta_{ab} = 100 \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_1 - \omega_{sat}} \quad (3)$$

Eşitlik 3'te ω_1 (kg/kg) ve ω_2 (kg/kg) sırasıyla havanın nem alma kolonu girişindeki ve çıkışındaki mutlak nemini göstermektedir. ω_{sat} (kg/kg) ise LiBr-su desikant çözeltisi ile dengede olan havanın mutlak nemi olup, desikant çözeltisinin bulunduğu sıcaklıktaki buhar basıncı kullanılarak Eşitlik 2 ile hesaplanmıştır. Birim zamanda kazanılan buharlaşma ısı enerjisi ise Eşitlik 4 ile hesaplanmıştır.

$$\dot{Q}_b = \dot{m}_a (\omega_1 - \omega_2) (h_1 - h_2) \quad (4)$$

Eşitlik 4'te $\dot{m}_a$ (kg/s) havanın nem alma kolonu içindeki kütleli debisini, h_1 (kJ/kg) ve h_2 (kJ/kg) ise sırasıyla havanın nem alma kolonu girişindeki ve çıkışındaki entalpilerini göstermektedir. Sistemde birim zamanda harcanan ısı enerjisi ise Eşitlik 5 ile belirlenmiştir:

$$\dot{Q}_h = \dot{m}_{hw} * c_{p_{hw}} * (T_{hw,g} - T_{hw,\zeta}) \quad (5)$$

Burada, $\dot{m}_{hw}$ (kg/s) ısıtma suyunun ısı değiştiricideki kütleli debisini, $c_{p_{hw}}$ (kJ/kg.K) ısıtma suyunun ortalama özgül ısısını, $T_{hw,g}$ (°K) ve $T_{hw,\zeta}$ (°K) ise sırasıyla ısıtma suyunun ısı değiştiriciye giriş ve çıkış sıcaklıklarını göstermektedir.

Sistemin ısı performans katsayısı Eşitlik 6 ile hesaplanmıştır:

$$COP_{th} = \frac{\dot{Q}_b}{\dot{Q}_h} \quad (6)$$

Elektriksel performans katsayısı ise Eşitlik 7 ile bulunmuştur:

$$COP_e = \frac{\dot{Q}_b}{\dot{W}_e} \quad (7)$$

Eşitlik 7'de $\dot{W}_e$ (kW) birim zamanda harcanan elektrik enerjisini göstermektedir.

Önerilen sıvı desikant nem alma sisteminde nem alma verimi, ısı ve elektriksel performans katsayıları deneysel veriler temel alınarak

hesaplandığından sistemde belirsizlik analizi yapılması gerekmektedir.

Çizelge 2'de ölçüm aletlerinin ölçüm hassasiyeti değerleri verilmiştir. Bu hassasiyet değerlerine göre nem alma veriminin belirsizliği Eşitlik 8 ile hesaplanmıştır [13]:

Çizelge 2. Sistemdeki ölçüm aletleri ve hassasiyet değerleri

Tip	Hassasiyet
VAISALA HMT120	±%1,5 Bağıl Nem, ±0,2°C Sıcaklık
KIMO-CTV210	±%0,3
CF Signet Capteur 515	±%0,5
K tipi ısı çifti	%0,4°C

$$\frac{\delta \eta_{Ab}}{\eta_{Ab}} = \sqrt{\left(\frac{\delta \omega_1}{\omega_1}\right)^2 + \left(\frac{\delta \omega_2}{\omega_2}\right)^2 + \left(\frac{\delta \omega_{sat}}{\omega_{sat}}\right)^2} \quad (8)$$

Burada ω_1 ve ω_2 değerleri ölçülen sıcaklık, bağıl nem ve basınç değerlerine bağlı oldukları için $\delta \omega_1$ ve $\delta \omega_2$ belirsizlik değerleri, Çizelge 2'de 1. satırda bulunan hassasiyet değerleri temel alınarak hesaplanmıştır. ω_{sat} değeri ise K tipi ısı çifti ile ölçülen sıvı desikant çözeltisi sıcaklığına ve çözelti konsantrasyonuna bağlı olduğundan $\delta \omega_{sat}$ belirsizlik değeri, Çizelge 2'de 4. satırdaki hassasiyet değeri kullanılarak hesaplanmıştır.

Aynı şekilde $\dot{Q}_b$ ve $\dot{Q}_h$ değerlerinin belirsizlikleri sırasıyla Eşitlik 9 ve 10 ile hesaplanmıştır.

$$\frac{\delta \dot{Q}_b}{\dot{Q}_b} = \sqrt{\left(\frac{\delta \omega_1}{\omega_1}\right)^2 + \left(\frac{\delta \omega_2}{\omega_2}\right)^2 + \left(\frac{\delta h_1}{h_1}\right)^2 + \left(\frac{\delta h_2}{h_2}\right)^2 + \left(\frac{\delta m_a}{m_a}\right)^2} \quad (9)$$

$$\frac{\delta \dot{Q}_h}{\dot{Q}_h} = \sqrt{\left(\frac{\delta T}{T_{hw,g}}\right)^2 + \left(\frac{\delta T}{T_{hw,\zeta}}\right)^2 + \left(\frac{\delta m_{hw}}{m_{hw}}\right)^2} \quad (10)$$

Isıl ve elektriksel performans katsayılarının belirsizliği Eşitlik 9 ve 10'da hesaplanan $\dot{Q}_b$ ve $\dot{Q}_h$ değerlerinin belirsizliğinden yola çıkılarak aşağıdaki eşitliklerle belirlenmiştir.

$$\frac{\delta COP_{th}}{COP_{th}} = \sqrt{\left(\frac{\delta \dot{Q}_{ev}}{\dot{Q}_{ev}}\right)^2 + \left(\frac{\delta \dot{Q}_h}{\dot{Q}_h}\right)^2} \quad (11)$$

$$\frac{\delta COP_e}{COP_e} = \sqrt{\left(\frac{\delta \dot{Q}_{ev}}{\dot{Q}_{ev}}\right)^2} \quad (12)$$

Absorber nem alma verimi (η_{ab}) bağıl hatası %3,7, $\dot{Q}_b$ ve $\dot{Q}_h$ ısı transferi değerlerinin bağıl hataları sırasıyla %2,3, %3,7, COP_{th} ve COP_e ısı performans katsayılarının bağıl hataları ise sırasıyla %4,8, %3,4 olarak hesaplanmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

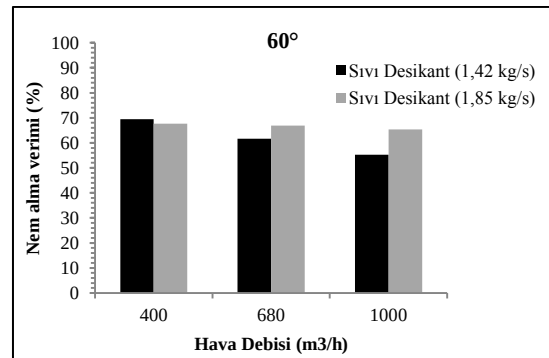
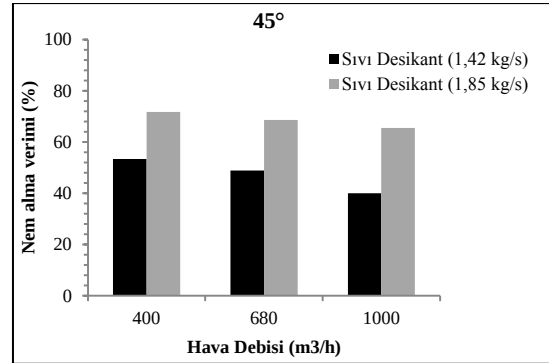
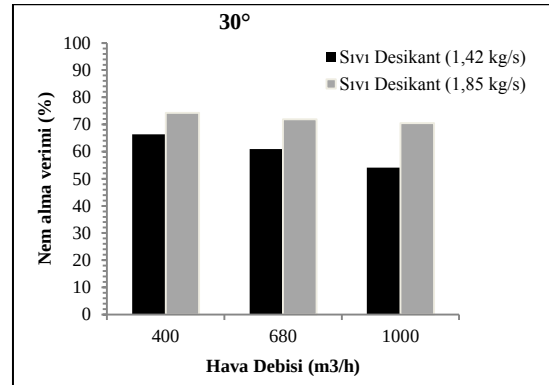
Önerilen LiBr-su sıvı nem alma sisteminde, 6 mm kalınlığındaki 30°, 45° ve 60° üç ayrı kanal açılı polikarbonat levhalar kullanılarak deneyler gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneylere ait bazı parametreler Çizelge 3'te gösterilmiştir.

Çizelge 3. Deneysel parametreler

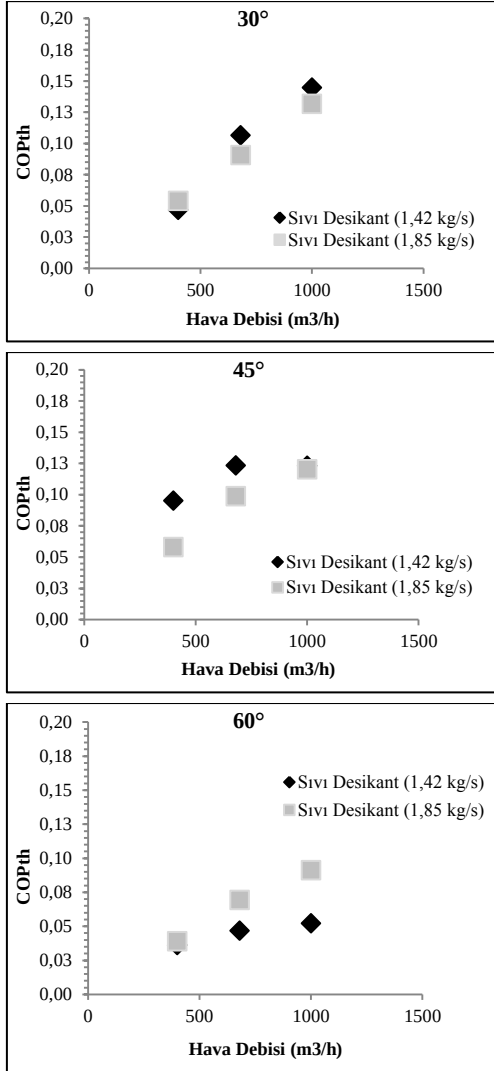
Parametre adı	Ölçülen/Belirlenen Değer
Sıvı desikant	Kütlece %45 LiBr Çözeltisi
Dolgu yüksekliği, cm	60
Ortalama hava kütleli debisi, m ³ /h	400, 680, 1000
Ortalama desikant kütleli debisi, kg/s	1,42, 1,85
Hava fanı dönme frekansı, Hz	20, 34, 50
Sıvı pompası dönme frekansı, Hz	20, 26
Soğutma suyu ortalama giriş/çıkış sıcaklıkları	14 / 22°C
Isıtma suyu ortalama giriş/çıkış sıcaklıkları	59,1/50,2°C
Ortalama çözelti sıcaklığı (nem alma kolonu)	28,7°C
Ortalama çözelti sıcaklığı (rejeneratör)	45,8°C

Nem alma verimine 30°, 45° ve 60° kanal açılı polikarbonat dolgu malzemeleri için hava ve sıvı debilerinin etkisi Şekil 5'te gösterilmiştir. 30° ve 45° kanal açılarında LiBr-Su çözeltisinin hızının artışının nem alma verimi üzerine etkisi belirgin olmasına rağmen 60°'lik kanal açılı dolgu malzemesinde bu gözlenememiştir. Buna neden

olarak 60°'lik kanal açısının hava-sıvı temas yolu ya da temas süresi diğer açılara göre az olması gösterilebilir. 30° kanal açısının sağladığı, hava ile sıvının temas yolunun dolayısıyla sürenin uzunluğu sistemin nem alma verimini olumlu bir şekilde etkilemiştir. En yüksek nem alma verimi %74,3 ile 30° kanal açılı dolgu malzemesinde gözlemlenmiştir.



Şekil 5. Nem alma veriminin kanal açılarıyla, sıvı ve hava hızlarıyla değişimi

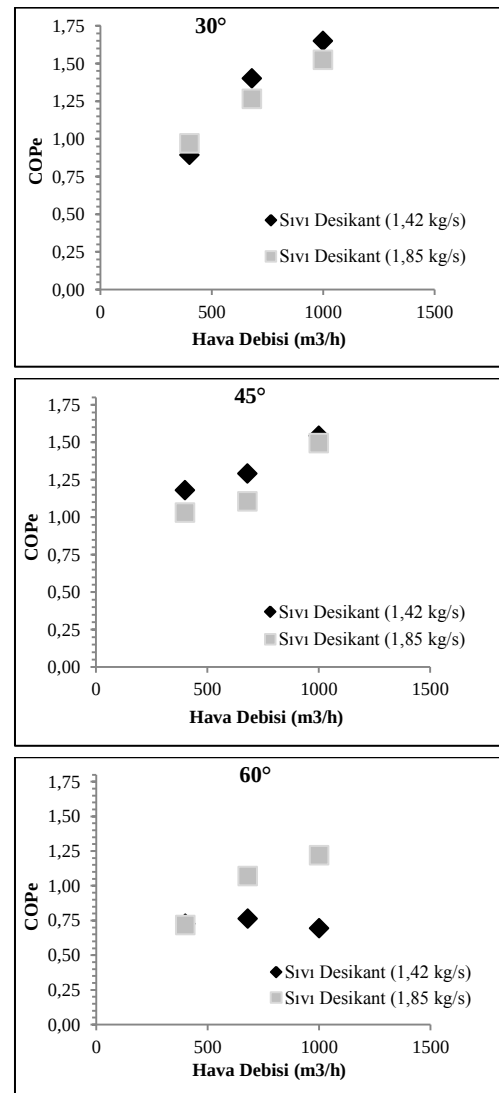


Şekil 6. Isıl COP değerlerinin kanal açılarıyla, sıvı ve hava hızlarıyla değişimi

Şekil (6), 30°, 45° ve 60° kanal açılı dolgu malzemeleri için hesaplanan ısı performans katsayısı değerlerinin, hava ve sıvı hızlarıyla değişimini göstermektedir. Maksimum ısı COP değeri 0,14 olarak 30° kanal açısında, 1000 (m³/s) hava debisi ve 1,85 (kg/s) sıvı debisi ile elde edilmiştir.

6 mm'lik polikarbonat dolgu malzemesi için hava akış hızı, sıvı akış hızı ve dolgu malzemesinin

kanal açılarının elektriksel performans katsayısı değerlerine olan etkisi Şekil 7'de gösterilmektedir. Maksimum elektriksel COP değeri 1,52 olarak, ısı COP değerinde olduğu gibi 30° kanal açısında, 1000 (m³/s) hava debisi ve 1,85 (kg/s) sıvı debisi ile elde edilmiştir. 60° kanal açısı için ise elektriksel COP değeri genelde 1,0 altında elde edilmiştir. Elektriksel COP değerinin 1,0 üzerinde olması, sistemin birincil enerji kaynaklarını verimli bir şekilde kullandığını göstermektedir.



Şekil 7. Elektriksel COP değerlerinin kanal açılarıyla, hava ve sıvı hızlarıyla değişimi

5. SONUÇ

Bu çalışmada, kolonlarda dolgu malzemesi olarak, daha önce kullanılmamış, polikarbonat dolgu malzemesi kullanılan bir LiBr-su açık sıvı desikant nem alma sisteminin tasarımı yapılarak, hava ve sıvı desikant çözeltisi akış hızlarının ve dolgu kanal açılarının sistem performansına etkisi incelenmiştir.

Grafiklerden de anlaşılabileceği gibi sistem için belirlenen performans kriterleri, yüzey alanları birbirine yakın olması sebebiyle dolgu kanal açılarından çok fazla etkilenmemektedir. Buna karşın sıvı desikantın hızının artması kütle transferi katsayısını arttırdığından özellikle ısı COP ve elektriksel COP değerlerinde önemli derecede artış sağlamıştır. Sıvı hızının artması 30° ve 60° kanal açılı dolgu malzemelerinde nem alma verimini de iyileştirmiştir. Hava hızının artması ise nem alma veriminde, hava-sıvı desikant temas süresinin azalmasından dolayı, bir azalışa sebep olmuştur. Buna karşın elektriksel COP ve ısı COP değerlerinde, hava hızının artması, önemli bir iyileşme sağlamıştır.

Elde edilen sonuçlara bakıldığında açık sıvı desikant nem alma sisteminin performansının, sıvı hızlarından ve hava hızlarından yüksek oranda etkilendiği görülebilmektedir. Bu sebeple sayısal analizlerle ve hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) analizleriyle optimum hava ve sıvı akış hızları belirlenip sistem performansı daha da arttırılabilecektir. Bunun yanında daha yüksek yüzey alanlarına sahip polikarbonat levhalar kullanılarak, sistemin teorik analizleriyle optimum dolgu yüksekliği ve kanal açısı belirlenerek sistem performansı daha da iyileştirilebilecektir.

6. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, 1001-Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projelerini Destekleme Programı kapsamında TÜBİTAK tarafından 114M151 no'lu proje ile desteklenmektedir.

7. KAYNAKLAR

1. Xu, M., Duan, Y., Xin, F., Huai, X., Li, X., 2014. Design of an Isopropanol-acetone-Hydrogen Chemical Heat Pump with Exothermic Reactors in Series, *Applied Thermal Engineering*, 71, p. 445-449.
2. Zhai, X. Q., Wang, R. Z., 2009. A Review for Absorbition and Adsorbition Solar Cooling Systems in China, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13, p. 1523-1531.
3. Yadav, Y. K., Kaushik, S. C., 1991. Psychrometric Techno-economics Assessment and Parametric Studies of Vapor-Compression and Solid/liquid Desiccant Hybrid Solar Space Conditioning System, *Heat Recovery Systems & CHP*, 11, p. 563-572.
4. Khalid Ahmed, C. S., Gandhidasan, P., Al-Farayedhi, A. A., 1997. Simulation of a Hybrid Liquid Desiccant Based Air-conditioning System, *Applied Thermal Engineering*, 17, p. 125-134.
5. Desiccant Cooling: State-of-the-Art Assesment” Erişim adresi: http://web.ornl.gov/sci/ees/etsd/btrc/eere_research_reports/thermally_activated_technologies/desiccant_systems/performance_evaluations/nrel_tp_254_4147/nrel_tp_254_4147.pdf Erişim Tarihi: 22.11.2016.
6. Lof, G. O. G., 1955. Cooling with solar energy, *Congress on solar energy*, p. 171-189, Tucson-Arizona.
7. Factor, H. M., Grossman, G. A., 1980. Packed Bed Dehumidifier/regenerator for Solar Air Conditioning with Liquid Desiccants, *Solar Energy*, 24, p. 541-550.
8. Longo, A. G., Gasparella A., 2009. Experimental Analysis on Desiccant Regeneration in a Packed Column with Structure and Random Packing, *Solar energy*, 83, p. 511-521.
9. Öberg, V., Goswami, D. Y., 1998. A Review of Liquid Desiccant Cooling, *Advances in Solar Energy*, 12, p. 431-470.
10. Salarian, H., Ghadamian, H., Assadi K. M., Ataei, A., 2011. An Experimental and Modeling Study of a Dehumidification Tower,

- International Journal of the Physical Sciences, 6, 12, p. 2852-2860.
11. Poling, B. E., Prausnitz, J. M., O'Connell, J. P., 2001. The Properties of Gases and Liquids, 5th Edition, Appendix A, McGraw-Hill, New York.
 12. Koronaki, I. P., Christodoulaki, R. I., Papaefthimiou, V. D., Rogdakis, E. D., 2013. Thermodynamic Analysis of a Counter Flow Adiabatic Dehumidifier with Different Liquid Desiccant Materials, Applied Thermal Engineering, 50, p. 361-373.
 13. ASME PTC 19.1-2013, 2014. Test Uncertainty: Performance Test Codes, The American Society of Mechanical Engineers, New York.

