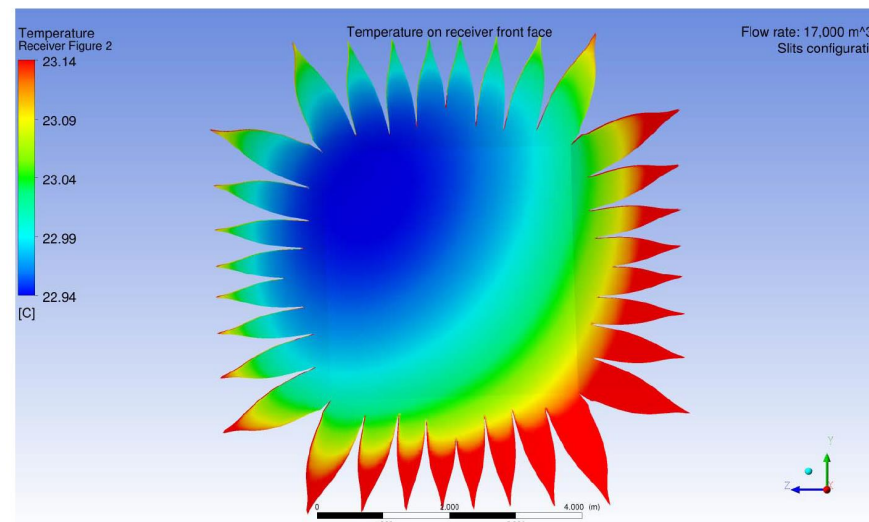
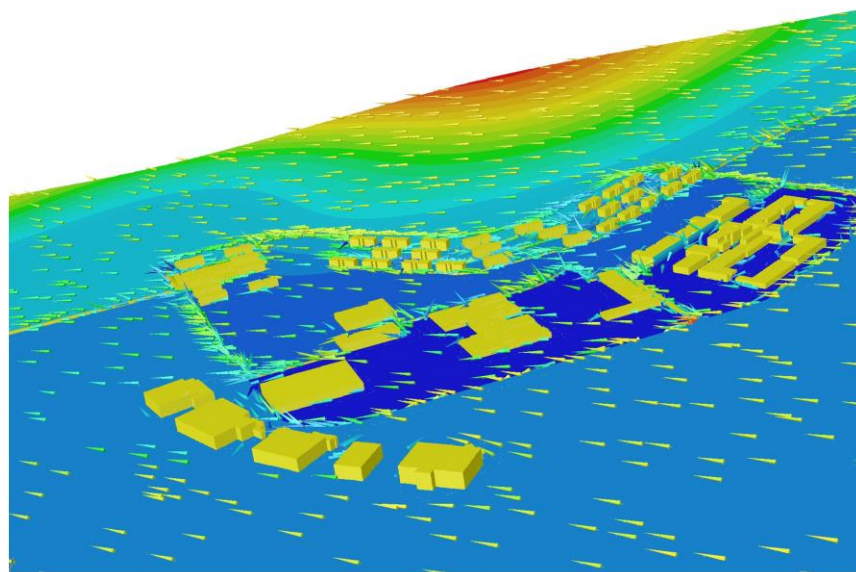
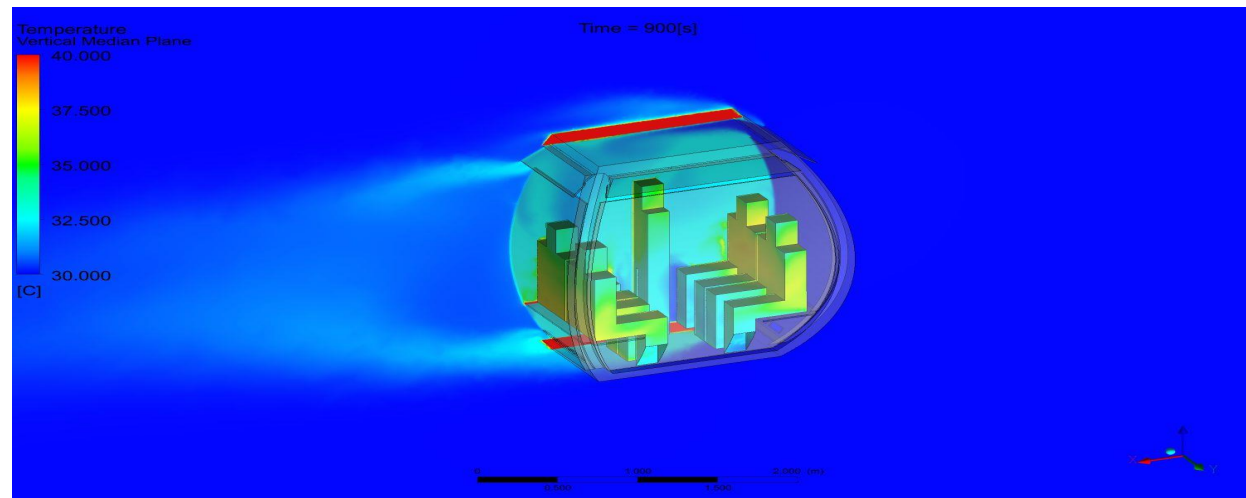
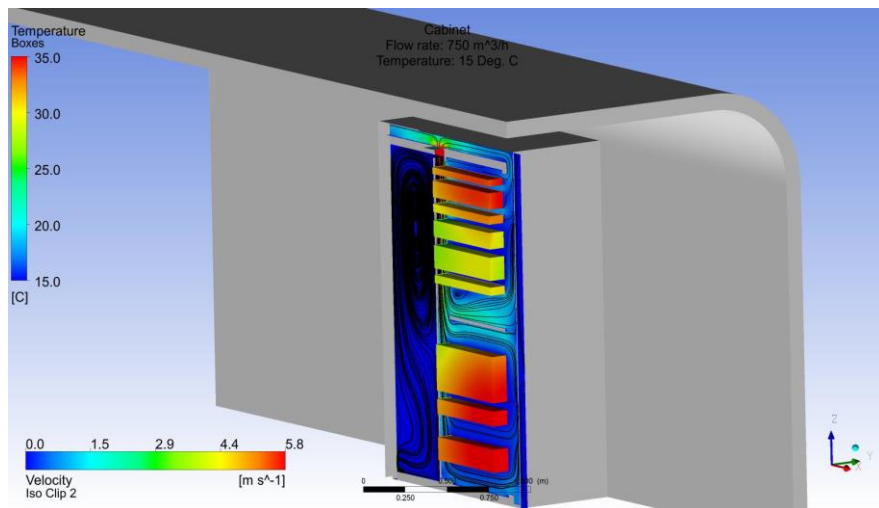


יישומי CFD ע"י חברת AES

מציג: אינג' עמוס חלפון



מהו CFD?

CFD - Colors For Directors

CFD – Colorful Fluid Dynamics

CFD – Careful Fitting of Data

CFD – Colorful Figure Delivery

מהו CFD?

- **CFD (Computational Fluid Dynamics)** הוא תחום של מכניקת הזורמים המשתמש בשיטות נומריות ובאלגוריתמים לאנליזה של בעיות זרימה של נוזלים או גזים.
- תחום זה משתמש בתוכנות מחשב לביצוע מאות מיליוני חישובים להדמיה של האינטראקציה של הנוזלים והגזים בינם לבין עצמם ועם משטחים, תחת תסריטים שונים.
- המטרה של CFD היא לחזות בצורה מדויקת יותר את זרימת זורמים, מעבר חום וריאקציות כימיות במערכות מורכבות הכוללות אחד או יותר מן המרכיבים הללו.

CFD ככלי תכנוני

מלבד היותו של CFD כלי דיאגנוסטי, הוא משמש גם ככלי תכנוני. לדוגמא, בנושא מנהרות, מלבד אנליזות CFD לאיוורור, פינוי מזהמים, פינוי עשן ובטיחות שנוהגים לעשות לאחר תכנון המנהרה, אנליזות CFD יכולות לבחון ולהשתתף בתכנון הגורמים הבאים:

1. מבנה המנהרה,
2. מיקום ציוד במנהרה,
3. תכנון טיפול ברעש והשפעתו על מבנה המנהרה ועל הסביבה.

תכנון מבנה המנהרה

דוגמא: מנהרת רוזנפלד

לאיוורור המנהרה ולמערכת פינוי העשן באירוע שריפה יכולות להיות השלכות על תכנון מבנה המנהרה.

לגבי מנהרת רוזנפלד נבחנו 3 מקרים:

1. תקרת מנהרה ללא פתחים וללא מפוחים

2. תקרת מנהרה עם פתחים ללא מפוחים

3. תקרת מנהרה עם פתחים ועם מפוחים

מנהרת רוזנפלד

מסקנות

מבלי להראות את תוצאות ה-CFD, נאמר רק שהתקבלו התוצאות הבאות:

1. אין צורך בשיחרור עשן מאולץ,
2. גם תקרה ללא פתחים עליונים מספקת תנאי מחיה בעת אירוע שריפה,
3. עדיף מבחינת בטיחות שיהיו פתחים בתקרת המנהרה,
4. מנהרה עם פתחים בתקרה ועם מפוחים מספקת את תנאי הבטיחות הטובים ביותר.

דוגמאות שימוש ב-CFD

תוצגנה הדוגמאות הבאות לשימוש ב-CFD:

1. ניטור זיהום אוויר בתחנת שלום בת"א
2. נוחות נוסעים ברכבלית החדשה בחיפה
3. תנאי איוורור במנהרת תשתיות נמל חיפה
4. מיזוג אוויר בארונות תקשורת הקו האדום בירושלים
5. רוחות בעיר הבהד"ים
6. רוח סביב בניינים גבוהים בירושלים
7. זרימת אוויר ותנאים תרמיים בתא אל-הד

זיהום אוויר בתחנת השלום

מטרת העבודה

זיהום האויר בתחנת השלום נמצא חורג מדרישות חוק "אוויר נקי 2008" לכן נדרשה רכבת ישראל לבצע פעולות לשיפור איכות האויר בתחנה. חברת AES נבחרה על מנת לספק ייעוץ ולבדוק פתרונות אפשריים ע"י סימולציית CFD לקבלת תנאי "אוויר נקי" בתחום הרציפים בתחנה.

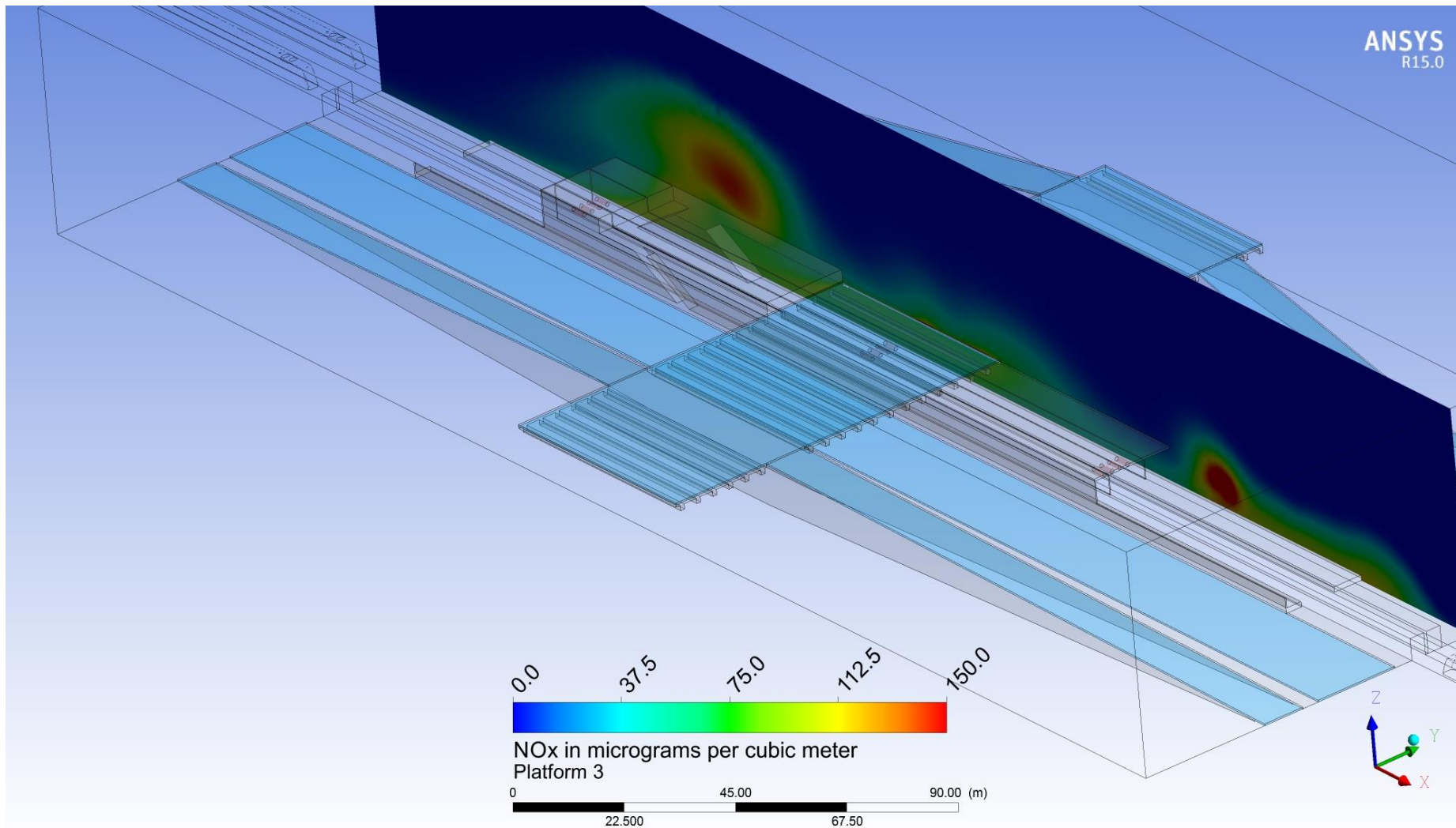
זיהום אוויר בתחנת השלום

טבלה 1: סיכום החלופות השונות.

הוספת יחידות טיפול באוויר	חלופה 2 - מפוחים ציריים	חלופה 1 - מפוחי סילון	בניית קיר וקרניזים	
שיפור של 16% באיכות האוויר.	איכות אוויר ממוצעת NOx: 728 מק"ג/מ ³ . ללא חריגות מקומיות.	איכות אוויר ממוצעת NOx: 630 מק"ג/מ ³ . ללא חריגות מקומיות.	איכות אוויר ממוצעת NOx: 791 מק"ג/מ ³ . עם חריגות מקומיות.	איכות האוויר
עלות משוערת*: ₪ 1,750,000	עלות משוערת*: ₪ 375,000	עלות משוערת*: ₪ 1,100,000	ניתן להשתמש בקרניז כשטח פרסום	משמעות כלכלית
עבודה מעל רציף 1. משקל יחידה 4 טון – בעל משמעויות קונסטרוקטיביות.	עבודה מעל רציף 1 ומעל המסילות.	יש לתכנן בהתאם לגבריט הרכבת. עבודה מעל המסילות. יש לשים לב לרמת רעש	-	התקנה
יקרה מאד. עלות החלפת מסנן: 250,000 ₪ ליחידה.	נגישות קלה מעל רציף 1. תחזוקה פשוטה	מצריך גישה מעל המסילות – סינכרון מול עבודת הרכבת	-	תחזוקה
נמוכה	נמוכה	גבוהה	-	צריכת חשמל
עקב תוצאות החלופות אין צורך ממשי ביחידות אלו	ניתן לשנות את התכנון כדי לשפר את איכות האוויר	ניתן להפעיל חלק מהמפוחים להורדת צריכת האנרגיה	הקרניזים הכרחיים לצורך מימוש כל אחת מהחלופות	הערות

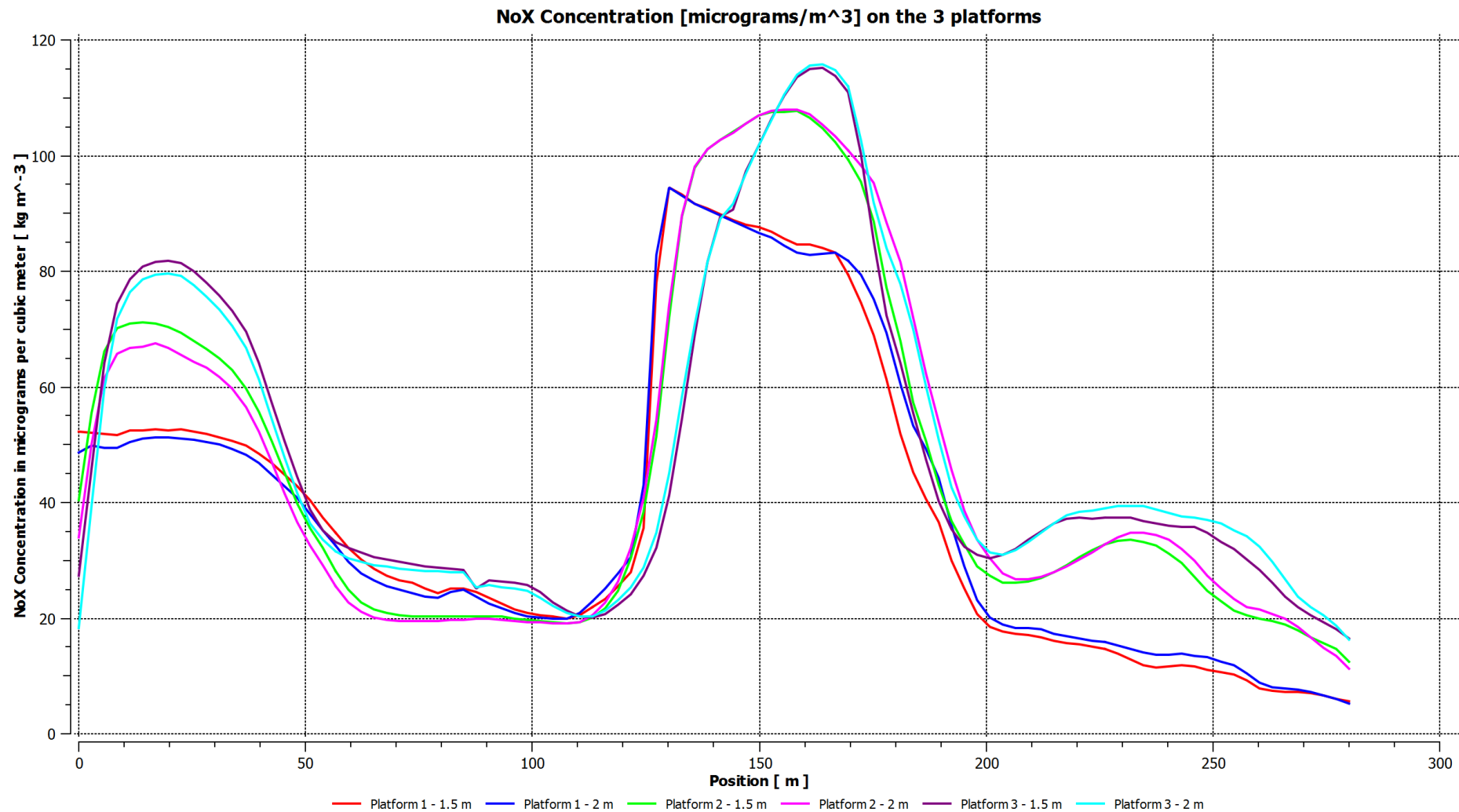
*- אומדן ראשוני למערכת האוויר בלבד (ללא עבודות הבינוי ומערכת הניטור והבקרה).

זיהום אוויר בתחנת השלום



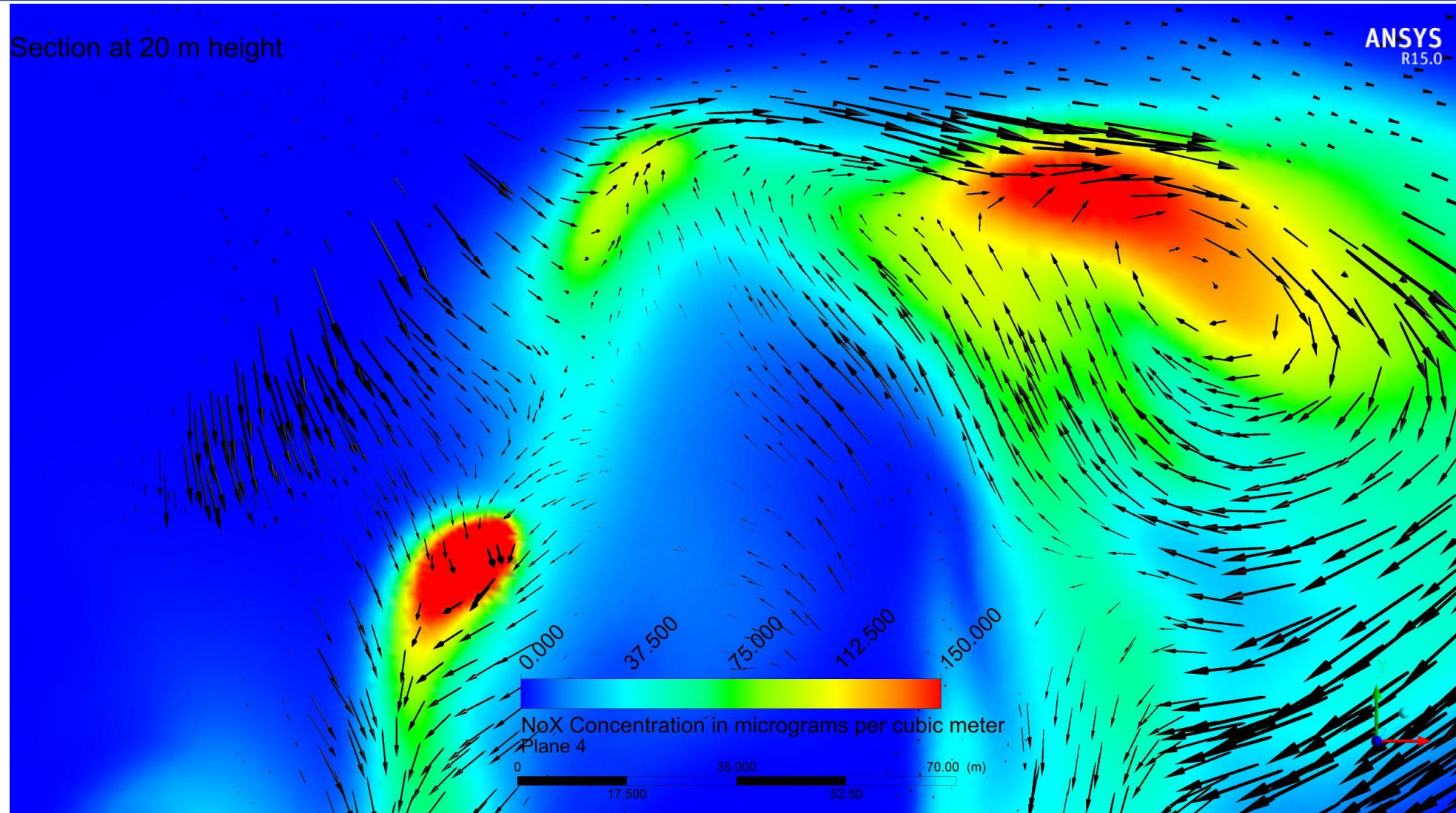
זיהום אוויר בתחנת השלום

תחנת השלום – ריכוז NO_x על הרציפים

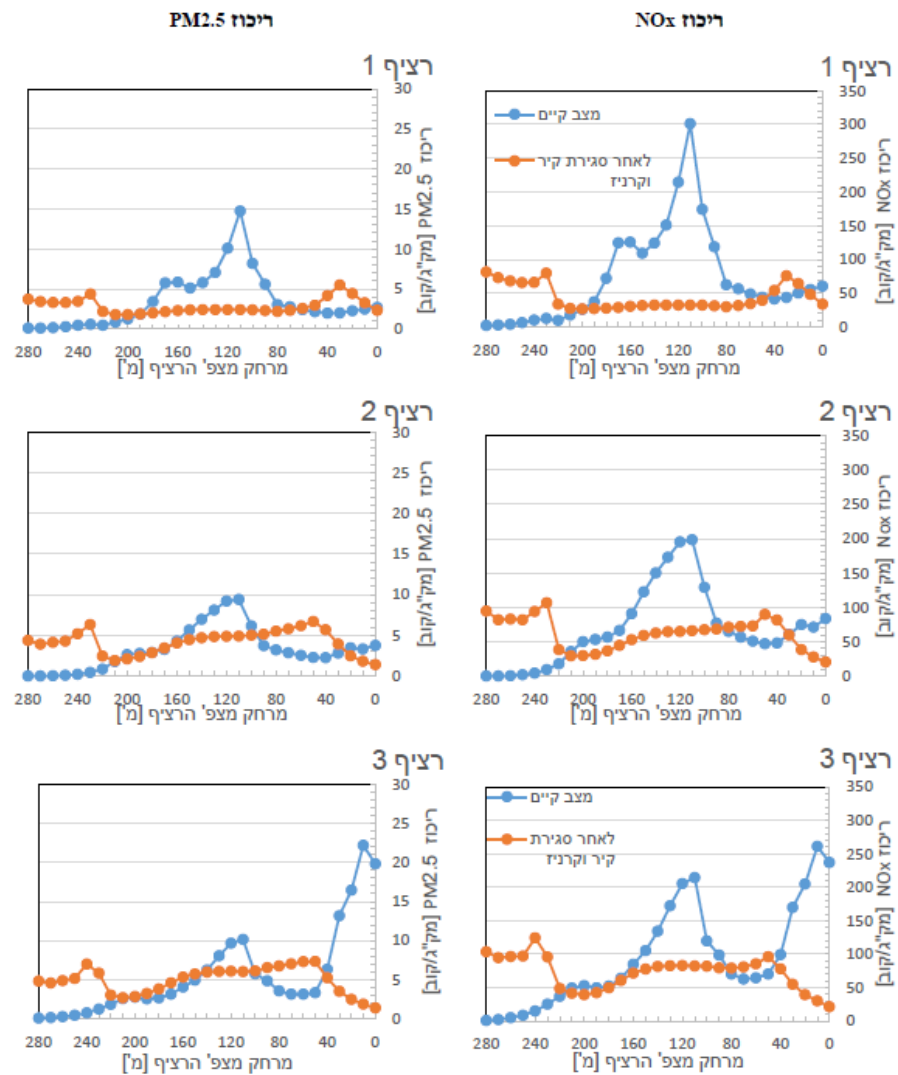


זיהום אוויר בתחנת השלום

תחנת השלום – ריכוז No_x רוח דרומית, חתך בגובה 20 מ'



זיהום אוויר בתחנת השלום



תנאי נוחות נוסעים ברכבלית חיפה ללא מיזוג ועם מיזוג

רכבלית חיפה



תנאי נוחות נוסעים ברכבלית חיפה ללא מיזוג ועם מיזוג

הרכבל יחבר בין תחנת לב המפרץ, לטכניון ולאוניברסיטת חיפה שבמעלה הר הכרמל. 150 קרוניות מתאימות ל-10 נוסעים: 8 בישיבה ו-2 בעמידה, ולפי הביקושים אף יוכלו לקחת יותר. בקצב המתוכנן של קרונית בכל 15 שניות. יכולת ההעברה של הקו תהיה של כ-5,000 נוסעים בשעה (2,500 לכיוון). הרכבלית, שתפעל בימים ראשון-חמישי בין השעות 06:00-23:00 ובימי שישי במתכונת מקוצרת, צפויה להקל משמעותית על עומסי התנועה בעיר ועל מצוקת החנייה. עלות הנסיעה תהיה 6 שקלים לכיוון.

תנאי נוחות נוסעים ברכבלית חיפה ללא מיזוג ועם מיזוג



תנאי נוחות נוסעים ברכבלית חיפה

ללא מיזוג ועם מיזוג

מטרת העבודה

לדמות את תנאי הנוחות התרמית המתקבלים בתא קרונית הרכבל בתנאי אקלים בחודשי הקיץ (חם ולח).
תוצרי ההדמיה הממוחשבת דימו את זרימת האוויר הטבעית שתיווצר בקרונית ופילוג הטמפרטורה בתוכה בשתי חלופות של חלונות.

האחת – על פי התכנון המקורי של הקרונית –

3 חלונות עליונים בכל דופן חלון בכל דופן , למעט מעל הדלת

בדלת – גיליוטינה פתח נטו 20 ס"מ

השנייה - על ידי תוספת חלונות לשיפור זרימת האוויר והתנאים בקרונית

3 חלונות עליונים עם כיוון הנסיעה

2 חלונות עליונים נגד כיוון הנסיעה

כיוון פתיחת החלון – החוצה, ציר עליון

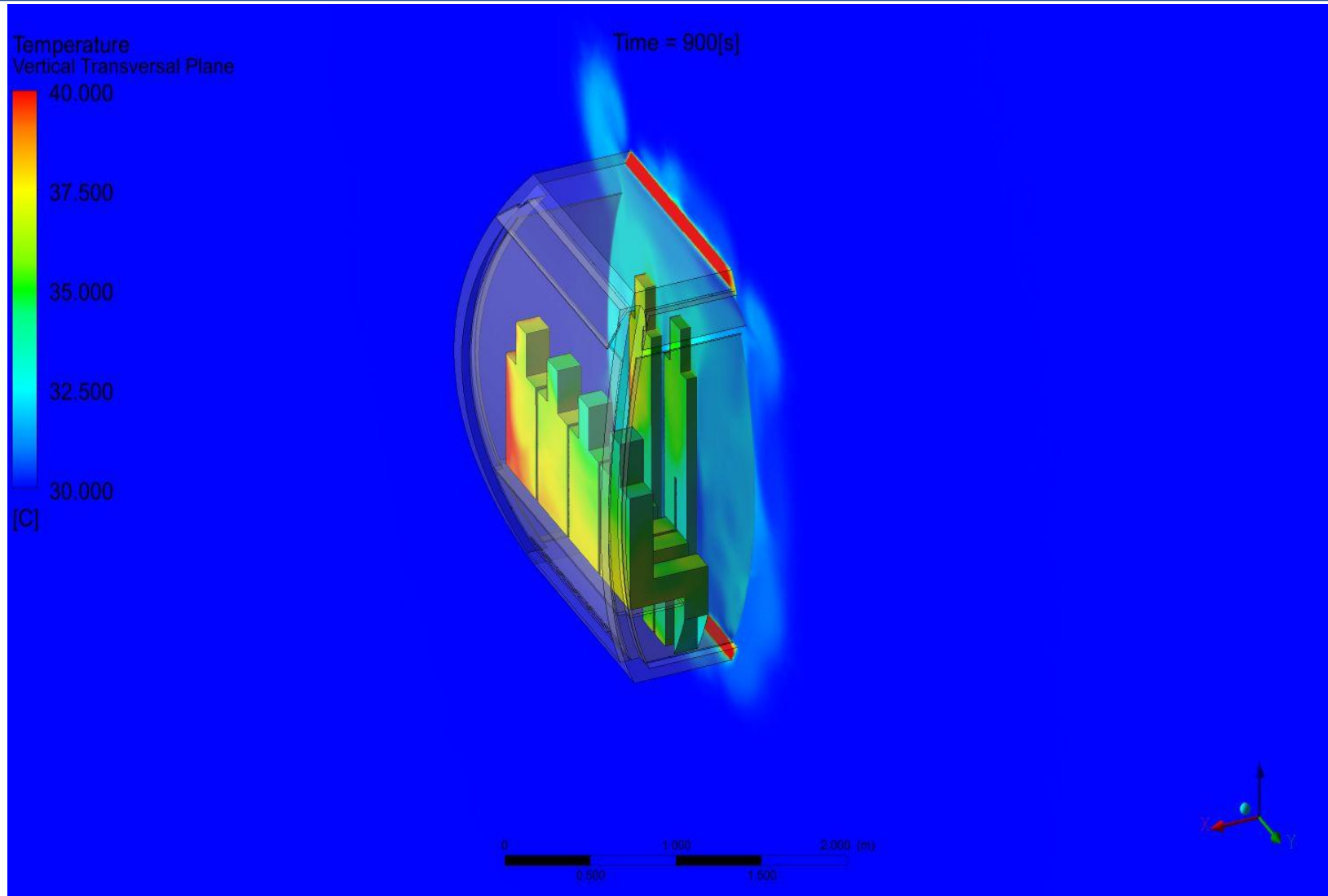
זווית פתיחה – 30°

אין פתח בדופן שממול הדלת.

בדלת – גיליוטינה פתח נטו 40 ס"מ

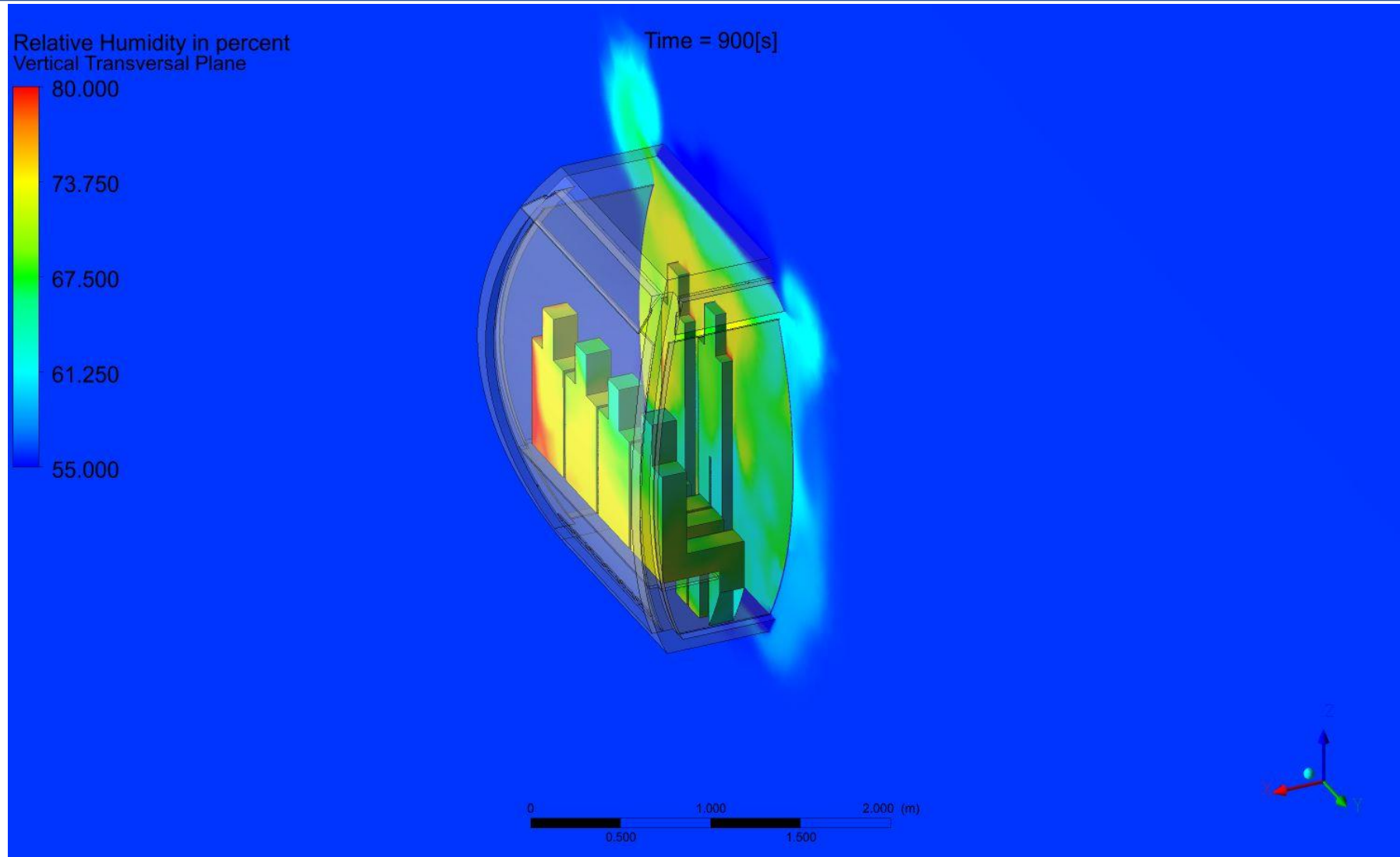
קרוניות רכבת הכרמל

פילוג טמפרטורה בקרונית כעבור 900 שניות



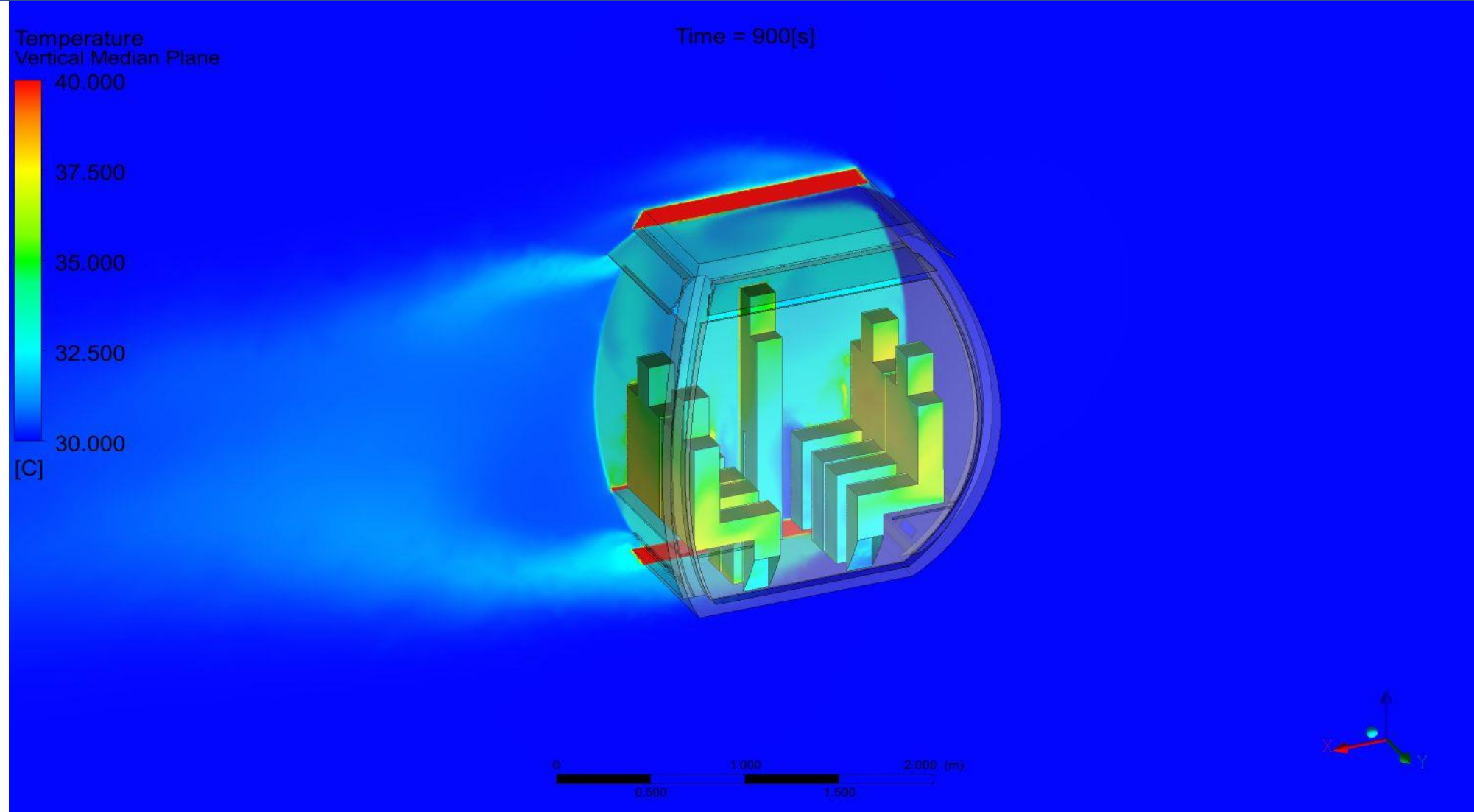
קרוניות רכבת הכרמל

פילוג לחות בקרונית כעבור 900 שניות



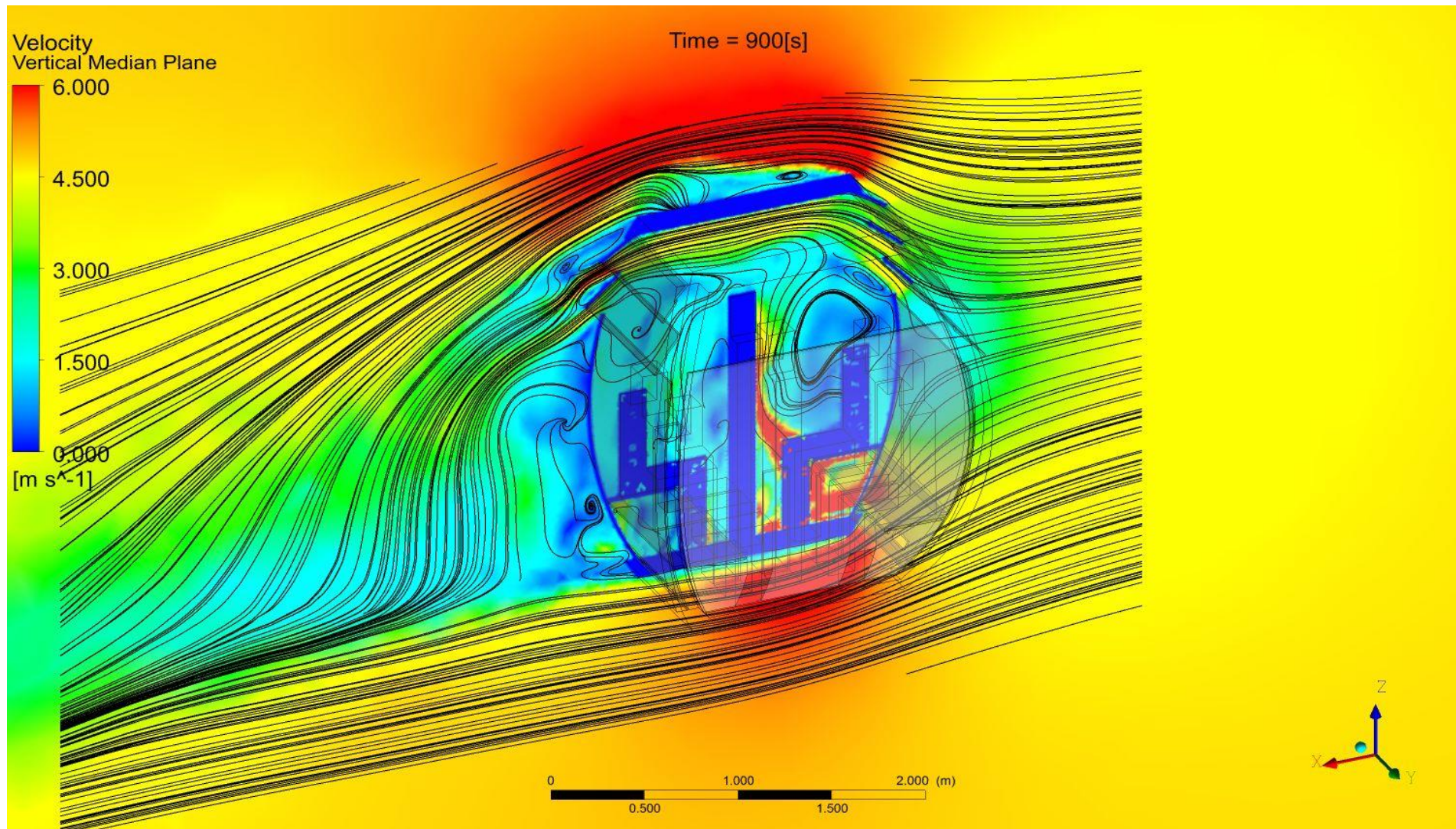
קרוניות רכבת הכרמל

פילוג טמפרטורה בקרונית כעבור 900 שניות



קרוניות רכבת הכרמל

פילוג מהירות האוויר בקרונית ומסלולי זרימה כעבור 900 שניות



קרוניות רכבת הכרמל

ממצאי האנליזה

על פי ממצאי האנליזה ניתן לראות כי לאחר 900 שניות של נסיעה (כל הקו) מכיוון צפון לדרום שוררים בקרונית התנאים הבאים:

חלופה ראשונה - מקורית	חלופה שנייה - משופרת	
30-32	30-32	טמפרטורה [°C]
70%	62%	לחות יחסית [%]
כ-1.2-1.5	כ-1.2-1.5	מהירות האוויר בקרונית [מ/שנייה]

ניתן לראות שאין שינוי מהותי בין 2 החלופות בטמפרטורה ומהירויות האוויר בקרונית. השיפור המהותי בא לידי ביטוי ברמת הלחות היחסית, ולכן באופן יחסי בחלופה 2 התנאים פחות קשים מחלופה 1.

קרוניות רכבת הכרמל

ממצאי האנליזה

חלופה א' - על פי מדד ה- **PPD - Predicted Percentage of Dissatisfied** אי שביעות הרצון יעמוד על כ- 30-32% מסה"כ המשתמשים בקרונית. הנוסעים אשר ישבו בצמוד לזיגוג בכיוון מערב – ירגישו אי-נוחות משמעותית.

חלופה ב' - על פי מדד ה- **PPD - Predicted Percentage of Dissatisfied** אי שביעות הרצון יעמוד על כ- 30-32% מסה"כ המשתמשים בקרונית. הנוסעים אשר ישבו בצמוד לזיגוג בכיוון מערב – ירגישו אי נוחות משמעותית.

קרוניות רכבת הכרמל

ממצאי האנליזה

- ניתן לראות כי מפוחי האוורור תורמים למהירות האוויר בחלקה התחתון של הקרונית אך בחלק מאוד מצומצם שלה. מהירויות אלו נטמעות מהר מאוד בחלל הקרונית ואינן מורגשות בחלק העליון של הקרונית על פני האנשים.
- ניתן לראות כי עצם תוספת הפתחים אינה משפיעה על מהירות האוויר על פני גוף הנוסעים היות והפתחים ממוקמים מעל ראשי הנוסעים. האוויר נכנס לקרונית ומיד מוצא את דרכו אל מחוץ לקרונית. מעל ראשי האנשים מתפתחת מהירות של כ- 3-4 מ' לשנייה אך על פני הנוסעים מהירות האוויר נעה סביב ה- 1.25 מ' לשנייה.
- ניתן להתרשם כי עצם פתיחת החלון ב- 30° גורמת למפל לחץ על זרימת האוויר ובפועל מתוך כנף חלון של 20 ס"מ נותר פתח של כ- 11.5 ס"מ.
- מיקום תנאי הלחות על גבי הדיאגרמה הביו אקלימית מראה כי התנאים רחוקים מלהיכנס לפעמון הנוחות התרמית. על מנת לשפר זאת יש לדאוג להגדלת מהירויות זרימת האוויר על פני גוף הנוסעים על ידי תכנון נאות של פתחי הקרונית.

מנהרת תשתיות נמל חיפה

מטרת העבודה

איפיון מערך האוורור הנדרש בעת ביצוע עבודות ריתוך צנרת במנהרת תשתיות בנמל חיפה על מנת לספק סביבת עבודה נאותה לעובדים תוך עמידה בתקנים הרלוונטיים.

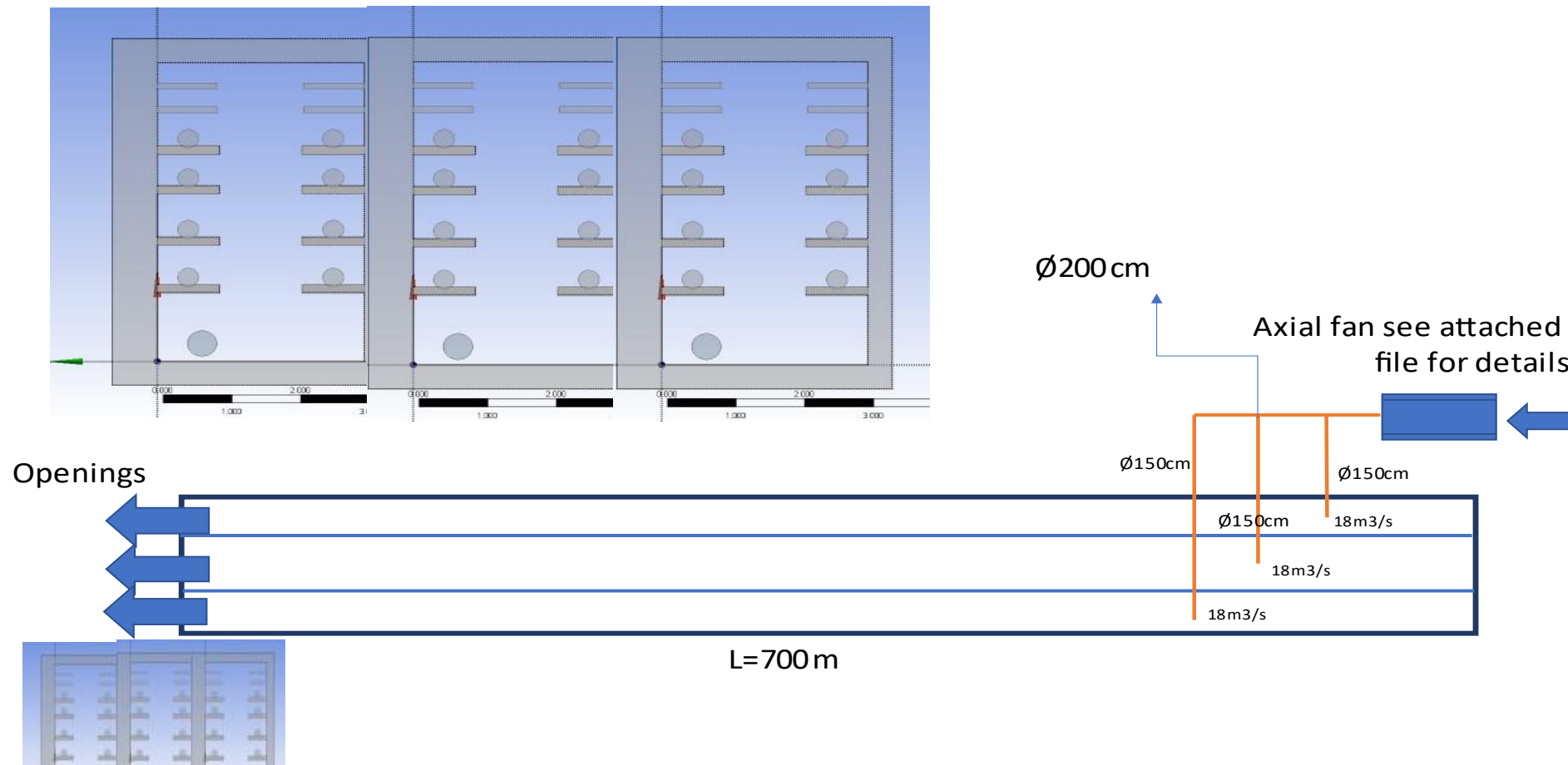
במסגרת העבודה בוצע תחשיב של מפלי הלחץ לצורך קביעת גדלי המפוחים והמנועים, תוך התחשבות בציוד אוורור קיים למספר קבוצות עבודה ונתוני המנהרות.

המערכות שיותקנו תתבססנה על אספקת אוויר לאורך המנהרה באמצעות מפוחי אוורור מונעים ווסת מהירות, תוך שימוש בחתך המנהרה כמובל אוויר ושחרור האוויר בקצה המנהרה.

מנהרת תשתיות נמל חיפה

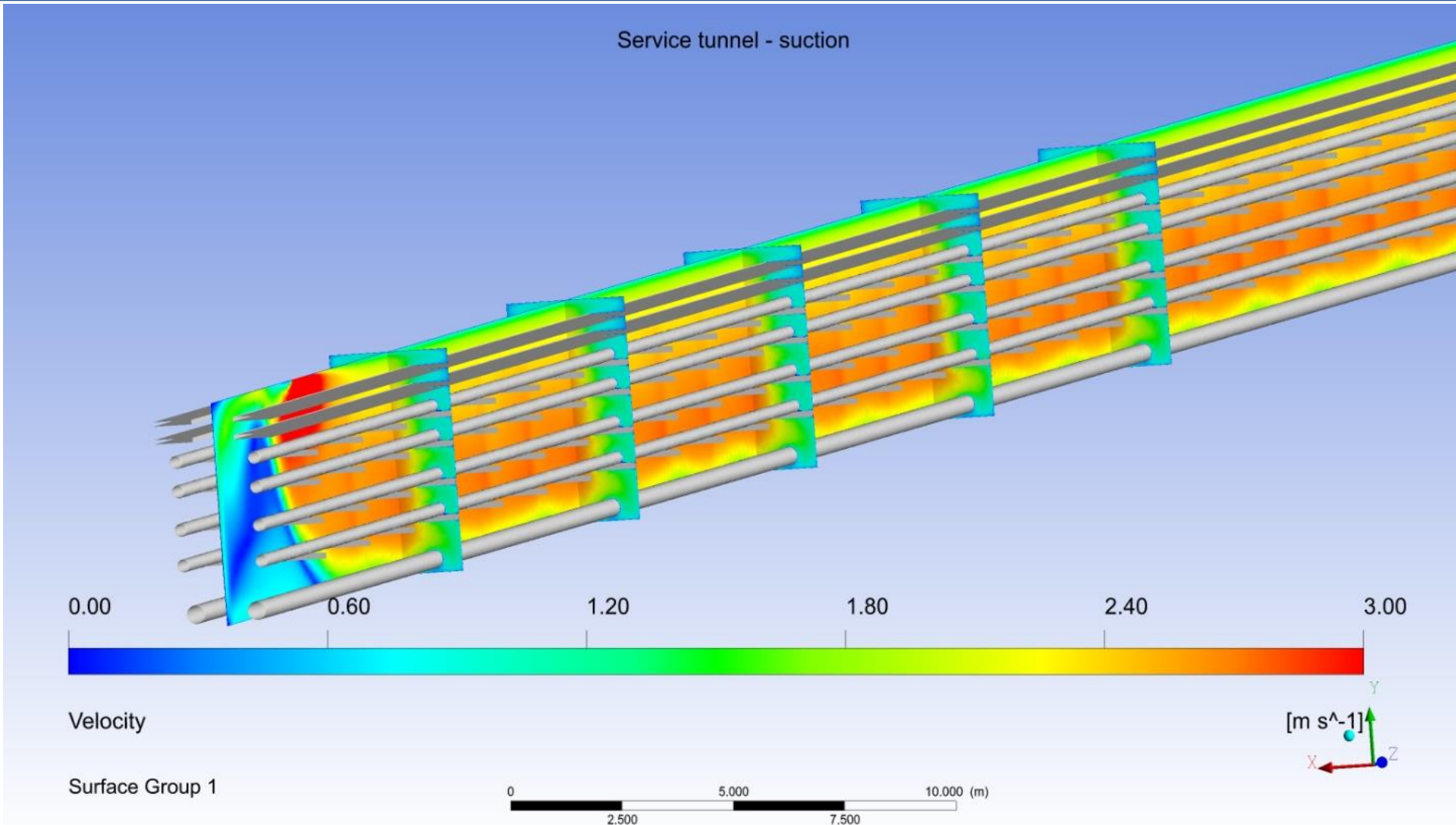
סכימה חד-קווית של אורזור המנהרה הצפונית Z-20 - Z-16

Fan discharged into the tunnels



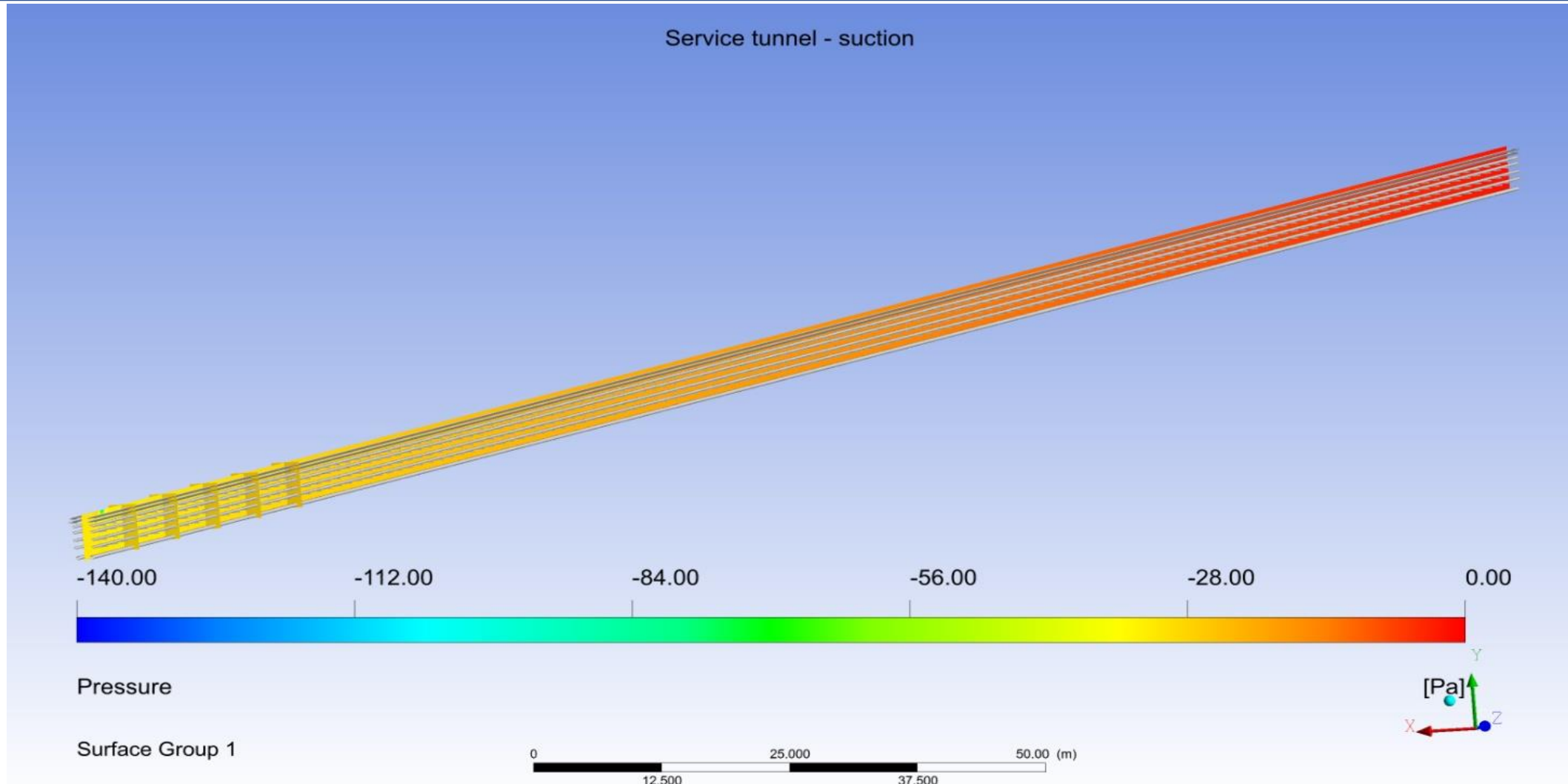
מנהרת תשתיות נמל חיפה

מהירות אוויר במערכת אוורור במצב יניקה



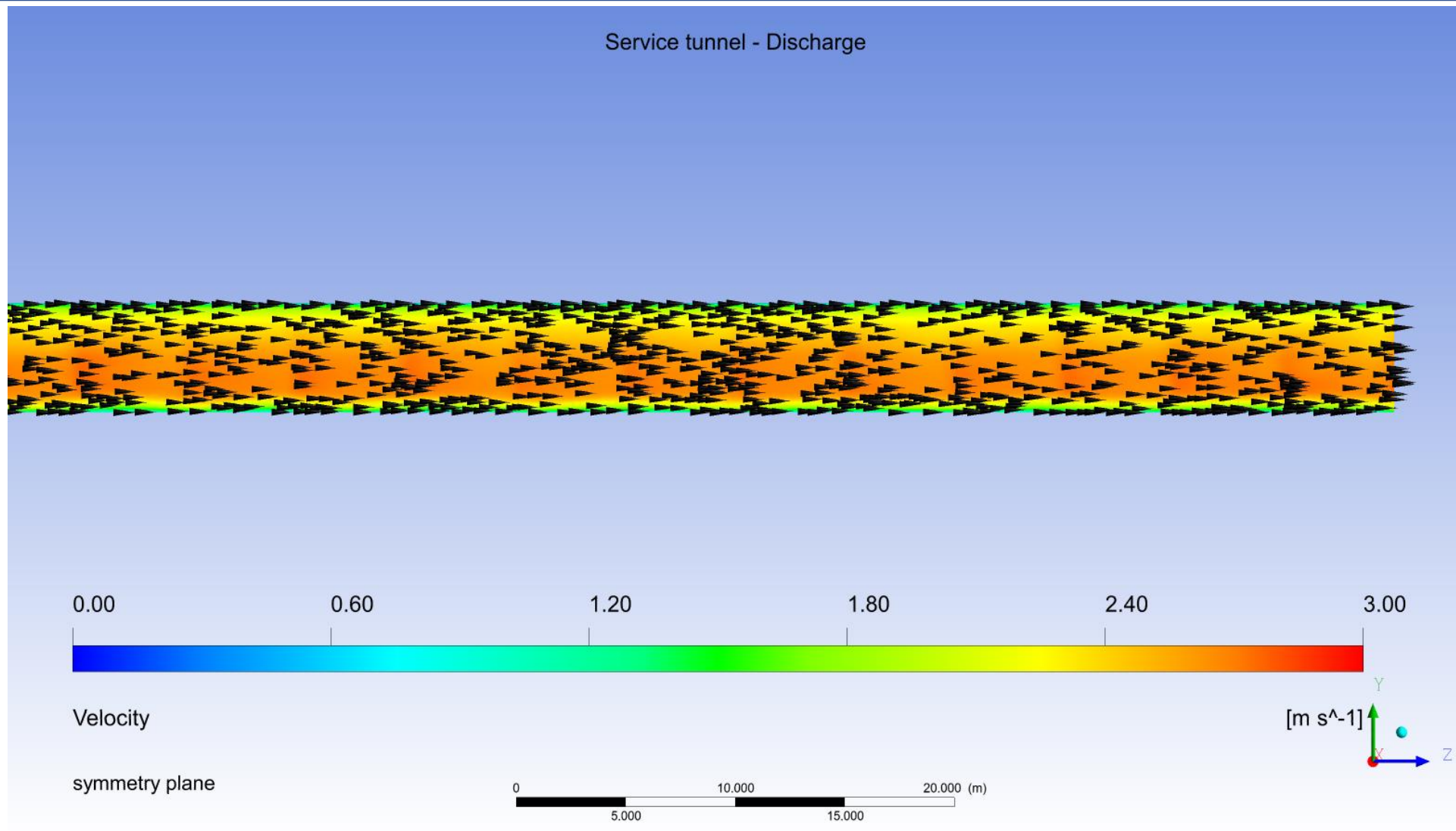
מנהרת תשתיות נמל חיפה

מפל לחץ לאורך המנהרה מערכת אוורור במצב יניקה



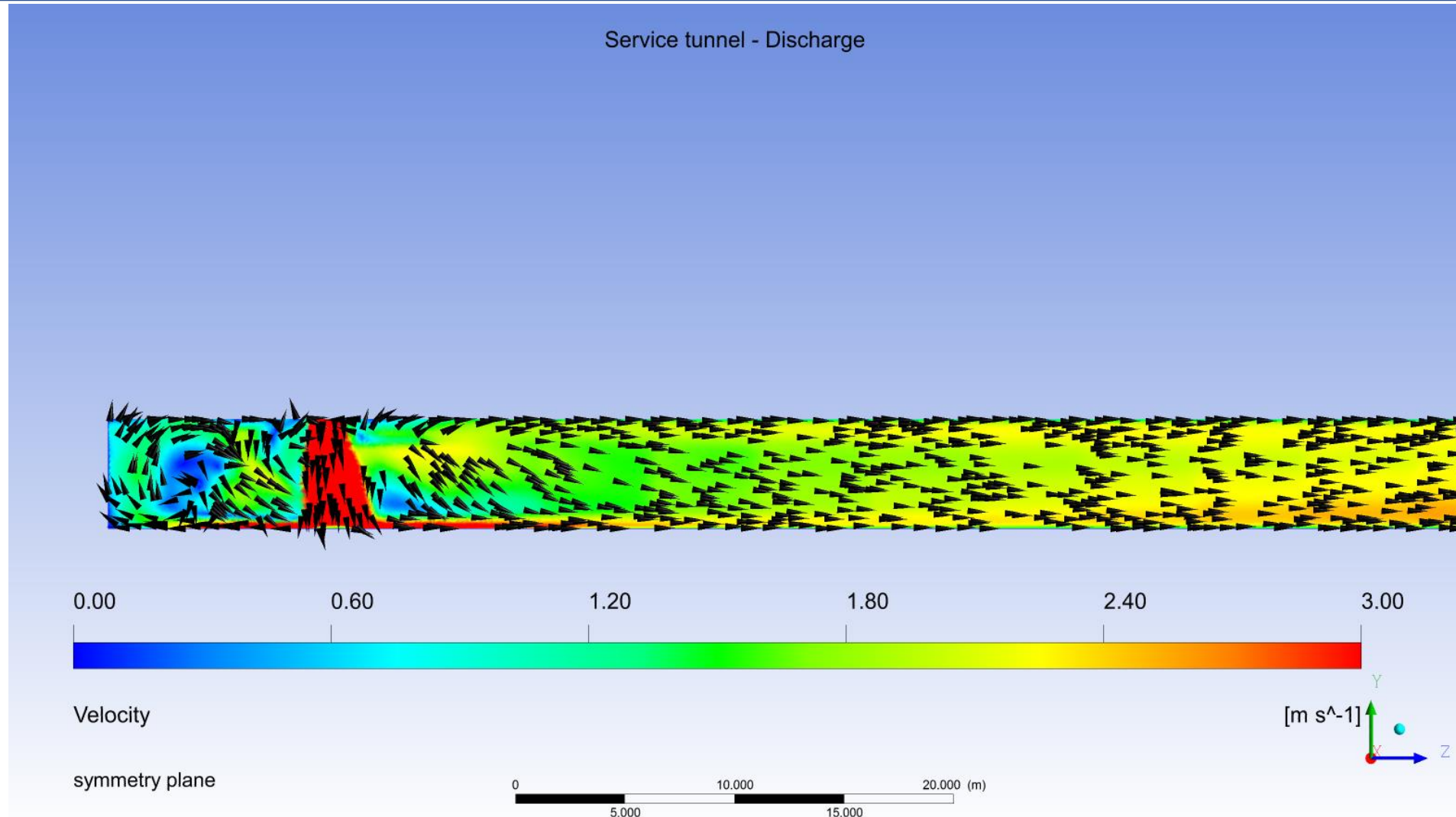
מנהרת תשתיות נמל חיפה

מהירות במישור הסימטריה - יציאה



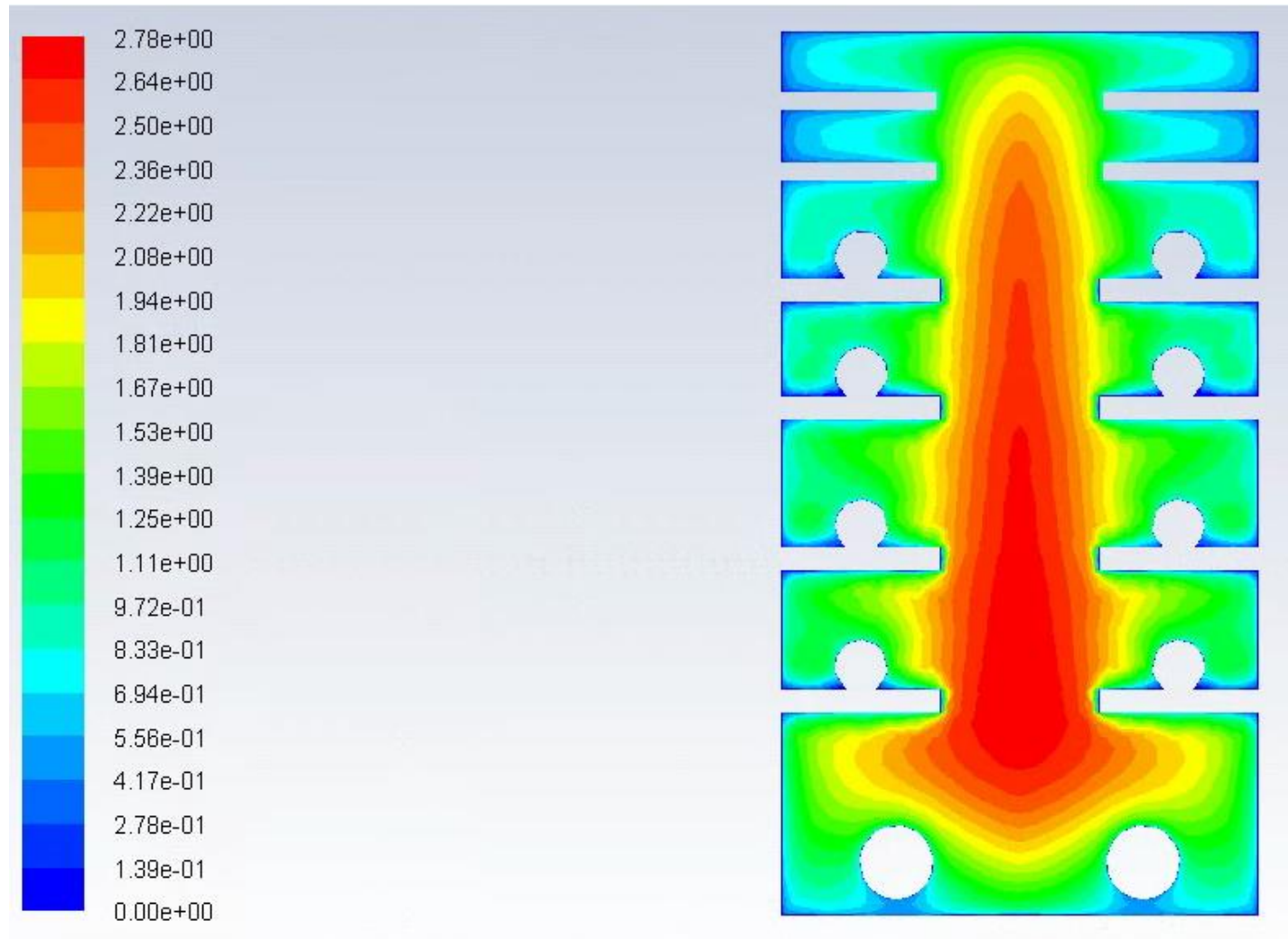
מנהרת תשתיות נמל חיפה

מהירות במישור הסימטריה - כניסה



מנהרת תשתיות נמל חיפה

מהירות אוויר במערכת אוורור במצב יניקה



מנהרת תשתיות נמל חיפה

תוצאות ומסקנות

תוצאות ההרצות מצביעות על מפלי לחץ של 150-200 פסקל במערכת למנהרה בהפעלת המפוח הקיים ומהירות אוויר של כ-2.4 מטר לשנייה. אנו ממליצים את חלופת הסניקה, בחלופה זו קיימת שליטה על מקור האוויר הצח.

בחינת נוחות תרמית במעבדות חשמל בניין זיסיפל טכניון



הפקולטה להנדסת חשמל
- מכניון

ברת פרטי אלומיניום
ר מסך:אל-305-335

בחינת נוחות תרמית במעבדות חשמל בניין זיסיפל טכניון

כאשר מוערכים הגורמים האישיים והגורמים הפיזיים נמדדים, התחושה התרמית של הגוף בכללותו ניתנת לחיזוי ע"י חישוב של מדד ה-PMV (Predicted Mean Vote).

מדד ה-PPD (Predicted Percentage Dissatisfied) שמתקבל ממדד ה-PMV מספק מידע על אי נוחות תרמית (חוסר שביעות רצון תרמית), על ידי חיזוי אחוז האנשים העלולים לחוש חם מדי או יותר מדי קר בסביבה

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{-(0.03353 \cdot PMV^4 + 0.2179 \cdot PMV^2)} \quad (9) \quad \text{התרמית הנתונה.}$$

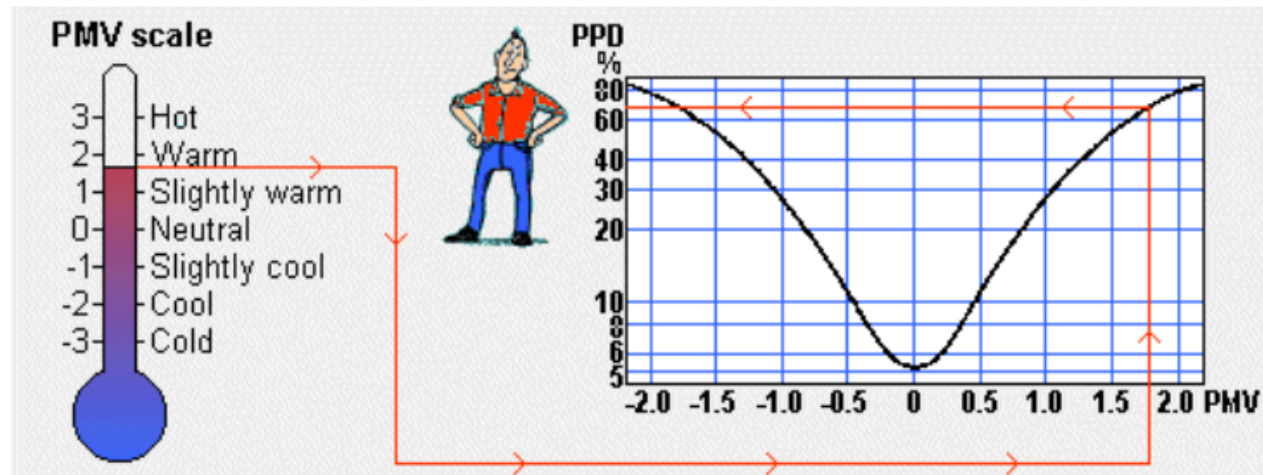
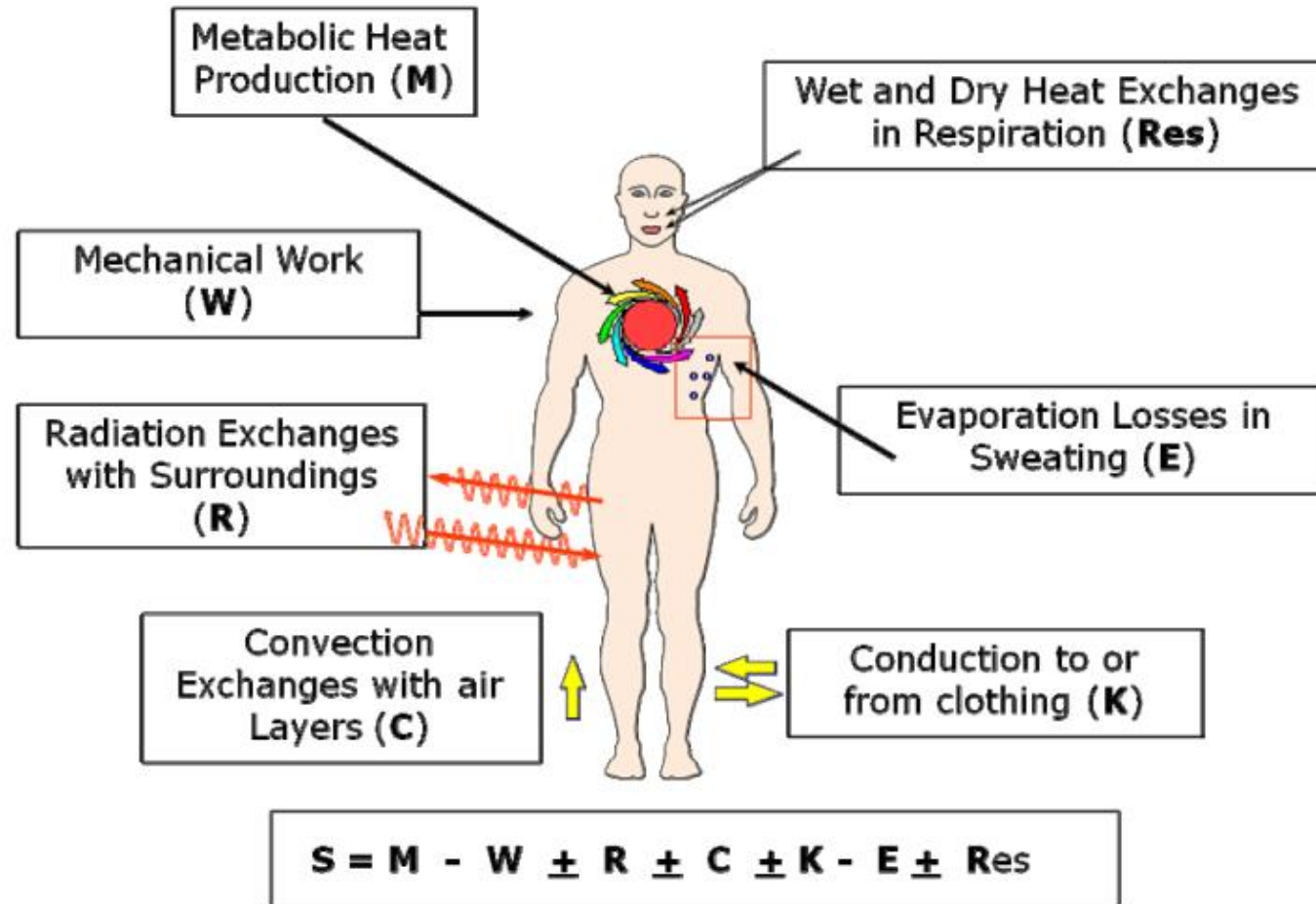


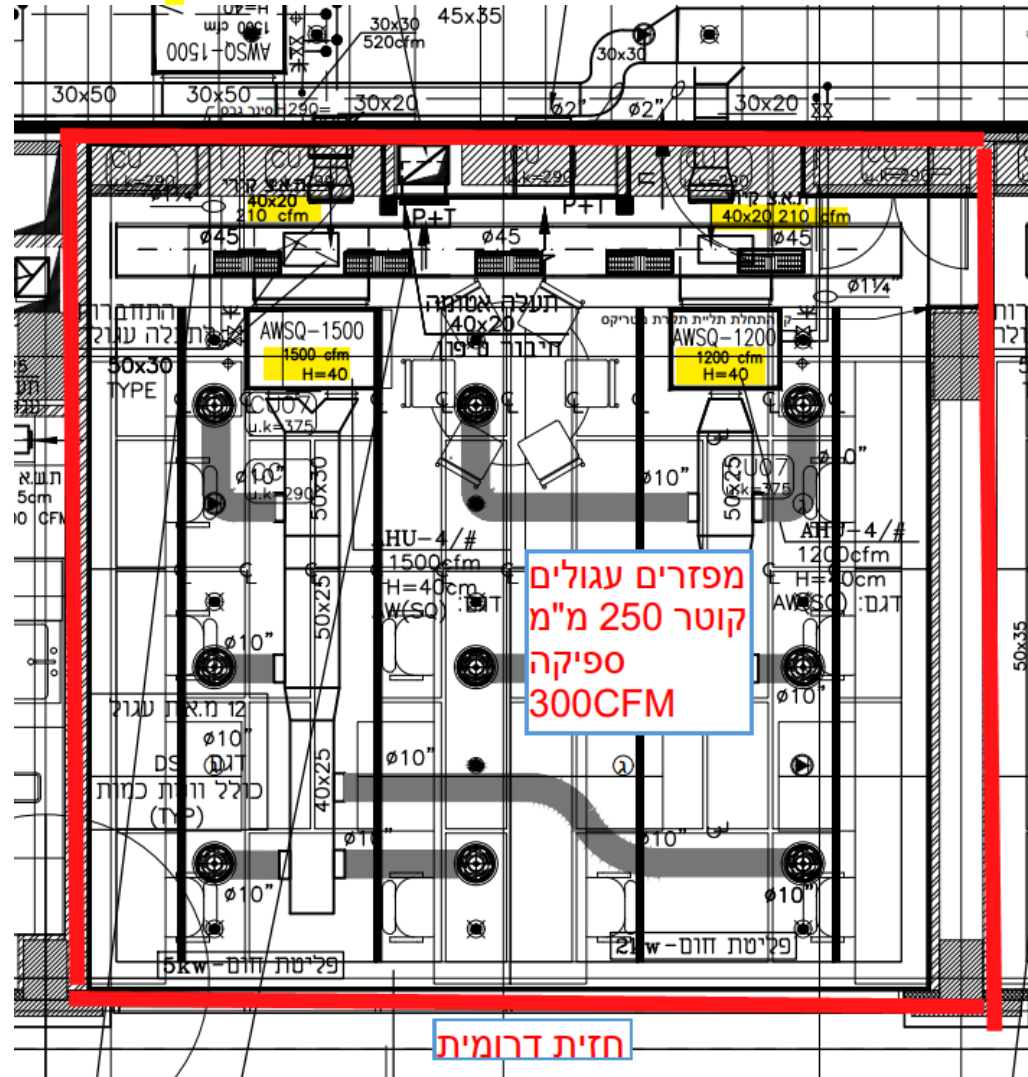
Figure 3 – Index PPD and PMV variation

בחינת נוחות תרמית במעבדות חשמל בניין

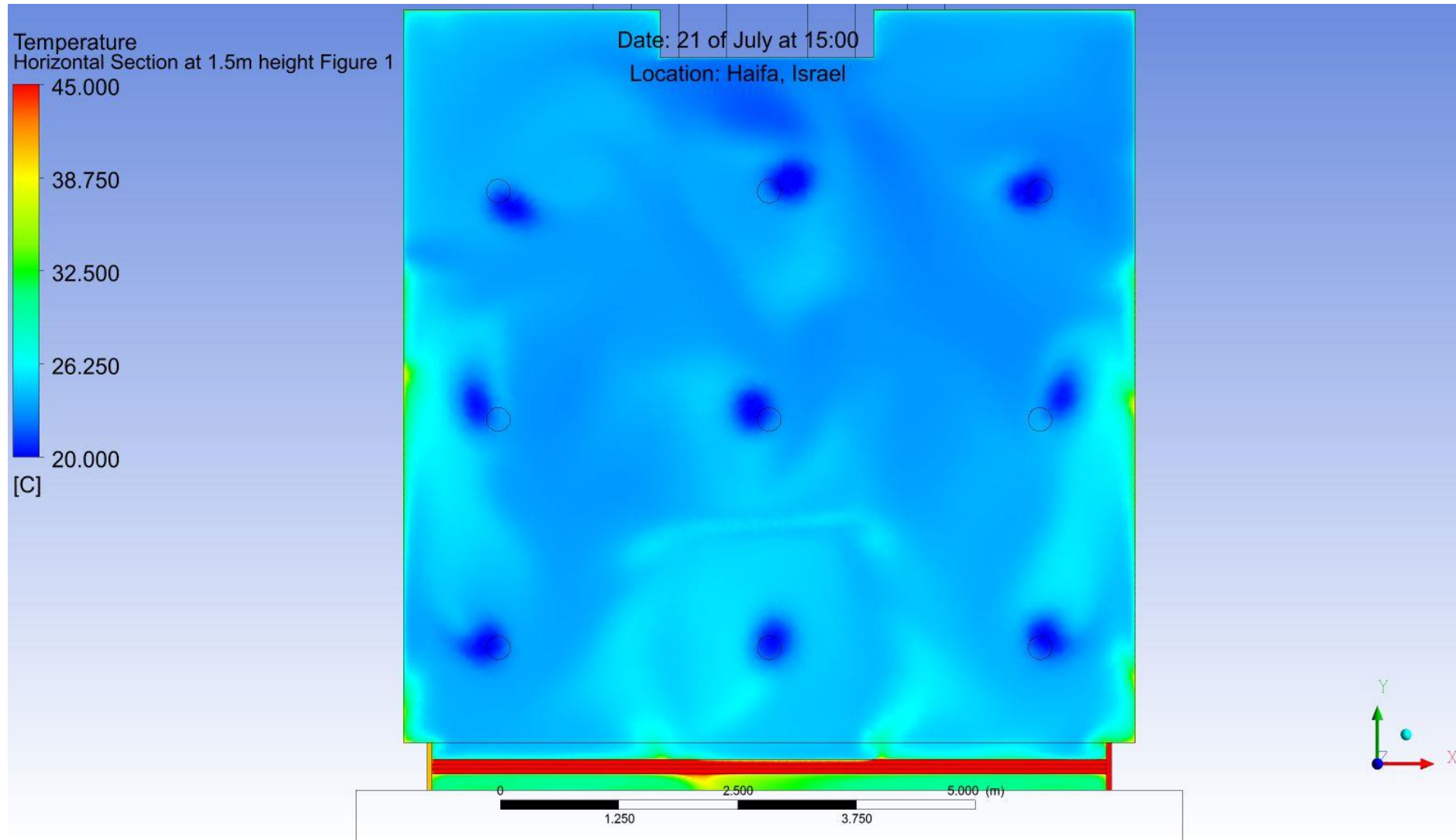
זיסיפל טכניון



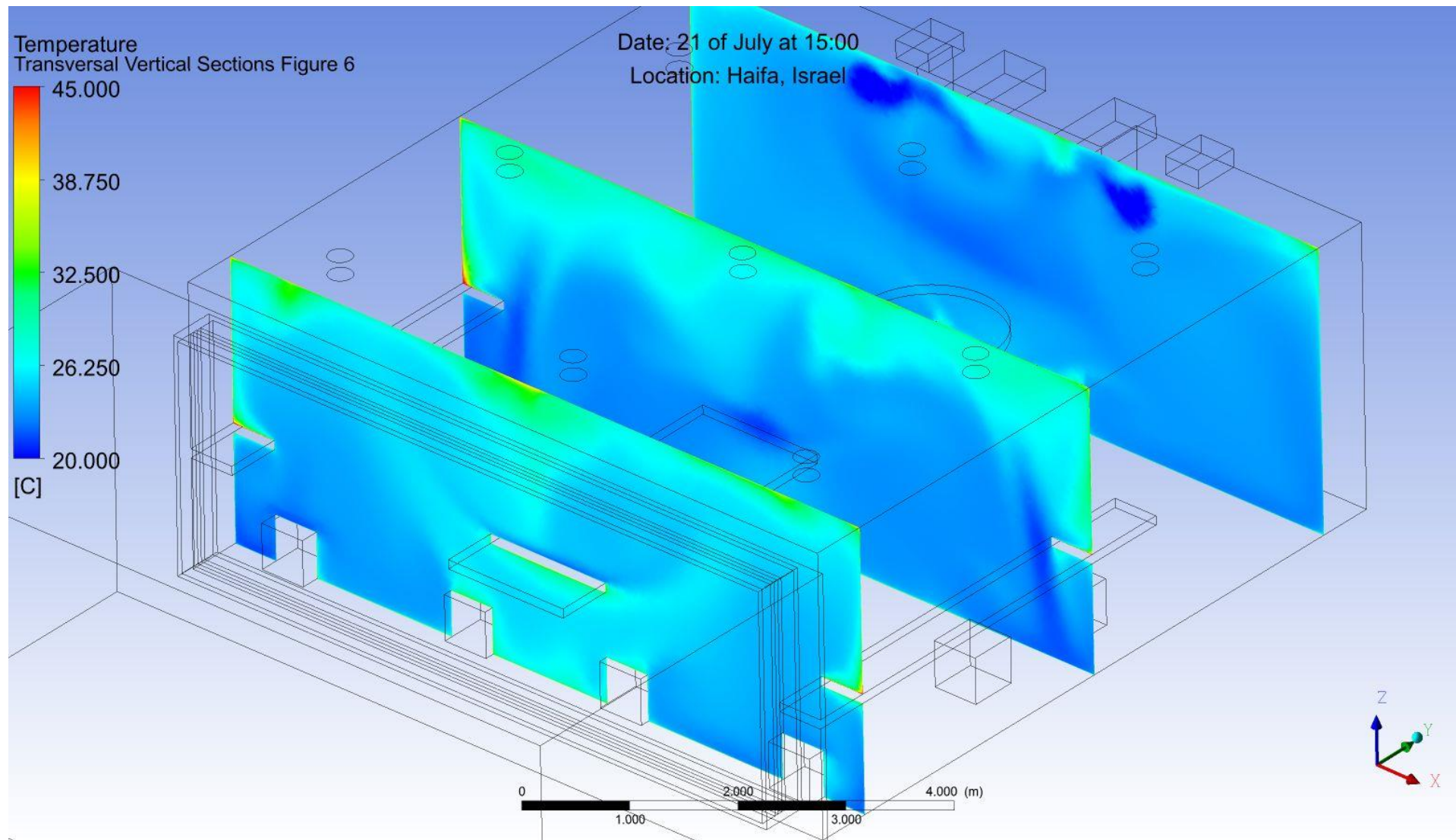
בחינת נוחות תרמית במעבדות חשמל בניין זיסיפל טכניון



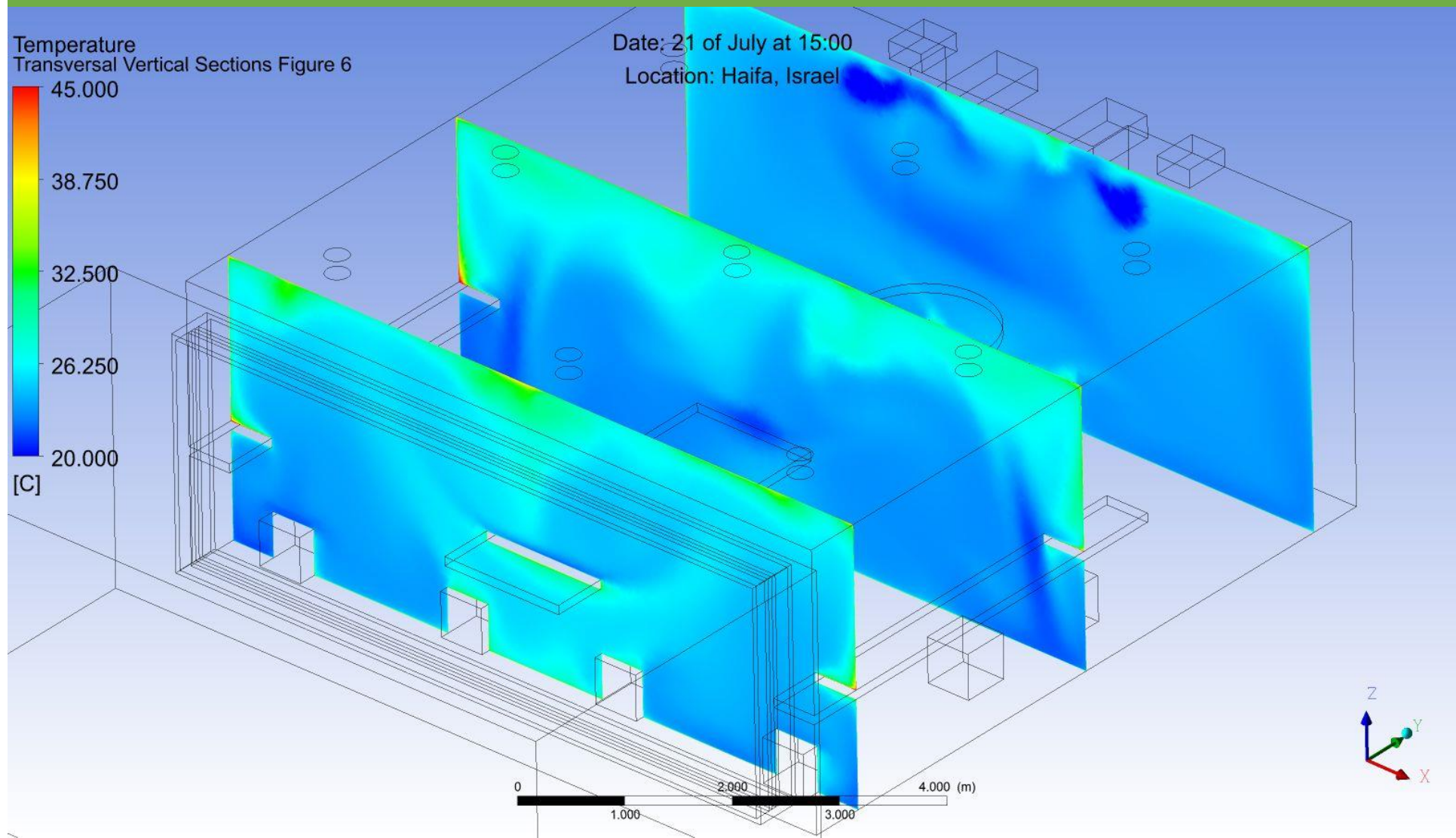
פירוס טמפרטורה בחתך אופקי בגובה 1.5 מ' הצללה של 0.58 – עומס נומינלי



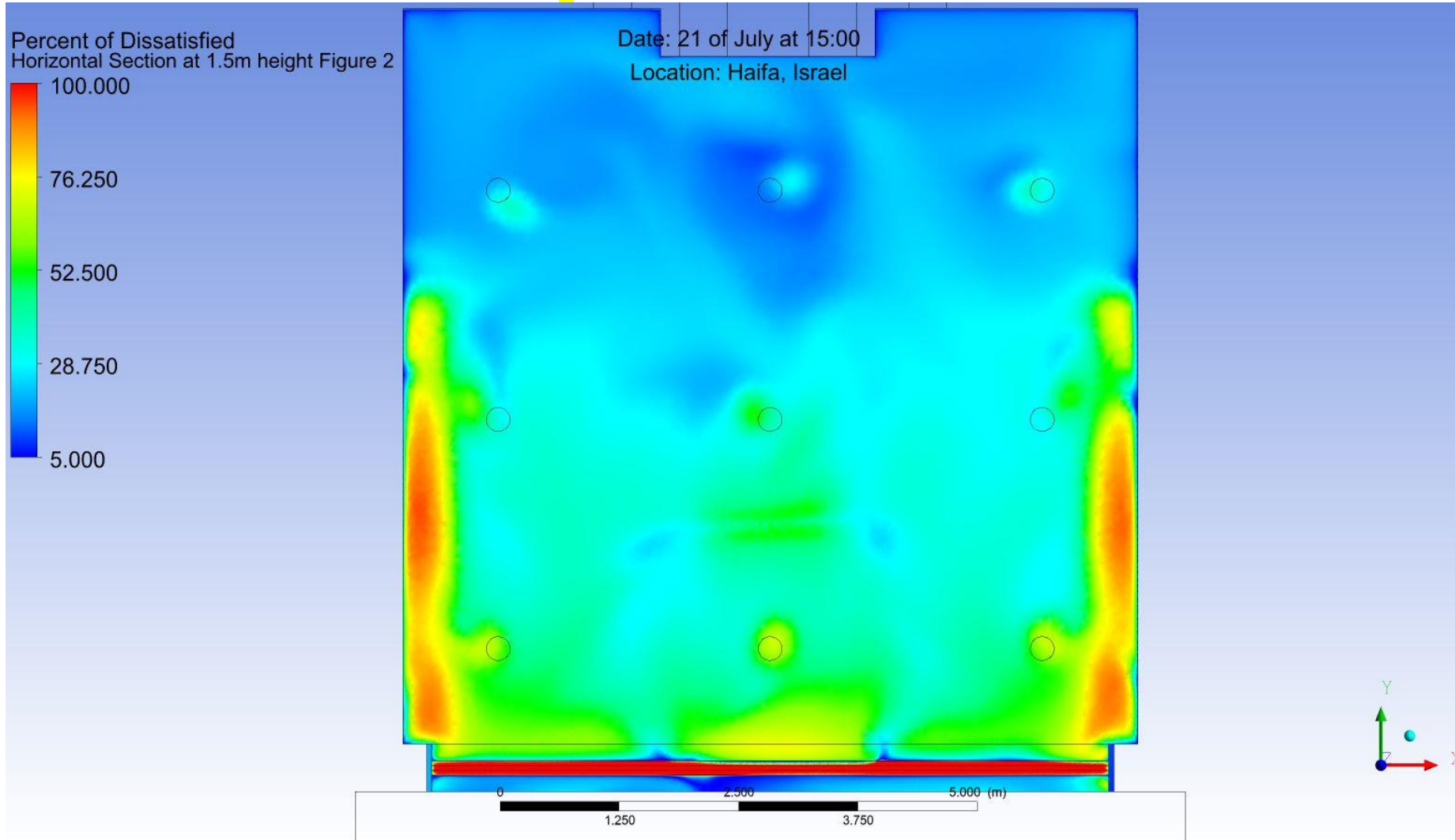
פירוס טמפרטורה בחתך אופקי בגובה 1.5 מ' הצללה של 0.58 – עומס נומינלי



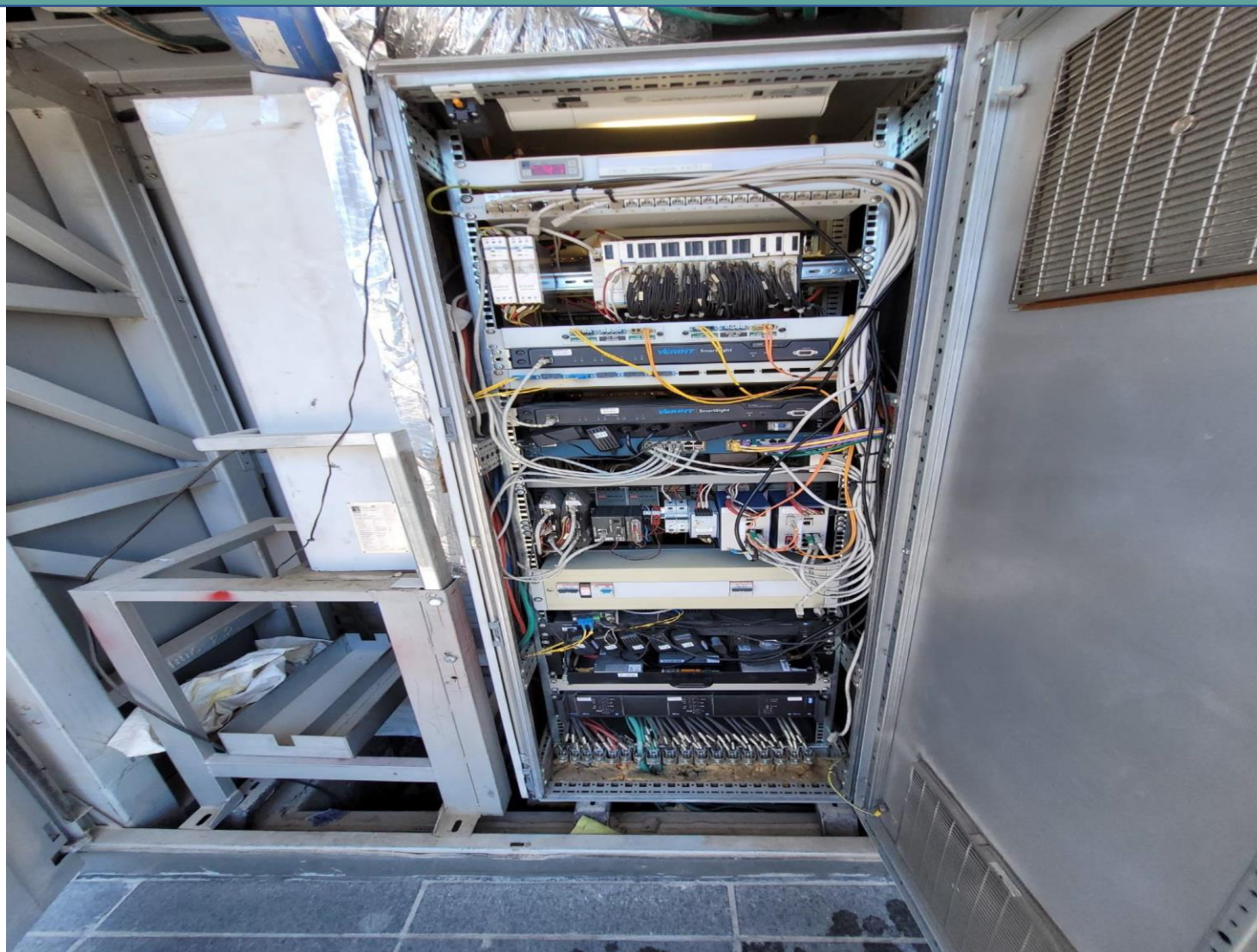
פירוס טמפרטורה בחתך אופקי בגובה 1.5 מ' הצללה של 0.58 – עומס נומינלי



בחינת נוחות טרמית במעבדות חשמל בניין זיסיפל טכניון



מיזוג ארונות תקשורת בקו אדום ירושלים



מיזוג ארונות תקשורת בקו אדום ירושלים

מטרת העבודה

בחינת סילוק חום מארונות תקשורת.

בוצעו אנליזות CFD של זרימות אוויר וטמפרטורות בתוך תא ממוחשב העומד בתחנות הרכבת הקלה בירושלים.

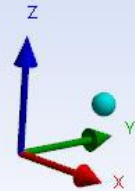
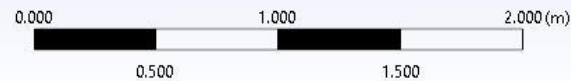
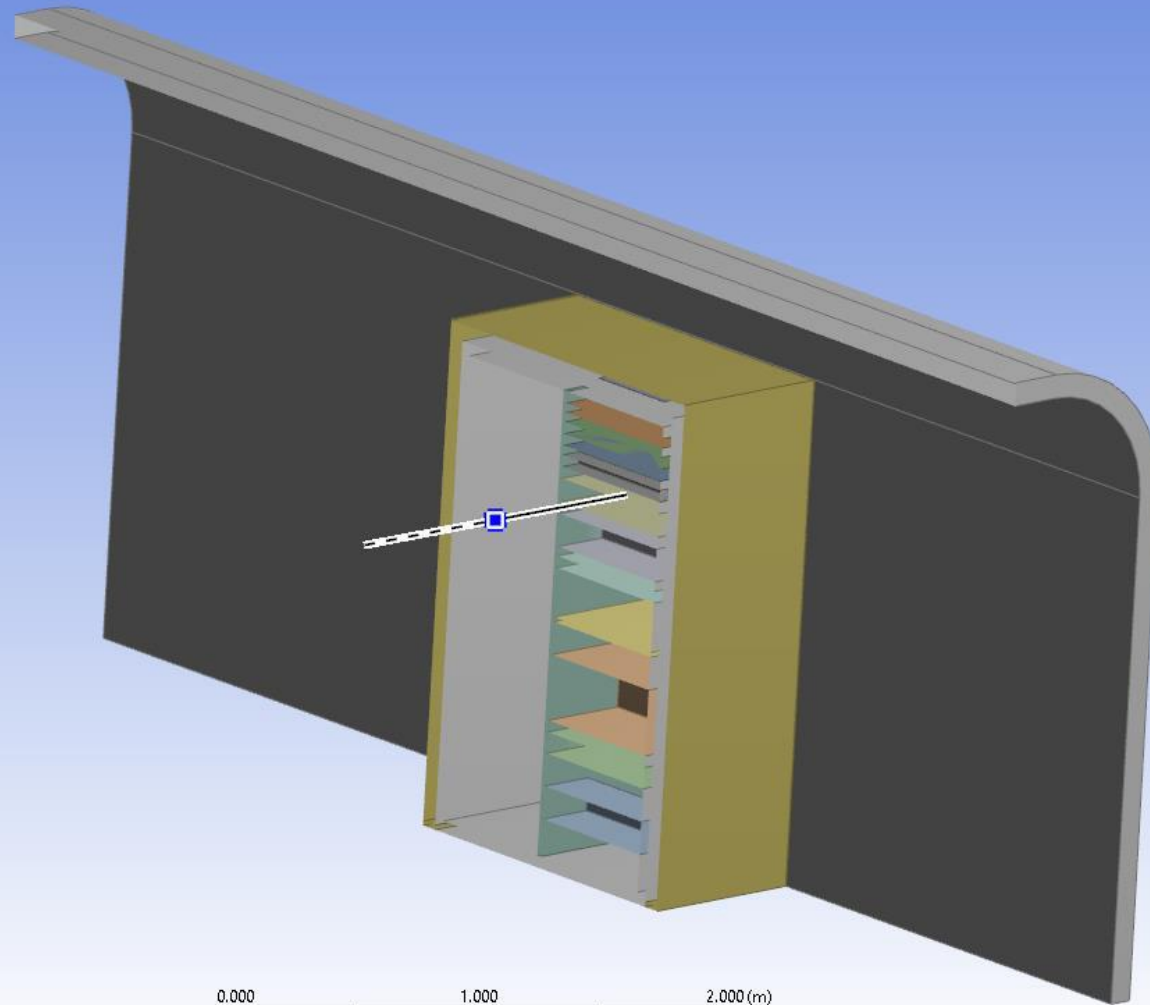
מוצגת מהירות זרימת אוויר – דרך תעלה אורכית לכול גובה הארון ופיזור האוויר הקר בצורה פרופורציונלית לפליטת החום של הציוד בארון.

על מנת לבצע אופטימיזציה בוצעה בדיקת רגישות לבחינת השפעת כמות האוויר המסוחרר בתא על פירוס טמפרטורת הגוף. לצורך כך בוצעו 2 הרצות עם כמות סחרור אוויר שונה וטמפרטורת אספקת אוויר שונה בכניסה לארון.

מיזוג ארונות תקשורת בקו אדום ירושלים

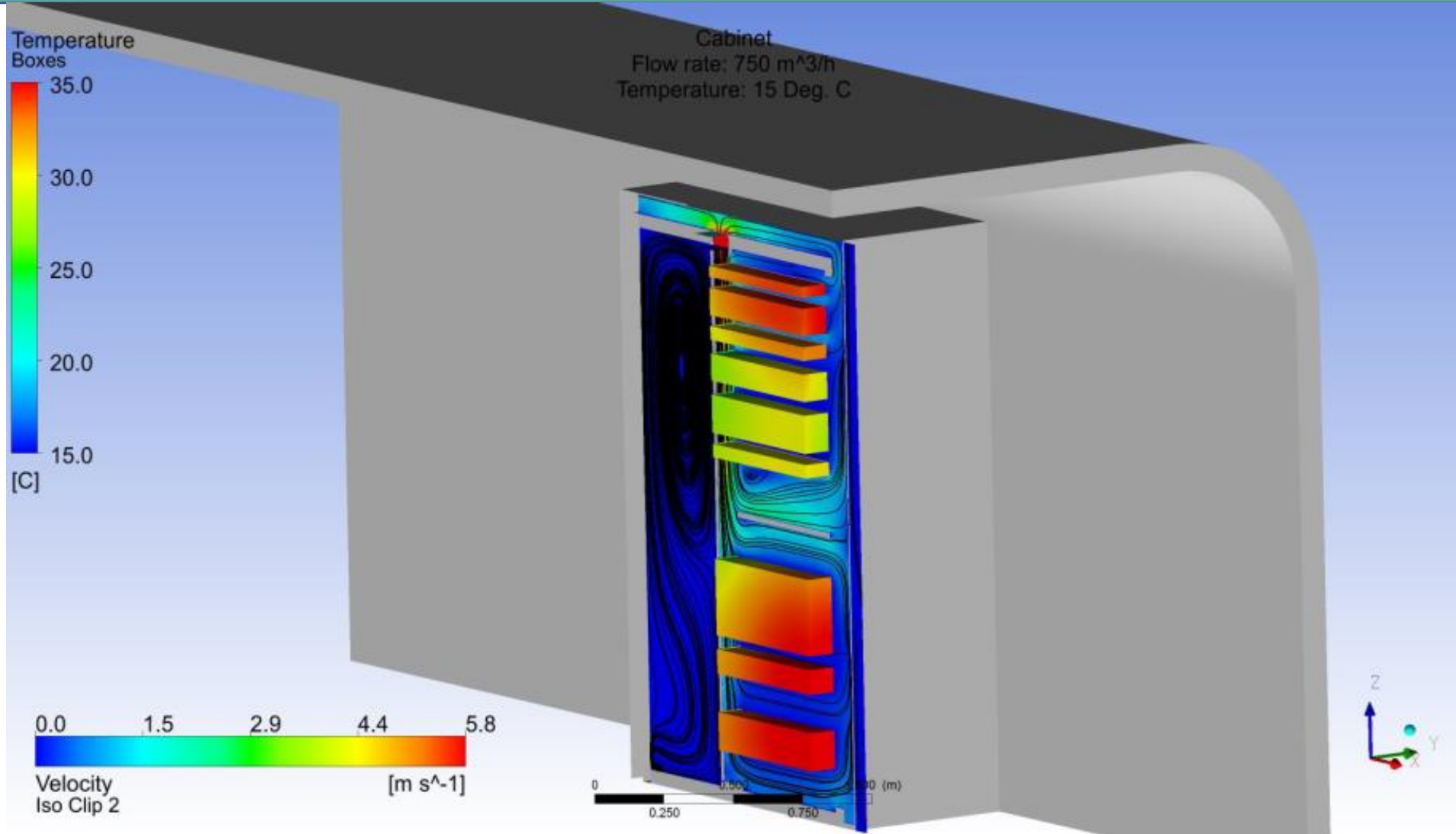
הדמיית התא

ANSYS
R16.1



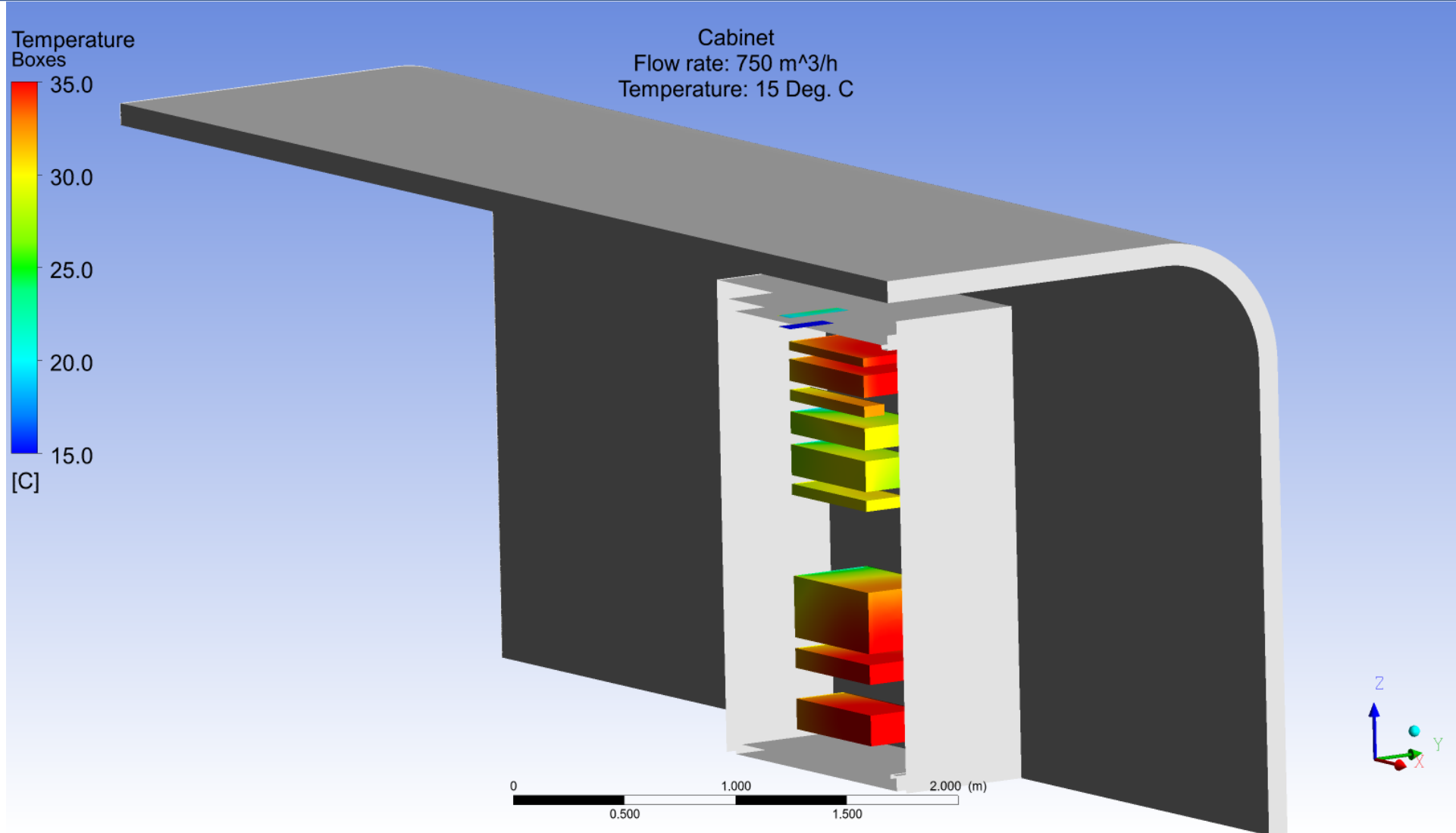
מיזוג ארונות תקשורת בקו אדום ירושלים

פירוס טמפרטורה



מיזוג ארונות תקשורת בקו אדום ירושלים

פירוס טמפרטורה



מיזוג ארונות תקשורת בקו אדום ירושלים

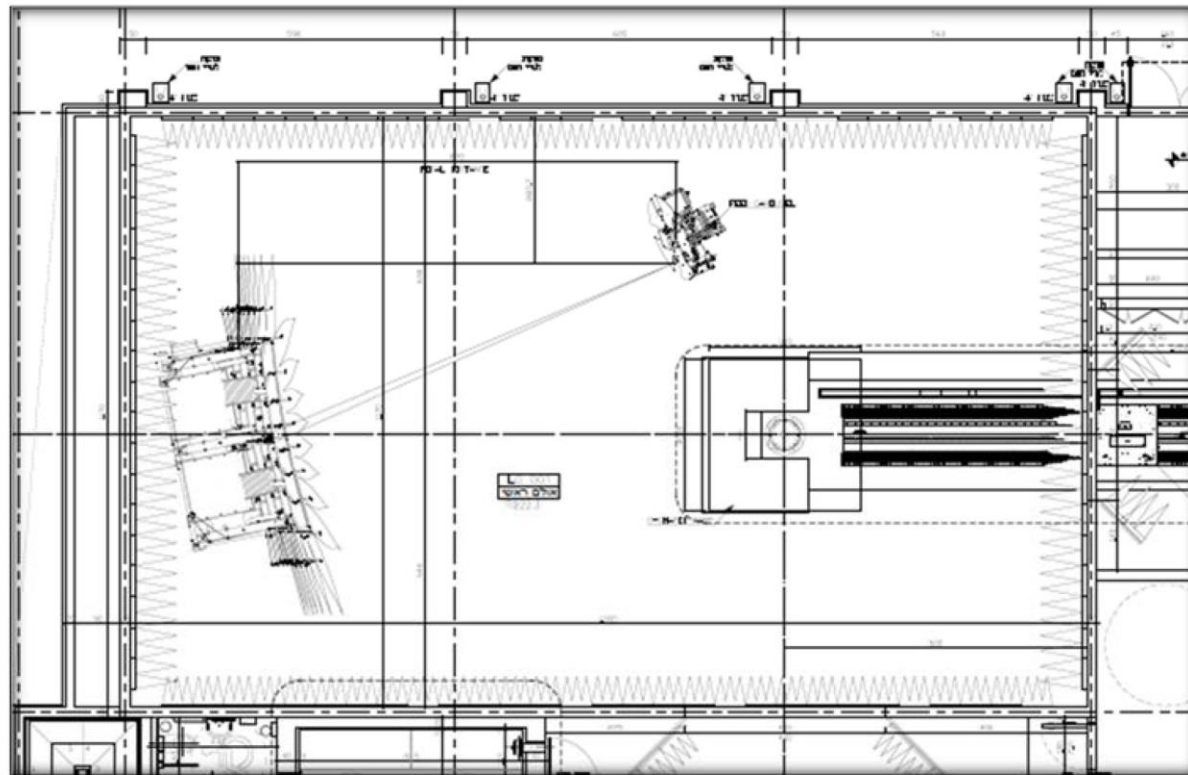
מסקנות

על פי שתי ההרצות ניתן לראות כי כמות האוויר הראשונה 600 מק"ש אינה מספיקה ופירוס הטמפרטורה על הגוף הייתה גבוהה מהצפוי ולכן, התכנון המפורט של מערכות מ"א תא תוכננה למערכת של כ- 750 מק"ש , בטמפרטורה של 15°C כמות החום המתפנה ע"י מערכת המיזוג עומדת על 5 קוו"ט.

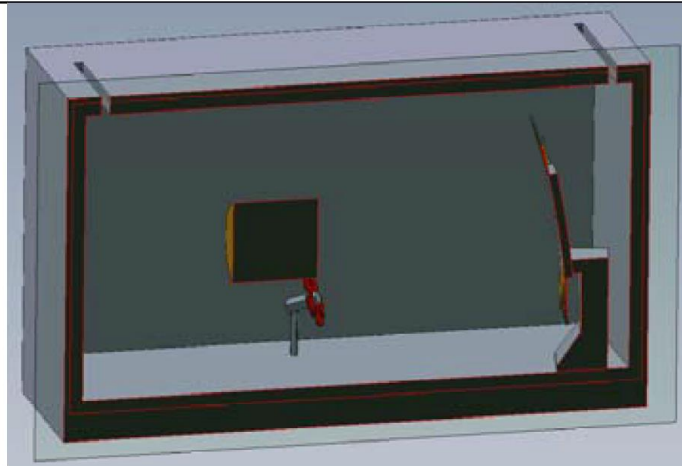
זרימת אוויר בתא אל-הד

מטרת העבודה

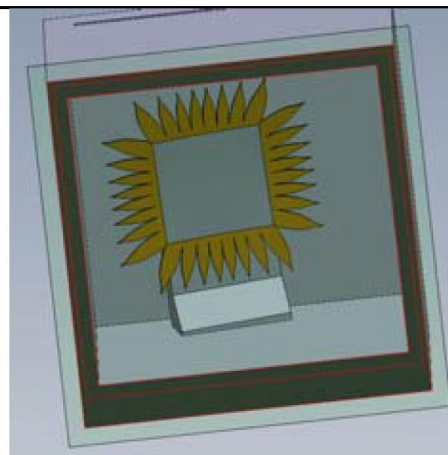
אנליזת זרימת אוויר וטמפרטורות בתא אל-הד



זרימת אוויר בתא אל-הד



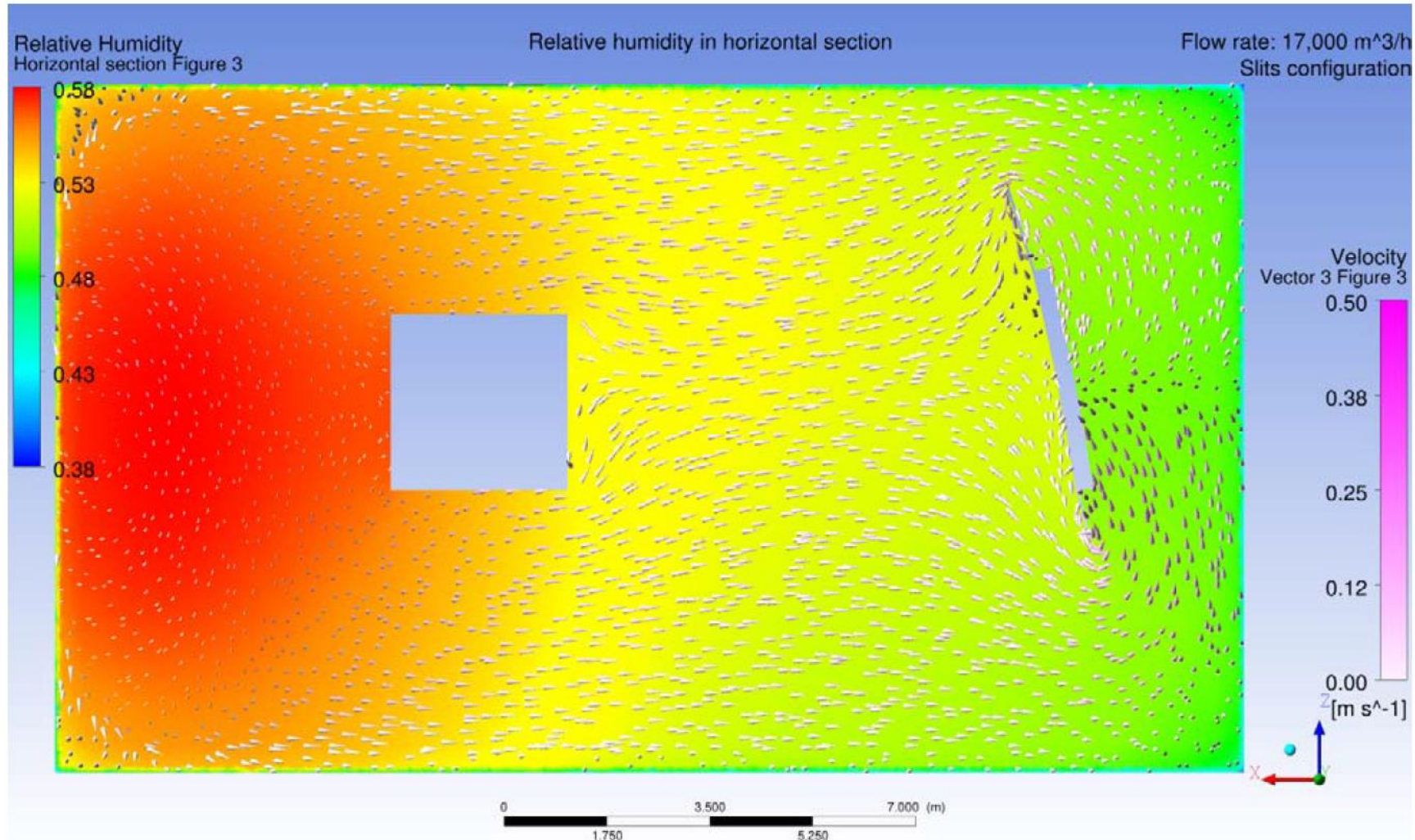
חתך אורכי



חתך רוחבי

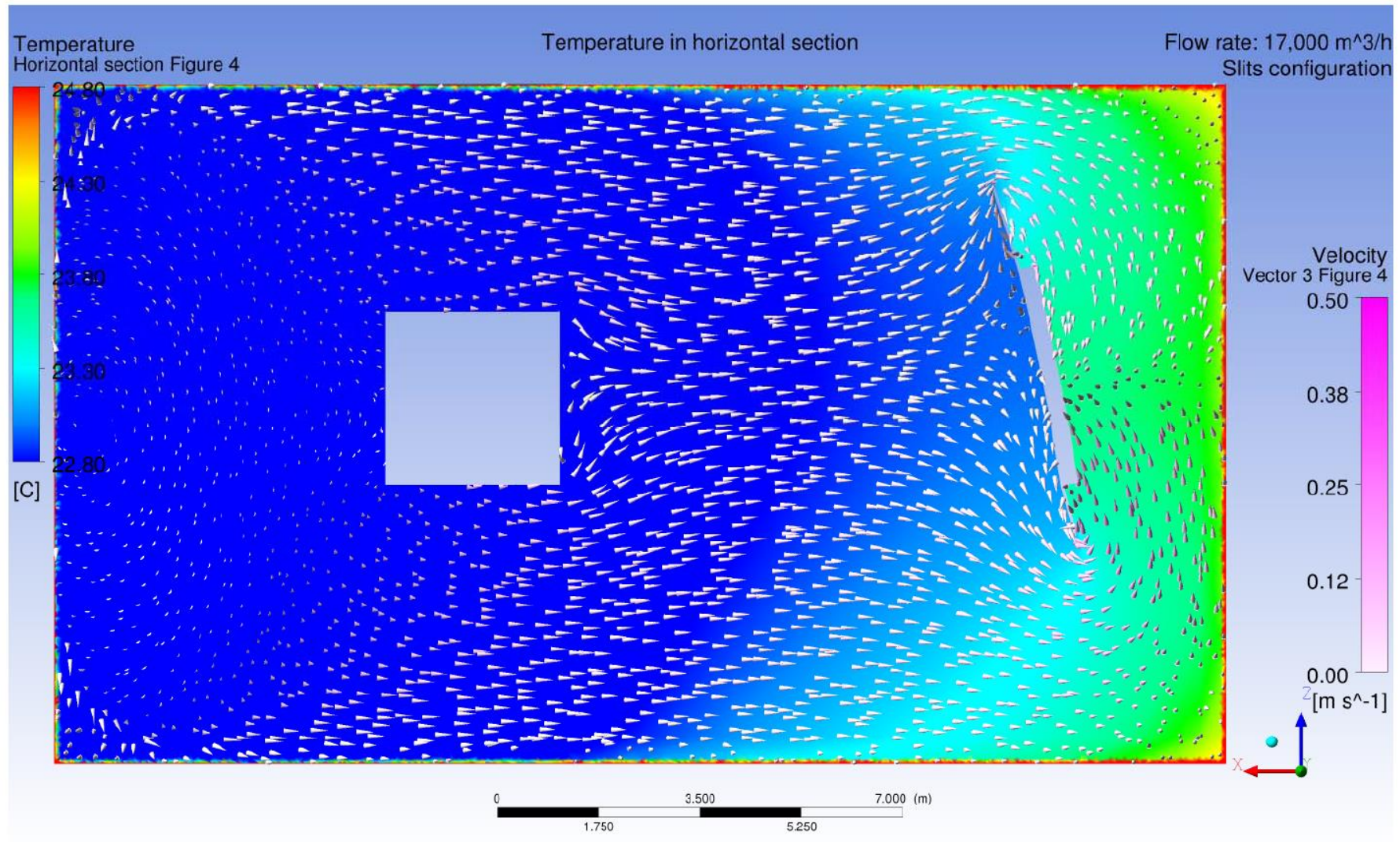
זרימת אוויר בתא אל-הד

לחות יחסית - חתך במרכז גובה האולם



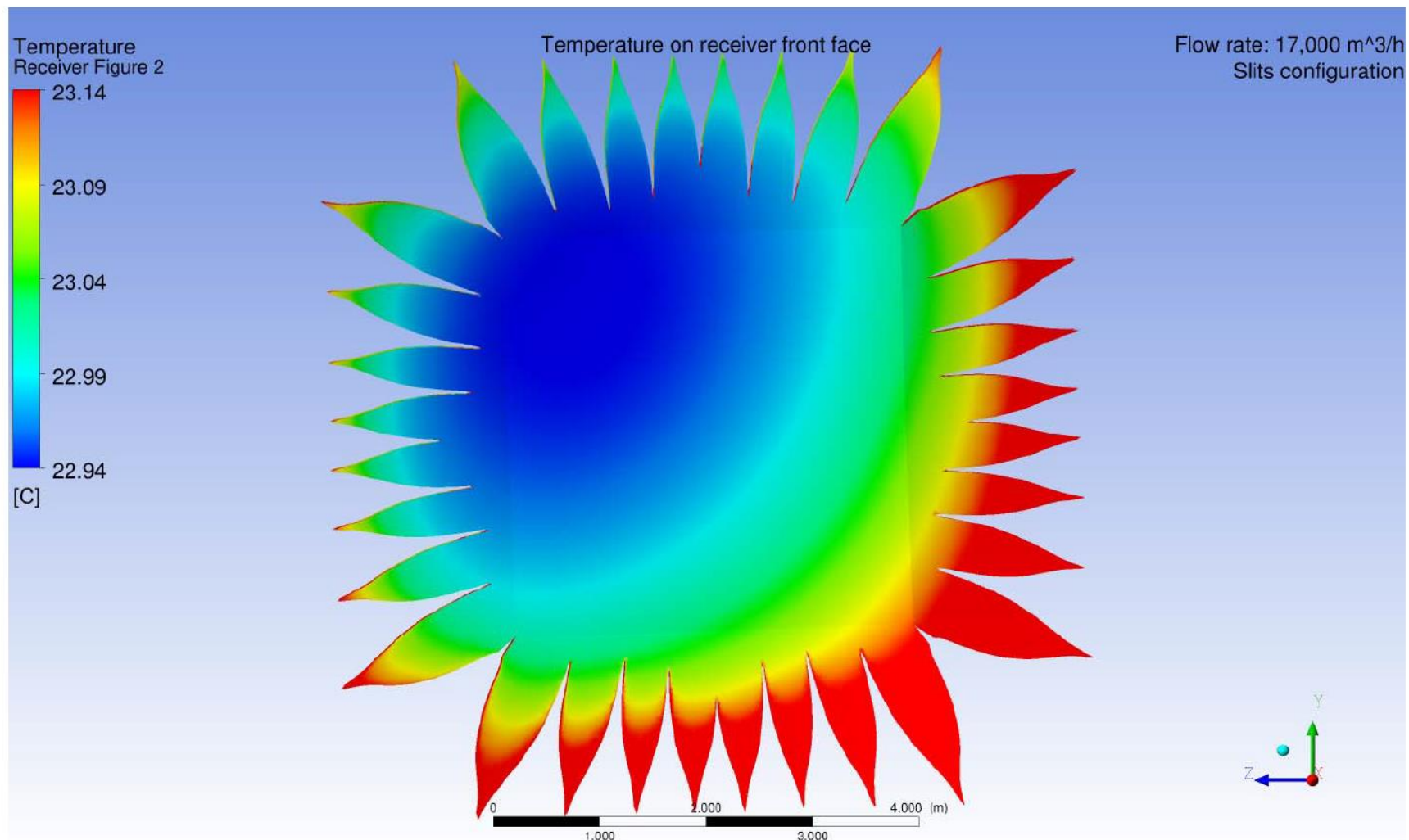
זרימת אוויר בתא אל-הד

פירוס טמפרטורה – חתך מרכז גובה האולם



זרימת אוויר בתא אל-הד

פירוס טמפרטורה על חזית קדמית גוף הרפלקטור



זרימת אוויר בתא אל-הד

מסקנות והמלצות

מסקנות

על פי שתי ההרצות ניתן לראות כי :

- שינוי תצורת פיזור האוויר ויניקת האוויר אינה משפיעה באופן משמעותי על פירוס הטמפרטורה על הגוף ביחס להרצה מס' 1, ואפילו משפרת אותו.
- הקטנת ספיקת האוויר מ - 17,000 ל - 10,000 מקל"ש מעלה את הטמפרטורה הממוצעת על פני הגוף.

המלצות

- מערכת מ"א תתוכנן לספיקת אוויר של כ- 14,000 מקל"ש בטמפרטורה יציאה של כ - 18-19 מע"צ, ולא של 17,000 מקל"ש.
- שטח חתך הפתחים בתקרה האולם יעודכן בהתאם
- ניתן להגדיל את האולם ב-1 מ'.

הדמיית רוחות הנושבות בעיר הבה"דים

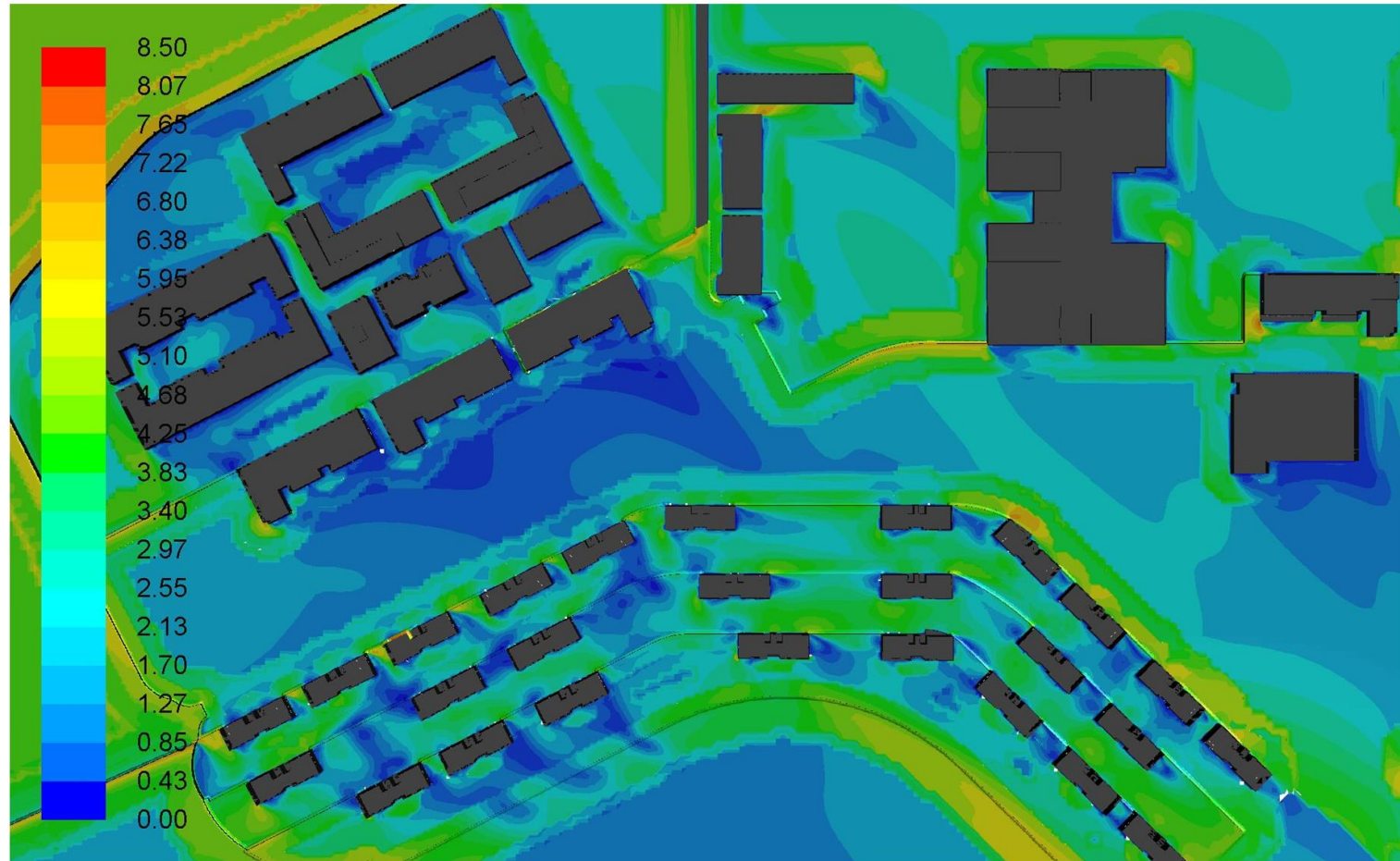
מטרת העבודה ותוצאותיה

בחינת נשיבת רוחות בעיר הבה"דים.

תוצאות ההרצה הראו כי לא צפויה מהירות רוח גדולה מ-9 מ' לשניה בשום מקום בפרוייקט וסביבתו.

הדמיית רוחות הנושבות בעיר הבה"דים

קונטורים של עוצמת המהירות בגובה 1.8 מ' מעל הקרקע

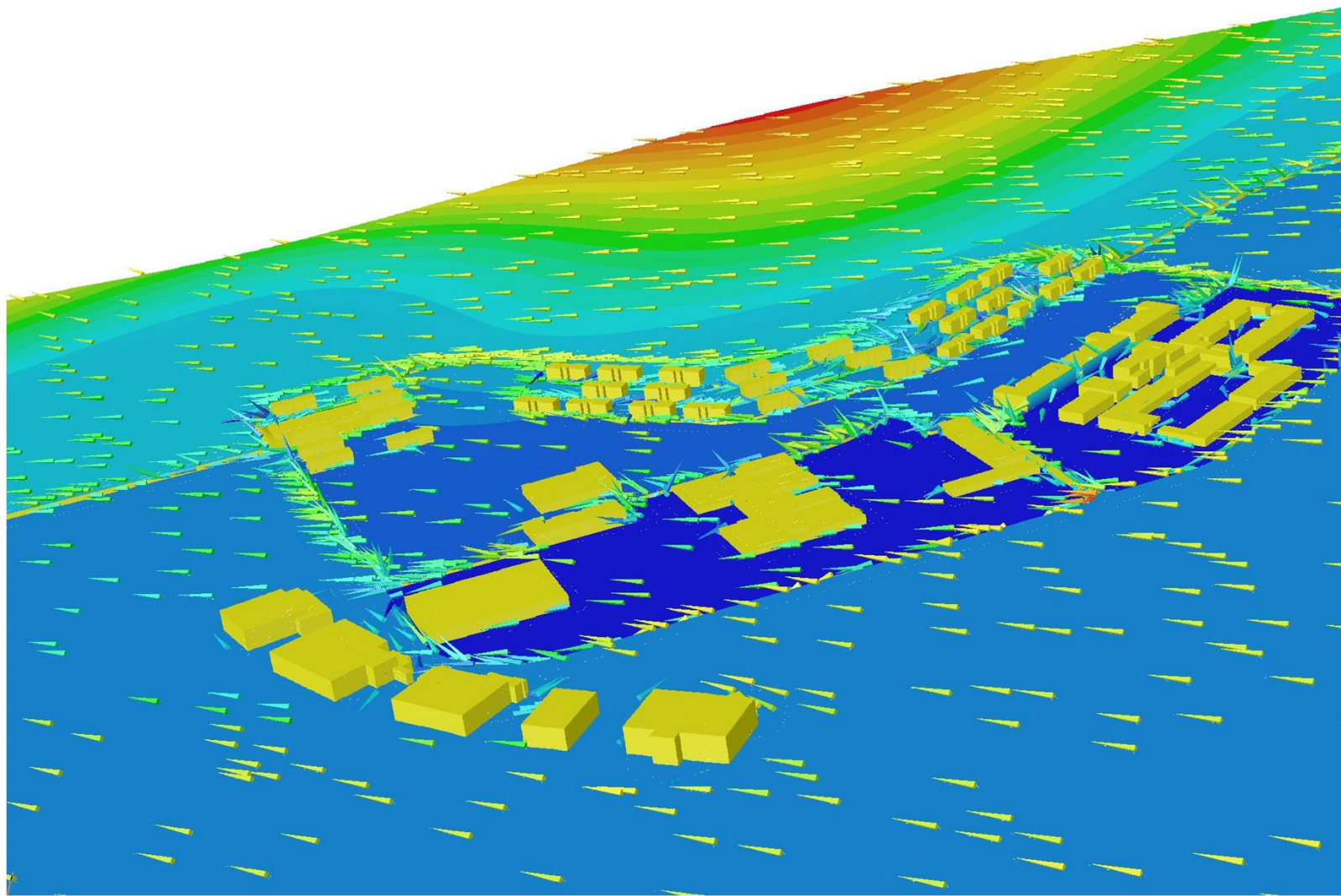


Height of 1.8 m above ground
Contours of Velocity Magnitude (m/s)

Feb 25, 2011
ANSYS FLUENT 13.0 (3d, pbns, ske)

הדמיית רוחות הנושבות בעיר הבה"דים

ווקטורי מהירות ועוצמת מהירות



שאלות?