



תכנית: 946111
**מתחם עדן למגורים, מסחר, מבני ציבור ומלונאות,
ירושלים**



ינואר 2022

**הערכת השפעת הפרויקט על האזור ושינוי מהירות
הרוחות בסביבה הקרובה**



מגיש: מהנדס רועי מילר
בקרה: מהנדס אביעד בראון



תוכן עניינים

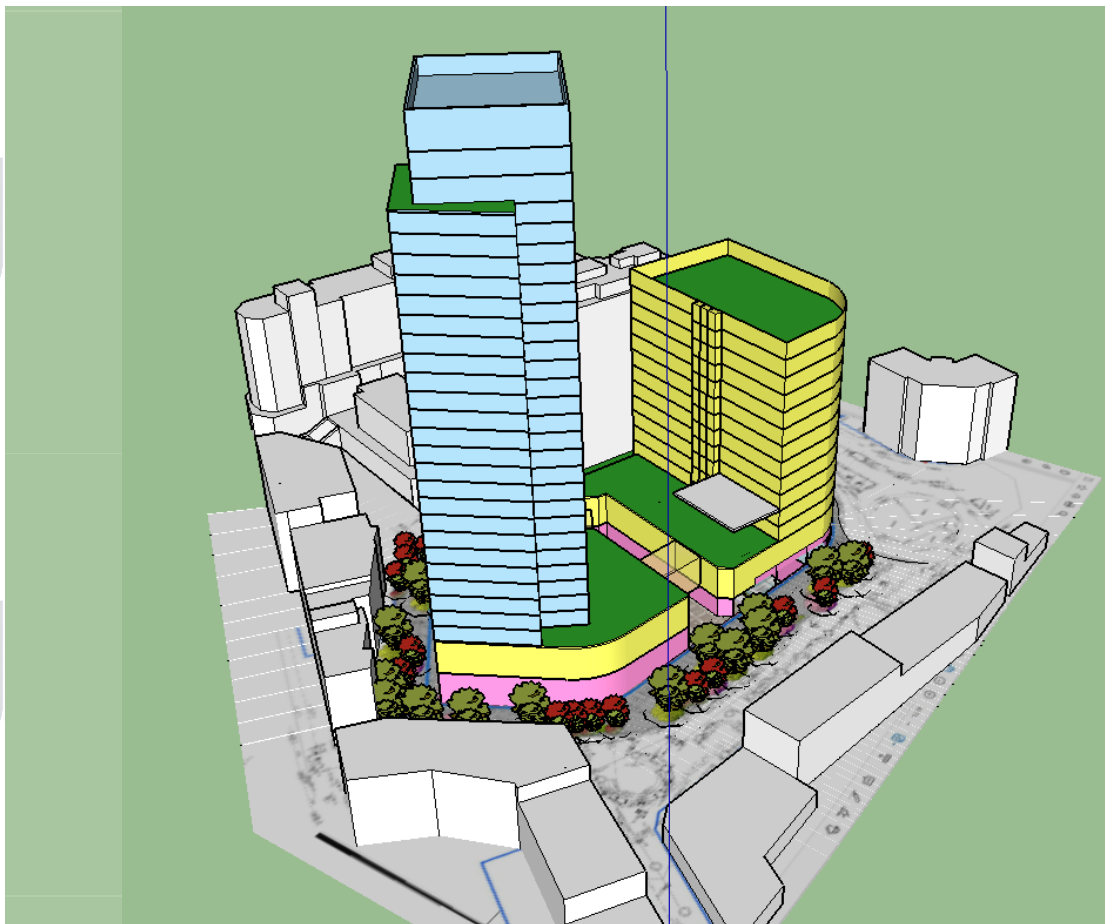


1. פרטי התוכנית המוצעת..... 2
2. מהות העבודה..... 3
3. מתודולוגיה – סימולציית CFD: משתנים והכנה..... 3
4. רוח עונתית – סטטיסטיקה..... 4
5. תקציר המסקנות..... 5
6. ניתוח סטטיסטי של התפלגות הרוח לפי מהירות וכיוון..... 5
7. הגדרת אזורי הבדיקה:..... 6
8. תוצאות בדיקת הרוח..... 7
9. חקירת נקודות קריטיות..... 11
10. מסקנות..... 12
11. המלצות..... 13



1. פרטי התוכנית המוצעת

מתחם משולב למגורים, מסחר ומלונאות ברחוב אגריפס ירושלים.



תרשים 1 – המודל ששימש להרצת בדיקת הרוחות





ניתוח משטר הרוחות במרחבים עירוניים מצריך הרבה הנחות והתבססות על נתוני עבר מטאורולוגיים. בינוי מסיבי, בעיקר לגובה יוצר שינוי במשטר הרוחות המקומי ורוחות שולטות אשר ידעו בעבר את כיוון ואופיין יכול להשתנות לחלוטין בעקבות שינוי התכנית הקיימת. רוח נוטה להתגבר עם עלייה בגובה. בגלל תכנית בינוי מסיבית הרוח נוטה להיפרד לזרמים שונים עם מהירות וכיוון שונה – זרימה טורבולנטית.



2. מהות העבודה

עבודה זו נערכה לפי ההנחיות להכנת נספח אקלימי עבור תוכנית לבניה לגובה של לשכת התכנון, מחוז מרכז ולפי מסמך ההנחיות של המשרד להגנת הסביבה – הנחיות להערכת תפקוד מערכות פסיביות לחימום ולקירור מבנים ומיקרו אקלים עירוני 2016 (פרק 5).



בעבודה זו התבצעה בחינת הבינוי המוצע על משטר הרוחות המקומי ואיתור מטרדי רוחות במרחב הציבורי במפלס הולכי רגל בסביבת הבינוי המוצע.

בעבודה זו התייחסנו למשטר הרוחות בגובה הולך הרגל, בהיבטים של נוחות מכאנית ובטיחות הולך הרגל. כדי לקבל תוצאה מדויקת של כיווני הרוח ומהירותה יש לבצע מדידה מדויקת בשטח לאורך תקופה ממושכת.

כאשר נרצה להעריך מה יהיה השינוי במשטר הרוחות לאחר שינוי התכנית, נשתמש בסימולציית CFD, בנוסחאות ומתודולוגיה קיימת אשר משתמשת בנתוני המדידה הקיימים כיום (נתוני רוח קרובים לאתר ככל שניתן) ונשליך אותם על אזור המדמה את אזור הפרויקט שאותו נרצה לבדוק.



3. מתודולוגיה – סימולציית CFD: משתנים והכנה

- בדיקת הרוחות בוצעה באמצעות המודל התלת ממדי Comfort Pedestrian Outdoor. באמצעות תכנת UrbaWind של חברת Meteodyn. התוכנה מבוססת Dynamic Fluid Computational CFD ומותאמת לבדיקת רוחות בתנאים אורבניים ובכל סביבה טבעית אחרת.
- מודל ה- Comfort Pedestrian Outdoor פותר משוואות ומחשב שדה זרימת רוח הלוקח בחשבון: שימור מסה, מומנט, אנרגיה, טורבולנציה, טופוגרפיה, צורות המבנים ומכשולים שונים, חספוס פני הקרקע ומשתנים נוספים המשפיעים על זרימות רוח.
- בעבודה זאת ערכנו סימולציה וחישובים עבור 12 כיווני אוויר, את התוצאות עיבדנו בנוסף לנתונים של קבצי מטאורולוגיה מתחנה סמוכה לפרויקט המתוכנן כדי לקבל הערכה מדויקת של מהירויות הרוח ונוחות/בטיחות באזור המבוקש. התחנה ממנה נלקחו הנתונים היא "ירושלים – מרכז".
- במודל זה הוגדר מקדם חספוס של עיר בצפיפות גבוהה.

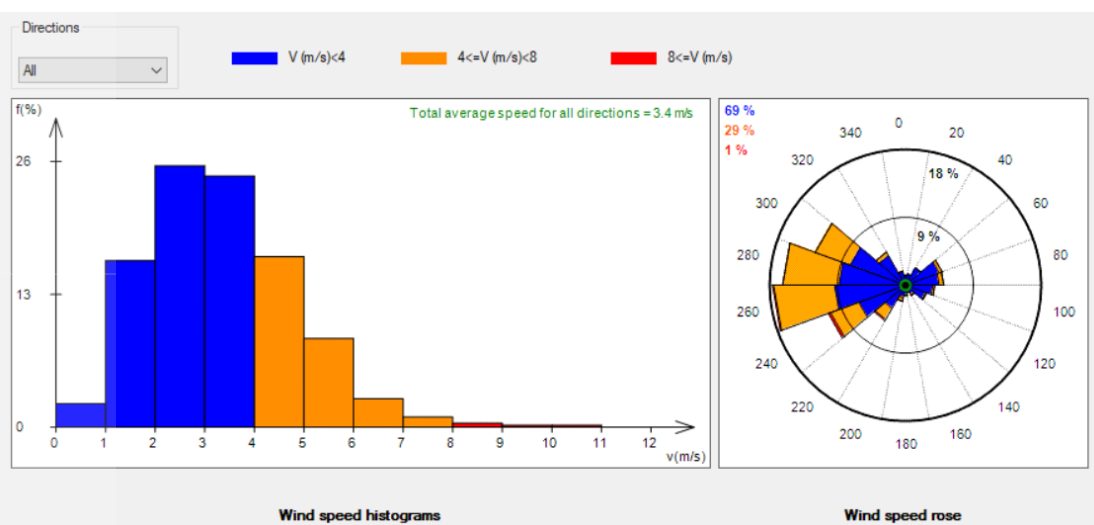




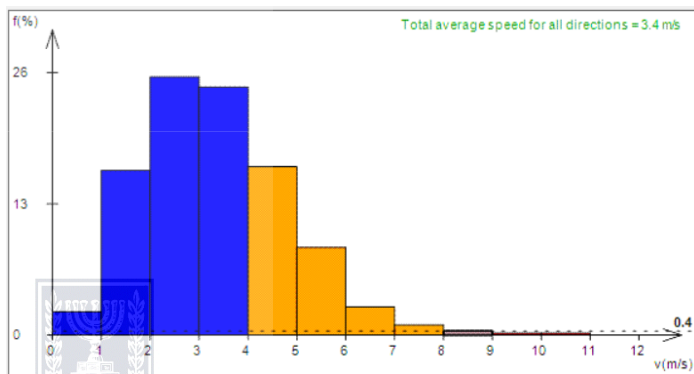
- לצורך סימולציית הרוח נבנה מודל תלת ממדי של הבינוי ברדיוס של כ- 300 מטר ממרכז הפרויקט.
- למודל הוכנסו בניינים המתוכננים, מבנים קיימים בסביבת התוכנית וכן תנאי אקלים מקומיים.
- גרסאת 3.3.0 – UrbaWind
- מקדם טרובולנטיות $\alpha = 3$
- התחנה "ירושלים - מרכז" – הוקמה בשנת 1962 – נתונים נלקחו מ- 2005 ועד היום.
- צפיפות הנתונים שמהם נבנה הקובץ האקלימי – כל 3 שעות (סה"כ 11,670 רשומות)

4. רוח עונתית – סטטיסטיקה

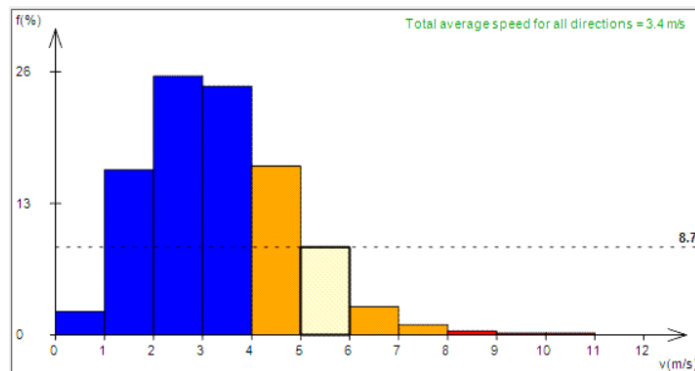
לאורך כל השנה קיימת שכיחות גבוהה של רוח מערבית בעוצמה חזקה-בינונית. התחנה המטאורולוגית שנבחרה לייצג את תנאי האקלים בירושלים הנה תחנת "ירושלים - מרכז".



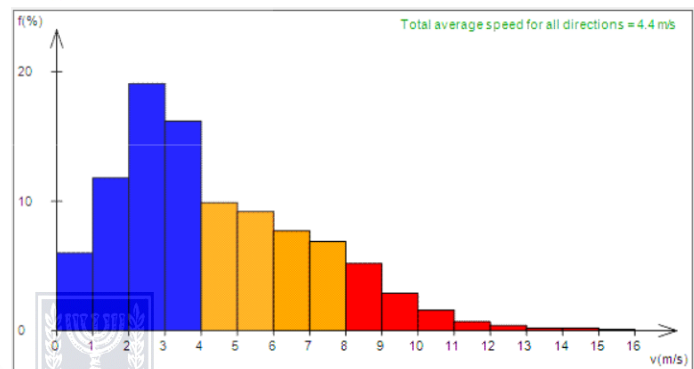
תרשים 2 – מהירות וכיוון רוח – ממוצע שנתי



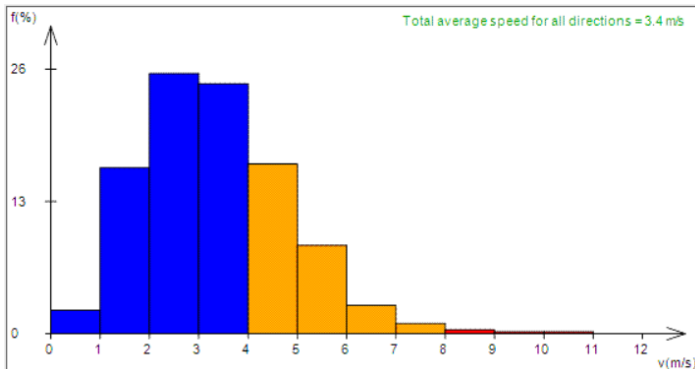
תרשים 4 – שכיחות רוח 9 מ/ש – 0.4%



תרשים 3 – שכיחות רוח 6 מ/ש – 8.7%



תרשים 6 – שכיחות רוח 20 מ/ש – 0%



תרשים 5 – שכיחות רוח 15 מ/ש – 0%

5. תקציר המסקנות

- א. לא קיימת כלל חריגה ממהירויות הרוח שנבדקו עפ"י מסמך ההנחיות.
 ב. תוצאות המודל מבוססות סטטיסטיקה ונתונים מטאורולוגיים. המודל לא יכול להתחשב בכל הטופוגרפיה ותנאי השטח שיהיו קיימים במציאות. מהירות הרוח יכולה להשתנות לאחר הבינוי. יש להיערך לכך ולהשאיר בתכנון אפשרויות להצבת מתקני מיתון רוח.

6. ניתוח סטטיסטי של התפלגות הרוח לפי מהירות וכיוון

על פי מסמך ההנחיות:

קריטריון הנוחות מחולק לשתי רמות עיקריות, על פי קריטריון הנוחות של פורה שהגדיר וסיווג את עוצמות הרוח לתחושת האדם.



- עוצמת רוח לא נוחה – רוח בעוצמות 6-9 מ/ש. בעוצמות אלה תורגש אי נעימות, הרוח תרים עפר ותעיף ניירות ושיער.
- עוצמת רוח לא בטיחותית – רוח בעוצמות 15-20 מ/ש. בעוצמות אלו החפצים מועפים ממקומם, כמעט לא ניתן ללכת נגד הרוח וההליכה עם הרוח אינה יציבה.

אחוז חריגה מותר ממהירות 9 מ/ש	אחוז חריגה מותר ממהירות 6 מ/ש	אזור
10%	20%	אזורים לשהות קצרה מאוד, חניות
10%	15%	רחובות, אזורי מגורים, אזור עסקים ומסחר, כניסות לבניינים
5%	10%	אזורי שהות בישיבה (מסעדות פתוחות, כיכרות עירוניות, שטחים ציבוריים פתוחים)

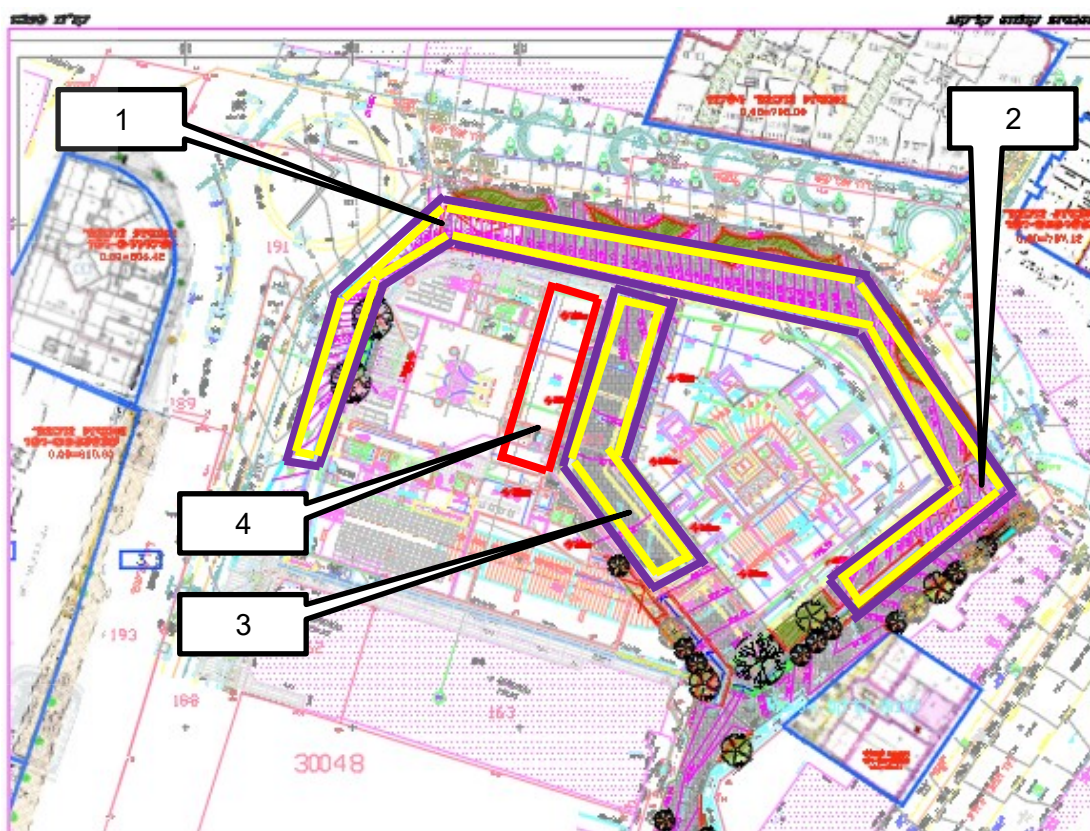
אחוז חריגה מותר ממהירות 20 מ/ש	אחוז חריגה מותר ממהירות 15 מ/ש	אזור
0.01%	1.5%	כל אזור הבדיקה



7. הגדרת אזורי הבדיקה:

נבדקה התב"ע המוצעת וסביבתה הקרובה. ייעודי הקרקע הינם עבור מגורים. מרבית הפעילות המתוכננת בשטחים אלו מיועדת עבור הולכי רגל בפעילויות שונות לשהות ארוכה או קצרה: הליכה, ישיבה או מעבר בין מבנים. המלצות למתכננים עבור ייעודי האזורים יינתנו עפ"י הממצאים.

ייעוד האזור	מספר נק'	סימון
אזור מגורים וכניסה לבניינים	1-5	
אזור עסקים ומסחר	-	
אזורים לשהייה קצרה מאוד (חניות פריקה-טעינה)	-	
אזורי שהות בישיבה	6	



תרשים 7 – מיפוי אזורי הבדיקה

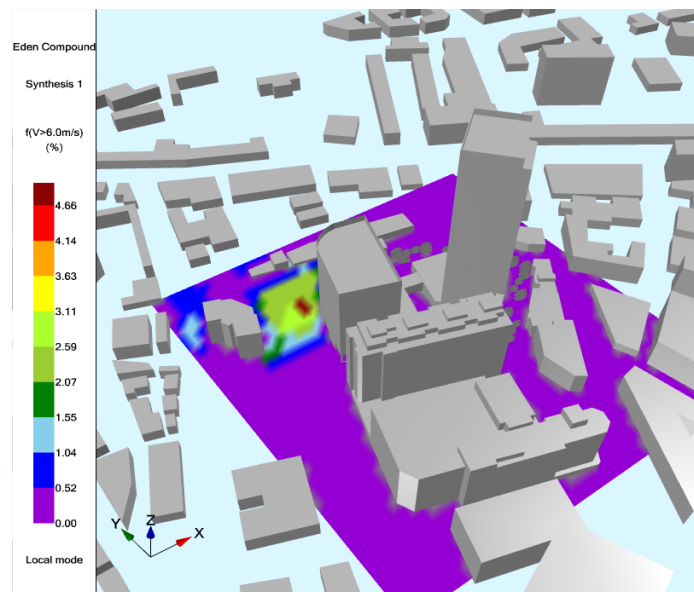
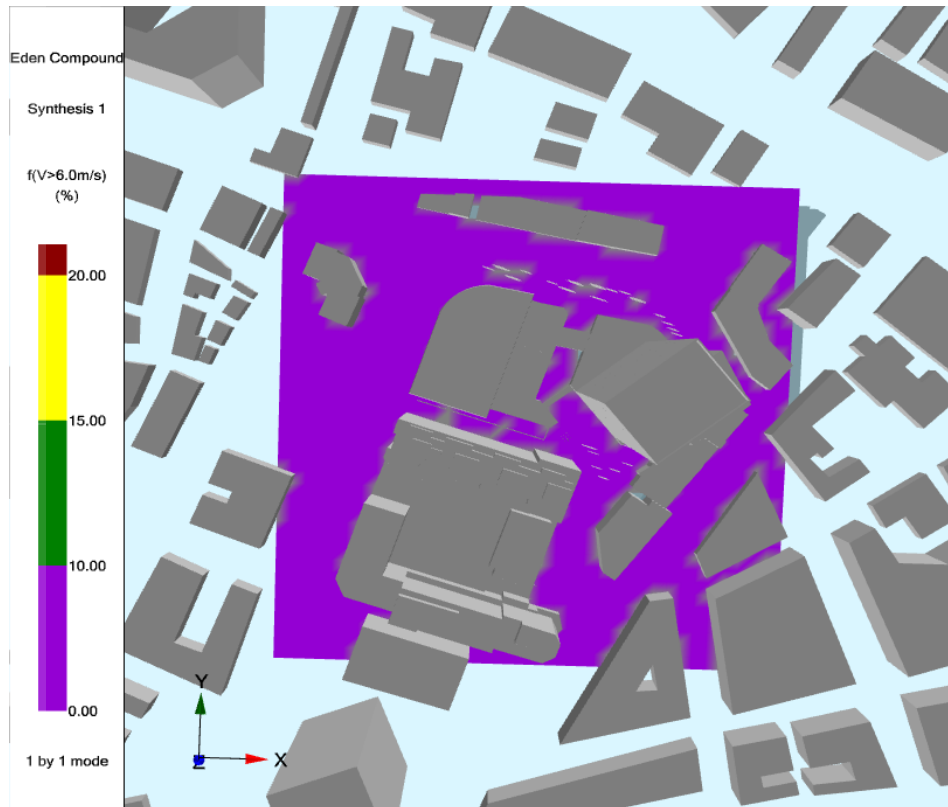
8. תוצאות בדיקת הרוח

- בדיקה לחריגה ממהירות רוח של 6 מטר לשנייה

בתמונות הבאות מוצגת סימולציית הרוח לעצמה של 6 מטר לשנייה. מפת הצבעים בסימולציה מציגה את שכיחות הרוח בעוצמה זאת.

ניתן להבחין כי לא קיימת חריגה מהקריטריונים במהירות רוח של 6 מטר לשנייה.

ממוצע שנתי 6 מטר לשנייה



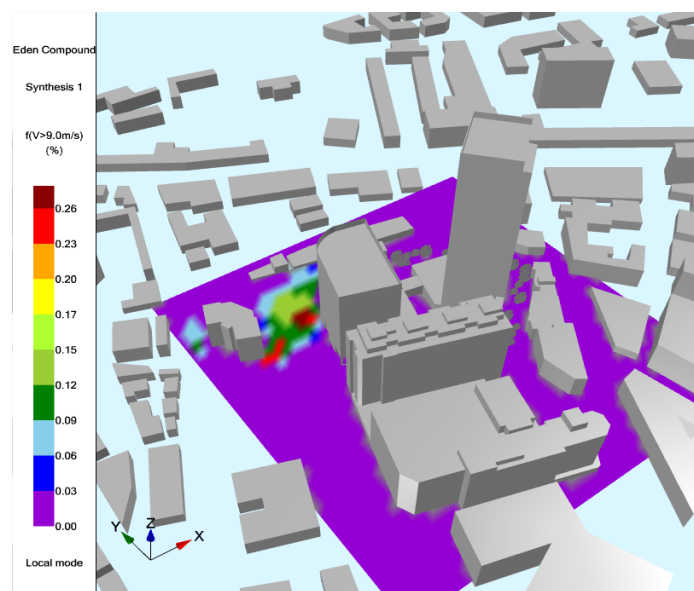
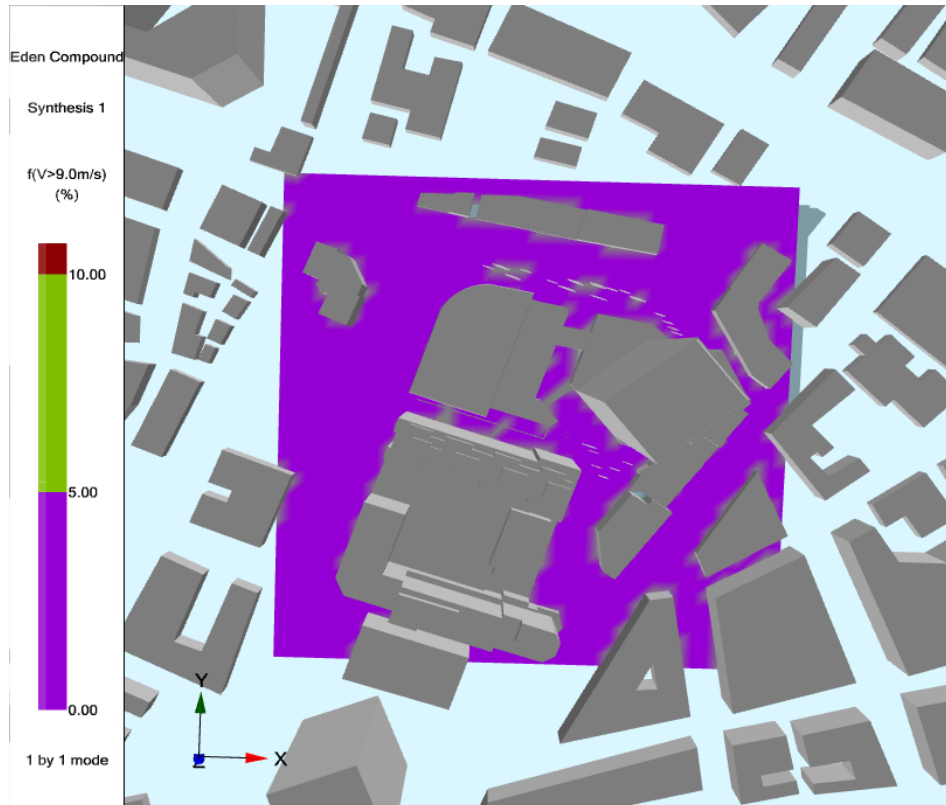
תרשים 8 – בדיקה לחריגה 6 מ/ש

- בדיקה לחריגה ממהירות רוח של 9 מטר לשנייה

בתמונות הבאות מוצגת סימולציית הרוח לעצמה של 9 מטר לשנייה. מפת הצבעים בסימולציה מציגה את שכיחות הרוח בעוצמה זאת.

ניתן להבחין כי לא קיימת חריגה מהקריטריונים במהירות רוח של 9 מטר לשנייה.

ממוצע שנתי 9 מטר לשנייה.



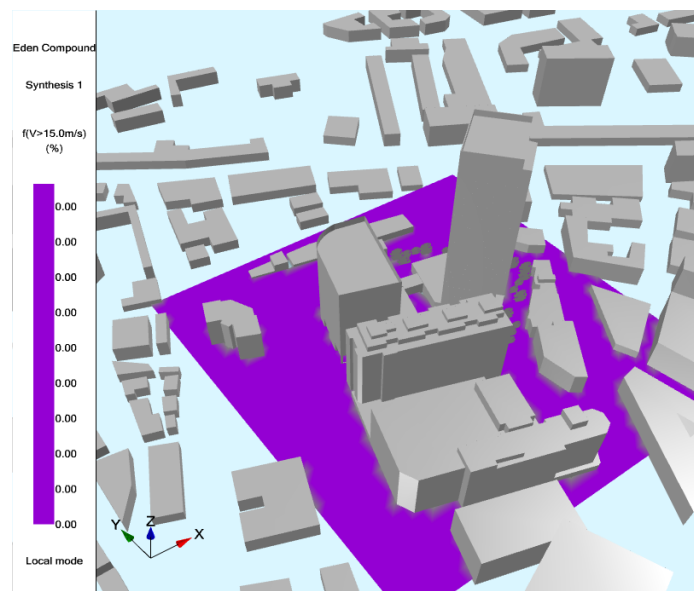
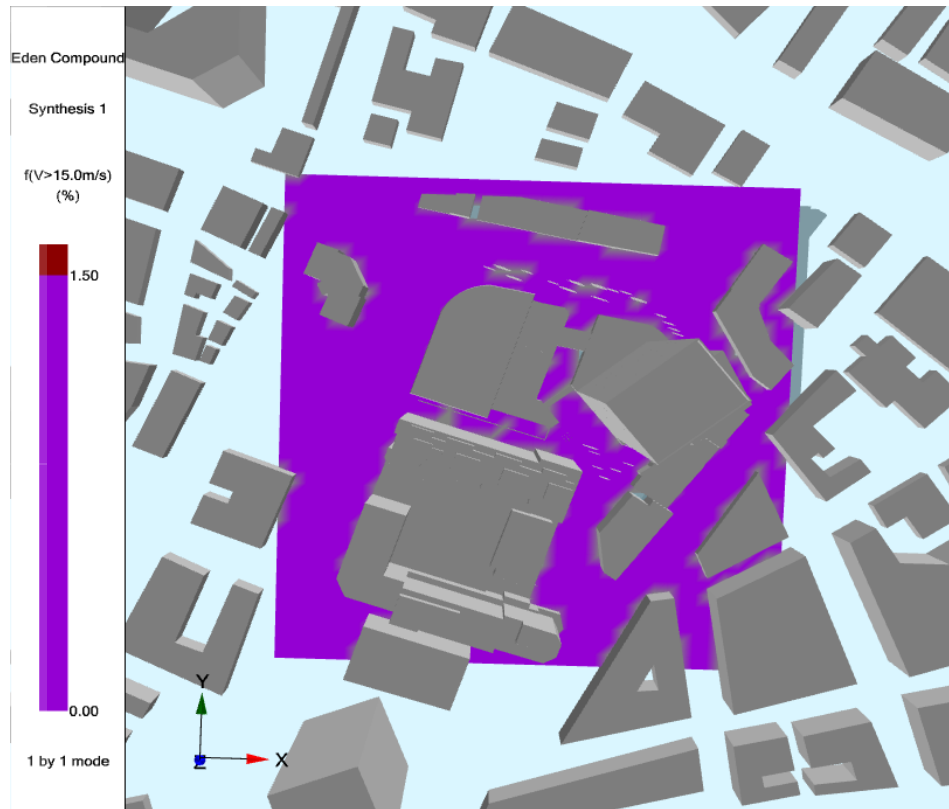
תרשים 9 – בדיקה לחריגה 9 מ/ש

- בדיקה לחריגה ממהירות רוח של 15 מטר לשנייה

בתמונות הבאות מוצגת סימולציית הרוח לעצמה של 15 מטר לשנייה. מפת הצבעים בסימולציה מציגה את שכיחות הרוח בעוצמה זאת.

ניתן להבחין כי לא קיימת חריגה מהקריטריונים במהירות רוח של 15 מטר לשנייה.

ממוצע שנתי 15 מטר לשניה



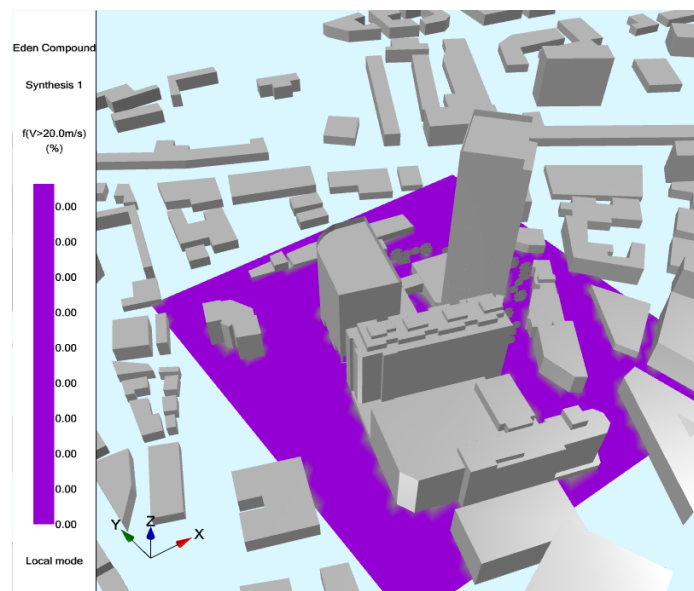
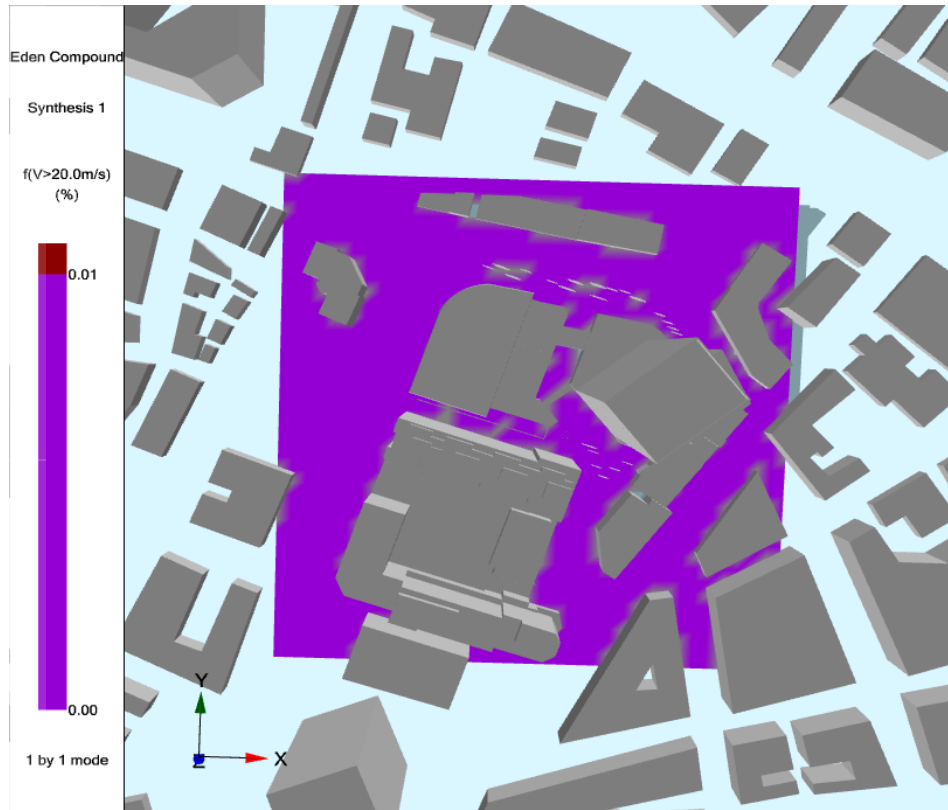
תרשים 10 – בדיקה לחריגה 15 מ/ש

- בדיקה לחריגה ממהירות רוח של 20 מטר לשנייה

בתמונות הבאות מוצגת סימולציית הרוח לעצמה של 20 מטר לשנייה. מפת הצבעים בסימולציה מציגה את שכיחות הרוח בעוצמה זאת.

ניתן להבחין כי לא קיימת חריגה מהקריטריונים במהירות רוח של 20 מטר לשנייה.

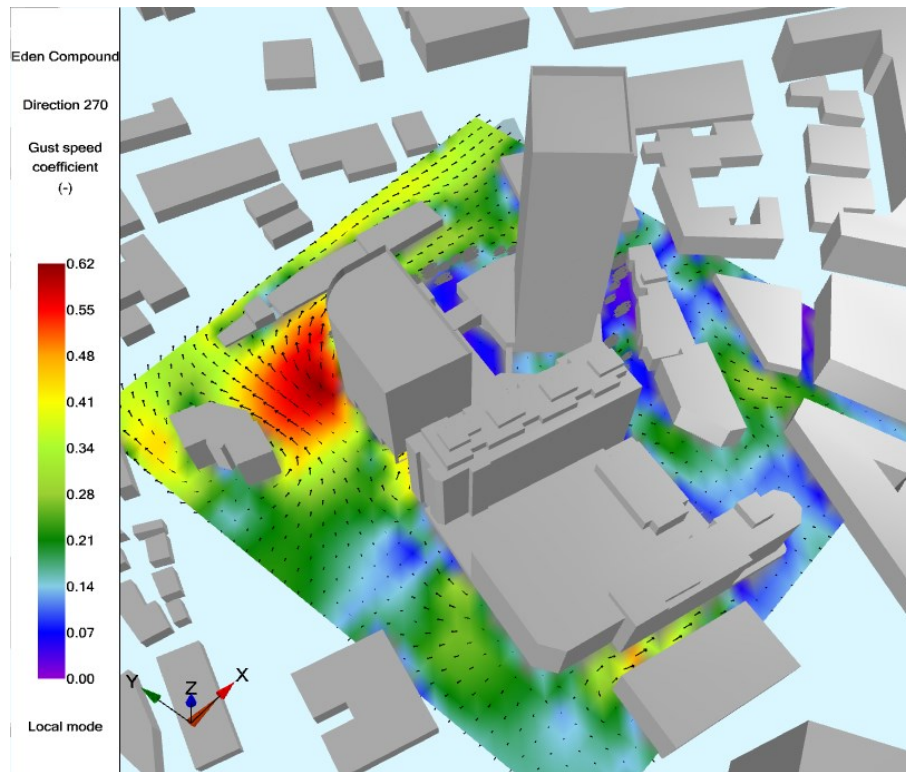
ממוצע שנתי 20 מטר לשניה



תרשים 11 – בדיקה לחריגה 20 מ/ש

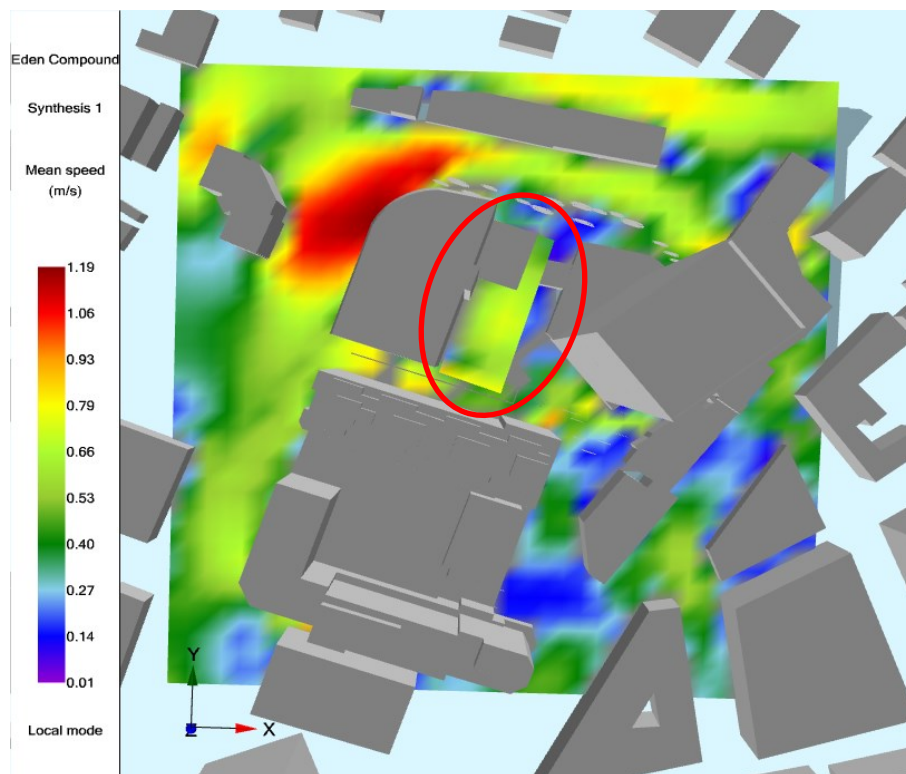
9. חקירת נקודות קריטיות

מבדיקה מעמיקה של מקור התגברות הרוח באזור הפרויקט המתוכנן עולה כי רוח מכיוונים שונים ובעיקר רוח מערבית פוגעת בבניינים המתוכננים ובהגיעה אל המעבר בין המבנים ואל פינות הבינוי מתגברות הרוחות – בתחום המותר בתקן. (בתמונה – רוח מכיוון 270°).



תרשים 12 – חקירת נקודות קריטיות

בתרשים 13 ניתן לראות כי אין חריגה או רוחות חזקות במרפסת המתוכננת למקומות ישיבה והסעדה.



תרשים 13 – חקירת מרפסת

10. מסקנות

- א. לא קיימת כלל חריגה ממהירויות הרוח שנבדקו עפ"י מסמך ההנחיות.
- ב. תוצאות המודל מבוססות סטטיסטיקה ונתונים מטאורולוגיים. המודל לא יכול להתחשב בכל הטופוגרפיה ותנאי השטח שיהיו קיימים במציאות. מהירות הרוח יכולה להשתנות לאחר הבינוי. יש להיערך לכך ולהשאיר בתכנון אפשרויות להצבת מתקני מיתון רוח.

סיכום תוצאות הסימולציה:

אזור	6 מ/ש			9 מ/ש		
	אחוז חריגה מותר	חריגה מקסימלית בסימולציה	ממצאי הבדיקה	אחוז חריגה מותר	חריגה מקסימלית בסימולציה	ממצאי הבדיקה
אזור מגורים וכניסה לבניינים	15%	4.66%	עומד בקריטריון	10%	0.26%	עומד בקריטריון
אזור עסקים ומסחר	15%	4.14%	עומד בקריטריון	10%	0.23%	עומד בקריטריון
אזורים לשהייה קצרה	20%	-	עומד בקריטריון	10%	-	עומד בקריטריון
אזורי שהות בישיבה	10%	0.00%	עומד בקריטריון	5%	0.00%	עומד בקריטריון

אזור	15 מ/ש			20 מ/ש		
	אחוז חריגה מותר	חריגה מקסימלית בסימולציה	ממצאי הבדיקה	אחוז חריגה מותר	חריגה מקסימלית בסימולציה	ממצאי הבדיקה
אזור מגורים וכניסה לבניינים	1.50%	0.00%	עומד בקריטריון	0.01%	0.00%	עומד בקריטריון
אזור עסקים ומסחר	1.50%	0.00%	עומד בקריטריון	0.01%	0.00%	עומד בקריטריון
אזורים לשהייה קצרה	1.50%	-	עומד בקריטריון	0.01%	-	עומד בקריטריון
אזורי שהות בישיבה	1.50%	0.00%	עומד בקריטריון	0.01%	0.00%	עומד בקריטריון

11. המלצות

- א. כדי למתן רוחות חריגות, נדרש למקסם את שתילות העצים באזורי מעברי הבניינים ובאזורי הכניסות למבנים
- ב. מומלץ להגן על הכניסות למבנים הדרומיים באמצעות פרגולה או כניסה מקורה.
- ג. פינות המבנים מושפעות מרוח עירבולית (טורבולנטית) ולכן מומלץ על פתרון כגון פרגולות אופקיות אשר יתרמו להגנה מפני הרוח.
- ד. ניתן להתחשב בתכנון המבנים המפורט באמצעים ומתקנים למיתון רוח כמפורט בדוגמאות מטה.

דוגמאות לפתרונות למיתון הרוח:

