פברואר, 14 2001

תוכנית לשיפורים בתא השריפה למנוע Y-175

הפקולטה להנדסת אוירונוטיקה וחלל - הטכניון

פרופ"ח ישעיהו לוי - חוקר ראשי
דר' רחל גורדון - חוקר בכיר

מדענים עולים - שותפים למחקר

- דר' ויטלי אוברצ'נקו - מדידת טמפרטורה
- דר' ליכצינדר מיכאל - סימולציה ובקרה
- דר' ניקרסוב אנדריי - תאי שריפה
- סמיון ליפקין - הזרקת דלק
- נדבני ולרי - הכנה וביצוע ניסויים
- דר' ולרי שרבאום - מודלים פיסקליים והנדסה
- דר' פיסמני יוסף - יציבות מדחסים (הזדקרות)
- יורי נחמקין - מודלים לצימוד שריפה וטורבולנציה

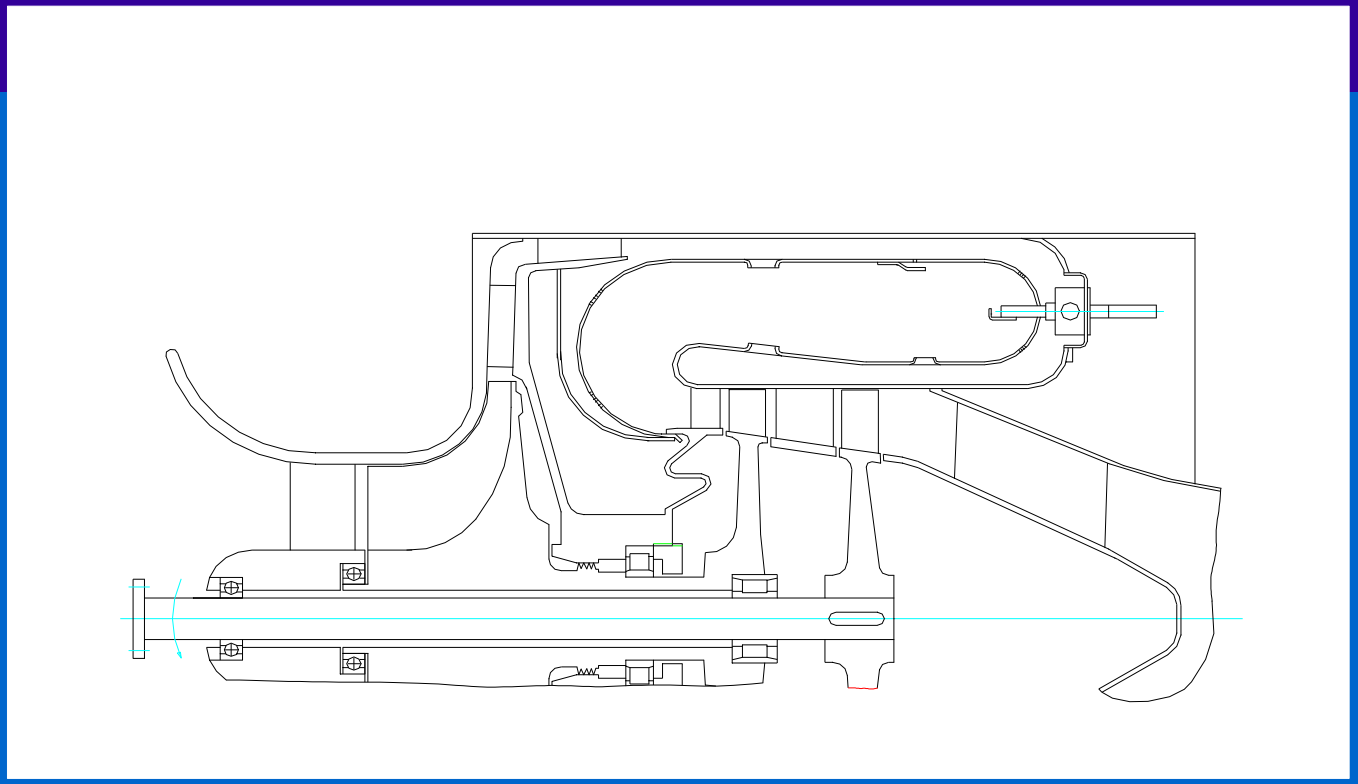
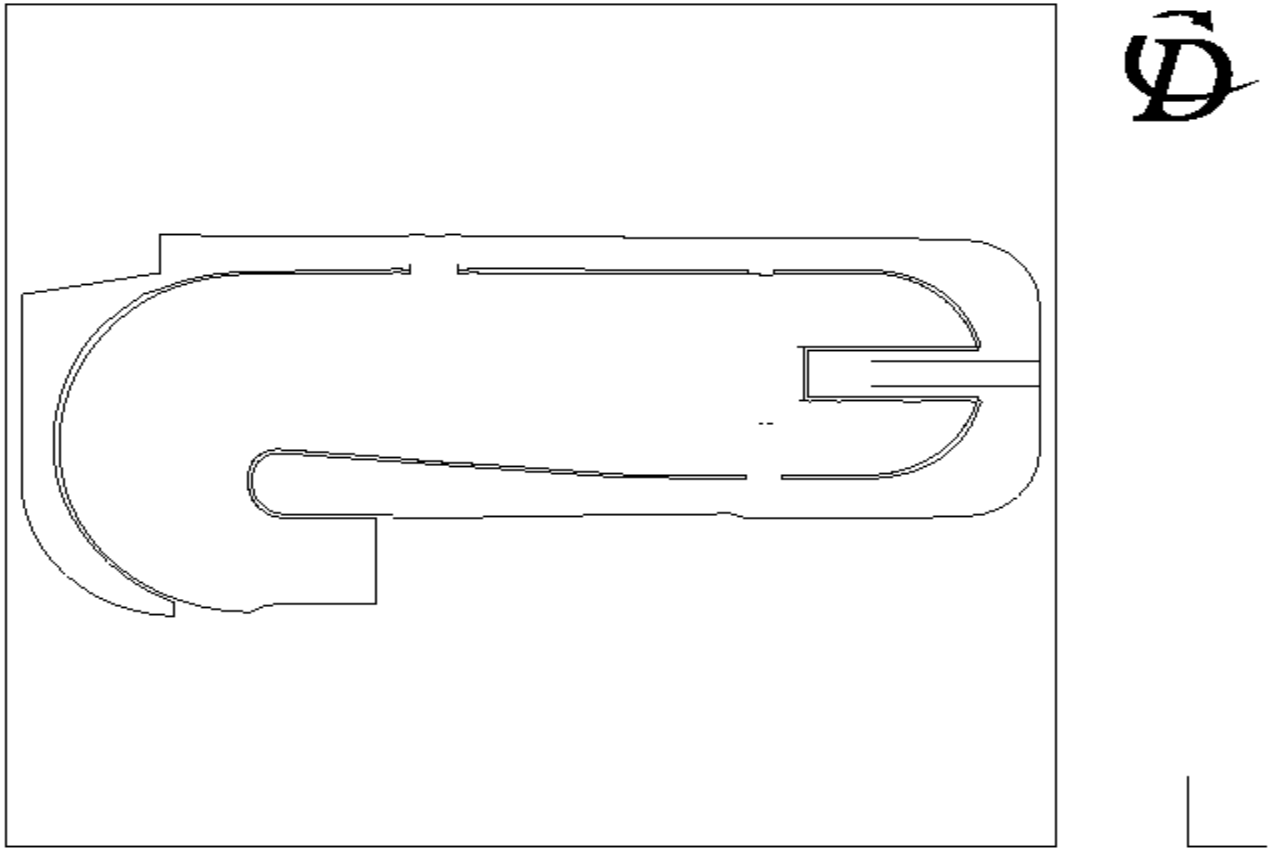


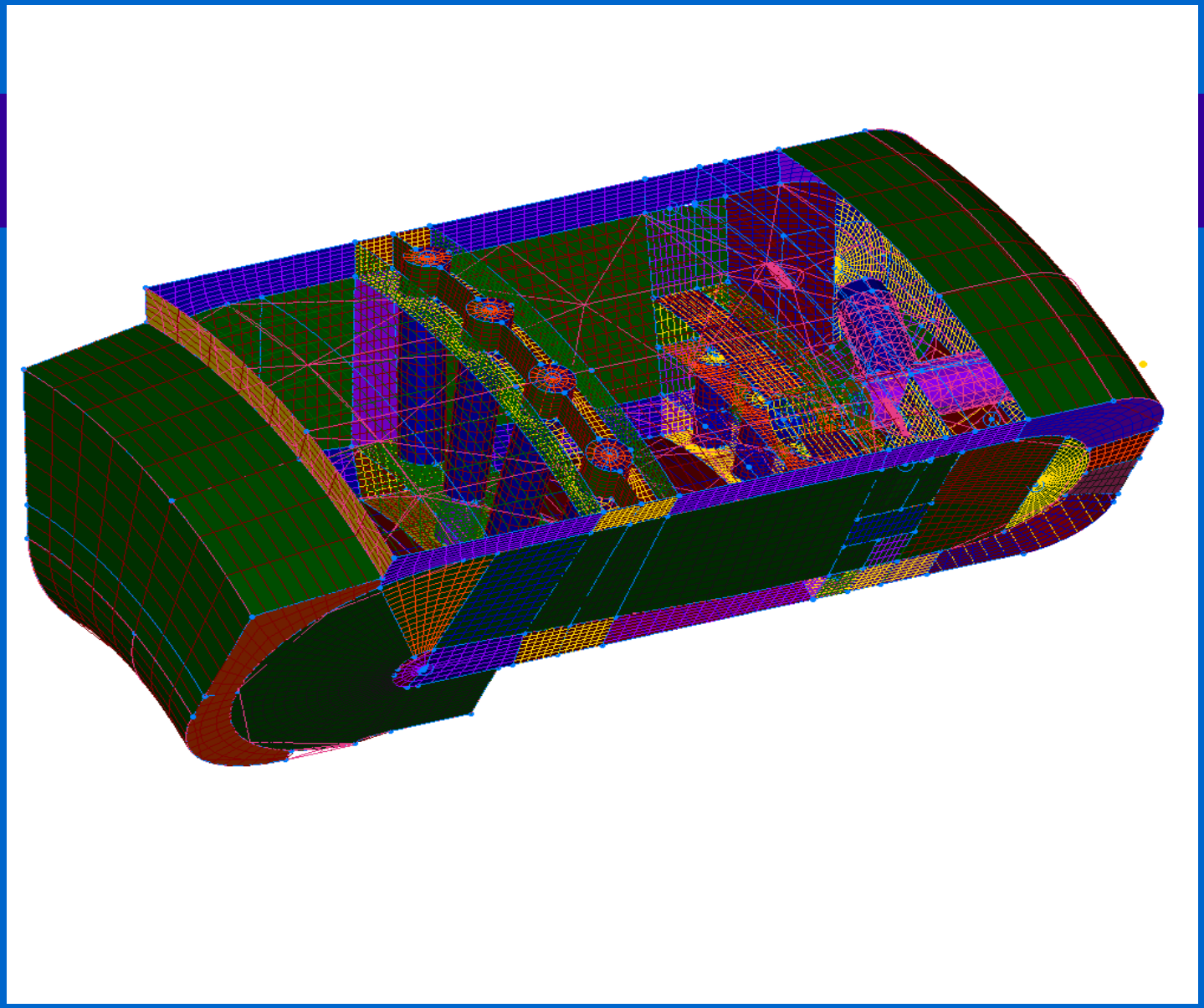
Fig1.Gas turbine incorporating conventional reversed flow annular combustor

מטרות העבודה

- לגבש המלצות לשנויים בתצורת מנוע 175 כפתרון לבעיות ההתחממות וקריסת דופן תא השריפה של המנוע,כפי שהתקבלו בנסויי המנוע.
- ההמלצות מבוססות על תוצאות חשובי CFD שנעשו עבור תא השריפה המקורי, ועבור שתי תצורות חלופיות שנבדקו לצורך שיפור עמידות המנוע.
- השיפורים המומלצים בתצורת תא השריפה המקורי צריכים להיות מינימליים, כדי למנוע שנויים מהותיים בזרימת האויר בתא השריפה ובערבולו.
- לקבלת עמידות מירבית של להבי הטורבינה במנוע, נדרש פילוג טמפרטורה אחיד עד כמה שאפשר לרוחב חתך היציאה מתא השריפה, עם טמפרטורה מכסימלית קרוב ל כ- 2/3 מגובה להב הטורבינה.



חתך אורכי של תא השריפה 175 המקורי



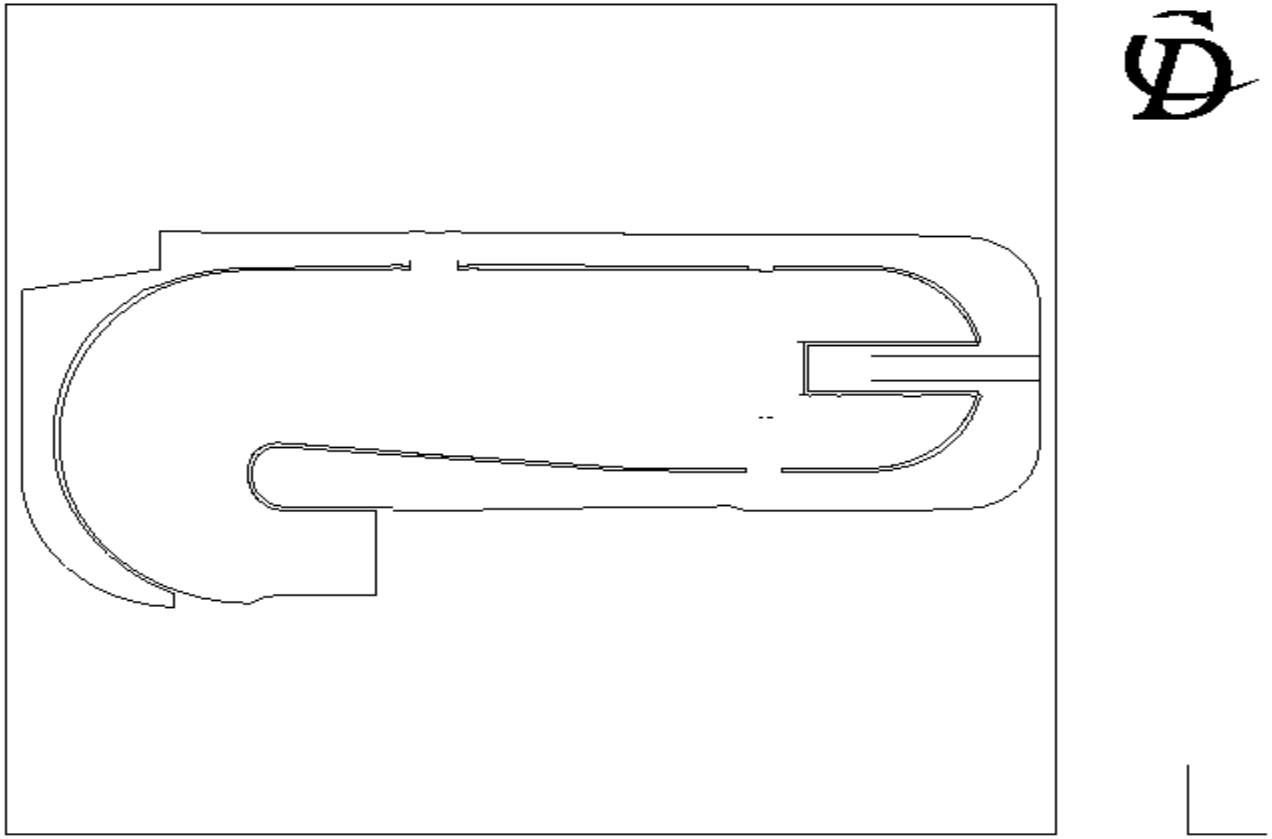
רשת החישוב במבט איזומטרי

חשוב הזרימה בתא השריפה - 175

- פתרון שדה הזרימה נעשה תוך שימוש בתוכנת STAR-CD של חברת Computational Dynamics Ltd מאנגליה.
- החשובים מבוססים על פתרון משוואות Time Averaged Navier Stokes לזרימה תמידית, דחיסה עם מודל הטורבולנציה k-e, ומודל "COMTIME" Combined Time scale לריאקציה הכימית.
- החשובים מבוססים על פתרון המשוואות בשיטת נפחים סופיים, (finite volume) תוך שימוש בסכימת ההפרשים "MARS" - סכימת הפרשים מסדר שני. מבין כל הסכמות הקיימות ב- STAR-CD סכימה זו הנה בעלת הרגישות הקטנה ביותר של הפתרון למבנה הרשת ותצורת (שיפוע) תאי החישוב.
- רשת החשוב נבנתה בעזרת תוכנת GRIDGEN של חברת PointWise, USA.

- תא השריפה של מנוע 175 מכיל 10 מאיידי דלק וקיימת בו מחזוריות בת 36 מעלות בכיוון ההיקפי של התא. לפיכך רשת החשוב נבנתה עבור גזרה בת 36 מעלות בכוון ההקפי.
- תנאי הגבול בכוון ההקפי (Teta=Constant) נלקחו כתנאי גבול מחזורי (Cyclic).
- החשובים כוללים שריפה, בשלב זה, של דלק בפאזה גזית בלבד.
- החשובים כוללים חשובי מעבר חום דרך דפנות תא השריפה החוצצות בין התעלה החצונית (liner) והמאייד, לבין תא השריפה הפנימי.
- חשוב מעבר החום מתקבל ע"י פתרון סימולטני של משואות הזרימה והאנרגיה בכל תחום החשוב (התעלה החיצונית, המאייד, תא השריפה הפנימי, וקירות תא השריפה והמאייד).

חישובים עבור תא השריפה המקורי



חתך אורכי של תא השריפה 175 המקורי

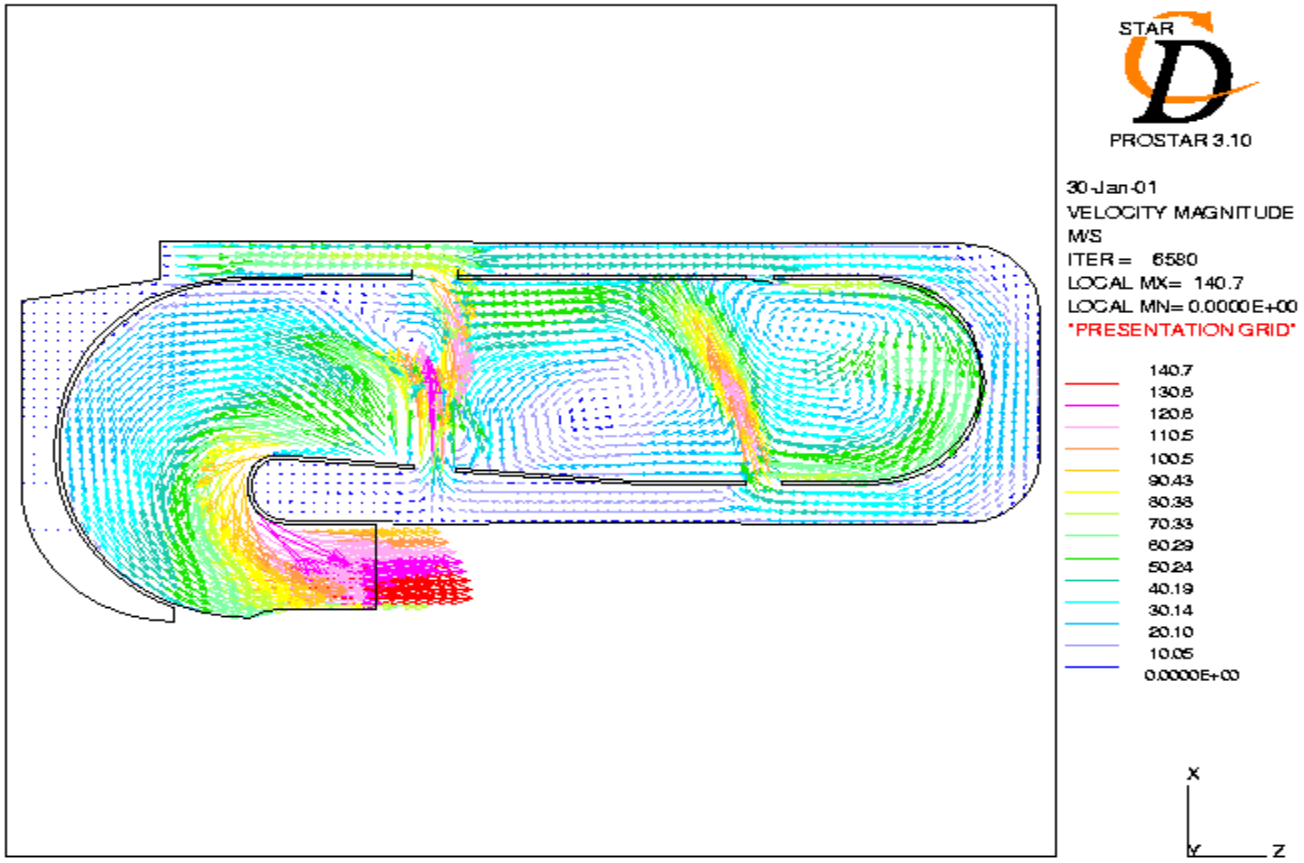
- עובי הדפנות נלקח כ- 0.7מ"מ . הקירות עשויים מפלדה (steel) בעלת התכונות:

מקדם מעבר חום: k = 43 W/m/K ; צפיפות: 7800 - Kg/m**3;

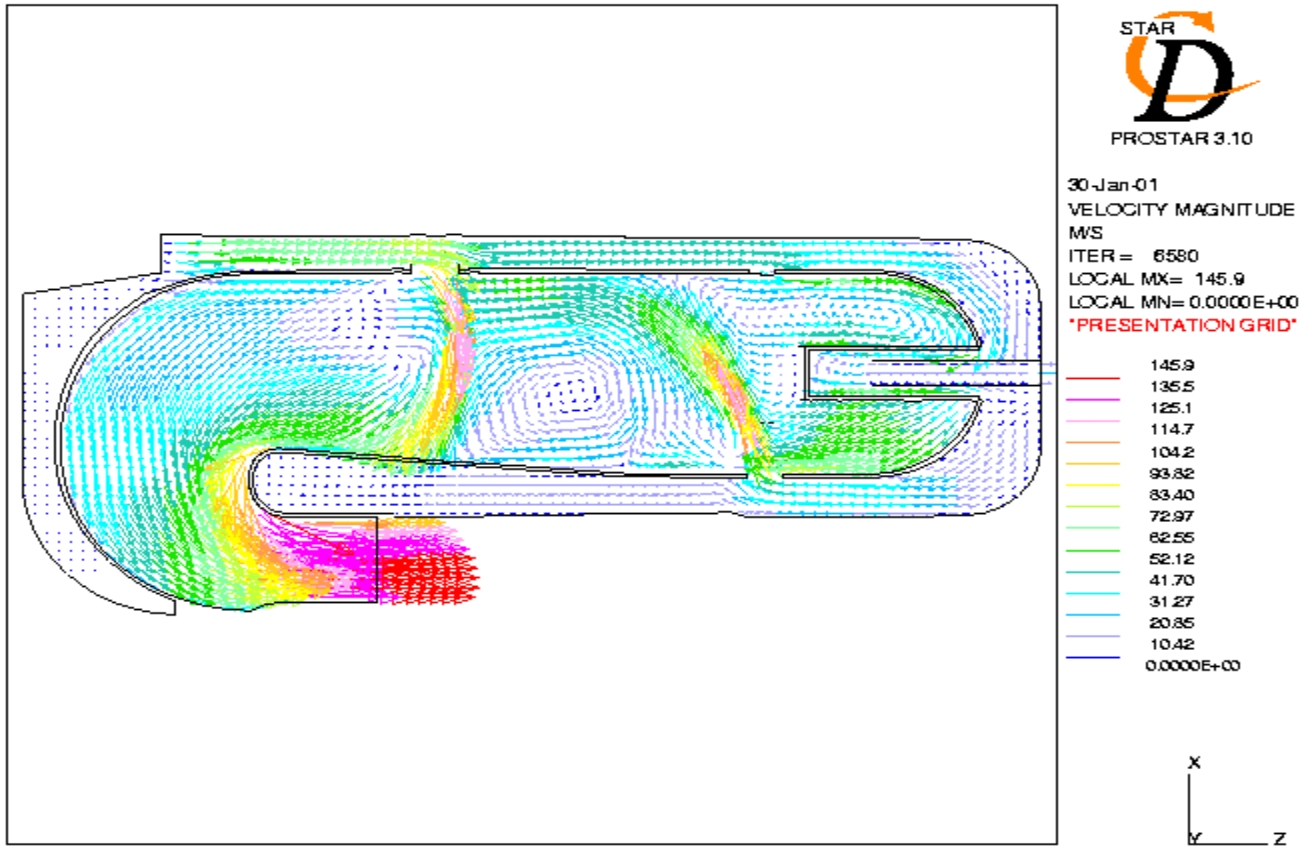
מקדם חום סגולי: Cp = 473 KJ/Kg/K

החשובים נעשו עבור דלק פרופן C3H8 בפאזה גזית ובתנאי הפעולה h, M = 0

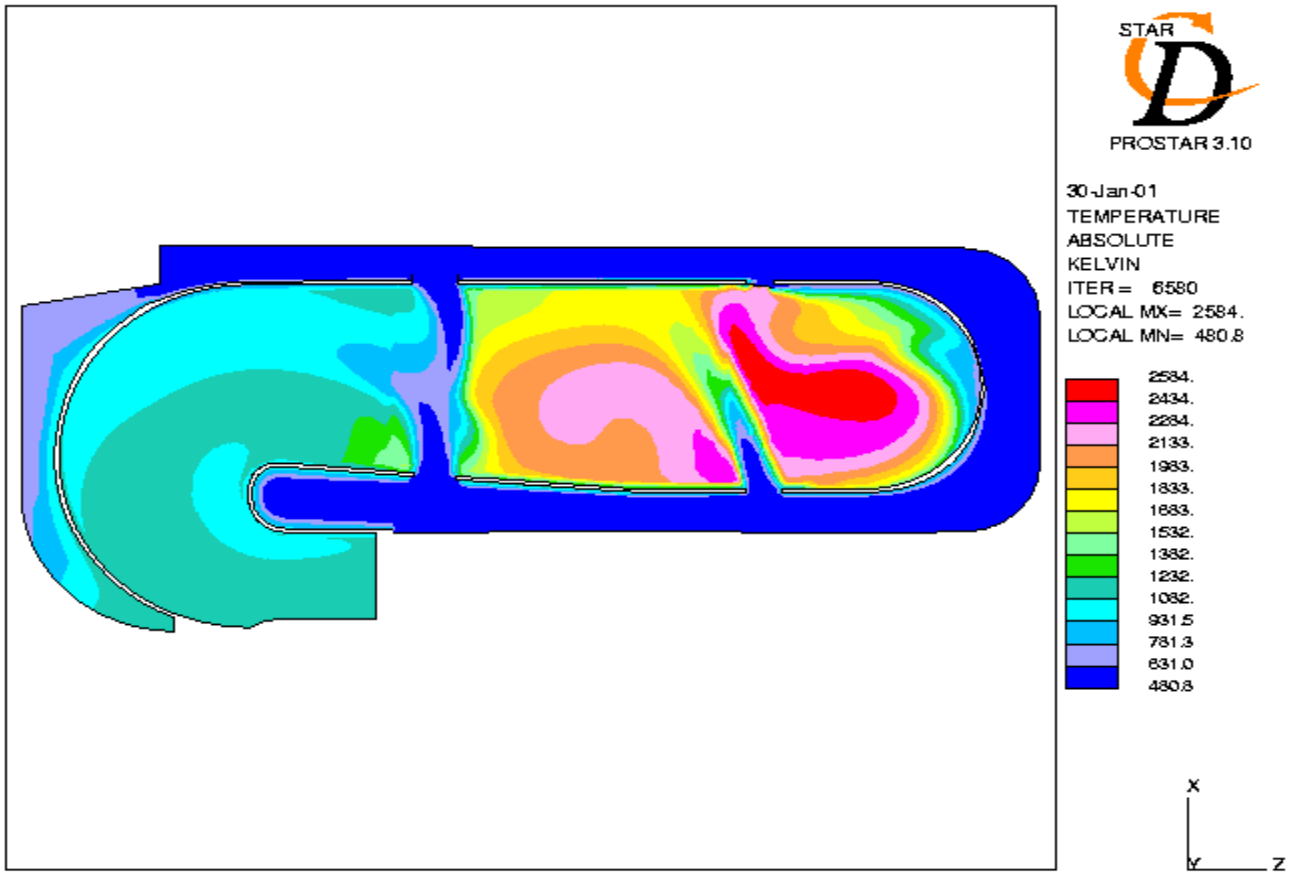
- החשובים נעשו לזרימה טורבולנטית עם מודל טורבולנציה k-e /high Re תוך שימוש ב- wall function ליד הקיר.



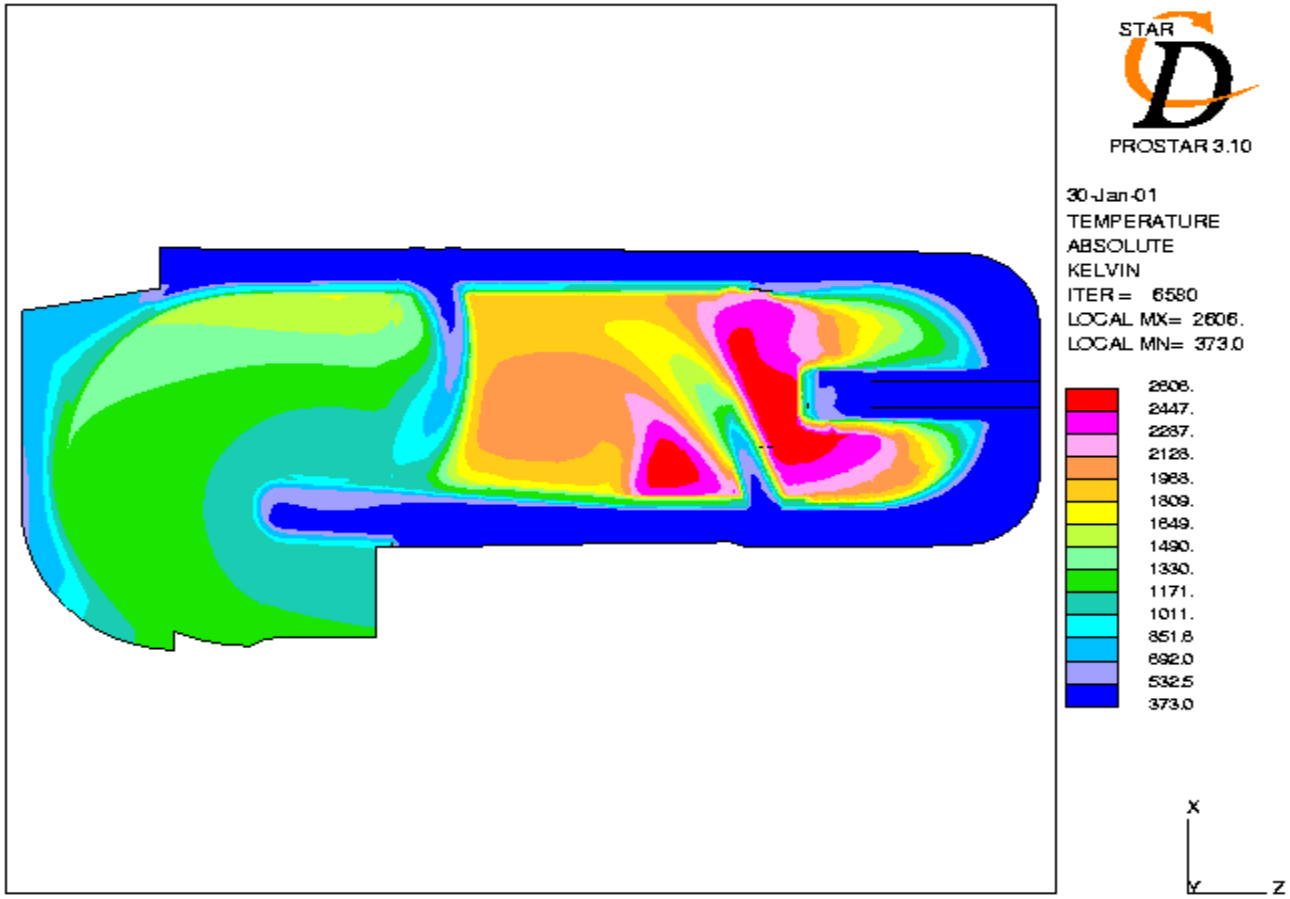
שדה המהירות הוקטורי בחתך אורכי בתא השריפה 175 המקורי



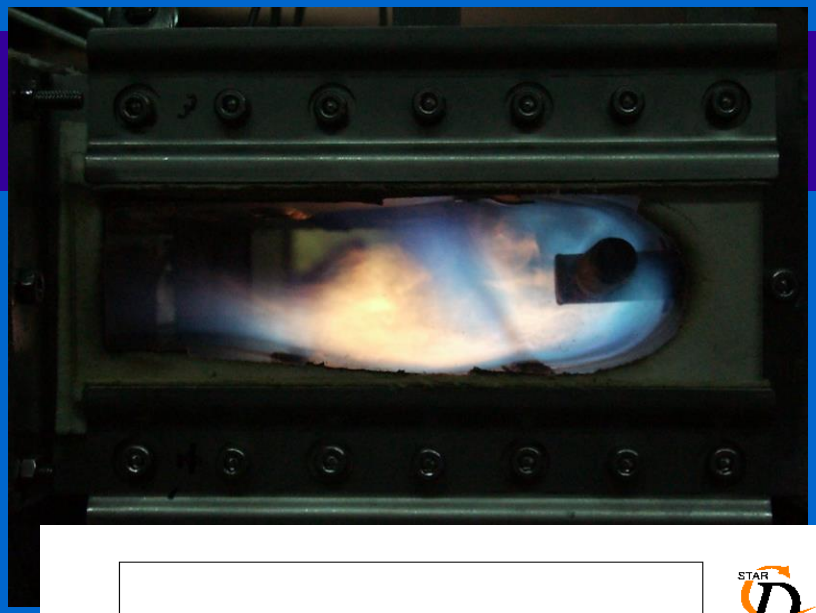
שדה המהירות הוקטורי בחתך אורכי סמוך לקודם, בתא השריפה המקורי

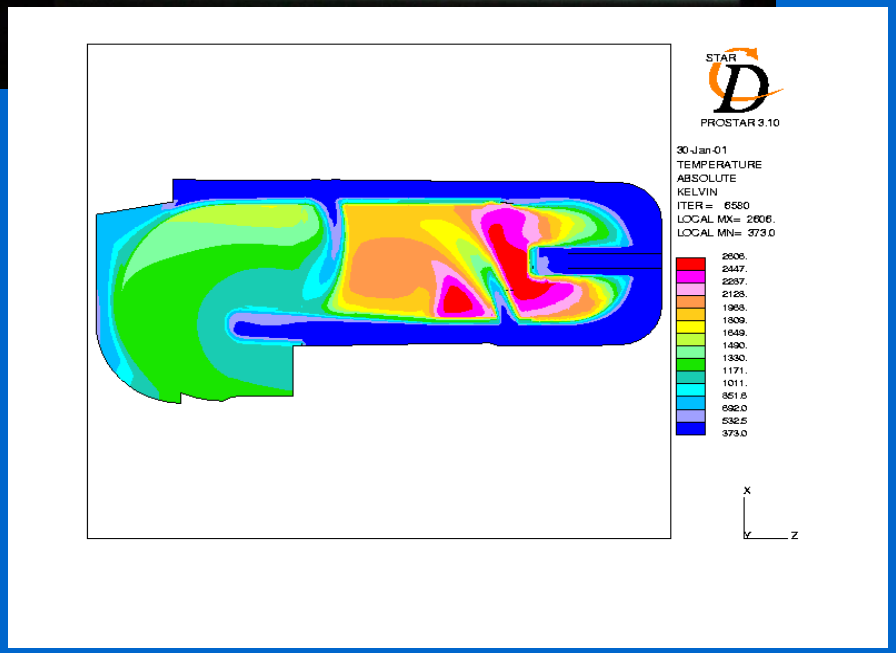


פילוג הטמפרטורה בחתך אורכי בתא השריפה 175 המקורי

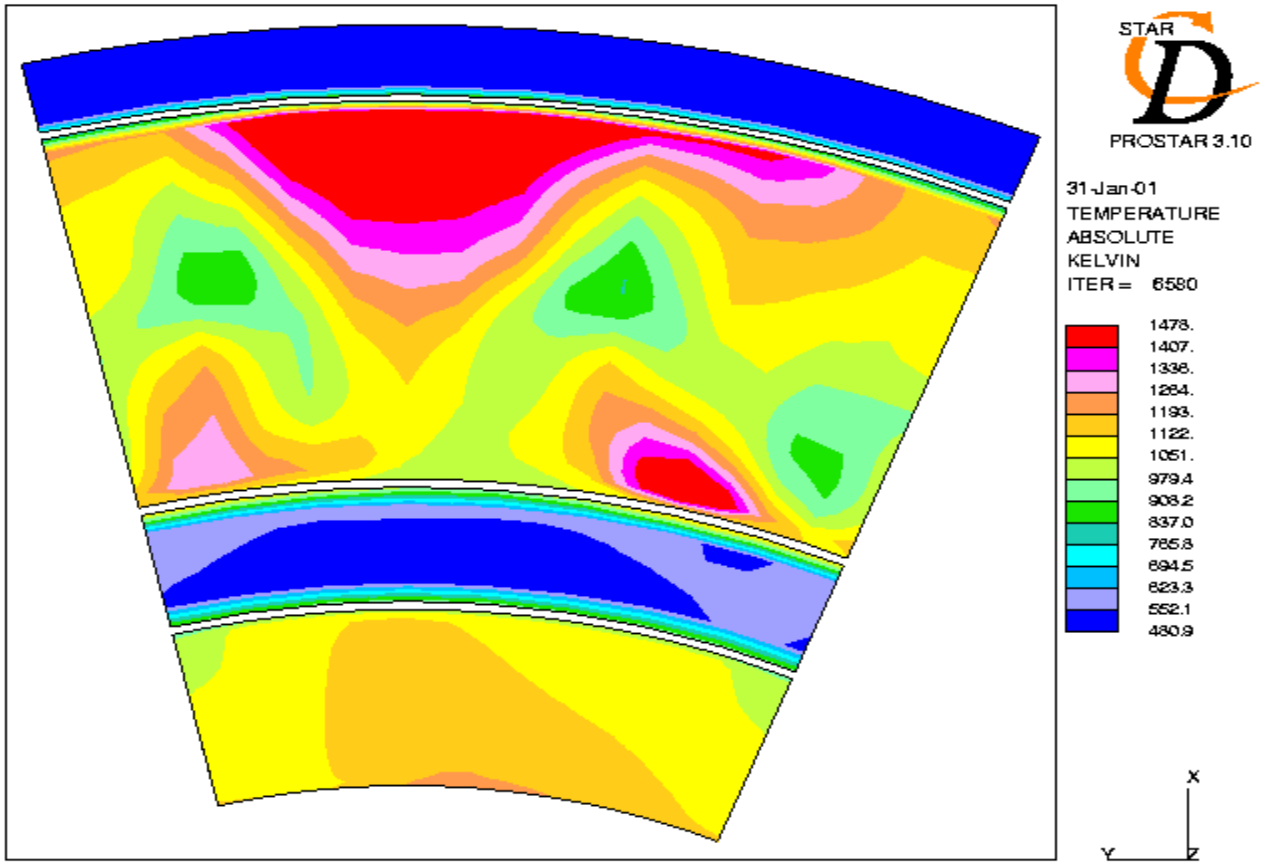


פילוג הטמפרטורה בחתך אורכי סמוך לקודם, בתא השריפה 175 המקורי

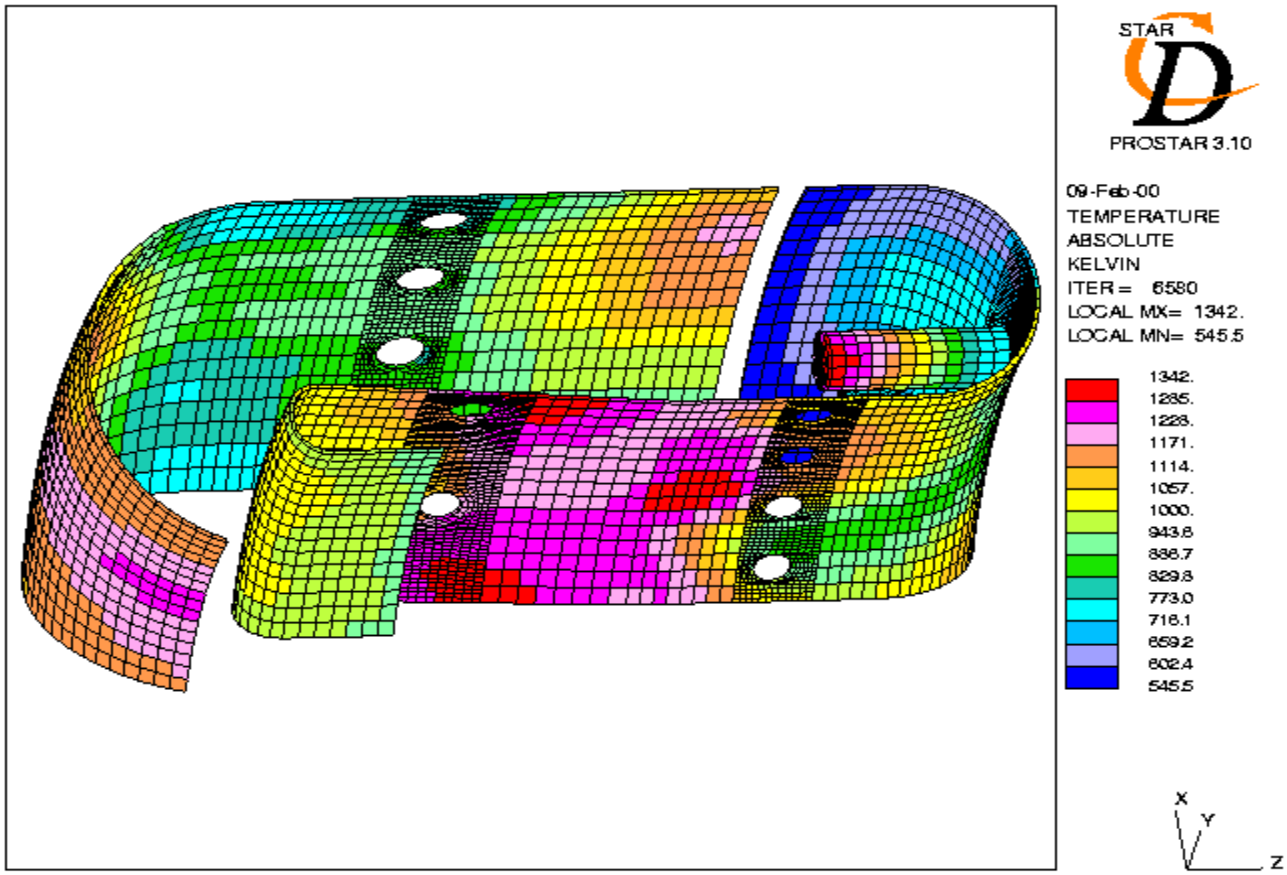




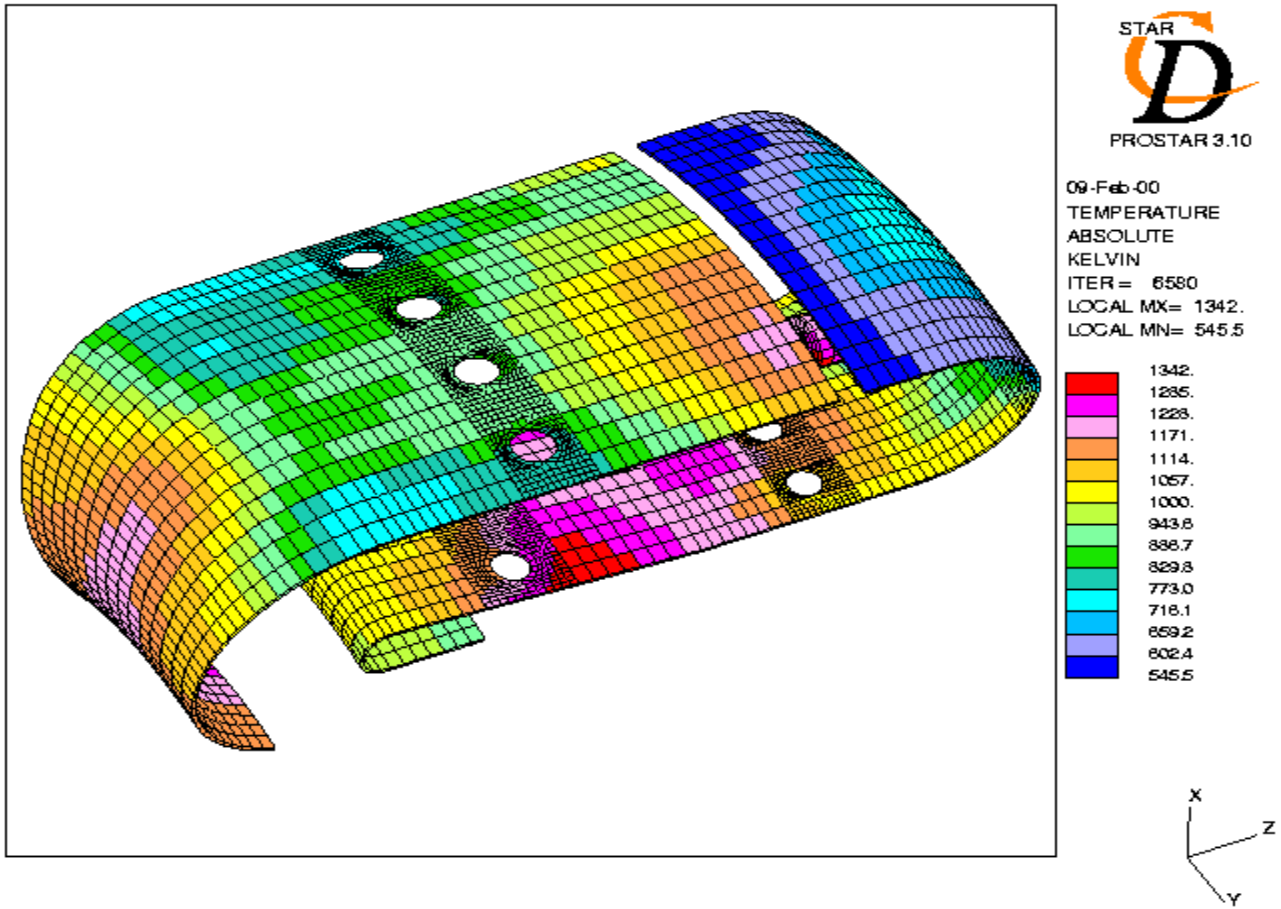
השוואת תוצאות החישוב לתוצאות הניסוי



פילוג הטמפרטורה בחתך רוחבי ביציאה של תא השריפה 175 המקורי

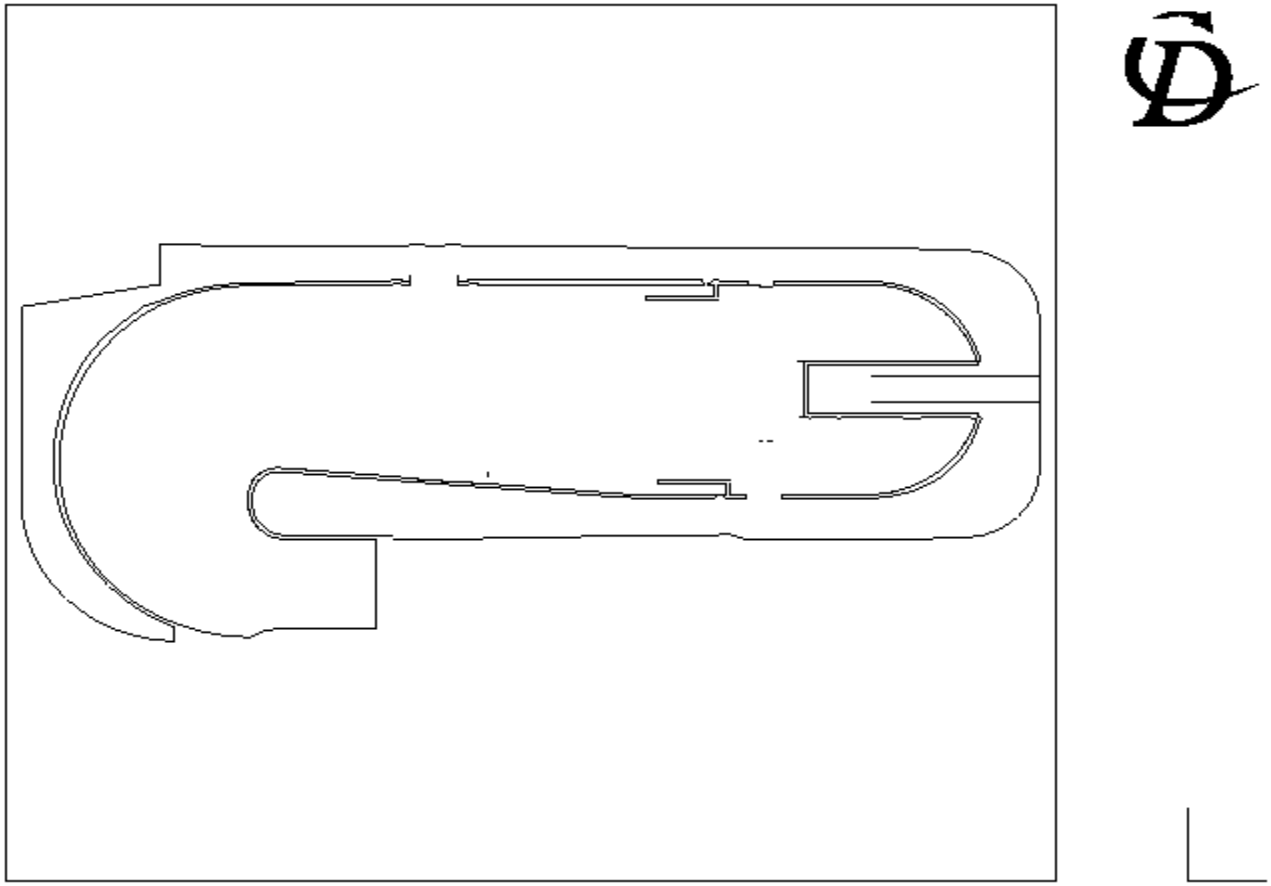


פילוג הטמפרטורה על דפנות תא השריפה והמאייד עבור תא השריפה המקורי 175

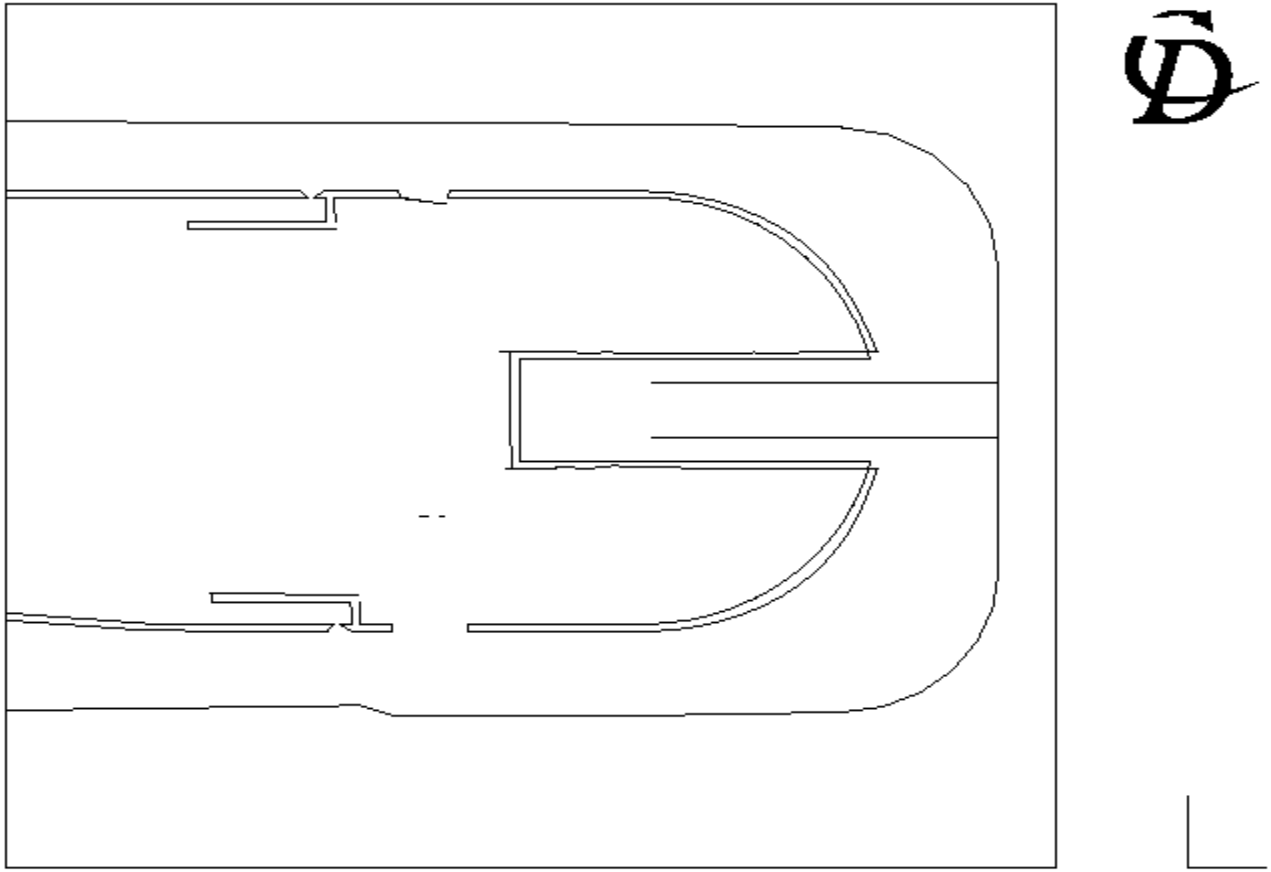


פילוג הטמפרטורה על דפנות תא השריפה והמאייד, מזווית ראיה נוספת,
עבור תא השריפה 175 המקורי

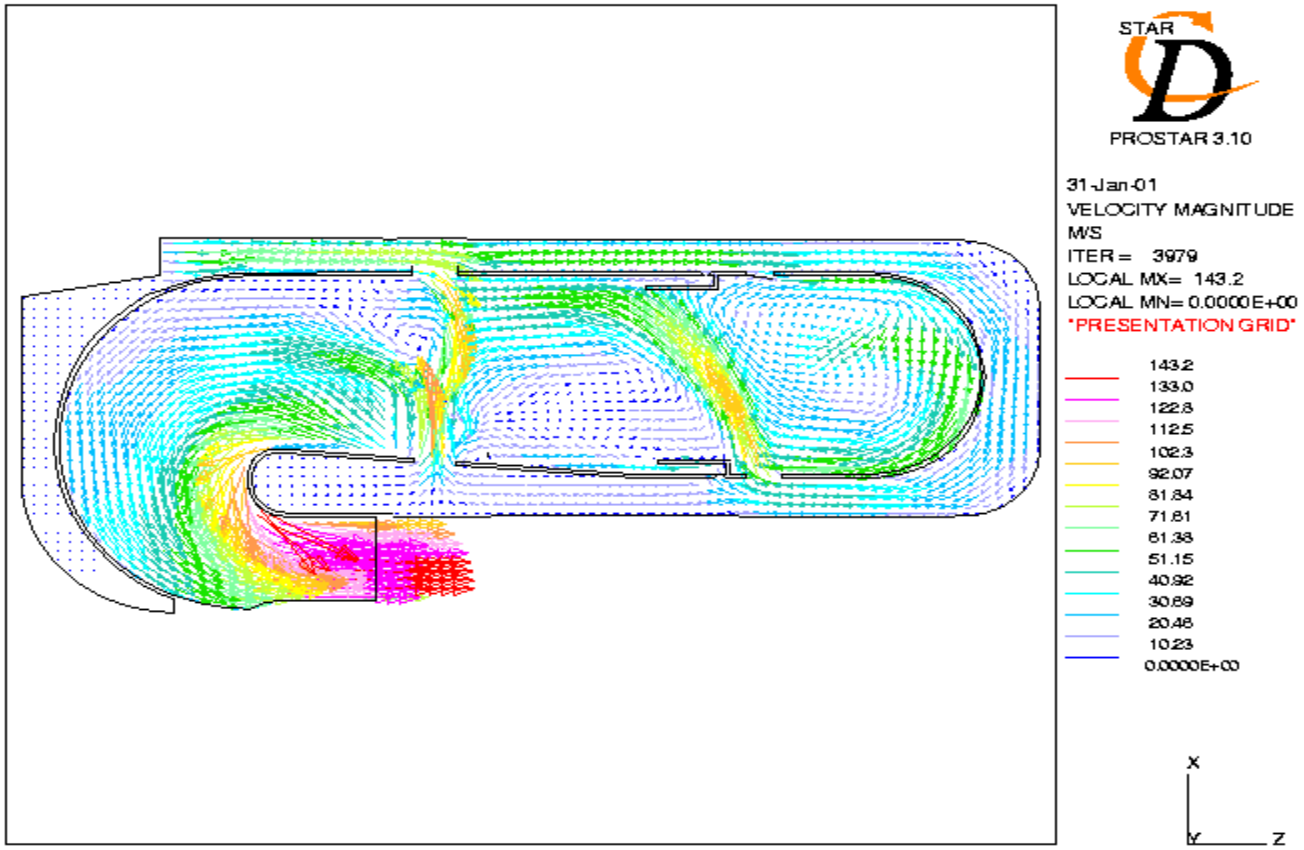
חשובים עבור תא השריפה עם תוספת חריץ עליון וחריץ תחתון, ברוחב 0.5 מ"מ כל אחד



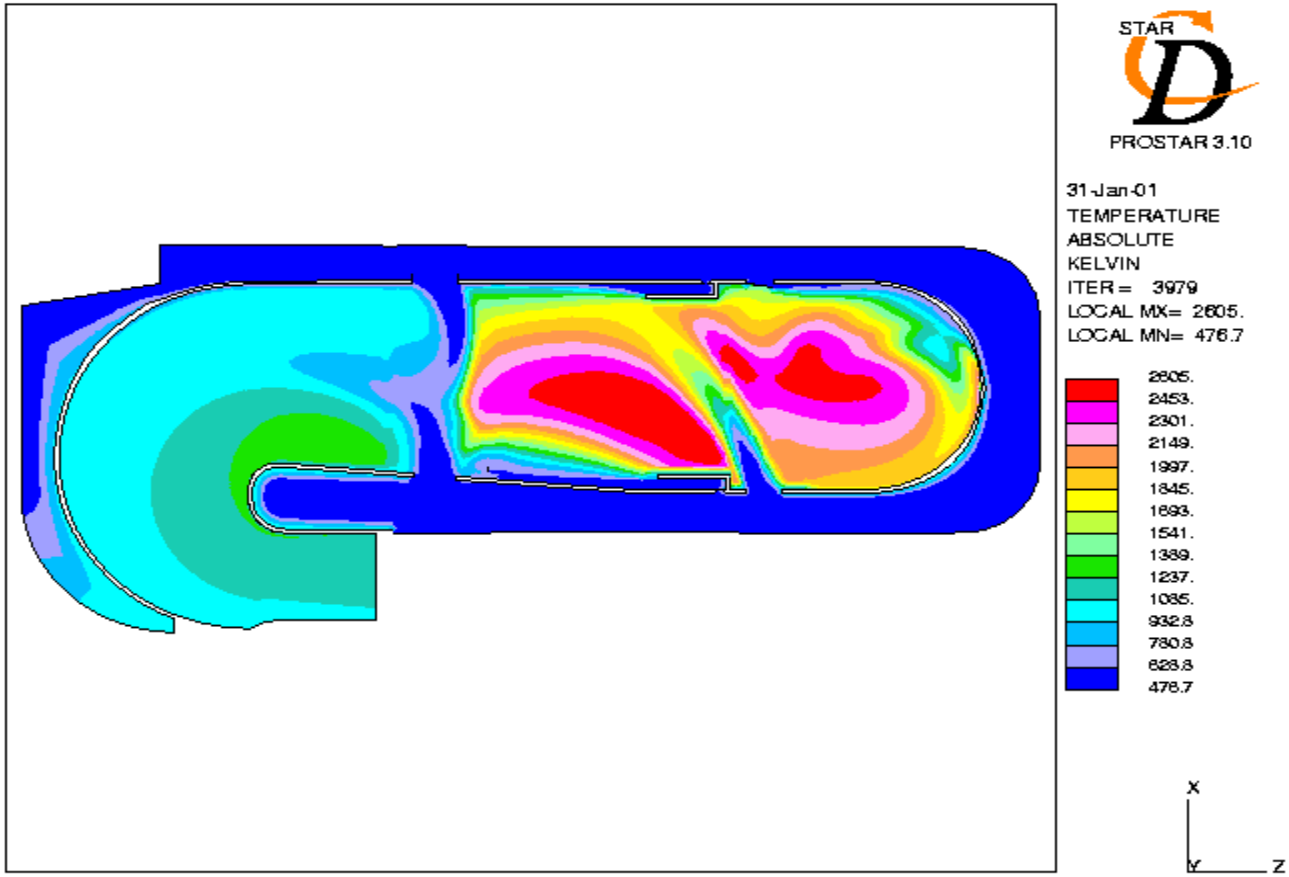
חתך אורכי של תא השריפה המשופר



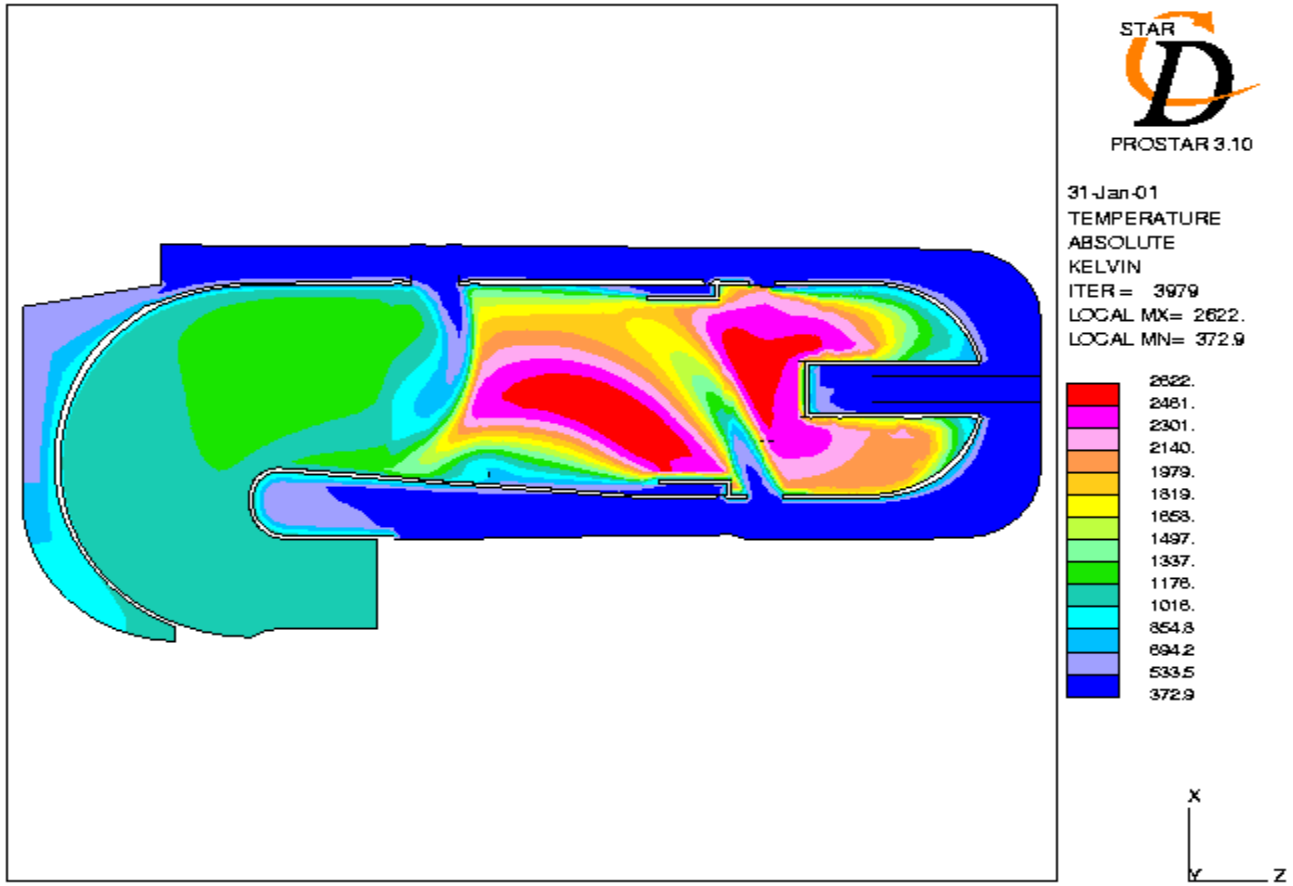
מבט מקרוב של תא השריפה המשופר, באזור שבו הוכנסו שני החריצים



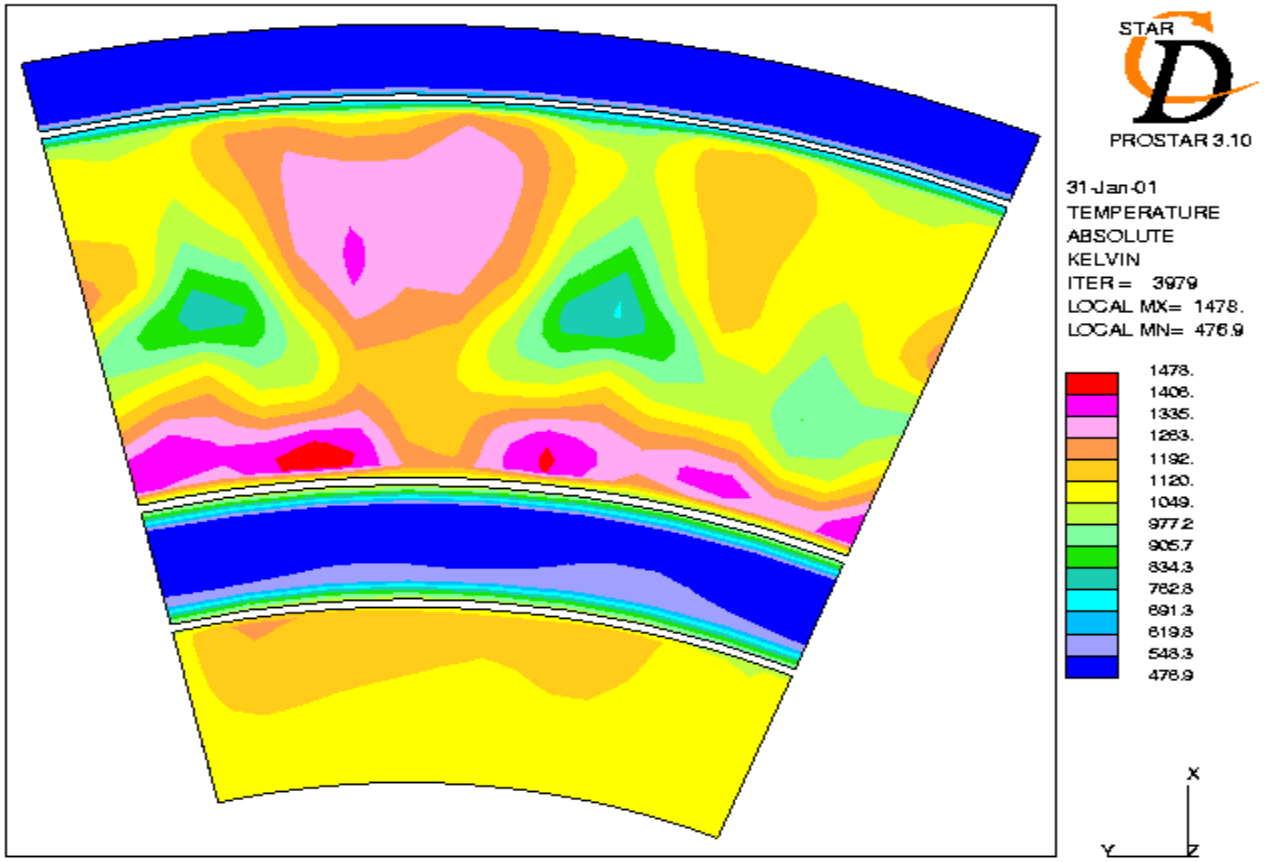
שדה המהירויות הוקטורי בחתך אורכי של תא השריפה המשופר



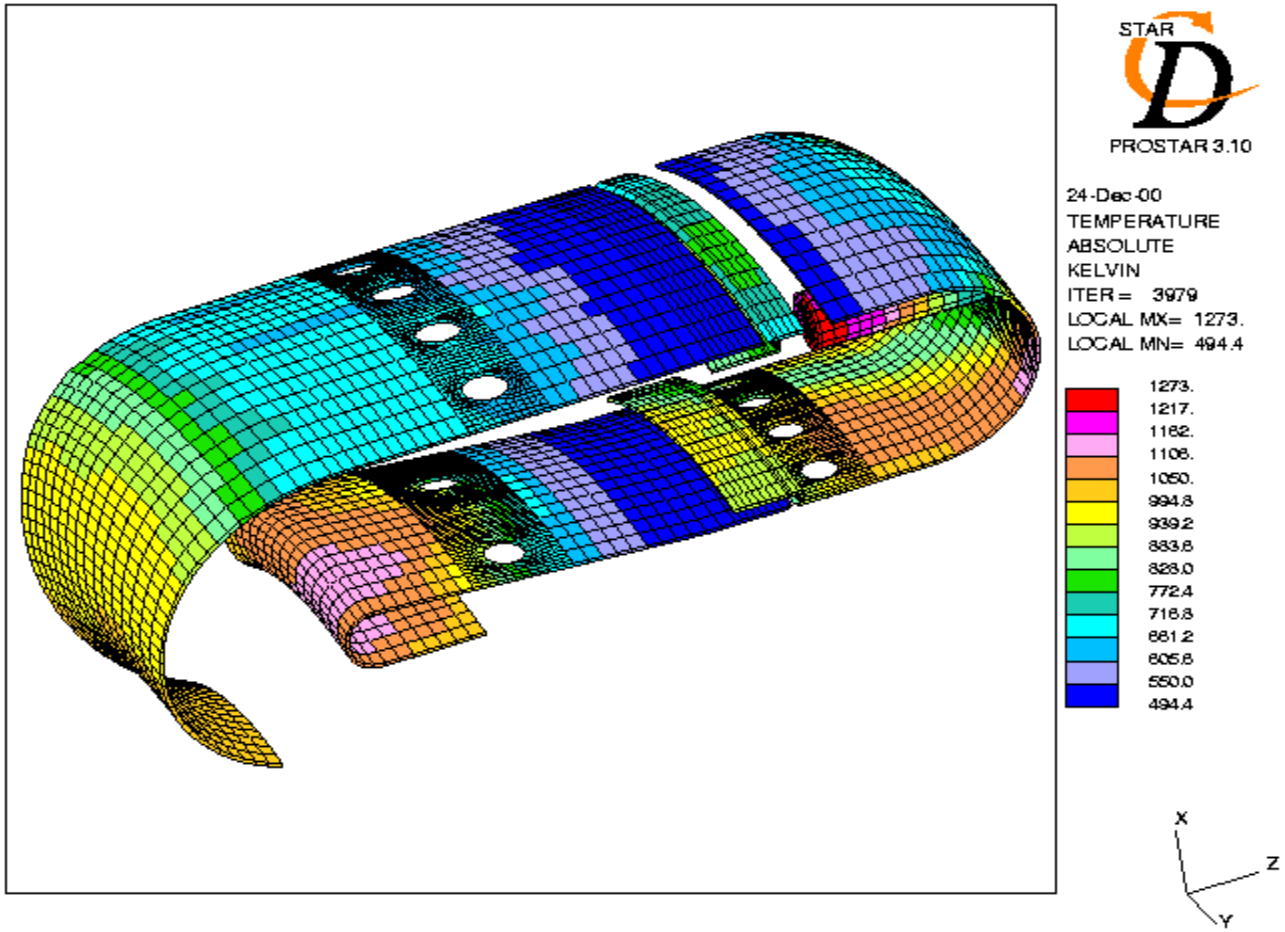
פילוג הטמפרטורה בחתך אורכי של תא השריפה המשופר



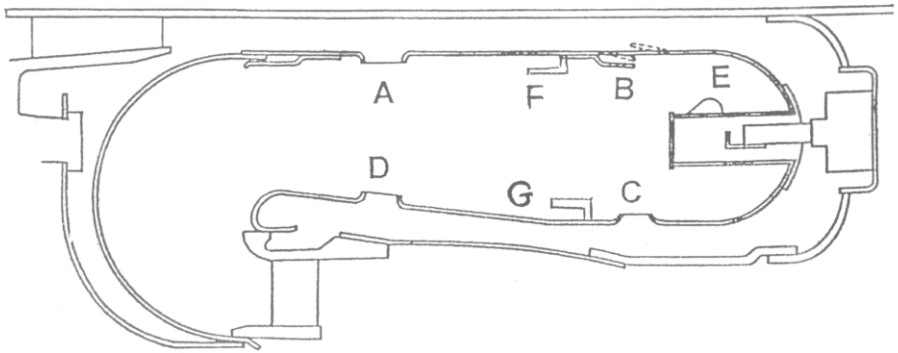
פילוג הטמפרטורה בחתך אורכי בסמוך לקודם, בתא השריפה המשופר



פילוג הטמפרטורה בחתך רוחבי ביציאה מתא השריפה, מחושב עבור תא השריפה המשופר



פילוג הטמפרטורה על פני דפנות תא השריפה והמאייד, מחושב עבור תא השריפה המשופר



מיקום פתחי הדילול, הקירור וערבוב דלק-אוויר של תא השריפה

Mass Flow Comparison

	Original configuration		Configuration I with 1 added top slot		Configuration I with 2 added slots	
	kg/sec	%	kg/sec	%	kg/sec	%
Sum of all 4 top dilution holes – A -	0.04517	36.63	0.04043	32.75	0.03684	29.88
Slot- B	0.01833	14.87	0.01533	12.42	0.01426	11.565
Sum of the 4 low, first dilution holes – C -	0.03109	25.215	0.02872	23.26	0.02601	21.09

Mass Flow Comparison

	Original Configuration		Configuration with 1 Added top slot		Configuration with 2 added slots	
	Kg/sec	%	Kg/sec	%	Kg/sec	%
Sum of the 2 low dilution holes - D	0.01934	15.685	0.01822	14.76	0.01796	14.57
Premiexed air – E -	0.00937	7.60	0.00882	7.14	0.00818	6.63
Added top slot – F -			0.01194	9.67	0.01090	8.84
Added bottom slot – G -					0.00915	7.42