



environit
סביבה צב הפואם אלנו



נספח נוחות אקלימית נספח לתכנית מס' תמ"ל 3010



מתחם המייסדים תחנת המטרו פארק המדע
נס ציונה

תאריך עריכת הנספח: 15.02.2026

שם עורך הנספח: אסף טורק

מודלים: אסף טורק

חברה: אנווירוניט בע"מ





סביבה צדק ופזרים

נספח לתכנית מס' תמ"ל 3010 | נספח נוחות אקלימית

תמצית

נספח בדיקות אקלימיות זה נכתב עבור:

תכנית מס' תמ"ל 3010: מתחם המייסדים תחנת המטרו פארק המדע, נס ציונה.

נספח בדיקות אקלימיות זה נערך בהתאם להנחיות:

- הוועדה הארצית לתכנון ולבניה של מתחמים מועדפים לדיור - ותמ"ל.
- המשרד להגנת הסביבה.

תכולת המסמך:

- תאור מיקום הפרויקט.
- סקירה אקלימית לאזור הפרויקט.
- תאור הפרויקט.
- תאור המודל התלת-ממדי שהוכן עבור הבדיקות.
- תאור היבטי אקלים שנבחנו עבור המרחב הציבורי (אזורי הליכה ושטחים פתוחים):
 - הצללה בעונת החורף (זכויות שמש).
 - חשיפה למטרדי רוח שנתיים.
 - נוחות אקלימית בעונת הקיץ:
 - הצללה.
 - חשיפה לרוחות אוורור.
 - Sky View Factor.
 - מדד נוחות אקלימית משוקלל.
- ניתוח הממצאים ומסקנות ומתן המלצות.





סביבה צד הנוח

**נספח לתכנית מס' תמ"ל 3010 | נספח נוחות אקלימית****סיכום הבדיקות****תכולת מודל תלת מימד**

- טופוגרפיה, בבדיקות הצללה בלבד.
- מבני הפרויקט, מצב מוצע לפי תכנית מוצעת.
- מבנים בסביבה, קיימים ולפי תכניות מאושרות.
- עצים וסככות הצללה לפי תכנית הנוף, לפי הפירוט בטבלה בסעיף 4.1.

נתונים מטאורולוגיים

- נתוני קרינת השמש מתחנת מדידה "בית דגן".
- נתוני רוחות מתוך אטלס פוטנציאל אנרגיית הרוח לקואורדינטות של התכנית.

מדדים וקריטריונים להערכה

- חשיפה לשמש בעונת החורף לפי קריטריון המשרד להגנת הסביבה לשטחים פתוחים ולגגות מבנים.
- חשיפה לרוחות טורדניות (לא רצויות) לפי הקריטריון של המשרד להגנת הסביבה.
- נוחות אקלימית:
 - הצללה רצויה בעונת הקיץ לפי מדדים: זמינות הצללה, הצללה מרחבית.
 - חשיפה לרוחות אוורור בעונת הקיץ לפי השכיחות לרוחות אוורור.
 - קירור לילי באמצעות מדד Sky View Factor.
 - מדד משוקלל המורכב מ-3 רכיבים: מדד הצללה מרחבית, שכיחות לרוחות אוורור, Sky View Factor.

הצללה בעונת החורף (זכויות שמש)

- **שטחים פתוחים:**
 - בכמחצית מהרחובות והשבילים מתקיימת עמידה ביעד החשיפה לשמש חורפית. חריגות מופיעות בעיקר במקטעים צרים ובמרקם בנוי צפוף, אך ברוב הרחובות לא נוצר רצף ארוך של מקטעי הליכה שאינם עומדים ביעד.
 - בכל השצ"פים מתקיימת עמידה ביעדי החשיפה לשמש החורפית, בעוד בחלק מהשב"צים צפויה חריגה מיעדי החשיפה לשמש החורפית.
 - מרבית ההצללה לכדי חריגות מיעדי החשיפה לשמש מתרכזת בשפ"פים (מגורים, מסחר ותעסוקה).
- **גגות מבנים:**
 - מחוץ לתחומי התכנית נמצאו חריגות מיעדי החשיפה לשמש בגגות 2 מבנים של תחנת המטרו בלבד. בכל שאר המבנים ישנה עמידה ביעדי החשיפה לשמש.
 - בתוך תחומי התכנית נמצאה עמידה ביעדי החשיפה לשמש בגגות של מרבית המבנים, וחריגות מהיעדים נמצאו ב-18 מבנים סה"כ: ב-2 מבנים לשימור, ב-2 מבנים של בתי ספר, במבנה גנים ומעון ילדים, במבנה מועדון נוער, במבנה מסחר, ב-11 מבני מגורים.

חשיפה למטרדי רוח

- לא נמצאו חריגות מהקריטריונים בכל שטח התכנית, תוך התאמה לכל סוגי הפעילויות.





נספח לתכנית מס' תמ"ל 3010 | נספח נוחות אקלימית

הצללה רצויה בעונת הקיץ

מדרכות ושבילים:

בתרחיש ללא אמצעי הצללה נרשמת חשיפה גבוהה לקרינת השמש לאורך מרבית המדרכות והשבילים, עם היקף נרחב של מקטעים בערכי זמינות הצללה נמוכים מ-0.3, תחום המוגדר כמחסור בהצללה. המחסור בולט במיוחד ברחובות רחבים וברחובות בכיוון מזרח מערב, בעוד שערכים טובים מתקבלים בעיקר במקטעי רחוב צרים ובמרקם בנוי צפוף. בשעות הצהריים ואחר הצהריים המחסור מתרחב משמעותית.

בתרחיש עם אמצעי הצללה נרשמת עלייה ניכרת בערכי זמינות הצללה וצמצום משמעותי של המקטעים המצויים במחסור. השיפור בולט במיוחד ברחובות בכיוון מזרח מערב ובשעות הצהריים, ונוצר רצף מוצל יותר לאורך צירי ההליכה. עם זאת, נותרים רחובות רחבים ומקטעים נקודתיים שבהם זמינות ההצללה עדיין נמוכה, בעיקר בצמתים ובעיקר בשעות הצהריים.

שצ"פים ושב"צים:

בתרחיש ללא אמצעי הצללה מתקבלת רמת חשיפה גבוהה לשמש במרבית שטחי השצ"פים והשב"צים לאורך שעות היום. ערכי הצללה מרחבית נמוכים מאפיינים בעיקר את מרכזי השטחים הפתוחים, בעוד שהצללה משמעותית מתקבלת בעיקר בשעות הבוקר ובאזורים הסמוכים לבינוי קיים.

בתרחיש עם אמצעי הצללה נרשם שיפור משמעותי בהצללה לאורך כל שעות היום, עם עלייה בערכי ההצללה המרחבית והפחתה ניכרת בעוצמת החשיפה לשמש, בעיקר סביב מוקדי נטיעה ואזורי שהייה. עם זאת, בשל היקפם של חלק מהשטחים הפתוחים, נותרים אזורים מרכזיים שבהם רמת ההצללה נמוכה יחסית גם לאחר ההתערבות.

חשיפה לרוחות אוורור בעונת הקיץ

בתרחיש ללא עצים מתקבלת שכיחות צפויה לרוחות אוורור טבעי בעונת הקיץ בשיעור ממוצע של כ-30%, עם ערכים סבירים בעיקר בשטחים פתוחים ובאזורים פתוחים לכיוון מערב וצפון-מערב, ולעומת זאת מחסור באוורור באזורים שבין בינוי צפוף ובחלקה המזרחי של התכנית.

בתרחיש עם עצים נרשמת ירידה לשיעור ממוצע של כ-14%, כאשר הפוטנציאל מצטמצם בעיקר בשטחים הפתוחים שבהם קודם לכן התקבלה שכיחות סבירה, ואילו באזורים הצפופים הדפוס נותר נמוך בדומה לתרחיש ללא עצים.

קירור לילי

בתרחיש ללא אמצעי הצללה מתקבלים ערכי SVF גבוהים בשטחים פתוחים ובצמתים, המעידים על פתיחות שמיים טובה ופוטנציאל יעיל לקירור לילי. לעומת זאת, במקטעי רחוב צרים ובאזורים בעלי מרקם בנוי צפוף מתקבלים ערכי SVF נמוכים יותר, העלולים להביא לקירור לילי מופחת.

בתרחיש עם אמצעי הצללה נרשמת ירידה מסוימת בערכי SVF עקב תוספת עצים וסככות, דבר המצביע על הפחתה מסוימת בפוטנציאל הקירור הלילי. עם זאת, מאחר שהמדד מבוסס על גאומטריית חסימת שמיים בלבד ואינו מביא בחשבון את הטמפרטורה הנמוכה יחסית של חופת העצים בלילה, ההשפעה בפועל צפויה להיות מתונה יותר מהמשתקף בירידת ערכי SVF.

מדד נוחות אקלימית משוקלל

בתרחיש ללא אמצעי הצללה מתקבלים ערכים נמוכים של המדד המשוקלל במרבית הרחובות, המעידים על עומס חום גבוה ורציף לאורך צירי ההליכה והשהייה. אזורים אלה מהווים מוקדי עומס חום, הנובעים משילוב של חשיפה לשמש, קירור לילי מוגבל ופוטנציאל אוורור שאינו מספק.

בתרחיש עם אמצעי הצללה נרשם שיפור מובהק במדד, עם עלייה בערכים לאורך חלק ניכר מהמרחב הציבורי ויצירת איי קור מקומיים שבהם עומס החום פוחת ביחס לסביבה.





נספח לתכנית מס' תמ"ל 3010 | נספח נוחות אקלימית

- למרות שתוספת אמצעי ההצללה מפחיתה במידה מסוימת את שכיחות רוחות האוורור ואת פוטנציאל הקירור הלילי, האפקט המשוקלל הכולל מצביע על הטבה כוללת במדד הנוחות, והצפי הוא לשיפור בעומס החום במרחב ההליכה והשהייה ביחס לתרחיש ללא אמצעי הצללה.

המלצות

עקרונות תכנון



- יש לראות בהצללה האמצעי המרכזי והיעיל ביותר להפחתת עומסי חום, במיוחד נוכח החשיפה הגבוהה לקרינת השמש בקיץ והשכיחות המוגבלת של רוחות אוורור טבעי.
- התכנון המפורט צריך לאזן בין הצללה, שימור פוטנציאל אוורור טבעי ושמירה על פתיחות שמיים מספקת לקירור לילי.
- מומלץ להתבסס על תרשימי זמינות הצללה ועל המדד המשוקלל לזיהוי מוקדי עומס חום ואיי קור פוטנציאליים.

תיעודף ושדרוג ההצללה בתכנון המפורט



- יישום מלא של אמצעי ההצללה המוצעים בתכנית הפיתוח, בדגש על עצים וסככות במוקדי עומס חום גבוה.
- חיזוק הצללה ברחובות רחבים ובמקטעי הליכה שבהם זהו ערכי זמינות הצללה נמוכים ומחסור מובהק בהצללה, בעיקר בשעות הצהריים.
- תגבור הצללה במוקדי שהייה רגישים כגון מוסדות חינוך, גני משחקים ואזורי מסחר.
- מומלץ לשקול שילוב קולונדות לאורך חזיתות מסחריות ורחובות ראשיים כפתרון הצללה קבוע ורציף, המייצר הצללה איכותית להולכי רגל תוך שמירה יחסית על אוורור טבעי.
- במידת הצורך, מומלץ לעדכן סימולציות הצללה לאחר שינויים תכנוניים כדי לוודא עמידה ביעדי הנוחות האקלימית.

אוורור טבעי וקירור לילי

- לאור הירידה הצפויה בשכיחות רוחות האוורור בעקבות תוספת עצים, יש לשמר ככל האפשר מפתחים לכיוון מערב וצפון מערב לאורך צירים פתוחים.
- יש להביא בחשבון כי אמצעי ההצללה מפחיתים במידה מסוימת גם את פוטנציאל הקירור הלילי, ולכן נדרש איזון בין הצללה אינטנסיבית לבין פתיחות שמיים באזורים מסוימים.
- אף על פי כן, האפקט המשוקלל מצביע על שיפור כולל בעומס החום במרחב הציבורי.





נספח לתכנית מס' תמ"ל 3010 | נספח נוחות אקלימית

תוכן עניינים

8	1. מיקום הפרויקט	8
9	2. סקירה אקלימית	9
9	2.1 מקור הנתונים	9
9	2.2 טמפרטורה	9
10	2.3 לחות	10
11	2.4 רוחות	11
11	2.5 התאמת תנאי הטמפרטורה לקירור באמצעות רוח	11
11	2.6 סיכום	11
12	3. תאור הפרויקט	12
12	3.1 תשריט מוצע	12
13	3.2 תכנית בינוי	13
14	4. מודל תלת-מימדי	14
14	4.1 תכולת המודל	14
15	4.2 הדמיות	15
17	5. הצללות בעונת החורף (זכויות שמש)	17
17	5.1 הגדרות וקריטריונים להערכה	17
18	5.2 תחום הצל	18
19	5.3 שטחים פתוחים	19
20	5.4 גגות מבנים	20
21	6. חשיפה למטרדי רוח	21
21	6.1 נתונים מטאורולוגיים	21
23	6.2 הגדרות בתוכנת ה-CFD	23
24	6.3 ניתוח תוצאות הבדיקה	24
25	7. נוחות אקלימית בעונת הקיץ	25
26	7.1 הצללה במדרכות ובשבילים	26
30	7.2 הצללה בשצ"פים ובשב"צים	30
33	7.3 הצללה מרחבית	33
34	7.4 אוורור טבעי	34
35	7.5 קירור לילי	35
36	7.6 מדד נוחות אקלימית משוקלל	36





סביבה צד הנוחם אלך

נספח לתכנית מס' תמ"ל 3010 | נספח נוחות אקלימית

רשימת טבלאות

- 14.....טבלה 1: מודל תלת-ממדי | תכולת המודל
- 17.....טבלה 2: הצללות בעונת החורף | הגדרת אזור אקלים ונתוני קרינת השמש
- 23.....טבלה 3: חשיפה למטרדי רוח | הגדרות בתוכנת ה-CFD | כלליות
- 23.....טבלה 4: חשיפה למטרדי רוח | הגדרות בתוכנת ה-CFD | מקדמי חספוס והתכנסות נתונים



רשימת תרשימים

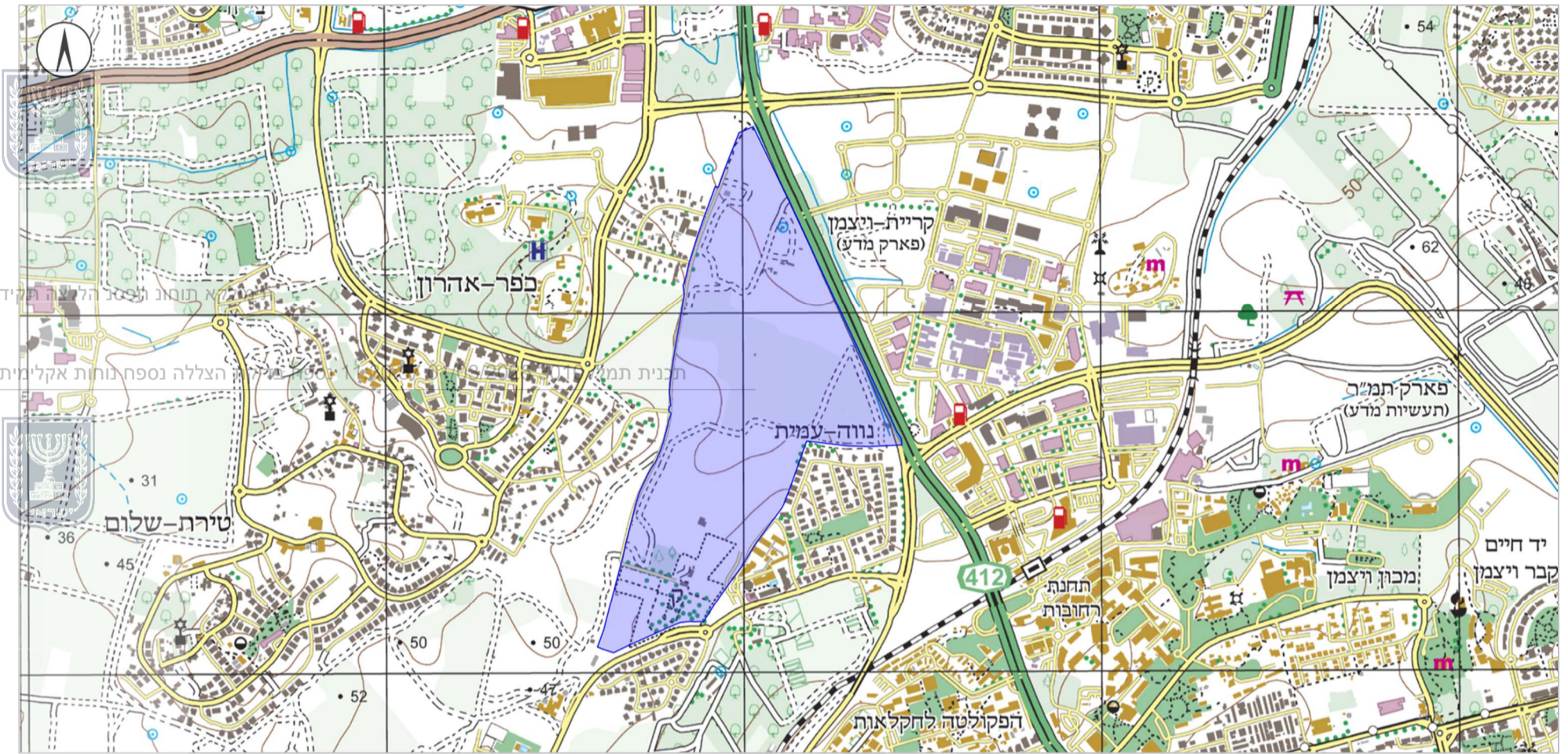
- 8.....תרשים 1: תאור סביבת הפרויקט | תרשים התמצאות
- 8.....תרשים 2: תאור סביבת הפרויקט | תצ"א
- 12.....תרשים 3 : תאור הפרויקט | תשריט מוצע
- 13.....תרשים 4 : תאור הפרויקט | תכנית בינוי ונוף
- 15.....תרשים 5: מודל תלת מימד | הדמיות | מצב מוצע | מבט על
- 15.....תרשים 6: מודל תלת מימד | הדמיות | מצב מוצע | מבט מדרום
- 16.....תרשים 7: מודל תלת מימד | הדמיות | מצב מוצע | מבט מדרום – תקריב על חלק מערבי
- 18.....תרשים 8: הצללה בעונת החורף | תחום הצל
- 19.....תרשים 9: הצללה בעונת החורף | קרינת שמש מצטברת | שטחים פתוחים
- 20.....תרשים 10: הצללה בעונת החורף | קרינת שמש מצטברת | גגות מבנים
- 21.....תרשים 11: חשיפה למטרדי רוח | נתונים מטאורולוגיים | שנתי | גובה 150 מ'
- 22.....תרשים 12: שדה זרימת רוח | נתונים מטאורולוגיים | חודש אוגוסט | גובה 150 מ'
- 24.....תרשים 13: חשיפה למטרדי רוח | ניתוח תוצאות הבדיקה | בדיקה מס' 1
- 26.....תרשים 14: נוחות אקלימית בעונת הקיץ | מדרכות ושבילים | הצללה מרחבית
- 27.....תרשים 15: נוחות אקלימית בעונת הקיץ | מדרכות ושבילים | מדד זמינות הצללה
- 28.....תרשים 16: נוחות אקלימית בעונת הקיץ | מדרכות ושבילים | שעות הבוקר (8 עד 10)
- 28.....תרשים 17: נוחות אקלימית בעונת הקיץ | מדרכות ושבילים | שעות הצהריים (10 עד 15)
- 29.....תרשים 18: נוחות אקלימית בעונת הקיץ | מדרכות ושבילים | שעות אחה"צ (15 עד 17)
- 30.....תרשים 19: נוחות אקלימית בעונת הקיץ | שצ"פים ושב"צים | הצללה מרחבית
- 31.....תרשים 20: נוחות אקלימית בעונת הקיץ | שצ"פים ושב"צים | שעות הבוקר (8 עד 10)
- 31.....תרשים 21: נוחות אקלימית בעונת הקיץ | שצ"פים ושב"צים | שעות הצהריים (10 עד 15)
- 32.....תרשים 22: נוחות אקלימית בעונת הקיץ | שצ"פים ושב"צים | שעות אחה"צ (15 עד 17)
- 33.....תרשים 23: נוחות אקלימית בעונת הקיץ | מדד הצללה מרחבית
- 34.....תרשים 24: נוחות אקלימית בעונת הקיץ | שכיחות לרוחות אורור טבעי
- 35.....תרשים 25: נוחות אקלימית בעונת הקיץ | קירור לילי באמצעות מדד SVF
- 36.....תרשים 26: נוחות אקלימית בעונת הקיץ | מדד משוקלל
- 37.....תרשים 27: נוחות אקלימית בעונת הקיץ | מדד משוקלל | אזורי עומס חום גבוה
- 37.....תרשים 28: נוחות אקלימית בעונת הקיץ | מדד משוקלל | אזורי איי קור



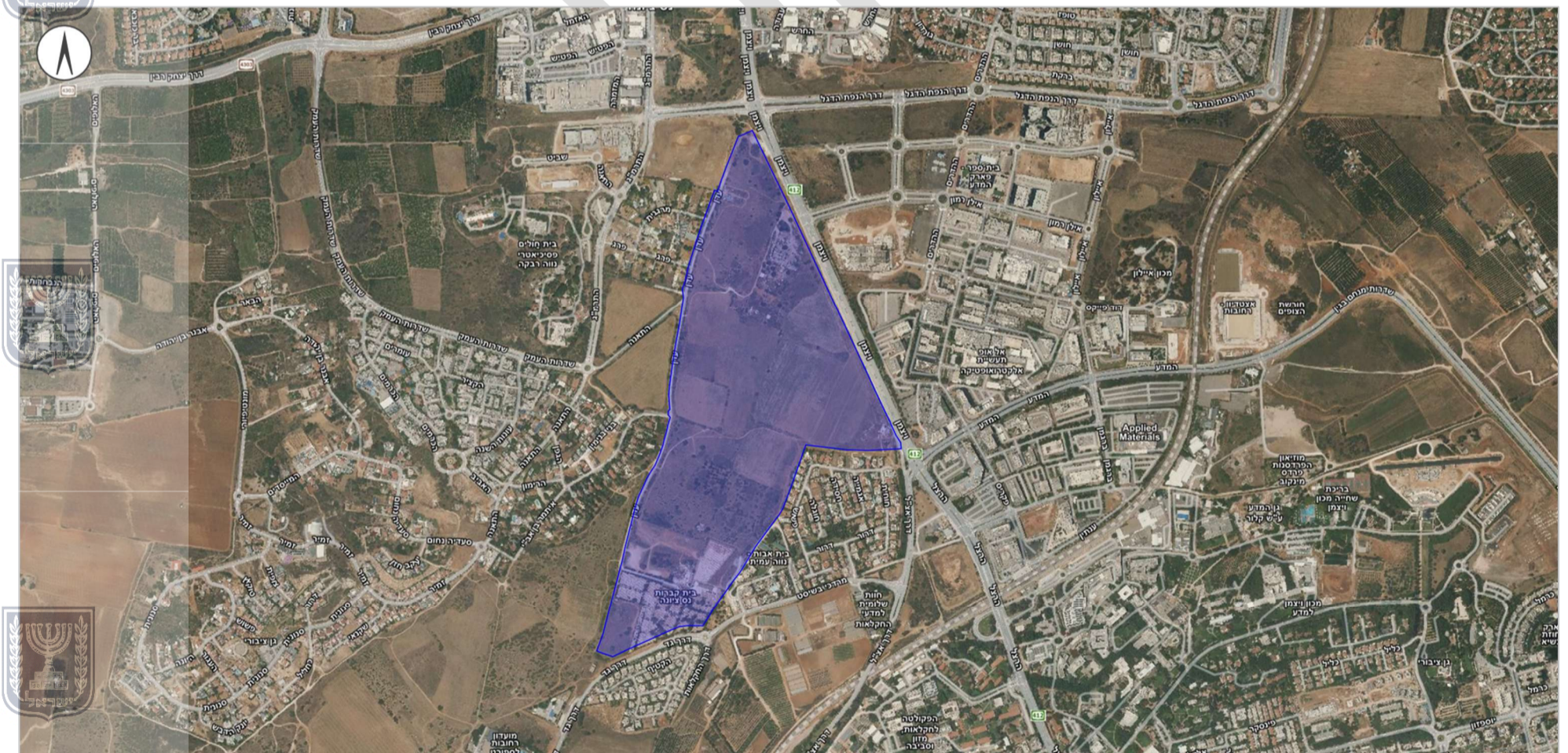
1. מיקום הפרויקט

מיקום הפרויקט מוצג בתרשימים להלן:

תרשים 1: תאור סביבת הפרויקט | תרשים התמצאות



תרשים 2: תאור סביבת הפרויקט | תצ"א



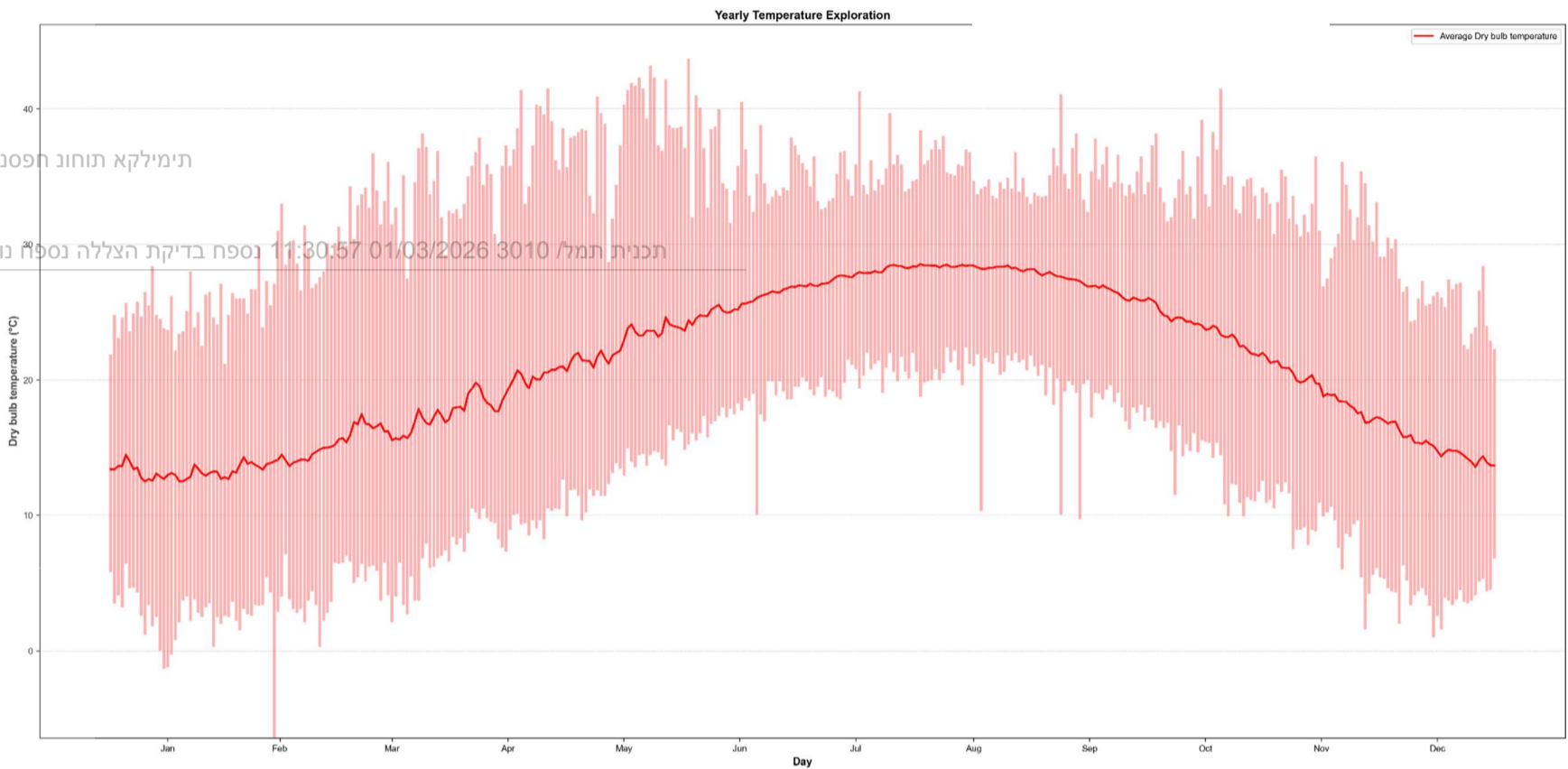
2. סקירה אקלימית

2.1. מקור הנתונים

עבור הסקירה האקלימית נעשה שימוש בנתוני אקלים עשר דקתיים של תחנת מדידה בית דגן, לשנים 2005-2025. עבור נתוני רוחות נעשה שימוש באטלס פוטנציאל אנרגית הרוח של השירות המטאורולוגי עבור הקואורדינטות של הפרויקט.

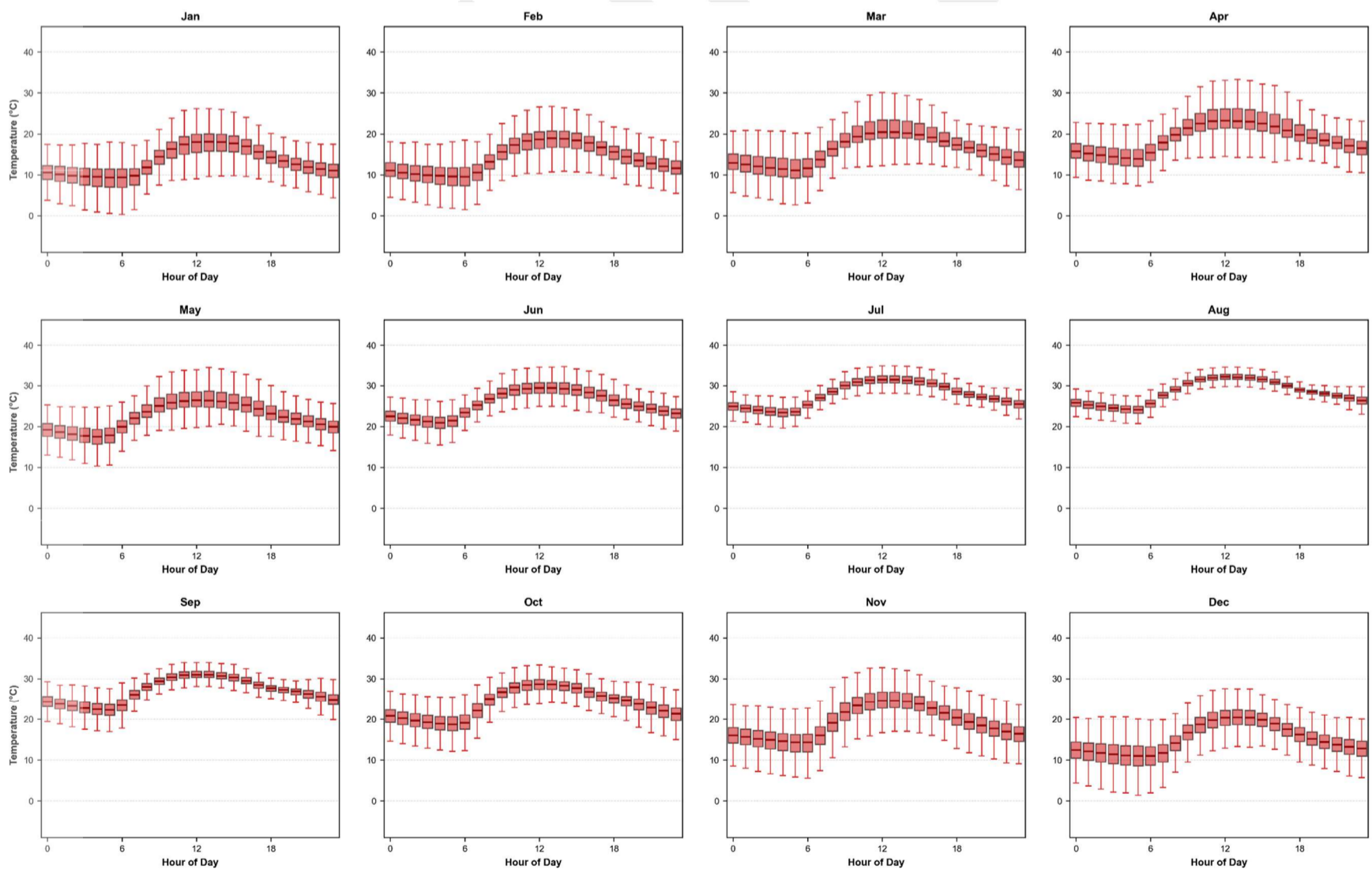
2.2. טמפרטורה

התרשימים מציגים את מגמות הטמפרטורה היבשה במהלך שנה טיפוסית:



תימילקא תוחונ חפסנ הללצה תקידב חפסנ 57

תכנית תמל/ 3010 01/03/2026 11:30:57 נספח בדיקת הצללה נספח נוחות אקלימית



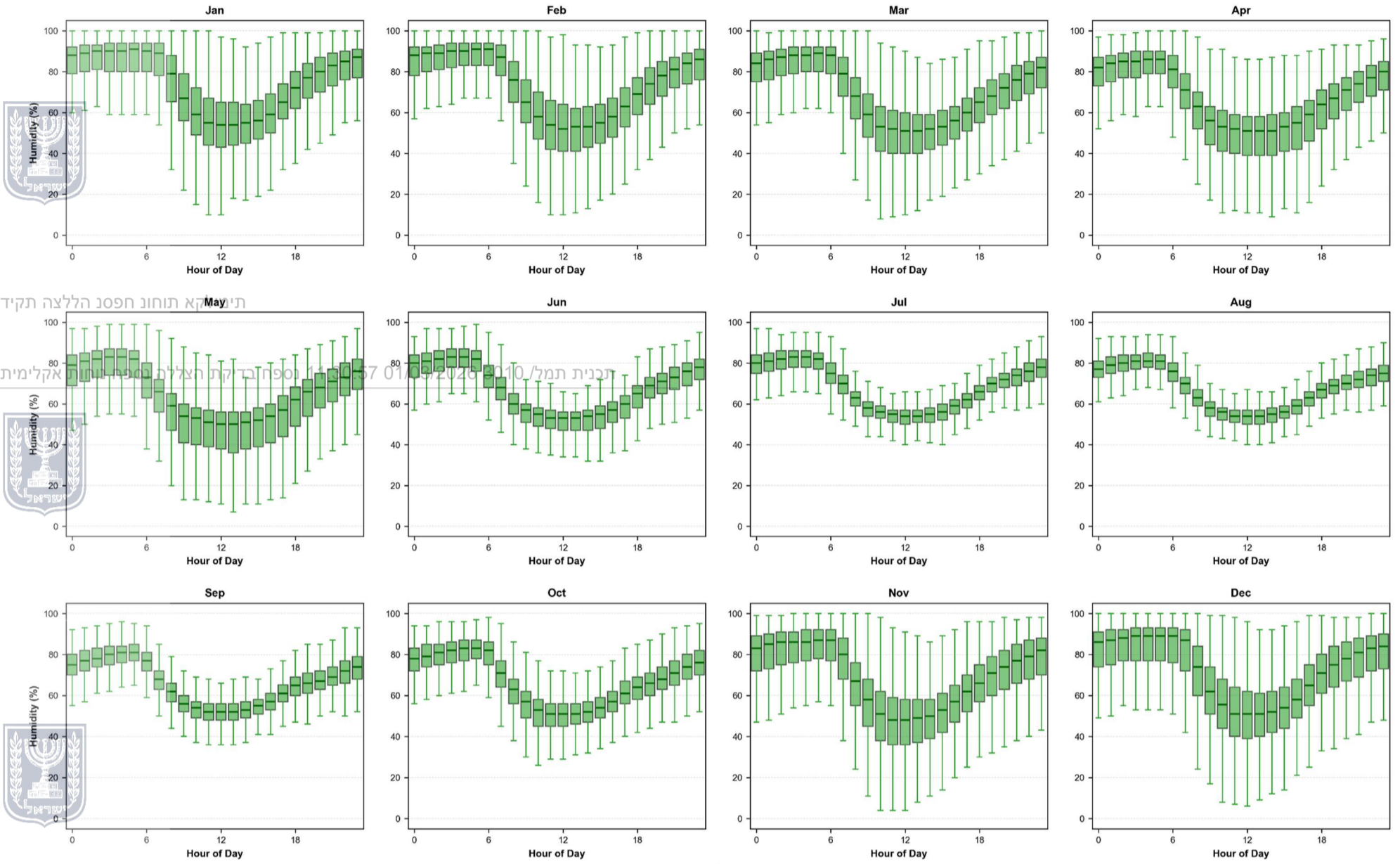
מגמה שנתי: ניכרת עלייה הדרגתית בטמפרטורות הממוצעות מחודשי החורף אל הקיץ, עם רמות הגבוהות ביותר ביולי-אוגוסט, ולאחר מכן ירידה חזרה לערכי החורף. אירועי קיצון של טמפרטורות גבוהות בולטים בעיקר בחודשי האביב המאוחרים, סביב מאי.

מגמה יומית חודשית: בכל חודשי השנה ניכרת מחזוריות יומית ברורה - טמפרטורות מינימום בשעות הבוקר המוקדמות ועלייה עד לשיא בצהריים-אחר הצהריים. בחודשי הקיץ מתקבל טווח טמפרטורות אופייני של כ-24-26°C בשעות הלילה ועד כ-33-35°C בשעות השיא. בחודשי האביב והסתיו מתקבל טווח ביניים של כ-15-20°C בלילה ועד כ-25-30°C ביום. בחורף מתקבל טווח נמוך יותר, לרוב כ-8-12°C בשעות הלילה ועד כ-15-20°C בשעות היום.



2.3. לחות

התרשימים מציגים את מגמות הלחות היחסית במהלך שנה טיפוסית:



מגמה שנתית: בכל חודשי השנה מתקבלת מחזוריות יומית ברורה - לחות גבוהה בלילה ובבוקר המוקדם וירידה לשפל בצהריים.

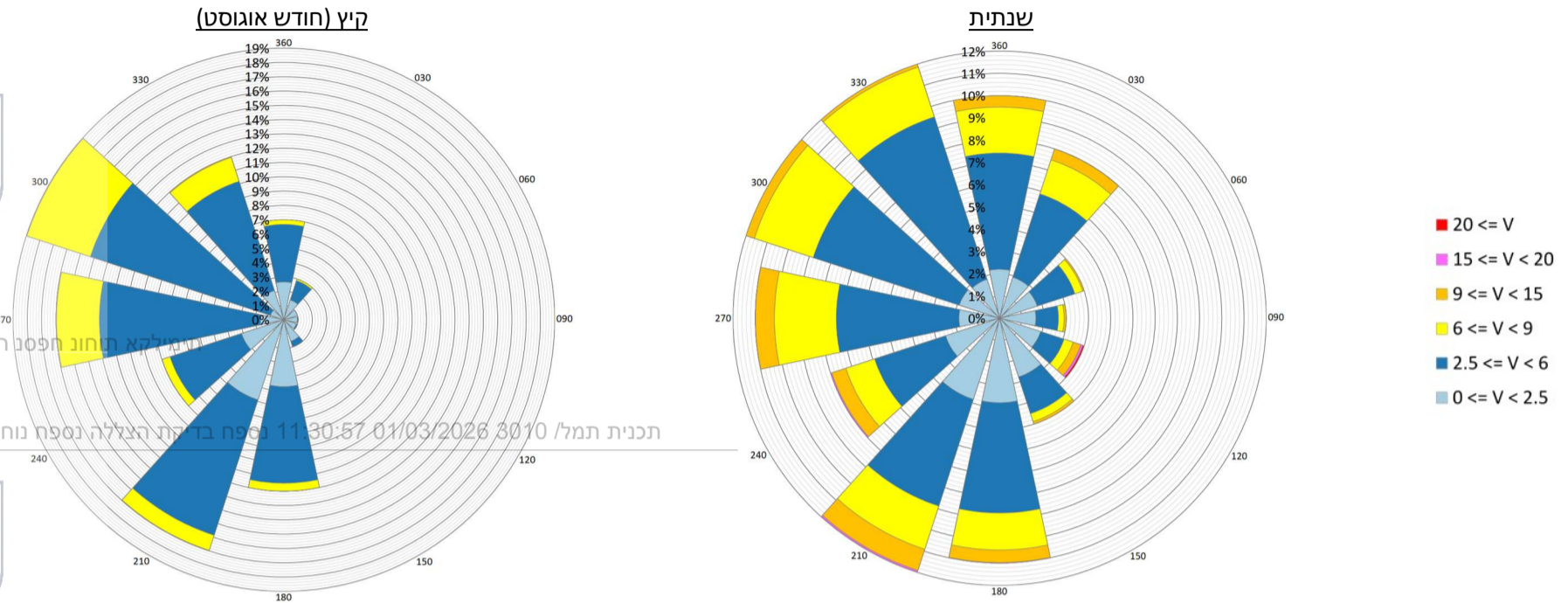
מגמה יומית חודשית:

בחורף ערכי הלילה גבוהים במיוחד - כ-85%-95% - ויורדים בצהריים לכ-40%-55%.
 באביב נרשמים ערכי הצהריים הנמוכים ביותר, לעיתים כ-35%-45% במאי.
 בקיץ הטווח מצומצם יותר - כ-75%-85% בלילה וכ-50%-60% בצהריים.
 בסתיו ניכרת עלייה מחודשת בלחות הלילית ושפל יומי סביב 45%-55%.



2.4. הוחות

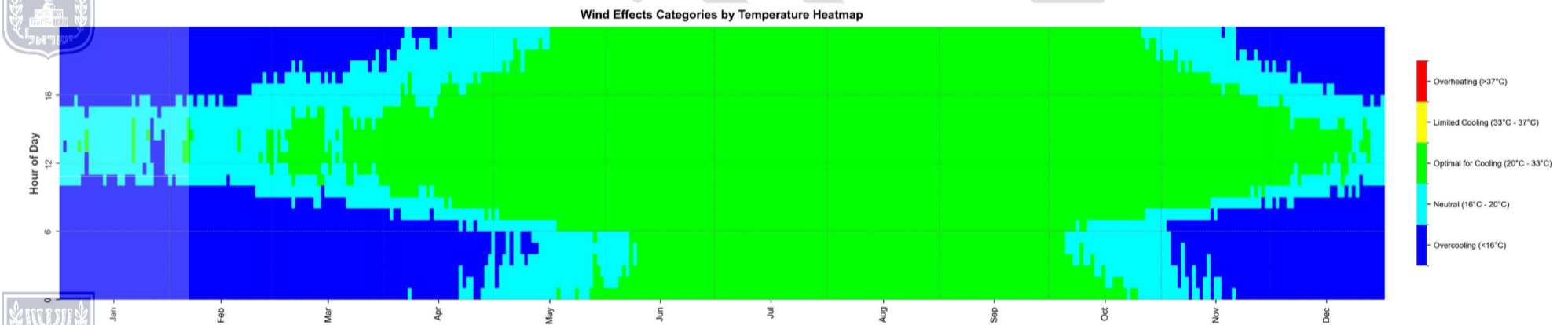
נתוני הרוחות לאזור התכנית הינם מתוך אטלס פוטנציאל אנרגיית הרוח. התרשימים מציגים את התפלגות כיווני ומהירויות הרוח בגובה 150 מטר מעל פני הקרקע, עבור השנה כולה (מימין) ועבור חודש אוגוסט (משמאל):



- **שנתית:** דומיננטיות לכיוונים מערב וצפון-מערב (270°-330°). קיימת תרומה משנית מכיוון דרום-מערב ומכיוון צפון, בעוד שכיוון מזרח נדיר יחסית. המהירות הממוצעת השנתית היא 4.31 מ'/'שנייה. רוב הרוחות בטווח 2.5-6 מ'/'שנייה (48%) וכ-18% בטווח 6-9 מ'/'שנייה. רוחות מעל 9 מ'/'שנייה מופיעות בכ-5% מהמקרים.
- **אוגוסט:** דומיננטיות של כיוון מערב (270°-300°), עם ריכוז בולט סביב 300°. קיימת תרומה משנית מכיוון 330° ו-210°, בעוד שכיוון מזרח זניח. המהירות הממוצעת היא 3.76 מ'/'שנייה, וכ-61% מהרוחות בטווח 2.5-6 מ'/'שנייה. רוחות מעל 9 מ'/'שנייה כמעט ואינן מופיעות.

2.5. התאמת תנאי הטמפרטורה לקירור באמצעות רוח

התרשים מציג את התפלגות הטמפרטורות לאורך שעות היממה ועונות השנה, מסווגות לפי פוטנציאל הקירור באמצעות רוח. הסיווג מבוסס על ספי נוחות תרמית: קירור יתר (>C16), תחום ניטרלי (C16°-C20°), תחום אופטימלי לקירור באמצעות רוח (C20°-C33°), תחום קירור מוגבל (C33°-C37°) והתחממות יתר (<C37°).



- מהתרשים עולה כי בחודשי הקיץ מתקיימות בכל שעות היום והלילה טמפרטורות בתחום האופטימלי לקירור באמצעות רוח (C33°-20°).
- בעונות המעבר שעות הבוקר עד אחה"צ מצויות בתחום האופטימלי כאשר בשעות הלילה מתקבלים ערכים בתחום הניטרלי (C20°-16°) ולעיתים בקירור יתר (קטן מ-C16°).
- בחודשי החורף מתקבלים ערכים בתחום קירור יתר למעט בשעות הצהריים בהם מתקבלים ערכים בתחום הניטרלי.
- בסיכום, עונת הקיץ מאופיינת בחלון זמן משמעותי שבו תנועת אוויר טבעית עשויה לתרום באופן יעיל לשיפור הנוחות התרמית.

2.6. סיכום

ניתוח הנתונים

- הטמפרטורות עולות בהדרגה מהחורף אל הקיץ, עם רמות גבוהות ומתמשכות בין יוני לספטמבר. אירועי קיצון מעל C35 מופיעים בעיקר באביב המאוחר ובשיא הקיץ, ובעיקר בשעות הצהריים. בחורף שוררות טמפרטורות נמוכות יותר, לרוב בטווח C20°-8°.
- הלחות היחסית גבוהה לאורך השנה, עם ערכים ליליים של 80%-95% ברוב החודשים. בשעות הצהריים מתקבלת ירידה ללחות של כ-40%-60%, כאשר הערכים הנמוכים ביותר נצפים באביב המאוחר.
- עומסי חום משמעותיים מופיעים בעיקר ביולי-אוגוסט ובשעות הצהריים, בעוד שבחורף מתקבלים תנאים ניטרליים עד קרירים, בעיקר בלילה ובשעות הבוקר.
- משטר הרוחות מאופיין בדומיננטיות מכיוון מערב-צפון מערב לאורך השנה, עם תרומה משנית מכיוון דרום-מערב וצפון. מרבית הרוחות בטווח מהירויות של 2.5-6 מ'/'שנייה, ורוחות חזקות נדירות יחסית. בקיץ מתחזקת הריכוזיות של הרוחות המערביות.
- קיים פוטנציאל משמעותי לניצול אוויר טבעי להפחתת עומסי חום לאורך רוב שעות היום בעונה החמה, בעיקר בבוקר ובאחר הצהריים. בשעות שיא החום בקיץ יעילות הקירור באמצעות רוח מוגבלת יותר וזדרשת שילוב עם הצללה.

מסקנות

- נוכח הקרינה הגבוהה והטמפרטורות בקיץ, הצללה אפקטיבית חיונית לצמצום חשיפה לשמש ולשיפור הנוחות התרמית.
- תכנון משולב של הצללה ואוורור טבעי מאפשר מענה אקלימי יעיל, במיוחד בעונת הקיץ, ותורם לאיכות השהייה במרחב לאורך רוב ימות השנה.

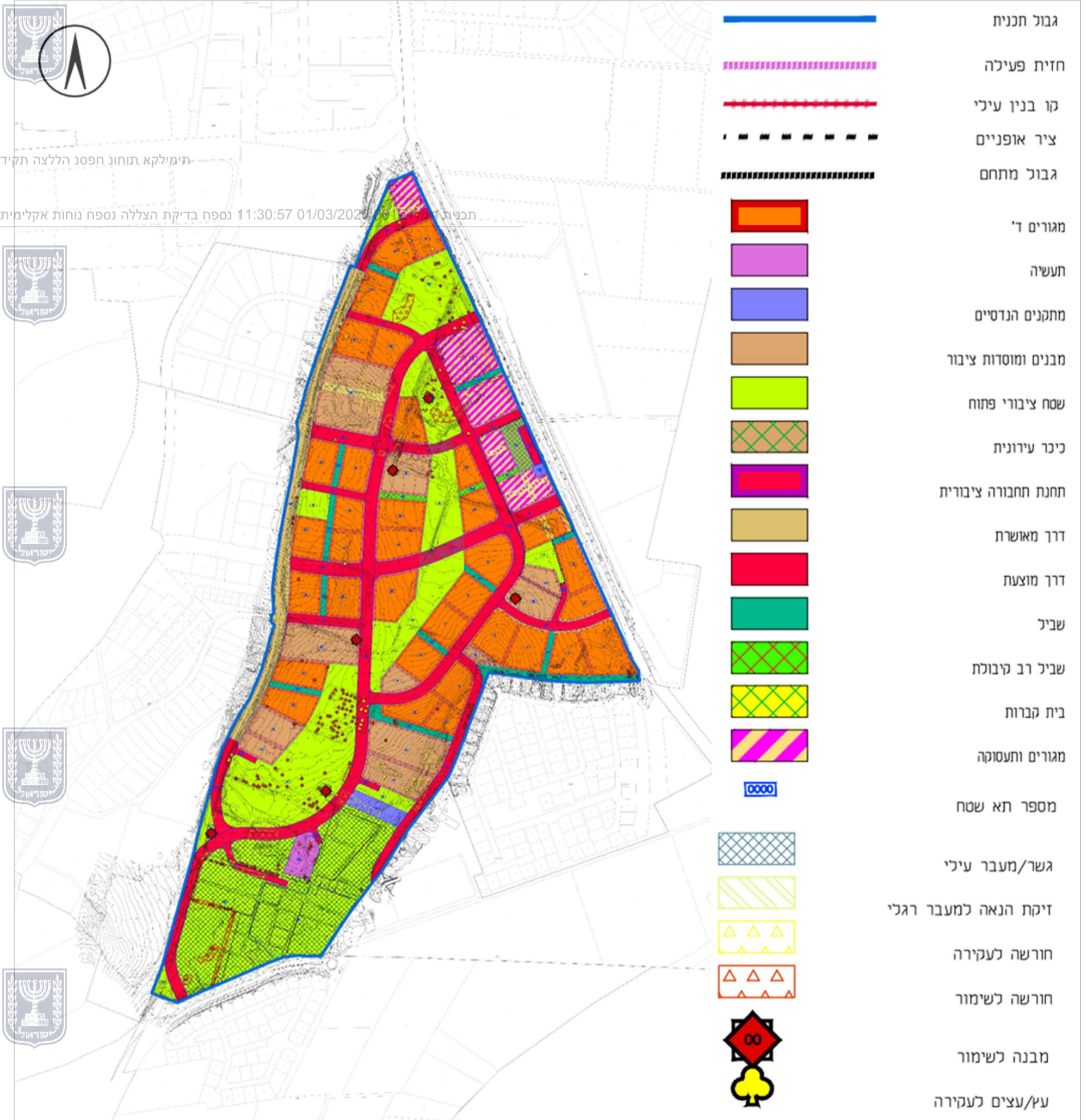


3. תאור הפרויקט

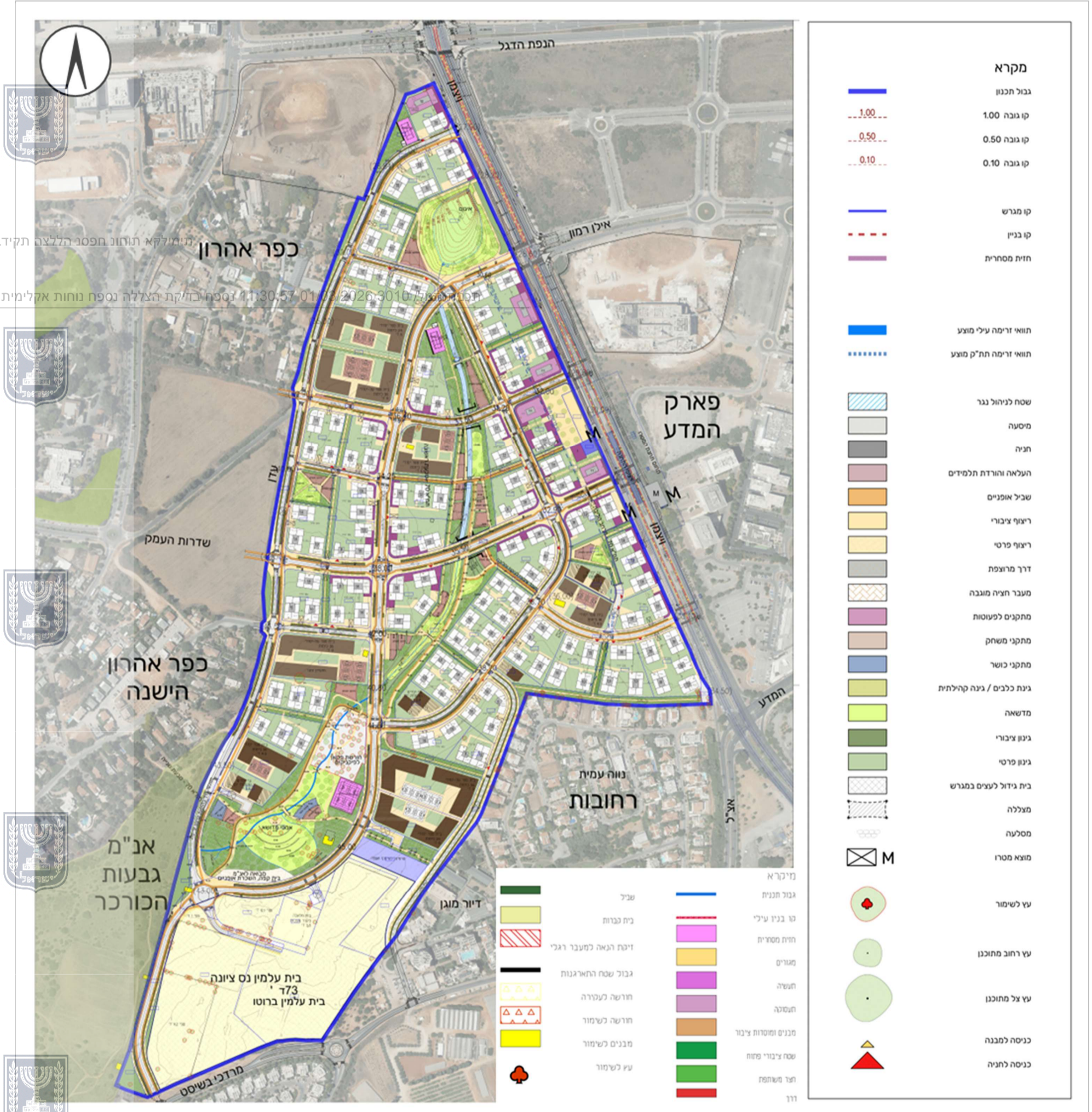
3.1. תשריט מוצע

להלן תשריט מוצע מתוך מסמכי התכנית:

תרשים 3 : תאור הפרויקט | תשריט מוצע



תרשים 4: תאור הפרויקט | תכנית בינוי ונוף





סביבה צד הפוארס אלן

נספח לתכנית מס' תמ"ל 3010 | נספח נוחות אקלימית

4. מודל תלת-מימדי

4.1. תכולת המודל

לצורך הבדיקות האקלימיות המוצגות במסמך זה, הוכן מודל תלת-ממדי הכולל הגדרות מיקום גיאוגרפי (Geolocation) בהתאם למיקומו של הפרויקט. הטבלה שלהלן מציגה את מרכיבי המודל:

טבלה 1: מודל תלת-ממדי | תכולת המודל

תאור בדיקות	טופוגרפיה	מבני הפרויקט (לפי תכנית בינוי)	מבנים בסביבה (קיימים ולפי תכניות מאושרות)	עצים (לפי תכנית נוף)	סככות הצללה (לפי תכנית נוף)
הצללה בעונת החורף (זכויות שמש)	✓	✓	✓	✗	✗
חשיפה למטרדי רוח (בדיקה מס' 1)	✓	✓	✓	✗	✗
חשיפה למטרדי רוח (בדיקה מס' 2)	✓	✓	✓	✓	✗
הצללה בעונת הקיץ (בדיקה מס' 1)	✓	✓	✓	✗	✗
הצללה בעונת הקיץ (בדיקה מס' 2)	✓	✓	✓	✓	✓
רוחות אוורור בעונת הקיץ (בדיקה מס' 1)	✓	✓	✓	✗	✗
רוחות אוורור בעונת הקיץ (בדיקה מס' 2)	✓	✓	✓	✓	✗
SKY VIEW FACTOR (בדיקה מס' 1)	✓	✓	✓	✗	✗
SKY VIEW FACTOR (בדיקה מס' 2)	✓	✓	✓	✓	✓
נוחות אקלימית משוקלל (בדיקה מס' 1)	✓	✓	✓	✗	✗
נוחות אקלימית משוקלל (בדיקה מס' 2)	✓	✓	✓	✓	✓



4.2. הדמיות

בترשימים להלן מוצגות הדמיות מתוך המודל התלת-ממדי של התכנית המוצעת וסביבתה, כולל: (●) עצים לשימור, (●) נטיעות עצים, (●) סככות.

תרשים 5: מודל תלת מימד | הדמיות | מצב מוצע | מבט על



תרשים 6: מודל תלת מימד | הדמיות | מצב מוצע | מבט מדרום



תרשים 7: מודל תלת מימד | הדמיות | מצב מוצע | מבט מדרום – תקריב על חלק מערבי





סביבה צדק ופזמון

נספח לתכנית מס' תמ"ל 3010 | נספח נוחות אקלימית

5. הצללות בעונת החורף (זכויות שמש)

5.1. הגדרות וקריטריונים להערכה

אזור אקלים ובחירת תחנת מדידה

הגדרת אזור האקלים לפרויקט ובחירת תחנת המדידה המתאימה בוצעו בהתאם לקובץ סיווג היישובים של השירות המטאורולוגי, גרסת ספטמבר 2022. פירוט הנתונים מופיע בטבלה להלן:

טבלה 2: הצללות בעונת החורף | הגדרת אזור אקלים ונתוני קרינת השמש

קוד תחנה	תחנת TMY	אזור אקלים	שם ישוב	קוד ישוב
5	בית דגן	אזור ב' - מישור החוף, השפלה ופנים הארץ, הנגב	נס ציונה	7200

אזור האקלים שנבחר משפיע על ערכי הקרינה היומית המצטברת המינימליים הנדרשים בעונת החורף. נתוני קרינת השמש מתחנת המדידה הרלוונטית שימשו לחישוב הקרינה היומית המצטברת במסגרת ניתוח החשיפה לשמש.

אזורי בדיקה, חלוציה

אזורי הבדיקה שנבחנו הם כלל המרחב הציבורי בתחומי התכנית, תוך חלוקה למקטעי הליכה (מדרכות) ולתאי שטח. חלוצית הבדיקה הוגדרה ל-0.5 מ"ר לפיקסל.

קריטריונים להערכה

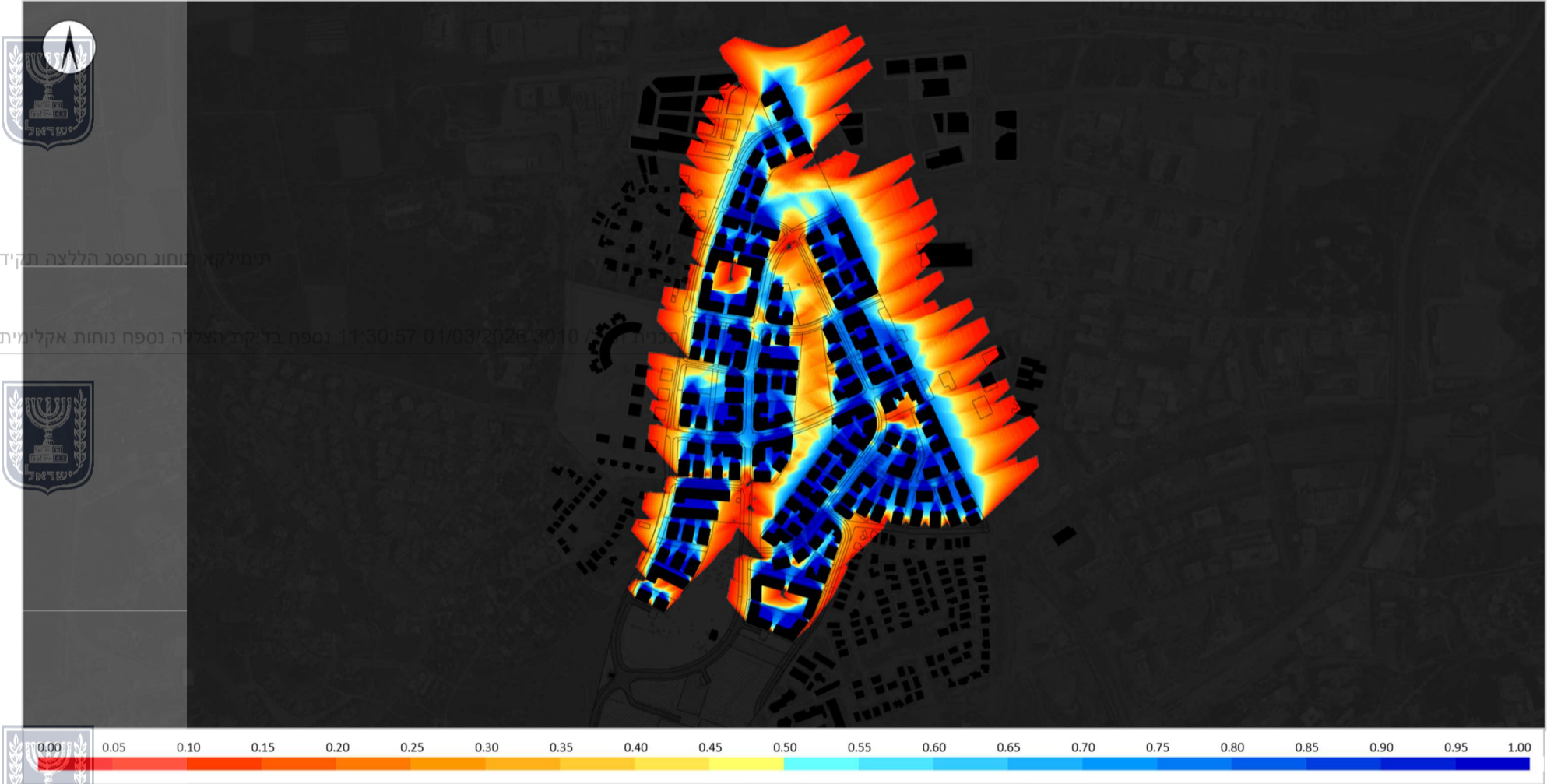
בדיקת הצללות בעונת החורף נערכה בהתאם לקריטריון של המשרד להגנת הסביבה. הבדיקה מתייחסת ליום שיא החורף – 21 בדצמבר, בין השעות 09:00–15:00, ומציבה את יעדי הקרינה המינימליים הבאים:
לשטחים פתוחים: קרינה מצטברת ממוצעת של לפחות 0.9 קוט"ש/מ"ר.
לגגות מבנים: לפחות 4 שעות חשיפה עבור לפחות 50% משטח הגגות.



5.2. תחום הצל

התרשים להלן מציג את תחום הצל של מבני התכנית ליום 21 לדצמבר בשעות 9:00-15:00. הערה: שיעור ההצללה המוצג בתחום הצל מתייחס להצללה הנובעת מהמבנים המוצעים בלבד, ואינו כולל הצללה ממבנים נוספים בסביבה.

תרשים 8: הצללה בעונת החורף | תחום הצל



ממצאים:

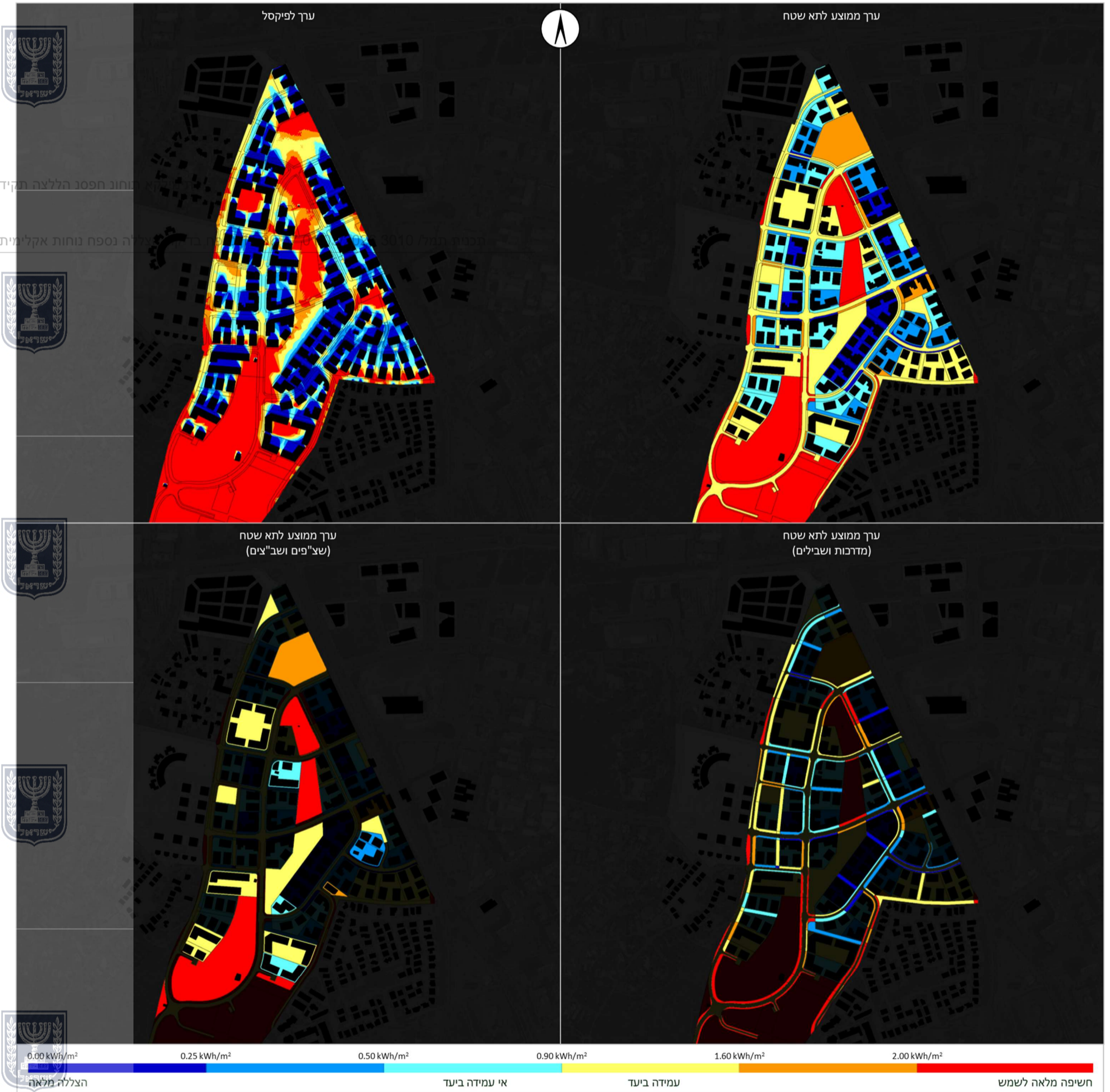
- בסביבת התכנית המוצעת אותרה כמות קטנה יחסית של מבנים קיימים הנמצאים בתחום הצל שהיא מטילה, מרביתם נמצאים בקצה תחום ההצללה, ועל כן ההשפעה עליהם צפויה להיות מזערית.



5.3. שטחים פתוחים

התרשימים הבאים מציגים הדמיות חשיפה לשמש עבור שטחים פתוחים: פעם בתרשים גולמי המציג את ערך הקרינה המדוד לכל פיקסל, ופעם בתרשים תחומי המציג את ערך הקרינה הממוצע המדוד לכל תא שטח. יעד החשיפה לשמש של שטחים פתוחים הוא קרינה מצטברת ממוצעת של לפחות 0.9 קוט"ש למ"ר.

תרשים 9: הצללה בעונת החורף | קרינת שמש מצטברת | שטחים פתוחים



ממצאים

- הניתוח בוחן עמידה ביעד מינימלי של 0.9 קוט"ש למ"ר בממוצע לתא שטח.
- בכמחצית מהרחובות והשבילים מתקיימת עמידה ביעד החשיפה לשמש חורפית. חריגות מופיעות בעיקר במקטעים צרים ובמרקם בנוי צפוף, אך ברוב הרחובות לא נוצר רצף ארוך של מקטעי הליכה שאינם עומדים ביעד.
- בכל השצ"פים מתקיימת עמידה ביעדי החשיפה לשמש החורפית, בעוד בחלק מהשב"צים צפויה חריגה מיעדי החשיפה לשמש החורפית.
- מרבית הצללה לכדי חריגות מיעדי החשיפה לשמש מתרכזת בשצ"פים (מגורים, מסחר ותעסוקה).



5.4. גגות מבנים

התרשימים הבאים מציגים הדמיות חשיפה לשמש עבור גגות מבנים: פעם בתרשים גולמי המציג את זמן החשיפה לשמש המדוד לכל פיקסל, ופעם בתרשים תחומי המציג את זמן החשיפה לשמש החצוי המדוד לכל תא שטח. יעד החשיפה לשמש של גגות מבנים הוא לפחות 4 שעות חשיפה לשמש של לפחות 50% משטח הגג. הערה: מחוץ לתחומי התכנית המוצעת נבחנו רק גגות של מבנים הנמצאים בתחום הצל שלה.

תרשים 10: הצללה בעונת החורף | קרינת שמש מצטברת | גגות מבנים



ממצאים

- מחוץ לתחומי התכנית נמצאו חריגות מיעדי החשיפה לשמש בגגות 2 מבנים של תחנת המטרו בלבד. בכל שאר המבנים ישנה עמידה ביעדי החשיפה לשמש.
- בתוך תחומי התכנית נמצאה עמידה ביעדי החשיפה לשמש בגגות של מרבית המבנים, וחריגות מהיעדים נמצאו ב-18 מבנים סה"כ:
 - ב-2 מבנים לשימור, בתאי שטח: 51,59.
 - ב-2 מבנים של בתי ספר, בתאי שטח: 51,59.
 - במבנה גנים ומעון ילדים, בתאי שטח: 57.
 - במבנה מועדון נוער, בתאי שטח: 52.
 - במבנה מסחר, בתאי שטח: 5.
 - ב-11 מבני מגורים, בתאי שטח: 2,3,6,7,9,12,13,19,24,35,36.





סביבה צדק הכולם אל



נספח לתכנית מס' תמ"ל 3010 | נספח נוחות אקלימית

6. חשיפה למטרדי רוח

6.1. נתונים מטאורולוגיים

מקור הנתונים הינו אטלס פוטנציאל אנרגיית הרוח של השירות המטאורולוגי. נתוני האטלס שנבחרו הם עבור קואורדינטות הפרויקט, בגובה 150 מ' מעל פני הקרקע. חשיפה למטרדי רוח נבחנה לפי נתונים שנתיים. רוחות אוורור בעונת הקיץ נבחנה לפי נתוני חודש אוגוסט.

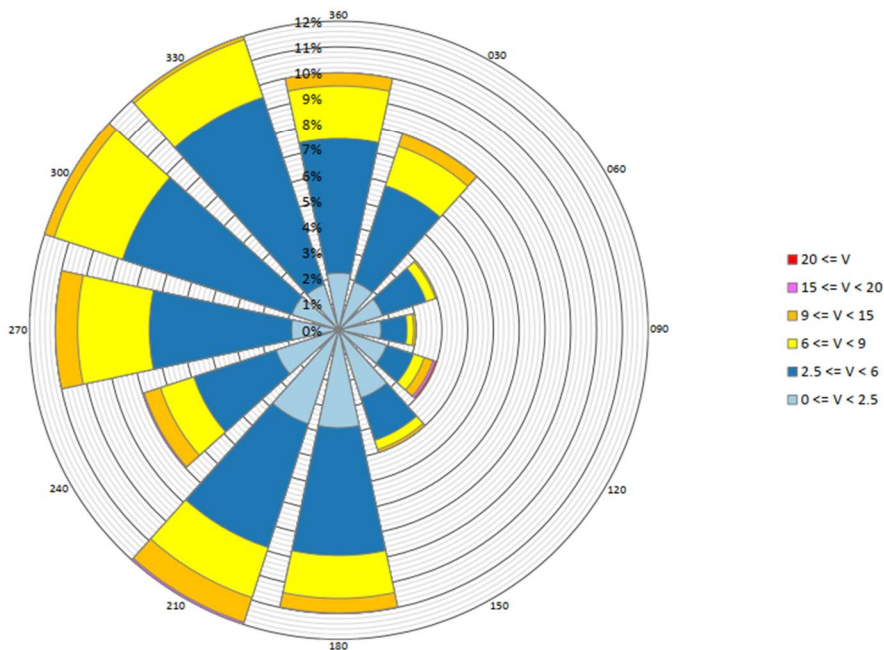
תרשים 11: חשיפה למטרדי רוח | נתונים מטאורולוגיים | שנתי | גובה 150 מ'



show on GovMap

הופק באמצעות יישום Weibull Extra גרסה 1.53 בתאריך 20.9.2025

תקנות הנתונים	מודל אקלימי	מקור הנתונים	קואורדינטה X	קואורדינטה Y	גובה קרקע מעל פני הים	גובה נתונים מעל פני הקרקע	חודש / תקופה							
תקין	WAsP	אטלס פוטנציאל אנרגיית רוח	181100	646900	32 מ'	150 מ'	שנתי							
Wind Direction		ALL	360	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
Weibull A Parameter		4.80	5.13	5.13	3.56	3.09	3.99	2.99	4.42	4.88	4.75	5.72	5.31	5.03
Weibull K Parameter		1.58	1.94	1.79	1.51	1.15	0.88	1.20	1.51	1.43	1.48	2.06	2.33	2.57
Average Wind Speed (m/s)		4.31	4.55	4.56	3.21	2.94	4.25	2.81	3.99	4.43	4.30	5.07	4.70	4.47
Frequency		100%	10.00%	8.00%	4.00%	3.00%	4.00%	5.00%	11.00%	12.00%	8.00%	11.00%	12.00%	12.00%
f (0 <= V < 2.5)		28.0%	2.2%	1.9%	1.8%	1.6%	1.9%	2.8%	3.8%	3.8%	2.6%	1.8%	1.9%	1.8%
f (2.5 <= V < 6)		48.3%	5.2%	3.9%	1.8%	1.0%	1.1%	1.7%	5.0%	5.0%	3.4%	5.5%	6.9%	7.7%
f (6 <= V < 9)		18.1%	2.1%	1.6%	0.4%	0.3%	0.4%	0.4%	1.7%	2.0%	1.4%	2.8%	2.8%	2.3%
f (9 <= V < 15)		5.28%	0.51%	0.51%	0.07%	0.09%	0.36%	0.11%	0.57%	1.01%	0.67%	0.86%	0.39%	0.14%
f (15 <= V < 20)		0.274%	0.003%	0.009%	0.001%	0.006%	0.098%	0.005%	0.019%	0.076%	0.051%	0.008%	0.000%	0.000%
f (20 <= V)		0.0768%	0.0000%	0.0001%	0.0000%	0.0006%	0.0643%	0.0003%	0.0006%	0.0065%	0.0044%	0.0000%	0.0000%	0.0000%





סביבה צדק ופיתוח

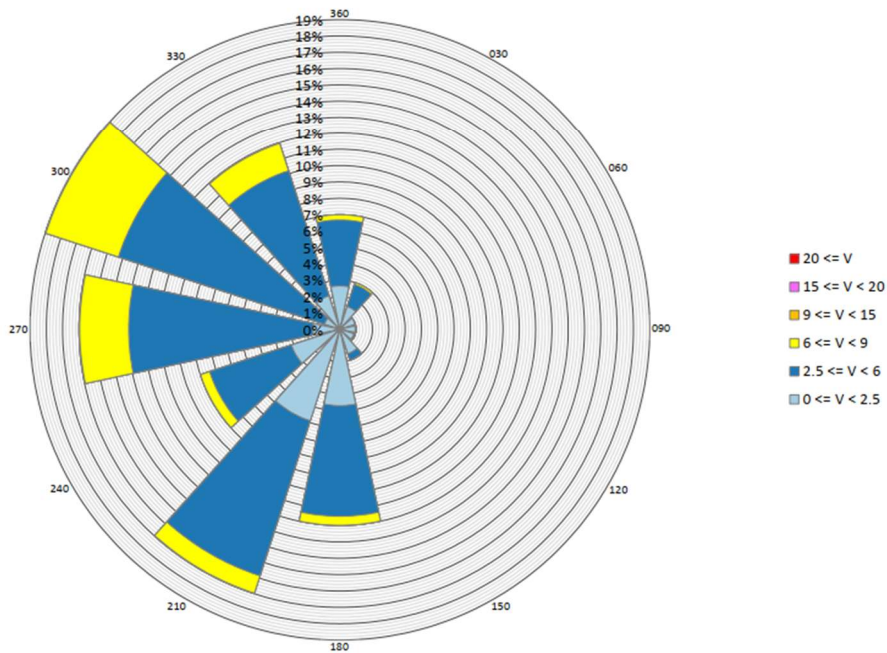
נספח לתכנית מס' תמ"ל 3010 | נספח נוחות אקלימית

תרשים 12: שדה זרימת רוח | נתונים מטאורולוגיים | חודש אוגוסט | גובה 150 מ'



הופק באמצעות יישום Weibull Extra גרסה 1.53 בתאריך 20.9.2025

תקנות הנתונים	מודל אקלימי	מקור הנתונים		קואורדינטה X		קואורדינטה Y		גובה קרקע מעל פני הים		גובה נתונים מעל פני הקרקע		חודש / תקופה		
תמיץ	WAsP	אטלס פוטנציאל אנרגיית רוח		181100		646900		מ' 32		מ' 150		8		
Wind Direction	ALL	360	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	
Weibull A Parameter		4.25	3.55	3.15	1.15	1.40	1.43	1.82	3.51	3.75	3.41	5.10	5.49	4.69
Weibull K Parameter		2.20	2.13	1.79	1.86	1.78	1.58	1.36	2.08	2.11	1.74	3.11	3.72	2.58
Average Wind Speed (m/s)		3.76	3.14	2.80	1.02	1.25	1.28	1.67	3.11	3.32	3.04	4.56	4.96	4.16
Frequency		100%	7.00%	3.00%	1.00%	1.00%	1.00%	2.00%	12.00%	17.00%	9.00%	16.00%	19.00%	12.00%
f (0 <= V < 2.5)		27.0%	2.6%	1.5%	1.0%	0.9%	0.9%	1.6%	4.7%	5.9%	3.1%	1.7%	1.0%	2.1%
f (2.5 <= V < 6)		60.6%	4.0%	1.4%	0.0%	0.1%	0.1%	0.4%	6.8%	10.0%	5.3%	11.3%	13.3%	8.0%
f (6 <= V < 9)		12.2%	0.3%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	1.1%	0.6%	3.0%	4.7%	1.8%
f (9 <= V < 15)		0.20%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.03%	0.02%	0.05%	0.04%	0.06%
f (15 <= V < 20)		0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%
f (20 <= V)		0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%





סביבה צד הרוח

נספח לתכנית מס' תמ"ל 3010 | נספח נוחות אקלימית

6.2. הגדרות בתוכנת ה-CFD

טבלה 3: חשיפה למטרדי רוח | הגדרות בתוכנת ה-CFD | כלליות

הגדרה	תאור
תוכנת CFD	• URBAWIND גירסה 3.5.
טעינת מודל תלת מימד	• בינוי תכנית מוצעת נטען למודל CFD ברמת MESH נמוכה. • בינוי מבנים בסביבה נטען למודל CFD ברמת MESH נמוכה.
אלמנטים למיתון הרוח	• עצים לשימור ולנטיעה נטענו למודל CFD ברמת MESH נמוכה וברמת פורוזיביות ממוצעת לעצים.
שריג החישוב (קופסת החישוב)	• מימדי שריג החישוב (מרכז ורדיוס) הוגדרו באופן אוטומטי ע"י תוכנת ה-CFD. • חלוצית שריג החישוב הוגדרה: 1X1X1 מ'.
משטחי הבדיקה	• מפלס קרקע הוגדר לגובה 1.5 מ' פני הקרקע, באופן המכסה את כל שטחו של הקו הכחול של הפרויקט בתוספת של לפחות 15 מ' מסביבו. • חלוצית משטחי הבדיקה הוגדרה: 1X1 מ'
מקדמי חספוס והתכנסות הנתונים	• הגדרת מקדמי החספוס והתכנסות הרצת ה-CFD (convergence) לכל כיוון רוח, מוצגים בטבלה ובתרשים.
מקדם טורבולנציה	• הוגדר לערך: 3.
גובה נק' ייחוס	• 150 מ' מעל פני הקרקע.
גובה מבנה הכי גבוה במודל	• 78 מ' מעל פני הקרקע.

טבלה 4: חשיפה למטרדי רוח | הגדרות בתוכנת ה-CFD | מקדמי חספוס והתכנסות נתונים

כיוון רוח נבדק	תאור פני שטח למקדם חספוס	ערך מקדם חספוס (Roughness Length)	התכנסות נתונים (convergence)
030	עיר בצפיפות נמוכה	0.25	100.0%
060	עיר בצפיפות נמוכה	0.25	100.0%
090	עיר בצפיפות נמוכה	0.25	100.0%
120	עיר בצפיפות נמוכה	0.25	100.0%
150	עיר בצפיפות נמוכה	0.25	100.0%
180	עיר בצפיפות נמוכה	0.25	100.0%
210	עיר בצפיפות נמוכה	0.25	100.0%
240	עיר בצפיפות נמוכה	0.25	100.0%
270	עיר בצפיפות נמוכה	0.25	100.0%
300	עיר בצפיפות נמוכה	0.25	100.0%
330	עיר בצפיפות נמוכה	0.25	100.0%
360	עיר בצפיפות נמוכה	0.25	100.0%

הערה: תוכנת ה-CFD עושה שימוש פנימי בנוסחת פרופיל הרוח הלוגריתמית לה מתאימים ערכי מקדמי חספוס שונים מערכי החספוס שמתאימים לנוסחת פרופיל הרוח המעריכית המופיעים במסמכי ההנחיות לנושא זה בישראל.



6.3. ניתוח תוצאות הבדיקה

עקב גודלו החריג של השטח הנבדק, לא התאפשר להציג את ממצאי הבדיקה דרך הממשק התלת-ממדי של תוכנת ה-CFD. ממצאי הבדיקה עובדו בכלי חיצוני (מוחץ לתוכנת ה-CFD) ויובאו לתוך תוכנת המידול SketchUp לצורך הצגה וניתוח.

התרשים שלהלן מציג מפת התאמה לפעילויות, המסכמת את ממצאי הבדיקה. המקרא המצורף מבוסס על הקריטריונים להערכת נוחות מכנית ובריאות הולכי רגל, כפי שנקבעו על ידי המשרד להגנת הסביבה ופורסמו בחודש מאי 2025.

תרשים 13: חשיפה למטרדי רוח | ניתוח תוצאות הבדיקה | בדיקה מס' 1

סוג קריטריון	צבע בתרשים	אופי הפעילות	אזורים מתאימים	שכיחות למהירויות רוח שקולה		
				20 מ' לשניה	9 מ' לשניה	6 מ' לשניה
בטיחות מכנית הולכי רגל	[Red]		אין התאמה לכל סוגי האזורים	-	-	-
			אין התאמה לאזור רגיש	-	-	-
נוחות מכנית הולכי רגל	[Yellow]	הליכה קצרה, פעולה קצרה הליכה רגילה, עמידה לזמן קצר שהות ממושכת בישיבה	אין התאמה לכל סוגי האזורים	עד 0.1%	עד 15%	עד 35%
			רחובות, חניונים, מדרכות	עד 10%	עד 10%	עד 25%
			אזור עסקים ומסחר, כניסות לבנינים	עד 10%	עד 10%	עד 20%
			שהות ממושכת בישיבה- אזורי שהות בישיבה כגון ב: מסעדות פתוחות, כיכרות עירוניות, אזורי שהות בשטחים ציבוריים פתוחים או בשטחים פתוחים לרווחת המשתמש.	עד 5%	עד 5%	עד 10%



שכיחות חזויות לפי מהירות רוח שקולה						מצב בדיקה
f (Veq > 20 m/s) מקסימום	f (Veq > 20 m/s) ממוצע	f (Veq > 9 m/s) מקסימום	f (Veq > 9 m/s) ממוצע	f (Veq > 6 m/s) מקסימום	f (Veq > 6 m/s) ממוצע	
0.0559%	0.0043%	3.84%	0.49%	14.12%	3.70%	ללא עצים
0.0428%	0.0007%	2.16%	0.13%	12.40%	1.11%	עם עצים

אחוז מהשטח לפי התאמה לפעילות							מצב בדיקה	
0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	11.78%	18.03%		70.19%
0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.02%	5.55%	94.43%	עם עצים

ממצאים

- לא נמצאו חריגות מהקריטריונים בכל שטח התכנית, תוך התאמה לכל סוגי הפעילויות.





סביבה צדק ופזרים

נספח לתכנית מס' תמ"ל 3010 | נספח נוחות אקלימית

7. נוחות אקלימית בעונת הקיץ

נוחות אקלימית בעונת הקיץ נבחנה באמצעות מספר מדדים המשמשים מנבאים להפחתת עומס חום במרחב הציבורי:

הצללה

הצללת המרחב הציבורי מהווה אסטרטגיה חשובה והינה מנבא עיקרי להפחתה בעומס החום. הצללת המרחב הציבורי נבחנה באמצעות מספר מדדים עצמאיים: מדד הצללה מרחבית ומדד זמינות הצללה. כמו כן, מדד הצללה מרחבית שולב כגורם משמעותי במדד המשוקלל.

אווור טבעי

אווור טבעי במרחב הציבורי מהווה אסטרטגיה חשובה המסייעת להפחתה בעומס החום ע"י: הסעת החום, פיזור זיהום אוויר והאצת אידוי הזיעה.

אווור טבעי במרחב הציבורי נבחנה באמצעות מדד שכיחות רוחות אוורור טבעי שהופק באמצעות מודל CFD. ראה/י פירוט נתונים מטאורולוגיים והגדרות סימולצית CFD בפרק "חשיפה למטרדי רוח". המדד משולב כגורם משמעותי במדד המשוקלל.

קירור לילי

פוטנציאל הקירור הלילי מוערך באמצעות מדד Sky View Factor (SVF), המתאר את שיעור כיפת השמיים הגלוי מנקודה נתונה. מאחר שהפחתת הקרינה בשעות היום נבחנת באמצעות מדד ההצללה, ה-SVF משמש בניתוח זה כמנבא ליכולת פליטת החום וההתקררות של המרחב בשעות הלילה. המדד משולב כגורם משלים במדד המשוקלל.

מדד משוקלל

מדד אינטגרטיבי המשלב בין: ההצללה, אוורור טבעי וקירור לילי, במטרה לספק הערכה כוללת של הנוחות האקלימית במרחב הציבורי בקיץ.



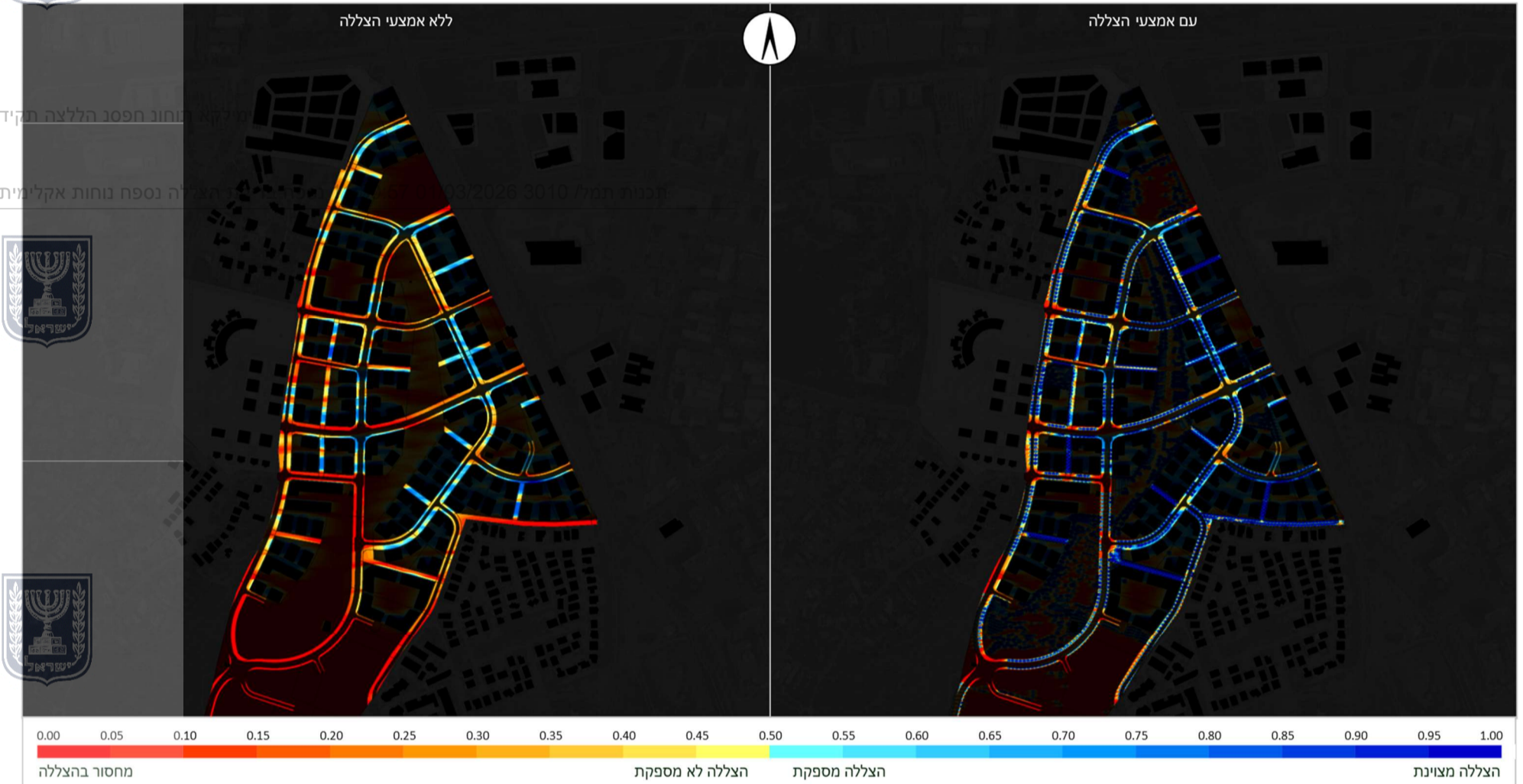
7.1. הצללה במדרכות ובשבילים

התרשימים בסעיף זה מציגים הצללה במדרכות ובשבילים תוך השוואה בין בדיקה ללא אמצעי הצללה לבין בדיקה עם אמצעי הצללה (עצים וסככות).

מדד הצללה מרחבית מבטא את שיעור ההפחתה המצטברת של קרינת השמש. המדד מאפשר לאתר אזורים חשופים לעומת אזורים מוצלים, ולהעריך את תרומת הבינוי ואמצעי ההצללה להפחתת חשיפה לשמש. במסגרת הניתוח, המדד משמש כרכיב מרכזי בהערכת עומס החום, תוך התמקדות ברכיב קרינת השמש.

התרשים להלן מציג מדד הצללה מרחבית ליום 6 לאוגוסט בשעות 8:00 עד 17:00, ברזולוציה של 0.5 מ"ר לפיקסל.

תרשים 14: נוחות אקלימית בעונת הקיץ | מדרכות ושבילים | הצללה מרחבית



ממצאים

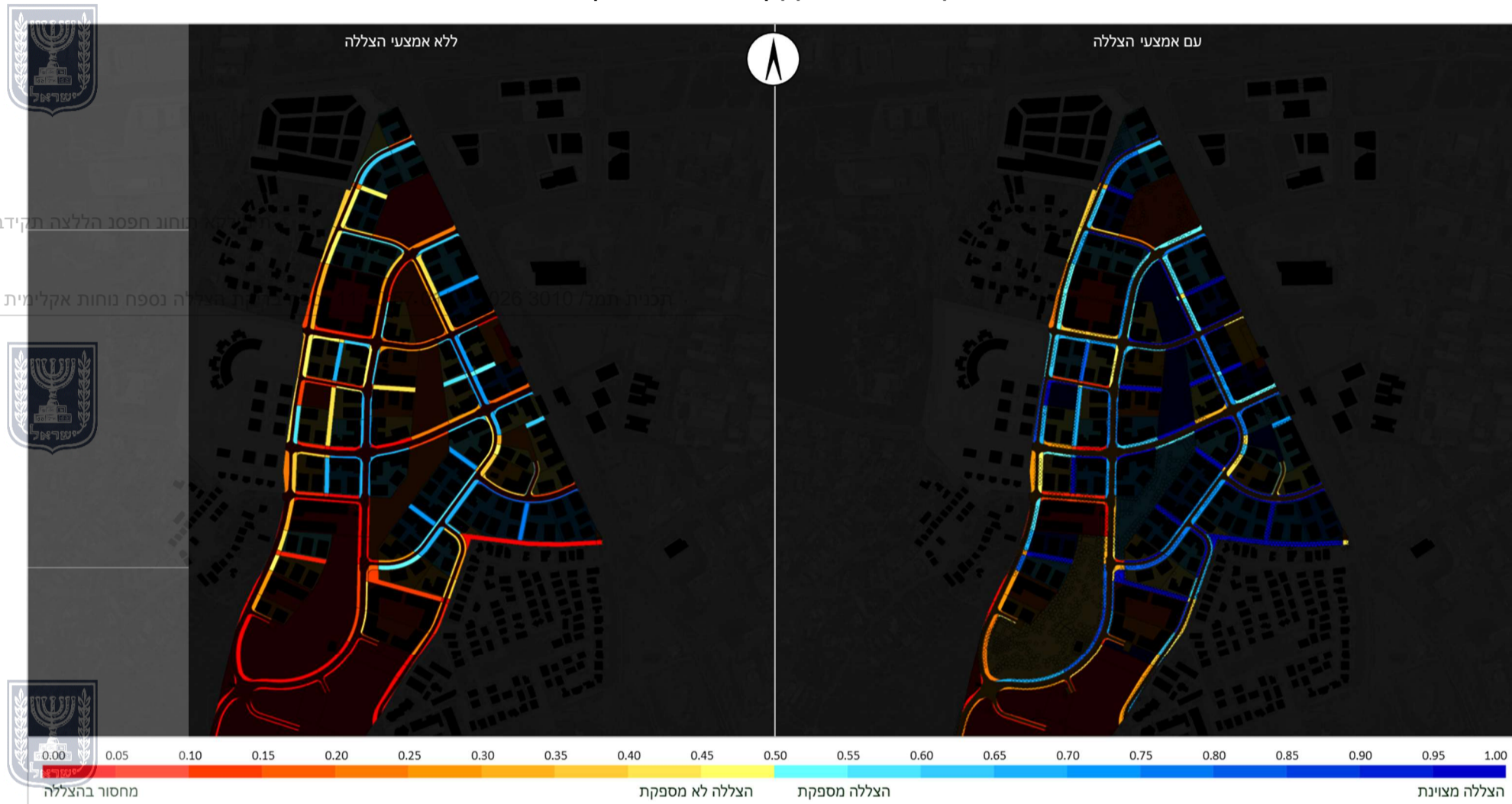
- בתרחיש ללא אמצעי הצללה ניכרת חשיפה גבוהה לקרינת השמש לאורך המדרכות והשבילים ובצמתים. ברחובות בכיוון מזרח-מערב מתקבלת חשיפה משמעותית במרבית שעות היום לאורך שני צדי הרחוב. ברחובות צפון-דרום מתקבלת הצללה חלקית המשתנה בין המדרכות בהתאם לשעת היום, אך לאורך מקטעים רבים נותרת חשיפה ישירה. הצללה טובה יחסית מתקבלת בעיקר במקטעי רחוב צרים ובאזורים בעלי מרקם בנוי צפוף.
- בתרחיש עם אמצעי הצללה מצטמצם היקף המקטעים החשופים לאורך המדרכות והשבילים, ונוצר רצף מוצל יותר לאורך צירי ההליכה. השיפור בולט במיוחד ברחובות בכיוון מזרח-מערב, וכן מתחזקת רציפות ההצללה ברחובות צפון-דרום. עם זאת, בצמתים ההצללה הינה מצומצמת יחסית.

נספח לתכנית מס' תמ"ל 3010 | נספח נוחות אקלימית

מדד זמינות הצללה מבטא את שיעור הזמן שבו לפחות מחצית מתא השטח הנבדק מצויה בצל. ערך מדד של 0.5 ומעלה מעיד על הצללה מספקת, מעל 0.7 על הצללה טובה, ומעל 0.9 על הצללה מצוינת. ערכים נמוכים מ-0.5 מצביעים על הצללה לא מספקת, ומתחת ל-0.3 על מחסור בהצללה. הגדרת המדד, אופן חישובו וסיווג רמות האיכות מבוססים על המסמך: "מדריך לשימוש במדדים כמותיים להצללה בתכנון עירוני בישראל" (אלכסנדרוביץ' ואח', דצמבר 2024).

התרשים להלן מציג מדד זמינות הצללה ליום 6 לאוגוסט בשעות 8:00 עד 17:00, עבור מקטעי הליכה במדרכות ובשבילים.

תרשים 15: נוחות אקלימית בעונת הקיץ | מדרכות ושבילים | מדד זמינות הצללה



ממצאים

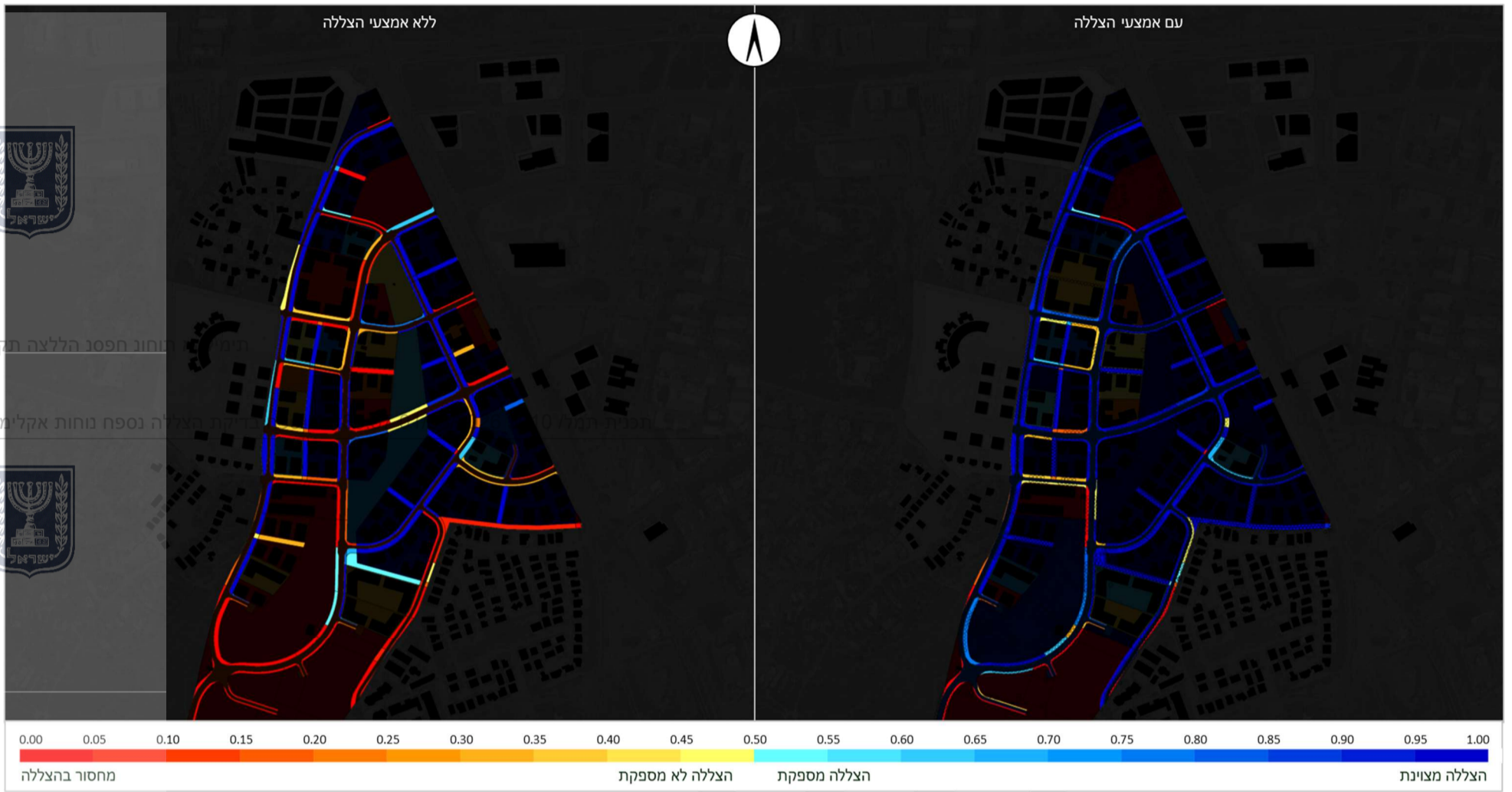
- בתרחיש ללא אמצעי הצללה מרבית מקטעי ההליכה מאופיינים בערכי זמינות הצללה נמוכים, כאשר היקף נרחב של מקטעים מציג ערכים הנמוכים מ-0.3 - תחום המוגדר כמחסור מובהק בהצללה. מחסור בהצללה בולט במיוחד ברחובות בכיוון מזרח-מערב, שבהם שתי המדרכות מאופיינות לרוב בערכים נמוכים, וכן במקטעי רחוב הרחוקים מהבינוי או באזורים שבהם הבינוי אינו צפוף. ברחובות בכיוון צפון-דרום מתקבלת שונות גבוהה יותר בין צדי הרחוב, ובחלק מהמקטעים מדרכה אחת מגיעה לערכים בינוניים, אך ברובם הערכים אינם חוצים את סף 0.7 המוגדר כהצללה טובה. ערכי זמינות הצללה טובים ללא אמצעים מתקבלים בעיקר במקטעי רחוב צרים ובאזורים בעלי מרקם בנוי צפוף, שבהם יחס גובה-רוחב תורם לשיפור מקומי במדד.
- בתרחיש עם אמצעי הצללה חלה עלייה ניכרת בערכי זמינות הצללה לאורך חלק משמעותי ממקטעי ההליכה. השיפור בולט במיוחד ברחובות בכיוון מזרח-מערב, שבהם רבים מהמקטעים עוברים מתחום של מחסור מובהק בהצללה לערכים בינוניים ואף טובים. ברחובות בכיוון צפון-דרום נרשמת התחזקות נוספת בצדדים שכבר הציגו ערכים בינוניים, ובחלק מהמקטעים מתקבלים ערכים מעל 0.7. במקביל, מצטמצם משמעותית היקף המקטעים שבהם ערכי זמינות הצללה נמוכים מ-0.3. עם זאת, נותר מספר מצומצם של רחובות רחבים שבהם שתי המדרכות ממשיכות להציג ערכי זמינות הצללה נמוכים, כך שלא בכל הרשת מתקבלת זמינות הצללה מספקת.



נספח לתכנית מס' תמ"ל 3010 | נספח נוחות אקלימית

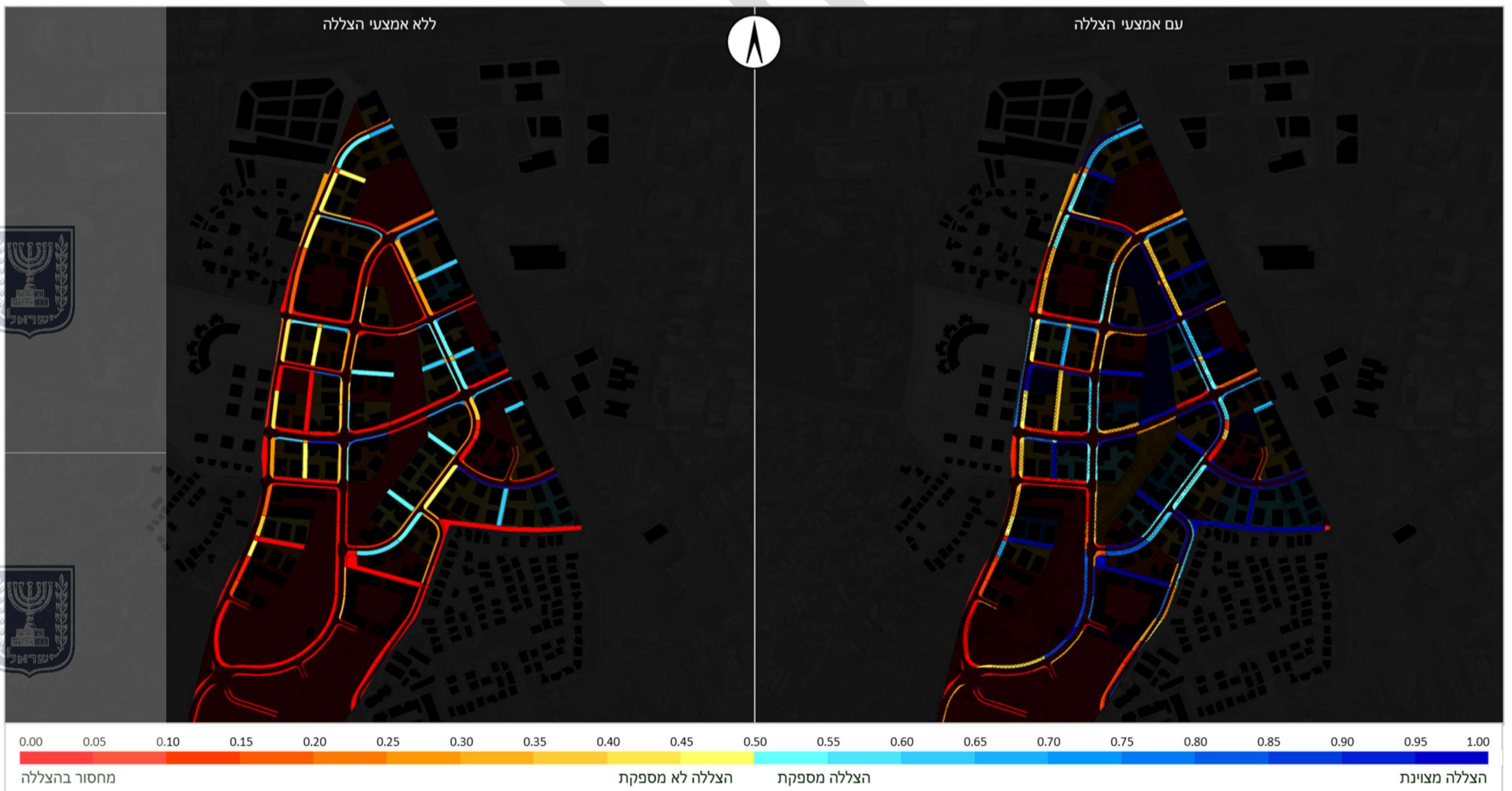
התרשים להלן מציג מדד זמינות הצללה ליום 6 לאוגוסט ב-שעות הבוקר 8:00 עד 10:00, עבור מקטעי הליכה במדרכות ובשבילים.

תרשים 16: נוחות אקלימית בעונת הקיץ | מדרכות ושבילים | שעות הבוקר (8 עד 10)



התרשים להלן מציג מדד זמינות הצללה ליום 6 לאוגוסט ב-שעות הצהריים 10:00 עד 15:00, עבור מקטעי הליכה במדרכות ובשבילים.

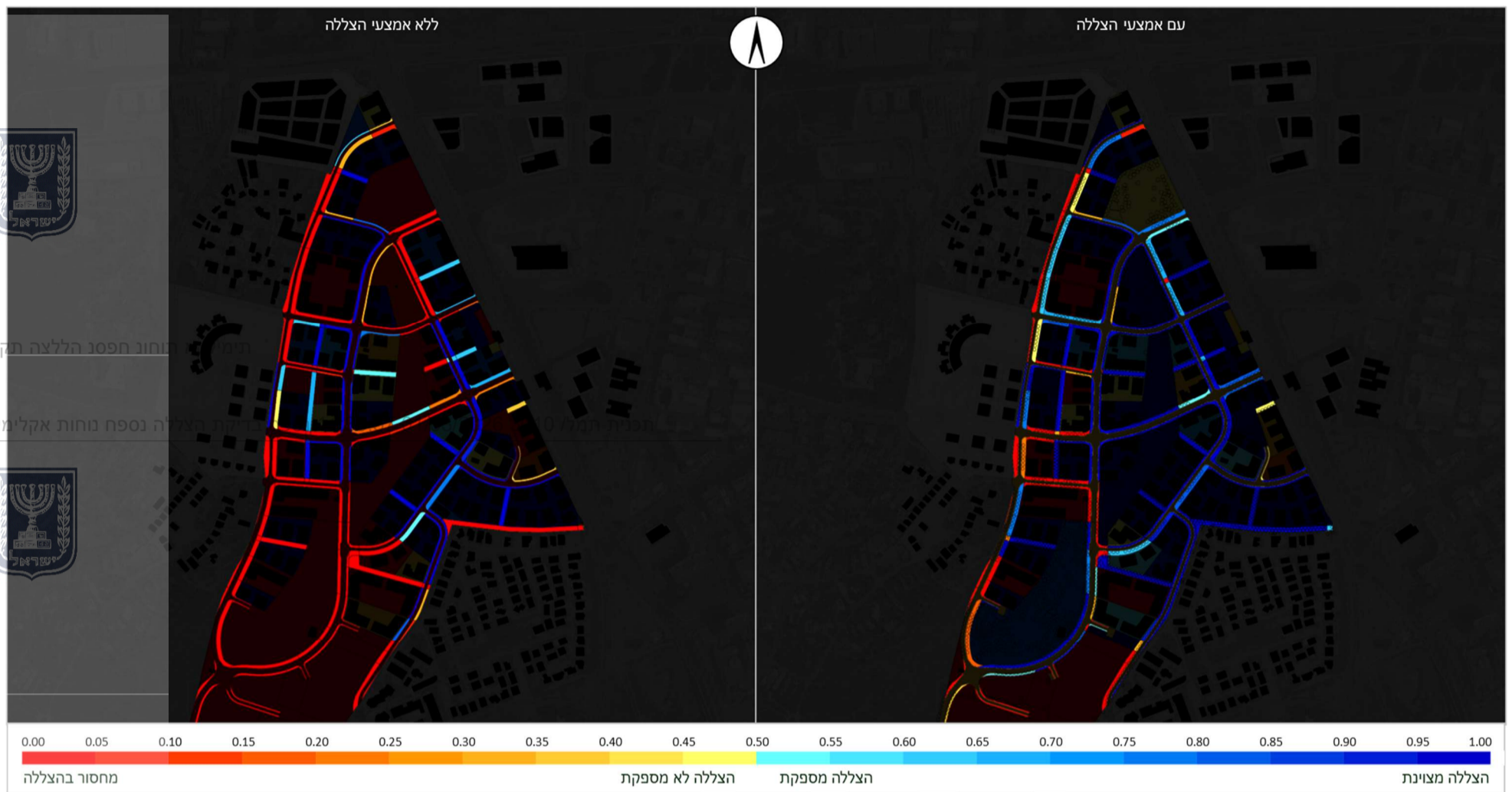
תרשים 17: נוחות אקלימית בעונת הקיץ | מדרכות ושבילים | שעות הצהריים (10 עד 15)



נספח לתכנית מס' תמ"ל 3010 | נספח נוחות אקלימית

התרשים להלן מציג מדד זמינות הצללה ליום 6 לאוגוסט ב-שעות אחה"צ 10:00 עד 15:00, עבור מקטעי הליכה במדרכות ובשבילים.

תרשים 18: נוחות אקלימית בעונת הקיץ | מדרכות ושבילים | שעות אחה"צ (15 עד 17)



ממצאים:

- בשעות הבוקר, בתרחיש ללא אמצעי הצללה מתקבלת זמינות הצללה בינונית עד גבוהה בחלק ניכר מהמדרכות, לצד רצועות חשופות בעיקר ברחובות רחבים. בתרחיש עם אמצעי הצללה מתקבלת זמינות הצללה גבוהה במרבית המקטעים, ונותרים רק מקטעים בודדים עם הצללה לא מספקת או מחסור בהצללה.
- בשעות הצהריים, בתרחיש ללא אמצעי הצללה מתקבלת זמינות הצללה נמוכה לאורך חלק ניכר מהמדרכות, ובמקטעים רבים נרשם מחסור בהצללה בעיקר ברחובות רחבים; בתרחיש עם אמצעי הצללה חל שיפור ברור בערכי זמינות ההצללה, אך נותרים מקטעים רבים עם זמינות נמוכה ואף מחסור בהצללה.
- בשעות אחה"צ, בתרחיש ללא אמצעי הצללה מתקבלת זמינות הצללה נמוכה במקטעים רבים, עם מחסור בהצללה בעיקר ברחובות רחבים. בתרחיש עם אמצעי הצללה נרשם שיפור ברור בערכי זמינות ההצללה, כך שחלק ניכר מהמקטעים מגיעים להצללה מספקת, אם כי נותרים אזורים נקודתיים עם זמינות נמוכה.



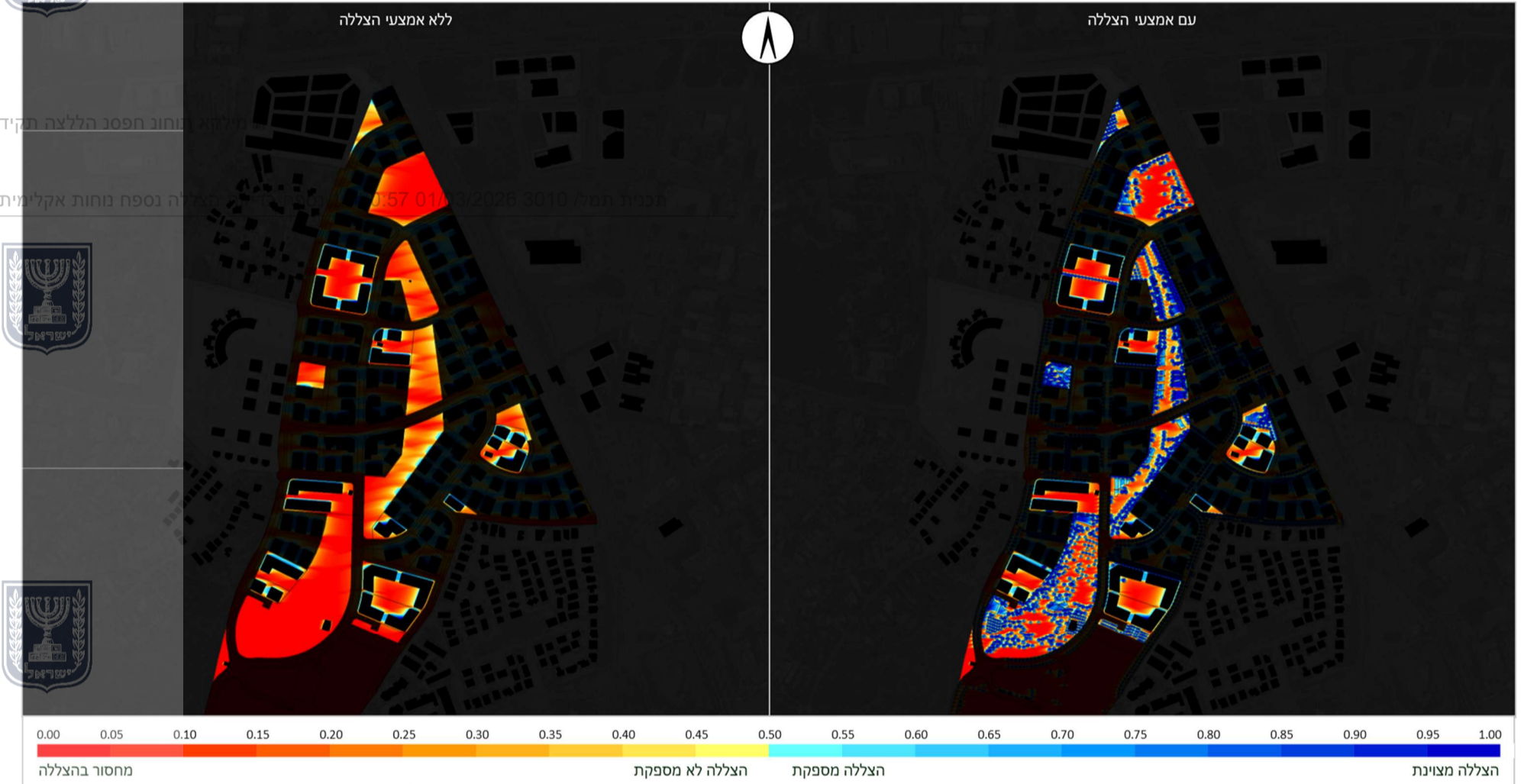
7.2. הצללה בשצ"פים ובשב"צים

התרשימים בסעיף זה מציגים הצללה בשצ"פים ובשב"צים תוך השוואה בין בדיקה ללא אמצעי הצללה לבין בדיקה עם אמצעי הצללה (עצים וסככות).

מדד הצללה מרחבית מבטא את שיעור ההפחתה המצטברת של קרינת השמש. המדד מאפשר לאתר אזורים חשופים לעומת אזורים מוצלים, ולהעריך את תרומת הבינוי ואמצעי ההצללה להפחתת חשיפה לשמש. במסגרת הניתוח, המדד משמש כרכיב מרכזי בהערכת עומס החום, תוך התמקדות ברכיב קרינת השמש.

התרשים להלן מציג מדד הצללה מרחבית ליום 6 לאוגוסט בשעות 8:00 עד 17:00, ברזולוציה של 0.5 מ"ר לפיקסל.

תרשים 19: נוחות אקלימית בעונת הקיץ | שב"פים ושב"צים | הצללה מרחבית



ממצאים

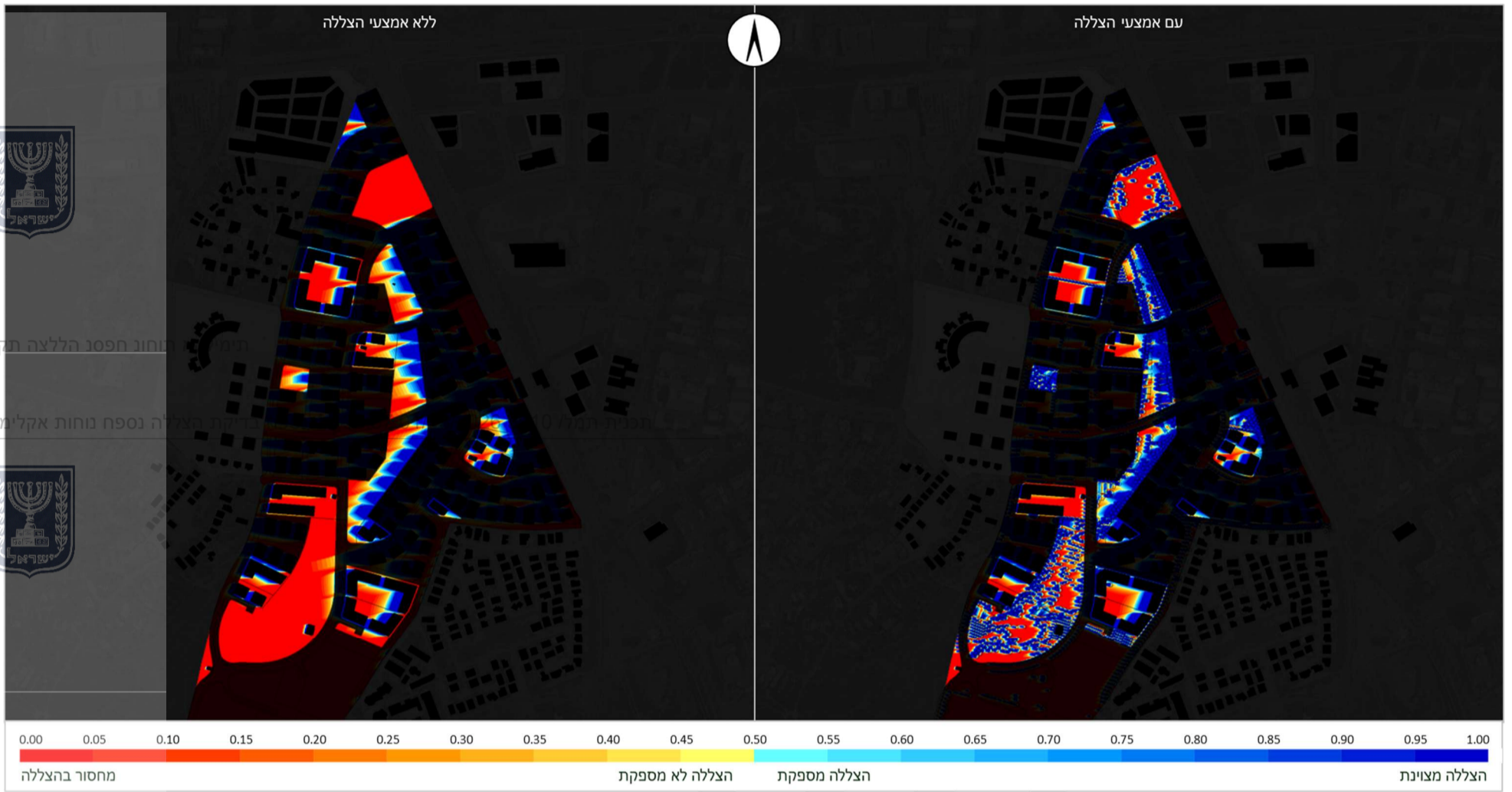
- בתרחיש ללא אמצעי הצללה מרבית שטחי השצ"פים והשב"צים מאופיינים בערכי הצללה מרחבית נמוכים, המעידים על הפחתה מועטה של קרינת השמש לאורך שעות היום. במרכזי השטחים הפתוחים מתקבלים ערכים נמוכים במיוחד, המלמדים על חשיפה ישירה ומתמשכת לשמש. ערכים בינוניים מתקבלים בעיקר בשוליים הסמוכים לבינוי קיים, אך השפעתם מוגבלת להיקף מצומצם יחסית.
- בתרחיש עם אמצעי הצללה חלה עלייה בערכי הצללה המרחבית בשצ"פים ובשב"צים. הפחתה ניכרת בעוצמת החשיפה מתקבלת במקטעים הסמוכים לאמצעי ההצללה (עצים וסככות) ובאזורי שהייה מתוכננים. עם זאת, בשל קנה המידה הרחב של חלק מהשטחים הפתוחים, נותרים אזורים מרכזיים שבהם ערכי הצללה המרחבית נמוכים יחסית.



נספח לתכנית מס' תמ"ל 3010 | נספח נוחות אקלימית

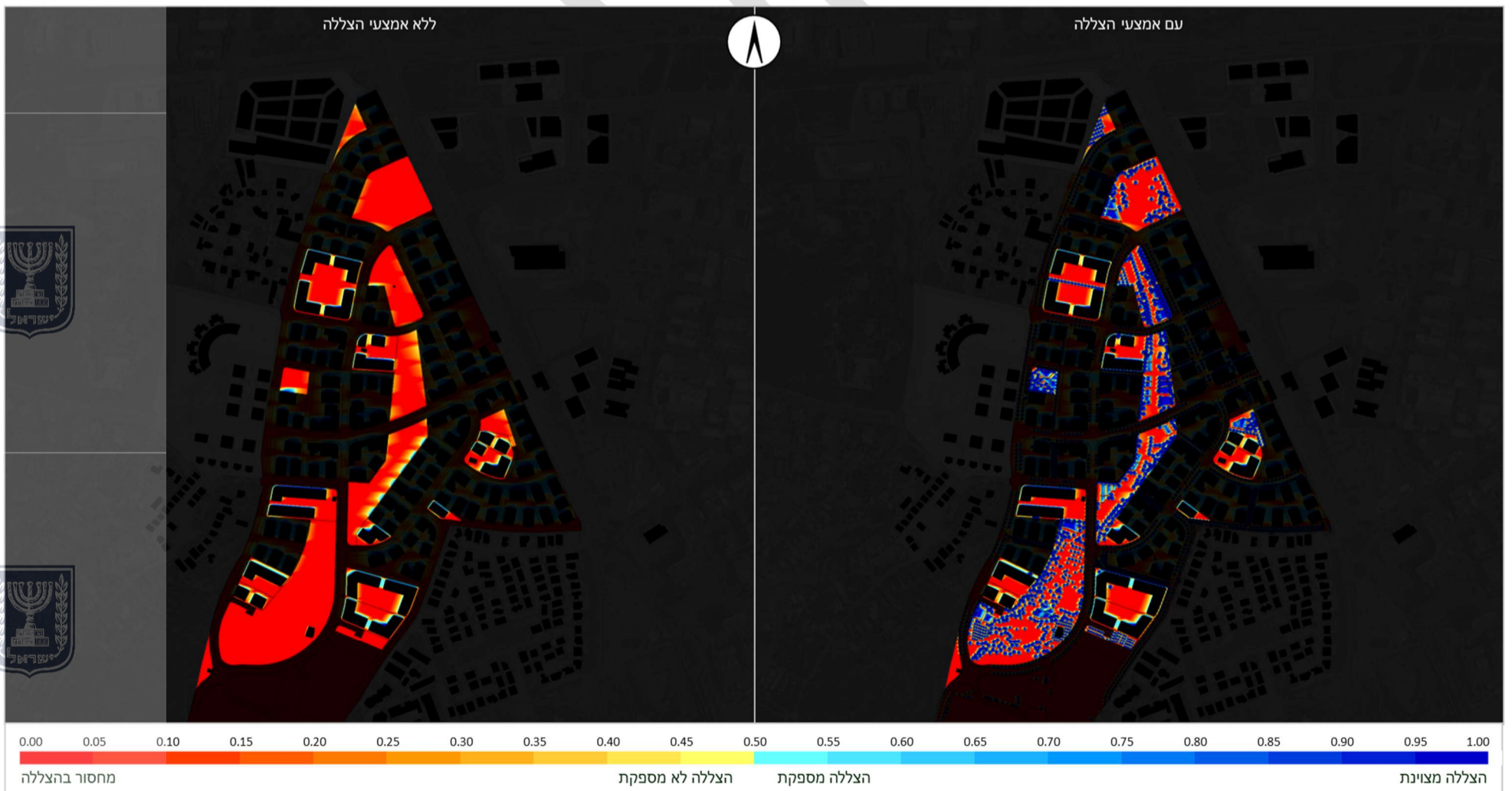
התרשים להלן מציג מדד הצללה מרחבית ליום 6 לאוגוסט ב-שעות הבוקר 8:00 עד 10:00, ברזולוציה של 0.5 מ"ר לפיקסל.

תרשים 20: נוחות אקלימית בעונת הקיץ | שצ"פים ושב"צים | שעות הבוקר (8 עד 10)



התרשים להלן מציג מדד הצללה מרחבית ליום 6 לאוגוסט ב-שעות הצהריים 10:00 עד 15:00, ברזולוציה של 0.5 מ"ר לפיקסל.

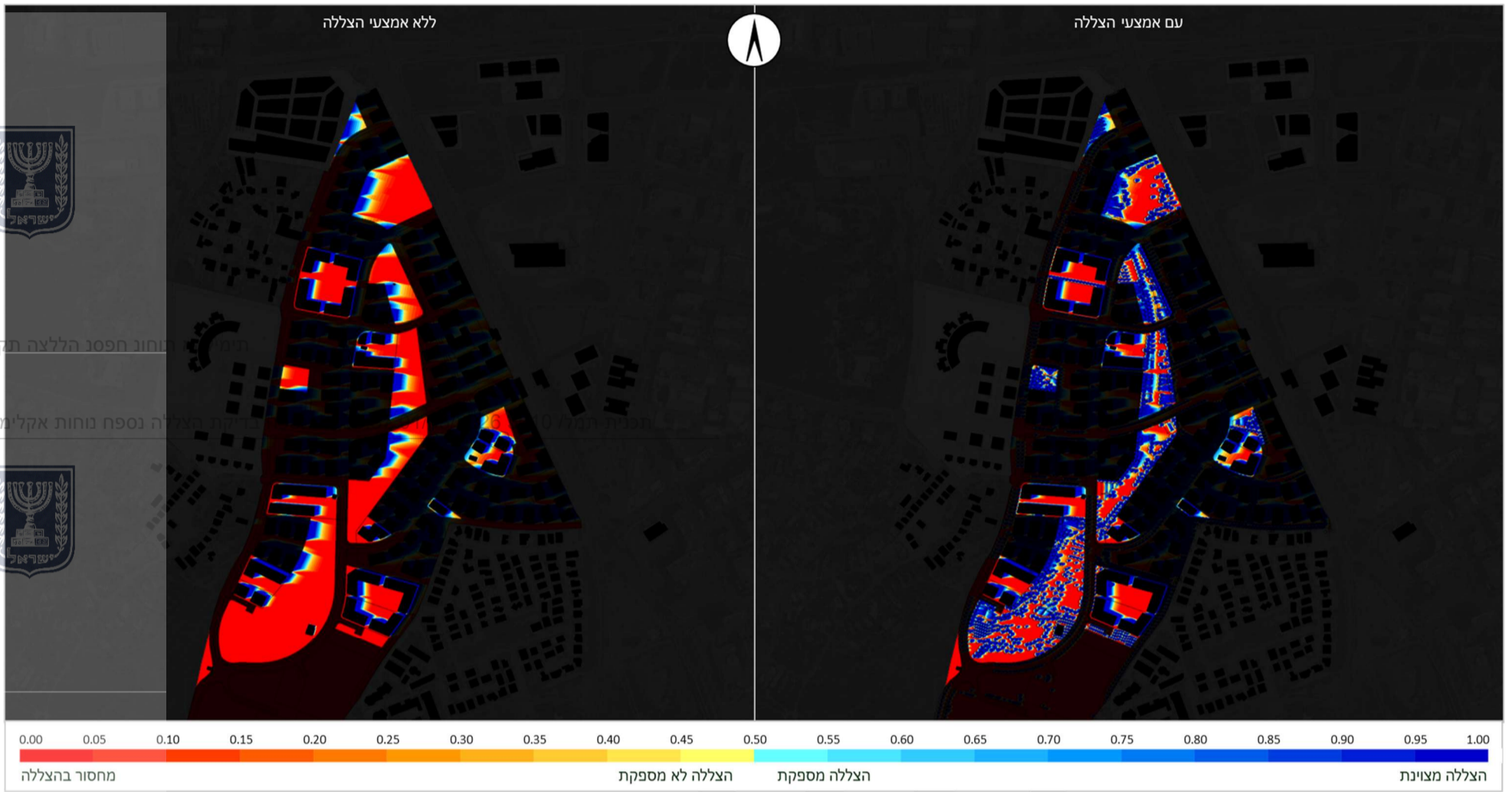
תרשים 21: נוחות אקלימית בעונת הקיץ | שצ"פים ושב"צים | שעות הצהריים (10 עד 15)



נספח לתכנית מס' תמ"ל 3010 | נספח נוחות אקלימית

התרשים להלן מציג מדד הצללה מרחבית ליום 6 לאוגוסט ב-שעות אחה"צ 15:00 עד 17:00, ברזולוציה של 0.5 מ"ר לפיקסל.

תרשים 22: נוחות אקלימית בעונת הקיץ | שצ"פים ושב"צים | שעות אחה"צ (15 עד 17)



ממצאים

- בתרחיש ללא אמצעי הצללה ניכרת רמה גבוהה של חשיפה לשמש במרבית שעות היום, כאשר הצללה משמעותית צפויה בעיקר בשעות הבוקר לאורך השצ"פ במרכז התכנית.
- בתרחיש עם אמצעי הצללה צפוי שיפור משמעותי מאד בהצללה לאורך כל שעות היום.

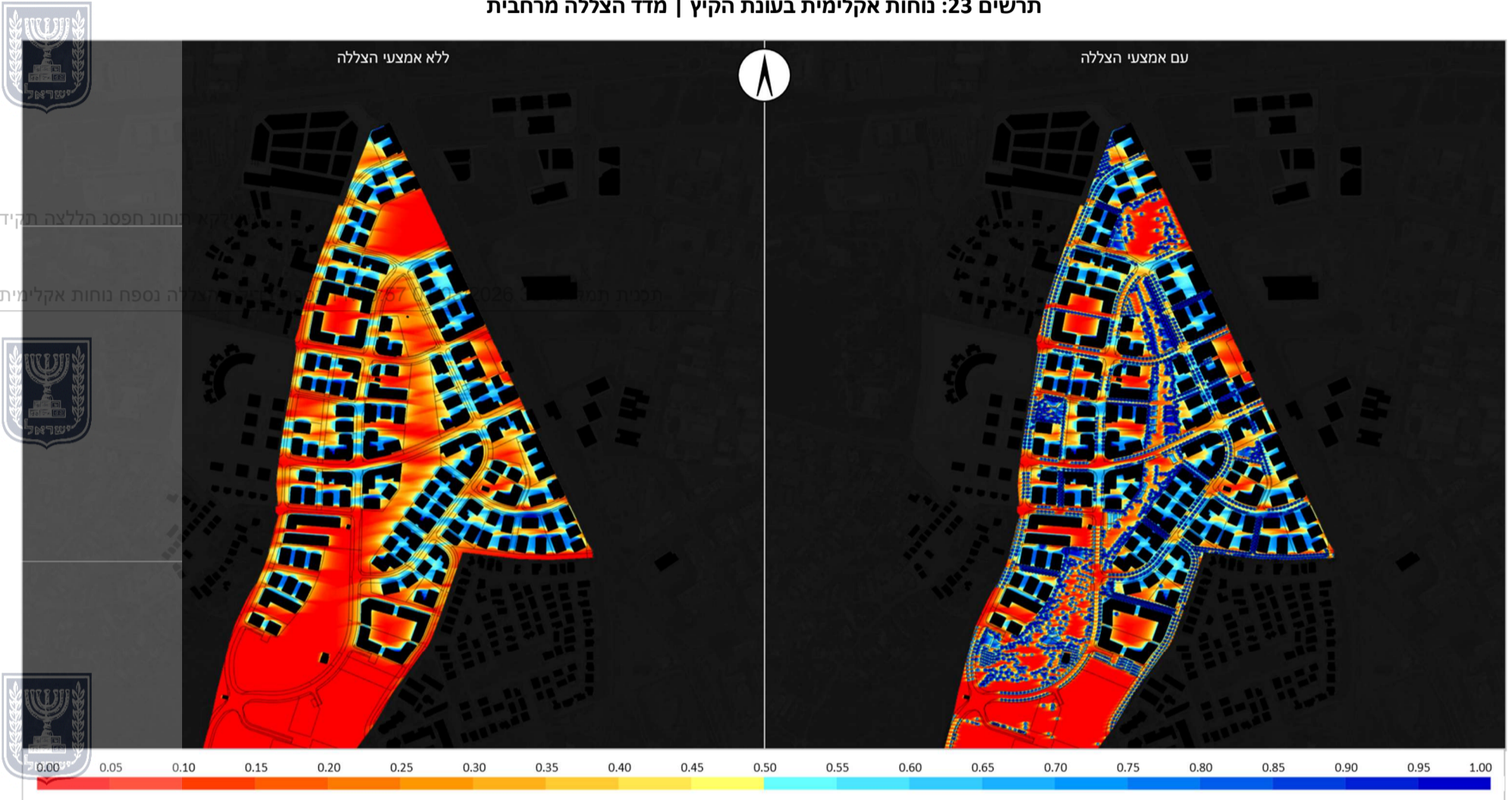


7.3. הצללה מרחבית

מדד הצללה מרחבית מבטא את שיעור ההפחתה המצטברת של קרינת השמש. המדד מאפשר לאתר אזורים חשופים לעומת אזורים מוצלים, ולהעריך את תרומת הבינוי ואמצעי ההצללה להפחתת חשיפה לשמש. במסגרת הניתוח, המדד משמש כרכיב מרכזי בהערכת עומס החום, תוך התמקדות ברכיב קרינת השמש.

התרשים להלן מציג מדד הצללה מרחבית ליום 6 לאוגוסט בשעות 8:00 עד 17:00, ברזולוציה של 0.5 מ"ר לפיקסל.

תרשים 23: נוחות אקלימית בעונת הקיץ | מדד הצללה מרחבית



ממצאים

- בתרשים ללא אמצעי הצללה ניכרת חשיפה גבוהה לקרינת השמש בשטחים פתוחים ובצמתיים. ברחובות בכיוון מזרח-מערב מתקבלת חשיפה משמעותית במרבית שעות היום, כאשר ההצללה מהבינוי מצומצמת לשוליים בלבד. הצללה טובה יחסית מתקבלת במקטעי רחוב צרים ובאזורים בעלי מרקם בנוי צפוף, במיוחד ברחובות צפון-דרום שבהם הצללת המבנים מכסה חלק ניכר מרחב הרחוב לאורך היום. לעומת זאת, גם ברחובות צרים בכיוון מזרח-מערב מתקבלת חדירת שמש משמעותית ולכן ההצללה בהם פחות רציפה לאורך היום.
- בתרשים עם אמצעי הצללה מצטמצם באופן ברור היקף השטחים החשופים לשמש לאורך צירי ההליכה, ונוצר רצף מוצל יותר לאורך המדרכות. השיפור בולט במיוחד ברחובות בכיוון מזרח-מערב, שבהם מופחתת החשיפה המתמשכת לשמש לאורך מרבית שעות היום. גם ברחובות בכיוון צפון-דרום מתחזקת רציפות ההצללה ונוצרים מקטעים מוצלים ארוכים יותר לאורך שתי המדרכות. בשטחים הפתוחים מתקבלת תוספת הצללה בקרבת העצים והסככות, המפחיתה את עוצמת החשיפה במוקדי שהייה ומקטעי הליכה, אך בשל היקפם נותר בהם רצועות חשופות במהלך חלק משעות היום. בצמתיים ניכרת הפחתה מצומצמת בחשיפה לשמש.

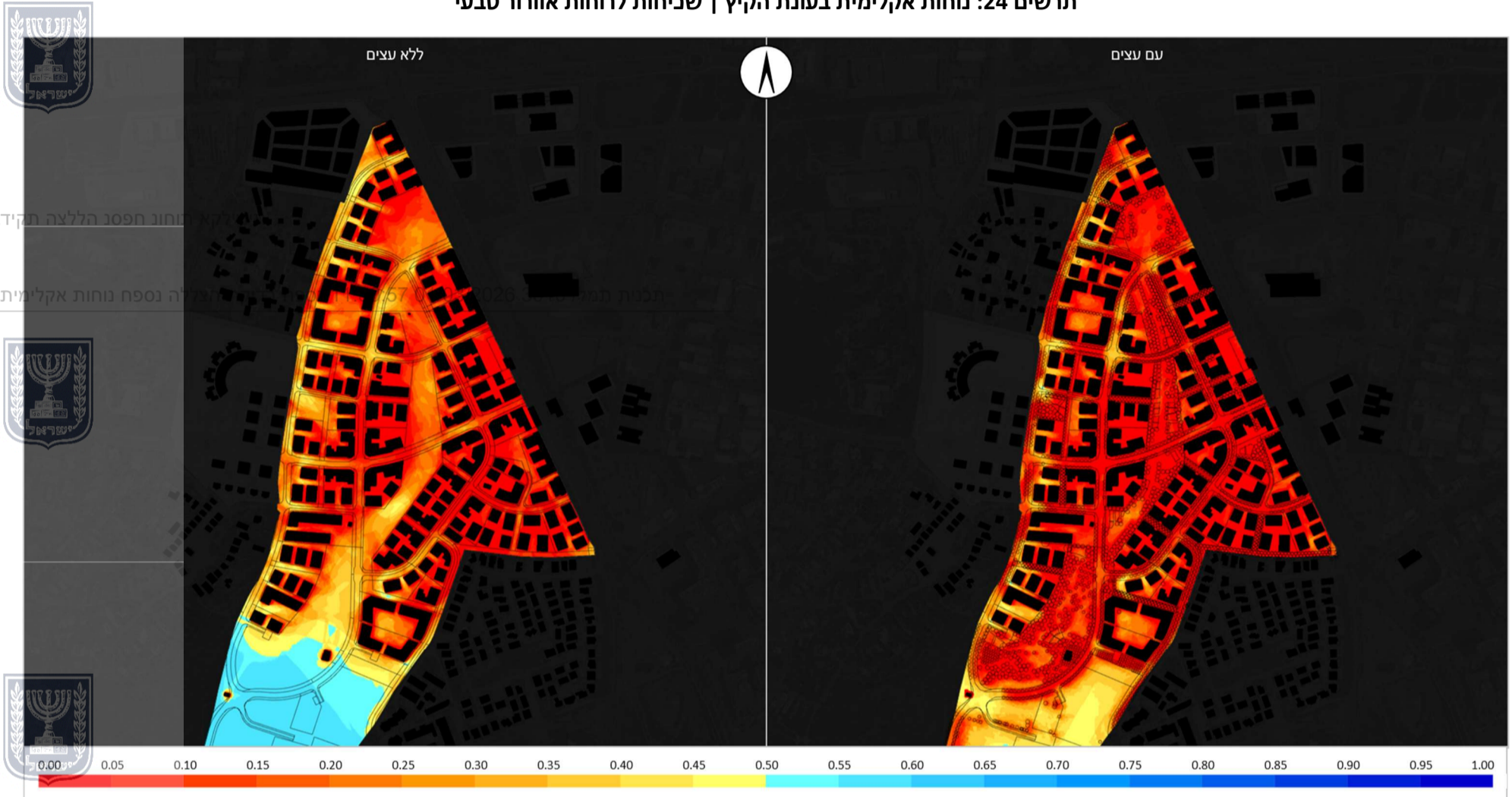


7.4. אוורור טבעי

אוורור טבעי במרחב הציבורי מהווה אסטרטגיה חשובה המסייעת להפחתה בעומס החום ע"י: הסעת החום, פיזור זיהום אוויר והאצת אידיי הזיעה. אוורור טבעי במרחב הציבורי נבחן באמצעות מדד שכיחות רוחות אוורור טבעי שהופק באמצעות מודל CFD המציג את שכיחות הופעתן של רוחות שקולות במהירות של 2.5 מ' לשנייה.

התרשים להלן מציג מדד שכיחות רוחות אוורור טבעי לחודש אוגוסט, ברזולוציה של 0.5 מ"ר לפיקסל.

תרשים 24: נוחות אקלימית בעונת הקיץ | שכיחות לרוחות אוורור טבעי



שכיחות חזויות לפי מהירות רוח שקולה		מצב בדיקה
f (Veq > 2.5 m/s) מקסימום	f (Veq > 2.5 m/s) ממוצע	
63.05%	29.63%	ללא עצים
56.74%	13.85%	עם עצים

ממצאים

- בתרחיש ללא עצים מתקבלת שכיחות צפויה לרוחות אוורור טבעי בעונת הקיץ בשיעור ממוצע של כ-30%, עם ערכים סבירים בעיקר בשטחים פתוחים ובאזורים פתוחים לכיוון מערב וצפון-מערב, ולעומת זאת מחסור באוורור באזורים שבין בנייני צפוף ובחלקה המזרחי של התכנית.
- בתרחיש עם עצים נרשמת ירידה לשיעור ממוצע של כ-14%, כאשר הפוטנציאל מצטמצם בעיקר בשטחים הפתוחים שבהם קודם לכן התקבלה שכיחות סבירה, ואילו באזורים הצפופים הדפוס נותר נמוך בדומה לתרחיש ללא עצים.

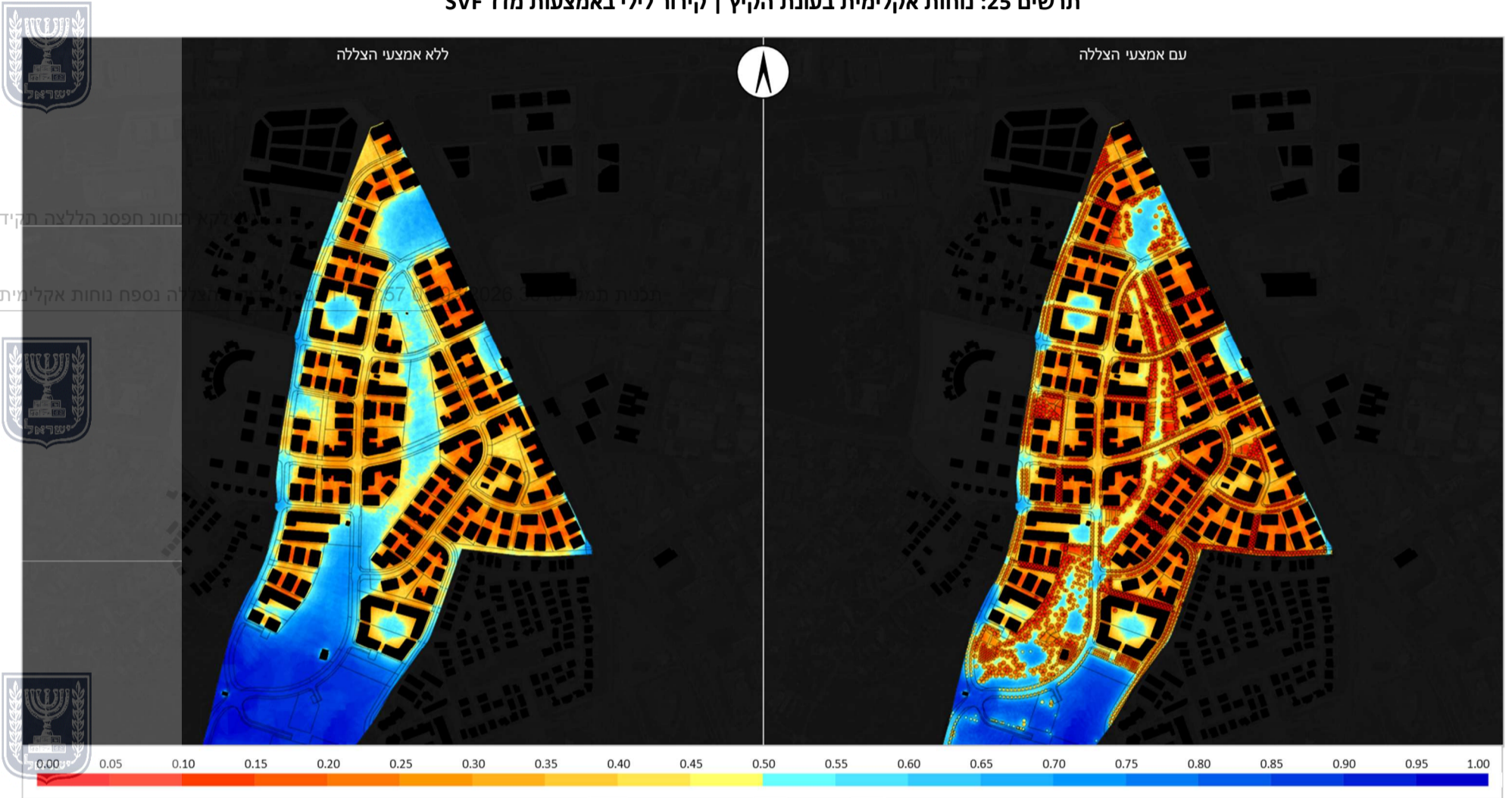


7.5. קירור לילי

קירור לילי מוערך באמצעות מדד SVF (Sky View Factor) המודד את מידת החשיפה של נקודה בסביבה בנויה לשמים הפתוחים (ערכים בין 0 לחסימה מלאה ל-1 לחשיפה מלאה). בשעות הלילה, ערכי SVF נמוכים מגבילים את פליטת הקרינה התרמית לשמים, מאטים את קצב ההתקררות ועלולים להחמיר את תופעת אי החום העירוני.

התרשימים שלהלן מציגים את מדד SVF, ברזולוציה של 0.5 מ"ר לפיקסל.

תרשים 25: נוחות אקלימית בעונת הקיץ | קירור לילי באמצעות מדד SVF



ממצאים

- בתרחיש ללא אמצעי הצללה מתקבלים ערכי SVF גבוהים יחסית בשטחים פתוחים ובצמתים, המעידים על פתיחות שמיים רחבה ועל פוטנציאל טוב לקירור לילי. ברחובות רחבים נשמרים ערכי SVF בינוניים-גבוהים לאורך חתך הרחוב. לעומת זאת, במקטעי רחוב צרים ובאזורים בעלי מרקם בנוי צפוף מתקבלים ערכי SVF נמוכים יותר בשל חסימת שמיים משמעותית על ידי הבינוי, מצב העלול להביא לקירור לילי מופחת.
- בתרחיש עם אמצעי הצללה נרשמת ירידה מסוימת בערכי SVF לאורך צירי ההליכה, בשטחים פתוחים ובצמתים, עקב תוספת עצים וסככות. ירידה זו בערכי SVF משקפת חסימת שמיים נוספת ולכן עשויה להעיד על הפחתה מסוימת בפוטנציאל הקירור הלילי.
- חשוב להדגיש כי חישוב ערכי SVF מבוסס על גאומטריית החסימה בלבד ואינו מבחין בין חסימה על ידי בינוי קשיח לבין חופת עצים. בפועל, מאחר שטמפרטורת העצים בשעות הלילה נמוכה מזו של מבנים ואלמנטים מלאכותיים, השפעתם על הקירור הלילי צפויה להיות מתונה יותר מכפי שמשקף מירידת ערכי SVF בלבד.

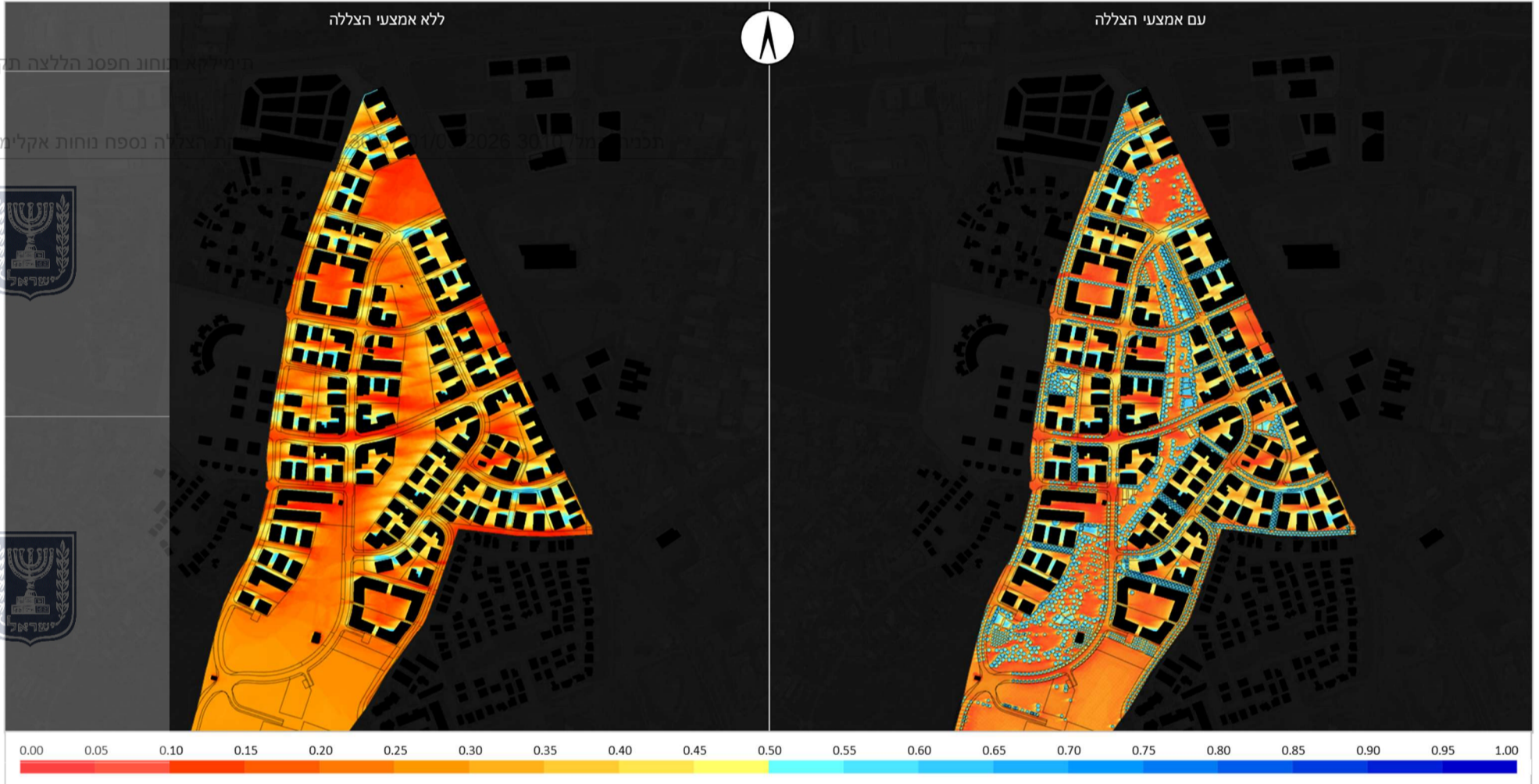


7.6. מדד נוחות אקלימית משוקלל

המדד המשוקלל הינו שקלול של 3 מרכיבים: **הצללה מרחבית** (משקל 0.6), **שכיחות רוחות אוורור טבעי** (משקל 0.3), **Sky View Factor** (משקל 0.1). המדד מאפשר הערכה מהירה של פוטנציאל השיפור בנוחות התרמית במרחב החוץ. על בסיס כיול ראשוני ומחקרים קודמים, ניתן לפרש את ערכי המדד גם במונחי הפחתה משוערת במדדי נוחות מוכרים: **UTCI** – הפחתה של כ-1.2 מעלות צלזיוס על כל שינוי של 0.1 במדד המשוקלל (סה"כ הפחתה פוטנציאליות של כ-12 מעלות צלזיוס). **PET** – הפחתה של כ-1.7 מעלות צלזיוס על כל שינוי של 0.1 במדד המשוקלל (סה"כ הפחתה פוטנציאליות של כ-17 מעלות צלזיוס). **המדד הינו ניסיוני** ונמצא בשלב בדיקה וכיוול, יש לראות בהערכות להל ערכים משוערים בלבד.

התרשימים שלהלן מציגים את **מדד נוחות אקלימית משוקלל** בעונת הקיץ, ברזולוציה של 0.5 מ"ר לפיקסל.

תרשים 26: נוחות אקלימית בעונת הקיץ | מדד משוקלל



ממצאים

- בתרחיש **ללא אמצעי הצללה** מתקבלים ערכים נמוכים של המדד המשוקלל במרבית הרחובות, המעידים על עומס חום גבוה ורציף לאורך צירי ההליכה. מוקדים אלה מהווים מוקדי עומס חום – אזורים שבהם מתקיים שילוב של חשיפה לשמש, קירור לילי מוגבל ופוטנציאל אוורור שאינו מספק.
- בתרחיש **עם אמצעי הצללה** נרשם שיפור ברור במדד, עם עלייה בערכים לאורך חלק ניכר מצירי ההליכה ובשטחים פתוחים. השיפור מתבטא ביצירת איי קור מקומיים – מקטעים שבהם עומס החום פוחת ביחס לסביבה, בעיקר הודות להפחתת קרינת השמש ולשיפור התנאים התרמיים המצטברים.
- יש לציין כי תוספת אמצעי הצללה, ובעיקר עצים, מפחיתה את שכיחות רוחות האוורור הטבעי, ובכך מצמצמת במידת מה את פוטנציאל הקירור באמצעות רוח. בנוסף, חסימת השמיים הנוספת מובילה לירידה מסוימת גם בפוטנציאל הקירור הלילי. עם זאת, באפקט המשוקלל הכולל הצללה מרחבית, אוורור טבעי וקירור לילי, מתקבלת הטבה כוללת במדד הנוחות, והצפי הוא לשיפור בעומס החום במרחב ההליכה והשהייה ביחס לתרחיש ללא אמצעי הצללה.

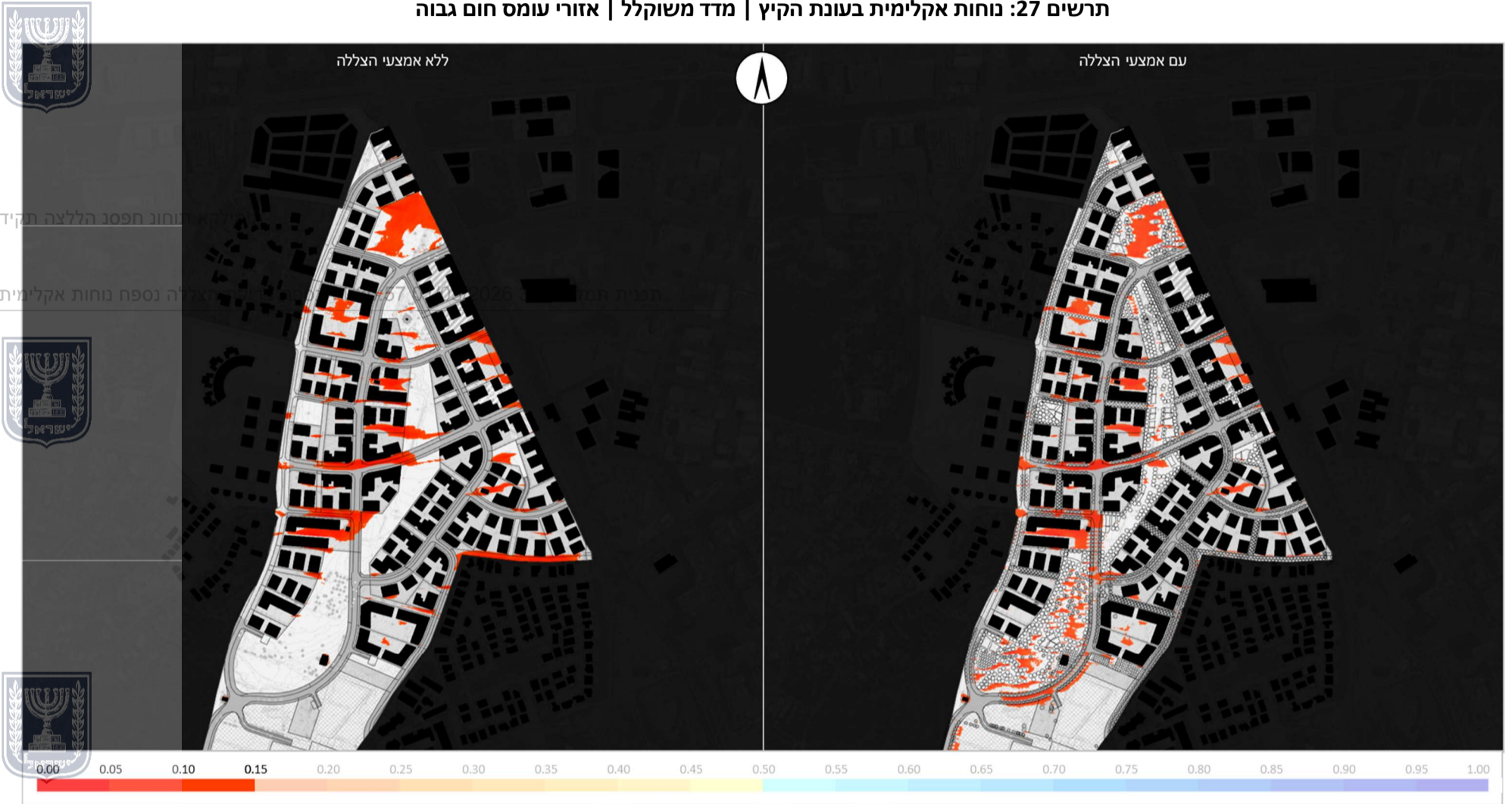
נספח לתכנית מס' תמ"ל 3010 | נספח נוחות אקלימית

אזור עומס חום גבוה הוגדר לערכים של 0 עד 0.15 במדד נוחות אקלימית משוקלל לאזורים שהפחתת עומס החום היא לכל היותר 1.8°C במונח UTCI ו- 2.55°C במונחי PET. באזורים אלה מתקיים שילוב שלילי של הצללה מועטה, מחסור ברוחות אוורור טבעי ומחסור בחשיפה לשמיים (SVF).

אזור איי קור הוגדר לערכים של 0.5 ומעלה במדד נוחות אקלימית משוקלל לאזורים שהפחתת עומס החום היא לפחות 6°C במונח UTCI ו- 8°C במונחי PET. באזורים אלה מתקיים שילוב חיובי של הצללה, רוחות אוורור טבעי וחשיפה לשמיים (SVF).

התרשימים שלהלן מציגים את האזורים בהם נמדד **עומס חום גבוה** ואת האזורים בהם נמדדו **איי קור** לפי מדד נוחות אקלימית משוקלל, ברזולוציה של 0.5 מ"ר לפיקסל.

תרשים 27: נוחות אקלימית בעונת הקיץ | מדד משוקלל | אזורי עומס חום גבוה



תרשים 28: נוחות אקלימית בעונת הקיץ | מדד משוקלל | אזורי איי קור

