บทที่4
ผลที่ได้และการวิเคราะห์

ในบทนี้เป็นการอธิบายถึงวิธีการได้มาของค่าความดันตกคร่อมในไซโคลนจนถึงการวิเคราะห์ผลที่ได้โดยเริ่มตั้งแต่การคำนวณหาค่าความดันตกคร่อมในไซโคลนของแต่ละทฤษฎีที่นำมาพิจารณาในโครงงานนี้และนำผลที่ได้จากการคำนวณไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทำนายของ CFD และผลการทดลองจริง [9] เพื่อสามารถเลือกได้ว่าทฤษฎีไหนเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการพิจารณาหาค่าความดันตกคร่อมในไซโคลนและใช้ในการออกแบบไซโคลน ต่อไป

4.1 การคำนวณหาความดันตกคร่อมในไซโคลน

ในหัวข้อนี้เป็นการอธิบายวิธีการคำนวณหาค่าความดันตกคร่อมในไซโคลน ซึ่งมีวิธีการคำนวณที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนเนื่องจากสมการที่ใช้ในการคำนวณหาค่าความดันตกคร่อมในไซโคลนเป็นสมการที่มีรูปแบบอย่างง่าย

$$\Delta P = \alpha \frac{\rho_g v_i^2}{2}$$ จากสมการที่ 3.1

เมื่อ

ΔP = ค่าความดันตกคร่อมในไซโคลน, Pa

α = Pressure Drop Coefficient

ρ_g = ค่าความหนาแน่นของอากาศ, kg/m^3

v_i = ความเร็วที่ทางเข้าไซโคลน, m/s^2

จะเห็นว่าจากรูปแบบของสมการ ค่าที่มีผลทำให้ค่าความดันตกคร่อมในไซโคลนเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากคือค่าของ v_i และ α ซึ่งค่า α นี้จะเป็นฟังก์ชันกับขนาดของไซโคลนเป็นไปตามทฤษฎีของ 4 ทฤษฎีที่นำมาคำนวณดังนี้

1. Shepherd และ Lapple [4]
2. Casal และ Martinez [4]
3. Dirgo [4]
4. Coker[4]

รูปร่างของไซโคลนที่นำมาใช้ในการคำนวณมี 2 รูปร่างด้วยกันคือ Stairmand High Efficiency และ Bohnet [4] ซึ่งแต่ละรูปร่างก็จะมีผลทำให้ค่าของ Pressure Drop Coefficient (α) เปลี่ยนไปตามทฤษฎีทั้ง 4 ที่นำมาพิจารณา

4.2 วิธีการคำนวณหาค่า Pressure Drop Coefficient

จากตารางที่ 3.1 จะได้ค่าของ α ดังการคำนวณต่อไปนี้

1. Shepherd และ Lapple [4]

$$\alpha = 16\frac{ab}{D_e^2}$$ จากสมการที่ 3.2

$$\alpha = \frac{16 \times 0.5 \times 0.2}{0.5^2} = 6.4$$: Stairmand High Efficiency

$$\alpha = \frac{16 \times 0.533 \times 0.133}{0.333^2} = 10.22846$$: Bohnet

2. Casal และ Martinez [4]

$$\alpha = 11.3\left(\frac{ab}{D_e^2}\right)^2 + 3.33$$ จากสมการที่ 3.3

$$\alpha = 11.3\left(\frac{0.5 \times 0.2}{0.5^2}\right)^2 + 3.33 = 5.138$$: Stairmand High Efficiency

$$\alpha = 11.3\left(\frac{0.533 \times 0.133}{0.333^2}\right)^2 + 3.33 = 7.94806$$: Bohnet

3. Dirgo [4]

$$\alpha = 20\left(\frac{ab}{D_e^2}\right)\left[\frac{S/D}{(H/D)(h/D)(B/D)}\right]^{1/3}$$ จากสมการที่ 3.4

$$\alpha = 20\left(\frac{0.5 \times 0.2}{0.5^2}\right)\left[\frac{0.5}{(4)(1.5)(0.375)}\right]^{1/3} = 4.84565$$: Stairmand High Efficiency

$$\alpha = 20\left(\frac{0.533 \times 0.133}{0.333^2}\right)\left[\frac{0.733}{(2.58)(0.693)(0.333)}\right]^{1/3} = 13.70322$$: Bohnet

4. Coker [4]

$$\alpha = 9.47\frac{ab}{D_e^2}$$ จากสมการที่ 3.5

$$\alpha = 9.47\frac{0.5\times 0.2}{0.5^2} = 3.788$$: Stairmand High Efficiency

$$\alpha = 9.47\frac{0.533\times 0.133}{0.333^2} = 6.05397$$: Bohnet

4.3 วิธีการหาค่าความหนาแน่นของอากาศและความเร็ว

ค่าความหนาแน่นของอากาศนั้นเป็นฟังก์ชันกับอุณหภูมิ แต่ค่าความหนาแน่นนี้มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อมีการเปลี่ยนค่าของอุณหภูมิ ค่าของความหนาแน่นสามารถหาได้จากรูปที่ 4.14 ซึ่งจะได้ค่าของความหนาแน่นที่เป็นฟังก์ชันกับอุณหภูมิดังนี้

$\rho_g = 360.77819\times T^{-1.00336}$ เมื่ออุณหภูมิมีหน่วยเป็น K โดยช่วงของอุณหภูมิที่ใช้เป็น 300-500 K

ส่วนในกรณีของความเร็วนั้นจะทำการกำหนดค่าความเร็วที่ใช้ในการคำนวณโดยใช้ช่วงความเร็วจาก 5-25 m/s

4.4 วิธีการคำนวณหาค่าความดันตกคร่อม

ในหัวข้อนี้สามารถที่จะหาค่าความดันตกคร่อมในไซโคลนได้โดยใช้สมการต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งมีวิธีการคำนวณดังนี้

กรณี ความเร็วลม 5 m/s

อุณหภูมิ 300 K=> $\rho_g = 1.179766 kg/m^3$

ใช้ทฤษฎีของ Shepherd และ Lapple [4]

รูปร่างของไซโคลนเป็นแบบ Stairmand High Efficiency

จะได้ค่าความดันตกคร่อมในไซโคลนดังนี้

$$\Delta P = \alpha\frac{\rho_g v_i^2}{2}$$

แทนค่าในสมการจะได้

$$\Delta P = \frac{6.4\times 1.179766\times 5^2}{2} = 94.38128 Pa$$

กรณี ความเร็วลม 10 m/s

อุณหภูมิ 300 K=> $\rho_g = 1.179766 kg/m^3$

ใช้ทฤษฎีของ Shepherd และ Lapple [4]

รูปร่างของไซโคลนเป็นแบบ Stairmand High Efficiency

จะได้ค่าความดันตกคร่อมในไซโคลนดังนี้

$$\Delta P = \alpha \frac{\rho_g v_i^2}{2}$$

แทนค่าในสมการจะได้

$$\Delta P = \frac{6.4 \times 1.179766 \times 10^2}{2} = 377.52512 Pa$$

กรณี ความเร็วลม 15 m/s

อุณหภูมิ 300 K=> $\rho_g = 1.179766 kg/m^3$

ใช้ทฤษฎีของ Shepherd และ Lapple [4]

รูปร่างของไซโคลนเป็นแบบ Stairmand High Efficiency

จะได้ค่าความดันตกคร่อมในไซโคลนดังนี้

$$\Delta P = \alpha \frac{\rho_g v_i^2}{2}$$

แทนค่าในสมการจะได้

$$\Delta P = \frac{6.4 \times 1.179766 \times 15^2}{2} = 849.43152 Pa$$

กรณี ความเร็วลม 20 m/s

อุณหภูมิ 300 K=> $\rho_g = 1.179766 kg/m^3$

ใช้ทฤษฎีของ Shepherd และ Lapple [4]

รูปร่างของไซโคลนเป็นแบบ Stairmand High Efficiency

จะได้ค่าความดันตกคร่อมในไซโคลนดังนี้

$$\Delta P = \alpha \frac{\rho_g v_i^2}{2}$$

แทนค่าในสมการจะได้

$$\Delta P = \frac{6.4 \times 1.179766 \times 20^2}{2} = 1510.10048 Pa$$

กรณี ความเร็วลม 25 m/s

อุณหภูมิ 300 K=> $\rho_g = 1.179766 kg/m^3$

ใช้ทฤษฎีของ Shepherd และ Lapple [4]

รูปร่างของไซโคลนเป็นแบบ Stairmand High Efficiency

จะได้ค่าความดันตกคร่อมในไซโคลนดังนี้

$$\Delta P = \alpha \frac{\rho_g v_i^2}{2}$$

แทนค่าในสมการจะได้

$$\Delta P = \frac{6.4 \times 1.179766 \times 25^2}{2} = 2359.532 Pa$$

ส่วนในกรณีอื่นๆ ก็ใช้วิธีการคำนวณตามวิธีการที่กล่าวมานี้ ซึ่งสามารถสรุปผลที่ได้ในรูปแบบตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ค่าความดันตกคร่อมในไซโคลน (Pa) ของทฤษฎีต่างๆ กรณีรูปร่างของ Stairmand High Efficiency, อุณหภูมิทางเข้าไซโคลนมีค่า 300 K

ความเร็ว (m/s)	Shepherd & Lapple Model[4]	Casal & Martinez Model[4]	Dirgo Model[4]	Coke Model[4]
5	94.38	77.39	72.99	57.06
10	377.53	309.56	291.95	228.23
15	849.43	696.52	656.88	513.51
20	1510.10	1238.26	1167.79	912.91
25	2359.53	1934.78	1824.67	1426.42

ตารางที่ 4.2 ค่าความดันตกคร่อมในไซโคลน (Pa) ของทฤษฎีต่างๆ กรณีรูปร่างของ Stairmand High Efficiency, ความเร็วทางเข้าไซโคลนมีค่า15 m/s

อุณหภูมิ (K)	Shepherd & Lapple Model[4]	Casal & Martinez Model[4]	Dirgo Model[4]	Coke Model[4]
300	867.60	696.52	656.88	513.51
350	749.18	601.45	567.23	443.42
400	670.07	537.94	507.33	396.60
450	606.05	486.55	458.86	358.71
500	553.18	444.10	418.83	327.41

ตารางที่ 4.3 ค่าความดันตกคร่อมในไซโคลน (Pa) ของทฤษฎีต่างๆ กรณีรูปร่างของ Bohnet, อุณหภูมิทางเข้าไซโคลนมีค่า 300 K

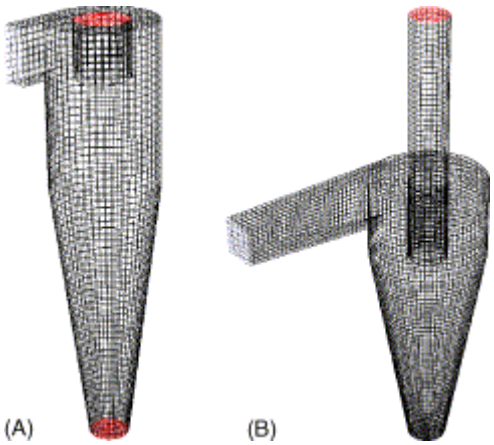
ความเร็ว (m/s)	Shepherd & Lapple Model[4]	Casal & Martinez Model[4]	Dirgo Model[4]	Coke Model[4]
5	154.07	119.72	206.39	72.99
10	616.27	478.87	825.54	291.95
15	1386.60	1077.46	1857.47	656.88
20	2465.06	1915.49	3302.17	1167.79
25	3851.66	2992.95	5159.63	1824.67

ตารางที่ 4.4 ค่าความดันตกคร่อมในไซโคลน (Pa) ของทฤษฎีต่างๆ กรณีรูปร่างของ Bohnet, ความเร็วทางเข้าไซโคลนมีค่า15 m/s

อุณหภูมิ (K)	Shepherd & LappleModel [4]	Casal & Martinez Model [4]	Dirgo Model [4]	Coke Model [4]
300	1386.60	1077.46	1857.47	820.69
350	1197.34	930.40	1603.95	708.68
400	1070.91	832.15	1434.57	633.84
450	968.59	752.65	1297.51	573.28
500	884.10	686.99	1184.32	523.27

4.5 การทำนายค่าความดันตกคร่อมภายใต้เงื่อนไขที่มีความเร็วแตกต่างกัน

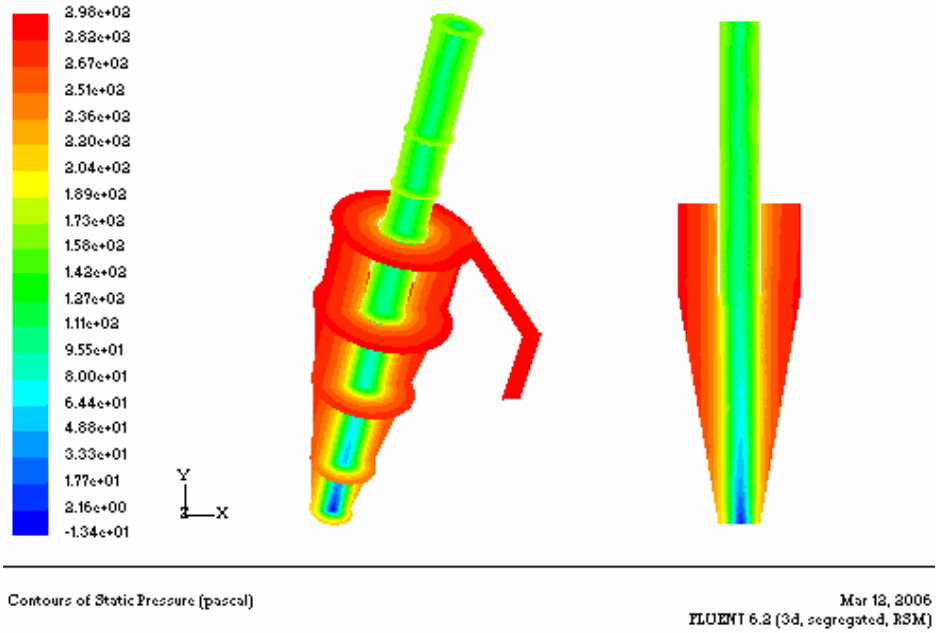
การวัดค่าของความดันตกคร่อมภายในไซโคลนจะยึดถือเอาช่วงของความเร็วที่ทางเข้าจาก 5 m/s ถึง 25m/s ตามการออกแบบไซโคลนของ Stairmand High efficiency และ5m/s ถึง 15m/s ของ Bohnet ซึ่งผลที่ได้จากการคำนวณเชิงตัวเลขนี้เป็นผลมาจากจำนวนของ grid ของไซโคลนที่ได้จากการ mesh และตัวแปรอื่นที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณทางของไหล(CFD) ทฤษฎีทั้ง4 ทฤษฎี Shepherd และ Lapple [4] , Casal และ Martinez [4], Dirgo [4], และ Coker [4] ที่นำมาใช้ในการคำนวณหาค่าของความดันตกคร่อมภายในไซโคลนนั้น จะนำผลที่ได้จากการคำนวณมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดลอง [9] และผลที่ได้จากการคำนวณทางของไหล หรือ Computation Fluid Dynamic (CFD) ของ FLUENT6.1



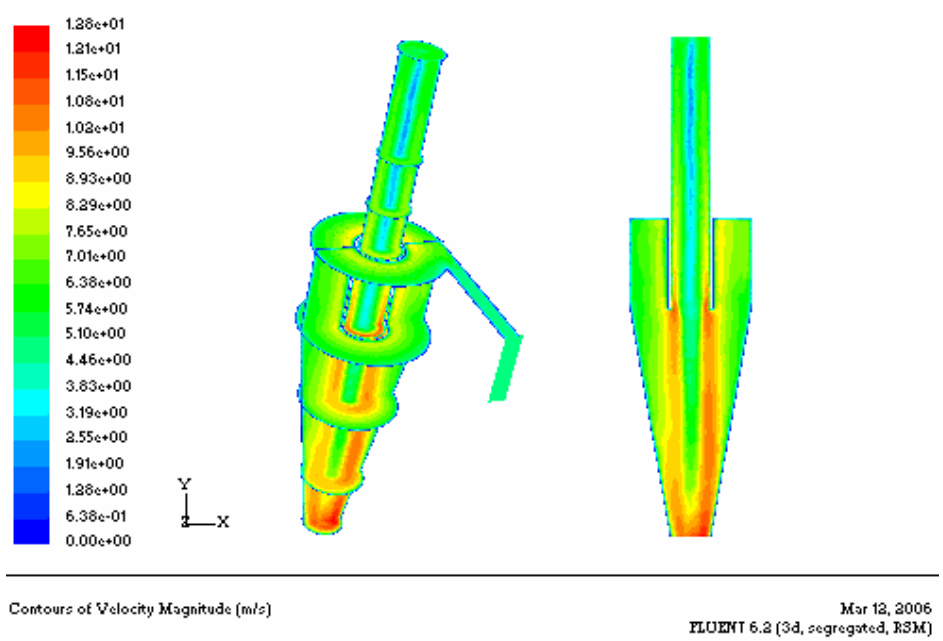
รูปที่ 4.1 Mesh ของพื้นผิว (A) Stairmand high efficiency และ (B) Bohnet cyclone

จากรูปที่ 4.1 แสดงความหนาแน่นของจำนวน Mesh ที่ใช้ใน Model ของ (A) Stairmand high efficiency และ (B) Bohnet cyclone ซึ่งผลจากการจำลองของ CFD ผลที่ได้นั้นขึ้นอยู่กับจำนวน Mesh ด้วย ดังนั้นจึงมีการเปลี่ยนแปลงจำนวน Mesh ที่ใช้ในการจำลองของ CFD เมื่อมีการใช้จำนวน Mesh ที่มากขึ้นก็จะทำให้ใช้เวลาในการจำลองของ CFD มากขึ้นซึ่งสิ่งที่ต้องตามมาคือต้องใช้กำลังเครื่องเพื่อใช้ในการคำนวณเพิ่มขึ้นและจำนวนของ Mesh เท่าใดถึงจะเหมาะสมเพื่อใช้ในการจำลองของ CFD ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่าจำนวน Mesh ที่เหมาะสมที่ต้องการนั้นขึ้นอยู่กับว่าผลเฉลยของสิ่งที่ต้องการนั้น ต้องการให้มีความแม่นยำมากน้อยแค่ไหนและยังต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้คำนวณด้วย

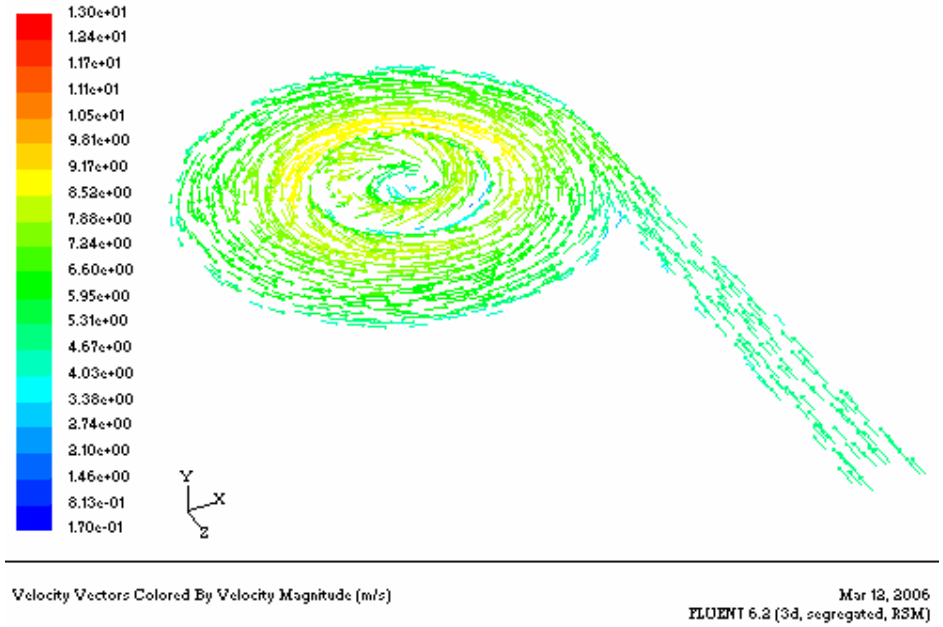
สิ่งที่ได้จากการจำลองของ CFD นั้นสามารถที่จะแสดงออกมาในรูปแบบของ Graphics หรือ รูปแบบของข้อมูลที่ต้องการได้พอสมควร ไม่ว่าจะเป็นการแสดงค่าของ Map Static Pressure, ค่าของ Contours Velocity, ค่าของ Contours Vector Velocity, แสดงเส้นทางการไหลของของไหล Path Line, แม้กระทั่ง Animation ต่างๆเพื่อใช้ในการนำเสนอ ซึ่งผลที่ได้จากการจำลองของ CFD ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วที่ทางเข้าของไซโคลนได้แสดงดังรูปต่อไปนี้



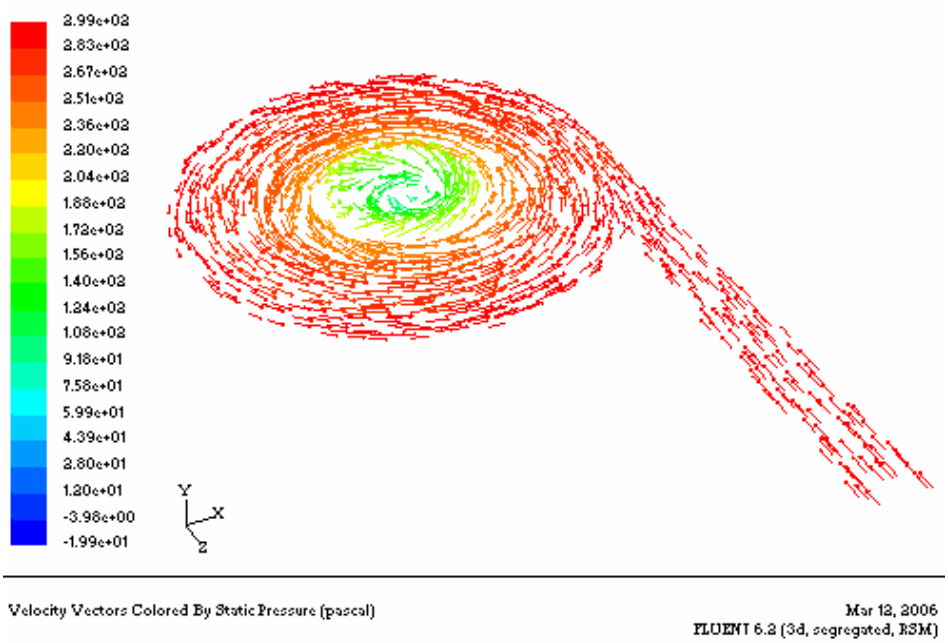
รูปที่ 4.2 Contours of Static Pressure (Geometry Bohnet, Velocity 5 m/s, Temperature 293 K at Inlet Cyclone)



รูปที่ 4.3 Contours of Velocity (Geometry Bohnet, Velocity 5 m/s, Temperature 293 K)

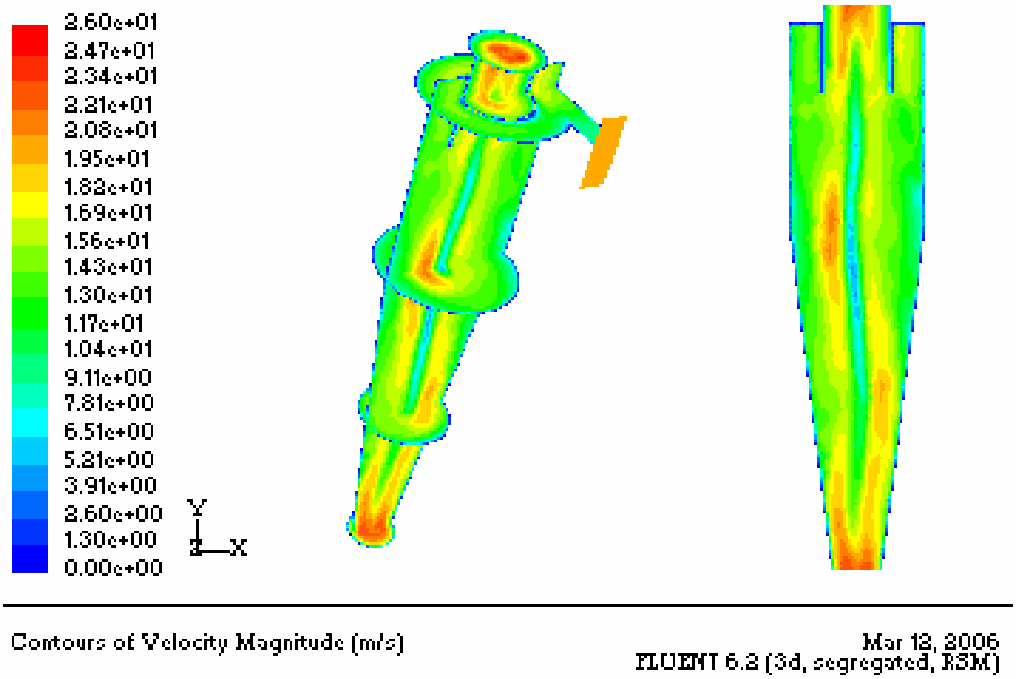


รูปที่ 4.4 Velocity Vector Colored by Velocity (Geometry Bohnet, Velocity 5 m/s, Temperature 293 K at Inlet Cyclone)

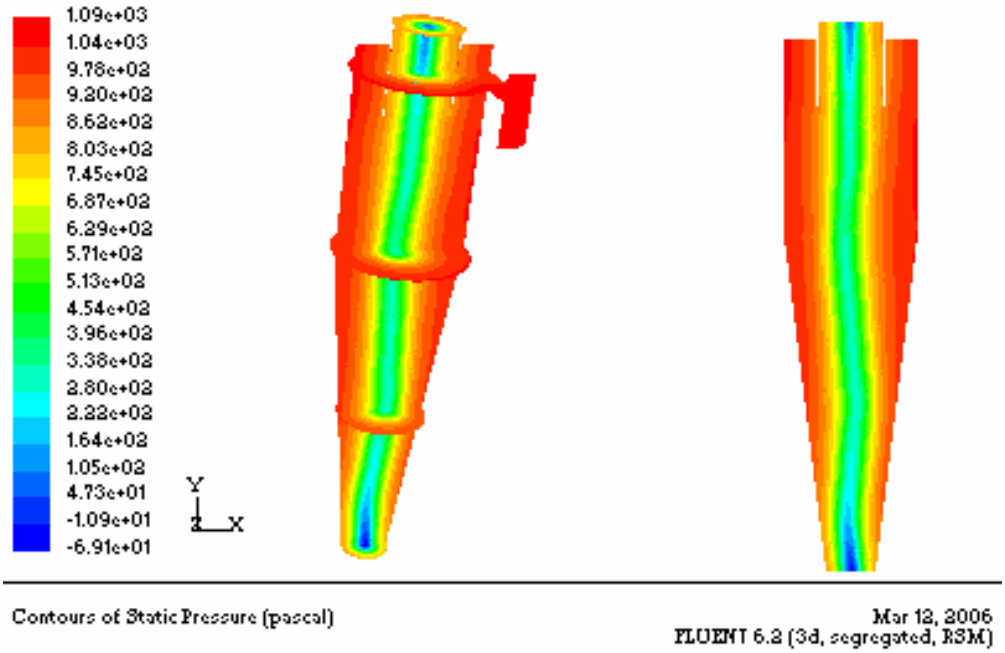


รูปที่ 4.5 Velocity Vector Colored by static Pressure (Geometry Bohnet, Velocity 5 m/s, Temperature 293 K at Inlet Cyclone)

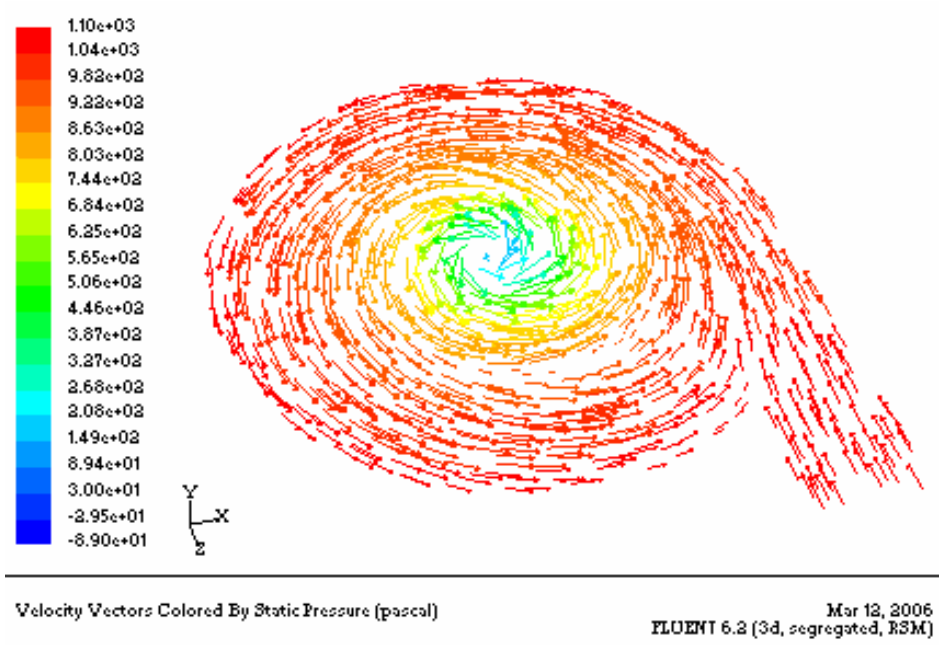
จากรูปที่ 4.2 อธิบายได้ว่าค่าของ Static Pressure มีค่าสูงมากที่บริเวณผนังของไซโคลน เนื่องจากบริเวณผนังนี้ความเร็วต่ำมากและจากรูปที่ 4.4 แสดง Vector ของความเร็วซึ่งลักษณะของการไหล จะเป็นดังนี้คือ จะเกิดกระแสหมุนวนภายในไซโคลน เมื่อกระแสนี้เคลื่อนที่จนเกือบถึงปลายโคน (บริเวณทางออกของฝุ่น) อากาศจะหมุนกลับเป็นกระแสวนที่เล็กกว่าเดิมและเคลื่อนที่ขึ้นไปตามตัวไซโคลนจนออกไปที่ท่อออก ที่อยู่ส่วนบนของไซโคลน นั่นคือจะมีกระแสหมุนวน 2 ชั้นเกิดขึ้นในทิศทางเดียวกัน



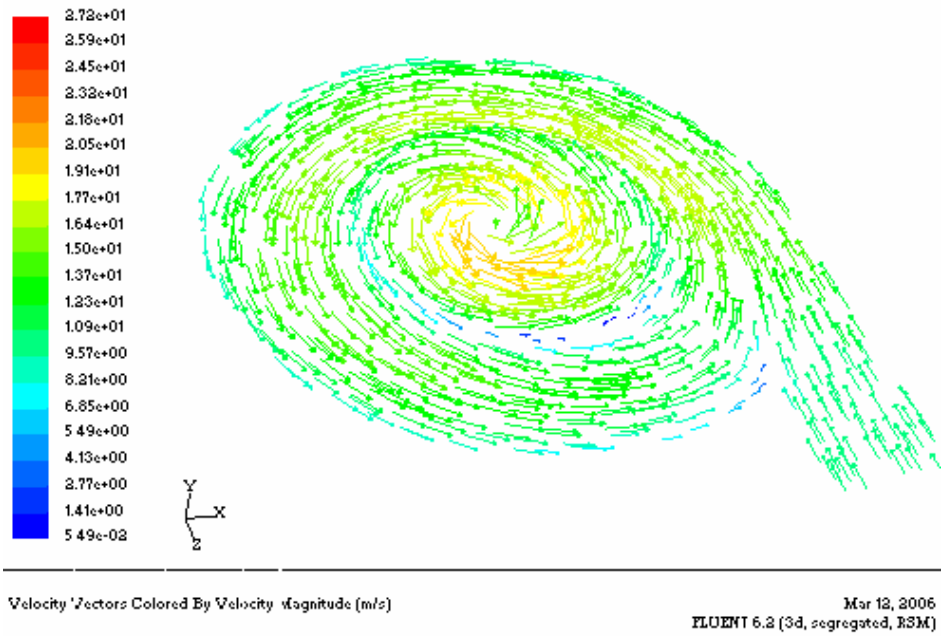
รูปที่ 4.6 Contours of Velocity Magnitude (Geometry Stairmand High Efficiency, Velocity 10 m/s, Temperature 293 K at Inlet Cyclone)



รูปที่ 4.7 Contours of Static Pressure (Geometry Stairmand High Efficiency, Velocity 10 m/s, Temperature 293 K at Inlet Cyclone)



รูปที่ 4.8 Velocity Vector Colored by Static Pressure (Geometry Stairmand High Efficiency, Velocity 10 m/s, Temperature 293 K at Inlet Cyclone)

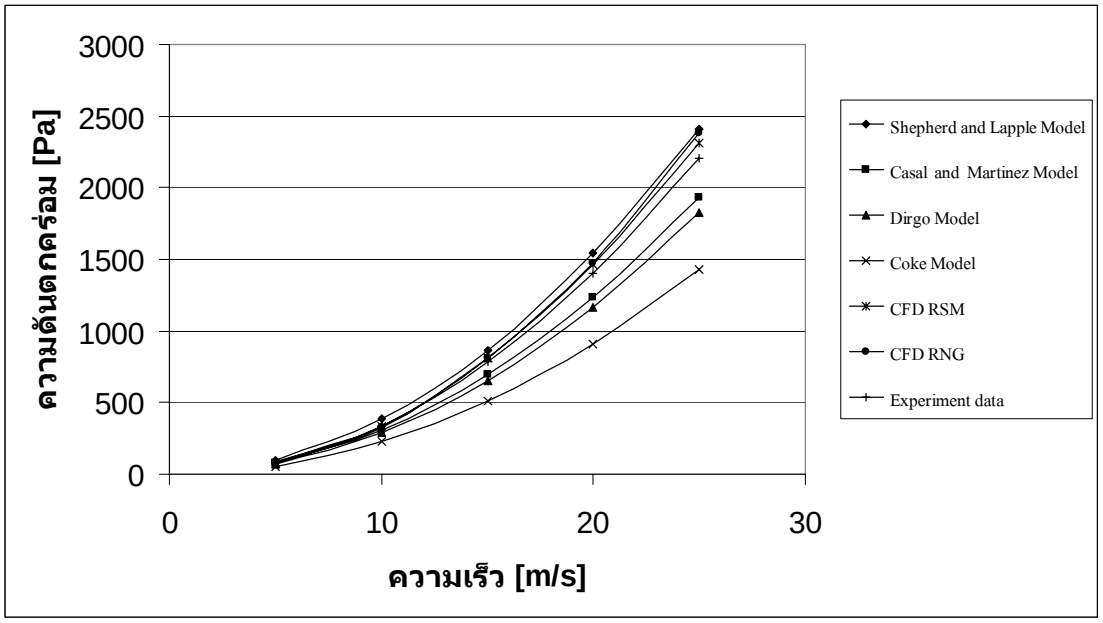


รูปที่ 4.9 Velocity Vector Colored by Velocity Magnitude (Geometry Stairmand High Efficiency, Velocity 10 m/s, Temperature 293 K at Inlet Cyclone)

ผลที่ได้จากการทำนายของ CFD ได้แสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความดันตกคร่อม (Pa) ภายในไซโคลนที่ได้จากการทำนายทาง CFD, ทฤษฎีทั้ง 4 ทฤษฎี และผลการทดลองที่สภาวะอุณหภูมิ 293 K Stairmand High Efficiency

Velocity (m/s)	Shepherd & Lapple Model [4]	Casal & Martinez Model [4]	Dirgo Model [4]	Coke Model [4]	CFD RSM	CFD RNG	Experiment data[9]
5	96	77	73	57	79	77	87
10	386	310	292	228	336	328	337
15	868	697	657	514	810	811	785
20	1542	1238	1168	913	1467	1472	1407
25	2410	1935	1825	1426	2312	2382	2205

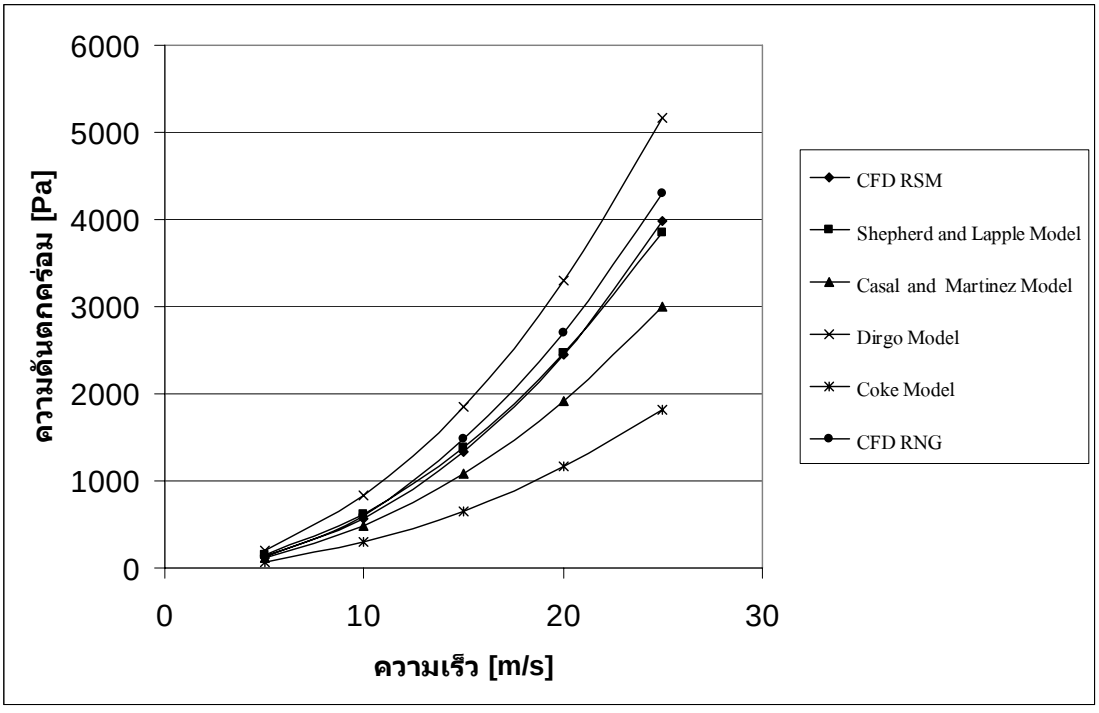


รูปที่ 4.10 กราฟความดันตกคร่อมกับความเร็ว (T=293 K, geometry Stairmand High Efficiency)

จากรูปที่ 4.10 แสดงให้เห็นว่าแนวโน้มของความดันตกคร่อมมีแนวโน้มไปทางเดียวกันคือมีความดันตกคร่อมเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นถึงแม้ผลของการจำลองของ CFD ในการพิจารณานั้นในอากาศไม่มีฝุ่นละอองในการพิจารณา แต่แนวโน้มของผลที่ได้กับผลการทดลองจริงนั้นและค่าที่ได้จากการคำนวณมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าความดันตกคร่อม (Pa) ภายในไซโคลนที่ได้จากการทำนายทาง CFD, ทฤษฎีทั้ง 4 ทฤษฎี และผลการทดลองที่สภาวะอุณหภูมิ 293 K Bohnet

velocity(m/s)	Shepherd& Lapple Model [4]	Casal & Martinez Model [4]	Dirgo Model [4]	Coke Model [4]	CFD RSM	CFD RNG
5	154	120	206	73	131	134
10	616	479	826	292	569	607
15	1387	1077	1857	657	1340	1478
20	2465	1915	3302	1168	2450	2693
25	3852	2993	5160	1825	3988	4300



รูปที่ 4.11 กราฟความดันตกคร่อมกับความเร็ว (T=293 K, Bohnet)

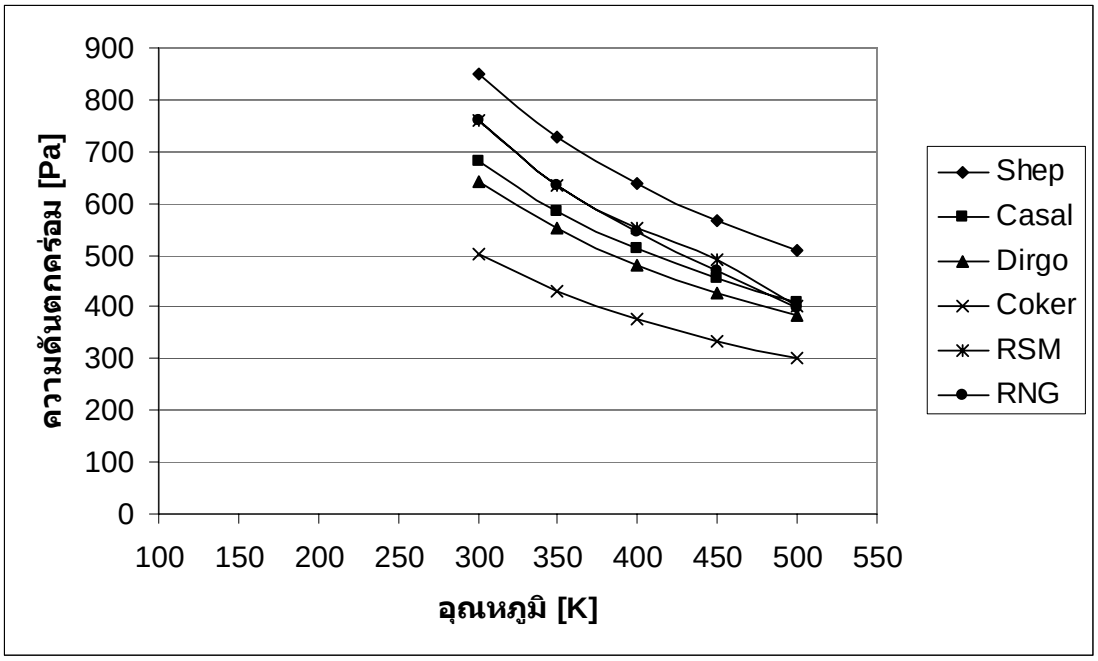
จากรูปที่ 4.11 แนวโน้มของความดันตกคร่อมยังคงเป็นไปในทางเดียวกัน เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นความดันตกคร่อมก็จะเพิ่มขึ้น

4.6 การทำนายค่าความดันตกคร่อมภายใต้เงื่อนไขที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน

การวัดค่าของความดันตกคร่อมภายในไซโคลนที่ได้จากการเปลี่ยนค่าของอุณหภูมิจะยึดถือเอาช่วงของอุณหภูมิจาก 300 ถึง 500K ตามการออกแบบไซโคลนของ Stairmand High Efficiency และ Bohnet การเปรียบเทียบผลที่ได้การจำลองลักษณะการไหลวนแบบปั่นป่วนและทฤษฎีทั้ง 4 ทฤษฎีนั้นได้แสดงดังรูปที่ 4.12 และ 4.13
ผลที่ได้จากการทำนายของ CFD ได้แสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าความดันตกคร่อม (Pa) ภายในไซโคลนที่ได้จากการทำนายทาง CFD, ทฤษฎีทั้ง 4 ทฤษฎี และผลการทดลองที่ความเร็ว 15 m/s Stairmand High Efficiency

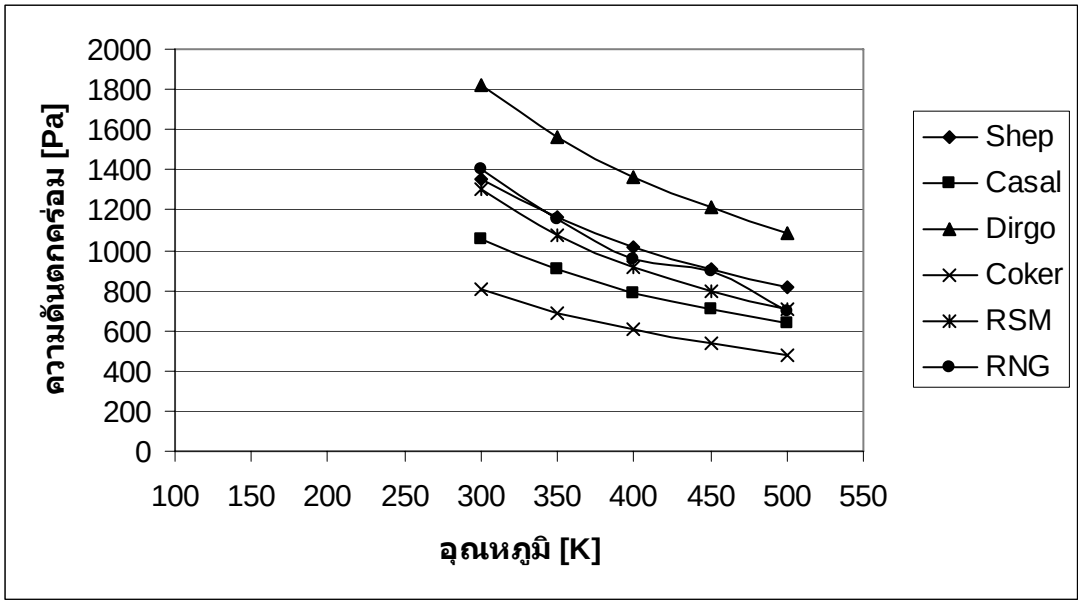
Temperature (K)	Shepherd& Lapple Model [4]	Casal & Martinez Model [4]	Dirgo Model [4]	Coke Model [4]	CFD RSM	CFD RNG
300	849.4316	681.9343	643.1332	502.7573	760.0451	761.5160
350	727.7072	584.2124	550.9715	430.71169	635.5310	636.0686
400	636.4582	510.9566	481.8838	376.70367	552.8148	543.9943
450	565.5167	454.0039	428.1717	334.71522	491.7383	470.2311
500	508.7849	408.4589	385.2181	301.13707	403.2781	399.7282



รูปที่ 4.12 กราฟความดันตกคร่อมกับความเร็ว (T=293 K, Stairmand High efficiency)

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าความดันตกคร่อม (Pa) ภายในไซโคลนที่ได้จากการทำนายทาง CFD, ทฤษฎีทั้ง 4 ทฤษฎี และผลการทดลองที่ความเร็ว 15 m/s Bohnet

Temperature (K)	Shepherd& Lapple Model [4]	Casal & Martinez Model [4]	Dirgo Model [4]	Coke Model [4]	CFD RSM	CFD RNG
300	1357.554	1054.895	1818.742	803.5054	1307.1940	1400.3190
350	1163.016	903.7277	1558.114	688.3623	1070.5160	1153.0390
400	1017.182	790.4071	1362.739	602.0468	913.2512	956.2028
450	903.8042	702.3061	1210.844	534.941	795.1224	899.1917
500	813.1358	631.8517	1089.374	481.2765	705.9285	694.7008



รูปที่ 4.13 กราฟความดันตกคร่อมกับความเร็ว (T=293 K, Bohnet)

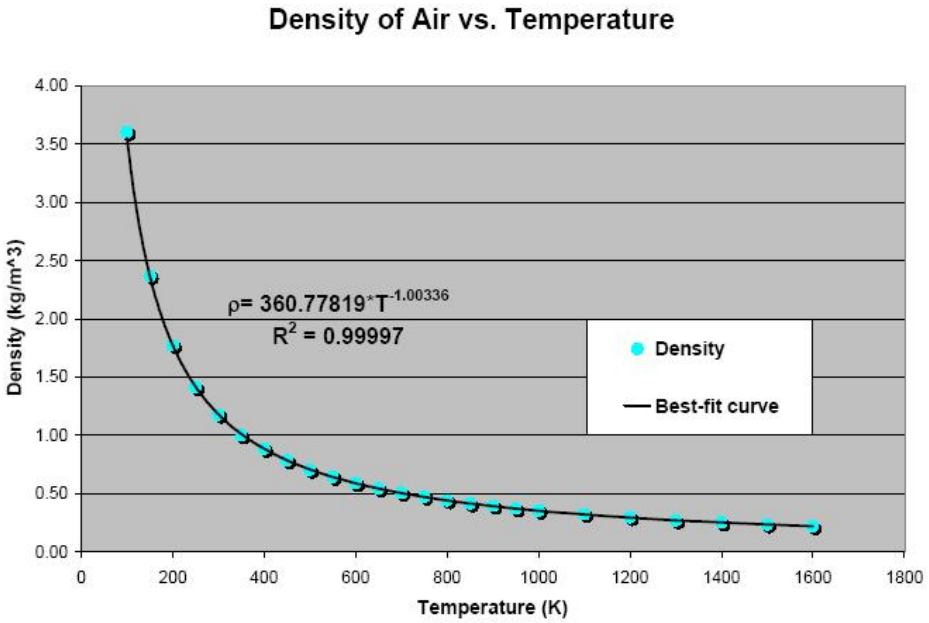
จากรูปที่ 4.12 และรูปที่ 4.13 แสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้ความดันตกคร่อมลดลงเนื่องมาจากความหนาแน่นของอากาศมีค่าลดลงเพราะความหนาแน่นเป็นฟังก์ชันกับอุณหภูมิ ดังรูปที่ 4.14 และแนวโน้มของความดันตกคร่อมมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันคือมีค่าลดลงเหมือนกันเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทั้งในรูปร่างของ Stairmand High Efficiency และ Bohnet

การคำนวณค่าของความดันตกคร่อมภายในไซโคลนระหว่างทางเข้าและทางออกของแบบจำลองที่แตกต่างกันนั้นได้แสดงดังรูปที่ 4.10, 4.11, 4.12 และ 4.13 จะเห็นได้ว่า เมื่อนำมาผลที่ได้จากการจำลองลักษณะการไหลวนแบบปั่นป่วนของ CFD มาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดลองและผลที่ได้จากการคำนวณของทฤษฎีทั้ง 4 ทฤษฎีนั้น ได้แสดงให้เห็นถึงผลของการจำลองลักษณะการไหลวนแบบปั่นป่วนของการคำนวณทาง CFD โดยใช้ FLUENT ว่าสามารถที่จะใช้ประมาณค่าความดันตกคร่อมภายในไซโคลนได้

FLUENT CODE ที่ใช้ทฤษฎี RSM Turbulent สามารถคำนวณผลของความดันตกคร่อมภายในไซโคลนได้เป็นอย่างดีและสามารถที่จะใช้ในการออกแบบไซโคลนได้ภายใต้เงื่อนไขที่ให้มีสภาวะการทำงานต่างกันได้ ในการคำนวณทาง CFD จะเห็นว่าผลที่ได้นั้นมีค่าความผิดพลาดจากผลที่ได้จากการทดลองน้อยกว่า 4.36% ที่มีเงื่อนไขว่า ที่ทางเข้ามีค่าของความเร็วที่แตกต่างกันและการจำลองลักษณะการไหลวนแบบปั่นป่วนโดยใช้ทฤษฎี RNG turbulence จะให้ค่าความผิดพลาดเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองไม่เกิน 6.02%

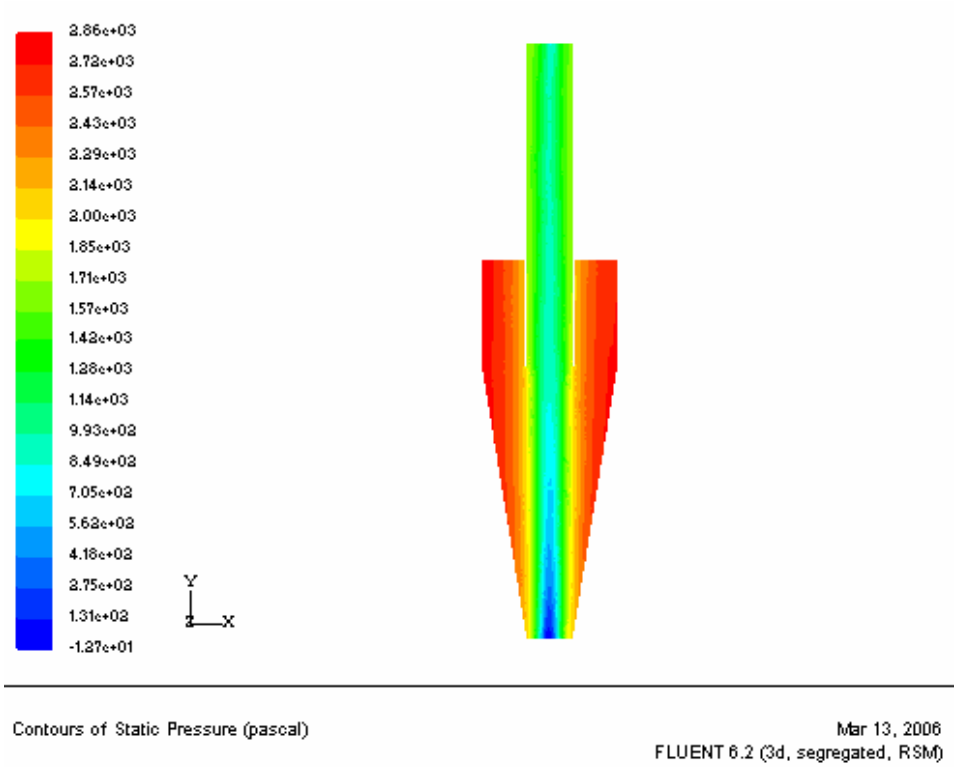
ค่าของความดันตกคร่อมภายในไซโคลนสามารถที่จะกล่าวได้ว่าเป็นฟังก์ชันกับความเร็ว (Velocity Head) ที่ทางเข้าของไซโคลน ทฤษฎีจากการทดลองที่ถูกใช้สำหรับคำนวณค่าความดันตกคร่อมภายในไซโคลน จะแปรผันตามสภาวะที่ทำการกำหนดให้กับไซโคลน ทฤษฎีของ Shepherd และ Lapple [4] และ Dirgo [4] แสดงผลของการคำนวณค่าของความดันตกคร่อมภายในไซโคลนได้เป็นอย่างดีภายใต้การกำหนดค่าสภาวะของความเร็ว (Velocity Head) ที่ทางเข้าของไซโคลนแตกต่างกันโดยมีค่าความผิดพลาดไปจากผลการทดลองประมาณ 10-34

ค่าความดันตกคร่อมภายในไซโคลนจะมีค่าที่ลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องมาจากอิทธิพลหลักคือค่าความหนาแน่นของอากาศ ซึ่งเมื่ออุณหภูมิของอากาศมีค่าเพิ่มขึ้นจะเป็นผลทำให้ค่าของความหนาแน่นลดลง ดังรูปที่ 4.14 และในขณะเดียวกันนี้ก็จะทำให้ค่าของความหนืดของอากาศเพิ่มขึ้นด้วย

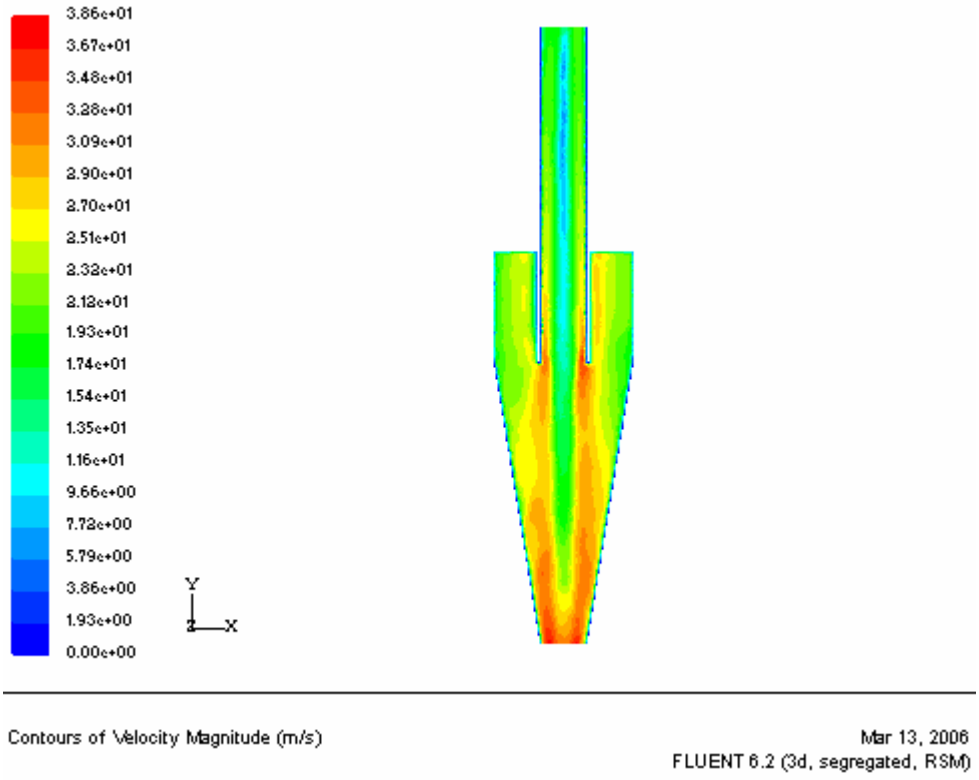


รูปที่ 4.14 กราฟความสัมพันธ์ของความหนาแน่นกับอุณหภูมิ[10]

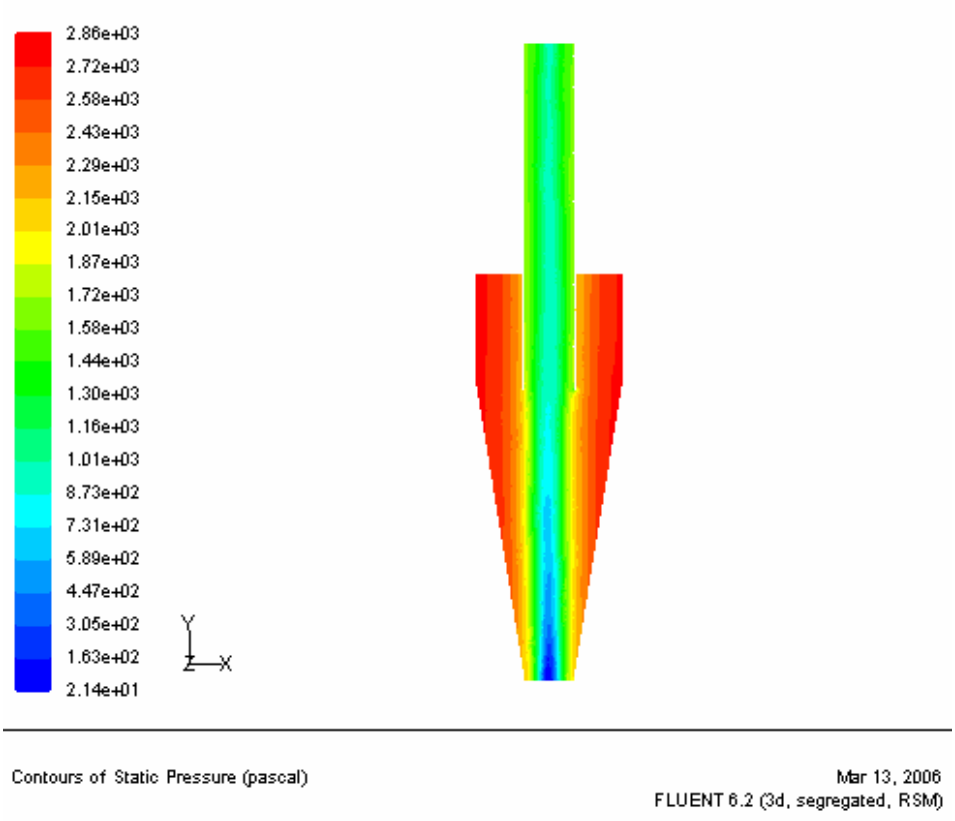
ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาวะของอุณหภูมินี้ ทฤษฎีของ Shepherd และ Lapple[4] ให้ค่าการคำนวณค่าความดันตกคร่อมภายในไซโคลนซึ่งมีค่าความผิดพลาดกับผลการทดลองประมาณ 10.87% ทฤษฎีของ Casal และ Martinez[4], และ Coker[4] เมื่อนำมาคำนวณค่าความดันตกคร่อมภายในไซโคลนที่สภาวะของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงจะได้ค่าความผิดพลาดกับผลการทดลองประมาณ 10.99 และ 34.36% ตามลำดับ จากทฤษฎีของ Casal และ Martinez[4], และทฤษฎีของ Coker[4] ผลที่ได้จากการคำนวณของทฤษฎีทั้ง 2 ภายใต้สภาวะที่แตกต่างกันในการคำนวณและศึกษาผลที่ได้ของค่าความดันตกคร่อมภายในไซโคลน ทำให้ได้ข้อเสนอว่าทฤษฎีทั้ง 2 นี้ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในการออกแบบไซโคลนที่มีค่าความดันตกคร่อมภายในไซโคลนต่ำ แต่เหมาะสำหรับไซโคลนที่มีค่าความดันตกคร่อมภายในไซโคลนสูงๆแต่สำหรับทฤษฎีของ Shepherd และ Lapple[4] เหมาะสมกับช่วงสภาวะทำงานที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 500K



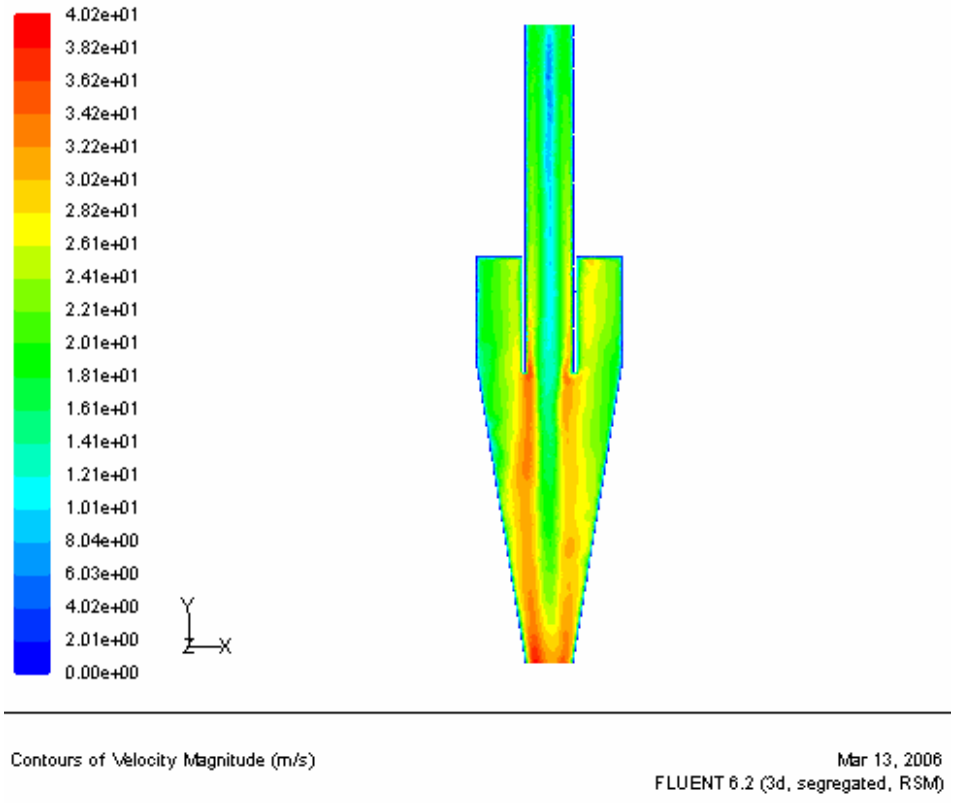
รูปที่ 4.15 Contours of Static Pressure Bohnet, Velocity 15 m/s, Temperature 340 K)



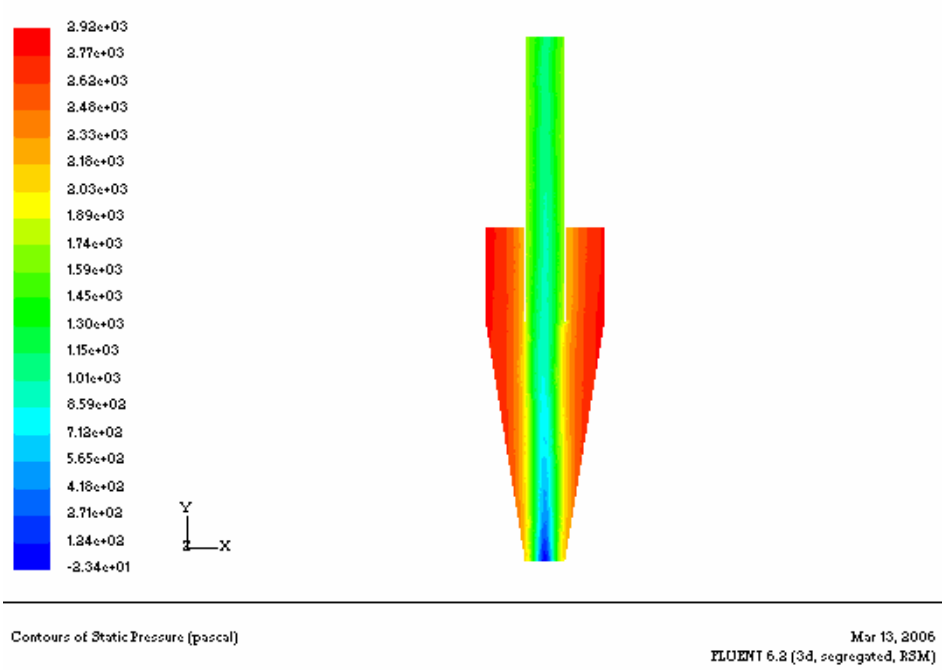
รูปที่ 4.16 Contours of Velocity Magnitude Bohnet, Velocity 15 m/s, Temperature 340 K)



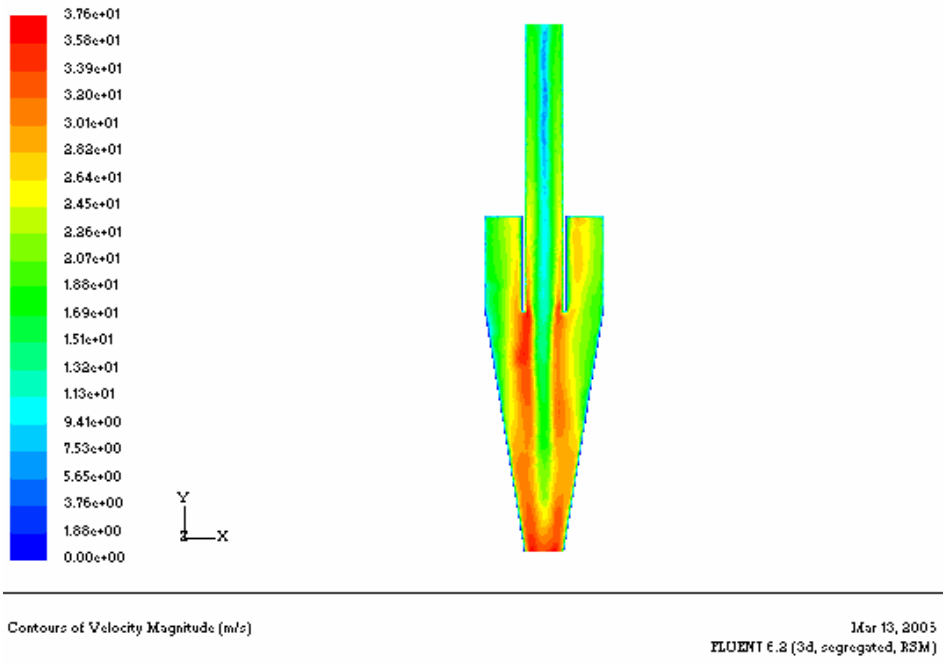
รูปที่ 4.17 Contours of Static Pressure Bohnet, Velocity 15 m/s, Temperature 460 K)



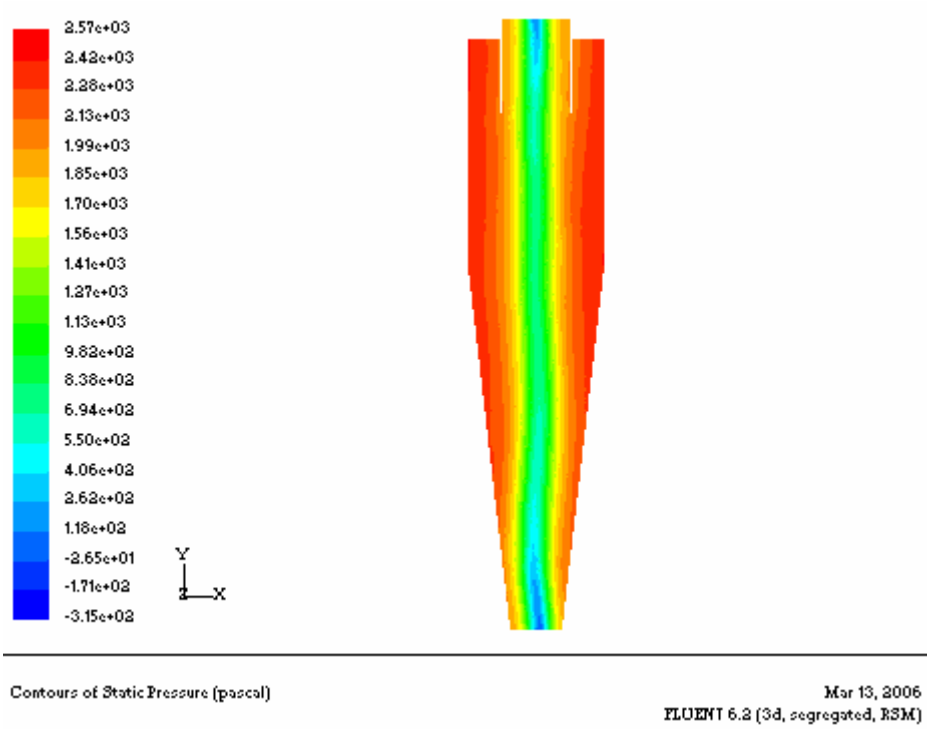
รูปที่ 4.18 Contours of Velocity Magnitude Bohnet, Velocity 15 m/s, Temperature 460 K)



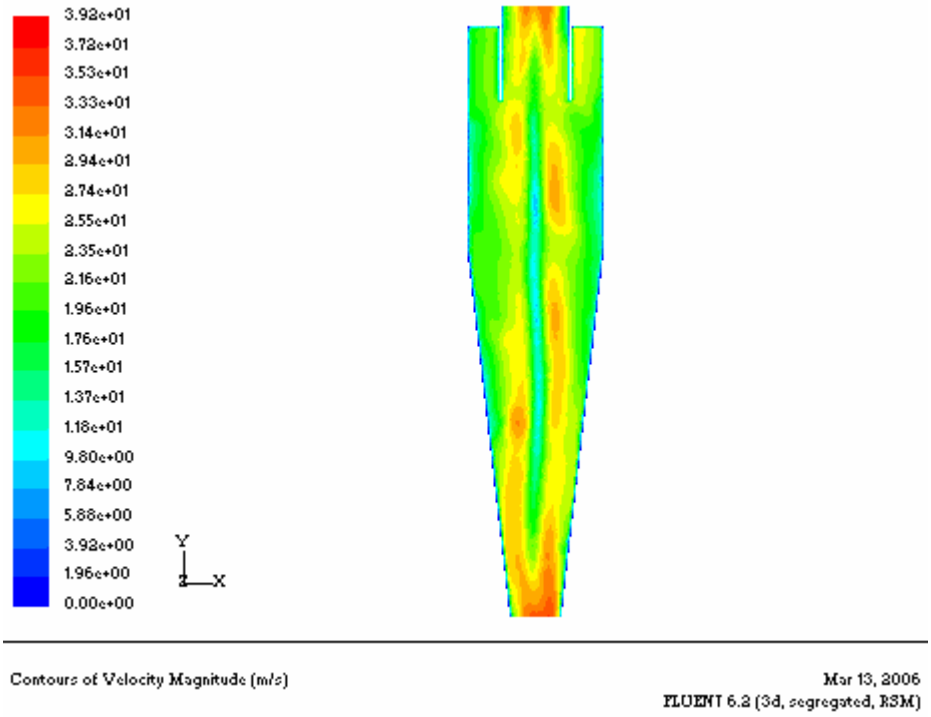
รูปที่ 4.19 Contours of Static Pressure Bohnet, Velocity 15 m/s, Temperature 500 K)



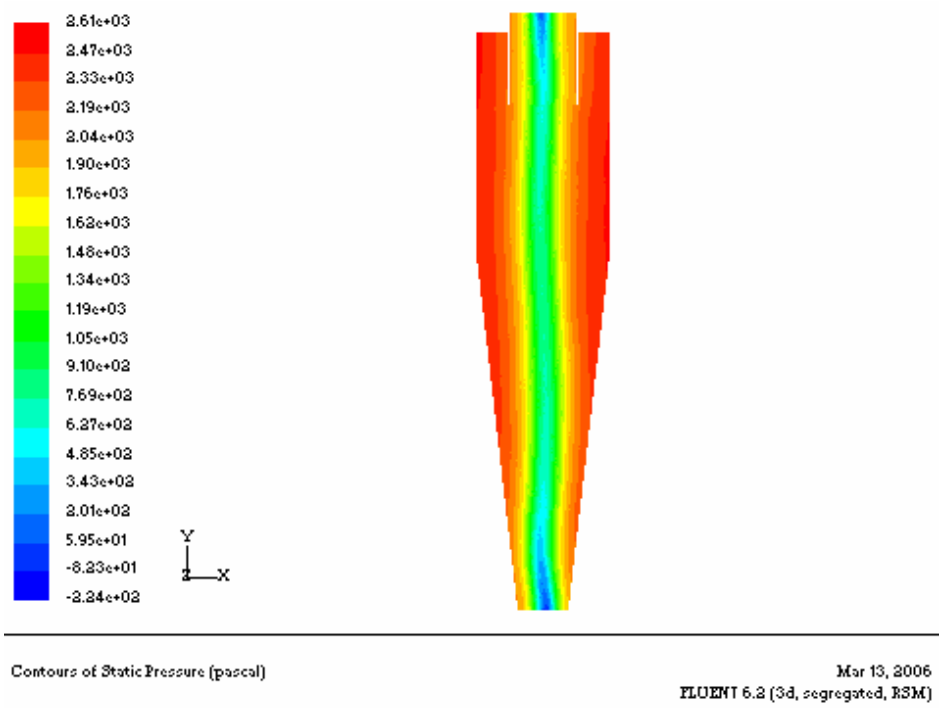
รูปที่ 4.20 Contours of Velocity Magnitude Bohnet, Velocity 15 m/s, Temperature 500 K)



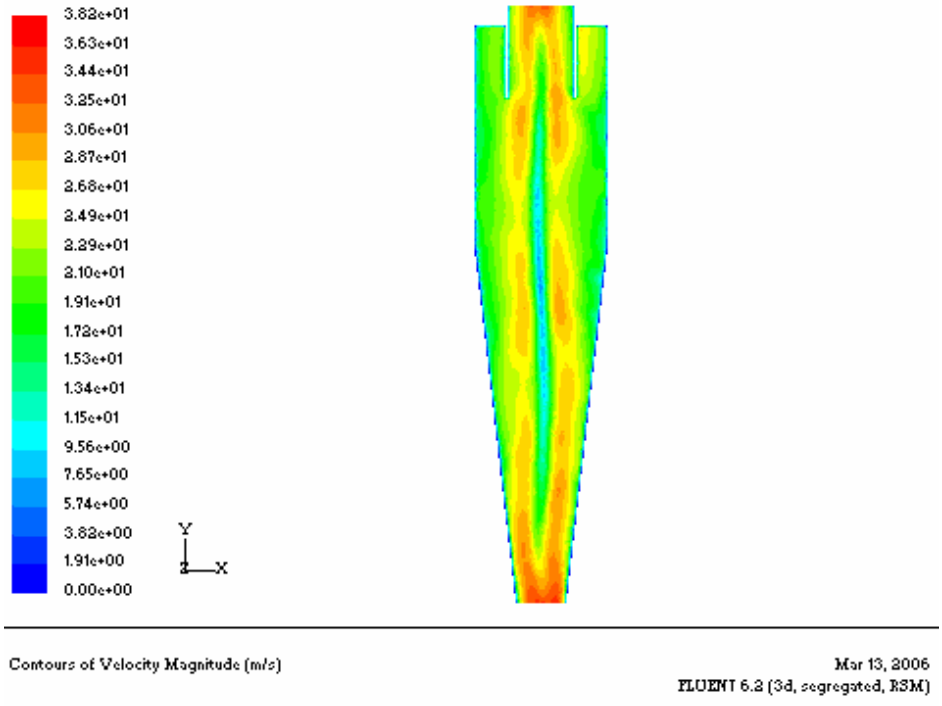
รูปที่ 4.21 Contours of Static Pressure Stairmand High Efficiency, Velocity 15 m/s, Temperature 340 K)



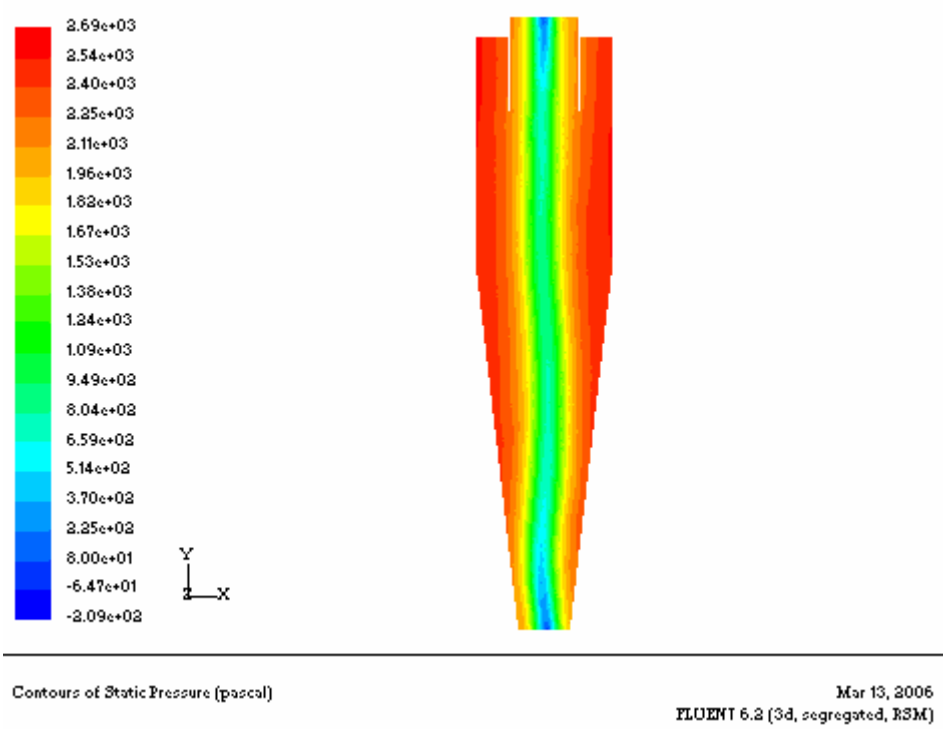
รูปที่ 4.22 Contours of Velocity Magnitude Stairmand High Efficiency, Velocity 15 m/s, Temperature 340 K)



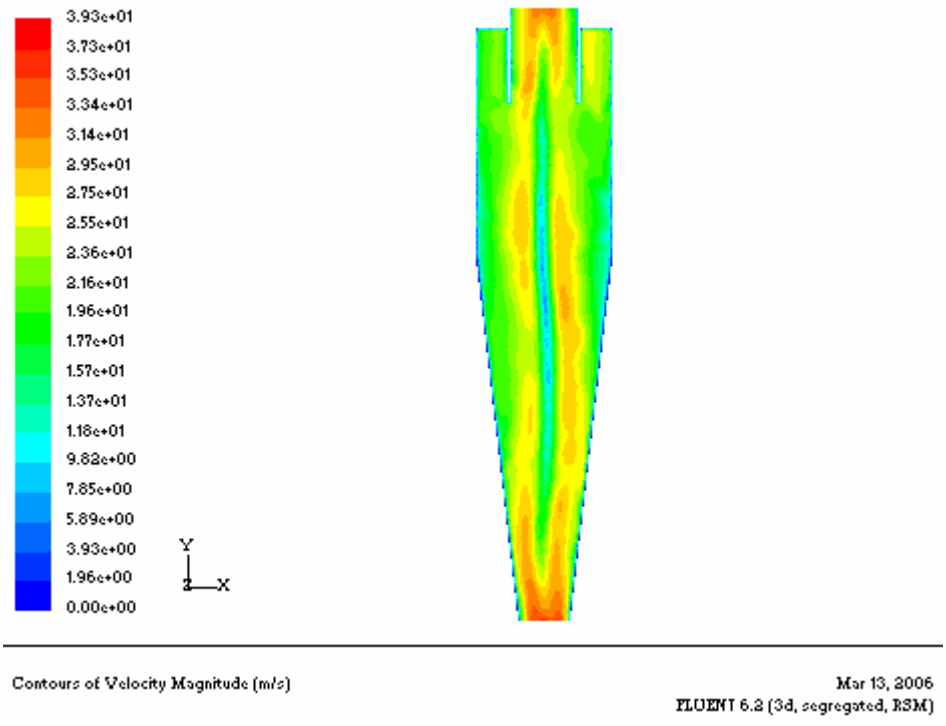
รูปที่ 4.23 Contours of Static Pressure Stairmand High Efficiency, Velocity 15 m/s, Temperature 460 K)



รูปที่ 4.24 Contours of Velocity Magnitude Stairmand High Efficiency, Velocity 15 m/s, Temperature 360 K)



รูปที่ 4.25 Contours of Static Pressure Stairmand High Efficiency, Velocity 15 m/s, Temperature 500 K)



รูปที่ 4.26 Contours of Velocity Magnitude Stairmand High Efficiency, Velocity 15 m/s, Temperature 500 K)

4.7 การคำนวณหาค่าความผิดพลาดของข้อมูล

จากตารางที่ 4.5 แสดงค่าความดันตกคร่อม (Pa) ภายในไซโคลนที่ได้จากการทำนายทาง CFD, ทฤษฎีทั้ง 4 ทฤษฎี และผลการทดลองที่สภาวะอุณหภูมิ 293 K Stairmand High Efficiency

velocity (m/s)	Shepherd & Lapple Model [4]	Casal & Martinez Model [4]	Dirgo Model [4]	Coke Model [4]	CFD RSM Model	CFD RNG Model	Experiment data[9]
5	96	77	73	57	79	77	87
10	386	310	292	228	336	328	337
15	868	697	657	514	810	811	785
20	1542	1238	1168	913	1467	1472	1407
25	2410	1935	1825	1426	2312	2382	2205

จาก $$\%\text{Deviation} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \left| \left[\left(\Delta P_{e,i}\right)_{cal} - \left(\Delta P_{e,i}\right)_{exp} \right] / \left(\Delta P_{e,i}\right)_{exp} \right|}{N} \times 100$$

เมื่อ $\%\text{Deviation}$ = เปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาด

$\left(\Delta P_{e,i}\right)_{cal}$ = ค่าความดันตกคร่อมจากการคำนวณ

$\left(\Delta P_{e,i}\right)_{exp}$ = ค่าความดันตกคร่อมจากการผลการทดลอง

N = จำนวนของข้อมูลที่ใช้

ตัวอย่างการคำนวณ

การคำนวณค่าความผิดพลาดของ Shepherd & Lapple Model

velocity(m/s)	A	B	| (A - B) / B |
5	77	87	0.114943
10	310	337	0.080119
15	697	785	0.112102
20	1238	1407	0.120114
25	1935	2205	0.122449
		SUM	0.549726

A = ค่าความดันตกคร่อมจากการคำนวณ

B = ค่าความดันตกคร่อมจากการผลการทดลอง

จากสูตร

$$\%\text{Deviation} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \left| \left[\left(\Delta P_{e,i}\right)_{cal} - \left(\Delta P_{e,i}\right)_{exp} \right] / \left(\Delta P_{e,i}\right)_{exp} \right|}{N} \times 100$$

จะได้

$$\%\text{Deviation} = (0.549725831/5) \times 100$$

$$= 10.99451662\ \%$$ Ans

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าความผิดพลาดของแต่ละ Model

Shepherd & Lapple Model [4]	Casal & Martinez Model [4]	Dirgo Model [4]	Coke Model [4]	CFD RSM Model	CFD RNG Model
10.870014 %	10.9945166 %	15.994172 %	34.3576454 %	4.35877032 %	6.02478943 %