



Ram makinelerindeki hava akışının Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği ile modellenmesi

Modeling of air flow in stenter machines by Computational Fluid Dynamics

Muhammet Tibet Sığircı¹ , Ahmet Erdoğan^{2,*} 

^{1,2} İnönü Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 44280, Malatya, Türkiye

¹ILSAN Tekstil Anonim Şirketi, 44900, Malatya, Türkiye

Özet

Bu çalışmada, bir tekstil fabrikasında aktif olarak kullanılan bir ram makinesindeki hava akışı Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yöntemi ile modellenmiştir. Sayısal akış simülasyonları ANSYS Fluent paket programında gerçekleştirilmiştir. Akış rejimi daimi ve türbülanslı akıştır. Reynolds Ortalamalı Navier –Stokes (RANS) denklemleri Fluent’te çözdürülmüş, analizlerde Standart k-ε türbülans modeli seçilmiştir. Akış alanına ait hız verileri görsellerle sunulmuş ve akış verimliliğini etkileyen parametreler karşılaştırılmıştır. Analizler farklı düze geometrileri için gerçekleştirilmiştir. Geometri değişiklikleri düze açıklık oranı (B) ve düze açısı (α) değiştirilerek sağlanmıştır. Mevcut düze geometrisi ile farklı geometrilerin akış alanına ait hız değişkenleri üzerinden karşılaştırma yapılmıştır. Düze açıklık oranının %20-30 civarında ve düze açısının 0° (ki bu düzenin yatay konumda olduğu anlamına gelir) olmasının ram makinesinde daha verimli bir akış sağladığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Ram makinesi, Düze, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği, Hava akışı

1 Giriş

Tekstil sektörü, Türkiye’de üretim ve ihracat açısından 17.7 milyar dolarlık pay ile tüm sektörler arasında üçüncü sırada yer almaktadır [1]. Enerji ithalatı oranı ise ülkemizde tüm ithalat kalemleri içerisinde %22 gibi önemli bir paya sahiptir [2]. Tekstil sektöründe tüketilen enerji, sektördeki toplam maliyet içerisinde %6-14 aralığında bir orana tekabül etmektedir. Tüm sektörler göz önüne alındığında ise tekstil endüstrisinde tüketilen enerji %7.2 düzeyindedir. Tekstil endüstrisinde önemli miktarda su ve enerji tüketimi gerçekleşmektedir. Enerji kaynaklarına olan ihtiyaç her geçen gün arttığı için tekstil sektöründe tüketilen enerjiyi verimli kullanmak önemli bir konu haline gelmektedir. Tekstil alanında iplik, dokuma, örme, boyama, kurutma ve terbiye gibi birçok üretim süreci bulunmaktadır. Kurutma süreci bu süreçler arasında enerji sarfıyatı en yüksek olan süreçtir [3]. Tüm bu sebepler göz önünde bulundurulduğunda, tekstil sektöründe önemli bir yer tutan kurutma sürecinin iyileştirilmesi adına yapılacak çalışmalar hem enerji tüketimini azaltacak hem de ürün kalitesini

Abstract

In this study, air flow in a stenter machine, which is actively used in a textile factory, is modelled by the Computational Fluid Dynamics (CFD) method. Numerical simulations were performed in the ANSYS Fluent package program. Flow regime is steady state and turbulent flow. Reynolds Averaging Navier-Stokes (RANS) equations were solved and Standard k- ε turbulence model was selected in analyses. The velocity data of flow domain were presented with visuals and the parameters affecting the flow efficiency were compared. Numerical flow simulations were carried out for different nozzle geometries. Geometry changes were achieved by changing porosity of nozzle (B) and nozzle angle (α). Comparisons were made between the existing nozzle geometry and the velocity variables of the flow field of different geometries. It has been concluded that the porosity of nozzle is around 20-30% and the nozzle angle is 0°, which means nozzle is in the horizontal position, providing a more efficient flow in the stenter machine.

Keywords: Stenter machine, Nozzle, Computational Fluid Dynamics, Air flow

arttıracaktır. Tekstil fabrikalarında kumaşın kurutulması işlemi genel olarak iki aşamada gerçekleşmektedir. Mekanik yöntemlerin kullanıldığı ön kurutma aşamasında kumaşın bünyesindeki nemin tamamı kumaştan uzaklaştırılmamaktadır. Isı enerjisinin kullanıldığı ikinci kurutma aşamasında ise nemli ürün üzerindeki doğal nem kaybedilmeden yeterli ölçüde kurutma işlemi gerçekleştirilmektedir [4].

Ram makineleri, ısı enerjisi vasıtasıyla kumaş terbiye işleminin son aşamasında nemli kumaşı kurutmak için yaygın olarak kullanılır. Ram makineleri; nemli kumaşların, kenarlarından tutturucu elemanlar ile sabitlendiği ve hareketli zincirler vasıtasıyla hareket ettirildiği kurutma makineleridir. Nemli kumaşın bu hareketi esnasında kumaşın alt ve üst yüzeylerine her iki taraftan düzeler aracılığıyla sıcak hava jeti çarptırılır ve kumaşın kurutma işlemi gerçekleştirilir. Sıcak kurutma havası brülör yardımıyla doğalgaz yakılarak elde edilir (Şekil 1). Daha sonra elde edilen sıcak kurutma havası santrifüj fanlar aracılığıyla önce kanala sonra düze deliklerine yönlendirilir. Ram makinelerinde kurutma havasının ısıtılması ve havanın

* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: ahmet.erdogan@inonu.edu.tr (A. Erdoğan)
Geliş / Received: 21.06.2021 Kabul / Accepted: 01.11.2021 Yayınlanma / Published: 14.01.2022
doi: 10.28948/ngumuh.955437

fanlar vasıtasıyla kumaş üzerine yönlendirilmesi esnasında önemli miktarda enerji tüketimi gerçekleşmektedir. Kurutma süreci, makine içerisindeki kurutma havası akışı ile yakından ilgilidir. Düzeler aracılığıyla uygun akış yapısını elde etmek ram makinelerinin etkinliğini arttıracaktır. Literatürde ram makinelerinin enerji tüketimlerini, kurutma performanslarını ve ram makinesi içerisindeki kurutma havası akışının incelendiği çalışmalar mevcuttur. Juraeva vd. [5], bir ram makinesi içerisindeki düze enjektörlerindeki hava akışını ANSYS CFX yazılımını kullanarak modellemişlerdir. Düze kanal tipinin (düz-eğik), düze kanal yüksekliğinin (40 mm, 80 mm, 160 mm) ve düze delik geometrisinin (daire, elips, dörtgen ve beşgen) akışa etkisini incelemişlerdir. Düze üzerindeki her bir enjektörden geçen kütleli debileri karşılaştırmışlar ve sırasıyla 40 mm kanal yüksekliğinin, daire delik geometrisinin ve düz kanal tipinin daha iyi sonuçlar verdiğini ortaya koymuşlardır. Llanos vd. [6], bir ram makinesinin kurutma performansını belirlemek için üç farklı HAD simülasyonunu COMSOL yazılımında Standart k-ε türbülans modelini kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Akış hacminde üniform olmayan türbülans yoğunluğunu ve en yüksek hızların enjektörlerin kenar kısımlarında olduğunu gözlemlemişlerdir.

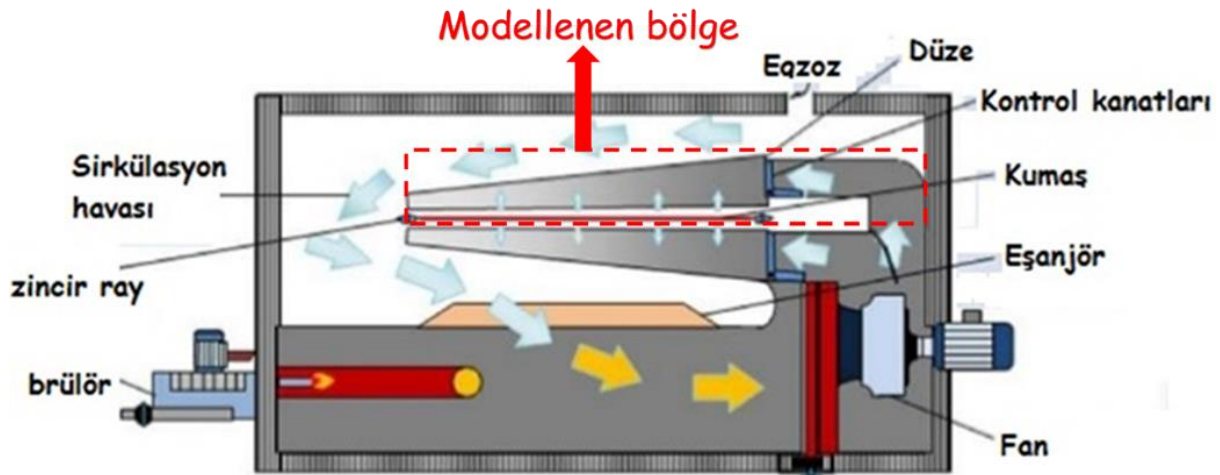
Baxi vd. [7], MATLAB SIMULINK yazılımını kullanarak farklı sektörlerde kullanılabilecek dönel kurutucular için kütle, nem ve ısı transferi denkliği için matematiksel model geliştirerek bir ram makinesinde modelin uygulanabilirliğini ortaya koymuşlardır. Patel vd. [8], iki farklı ram makinesi ve bantlı konveyör için enerji modelleme temeline dayanan bir kıyaslama çalışması

gerçekleştirmişlerdir. Performans göstergeleri olarak özgül enerji tüketimi ve enerji etkinlik katsayısı gibi parametreler belirlemişlerdir. Geliştirdikleri enerji modellemesi vasıtasıyla pamuk ve yün kumaşların kuruma ve taşınma proseslerinde ram makinelerinin ve bantlı konveyörlerin enerji tüketimlerinin %10 oranında azaltılabileceğini göstermişlerdir. Farklı ısı değiştiricisi konfigürasyonları kullanarak ram makinelerinin egzozunda enerji geri kazanımı için çeşitli metodolojiler de geliştirilmiştir [9]. Ram makinelerinin enerji verimliliğini, kurutma performansını ve ısı geri kazanım potansiyelini inceleyen deneysel çalışmalar da mevcuttur [3, 10-13].

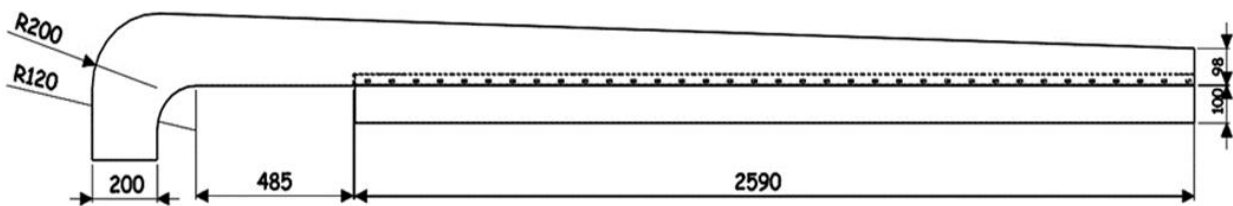
Bu çalışmada, bir tekstil fabrikasında hali hazırda kullanılmakta olan bir ram makinesi içerisindeki hava akışı ANSYS Fluent yazılımı ile modellenmiş ve bu ram makinesi içerisinde kullanılan düzelerin düze açıklığı ve düze açısı gibi bazı geometrik parametrelerinin akış yapısına olan etkileri ortaya konmuştur.

2 Materyal ve metot

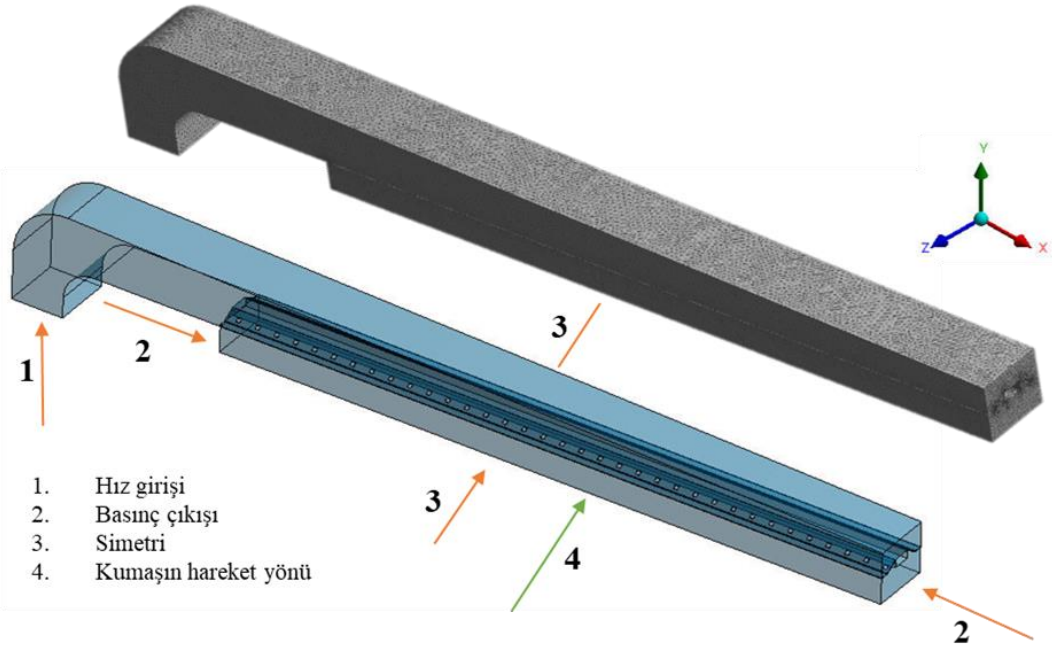
Bu çalışmada, akış analizi yapılan katı modelin ölçülendirilmiş şematik görüntüsü iki boyutlu olarak Şekil 2’de verilmiştir. Bir düze dilimi, Şekil 3’de verilen koordinat sistemi göz önüne alındığında z-ekseninde 235 mm uzunluğa sahiptir. Şekil 3’de “1” ile gösterilen kesitten sıcak hava düzeye girer, düze deliklerinden geçerek kumaş ile temas eder ve daha sonra “2” ile gösterilen simetrik iki yüzeyden düzeye terk eder. Analizler üç boyutlu olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Doğalgaz brülörlü ram makinesinin şematik gösterimi [14]



Şekil 2. Ram makinesindeki bir düze diliminin şematik görüntüsü

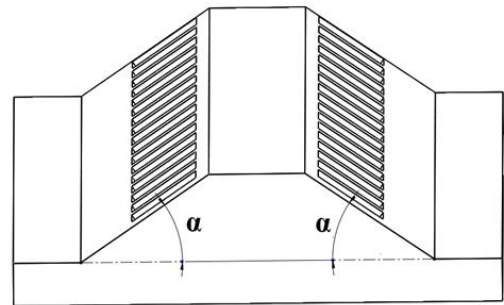


Şekil 3. Sayısal modelin ağ yapısı ve sınır şartları

“1” ile gösterilen kesit (200 mm x 235 mm) sıcak havanın düzeye giriş kesitidir ve modellerde “hız girişi (velocity inlet)” sınır şartı ile tanımlanmıştır. Tüm modellerde hava giriş hızı 5 m/s olarak kabul edilmiştir. “2” ile gösterilen simetrik iki yüzey “basınç çıkışı (pressure outlet)” olarak tanımlanmıştır. Çıkış yüzeylerinde, hava atmosferik koşullardadır. Bir ram makinesi, kapasite bakımından farklı sayılarda kabin içermekte olup, bu çalışmada her bir kabin içerisinde 24 adet düze dilimi içeren 10 kabinli bir ram makinesi üzerinde çalışılmıştır. Dolayısıyla ram makinesindeki hava akışını endüstriyel ölçekte modellemek yüksek maliyet ve hesaplama süresi gerektirir. Bu sebeple bu çalışmada, bir dilimdeki hava akışı modellenmiştir. Şekil 2’de, “3” ile gösterilen yüzeylerde “simetri” ve diğer tüm yüzeyler için “duvar (wall)” sınır şartı tanımlanmıştır. Düzeye delikleri kare geometriye ve 15 mm x 15 mm boyutlara sahiptir.

Geometrilerin akış analizleri ANSYS-Fluent programında gerçekleştirilmiştir. Analizlerde daimi akış kabulü yapılmıştır. Sonlu Hacimler Yöntemi ile ayrıklaştırma gerçekleştirilmiş, her bir geometride küçük değişiklikler göstermekle beraber akış hacmi yaklaşık $5 \cdot 10^6$ tetrahedral (dört yüzlü) elemana ayrılmıştır. Oluşturulan ağ yapısında en yüksek çarpıklık değeri 0.80 düzeyinde tutulmuştur. Akış hacminde en yüksek eleman boyutu 0.015 m, düze deliklerinin bulunduğu yüzeylerde ise 0.002 m olarak belirlenmiştir. Modellerde akışkan olarak uygulamadaki gibi hava belirlenmiştir. Havanın yoğunluğu 1.225 kg/m^3 ve viskozitesi $1.7894 \cdot 10^{-5} \text{ kg/ms}$ 'dir. Akış hacmi değişkenlerini ayrıklaştırmak için SIMPLE algoritmasından yararlanılmıştır. Mekânsal ayrıklaştırma işleminde ikinci mertebeden ileri gidişli şema (second order upwind scheme) seçilmiştir. Her bir analiz için paralel olacak şekilde 8 işlemcide gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma için düze açısı (α) ve düze açıklık oranı (B) akışa olan etkisinin incelendiği geometrik parametrelerdir. Düzeye açısı (α) bir düze diliminde düze deliklerinin bulunduğu yüzeyin yatayla yaptığı açığı temsil etmektedir (Şekil 4). Düzeye açıklık oranı (B) ise düze deliklerinin bulunduğu eğik yüzey üzerinde delikli alanın toplam yüzey alanına oranını ifade etmektedir. Düzeye açısı için değerler sırasıyla $\alpha_1=0^\circ$, $\alpha_2=10^\circ$, $\alpha_3=20^\circ$, $\alpha_4=30^\circ$ olarak belirlenmiştir. Düzeye açıklık oranı değerleri sırasıyla $B_1=0.05$, $B_2=0.1$, $B_3=0.2$, $B_4=0.3$ ve $B_5=0.4$ 'tür. Düzeye açıklık oranı (B) arttıkça hem x-doğrultusundaki delik sayısı artmakta hem de z-doğrultusunda bir sıra daha delik geometrisi eklenmektedir. Bu çalışmada örnek alınan ram makinesi düzesi aktif olarak bir tekstil fabrikasında kullanılan ram makinesinde bulunan düzelerdir. Bu örnek düzeler $\alpha=30^\circ$ açığa ve $\beta_1=0.05$ açıklık oranına sahiptir. Sunulan çalışmada, hava akışının sıkıştırılmaz akış olduğu ve 25°C sıcaklıkta gerçekleştiği kabul edilmiştir. Bu akış problemi Reynolds Ortalamalı Navier-Stokes (RANS) denklemleri ile tanımlanabilir. Bu denklemlerde, hız ve basınç büyüklükleri zaman ortalamalı ve çalkantı terimleri cinsinden yazılır. Sürekliliği ve momentumun korunumunu ifade eden RANS denklemleri [Denklem \(1\)](#) ve [Denklem \(2\)](#) ile verilmiştir.



Şekil 4. Düzeye açısı

$$\frac{\partial U_i}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

$$\rho U_j \frac{\partial U_i}{\partial x_j} = - \frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right) \right] - \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho \overline{u'_i u'_j}) \quad (2)$$

Bu denklemlerde; i ve j alt simgeleri, akışın üç boyutlu olarak gerçekleştiğini dikkate almak için 1, 2 ve 3 değerlerini alabilir. ρ akışkanın yoğunluğunu, U kartezyen koordinatlardaki herhangi bir hız bileşenini, P akışkanın statik basıncını, μ akışkanın dinamik viskozitesini, ve u' hızın türbülans çalkantı bileşenini ifade etmektedir. $\rho \overline{u'_i u'_j}$ ifadesi Reynolds gerilmelerini temsil etmektedir. Reynolds gerilmelerini modelleyebilmek için ilave türbülans modeli denklemlerinin çözümüne ihtiyaç duyulur. Türbülans modeli olarak literatürde ram makinelerinin HAD modellemesi yapılırken uygulduğu ortaya konan [6] Standart k - ε modeli seçilmiştir. Standart k - ε türbülans modeli, iki denklemlilik türbülans modelleri arasında ekonomikliği ve pek çok akış olayında kabul edilebilir doğrulukta sonuç vermesi açısından yaygın olarak kullanılan yarı ampirik bir modeldir. Türbülans kinetik enerjisi (k) ve disipasyon (kayıp) oranı (ε) için yazılan iki adet transport denkleminin çözümü ve türbülans viskozitesinin (μ_t) hesabını içerir. Kaldırma kuvvetleri etkisi ihmal edildiğinde, bu transport denklemleri k ve ε için sırası ile Denklem 3 ve Denklem 4'te verilen şekilde yazılabilir [15].

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho k u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k - \rho \varepsilon \quad (3)$$

$$\frac{\partial(\rho \varepsilon)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho \varepsilon u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} G_k - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (4)$$

Bu denklemlerde yer alan μ_t : türbülans viskozitesi Denklem 5 ile hesaplanmaktadır.

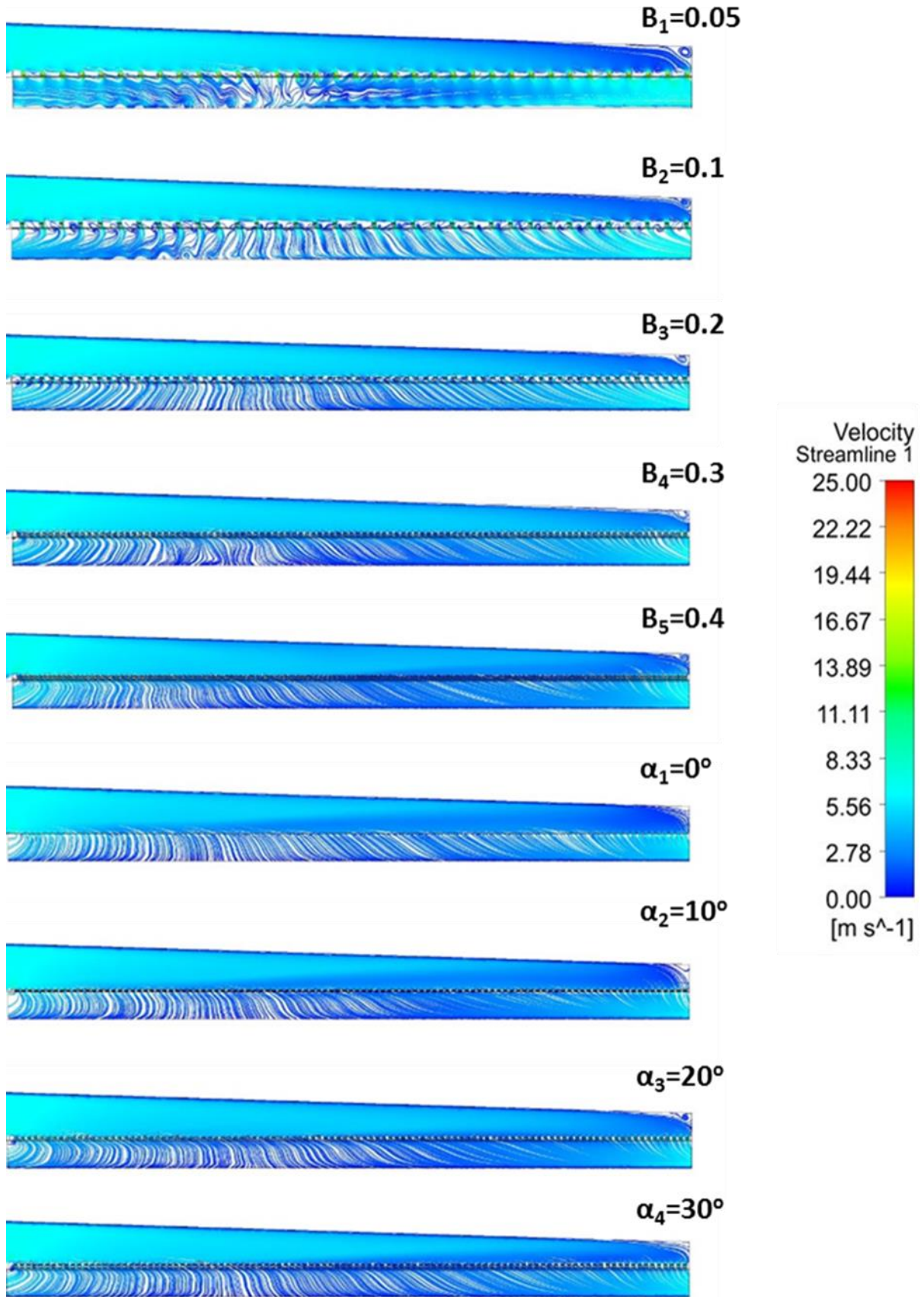
$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (5)$$

Bu denklemlerde; k türbülans kinetik enerjisini, ε türbülans yitim oranını ifade etmektedir. Denklemlerde bulunan sabitler $\sigma_k=1$, $\sigma_\varepsilon=1.3$, $C_{1\varepsilon}=1.44$, $C_{2\varepsilon}=1.92$ ve $C_\mu=0.09$ değerlerini almaktadırlar [15].

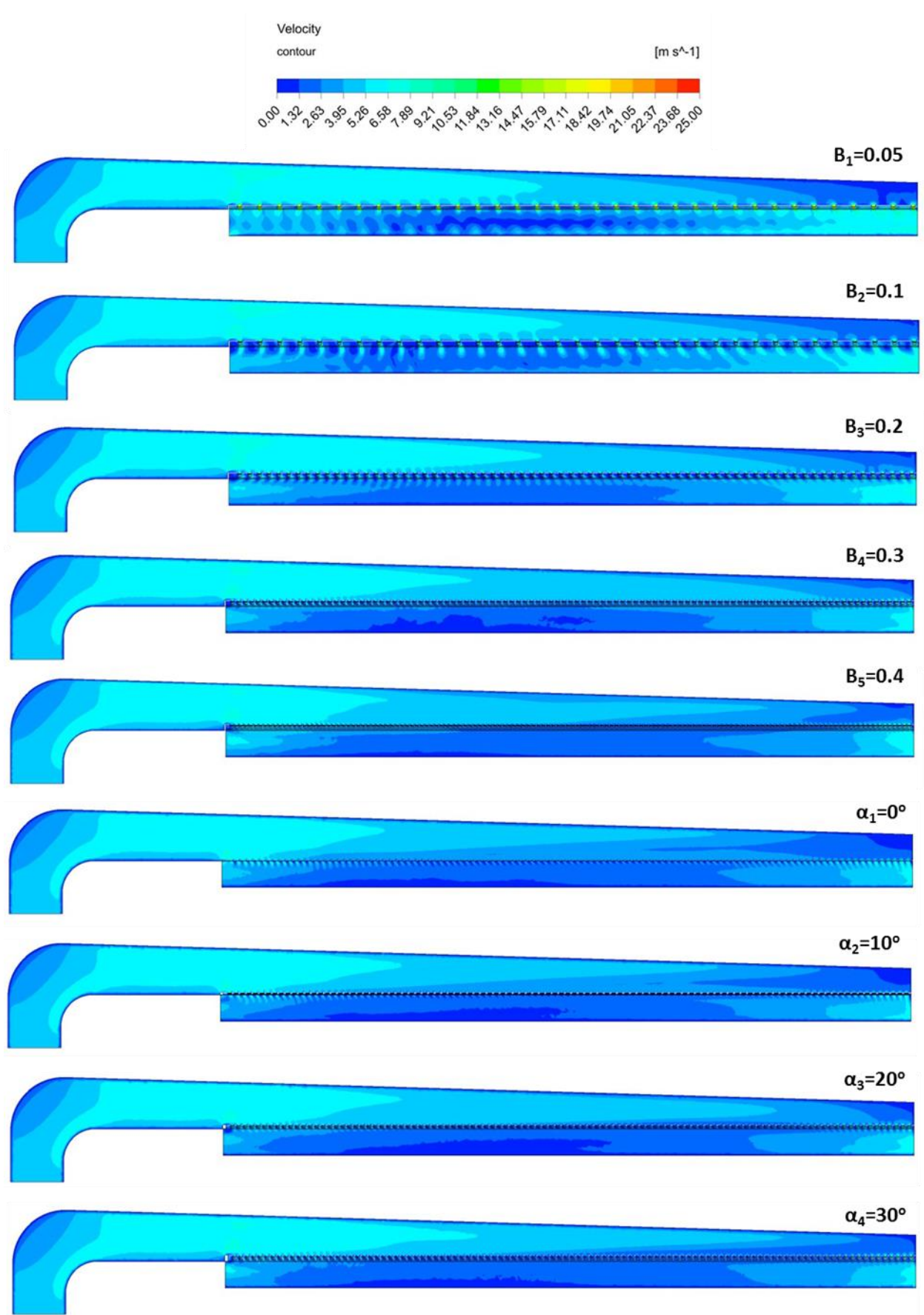
3 Bulgular ve tartışma

ANSYS Fluent paket programında gerçekleştirilen akış analizleri ile ram makinesindeki hava akışı ile ilgili veriler elde edilmiştir. Sonuçlar irdelenirken özellikle hız alanı ile ilgili veriler göz önünde bulundurulmuştur. Analiz sonuçları farklı kesitlerden alınan akım çizgileri ve hız konturları olarak sunulmuştur. Şekil 5'te, ram makinesinin Şekil 3'te

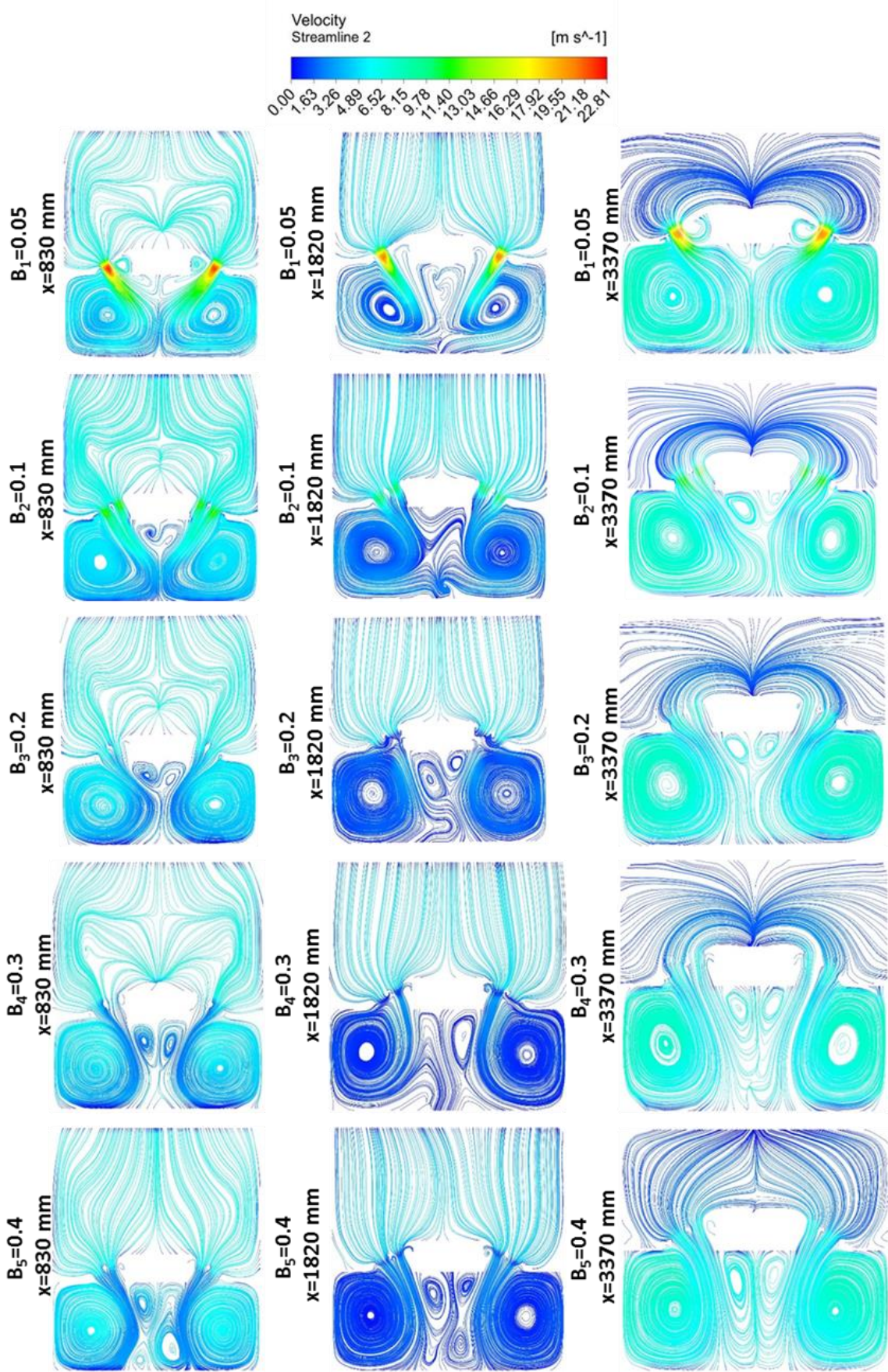
verilen eksen takımı dikkate alındığında xy düzlemi (düze deliklerini içerecek şekilde belirlenen kesit üzerinde) üzerinde belirlenen yüzey üzerindeki akım çizgileri tüm geometrik parametreler için verilmiştir. Şekil 5 incelendiğinde, tüm geometrik parametreler için düze boyunca akışın bu doğrultuda tam olarak homojen dağılmadığı görülmektedir. Yine tüm geometrik parametrelerde, akışın büyük bölümü düze deliklerinden geçtikten sonra kumaşa çarpmakta ve özellikle düze sonundaki çıkışa doğru (Şekil 3'te düze sonunda "2" ile gösterilmiştir.) yönelmektedir. Akış, düzenin üst kısmında pozitif x -doğrultusunda gerçekleştiği için deliklerden geçtikten sonra akışın büyük bölümünün pozitif x -doğrultusuna yöneldiği düşünülmektedir. Şekil 6'da, Şekil 5'in sunulduğu düzlem üzerinde hız alanına ait konturlar verilmiştir. Şekil 5 ve Şekil 6 birlikte değerlendirildiğinde, düze açıklık oranı (B) düşük olduğunda düze deliklerinden geçen havanın hızı ve dolayısıyla debisi daha yüksek olmaktadır. $B_1=0.05$ değeri için düze deliklerinden geçen hava hızı 20 m/s civarına kadar artmaktadır. Bununla birlikte düze açıklık oranının (B) artmasıyla düze deliklerinin hemen alt bölgesinde deliklere yakın kısımlarda daha homojen hız dağılımı oluşmaktadır. Fakat açıklık oranının artışı ile beraber deliklerden geçen hava hızı düşmekte ve havanın bir kısmı en alt yüzeyde bulunan kumaşa temas etmeden, bir kısmı ise kumaşa daha fazla yatay açıyla temas ederek akış bölgesini terk etmektedir. Bu durumun kurutma performansının düşüşüne yol açabileceği düşünülmektedir. Bunun yanı sıra çok düşük açıklık oranı ($B_1=0.05$) değerinde ise kumaşın orta bölgelerinde çok düşük hızlar oluşmaktadır. Şekil 5 ve Şekil 6, düze açısı (α) dikkate alınarak incelenirse, düze açısının (α) artmasıyla deliklerden geçen hava akışının kumaşa daha dar açıyla temas ettiği görülür. Ayrıca düze açısının artmasıyla birlikte yüzeyin orta bölgelerinde akış hızı düşmektedir. Bu durumların kurutma prosesinin verimini azaltabileceği düşünülmektedir. Şekil 7 ve Şekil 8'de, y - z düzleminde x -doğrultusunda düze deliklerinin başlangıç bölgesi, orta bölgesi ve son bölgesini ifade eden yüzeyler üzerinde akım çizgileri elde edilmiştir. Şekil 7 dikkatli bir şekilde incelenirse, hava akışı düzenin sonuna doğru ilerledikçe deliklerden geçen akış debisinin azaldığı tüm parametreler için akım çizgilerinden de net şekilde anlaşılmaktadır. Düze açıklığı (B) değeri arttıkça düze deliklerinden geçen hava hızı azaldığı için daha kısa mesafede vorteksler oluşmaktadır. Bu durum da hava jeti akışının kumaşa daha düşük yüzey alanında temas etmesine sebep olabilmektedir. Ayrıca düze açıklık oranının artışı deliklerden geçen hava akışının iki yönde vorteks oluşturmaya sebep olmaktadır. Şekil 8'de düze açısının artmasıyla iç kısımlarda kalan deliklerden geçen akışın kumaşa temas alanının azaldığı görülmektedir ki bu durumun kurutma performansına olumsuz etki edeceği düşünülmektedir. Düze açısı arttıkça iç kısımlarda kalan deliklerin kurutma bölgesine yönlendirdiği hava akışı birbirleri ile çarpışmaktadır. Bu durumda akışın sahip olduğu enerjide bir kayıp yaşanabilir. Bu noktada önemli olan kısım deliklerden geçen hava akışının olabildiğince yüksek hızla (kumaşa olumsuz bir etki bırakmayacak kadar yüksek bir hız) kumaşa temas etmesidir.



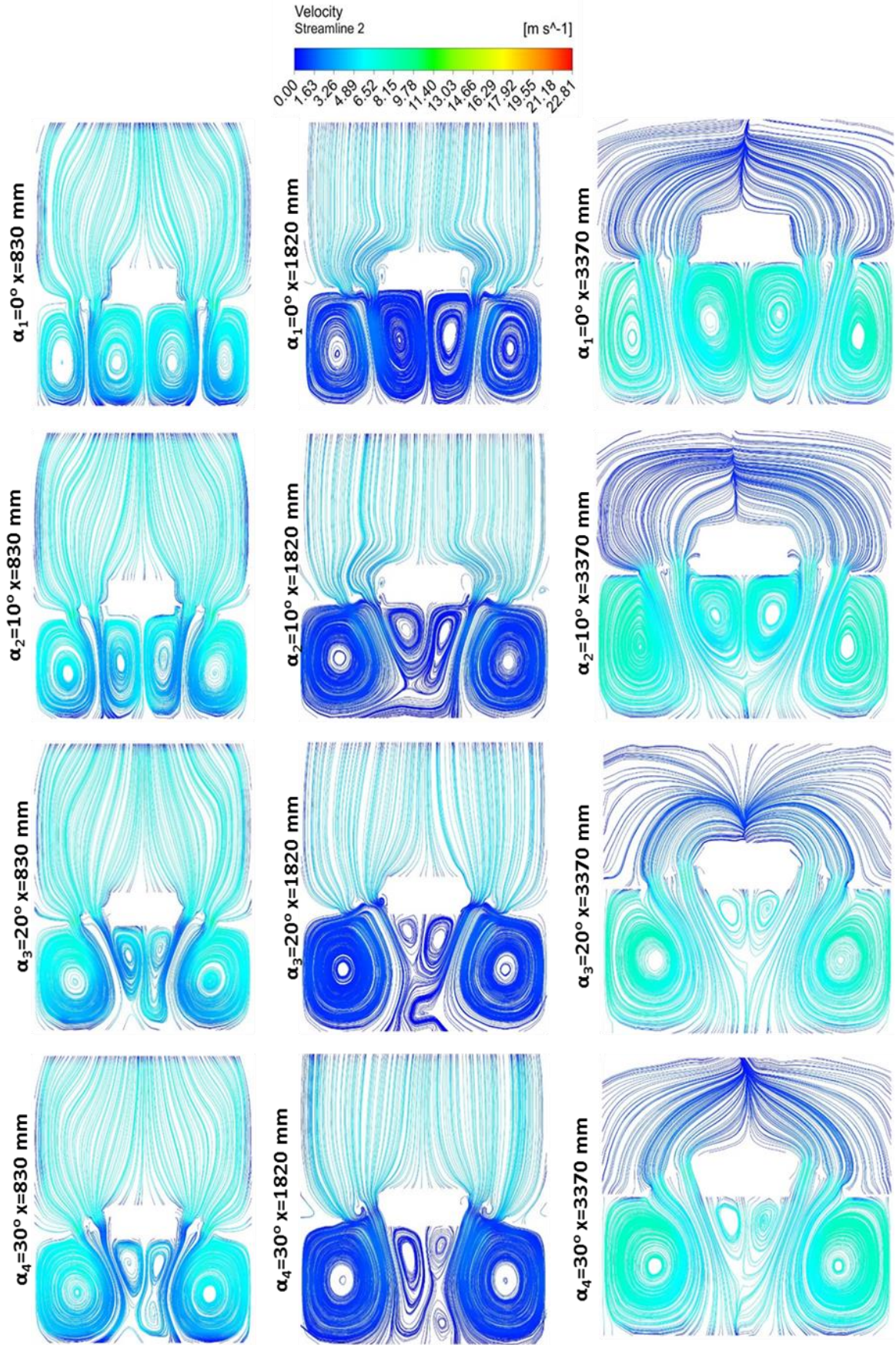
Şekil 5. Farklı açıklık oranları ve farklı düze açılıarı için düze deliklerinden geçen akışın akım çizgileri



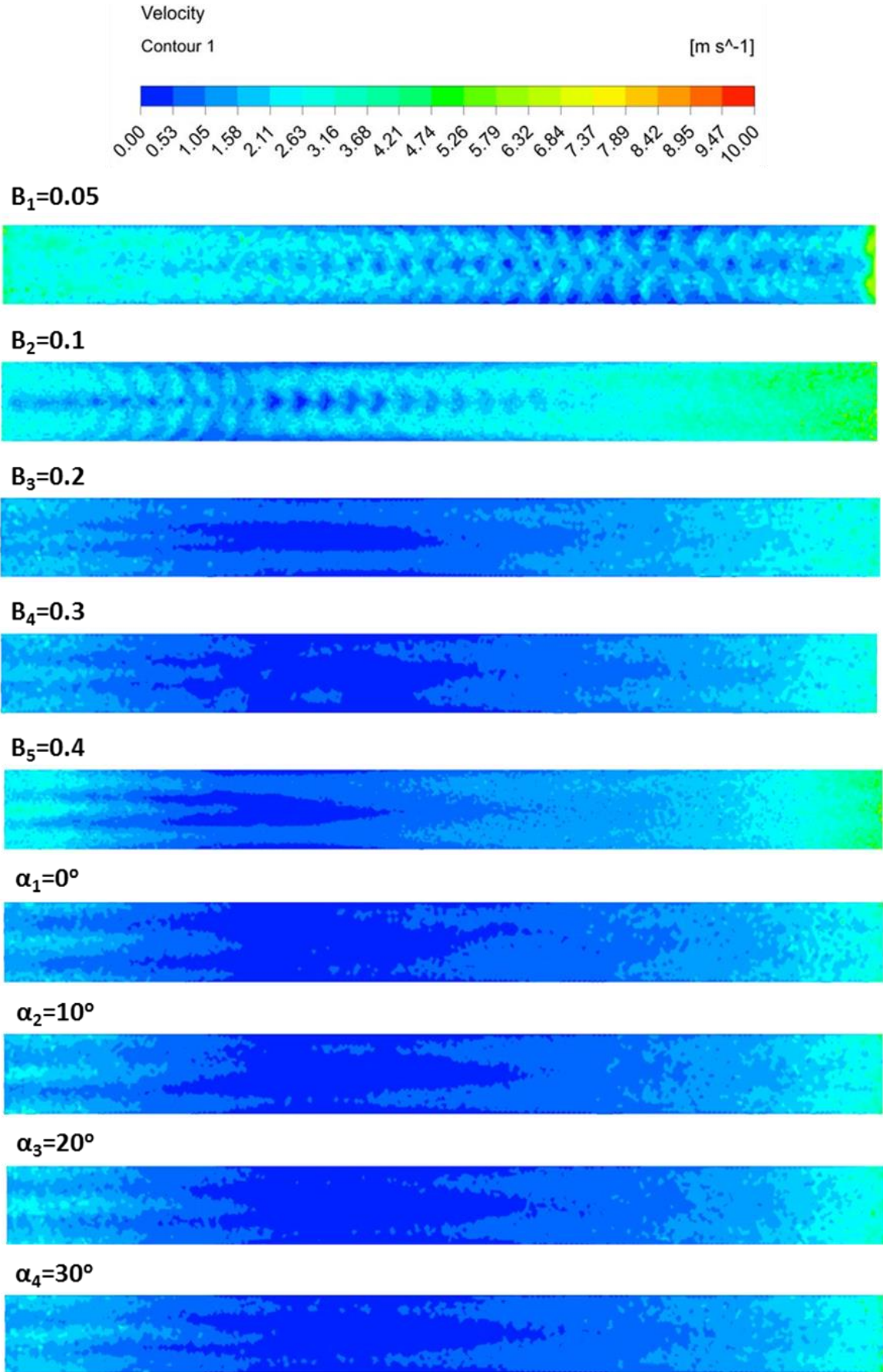
Şekil 6. Farklı açıklık oranları ve farklı düze açılıarı için düze deliklerinden geçen akışın hız konturları



Şekil 7. Farklı açıklık oranları ve farklı y-mesafeleri için düze deliklerinden geçen akışın akım çizgileri



Şekil 8. Farklı düze açıları ve farklı y-mesafeleri için düze deliklerinden geçen akışın akım çizgileri



Şekil 9. Farklı açıklık oranları ve farklı düze açılıarı için kumaşa çarpan hava akışının hız konturları

Şekil 9’da kumaş üzerindeki hız dağılımını görebilmek için tüm geometrik parametreler için kumaş üzerindeki hız konturları verilmiştir. Tüm geometrik parametrelerde de düze giriş ve çıkış bölgelerine karşılık gelen akış hacimlerinde daha yüksek hava akış hızları oluşmaktadır. $B_1=0.05$, $B_2=0.1$ ve $B_5=0.4$ açıklık oranı değerlerinde belirgin bir hız dağılımı farkı oluşmaktadır. $B_3=0.2$ ve $B_4=0.3$ açıklık oranı değerlerinde nispeten daha düzgün bir hız dağılımı olduğu görülmüştür. Şekil 9’da düze açısı ile ilgili konturlarda, düze açısının kumaş üzerinde belirgin bir fark oluşturmamakla beraber düze açısının düşük olması yani deliklerin bulunduğu yüzeyin daha fazla yatay açıda bulunmasıyla birlikte az da olsa daha homojen bir dağılım oluşturduğu gözlemlenmektedir.

4 Sonuçlar

Ram makinelerinde sayısal akış modellemesi gerçekleştirilen bu çalışma ile kumaş kurutma prosesinin iyileştirilmesi adına düze açıklık oranı ve düze açısının akış yapısına etkisi ortaya konmuştur. Özellikle düze deliklerine hava akışını sağlayan kanalın tek bir yönden ve yatay doğrultuda kurutma bölgesine besleme yapması özellikle x-doğrultusunda asimetrik bir hız dağılımına sebep olmaktadır. Bunun yanı sıra ram makinesi içindeki düzelerin açıklık oranının (B) %20-30 düzeylerinde tutulmasının düze içi hava akış dağılımını iyileştirdiği görülmüştür. Düze açısının (α) ise 0° ’de (yani düze deliklerinin bulunduğu yüzeyin yatay konumda tutulması durumunda) tutulmasının özellikle düze deliklerinden geçen havanın kumaş yüzeyi ile daha iyi temas halinde olduğu ve kurutma performansını arttıracak şekilde düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince “2425” kodlu proje kapsamında, aynı zamanda ILSAN Tekstil A.Ş. tarafından desteklenmiştir.

Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Benzerlik oranı (iThenticate): %6

Kaynaklar

- [1] Türkiye İhracatçılar Meclisi, 2020 Yılı İhracat Raporları, <https://tim.org.tr/tr/ihracat-rakamlari>, Erişim 18 Aralık 2020.
- [2] Türkiye İstatistik Kurumu, 2020 Yılı Enerji İthalat Raporları, <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=cevre-ve-enerji-103&dil=1>
- [3] B. Cınar Gelir and H. Ceylan, The effect of the heat recovery on fuel consumption in the stenter machine,

- Thermal Science, 25, 1047-1055, 2021. <https://doi.org/10.2298/TSCI190510336C>
- [4] R. T. Oğulata, F. D. Kadem ve E. Koç, Tekstilde kurutma yöntem ve makinaları, 4. Ulusal Tesizat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, sayfa 803-810, İzmir, Türkiye, 04-07 Kasım 1999.
- [5] M. Juraeva, K. J. Ryu, and D. J. Song, Optimum design of the injection duct system of a stenter machine, Journal of Mechanical Science and Technology, 31, 2279-2285, 2017. <https://doi.org/10.1007/s12206-017-0424-6>
- [6] W. P. Llanos, M. R. Santos, B. M. Quadri and O. I. Martins, Phenomenological modeling and simulation of a textile stenter, Textile Research Journal, 0, 1-18 2020. <https://doi.org/10.1177/0040517520918231>
- [7] H. Baxi, A. Patel, and J. Barve, Modelling and Simulation of Dryer System. Proceedings of 2015 International Conference on Industrial Instrumentation and Control, pp. 1544-1549, Pune, India, 2015.
- [8] N. G. Patel, D. J. Shendageb, M. G. Parikh, S. K. Basuc and M. H. Badea, Energy model-based benchmarking of the drying process in the stenter machine, Drying Technology an International Journal, 39, 1114-1133 2021. <https://doi.org/10.1080/07373937.2021.1907401>
- [9] R. T. Oğulata, Utilization of waste-heat recovery in textile drying. Applied Energy, 79, 41–49 2004. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2003.12.002>.
- [10] D. Fiaschi, G. Manfrida, L. Russo and L. Talluri, Improvement of waste heat recuperation on an industrial textile dryer: Redesign of heat exchangers network and components. Energy Conversion and Management, 924-940, 150, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.05.053>
- [11] A.E. Akan ve D. B. Özkan, Ram makinesinde kurutma prosesinin enerji verimliliği analizi, Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 10, 157-167, 2019. <https://doi.org/10.24012/dumf.434850>
- [12] A. E. Akan and D. B. Özkan, Experimental examination and theoretical modeling of drying behavior in the ram machine, Drying Technology an International Journal, 38, 1760-1775, 2020. <https://doi.org/10.1080/07373937.2019.1662436>
- [13] A.E. Akan and F. Ünal, Thin-Layer Drying Modeling in the Hot Oil-Heated Stenter, International Journal of Thermophysics, 41, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10765-020-02692-x>
- [14] M. H. Sheshir, Finishing Machines, <https://textilelab.blogspot.com/>, Erişim 07 Aralık 2020.
- [15] Fluent, A. N. S. Y. S. ANSYS fluent theory guide 15.0. ANSYS, Canonsburg, PA, 33, 2013.

