

# TEKNOFEST

## HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

### ÇEVRE VE ENERJİ TEKNOLOJİLERİ YARIŞMASI PROJE DETAY RAPORU

**PROJE ADI:** Hibrit Spinel Oksit Nanoakışkan Kullanılarak Isı Geri Kazanım Ünitelerinin Performansının Arttırılması ve Geri Kazanımı

**TAKIM ADI:** NANO GAZİ

**BAŞVURU ID:** #51894

**TAKIM SEVİYESİ:** Üniversite

**DANIŞMAN ADI:** Prof. Dr. Adnan SÖZEN

## 1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Enerji, ülkelerin sosyoekonomik kalkınmasının en önemli girdilerinin başında gelmektedir. Enerji ihtiyacı yıldan yıla %4-5 oranında artmakta ve Türkiye gibi birincil enerji kaynağı bakımından dışa bağımlı olan ülkelerin enerji kaynaklarını verimli kullanmaları kaçınılmaz bir hal almaktadır. Enerji verimliliğinin önemli unsurlarından biri olan ısı transferi iyileştirme yöntemleri, ısı değiştiricilerin performansını iyileştirmek ve ısı değiştiricinin boyutunu ve maliyetini azaltmak amacıyla yaygın olarak kullanılan enstrümantasyonlardan biridir. Özellikle endüstriyel alanlarda olmak üzere enerji verimliliği uygulamalarında pasif ısı iyileştirme yöntemlerinin uygulaması yaygın olarak kullanılmaktadır. Önerilen proje ile, endüstriyel alanlarda (fabrikalar, AVM'ler, depolar gibi) kullanılan havadan havaya ısı geri kazanım ünitelerinde düşük sıcaklıktaki atık ısıdan faydalanabilen bir ısı geri kazanım ünitesinin performansının iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, pasif ısı iyileştirme yöntemlerinden biri olan yüksek ısıl iletkenliğe sahip, içerisinde nano partikül bulunduran nanoakışkanların çalışma akışkanı olduğu ısı borulu bir ısı geri kazanım ünitesinde deneyler yapılmıştır. Hızla gelişen nano boyutta malzeme üretim teknolojilerinin ürünleri olan ve ısıl iletkenlikleri yüksek metaloksit nanopartikülleri, nanoakışkan üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmayı onlardan ayıran en büyük özellik içerisinde farklı iki metal bulunan spinel oksitlerin ( $ZnOAl_2O_3$ ,  $MgOAl_2O_3$ ,  $FeOAl_2O_3$ ) hibrit yapıda kullanılarak farklı dört metal içeren nanoakışkanların elde edilmesiyle yüksek ısıl iletkenliğe sahip bir nanoakışkanın ısı geri kazanım ünitesinin ısı değiştiricisi olan ısı borularında çalışma akışkanı olarak kullanılmasıdır. Projenin temel hedefi elde edilen nanoakışkanların düşük sıcaklıkta buharlaşmasının sağlanması ve böylece düşük sıcaklıktaki atık ısının geri kazanımından faydalanılmasıdır. Kullanılan nanoakışkanların etkisinin görülmesi için deneyler hem nano akışkanlar ile hem de saf su ile yapılmış ve hesaplanan ısıl verim değerleri karşılaştırılmıştır. Sistemin farklı çalışma koşullarındaki performansının gözlemlenmesi için 2 farklı soğuk hava debisi (30 g/s ve 60 g/s), 3 farklı sıcak hava debisi (50 g/s, 70 g/s ve 90 g/s) ve 2 farklı ısıtıcı gücü (1000 W-2000 W) kullanılarak her bir akışkan için toplamda 12 adet deney yapılmıştır. Karşılaştırma işlemi kanal içlerinde hesaplanan ortalama Re sayılarına göre yapılmıştır. Deneylerin yapıldığı ısı geri kazanım ünitesi yaklaşık 3er m uzunluğa sahip iki hava kanalı ve kanalların tam ortasında yer alan 5 adet ısı borulu ısı değiştiricisi grubundan oluşmaktadır. Deney düzeneğinde ısı borusu grubu dış ve iç çapları sırasıyla 25,4 mm ve 23,4 mm olan beş adet 90 °lik açı ile yerleştirilmiş fitilsiz, bakır malzemedен oluşmaktadır. Alt kanalın girişinde her biri 1 kW'lık 4 adet rezistans bulunmaktadır. Bu rezistanslar birbirinden bağımsız olarak devreye alınabilmekte ve bu sayede 1-4 kW aralığında ısıtıcı gücü kullanılarak deneyler yapılabilmektedir. Deneylerde kullanılan nano akışkanların baz akışkanı saf su olup ağırlıkça %2 konsantrasyonda nanopartiküller ilave edilmiştir. Ayrıca akışkanların kararlılığının sağlanması ve oluşan katı-sıvı yüzey gerilmelerinin azaltılması için yüzey aktifleştirici madde olarak %0,2 oranında Triton X-100 kullanılmıştır. Sonuçların değerlendirmesi ısıl verim, ısıl direnç ve ısı borusu boyunca gerçekleşen sıcaklık dağılımları dikkate alınarak yapılmıştır. Isıl performanstaki iyileşme oranları saf suya göre hesaplanmıştır. En yüksek iyileşme oranına ( $ZnOAl_2O_3 + MgOAl_2O_3$ )/Saf su hibrit nano akışkanı kullanıldığında %85,8 olarak ulaşılmıştır. Sistemin düşük sıcaklıktaki bir kaynaktan ısı çekebilme özelliği de dikkate alınırsa projenin enerji verimliliği açısından oldukça umut verici olduğu görülmektedir.

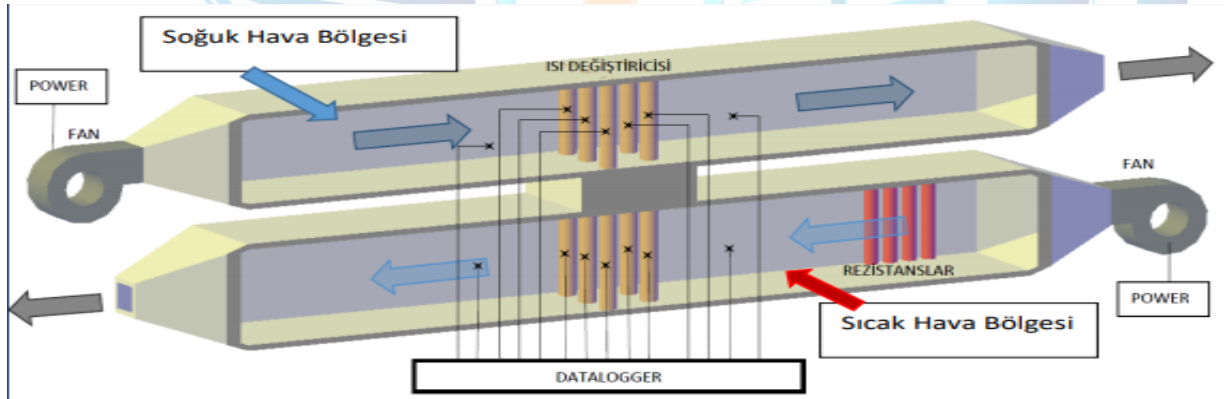
## 2. Problem/Sorun:

Sanayileşme ve teknolojinin hızlı gelişimi, ülkelerin enerji ihtiyaçlarını ciddi bir şekilde arttırmaktadır. Enerji üretimi ve tüketimi sırasında çevreye salınan CO<sub>2</sub>, ilk başta küresel ısınma olmak üzere çeşitli çevre sorunlarına neden olmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansının (IEA) yayımladığı rapora göre her ne kadar COVID-19 salgınından dolayı 2020 yılında bir önceki yıla göre CO<sub>2</sub> salınımında bir azalma görülmüş olsa da bu salınım miktarı 31,5 Gt (Gigaton) olarak gerçekleşmiştir. Yayımlanan raporda 2019 verileri ise 33,4 Gt olarak verilmiştir. Bu değerler fazlasıyla yüksek değerlerdir. Salgının sona ermesiyle, enerji kullanımının artması ve enerjiye bağlı CO<sub>2</sub> emisyonlarının daha güçlü bir ivmeyle tekrar artması muhtemeldir. 2018'de küresel nihai tüketimin %50'sine karşılık gelen ısı enerjisi, en fazla paya sahip enerjidir ve küresel CO<sub>2</sub> emisyonlarının %40'ını temsil etmektedir. Ayrıca üretilen ısı enerjinin %50'si sanayide, %46'sı binalarda ve geri kalanı ise özellikle seraları ısıtmak için kullanılmaktadır. Isı enerjisinin üretildiği veya tüketildiği tüm ortamlarda atık ısının açığa çıkması söz konusudur. Isı geri kazanım sistemleri havalandırma işlemini yaparken aynı zamanda enerji tasarrufunu sağlayan cihazlardır. Isı geri kazanım üniteleri ısıyı, yüksek sıcaklıktan, düşük sıcaklıktaki akış ortamına aktararak geri kazandırılmasını sağlar. Isı geri kazanım üniteleri temel olarak, ortamdaki dışarı atılan havadaki enerjiyi ortama verilen taze havaya aktarma prensibi ile çalışırlar. Isı geri kazanım ünitesi kullanılan bir mekânda havalandırma amacıyla, yazın ortamdaki soğutulmuş hava dışarı atılırken içeri alınacak taze hava soğutulur. Kışın ise ortamdaki sıcak hava dışarı atılırken içeri alınacak taze hava ısıtılır. Böylece enerji tasarrufu sağlanmış olur. Bu işlemleri yaparken ısı geri kazanım üniteleri herhangi bir enerji kaynağı kullanmazlar, havadan havaya ısı geri kazanımı sağlarlar. Klasik havadan havaya ısı değiştiricilerde ısı transferi büyük oranda iki akışkan arasındaki sıcaklık farkına dayanmaktadır. Projenin uygulanması planlanan yerlerde ise bu denli sıcaklık farkları oluşmamaktadır. Havanın ısıl iletkenliği düşük olduğundan dolayı düşük sıcaklıklardaki ısının aktarılması sırasında bu ısı değiştiricilerde verimin daha da düşmesine neden olmaktadır. Dolayısıyla etkin bir enerji verimliliği sağlanamamaktadır. Düşük sıcaklıklarda da ısı geri kazanımı sağlayabilen yeni nesil nanoakışkan ilaveli ısı değiştiriciler sayesinde buralarda ciddi anlamda enerji verimliliği sağlamak mümkündür.

## 3. Çözüm

Yukarıda bahsedilen düşük sıcaklıklardaki düşük enerji verimliliği sorunu ısı borulu havadan havaya ısı değiştiricisi ile çözülebilir. Şekil 1 de görülen ısı borulu ısı geri kazanım üniteleri; ısı boruları içinde bulunan sıvının evaporatör bölgesinde buharlaşmasıyla ortaya çıkan gizli ısıyı, çok düşük sıcaklık farklarında uzun mesafelere iletebilen ısı transfer aracıdır. Evaporatör bölgesinde buharlaşan ısı, yoğunluk farkı sayesinde kondenser bölgesine taşınır. Burada ısı kaybeden akışkan yoğunlaşır ve yerçekiminin etkisi ile borunun evaporatör bölgesine geri döner. Isı borulu ısı eşanjörlerinin bağımsız veya paketlenmiş tüpleri vardır. İçlerine, durum değişikliği sırasında faz değiştirebilen çeşitli çalışma sıvıları doldurulur. Böylece ısı değiştirici ile ısı geri kazanımı gerçekleştirilir. Çalışma sıvısının türü ve sıcaklığı ısı geri kazanım ünitesinin verimini doğrudan etkileyen faktörlerdir. Nano akışkanlar geleneksel çalışma akışkanlarına göre, akış kanallarında tıkanmaya sebep olma, akışı engelleme ve bozma, çökme, aşınma vb. sorunlara karşı çözüm bulmada daha aktiftir; yüksek ısı yüklerinin bulunduğu mikro kanallarla nano akışkanların beraberliği sayesinde hem geniş bir ısı transfer alanı hem de daha yüksek iletkenli akışkanlar elde edilecektir. Mikro kanalların hızlı bir

şekilde tıkanabilme gibi problemleri nedeniyle mikro veya milimetre boyutundaki partiküller ile çalışılmaz. Sadece nano boyutundaki parçacıklar mikro kanallardan geçebilmek için uygundurlar. Nano boyutundaki parçacıkların düşük parçacık momentumu ile katı bir bölgeye uyguladıkları momentum kuvveti de düşük olacağı için ısı değiştiricileri, boru yüzeyleri vb. temasta bulunan alanların aşınma veya korozyona uğrama şeklinde zarar görme ihtimalleri düşüktür. Nano boyutlu olmasıyla akışkanda mikro hareketliliğe sebep olan nano partiküllerin hareketli olması, ısı taşınım miktarını artırır. Böylece, artan ısı transferi ve mikro-taşınım ile birlikte akışkanda daha yüksek oranda ısı dağılımı sağlanmaktadır. Aynı zamanda mikro-taşınım hareketi ve sıcaklıktaki artışla birlikte nano akışkandaki ısıl iletkenliğin artmasına olanak sağlanır. Böylece ısıl sistemin verimliliği de artar. Hibrit nano akışkanlar birden çok nano partikül kombinasyonunun temel bir akışkan içerisinde askıda kalması sağlanarak elde edilen nano akışkanlardır. Hibrit nano akışkan tek tip nano partikül içeren akışkanlara göre daha çok tercih edilir. Bunun sebebi farklı nano partiküllerin farklı özelliklerinin olması ve birinin negatif yönünü diğerinin tamamlayabilmesidir. Örneğin kararlı akışkan oluşturabilen fakat ısıl iletkenliği düşük olan bir nano partikül ile ısıl iletkenliği yüksek fakat kararlı akışkan oluşturamayan bir nano partikül birlikte kullanılarak hem kararlı hem de ısıl iletkenliği yüksek bir nano akışkan elde edilebilir. Bu projede düşük atık ısı üreten işletmelerin ısı geri kazanım konusundaki problemlerine çözüm olarak ısı borulu havadan havaya ısı geri kazanım ünitesinde hibrit nano akışkan kullanımı sunulmuştur. cadEsf nano akışkanlar sahip oldukları eşsiz ısıl performansları sayesinde düşük sıcaklıklarda bile yüksek oranda ısı geri kazanımı sağlayabilmekte ve böylece çevreye atılan ısının daha az olmasını sağlamakta ve böylece küresel ısınma katkısı azaltılmış olmaktadır.



Şekil 1. Sistem Tasarımı

#### 4. Yöntem

Projemize başlarken  $MgOAl_2O_3$ ,  $ZnOAl_2O_3$ ,  $FeOAl_2O_3$  nanopartikülleri Nanografi Nano Teknoloji A.Ş. firmasından tedarik edilmiştir. Hazırlanan çözeltiliye %0,2 oranında Triton X-100, yüzey aktifleştirici madde katılarak olası çökelmelerin önüne geçilmiştir. Yüzey aktif madde, hazırlanan akışkanda yüzey gerilimini azaltmaya yardımcı olur ayrıca temas açılarını azaltarak, nano partiküllerin dış bölgesinin daha kolay ıslanmasını sağlar. Hazırlanan akışkanın içinde nano parçacıkların daha homojen bir şekilde dağılması amacıyla ultrasonik banyoda 4 saat bekletilmiştir. Bu arada 1'er saat aralıklarla hazırlanan yüzey aktif maddenin buharlaşmaması için ultrasonik banyonun içindeki sıcak su değiştirilerek yerine soğuk su

konmuştur. Deneye başlarken ilk olarak bütün ısı borularında hava vakum ile alınıp borulardaki hava miktarı düzenli olarak kontrol edilir. Bu gözetleme, boruların üstünde bulunan manometre ile yapılır. Daha sonra hazırlanmış olan akışkan her bir boruya 65 ml miktarında eklenir. Sistemin farklı koşullardaki performansını incelemek için önceden belirlenmiş koşullar; evaporatör kısmında sıcak hava akışının olduğu kanalda üç farklı hava akış debisi, kondenser kısmında soğuk hava akışının olduğu kanalda iki farklı hava akış debisi, aynı zamanda yine evaporatör kısmında iki farklı ısıtma koşulu belirlenmiştir. Evaporatör kısmında bulunan ısıtıcıların gücü 1 kW ve 2 kW olarak değişen ısı gücü uygulanmıştır. Tüm ölçümlerden sonra oluşan durum değerlendirip ısı verim hesaplanmıştır.

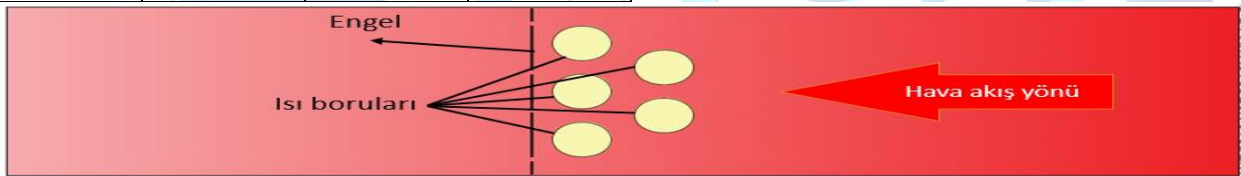
Çizelge 1’ de hava kanallarında değişkenlik gösteren koşullar hakkında bilgi verilmiştir.

Çizelge 1. Hava Kanallarında Koşullar

Sıcak Hava Kanalı			
Koşul Sırası	Frekans (Hz)	Kütleli Debi (g/s)	Ortalama Hız (m/s)
1	40	50	0,555
2	50	70	0,700
3	70	90	0,980
Soğuk Hava Kanalı			
Koşul Sırası	Frekans (Hz)	Kütleli Debi (g/s)	Ortalama Hız (m/s)
1	10	30	0,437
2	20	60	0,751

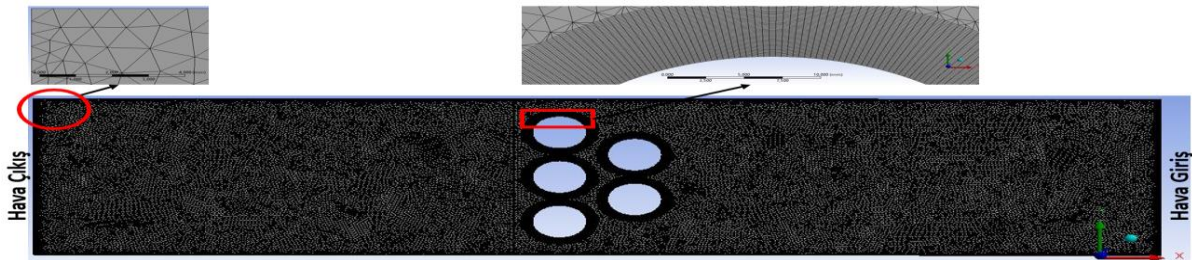
Çizelge 2. Nanoakışkanların termofiziksel özellikleri

Nanoakışkan	Viskozite (kg/ms)	Isıl İletkenlik (W/mK)	Öz Isı (J/kgK)
FeOAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +ZnOAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /saf su	0,000936	0,66465	4109,69
FeOAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +MgOAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /saf su	0,000936	0,66075	4105,83
MgOAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +ZnOAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /saf su	0,000936	0,6614	4106,06



Şekil 2: Sıcak hava kanalının 2 boyutlu geometrisi (üstten görünüş)

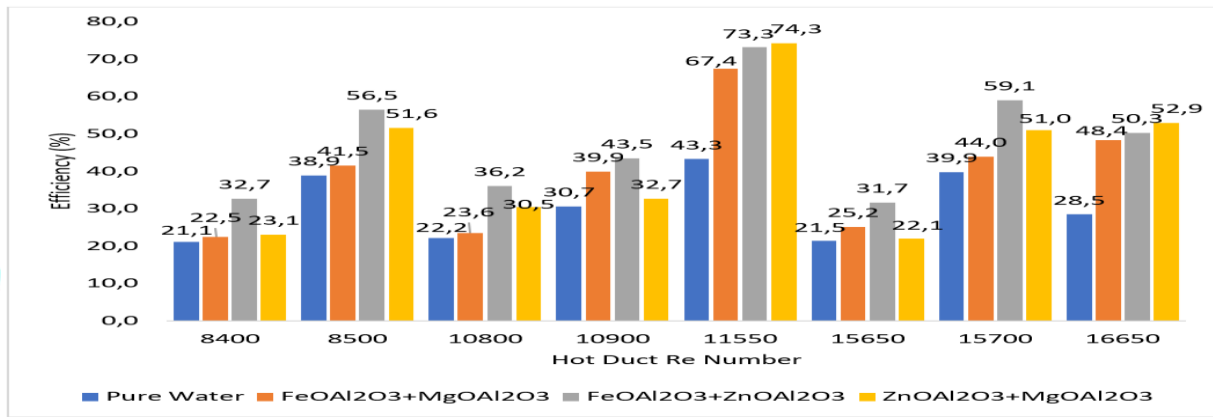
DeneySEL çalışmaya ek olarak ANSYS programı vasıtasıyla sayısal olarak da bir çözüm elde edilmiştir. Sayısal analiz birincisi adımları geometrinin oluşturulmasıdır. Çözümün doğru olabilmesi için oluşturulan geometrinin gerçek şartlara en uygun şekilde olması hayati önem taşımaktadır. Deney düzeneğinin 2 boyutlu geometrisi AutoCAD 2020 (Student Version) programı kullanılarak oluşturulmuştur.



Şekil 3: Sıcak hava kanalının ağ yapısı

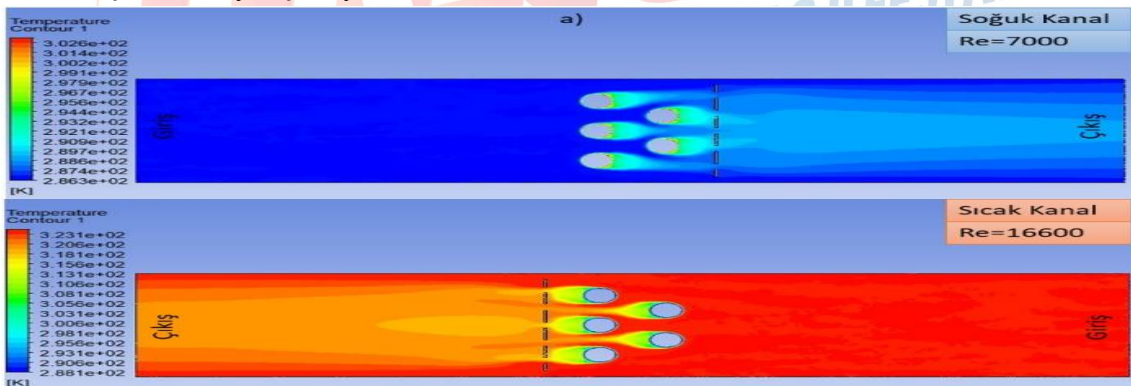
Problemin doğru çözülebilmesi oluşturulan ağ yapısıyla doğrudan ilgilidir. Ağ yapısı ne kadar kaliteli olursa problem o kadar gerçeğe yakın sonuçlar verecektir. Sıcak hava kanalının ağ

yapısının detayı şekil 3'te görülmektedir. Ağ yapısı (mesh) oluşturmak için ANSYS programının MESHİNG modülü kullanılmıştır. Doğru bir çözüm yapabilmek için optimum ağ yapısının oluşturulması esastır. Çözümlemede kullanılan ağ yapısının eleman sayısı 156835 (sıcak kanal için) olup düğüm sayısı da 121185 'dir. Sonuçların değerlendirilmesinde ve kıyaslanmasında 3 unsur dikkate alınmıştır. Bunlar ısı verim, ısı direnç ve ısı borusu boyunca olan duvar sıcaklıklarının dağılımıdır. Kıyaslama kanallardaki Re sayılarına göre yapılmıştır. Deney koşullarına bağlı olarak kanal içlerindeki hava sıcaklıkları oldukça farklı olmuştur. Dolayısıyla hava hızlarının aynı olduğu deneylerde bile Re sayılarında bir miktar farklılıklar söz konusudur. Grafik çizimlerinde her üç akışkan için hava kanallarında hesaplanan Re sayılarının ortalamaları kullanılmıştır. Şekil 4'te sıcak kanaldaki ortalama Re sayılarına göre çizilen verim grafiği görülmektedir.



Şekil 4: Sıcak kanal Re sayılarına göre elde edilen ısı verim değerleri

$FeOAl_2O_3 + ZnOAl_2O_3$  Nanoakışkanında temel akışkana (saf suya) göre ısı performanstaki en yüksek iyileştirme %76,7 (Re=16650), en düşük iyileşme ise %41,9 (Re=10900) oranında elde edilmiştir. Aynı şekilde  $FeOAl_2O_3 + MgOAl_2O_3$  nano akışkanını ele aldığımızda; ısı performanstaki iyileştirme oranı %70 (Re=16650) ile maksimum, %6,3 (Re=10800) ile minimum olarak elde edilmiştir.  $ZnOAl_2O_3 + MgOAl_2O_3$  nano akışkanında Re=16650 değerinde, %85,8 değerinde verimde en yüksek iyileşme elde edilmiştir. Re=15650 değerinde nano akışkanının iyileşme yüzdesi ise %2,7 ile minimumdur.



Şekil 5: Hava kanallarında meydana gelen sıcaklık dağılımları

Şekil 5'teki sıcaklık dağılımları incelendiğinde kanalların giriş kısımlarından ısı borusu grubuna kadar olan bölgede düzenli bir sıcaklık dağılımının olduğu görülmektedir. Her iki kanalda da hava ısı borularını geçtikten sonra kanal içine yerleştirilmiş olan engelle temas etmektedir. Burada amaç havanın ısı borularının bulunduğu bölgede daha fazla vakit geçirmesini sağlayarak gerçekleşen ısı transfer miktarının artırılmasıdır.

## 5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Geleneksel çalışma akışkanları ile karşılaştırıldığında, nano akışkanlar daha iyi termal özelliklere sahiptir ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte, nano akışkanlar, ısı transferi uygulamalarında verimliliği artırmayı ve ısı transferini iyileştirmeyi amaçlayan araştırmalarda yaygın olarak tercih edilmektedir. Çeşitli uygulama alanlarında kullanılan nano akışkanlar, ısı transfer sistemlerinde kullanılmaktadır. Isıl iletkenliği son derece yüksek olan nano boyutlarda ki parçacıkların, baz sıvısının içerisine eklenmesi sonucu nano akışkanın ısıl iletkenlik düzeyinde bir artış meydana gelir. Nano akışkan elde edilmesi ve elde edilen nano akışkanın ısıl iletkenliğinin artırılması kolay gibi görünse de oldukça karmaşık bir sistemdir. Nano akışkanların ısıl iletkenliğinin yüksek olması ve ısı transferi çalışmalarında verimli ve uygulanabilir olması, hazırlanan akışkanın homojenlik düzeyine, kararlılığına ve viskozitesine kadar birçok önemli değişkenlere bağlıdır. Akışkanın ısıl iletkenlik katsayısı ne kadar yüksek olursa olsun, kararsız olan nano akışkanlar kısa sürede çökecek ve viskozitesinin baz akışkana göre fazlaca artış göstermesi, ısı transfer sisteminde korozyona, basınç düşüşüne ve ısı borularında tıkanıklığa neden olacaktır. Tasarımımızda uyguladığımız yöntemler ve kullandığımız hibrit spinel oksit nano parçacıkların baz akışkan ile arasında homojenlik ve kararlılık açısından uyum sağlayarak projenin inovatif yönünü geliştirmek de hedeflenmiştir. Ülkemizde düşük sıcaklıklı atık ısı üreten işletme ve mekanlarda ısı borulu ısı geri kazanım sistemi mevcut değildir. Bu proje ile bu mekanlarda ısı geri kazanımı sayesinde ciddi anlamda enerji verimliliği sağlamak mümkün olacaktır. Projenin yenilikçi yanı düşük sıcaklıkta ısı geri kazanım sağlayabilmesidir. Projenin bir diğer yenilikçi tarafı da verimin nano akışkanlar vasıtasıyla artırılabilmesidir.

## 6. Uygulanabilirlik

Sistem atık ısı enerjisini değerlendirmek üzere kurulu olan bir düzenektir. Projenin özellikle üzerinde durulan noktası ise düşük kabul edilebilecek sıcaklık değerleriyle mümkün mertebe enerji tasarrufu sağlayarak bu atık ısıyı kullanıp konfor şartlarına uygun değerlerde geri kazanım sağlamaya yöneliktir. Bu sebepten dolayı birçok düşük değerlerdeki atık ısı enerjisinin kullanımı söz konusu olacaktır. Örneğin bir otelin mutfak kısmındaki oluşan sıcak atık hava değerlendirilerek oteldeki herhangi bir mahallin hem hava kalitesi hem de sıcaklık değeri konfor seviyelerine göre ayarlanabilir. Böylece atık durumda olan sıcak havanın enerjisini dışardan alınan taze havaya aktararak enerji tasarrufu sağlanmış olur. Bir başka örnek olarak alışveriş merkezlerinde dışarıya atılan atık ısının yine aynı şekilde değerlendirilerek alışveriş merkezinin havalandırma sistemine katkı sağlaması mümkündür. Yine burada enerji tasarrufu ve bir nevi geri dönüşüm söz konusudur. Restoranlarda da bu sistemin uygulanabilirliğinden bahsedebiliriz. Özellikle fırın gibi yüksek sıcaklık değerlerinin ölçüldüğü bir durumda atık ısıyı değerlendirerek mahallin ısıtmasına büyük ölçüde katkısı olacaktır ve ısıtmada kullanılan cihazların yerini alabilecek durumdadır. Uygulama alanları çoğaltılacak olursa; bir okulun, ofisin veya bir yapının ısıtmasında kullanılan kazan, kaskad veya bir başka ısıtma sisteminin kullanılarak ısıtıldığı bir ortamda muhakkak dışarıya atık ısı verilecektir. Bu projeye buralarda da ısı geri kazanımı sağlamak mümkün olacaktır. Bu örneklerin çoğaltılması mümkündür. Sonuç olarak, proje atık ısının olduğu her alanda hayata geçirilme potansiyeli taşımaktadır. Ayrıca sistemin enerji harcamadan ısı geri kazanımı sağlaması da uygulanabilirliğini ve sürdürülebilirliğini kuvvetlendirmektedir.

## 7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

No	Malzeme Listesi	Adet	Tahmini Maliyet
1	Isı borusu	5 adet	1175 TL
2	Isıl Çift	14 adet	420 TL
3	Hava kanalı	4 adet	100 TL
4	Radyal fan	2 adet	500 TL
5	Motor hız kontrol cihazı	2 adet	400 TL
6	Elektrik rezistansı	4 adet	400 TL
7	Veri Kaydedici	1 adet	7000 TL
8	Anemometre	1 adet	650 TL
9	Nano partikül	3 adet	300 TL
		Toplam	10645 TL

İş Tanımı	Ekim	Kasım	Aralık
Kavram Geliştirme, Literatür	■		
Taraması ve Pazar Araştırması	■		
Tasarım		■	
Tasarım geliştirme ve analizler		■	
Malzeme temini		■	
Akışkan hazırlama		■	
Deneyler		■	■
Optimizasyon			■
Verilerin toplanması ve değerlendirilmesi			■
Sonuç			■

Deneylerin yapıldığı deney düzeneğinin toplam maliyeti 10645 TL'dir. Proje gerçek bir havalandırma sistemine entegre edileceği için deney düzeneğindeki bazı cihazlara ihtiyaç olmayacaktır. Dolayısıyla maliyetin daha düşük olacağı aşıkardır. Bu da projenin geri ödeme süresini oldukça kısaltacaktır. Piyasadaki diğer ısı geri kazanım ünitelerine kıyasla daha uygun, ekonomik ve verimlidir.

### 8. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar):

Daha önceden de belirtildiği gibi atık ısının olduğu her alanda, özellikle yaşam alanlarının olduğu yerlerde (otel, alışveriş merkezi, fabrika, konut, restoran vb.) bu düzeneğin kullanımı söz konusudur. Proje, bölge ve şehir ayırt etmeksizin oldukça geniş bir uygulanma potansiyeline sahiptir.

### 9. Riskler

Isı borularında kullanılacak olan nano akışkanın hazırlanması sırasında nano boyuttaki partiküllerle çalışılması sağlık açısından risk oluşturabilir. Ancak eldiven ve maske gibi basit önlemler ile bu riskin kolayca önüne geçmek mümkündür.

Temel akışkan içerisinde asılı halde kalması istenilen nano boyuttaki tanecikler üzerine etki eden yerçekimi kuvveti ihmal edilecek kadar küçüktür. Akışkan içerisine dağıtılan partiküller birbirleri ile etkileşerek yapışma ve topaklaşma eğilimi gösterirler. Topaklaşmanın artmasıyla birlikte yerçekimi kuvveti etkili olur ve çöküntüler meydana gelmeye başlar. Sürekli çalışan sistemlerde bu duruma rastlanılmıyor. Bu durum genelde nano akışkanlar ultrasonik karıştırma ve yüzey aktifleştirici madde kullanımı ile birlikte daha kararlı hale getirilebilir.

### 10. Kaynakça ve Rapor Düzeni

- 1) <https://www.nanografi.com.tr/>
- 2) AYTAÇ, İ., & SÖZEN, A. (2020). Isı Borulu-Isı Geri Kazanım Ünitesinde ZnO/Su ve ZnOAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Su Nanoakışkanları Kullanılarak Performansın İyileştirilmesi. *Politeknik Dergisi*.
- 3) IEA, "Global Energy Review: CO2 Emissions in 2020," Paris, <https://www.iea.org/articles/global-energy-review-co2-emissions-in-2020>, 2021.
- 4) IEA, "Renewables 2019," Paris, <https://www.iea.org/reports/renewables-2019>, 2019