

סקירה וניתוח שיטות להערכה, לכימות ולקידום הצללה במרחב העירוני

נעמה שפירא
ד"ר אור אלכסנדרוביץ

BDAR
Big Data in Architectural Research Lab

מוסד שמואל נאמן
למחקר מדיניות לאומית



05/24 | אנרגיה וסביבה



סקירה וניתוח שיטות להערכה, לכימות ולקידום הצללה במרחב העירוני

נעמה שפירא¹ וד"ר אור אלכסנדרוביץ²

¹ מוסד שמואל נאמן למחקר מדינות לאומית

² מעבדת BDAR, הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים, הטכניון

מהדורה מעודכנת, מאי 2024

תקציר

קידום הצללה ברחובות באמצעות עצים, כחלק מרכזי בהתמודדות המרחבית בישראל עם תוצאות ההתחממות העולמית, עומד במרכז של החלטת ממשלה 1022 מיום 23.1.2022. התוכנית האסטרטגית הלאומית להצללה וקירור במרחב העירוני באמצעות עצים שפרסמו המשרד להגנת הסביבה, המועצה הישראלית לבנייה ירוקה, משרד החקלאות ופיתוח הכפר והמועצה הלאומית לכלכלה בשלהי 2022 כללה כבר הכרה מובלעת בקשיים המתודולוגיים הטמונים ביישום החלטת הממשלה מראשית אותה שנה. התוכנית הכירה בכך כי חסרה עדיין מתודולוגיה מדעית מבוססת לקביעת יעדי הצללה וייעור עירוניים ולהגדרת צרכי המיפוי המדויקים הנובעים מיעדים אלה. בהיעדר מתודולוגיה כזאת, יתקשו כל הגורמים המעורבים בקידום ההחלטה בהוצאה לפועל יעילה ואפקטיבית של נטיעת עצי צל בערי ישראל, במעקב אחרי התקדמות הפעולות בתחום זה ובהפניית משאבים למקומות שבהם הם נדרשים במיוחד.

מטרת מחקר זה היא לבחון דרך ניתוח מסמכי תחיקה ומדיניות רשמיים באיזו מידה קיימות היום בקרב רשויות תכנון בארץ ובעולם מתודולוגיות סדורות לניתוח מצב ההצללה בסביבות עירוניות ולהגדלה מערכתית ושיטתית של הנגישות הציבורית להצללה ברחובות ובשטחים פתוחים בערים. שמנו דגש מיוחד על השאלה עד כמה המדיניות בנושאי הצללה עירונית, כפי שהיא משתקפת במסמכים אלה, מבוססת על שימוש במדדים כמותיים. המחקר העלה כי על אף שבמקומות שונים בעולם קודמו בעשור האחרון תוכניות שונות המכירות בחשיבותה של הצללה במרחב העירוני ככלי מרכזי בהתמודדות עם עומסי חום ובמניעת סרטן עור, לרוב אין בתוכניות אלה הגדרות כמותיות ברורות של יעדי הצללה או ייעור עירוני. גם כאשר קיימת התייחסות כמותית לנושא ההצללה, היא מופיעה פעמים רבות רק בדמות המלצה לשיעור כיסוי צמרות מסוים לשכונות או לערים שלמות. מסמכים שנוקבים במדד כמותי ברזולוציה גבוהה יותר (לדוגמה, בגני משחקים) מתייחסים אך ורק לשטח ההיטל של אמצעי הצללה ביחס לשטח המרחב המטופל, לרוב ללא התייחסות לעוצמות הקרינה המשתנות של השמש במהלך היום או לכיוונים המשתנים שמהם מגיעה קרינת השמש הישירה. מדדים כמותיים מסוג אחר נוגעים למרווחי נטיעה של עצי צל, ללא התייחסות ישירה לגודל חופת הצמרות או לשטח הכיסוי של הצל על פני הקרקע.

ניתוח המסמכים שסקרנו מעלה כי קיימות כמה נקודות עקרוניות שלא מקבלות בהם מענה מספק, כדלקמן:

- השימוש הנפוץ יחסית במדד כיסוי צמרות עירוני, שבו ערך בודד אמור לייצג את מצב היער העירוני בכל העיר, רחוק מלאפשר הבנה טובה של השונות המרחבית, ככל שהיא קיימת, בחלוקת משאב העצים העירוני.
- גם קביעת שיעור כיסוי צמרות נדרש במרחב נתון או ברחוב ללא התייחסות לרצף ההצללה באותו מרחב או להשתנות תמונת הצללה במהלך שעות היום ובין עונות השנה עלולה להניב פתרונות עיצוביים שיעילותם מוגבלת.
- מרבית מסמכי המדיניות שנסקרו אינם מפרטים כיצד בדיוק מחושב שיעור ההצללה. לרוב הכוונה היא לשטח היטל אמצעי הצללה על משטח אופקי, אולם זהו ייצוג שאינו מבטא מצב מציאותי.

- ההנחה שאמצעי ההצללה חוסם את קרינת השמש הישירה במלואה היא לרוב לא מדויקת. השיטות לחישוב שטח הצללה מתעלמות מכך, ומתייחסות באופן שווה לאמצעי הצללה ששיעור חדירת קרינת השמש דרכם עשויה להיות שונה באופן משמעותי.
- מאחר שתבנית ההצללה משתנה משעה לשעה ומעונה לעונה, הגדרה רחבה של זמן ייחוס (למשל, 11:00-15:00 בין אפריל לספטמבר) לא לוקחת בחשבון את ההבדלים הניכרים בין מיקום השמש בשמיים ובעוצמות הקרינה בחודשים אלו.

המחקר שערכנו מעלה עוד, כי בישראל יש הנחיות **מחייבות** להצללה רק במרחבים מוגדרים, ובפרט במוסדות חינוך ובגני שעשועים, בבריכות שחייה ובחופי רחצה, כאשר תכליתן היא הגנה על אוכלוסיות פגיעות באזורים בעלי חשיפה משמעותית לשמש. עם זאת, גם התקנות העדכניות והמפורטות ביותר בנושא, הנוגעות להצללה של גני שעשועים, אינן נותנות מענה בהיר דיו לאופן יישום ההצללה אפילו במרחבים אלה. התקנות מתמקדות בהצללת מתקני המשחקים, ולפיכך אינן מתייחסות כלל להצללת אזורי הישיבה והמנוחה הסמוכים, כמו גם לדרכי הגישה לגני השעשועים ולמתקנים עצמם בתוך שטחם. פירושו של דבר הוא כי בפועל אין כיום בישראל הנחיות הצללה מחייבות החלות על רחובות ומרחבים ציבוריים פתוחים ולא ניתן מענה הולם שיבטיח שיפור הנוחות התרמית בעונה החמה במרחב הציבורי בערי ישראל.

מסמך זה הוא חלק ממחקר שתכליתו לספק מסגרת כמותית, מבוססת נתונים ואחידה, למיפוי, להערכה ולהתוויה של פעולות יישומיות לקידום הצללה בסביבה העירונית. החוקרים מבקשים להודות ליד הנדיב על מימון המחקר, ולאלה ברזני ממוסד שמואל נאמן על הסיוע באיתור מקורות מידע רלוונטיים.

תוכן העניינים

1.....	תקציר
4.....	הצללה בסביבה העירונית ואתגרי המדידה והכימות
6.....	תקינה ומסמכי מדיניות בנושא הצללה בישראל
7.....	תקינה
7.....	מוסדות חינוך
8.....	חופי רחצה ובריכות שחייה
8.....	גני שעשועים
10.....	מסמכי מדיניות
13	מסמכי מדיניות ותקינה מחוץ לישראל
14.....	אבו דאבי
18.....	אוסטרליה
22.....	אריזונה, ארצות הברית
25.....	מסמכים נוספים
25.....	אונטריו, קנדה
26.....	רוטרדם, הולנד
26.....	פריז, צרפת
27.....	היזומה הגלובלית לעיצוב עירוני
28	סיכום
31	נספח א': אחוזי הצללה לטיפוסי מרחבים שונים
32	נספח ב': דוגמאות להערכה ולתיעודף פרויקטים של הצללה
32.....	טופס תיעודף הצללה
33.....	טופס תיעודף פרויקטים
34.....	שאלון הערכת אתר לדיוק צורכי הצללה

הצללה בסביבה העירונית ואתגרי המדידה והכימות

עלייה הדרגתית בטמפרטורת האוויר בחודשים החמים בישראל לצד עלייה במשכם של גלי חום ובתכיפותם צפויות להתחולל בעשורים הקרובים בשל שינוי האקלים העולמי ובשל ההתפשטות המרחבית והציפוף של הריכוזים העירוניים בישראל. שינויים אלה עתידים להביא להחרפה ניכרת בעוצמת עומסי החום שחווים המשתמשים במרחב העירוני, אלא אם יינקטו פעולות מקדימות להקלה בעומסים אלה. לצד זאת, **כבר היום** בתנאי האקלים השוררים בישראל במהלך חודשים רבים (ולפחות בין החודשים מאי לנובמבר) חשיפה ישירה ועקיפה לקרינת השמש היא הגורם הסביבתי המשפיע ביותר במהלך שעות היום על עלייה ניכרת בעוצמת עומס החום המורגש ולהפחתה חדה בנוחות התרמית מחוץ לבניינים. בנוסף, חשיפת המרחב הבין-בנייני לקרינת שמש ישירה במשך שעות ארוכות מביאה להתחממות הסביבה העירונית כולה בשעות הערב והלילה המוקדמות, באופן שמגביר את עוצמת עומסי החום בשעות האלה בתוך בניינים ומחוץ להם, ומכאן גם את צריכת האנרגיה של מערכות למיזוג אוויר.

פעולות תכנוניות יכולות אמנם לגרום להפחתה בטמפרטורת האוויר או להגברה במהירות הרח הנושבת בסביבה העירונית, אולם במציאות הישראלית לפעולות אלה השפעה מוגבלת על שיפור הנוחות התרמית. לעומת זאת, תכנון המבטיח הצללה משמעותית ורציפה לאורך רחובות ובשטחים ציבוריים פתוחים יכול להביא להקלה משמעותית של עומסי החום המורגשים כבר עתה, וביתר שאת עם העלייה הצפויה בטמפרטורות האוויר בשל שינוי האקלים. להצללה בסביבה העירונית יתרונות נוספים, כגון מניעת תחלואה בסרטן עור, מיתון תופעת אי החום העירוני, הפחתת צריכת אנרגיה לקירור חללים פנימיים באמצעות מיזוג אוויר ושיפור התנאים הפיזיים המאפשרים לקדם הליכתיות (walkability) במרחב העירוני.¹

הצללה בסביבה העירונית קשורה קשר הדוק לתכנון ולעיצוב המרחב הבנוי. בהפניות מסוימות של רחובות ובתצורות גאומטריות מסוימות של הבניינים שלצד הרחובות, הצללה טובה יכולה להיות מושגת באמצעות הבניינים עצמם. עם זאת, במקרים רבים כדי להבטיח הצללה טובה יש צורך בשימוש במרכיבים נוספים במפלס הרחוב כגון פרגולות, בדי הצללה ועצים. לעצים יתרונות נוספים מעבר להצללה בלבד – הפחתת זיהום אוויר, תרומה אקולוגית כבית גידול למגוון בעלי חיים, שיפור המראה האסתטי של המרחב הבנוי ובמידה מסוימת גם ויסות נגר עילי.² מחקרים מהעולם גם מצביעים על תועלות אפשריות נוספות לשתילת עצים ברחובות כגון הגדלת פריין בתי עסק³ והעלאת ערך הנדל"ן.⁴ עם זאת, הצללה באמצעות עצים דורשת הקצאת נפח תנאי קרקעי משמעותי לצימוח שורשים ותחזוקה מתמדת (גיזום, השקיה), ובלעדיהם עלולה נטיעת עצים שלא ליצור תנאי הצללה מספקים. מעבר לכך, נטיעת עצים אינה מספקת מענה מידי להיעדר הצללה מאחר שעץ בוגר שמתאים לכך ושקיבל את תנאי הגידול הנאותים מפתח חופת צמרת משמעותית ומצלה רק לאחר כעשור

¹ הכנסת – מרכז המחקר והמידע (2022). [מדיניות הצללה במרחב הציבורי](#); המשרד להגנת הסביבה, משרד החקלאות ופיתוח הכפר, המועצה הלאומית לכלכלה (2022). [תכנית אסטרטגית לאומית להצללה וקירור במרחב העירוני באמצעות עצים](#).

² Woodland Trust. [What urban trees do for us](#).

³ Wolf, K. L. (2005). Business district streetscapes, trees, and consumer response. *Journal of Forestry*, 103(8), 396-400.

⁴ Song, X. P., Tan, P. Y., Edwards, P., & Richards, D. (2018). The economic benefits and costs of trees in urban forest stewardship: A systematic review. *Urban forestry & urban greening*, 29, 162-170.

מנטיעתו.⁵

קביעת שיטת מדידה מוסכמת של הצללה חשובה למטרות תכנון ורגולציה. עם זאת, התוויה איכותית או כמותית של שיעורי ההצללה הנדרשים מעוררת קשיים מתודולוגיים הנובעים בראש ובראשונה מהצורך להגדיר מה היא הצללה מבחינת שיעור חסימת קרינת השמש הישירה והאם קיימים מועדים לאורך השנה שבהם חשוב יותר לספק הצללה. נקודה נוספת שיש לתת עליה את הדעת היא יחידת השטח הבסיסית שעבורה נמדדת ההצללה, מאחר שניתן לחשב שיעורי הצללה שונים ליחידות שטח שונות, כגון מקטע רחוב הכולל את כל זכות הדרך, מדרכות בלבד, שטח הליכה אפקטיבי במדרכות בלבד וכיו"ב.

מסמך זה בוחן כיצד מתמודדות רשויות תכנון בעולם עם אתגר המדידה של הצללה בסביבה עירונית והצבת יעדים כמותיים או איכותיים לקידום הצללה במרחב הבין-בנייני. במסמך אנו סוקרים את המצב בישראל ובמספר מדינות בעולם שבהן נושא ההצללה זוכה כיום להתייחסות במסמכי מדיניות ובתקינה. הסקירה מבוססת על בחינת מספר שאלות, כדלקמן:

1. באילו מקומות נושא ההצללה במרחב הבין-בנייני בסביבה עירונית (שטחים פתוחים או רחובות) הוא נושא שנמצא על שולחן התכנון העירוני כנושא מרכזי?
2. במקומות אלה, כיצד מנומק הצורך בתוכניות הצללה?
3. כיצד מוגדרים היעדים של תוכניות לקידום הצללה במרחב העירוני – האם בצורה כמותית או איכותית?
4. ככל שהוגדרו יעדים כמותיים להצללה, מה היא שיטת החישוב ומה נדרש מהמתכננים לעשות כדי שיוכלו לבחון האם תכנון מסוים עומד ביעדים שהוצבו?

⁵ משרד החקלאות (2013). [מדריך עצי הרחוב בישראל](#). כתיבה: ישראל גלון ואביגיל הלר.

תקינה ומסמכי מדיניות בנושא הצללה בישראל

קידום הצללה ברחובות באמצעות עצים, כחלק מרכזי בהתמודדות המרחבית בישראל עם תוצאות ההתחממות העולמית, עומד במרכז של החלטת ממשלה 1022 מיום 23.1.2022.⁶ החלטת הממשלה התבססה על דו"ח שחיבר צוות בין-משרדי בהובלת המועצה הלאומית לכלכלה.⁷ מסקנות הצוות היו שעל אף ההכרה בתועלות הרבות של עצי הרחוב – תועלות סביבתיות, חברתיות, בריאותיות וכלכליות – ועל אף חשיבותם בהיערכות לשינוי האקלים, קיומם ושגשוגם של עצים ברחובות הערים נתקלים בחסמים רבים, הן בשלב התכנון והן בשלב הביצוע, בין השאר בשל מחסור ממשי בנתונים. על בסיס עבודת הצוות הבין-משרדי נוסח בהחלטת הממשלה יעד לאומי כמותי של מימוש "כיסוי צל עצים של 70% (צל עצים רציף) במדרכות ברחובות בעלי פוטנציאל הליכתיות משמעותי, קרי – רחובות שבהם עוברת תחבורה ציבורית או רחובות שהם רחובות עם פעילות מסחרית, עד לשנת 2040". עם זאת, יעד זה נקבע שלא על בסיס עבודת מחקר סדורה או פיתוח שיטה אחידה להגדרת הצללה או "כיסוי צל עצים" בלשון ההחלטה, ולא נבחנה ישימותו בהתאם לתנאים הקיימים היום בערי ישראל.

התוכנית האסטרטגית הלאומית להצללה וקירור במרחב העירוני באמצעות עצים שפרסמו המשרד להגנת הסביבה, המועצה הישראלית לבנייה ירוקה, משרד החקלאות ופיתוח הכפר והמועצה הלאומית לכלכלה בשלהי 2022 כללה כבר הכרה מובלעת בקשיים המתודולוגיים הטמונים ביישום החלטת הממשלה מראשית אותה שנה.⁸ התוכנית הכירה בכך כי חסרה עדיין מתודולוגיה מדעית מבוססת לקביעת יעדי הצללה וייעור עירוניים ולהגדרת צורכי המיפוי המדויקים הנובעים מיעדים אלה. בהיעדר מתודולוגיה כזאת, יתקשו כל הגורמים המעורבים בקידום ההחלטה בהוצאה לפועל יעילה ואפקטיבית של נטיעת עצי צל בערי ישראל, במעקב אחרי התקדמות הפעולות בתחום זה ובהפניית משאבים למקומות שבהם הם נדרשים במיוחד. עם זאת, כבר היום קיימות בישראל תקנות, לצד מספר מסמכי מדיניות, הכוללים התייחסות כזאת או אחרת לנושא הצללה. ניתן ללמוד מהם על אופני התייחסות אפשריים לנושא, ומנגד גם להבין את החוסרים הדורשים עדיין מענה מקיף.

⁶ החלטה מספר 1022 של הממשלה מיום 23.01.2022. [הצללה וקירור של המרחב העירוני באמצעות עצי רחוב במסגרת היערכות לשינוי האקלים.](#)

⁷ המועצה הלאומית לכלכלה, משרד ראש הממשלה (2022). [קידום עצי רחוב בערי ישראל - הצללה וקירור של המרחב העירוני באמצעות עצי רחוב כהיערכות לשינוי האקלים](#), סיכום והמלצות בעקבות שולחן עגול ממשלתי בנושא ייעור עירוני.

⁸ המשרד להגנת הסביבה, משרד החקלאות ופיתוח הכפר, המועצה הלאומית לכלכלה (2022). [תכנית אסטרטגית לאומית להצללה וקירור במרחב העירוני באמצעות עצים.](#)

תקינה

בישראל כמעט שלא קיימת היום תקינה מחייבת בנוגע להצללה ברחובות ובשטחים ציבוריים פתוחים בסביבות עירוניות, והתקינה בנושאים אלה מצומצמת למספר קטן של מרחבים מוגדרים: חצרות מוסדות חינוך, גני שעשועים, בריכות שחייה וחופי רחצה. תקינה זו מבטאת את יעד ההצללה הנדרש כשיעור קירוי מסוים של שטח נתון, לרוב בלי לקבוע שיטה סטנדרטית לחישוב היטל ההצללה תוך לקיחה בחשבון של אמצעי ההצללה, מעבר אור דרכו ומיקומו המשתנה של היטל ההצללה לאורך שעות היום. מרבית התקינה נוגעת לאזורים שבהם צפויים המשתמשים לשהות זמן ממושך, ללא כל התייחסות למרחבים המיועדים לתנועת הולכי רגל, מתוך תפיסה בריאותית הרואה בהצללה בעיקרה אמצעי למניעת נזקי החשיפה לקרינת UV (על-סגולה) של השמש, בייחוד בקרב ילדים, ולא בהכרח כאמצעי להפחתת עומסי חום במרחב הפתוח.

מוסדות חינוך

הנחיות תכנוניות משנת 1997 להצללה במוסדות החינוך שפרסמו משרד החינוך ומשרד הבריאות קבעו כי שיעור השטח המוצל בחצר גן ילדים באמצעות סככות ועצים יהיה לפחות 25%.⁹ דברים ברוח דומה שולבו גם בפרוגרמה לתכנון מעונות יום משנת 2006 של משרדי התעשייה והמסחר, הבריאות והבינוי והשיכון. בפרוגרמה זו נקבע כי לפחות 25% משטח חצר המשחקים יהיה מוצל, תוך התייחסות נפרדת למבנה המוסב למעון יום שבו נדרשה הצללת 15% משטח החצר באמצעות סככות צל.¹⁰ באשר לבתי ספר, ההנחיות התכנוניות משנת 1997 קבעו כי שטח ההצללה בחצרות לא יפחת מ-15%.¹¹

על בסיס הנחיות אלה, חישוב שטח ההצללה נעשה בשלב התכנון בידי המתכננים, והפיקוח בשלב הרישוי בודק את התאמת המצב בשטח לתוכניות המבנה ללא מדידה של שטח ההצללה בפועל לאחר גמר הביצוע. בקרה בנושאי בטיחות אמורה להיערך בחצרות מוסדות חינוך אחת לחמש שנים ובמסגרתה נבדק גם נושא קיומם של אמצעי הצללה, אך ללא כימות שטח ההצללה בפועל. עם זאת, מנתונים שהוצגו בשנת 2015 בפני הוועדה המיוחדת לזכויות הילד של הכנסת עלה כי אין תיעוד של הבקרה או של ליקויים שהתגלו במסגרתה.¹² בדו"ח מבקר המדינה משנת 2014 נמצא שיש פערים בין מדידות ההצללה שנעשו על ידי גופים שונים כגון לשכות הבריאות, הרשויות המקומיות ומשרד הפנים באותם מקומות, ונקבע כי **אין שיטה מוסכמת או גוף מוסמך למדידת שטחי ההצללה או איכותם, והדבר עלול להקשות על יישום ההוראות והפיקוח עליהן.**¹³ על פי דו"ח של מרכז המחקר והמידע של הכנסת משנת 2022, גם לאחר שחלף כמעט עשור מפרסום

⁹ משרד החינוך ומשרד הבריאות (1997). [הנחיות לתכנון מוסדות חינוך בתחומי בריאות הסביבה](#). פרק א' – גני ילדים (סעיף 1.8 (ו)), פרק ב' – בתי ספר (סעיף 1.7).

¹⁰ משרד התעשייה והמסחר והתעסוקה, משרד הבריאות, משרד הבינוי והשיכון (2006). [פרוגרמה לתכנון ולצידוד מעונות יום לגיל הרך](#).

¹¹ משרד הבריאות המליץ בעבר שהיקף הצל הנדרש ייקבע לפי מפתח של 2.5 מ"ר לתלמיד ולא כשיעור משטח בית הספר כנהוג כיום, וזאת בהסתמך על דוגמאות מן העולם. עם זאת, אין ודאות שבבתי ספר בישראל יש כיום 2.5 מ"ר שטח חצר לתלמיד בכל בית ספר. כבר בשנת 2015 טענו במשרד החינוך כי הם פועלים ביחד עם משרד הבריאות לעדכון הנהלים הקיימים, אך עדכון כזה טרם פורסם.

¹² הוועדה המיוחדת לזכויות הילד, ישיבה מיום 14/07/2015, בנושא [הצללה במגרשי משחקים](#). פרוטוקול מס' 8.

¹³ מבקר המדינה, דו"ח ביקורת שנתי 64 לשנת 2013, [סרטון העור: מניעה, איתור וטיפול](#), מאי 2014.

דו"ח המבקר, המלצותיו בנושא זה טרם יושמו.¹⁴

חופי רחצה ובריכות שחייה

שימוש נוסף שבו קיימת הסדרה כמותית של נושא ההצללה הוא של חופי רחצה ובריכות שחייה. בצו הסדרת מקומות רחצה (סדרים ואיסורים במקומות רחצה מוכרזים), תשע"ו-2016, בסעיף סככות צל (סעיף 23) תחת פרק ב': סידורי בטיחות ועזרה ראשונה, מוגדר הנושא כך: "במקום רחצה מוכרז יוצבו סככות צל ששטחן הכולל 200 מ"ר לפחות; אם שטח מקום רחצה מוכרז קטן מ-200 מ"ר – יוצבו סככות צל ששטחן הכולל 10% לפחות משטח מקום מוכרז כאמור; סככות הצל ימוקמו באופן שלא יפגע בשדה הראייה של המצילים." חוק הסדרת מקומות רחצה, תשכ"ד-1964, אשר מכוחו הוצא צו הסדרת מקומות רחצה, מתמקד ברחצה בים, באגמים ובנחלים, אך יש בו גם התייחסות לבריכות שחייה. עם זאת, נושא ההצללה בבריכות שחייה מקבל התייחסות נפרדת ומפורטת יותר בתקנות שונות, כולל התייחסות להצללה חלקית של שטח הרחצה עצמו. כך, בתקנות התכנון והבנייה (בקשה להיתר, תנאיו ואגרות), בחלק כ"א אשר מתייחס לבריכות שחייה, מופיעות הנחיות שהתקבלו בשנת 2008 לעניין הצללה (סעיף 21.1.6.3), כדלקמן:

באתר בריכת שחיה יותקנו אמצעי הצללה קבועים מפני קרינת השמש, אשר יספקו הגנה מפני קרינת השמש בפרט בתקופת הקיץ ובשעות היום החמות, בהתאם להוראות אלה:

- (1) באתר בריכת שחיה יוצלל שטח המיועד לשהיית מבקרים שאינו שטח מים, שגודלו במטרים רבועים כשטח המים הכולל באתר בריכת השחיה כפול 1.2 לפחות;
- (2) בבריכת השחיה יוצללו 25% לפחות משטח פני המים הכולל; ואולם בבריכת פעוטות יוצללו 75% לפחות משטח פני המים הכולל;
- (3) אמצעי ההצללה האמורים בסעיף זה יהיו יעילים, ככל האפשר, בין השעות 10:00 ו-16:00.

תקנות רישוי עסקים (תנאי תברואה נאותים לבריכות שחיה), תשנ"ד-1994, תחת פרק המים ומערכות הסינון והחיטוי, בסעיף צל (סעיף 20, תיקון מ-1996) נכתב: "בחצר הבריכה יהיה מקום מוצל עבור המבקרים בבריכה; שטח המקום המוצל לא יפחת מ-12 מ"ר כפול מספר המתרחצים המותר באותה בריכה". הנחיות ברוח דומה מופיעות גם במפרט האחיד ברישוי עסקים לנושא מים - נופש (7.4 א') שחל החל מיולי 2021. בפרק 4 של המפרט, הכולל הנחיות מטעם משרד הבריאות, בסעיף ההצללה (סעיף 4.11.1) נמסרות ההוראות הבאות:

- (1) באתר בריכת שחייה יוצלל שטח המיועד לשהיית מבקרים שאינו שטח מים, כמפורט בתקנות.
- (2) בנוסף, בבריכת שחייה, בעת שהבריכה פתוחה לרחצה, יותקנו אמצעי הצללה: (א) מעל בריכת פעוטות – 75% משטח פני המים, או יותר. (ב) בשאר הבריכות – 25% משטח פני המים, או יותר. (ג) אזורי המתנה והתקהלות (תורים למתקנים, רחבות ללימוד שחייה וכד') – 75% מהשטח המיועד למטרות אלה, או יותר. (ד) אמצעי ההצללה יהיו יעילים ככל האפשר בין השעות 10:00 ל-16:00.

גני שעשועים

המסמך המחייב החדש והמפורט ביותר בנוגע להצללה במרחב הפתוח בישראל הן תקנות התכנון והבנייה

¹⁴ הכנסת – מרכז המחקר והמידע (2022). [מדיניות הצללה במרחב הציבורי](#).

(הצללה בגן שעשועים), תשע"ט-2019. בסעיף דרישות הצללה (סעיף 2) בתקנות נקבע כי המחזיק בגן שעשועים¹⁵ יבטיח את הצללתו בהתאם להוראות הבאות:

- (1) ההצללה בגן השעשועים תבוצע כך שכמות הצל על סך השטח הכולל את המרחב החופשי של כל המיתקנים בגן השעשועים בעת זמן הייחוס תהיה לפחות 70 אחוזים;
- (2) ההצללה בגן שעשועים תבוצע באופן שבו הוא יהיה מוצל לפי הוראות תקנה זו, לכל הפחות, במהלך תקופת הקיץ בין השעות 10:00 ו-16:00;
- (3) ההצללה תבוצע באמצעות אמצעים טבעיים, ובכלל זה עלוות עצים, או באמצעות אמצעים מלאכותיים או בנויים, ויכול שתהיה באמצעות הצללה המוטלת ממבנים סמוכים;
- (4) ההצללה תתוכנן ותבוצע כך שתאפשר אוורור ותאורה טבעיים במידה מספקת;
- (5) ההצללה תתוכנן ותבוצע בהתחשב באיכות הצל המתקבלת, בתנאים האקלימיים ובסביבה.

בתקנות אלה, "כמות הצל" הוגדרה כיחס באחוזים בין השטח המוצל לכלל השטח הנבחן; "זמן הייחוס" הוגדר כיום ה-21 בחודש יוני (היום הארוך בשנה) בשעות 10:00, 13:00 ו-16:00; "תקופת הקיץ" הוגדרה כתקופה שבין 1 באפריל לבין 1 באוקטובר בכל שנה; "איכות הצל" הוגדרה כתנאים התרמיים המתקבלים על ידי פתרון הצללה, ובכללם צפיפות הצל, שימור תנאי הצל לאורך זמן ונוחות תרמית (בדברי ההסבר: "נוחות תרמית כגון תנועת אוויר, לחות, עוצמת קרינה"); ו"צל" הוגדר כאזור שקרני השמש לא מגיעות אליו באופן ישיר. התקנות כוללות גם סייג המתייחס לשטח המוצל באמצעות עלוות עצים, באופן כזה שבחמש שנים הראשונות מיום הקמת הגן לא חלה בשטח זה החובה להצללה של 70% (ס"ק 1).

ההגדרות המובאות בתקנות מעלות כמה שאלות הנוגעות לשיטת חישוב ההצללה. ראשית, "כמות הצל" מוגדרת בתקנות כיחס באחוזים בין השטח המוצל לכלל השטח הנבחן ב"זמן הייחוס", והשטח הנבחן מוגדר כ"שטח הכולל את המרחב החופשי של כל המיתקנים בגן השעשועים". הגדרות אלה מאפשרות למתכננים חופש רב בבחירת השטח שעבורו תבצע מדידת ההצללה, ולמעשה אינן מחייבות כלל הצללה בשטחים הכלולים בתחומה של גינת השעשועים אך מרוחקים ממתקני השעשועים עצמם. זמן הייחוס שנבחר אינו מייצג את שיא עומס החום השנתי, שמתקיים בזמן שטמפרטורת האוויר היומית היא בשיאה (לרוב במהלך חודש אוגוסט), על אף שעוצמת קרינת השמש בתקופה זו אינה נמוכה משמעותית ביחס ליום הייחוס. נוסף על כך, חישוב ההצללה הוא חישוב גאומטרי גרידא, ואינו מבחין בין הצללה בשיא היום, אז קרינת השמש בשיאה, לבין הצללה בראשית היום או אחר הצהריים, אז עוצמת קרינת השמש נמוכה יותר. כמו כן, התקנות לא מתייחסות להבדלים במעבר אור דרך אמצעי הצללה שונים (חופות עצים ממינים שונים, פרגולות ובדים).

טרם חקיקת התקנות התקיימו ופורסמו דיונים ומסמכים בנושא, מהם אפשר ללמוד על תכלית החקיקה ועל היבטים שלא נכללו בנוסח הסופי. בישיבת הוועדה לזכויות הילד ביולי 2015 הודגשה חשיבות ההצללה, ובייחוד הצללה טבעית, של גני משחקים בשל סוגיות של חום, קרינה ומזג אוויר, והתחממות המתקנים עצמם.¹⁶ בדיון התברר כי התקן הישראלי לגני משחקים (ת"י 1498) אינו מחייב הצללה, ולכן נדרשה התערבות המחוקק להפיכת התקינה בנושא למחייבת, שכן במצב של המלצות בלבד התחולה היא חלקית ואין עליה פיקוח. באותה

¹⁵ גן שעשועים" מוגדר כאתר בשטח ציבורי פתוח שמצויים בו מתקנים המיועדים בעיקר לשימוש ילדים.
¹⁶ הוועדה המיוחדת לזכויות הילד, ישיבה מיום 14/07/2015, בנושא [הצללה במגרשי משחקים](#). פרוטוקול מס' 8.

שנה הוגשה לכנסת הצעת חוק פרטית לתיקון חוק התכנון והבנייה כך שיחייב הצללה בגינות שעשועים.¹⁷ ההצעה לא כללה מדדים לכימות הצללה בגני שעשועים (בגינות ציבוריות או במוסדות חינוך), אלא ניסחה דרישה עמומה להצללה נאותה בהתאם לתקנות שיקבע שר הפנים. ההצדקה להצעה תיארה את הצורך בהצללה כצורך בריאותי חיוני, משום שחשיפת הילדים לשמש גורמת ל"התייבשות, סחרחורת, כוויות קשות, פריחות ואלרגיות, דיכוי המערכת החיסונית של העור ובטווח הבינוני והארוך – סרטן העור". גם בדברי ההסבר שצורפו לטיטוט התקנות שפורסמה לעיון הציבור בדצמבר 2018 צוין כי תכלית התקנות היא הגנה על ילדים ופעוטות מ"סכנות הכרוכות בחשיפה לשמש".¹⁸

מסמכי מדיניות

מסמך הנחיות לתכנון צל במרחב הציבור שהכינו תמי הירש ושחר צור עבור עיריית תל אביב-יפו בשנת 2017¹⁹ הוא אולי מסמך המדיניות הראשון שפורסם בישראל בנושא הצללה עירונית וכלל מדדים כמותיים מקיפים. המסמך, שאינו בעל תוקף מחייב, עוסק בהצללה של מרחבים שונים בעיר ובהם רחובות, שטחים פתוחים, שטחי חוץ של מבני חינוך, ספורט וקהילה וחניונים, באמצעות פתרונות הצללה מלאכותיים וטבעיים, כולל הצללה ממבנים. כימות ההצללה נעשה באמצעות חישוב גאומטרי של שטח היטל הצל על פני מישור אופקי ביחס לשטח הכולל של אותו מישור. לפי המסמך, השטח המוצל צריך להיות לפחות 80% משטח הייחוס במקומות הבאים: מוקדי שהייה ועניין (מתקני משחקים, מקומות ישיבה), שבילי מעבר ורחובות (שבהם נדרש כיסוי המשכי של 80%, אולם רק באחת משתי המדרכות ברחוב). המסמך קובע אחוזי הצללה נמוכים יותר לחצרות בתי ספר ולחניונים על-קרקעיים (50%), לכיכרות או לרחובות (40%) ולמרכזי ספורט ולשטחים מגוננים כגון פארקים (20%). המסמך אינו מנמק מדוע נקבעו ספי ההצללה הכמותיים כפי שנקבעו, או את הסיבה להבחנה בין ספי ההצללה הנדרשים בשטחים פתוחים מסוגים שונים. כמו כן, אין במסמך התייחסות ברורה לאופן חישוב גבולות שטח הייחוס בשטחים שהגדרתם עמומה (לדוגמה, כיצד נקבעים גבולות "מוקד שהייה ועניין" מסוג מסוים).

המסמך נוקב בתשעה מועדי ייחוס שבהם מרחב הייחוס צריך לעמוד בסף ההצללה הנדרש: שלוש שעות (10:00, 13:00 ו-16:00) בכל אחד משלושה ימי ייחוס (21 ביוני, 21 באוגוסט ו-21 באוקטובר). אין במסמך הסבר לבחירה במועדים אלה, אולם ניתן להניח כי הכוונה הייתה לייצג את מצב ההצללה לאורך שעות האור בראשית הקיץ ובסתיו. ההנחיות אינן כוללת הסבר ברור מה הוא הכלי שבאמצעותו מחושב היטל הצל על שטח הייחוס אולם יש בו המלצה לבצע את החישוב בתוכנות מידול תלת-ממדיות הזמינות בשוק (כגון אוטוקאד, רויט, סקצ'אפ וריינו).

לצד החישוב הכמותי, מציג מסמך ההנחיות שיטה להערכת איכות הצללה הכוללת ארבעה היבטים של השפעת אמצעי ההצללה על האקלים המקומי בקרבנו (טמפרטורת אוויר, לחות, פליטת חום והגבלת רוחות), שני היבטים של נוחות ובריאות (מעבר אור והגנה מקרינת UV), ושני היבטים של תחזוקה (אורך חיים ותכיפות

¹⁷ [הצעת חוק התכנון והבנייה \(תיקון – חובת התקנת אמצעי הצללה בגני-שעשועים\), התשע"ו-2015](#), הוגשה בישיבת הכנסת שהתקיימה ב-09/11/2015.

¹⁸ משרד המשפטים, אתר החקיקה הממשלתי, [טיטוט תקנות התכנון והבניה \(הצללה בגן שעשועים\), התשע"ט-2019](#), 20/12/2018.

¹⁹ הירש, ת. וצור, ש. (2017). תא/9083, [מסמך הנחיות לתכנון צל במרחב הציבור](#), עבור תכניות פיתוח ועיצוב אדריכלי ופרוייקטים עירוניים במרחב"צ. משרד אדריכל העיר – מנהל הנדסה, עיריית תל אביב-יפו.

התחזוקה). כל אמצעי הצללה (טבעי או מלאכותי) מדורג בהתאם לכל אחד מההיבטים (בסולם שמונה שלוש דרגות: מספק, ניטרלי/בינוני וטוב מאוד). בנוסף, המסמך מציג ארבעה תנאי יסוד לטיפול עצי צל בריאים ומאריכי ימים בשטחים מרוצפים, מאפיין עצי צל מומלצים לשילוב בתוכניות, ומכתיב הנחיות לתכנון צל לפי סוג המרחב העירוני הפתוח, כגון, העדפת פתרונות הצללה טבעיים, בחירה וטיפול עצים שיבטיחו הצללה איכותית לטווח ארוך, תכנון פתרונות הצללה משלימים לתקופת צימוח העצים, מרווח נטיעה מינימלי ועוד. עם זאת, המסמך אינו מספק כלי יישומי להשוואה בין חלופות תכנוניות ואינו בוחן את מידת הישימות של ספי הצללה שנקבעו בו בתרחישי תכנון שונים.

מדיניות והנחיות להצללה במרחב העירוני הציבורי פותחו בשנים 2017-2019 על ידי צוות מחקר

בהובלת אדריכלית נעמי אנג'ל, שהייתה אז מתכנתת מחוז תל אביב במינהל התכנון, לימור שעשוע-בר, אביבה פיטרס וסמדר מאיר. העבודה, שלא קיבלה תוקף מחייב ולא פורסמה במסמך רשמי של מינהל התכנון, התמקדה בהצללה ברחובות, בצירי הליכה ובשבילי אופניים.²⁰ מטרת העבודה הייתה לקבוע קריטריונים כמותיים ואיכותיים לתכנון צל רציף במרחב העירוני ציבורי ולגבש הנחיות עבור הצללה מיטבית. העבודה קבעה כי מטרת ההצללה היא למנוע באופן מוחלט עומס חום על גוף האדם (נוחות תרמית מלאה), ומיעד זה נגזרו יעדים כמותיים המחושבים באמצעות מדד חדש בשם מדד מצ"ל (מדד צל למרחב העירוני הציבורי). המדד פותח על בסיס סדרה של מדידות אקלימיות מדגמיות ברחובות עירוניים וסימולציות תרמיות שבהן נבחנו תרחישי תכנון שונים בשעות היום בחודש יולי במישור החוף.

מדד מצ"ל הוא מדד גאומטרי במהותו, הקובע יעדים על פי היחס שבין שטח ההיטל של אמצעי הצללה על משטח אופקי לבין שטח הייחוס (ברוב המקרים, שטח זכות הדרך במקטע רחוב). המדד מבחין בין איכות הצל של אמצעי הצללה שונים, ומעניק משקל שונה לעצים בצפיפויות עלווה שונות ולאמצעי הצללה מלאכותיים שונים. את המשקל הרב ביותר מעניק המדד לעצים צפופי עלווה. כך למשל נקבע כי ברחוב עם עצים בעלי עלווה צפופה נדרש כיסוי צמרות של 60% לפחות משטח זכות הדרך, אולם אם ההצללה נעשית באמצעות פרגולות בלבד, יידרש אחוז כיסוי גבוה יותר, של 85% לפחות. עבודה זו לא בדקה עד כמה קל ליישם את יעדי ההצללה שנקבעו בה במורפולוגיות עירוניות שונות, או עד כמה היעדים שנקבעו בה מתקיימים כבר עתה במרחבים עירוניים בישראל.

התבססותו של המדד על חישוב שטח ההיטל האנכי של אמצעי הצללה מתעלמת מהשוני שבהיטלי הצל על פני הקרקע בכיווני רחובות שונים, בחתכי רחוב שונים ובשעות שונות. נתונים אלה מובלעים אמנם במדד שפותח, משום שהסימולציות התרמיות שעמדו בבסיסו בוצעו עבור רחוב בהפניה מזרח-מערב וביחס גובה/רוחב של 1. אולם רחוב כזה מייצג תרחיש ייחוס מחמיר שאינו אופייני למצבי תכנון רבים. מכאן שעבודה זו קבעה יעדי הצללה גורפים בלי להבחין בין מורפולוגיות עירוניות שונות שבהן ניתן היה אולי להבטיח נוחות תרמית בקיץ גם כאשר ספי התכנון נמוכים יותר מכפי שנקבע בעבודה. בנוסף, התבססותה של העבודה על ההנחה כי באמצעות הצללה ניתן להגיע לנוחות תרמית בקיץ הישראלי, הגם שגובתה במספר מדידות מדגמיות שנערכו במטרופולין תל אביב, אינה עולה בקנה אחד עם ממצאים של מחקר המבוסס על מדידות במאות נקודות שערךנו בתל אביב

²⁰ העבודה הוצגה בישיבת מליאה מספר 865 של הוועדה המחוזית תל אביב ביום 03.09.2018, ותמצית שלה פורסמה במאמר: Peeters, A., Shashua-Bar, L., Meir, S., Shmulevich, R. R., Caspi, Y., Weyl, M., Motzafi-Haller, W. & Angel, N. (2020). A decision support tool for calculating effective shading in urban streets. *Urban Climate*, 34, 100672.

ובכפר סבא. מחקר זה הראה כי במקרים רבים בקיץ, הצללה מצוינת אינה ערובה לתנאים של נוחות תרמית מלאה, הגם שהיא חיונית להורדה משמעותית בעומס החום בשעות היום.²¹ מכאן עולה כי בגיבוש מדד כמותי להצללה יש טעם להתמקד בתרומה היחסית של הצללה להפחתה ניכרת בעומס החום ולא בתרומתה האבסולוטית להשגת נוחות תרמית מלאה בקיץ.

ניתוח עלות-תועלת של הצללה בישראל שבוצע בעבור משרד הבריאות ומשרד הבינוי והשיכון בשנת 2019²² אמד את התועלות הבריאותיות הצפויות מהצללה בשל הפחתת תחלואה ותמותה מוקדמת, אולם ללא קביעת יעדים מדידים או הנחיות מעשיות לתכנון הצללה. העבודה התמקדה בשלוש תועלות מרכזיות – הפחתת הסיכון לסרטן עור על ידי צמצום החשיפה לשמש; הפחתת החשש למגוון תחלואות באמצעות תמריץ לפעילות גופנית בדמות הצללה; והפחתת מזהמים באמצעות הצללה טבעית. המחקר הדגיש את ההבדלים בתועלות בין אמצעי הצללה טבעיים ומלאכותיים, ובין קבוצות היעד השונות באוכלוסייה לאור רגישותם לגורמי התחלואה שנבחנו. תוצאות העבודה העלו כי מידת התועלת של הצללה מלאכותית דומה לזו של הצללה טבעית, בעיקר כיוון שהצללה טבעית מבטאת תועלת מלאה רק כעבור שנים, כאשר העץ מגיע לבגרות. עם זאת, אומדן התועלת מהצללה טבעית לא לקח בחשבון תועלות אסתטיות, הפחתת חום עירוני ויתרונות אקולוגיים של עצים במרחב העירוני. בנוסף, העבודה לא עסקה בהצללה ממבנים, אך העריכה כי להצללה זו תועלות עצומות.

מסמך המדיניות העדכני ביותר שפורסם בישראל בנושא הצללה הוא **מדריך ארצי לצל עצים במרחב הבנוי** שפורסם על ידי מינהל התכנון ומשרד החקלאות ופיתוח הכפר בשנת 2020.²³ המדריך נועד לקדם שימור ונטיעת עצים בכל רמות התכנון ולגבש אמות מידה ליצירת צל עצים רציף ואיכותי במרחב הבנוי. עם זאת, המדריך אינו כולל מדדים כמותיים (למעט התייחסות יחידה לתכנון רחבות ציבוריות מרוצפות, שם מצוינת שאיפה להצללה של לפחות 30% מהשטח הפתוח של הרחבה) ומתייחס לתרומה החשובה של מבנים או אמצעי הצללה מלאכותיים להצללת המרחב הבנוי כמצב נתון ולא כיעד תכנוני. המדריך הוא בעל מעמד מנחה ומכאן שהנחיותיו הן בגדר המלצה בלבד.

המדריך מתווה עקרונות תכנון, כגון תיעדוף נטיעת עצי צל ברחובות בעלי פוטנציאל הליכתיות גבוה או ברחובות "שאינם מקבילים די הצללה מבינוי ומאלמנטים אחרים", הגם שלא ברור מהמסמך כיצד יש להגדיר "די הצללה". המדריך קורא לקדם הצללה באזורים המשמשים לשהייה, למשחק ולהמתנה, ולהכין תוכנית אב יישובית לנטיעת עצים. בנוסף הוא קובע מרווחי נטיעה בין עצים ומציין קוטר נוף מומלץ לעצים בהתאם לרוחב הרחוב אך מסייג כי אין מדובר בהנחיות פרטניות אלא בכללי אצבע מנחים וכי יש להתאים את פתרונות ההצללה למאפייני הבינוי, לפעילות ברחובות, למגבלות בטיחות ועוד.

²¹ Aleksandrowicz, O., & Pearlmutter, D. (2023). The significance of shade provision in reducing street-level summer heat stress in a hot Mediterranean climate. *Landscape and Urban Planning*, 229, 104588.

²² בקר, נ. ונביעות, א. (2019). [ניתוח עלות-תועלת של הצללה בישראל](#). משרד הבריאות, מכללת תל חי, משרד הבינוי והשיכון.

²³ מינהל התכנון ומשרד החקלאות ופיתוח הכפר (2020). [מדריך ארצי לצל עצים במרחב הבנוי](#).

מסמכי מדיניות ותקינה מחוץ לישראל

בסקירת מסמכי הצללה מן העולם התמקדנו במסמכי מדיניות העוסקים בצורה מפורשת ורחבה בנושא הצללה במרחב הפתוח בסביבה עירונית כדי ללמוד מהם על הסיבות לאימוץ המדיניות, על אופן הגדרת יעדי הצללה ועל שיטות החישוב המיושמות בתכנון (ככל שיש כאלה). על סמך סקירה זו ניתן לקבוע כי נושא הצללה זוכה להתייחסות מקיפה ורצינית בנושא תכנוני במדינות מועטות בעולם, וגם במקרים שבהם קיימת התייחסות כזאת לא ברורה מידת הישימות והיישום בפועל של ההנחיות הכלולות במסמכים. משום כך, חשיבותם של מסמכים אלה היא לרוב בעצם היכולת להתרשם מכיווני חשיבה שונים ומדגשים שונים, משום שהיכולת לאמץ אותם במלואם או לעצב על בסיסם מערך תקינה מפורט שניתן יהיה להטמיע גם בארץ מוגבלת.

בחרנו להציג את הממצאים תוך הבלטת מדינות שבהן ניתן משקל רב יחסית לגיבוש מדיניות הצללה כחלק ממערכות התכנון. כך לדוגמה, באבו דאבי מצאנו שורה ארוכה של מסמכים הכוללים מדדים כמותיים מפורשים וכלים חישוביים המתייחסים לתכנון המרחב הציבורי, במסגרת חזון כולל המקדם קיימות עירונית והתמקדות בקנה המידה האנושי ובנוחות תרמית. באוסטרליה מצאנו מסמכים ברמות מנהליות שונות – מדינית, אזרית, עירונית וסקטוריאלית – עם דגשים משתנים, אך ניתן היה לזהות שתי תכליות מרכזיות להצללה: הגנה מהשמש מטעמי בריאות, וקירור עירוני או יצירת סביבה עירונית טובה. מרבית המסמכים באוסטרליה כללו המלצות בלבד ללא שימוש במדדים כמותיים. במדינת אריזונה בארצות הברית נכתבו מספר עבודות שהדגישו את חשיבות הצללה והציגו בחלקן מדדים כמותיים, תוך התמקדות בהיבטים שונים של נוחות תרמית, הפחתת אי החום העירוני ויצירת ערים בריאות ומשגשגות. באונטריו שבקנדה מספר עבודות שנעשו בנושא נבעו בראש ובראשונה מתוך רצון להגביר מניעה של סרטן עור והתמקדו בהגדרת המקומות והזמנים שבהם נדרשת הצללה מתוך שאיפה להגן על אוכלוסיות פגיעות, כמעט ללא שימוש במדדים כמותיים להצללה. ברוטרדם ובפריז נראה כי ההתמודדות עם חום עירוני היא חדשה יחסית, ובהתאם לכך ההתייחסות לנושא היא עדיין בראשיתה ונובעת מהשאיפה להגביר את החוסן האקלימי של ערים. היוזמה הגלובלית לעיצוב עירוני, שהיא גוף על-מדינתי, עסקה גם היא בנושא הצללה במסגרת הנחיות לעיצוב רחובות המקדמים את הבריאות והרווחה. סקירה מפורטת של כל המסמכים מופיעה להלן.

אבו דאבי

יזמת הקיימות (Estidama) שאפה להפוך את אבו דאבי למודל של עירוניות מקיימת, תחת חזון לאומי שביקש לאזן בין הסביבה, הכלכלה, החברה והתרבות. בהסתמך על חזון זה פורסמו מסמכים שונים שכללו התייחסות להצללת המרחב הציבורי בניסיון לספק רחובות ומקומות נוחים המגיבים לאקלים המקומי ומקלים על השימוש במתקני מפתח בכל שעות היום ובכל השנה. המרכזיים שבהם היו מדריך לתכנון המרחב הציבורי ותוכנית אב להליכה ורכיבה, מסמכים המבוססים על מערכת תקני "דירוג הפנינה" הכוללים מתודולוגיות חישוב ודרישות מפורטות לעמידה בתקנות.

דירוג הפנינה (Estidama Pearl Rating System) דומה במבנהו לתקן בנייה ירוקה, ומיועד להערכה של פרויקטי פיתוח בקנה מידה שכונתי. הדירוג הנוגע לשיטת דירוג קהילות²⁴ כולל שבע קטגוריות – תהליך פיתוח משולב, מערכות טבעיות, סביבות ראויות לחיים (Livable Spaces, Livable Communities), מים, אנרגיה, חומרים וחדשנות. דירוג הבסיס דורש מילוי כל ההוראות המחייבות, ולאחר מכן ניתן להשיג דירוג גבוה יותר באמצעות מילוי חלקים שונים של ההנחיות המומלצות וצבירת נקודות זכות בקטגוריות השונות. תחת קטגוריית סביבות ראויות, מכיל התקן דרישה לאסטרטגיה לנוחות תרמית (LC-R4: Outdoor Thermal Comfort Strategy) שתכליתה שיפור הנוחות התרמית בעונות המעבר והפחתת אי-הנוחות התרמית בחודשי הקיץ במקומות ציבוריים ובשבילים, וכן זיהוי אזורי עדיפויות להצללה להשגת מטרות אלו. האסטרטגיה צריכה לשקול אלמנטים נוספים מלבד הצללה, כגון, כיווניות, אורור, משטחים בעלי אלבדו (מקדם רפלקטיביות) גבוה ועוד.

דרישות ההצללה המינימליות, האמורות להתממש באמצעות מבנים ואמצעי הצללה שונים, מפורטות בטבלה 1 להלן. הן מבוססות על כימות גאומטרי של שטח ההצללה המושג בזמני הייחוס יחסית לשטח הכולל שעבורו נעשה החישוב. דרישות נוספות שכולל הדירוג מתייחסות למאפייני אמצעי ההצללה – המשטח החשוף לשמש של אלמנטים מלאכותיים צריך להיות בעל מקדם רפלקציה סולארית (Solar Reflectance Index – SRI) של 29 לפחות (על פי תקן אמריקאי או הצהרת יצרן), והצללת עצים צריכה להימדד תוך שלוש שנים מנטיעתם. על פי הדירוג, באזורי עדיפות יש להדגים את ההצללה המוצעת מכל האלמנטים בשעה 13:00 גם ביום השוויון הסולארי באביב (21 במרץ) וגם ביום ההיפוך הקיצי (21 ביוני), וכן סיכום של התוצאות המראות את אחוז ההצללה המינימלי המושג במרחב הציבורי ובאזורי העדיפות באותם זמנים. אזור העומד בדרישות המינימום חייב להיות מוצל בשני המועדים. גם לגבי רחובות ראשיים וגם לגבי רחובות משניים, השטח המוצל המינימלי הנדרש חייב לתת עדיפות לאזור המיועד להולכי רגל ברוב 1.8 מטר (through zone).²⁵ אמצעי הצללה מחורר (רשת, סבכה) המספק הצללה חלקית של 60% או יותר משטח הפנים הכולל שלו נחשב בדירוג כמעניק הצללה מלאה; ברמת חירור גבוהה יותר, יש לחשב את ההצללה על סמך השטח החלקי המוצל בפועל.

²⁴ Abu Dhabi Urban Planning Council (2010). The Pearl Rating System for [Estidama Community Rating System](#).
²⁵ במדריך תכנון הרחובות של אבו דאבי משנת 2015, מוגדר אזור להולכי רגל אשר מורכב מכמה מקטעים מקבילים: (א) חזיתות המבנים, (ב) אזור המעבר (through zone) – אזור פנוי מכל מכשול להליכה חופשית של הולכי רגל, (ג) מתקנים – אזור המכיל עמודי תאורה, ריהוט ועצים ומהווה אזור חיץ ראשוני בין הולכי הרגל לצירי התנועה, (ד) שביל רכיבה (שאינו מחויב בכל רחוב), (ה) קצה האזור המהווה ממשק לנתיבי הנסיעה או חניות הרחוב. אחוזי ההצללה נמדדים רק לגבי סעיף ב' לעיל. מדריך זה אינו כולל דרישות להצללה אלא מפנה למדריך התכנון למרחב הציבורי, ולמערכת דירוג [The Pearl Rating System for Estidama](#).
Abu Dhabi Urban Planning Council (2015). [Abu Dhabi Urban Street Design Manual](#).

נוסף על דרישות החובה, ניתן לקבל נקודות זכות בגין שיפור הנוחות התרמית באמצעות הצללה (LC-9: Improved Outdoor Thermal Comfort), כמתואר בטבלה 2.

טבלה 1: דרישות הצללה מינימליות לצורך נוחות תרמית

Table LC-R4a: Minimum shading requirements

Public Realm Space	Minimum % shading
Exterior Surface Car Parking with more than 10 spaces (including parking on roof surfaces)	40%
Public Open Spaces	60%
Primary Pedestrian Walkways (based on 1.8m width within the through zone).	75%
Secondary Pedestrian Walkways (based on 1.8m width within the through zone).	75%
Cycle Tracks	50%
Playgrounds	90%

טבלה 2: ניקוד נוסף בגין שיפור הנוחות התרמית

Public Realm space	Percentage shading threshold		
	1 credit point	2 credit points	3 credit points
Exterior Surface car parking with more than 10 spaces (including parking on roof surfaces)	50%	55%	60%
Public Open Space	65%	70%	75%
Primary Pedestrian Walkway (based on 1.8m width within the through zone)	80%	85%	90%
Secondary Pedestrian Walkway (based on 1.8m width within the through zone)	80%	85%	90%
Cycle tracks	55%	65%	75%

תחת אותה קטגוריה, קיים גם סעיף המתייחס להליכתיות (LC-6: Community Walkability) ונועד לשיפור בריאות הציבור, הגדלת הנגישות, הפחתת ההסתמכות על רכב פרטי ושיפור הקהילתיות באמצעות יצירת סביבה מיטבית להולכי רגל. תחת סעיף זה ניתן לצבור נקודות זכות באמצעות הוספת מקום מנוחה מוצלל ב-100% כל 350 מטר לפחות לאורך דרכי הליכה ראשיות. גם בהקשר זה מדידת הצללה היא ב-13:00 ב-21 במרץ וב-21 ביוני. נושא הצללה מופיע בשיטת דירוג הקהילות גם תחת קטגוריית האנרגיה – הנחיות לאנרגיה במבנים, אסטרטגיות קהילתיות לקירור פאסיבי (דורש ניתוח של מיקום השמש ביחס לכדור הארץ וקרינת השמש לאורך השנה) והפחתת אי החום העירוני. במסגרת זו, ניתן לקבל נקודות זכות על הצללה של 70% או יותר מכלל

השטחים הציבוריים הפתוחים שאינם גינות ציבוריות (community hardscape areas), למעט כבישים, כאשר זו נמדדת בשעה 12:00 בצהריים (זמן סולארי) ב-21 ביוני.

נושא ההצללה כלול בדירוג הפנינה גם בחלק הנוגע לשיטת הדירוג של מרחבים ציבוריים (Public Realm Rating System).²⁶ תחת קטגוריית סביבות ראויות, דורש הדירוג אימוץ אסטרטגיה לנוחות תרמית (LS-R1: Outdoor Thermal Comfort Strategy) שתכליתה שיפור הנוחות התרמית במקומות ציבוריים, במרחבי פנאי (לא מגרשי משחק או ספורט) וברחובות. במסגרת זו, דרישות ההצללה המינימליות, שיושגו באמצעים בנויים או טבעיים, מפורטות בטבלה 3 להלן, תוך הבחנה בין דרישות הצללה זמניות אשר מתייחסות לאחוזים שיושגו חמש שנים משתילת הצללה טבעית, לבין אחוזי הצללה סופיים אשר ימדדו כאשר ההצללה תגיע לבגרות (בהתבסס על גודל העצים ברשימת הצמחים במדריך לתכנון המרחב הציבורי, אשר יוצג להלן). האסטרטגיה צריכה להראות אילו אחוזי הצללה הושגו בכל אחד משני השלבים. גם בדירוג זה המשטח החשוף לשמש של אלמנטים מלאכותיים צריך להיות בעל מקדם רפלקציה סולארית (SRI) של 29 לפחות. בסעיף זה ישנם פרמטרים לצורך קביעת מדרג הרחובות (ראשיים, משניים ושלישונים), כגון, מספר הולכי רגל אשר משתמשים בנתיב, יכולת לעודד נייודות מקיימת, קרבה למחוללי תנועה ועוד. חישוב ההצללה מתייחס לרצועת הליכה רציפה ללא הפרעות (through zone) בהנחה שהשמש נמצאת בזנית ב-21 ליוני, על אף שהנחה זו כמעט שאינה מייצגת מציאות ממשית (בשעת הצהריים הסולארית ב-21 ביוני זווית הנטייה של השמש ביחס לקרקע באבו דאבי קרובה ל-90 מעלות, אבל זוהי נקודה אחת בזמן שאינה מייצגת שעות אחרות באותו יום או מועדים אחרים).

טבלה 3: דרישות הצללה מינימליות לצורך נוחות תרמית ביחס לזמני צמיחת עצים

Table LS-R1a: Minimum shading requirements

Public Realm Space	Minimum % shading	
	Interim Shade Provision Shade measured at 5 years growth after planting (applies only to natural shading)	Final Shade Provision Shade measured at maturity (applies to both natural and structural shading)
Exterior Surface Car Parking with more than 10 spaces (including parking on roof surfaces)	40%	
Bicycle Parking Spaces	90%	
Seating areas	30%	70%
Playgrounds	90%	
Primary Pedestrian Walkways (based on 1.8m width within the through zone)	35%	75%
Secondary Pedestrian Walkways (based on 1.8m width) within the through zone)	25%	60%
Tertiary Pedestrian Walkways	0%	
Cycle Tracks (non-recreational)	50%	

Abu Dhabi Urban Planning Council (2016). The Pearl Rating System for [Estidama Public Realm Rating System](#).²⁶

בשנת 2015 החלה מועצת התכנון העירוני של אבו דאבי להפעיל כלי אינטראקטיבי מקוון לתכנון ולעיבוד רחבות²⁷ אשר כלל גם מחשבון הצללה בסיסי (Estidama Shading Calculation) לחישוב הצללה שמושגת מאלמנטים שונים ברצועת הליכה שרוחבה הוא 1.8 מטר (אפשר לבדוק כל מדרכה בנפרד או את שתיהן יחדיו), בשני טווחי זמן – חמש שנים מיום שתילת עצים, וכאשר העצים מגיעים לבגרות. החישוב הוא חישוב גאומטרי פשוט שמבוסס על ייצוג ההיטל על משטח אופקי של האלמנטים הבאים: קומות עליונות של הבניין הבולטות מעל אזור הבדיקה; צמרות עצים המחושבות כעיגול המייצג את קוטר הצמרת לפי סוג העץ (מתוך רשימת עצים נתונה); אלמנט הצללה מלאכותי המחושב כמלבן אטום ואחיד; וקולונדות. הנחת הבסיס של החישוב היא שהשמש נמצאת בזנית מעל האזור המוצל. המחשבון (איור 1 להלן) מכיל גם פירוט של אחוז ההצללה הנדרש על פי שיטת דירוג המרחבים הציבוריים וחיווי אם היעד מושג. אחוז ההצללה מחושב כיחס בין שטח ההיטל של כל האלמנטים (עצים מסוגים שונים, הצללות בנויות) המסוככים על "מסדרון הליכה" שרוחבו 1.8 מטרים (גם אם המדרכה עצמה רחבה יותר) לבין שטח מסדרון ההליכה עצמו. על פי הדירוג המוטמע במחשבון, בטווח הזמן הקצר (חמש שנים) נדרש שיעור הצללה (מכל האלמנטים) של 35% ברחובות הליכה ראשיים, 25% ברחובות משניים, ו-30% באזורי ישיבה. כאשר עצים מגיעים לבגרות נדרש שיעור הצללה של 75% ברחובות הליכה ראשיים, 60% ברחובות משניים, ו-70% באזורי ישיבה.

Shading Summary Table over 100.0 m		Trees at 5 Years Growth after Planting		Trees At Full Maturity		
	% Achieved	Requirements		% Achieved	Requirements	
1.8m of the Trough Zone	0%	Primary Walkway	35% ❌	0%	Primary Walkway	75% ❌
		Secondary Walkway	25% ❌		Secondary Walkway	60% ❌
Seating Areas	0%		30% ❌	0%		70% ❌

Shading Legend: Shading Object, Shading from tree after 5 years, Shading from tree at full maturity. Legend: Pass (green check), Fail (red X). Export to PDF button.

איור 1: תצלום מסך של מחשבון אחוזי הצללה נדרשים

מועצת התכנון העירוני של אבו דאבי פרסמה בשנת 2011 מדריך לתכנון המרחב הציבורי (Public Realm Design Manual – PRDM) כחלק מחזון לאומי לשנת 2030.²⁸ החזון כלל התייחסות לקיימות; פיתוח בקנה מידה אנושי וסביבה ידידותית להולכי רגל; שימור האקולוגיה הייחודית; שמירת הבטחון והבטיחות של הציבור (מניעת פשיעה באמצעות עיצוב הסביבה). מדריך התכנון כלל עקרונות עיצוב כלליים המגדירים אחוזי הצללה מינימליים נדרשים לטיפוסי מרחבים שונים (פארקים, רחובות, קו המים, ומקומות ציבוריים; נספח א'). אלא שעדכון למדריך שפורסם בשנת 2018²⁹ התמקד בשני סוגי מרחבים בלבד, שטחים פתוחים ורחובות (אותם חלקי רחוב שאינם כבישים ואינם חלק מפיתוח מבנים – מדרכות, אזורי גינון). במדריך משנת 2018 תוארה הצללת המרחב הציבורי ככלי ליצירת רחובות ומקומות נוחים המגיבים לאקלים המקומי ומקלים על השימוש במתקני מפתח בכל שעות היום ובכל השנה. ברוח זו, מטרת התכנון לפי המסמך היא לאמץ אסטרטגיה כוללת להשגת רמה גבוהה של נוחות תרמית בשטח הפתוח (outdoor thermal comfort), תוך התמקדות בפתרונות

Abu Dhabi Urban Planning Council (2015). Abu Dhabi Urban Street and Utility [Design Tool](#) and [User Guide](#).²⁷
Abu Dhabi Department of Urban Planning and Municipalities (2011). [Abu Dhabi Public Realm Design Manual](#).²⁸
Abu Dhabi Department of Urban Planning and Municipalities (2018). [Abu Dhabi Public Realm Design Manual](#).²⁹

עיצוביים שנועדו לספק הצללה לחניות מכוניות ואופניים, למדרכות, לשבילי אופניים, לתחנות הסעה ולאזורי משחק, ישיבה והתקהלות. במסמך זה נכללה הנחיה כמותית הנוגעת להצללה רק ביחס לגני משחקים: המסמך קבע חובת הצללה של 90% לאזורי המשחק, וישיבה מוצלת אחת לפחות למבוגרים מלווים לכל 20 מ"ר של אזור משחקים. ניתנה גם המלצה להצללה של 40% לאזורי משחק לא רשמיים. גרסה מעודכנת של המסמך משנת 2022 לא הכילה שינויים ממשיים בכל הנוגע לנושא ההצללה.³⁰

תוכנית האב של אבו דאבי להליכה ולרכיבה על אופניים³¹ כללה התייחסויות רבות להצללה תחת הנושא של הגנה אקלימית (Climatic Protection). על פי המסמך, עיצוב המרחב המשותף צריך לעשות שימוש מיטבי בהצללה ובאלמנטים נופיים (ריהוט רחוב, תאורה, צמחייה וריצוף) לשיפור הנוחות של הולכי הרגל והרוכבים, כאשר להצללה תפקיד חשוב בקידום הליכה ורכיבה. התוכנית כללה פרק מיוחד להצללה ולקירור אשר התייחס לתנאים האקלימיים הקיצוניים השוררים באבו דאבי בחודשים אפריל-אוקטובר – טמפרטורת אוויר ממוצעת מעל 45 מעלות ולחות יחסית גבוהה. עקרונות מנחים לפיתוח אסטרטגיית ההצללה כללו אופטימיזציה של הצללה באמצעות מבנים; הצללה של נקודות מפתח מרחביות (צמתי תחבורה, אזורים עם היקף רחב של הולכי רגל, מקומות מנוחה פופולריים), התמקדות באזורים עם שעות חשיפה רבות יותר לשמש ועוד.

אוסטרליה

באופן מסורתי, הצללה בסביבות עירוניות נתפסה באוסטרליה כנושא מרכזי במסמכי מדיניות שעסקו במניעת סרטן עור. בשנים האחרונות, עם זאת, ניכרת הכרה בחשיבותה של ההצללה גם בהתמודדות עם אי החום העירוני ובשיפור הנוחות התרמית במרחב העירוני הפתוח. ככלל, למרות ההכרה הרחבה בחשיבותה של הצללה כאמצעי תכנוני, ברוב המקרים הנחיות אלה נמנעו עד היום מהצבת יעדים כמותיים ברורים לחישוב רמות הצללה רצויות, וככל שהוצבו יעדים כאלה, הם נגעו בעיקר לשיעור כיסוי צמרות עצים (tree canopy cover) עירוני שממנו ניתן לגזור גם רמות הצללה מעצים בסביבה העירונית, הגם שללא התמקדות בהצללת רחובות או שטחים פתוחים.

המכון האוסטרלי לבריאות סביבתית פרסם בשנת 2007 את אחד המסמכים המוקדמים ביותר הנוגעים למדיניות הצללה באוסטרליה.³² מטרת המסמך הייתה לסייע לגורמי הממשל המקומיים ביצירת סביבה מקיימת, בריאה ובטוחה באמצעות הצללה עם דגש על מניעת חשיפה לקרינת UV, בקיץ ובחורף, ובתוך כך מניעת סרטן העור. ההנחיות נועדו ליישום בתכנון פרויקטים חדשים ובשדרוג מתקנים קיימים, תוך התייחסות ל-12 סוגי מרחבים ציבוריים – חופים, שבילי אופניים, חניות, נקודות תצפית, אזורי פיקניק, פארקים, קניונים, בריכות, מגרשי ספורט ועוד – אולם לא ברחובות עירוניים. ההנחיות הגדירו מדדים כמותיים מומלצים של הצללה במרחבים אלה (טבלה 4), כולל התייחסות לסוג ההצללה (טבעית, בנויה, ניידת). בתכנון הצללה, ההנחיה במסמך הייתה לתת את הדעת על תנועת השמש במהלך היום ולשים דגש על השעות שבהן קרינת השמש היא החזקה ביותר והסיכון הבריאותי הוא הגבוה ביותר, כלומר בין 09:00 ל-15:00. המלצות נוספות שנכללו במסמך

Abu Dhabi Department of Urban Planning and Municipalities (2022). [Abu Dhabi Public Realm Design Manual](#).³⁰

Government of Abu Dhabi (2014). [Walking and Cycling Master Plan](#).³¹

Stoneham, Melissa, Earl, Cameron, & Baldwin, Louise (2007). [Creating shade at public facilities: Policy and guidelines for local government](#) (Edition 2). Australian Institute of Environmental Health (AIEH), Australia.³²

נוגעות לשימוש באלמנטים אנכיים כדי להתמודד עם זווית פגיעת שמש נמוכה (למשל, בתחנות הסעה) ולבחירה בחומרים אשר מספקים הגנה מרבית מקרינת UV (לפחות 94% הגנה). מסמך מוקדם נוסף שהתייחס לשימוש בהצללה כדי למנוע סרטן עור יצא לאור בשנת 2013 מטעם מועצת הסרטן של ניו סאות' ויילס.³³ במסמך לא פורטו יעדי הצללה כמותיים אולם הודגש בו הצורך בהצללה ונכללו בו המלצות ליישום הצללה במרחבים ציבוריים כגון גני משחקים, בריכות, מגרשי ספורט, חופים, בתי ספר, גנים ועוד.

טבלה 4: הצללה חיונית ומומלצת למרחבים ציבוריים שונים

סוג	הצללה מומלצת מיקום	סוג	הצללה חיונית מיקום	מרחב ציבורי
טבעית	כל 10-15 מטר	טבעית	כל 15-20 מטר	שבילי אופניים
בנויה	ובנוסף הצללה למתקני שתייה ונקודות מנוחה			
טבעית	20%	טבעית	10%	חניות
בנויה	דרך גישה			
		50% גג בנוי, ו-50% טבעי או בנוי	2 מ"ר לכל ילד	גני ילדים מורשים
		50% גג בנוי, ו-50% טבעי או בנוי	1 מ"ר לכל ילד	גני ילדים לשעות מוגבלות
בנויה	אזורים שבהם אנשים מתאספים כולל כל מקומות הישיבה ואזורי ההמתנה	טבעית	אזורים שבהם אנשים מתאספים כולל כל מקומות הישיבה ואזורי ההמתנה	מתקני ציבור
טבעית	75% מאזורי ההמתנה הסמוכים			

החל מאמצע העשור הקודם הוכנו באוסטרליה מסמכי מדיניות שונים שבהם הצללה, ובעיקר הצללה באמצעות עצים, נתפסה כאמצעי לקירור עירוני. כך לדוגמה, ארגון Low Carbon Living פרסם בשנת 2017 בתמיכת ממשלת אוסטרליה מדריך אסטרטגיות לקירור עירוני³⁴ שהתמקד בתופעת אי החום העירוני, בגורמים לה, בתועלות מהפחתתה ובאמצעים לעשות זאת, בין השאר באמצעות הצללה. אסטרטגיית הקירור העירוני לשנת 2030 הציבה יעד של 30% כיסוי צמרות עצים עירוני (לעומת שיעורי כיסוי של בין 10% ל-20% בערים אוסטרליות בשנת 2017), לצד אסטרטגיות קירור אחרות, לצורך הפחתת טמפרטורת האוויר במתחמים עירוניים במעלה אחת בחורף ובשתי מעלות בקיץ. במישור העירוני, אסטרטגיית הייעור העירוני של עיריית מלבורן משנת 2013 הציבה יעד שאפתני של 40% כיסוי צמרות עד שנת 2040, מתוך הכרה בתפקידם של עצים בקירור עירוני ובאספקת הצללה.³⁵ תוכנית התשתיות של עיריית קנברה לקירור העיר (2019) כללה יעד של הגעה ל-30% כיסוי צמרות עצים בשנת 2045 ביחס למצב הנוכחי של 21%. על פי התוכנית, עמידה ביעד זה תחייב פעולה גם בשטחים פרטיים.³⁶

Cancer Council NSW (2013). [Guidelines to Shade](#).³³

Low Carbon Living CRC (2017). [Guide to Urban Cooling Strategies](#).³⁴

City of Melbourne (2013). [Central City Urban Forest: Precinct Plan 2013-2023](#).³⁵

ACT government (2019). [Canberra's Living Infrastructure Plan: Cooling the City](#).³⁶

התפיסה האוסטרלית הרואה ביער העירוני אמצעי להתמודדות עם חום במרחב העירוני הניבה גם מספר מסמכים המנסים לנסח כללים מנחים לנטיעת עצים בעיר. כך לדוגמה, מרכז מחקר שיתופי לערים רגישות למים (Cooperative Research Centre (CRC) for Water Sensitive Cities)³⁷ פרסם בשנת 2017 הנחיות לאופטימיזציה של מיקום עצים לצורך שיפור המיקרו-אקלים העירוני.³⁸ על פי המסמך, עצים נמצאו כיעילים בקירור עירוני ובשיפור הנוחות התרמית של בני האדם יותר מתשתיות ירוקות אחרות, כגון שטחים פתוחים ירוקים וגגות או קירות ירוקים, משום שהם מספקים קירור באמצעות דיות והצללה. המסמך קובע עוד, כי מאחר שבתנאי מזג אוויר חמים ושמשיים, קרינת אור (קצרת גלים) ישירה, מפוזרת או מוחזרת, היא הגורם המשפיע ביותר על הנוחות התרמית, והצללה לחסימת הקרינה הסולארית היא קריטית כאמצעי בקרה אקלימי. לאור זאת, הצללה באמצעות עצים צריכה להתבצע במקומות שבהם יש טמפרטורת אוויר גבוהה או באזורים שבהם יש ריבוי של משטחים אטומים (לא טבעיים); מקומות עם אוכלוסייה פגיעה – אחוז גבוה של מבוגרים מעל גיל 65 או ילדים מתחת לגיל 4; ומקומות המושכים קהל רב – נתיבי תנועה, אזורי התכנסות, בתי ספר ומרחבים ציבוריים אחרים. אזורים העונים על שלושת התנאים צריכים לקבל עדיפות גבוהה בהוספת הצללה.

המסמך קבע גם עקרונות לתיעודף הצללה בעצים, אך הדגיש שכדאי להימנע מכפל הצללה: במקום שבו יש כבר הצללה מבניינים, התועלת מעצים היא נמוכה יותר. לפי המסמך, יש לתעדף שתילה של עצים ברחובות רחבים ופתוחים, עם יחס נמוך בין גובה הבניינים לרוחב הרחוב; רחובות בכיוון מזרח-מערב; בחלקי רחוב החשופים לקרינה חזקה יותר (בחצי הדרומי של כדור הארץ – הצד הדרומי ברחובות בכיוון מזרח-מערב, והצד המזרחי ברחובות בכיוון צפון-דרום). עצים צריכים לגדול במקבצים עם חפיפה בין הצמרות, גם בשל השיפור בהצללה וגם בשל הפחתה בצריכת המים. טבלה 5 להלן מדגימה אזורי תיעודף לשתילת עצים (התאים המסומנים באדום), לעומת אזורים אשר בהם מושגת הצללה טובה יותר (תאים בכחול ובירוק), בהתאם למאפייני הבינוי – רוחב וכיוון הרחוב וגובה המבנים.

מסמך הנחיות נוסף שבו הושם דגש על הצללה באמצעות עצים פורסם בשנת 2021 בידי ארגון המועצות האזורי של מערב סידיני (Western Sydney Regional Organisation of Councils – WSROC) כדי לסייע לשלטון המקומי להתמודד עם החום העירוני.³⁹ הצללה הוזכרה במסמך פעמים רבות כאמצעי להפחתת עוצמת אי החום העירוני ולשיפור נוחות תרמית. בין השאר נקבע בהנחיות כי יש לתת עדיפות לצל עצים רציף, במיוחד בנתיבי הליכה מרכזיים. כאשר האפשרות של עצים אינה מעשית כמו למשל במגרשי משחקים ואזורי פיקניק, יש לספק הצללה בנויה – קבועה או ניידת. גם במדינת קווינסלנד פורסמו בשנים האחרונות מדריכי תכנון רבים שהתייחסו בדרך כזו או אחרת להצללה ברחובות ובשטחים ציבוריים, בין אם באמצעות עצים או באמצעים מלאכותיים.⁴⁰ עם זאת, מעבר לאזכור חשיבותה של הצללה, לא הוצגה במסמכים אלה שיטה כוללת לחישוב

³⁷ מרכז המחקר הוקם תחת תוכנית של ממשלת אוסטרליה אשר מעודדת ומממנת הקמת שותפויות בין חוקרים, תעשייה וממשלה שמתמקדות ביישום של ידע מחקרי.

³⁸ Coutts, A and Tapper, N. (2017). [Trees for a Cool City: Guidelines for optimised tree placement](#). Melbourne Australia: Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities.

³⁹ WSROC (2021). [Urban Heat Planning Toolkit](#).

⁴⁰ Department of Transport and Main Roads (2021). [Technical note TN197: Provision of shade along paths](#); Department of Transport and Main Roads (2015). [Public Transport Infrastructure Manual \(PTIM\) 2015](#); State of Queensland (2018). [QDESIGN - Principles for good urban design in Queensland](#); Queensland Government (2020). [Model Code for Neighbourhood Design](#)

הצללה ולתיעדוף תוספת הצללה.

טבלה 5: תיעדוף שתילת עצים בהתאם למאפייני בינוי

Canyon width	Street tree prioritisation									Orientation
Very wide 40m	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	E-W
	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	N-S
Wide 30 m	0.13	0.27	0.40	0.53	0.67	0.80	0.93	1.07	1.20	E-W
	0.13	0.27	0.40	0.53	0.67	0.80	0.93	1.07	1.20	N-S
Medium 20 m	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	E-W
	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	N-S
Narrow 10 m	0.40	0.80	1.20	1.60	2.00	2.40	2.80	3.20	3.60	E-W
	0.40	0.80	1.20	1.60	2.00	2.40	2.80	3.20	3.60	N-S
Canyon height	4 m	8 m	12 m	16 m	20 m	24 m	28 m	32 m	36 m	
	Low			Medium			High			

מסמך ההנחיות העדכני ביותר שפורסם באוסטרליה בנוגע לשימוש בהצללה כאמצעי להתמודדות עם חום עירוני פורסם בשנה שעברה מטעם ממשלת אוסטרליה.⁴¹ נכללה בו התייחסות לכיסוי צמרות בקרבת מתקנים קהילתיים (טבלה 6): מבני חינוך, מתקני בריאות, דיור מוגן, ועוד, כמתקנים המספקים שירותים חיוניים ונותנים מענה לאוכלוסיות פגיעות, בייחוד על רקע אירועי קיצון אקלימיים. המסמך סקר גם מסמכי מדיניות במדינות השונות באוסטרליה שעסקו בנושא החום העירוני במרחבים ספציפיים, עם אזכורים לנושא הצללה, כדלקמן: הנחיות העיצוב למתקני חינוך של מדינת ניו סאות' וילס קבעו מדד שעל פיו לפחות 50% מאזור הישיבה יוצל באמצעות עצים או אלמנטים בנויים; הנחיות לעיצוב גני ילדים במדינה שהמליצו על הצללה טבעית או בנויה שתעניק הגנה מקרינת UV לפחות ב-30% משטח משחקי החוץ; דרישות עיצוב בתי ספר במדינת ויקטוריה שלא כללו אמנם אחוז מינימלי של שטח מוצל אך קבעו כי הצללה צריכה להציע את ההגנה המרבית בשעות השיא של קרינת ה-UV, כולל כיסוי מלא של אזור מתקני המשחק.

⁴¹ McAuley A, Tait O, Kane L, Moleta J, Marchant J and Osmond P (2022). [Planning controls for living infrastructure and urban heat in the community facility zone](#). Final Supplementary Report prepared for ACT Government Environment, Planning and Sustainable Development Directorate, Sustainability Policy Section, June 2022.

טבלה 6: המלצה לאחוזי כיסוי צמרות רצויים במתקנים שונים

Development type	Recommended approach	Sub-types	Block benchmarks		Surface open space/movement network benchmarks		Surface car park benchmarks	
			Canopy	Permeability	Canopy	Permeability	Canopy	Permeability
Schools	Block benchmarks that vary depending on the inclusion of an oval	With ovals	30%	45%	-	-	-	-
		Without ovals	30%	30%	-	-	-	-
Hospitals	Minimum benchmarks for carparks and open space/movement networks		-	-	35%	15%	30%	10%
Aged Care	Block benchmarks using a similar format to DV369, however more ambitious due to the high amounts of vulnerable people		35%	30%	-	-	-	-
Places of Worship and Other Community Services	Minimum benchmarks for carparks and open space/movement networks		-	-	35%	15%	30%	10%
Public Roads in the CFZ	Minimum canopy benchmark for all streets, minimum permeability benchmark based on classification. Subject to future project.		X%	X%				

אריזונה, ארצות הברית

מסמכי הנחיות שונים שמקורם במדינת אריזונה בארצות הברית שמו בשנים האחרונות דגש על הצללה כאמצעי לעידוד תחבורה לא ממונעת ולהפחתת עוצמת אי החום העירוני. המוקדם שבהם היה תוכנית האב לעצים ולהצללה של עיריית פיניקס שפורסמה בשנת 2010.⁴² התוכנית הציבה יעד ייעור עירוני 25% כיסוי צמרות עד 2030 כדי ליצור עיר בריאה יותר, ראויה יותר למגורים ומשגשגת. התוכנית התמקדה אמנם ביער העירוני אך כלה גם התייחסויות להצללה בנויה, על בסיס התפיסה שהצללה היא תשתית עירונית שצריכה להיות מוטמעת בתהליכי תכנון ופיתוח עירוניים. ב-2019 פורסם מסמך המלצות⁴³ שנועד לקדם את השגת המטרה שהוצבה בתוכנית האב. ההמלצות התמקדו בשטחים שבבעלות העירייה או בניהולה, לצד עידוד נטיעת עצים בשטחים פרטיים. עם זאת, אף אחד מהמסמכים לא הציג שיטה כמותית לחישוב הצללה או לתיעודף תוספת הצללה במרחב העירוני.

תוכנית אב נוספת להצללה ולעיבוד רחובות התקבלה בעיר גילברט (Gilbert) במדינת אריזונה בשנת 2021.⁴⁴ התוכנית התמקדה בשטחי חוץ נקודתיים המשמשים לתחבורה פעילה (הליכה, רכיבה באופניים) ולפעילות קהילתית. לצורך כימות רמת ההצללה בעיר, התוכנית התייחסה ל"כיסוי צל" (למעשה, מדובר בכיסוי

City of Phoenix (2010). [Tree and Shade – Master Plan](#).⁴²

Environmental Quality and Sustainability Commission (2019). [Tree and Shade Recommendations](#).⁴³

The design laboratory (2021). [Gilbert – Shade & Streetscape Master Plan](#).⁴⁴

צמרות) ברמות משתנות: 50% כסטנדרט מינימלי, 60% כשיפור ביניים, ו-75% כיעד סופי. מנגד, בחינת המצב הקיים הראתה כי שיעור כיסוי הצל הממוצע במדגם מייצג של רחובות הליכה ראשיים ופארקים הגיע ל-21% בלבד. בנוסף, התוכנית קבעה יעד כיסוי צל של 30% לכל השטחים המפותחים בעיר (מצב קיים – 11%) כולל בתי ספר, פארקים קהילתיים ואזוריים, אזורי מגורים, אזורי מסחר ורחובות, תוך התבססות על ההמלצה של שירות היערות האמריקאי לאזורים צחיחים. התוכנית כללה גם ארגז כלים ליישום תוספות הצללה, ובעיקר לנטיעת עצים נותני צל בסיטואציות מרחביות שונות בסביבות עירוניות. קריטריונים כגון שיפור ההצללה; אינטגרציה עם פרויקטים סמוכים; הצללה למדרכות ולשבילי אופניים; סגירת מרווחי הצללה; קישוריות ליעדים; וסמיכות למסדרונות בשימוש נרחב (שניתן להם משקל לפי החשיבות) נועדו לסייע בתיעדוף פרויקטים וקביעת סדר היישום (ראו טופס תיעדוף פרויקטים בנספח ב').

מסמך הנחיות שהוכן בשנת 2019 כיוזמה של כמה גופים ציבוריים באזור פיניקס בשיתוף עם חוקרים מאוניברסיטת מדינת אריזונה הציג שיטה כמותית לקביעת יעדי הצללה בנתיבי הליכה.⁴⁵ מסלול הליכה נוח תרמית (Thermally Comfortable Pedestrian Route – TCPR) הוגדר במסמך ככזה שניתן ללכת בו מתחילתו ועד סופו (מייל אחד, או 20 דקות) ללא סיכון להעלאת טמפרטורת גוף או לחויה של אי-נוחות תרמית בחודשי הקיץ (מאי עד אוקטובר). על בסיס סטנדרטים קיימים, אי-נוחות תרמית נקבעה כטמפרטורת גולה לחה (Wet Bulb Globe Temperature – WBGT) של 31 מעלות צלזיוס ומעלה. באופן זה ניתן היה לחשב יעדי כיסוי צל (היטל אמצעי ההצללה על משטח אופקי ביחס לשטח של נתיב הליכה) שונים ביחס ליעדים שונים, כדלקמן:

- להשגת דרך בטוחה להליכה במשך כל הקיץ, יעד כיסוי הצל במסדרונות הליכה צריך להיות גדול או שווה ל-62% במהלך השעות החמות ביותר ביום. לא ניתנה הגדרה מדויקת מה הן אותן שעות.
- להשגת דרך בטוחה להליכה לאורך 95% משעות אחר הצהריים בקיץ, יעד כיסוי הצל צריך להיות גדול או שווה ל-30%. לא ניתנה הגדרה מדויקת של מה הן שעות אחר הצהריים.
- להשגת דרך בטוחה להליכה לאורך 90% משעות אחר הצהריים בקיץ, יעד כיסוי הצל צריך להיות גדול או שווה ל-20%.

המסקנה שנבעה מניתוח זה הייתה כי עבור מסלול הליכה רציף של 20 דקות, כיסוי הצל המינימלי הוא 20%, הצללה טובה היא בשיעור 30% כיסוי צל, והצללה מצוינת היא בשיעור של 60% כיסוי צל. במסמך נקבע כי חישוב 20 הדקות כולל גם זמני המתנה, ולכן קשה להסיק מהנחיות אלה מה אורכה המדויק של הדרך שצריכה לעמוד בתנאים אלה. מנגד, ברור כי כדי להשיג יעדים אלה יש ליצור רשת רציפה של הצללה לאורך נתיבי הליכה שבהם מעוניינים למנוע מצב של אי-נוחות תרמית בקיץ.

בהמשך מסמך ההנחיות הוצגה עבודתו של צוות אחר מאוניברסיטת מדינת אריזונה אשר גיבש עקרונות לתכנון הצללה במרחב, בתוכם:

- תכנון הצללה לפי התרחיש המחמיר ביותר (שעות מסוימות בחודשים מסוימים).

Nature's Cooling Systems Project (2019). [Heat Action Planning Guide, for Neighbourhoods of Greater Phoenix](#).⁴⁵ Creating Urban Heat Solutions in the Valley of the Sun

- יצירת רשת של מסלולי הליכה נוחה תרמית לפי העקרונות הכמותיים שנקבעו, בעיקר בשעות אחר הצהריים המאוחרים.
- מיקסום הצללה בזמנים קריטיים, כאשר כיוון הרחוב הוא מזרח-מערב, מאחר שזהו כיוון שקשה להצל עליו באמצעות מבנים (בעיקר בקיץ), עם דגש על הצד הצפוני של הרחוב. ברחובות בכיוון צפון-דרום עם מבנים גבוהים (למעלה משתי קומות) יש להעדיף את האזורים המוצלים באמצעות מבנים.
- מיקום המדרכות קרוב ככל האפשר למבנים כדי להנות מההצללה שלהם וגישה נוחה אליהם. חציצה בין המדרכה לכביש מייצרת מרחב לעצים ולאמצעי הצללה אחרים ומעלה את תחושת הבטיחות והנוחות של ההולכים.
- תיעדוף הצללה בשבילי הליכה יומיומיים חשובים של אוכלוסיות פגיעות במיוחד לחום, תוך התחשבות בזמני השימוש במרחב והיקף התנועה הצפוי.
- בחירה בחומרים אשר מפחיתים את ספיחת החום (מקדם רפלקציה סולארית SR גבוה מ-0.28). יש להיזהר משימוש בחומרים רפלקטיביים המגבירים את החשיפה לקרינה מוחזרת במסלול ההליכה ובאופן זה את אי-הנוחות התרמית.

מסמכים נוספים

אונטריו, קנדה

בדרום פרובינציית אונטריו (שכוללת את טורונטו ואת ווטורלו) נמדדת קרינת ה-UV הגבוהה ביותר בקנדה. כשליש מאוכלוסיית הפרובינציה תפתח סרטן עור במהלך חייה, וקרינת UV נחשבת כסיבה למעל מ-90% ממקרי התחלואה בסרטן זה.⁴⁶ מדריכי ההצללה שפורסמו באזור זה ממוקדים, משום כך, בהצללה שמטרתה מניעת חשיפה לקרינת השמש בשעות שבהן קרינת ה-UV בשיאה. כך לדוגמה, הנחיות ההצללה של העיר טורונטו שפורסמו בשנת 2010⁴⁷ כוללות פירוט רב לגבי קרינת UV, כולל גורמים סביבתיים שמשפיעים עליה (גובה השמש בשמיים, קו רוחב, כיסוי עננים, גובה מעל פני הקרקע, שכבת האוזון, מאפייני הרפלקציה של הקרקע, ועונות השנה) והשפעותיה הבריאותיות. על פי ההנחיות, קרינת ה-UV הגבוהה ביותר נמדדת בחודשים יוני ויולי, אך קרינה בשיעורים בינוניים עד גבוהים תהיה גם בכל התקופה מאפריל ועד ספטמבר. שעות החשיפה הקריטיות הן בין 11:00 ל-16:00, ובשיא הקיץ אף מעבר לכך. אלה הן גם השעות שבהן חשוב לספק הצללה במרחב הפתוח.

ההנחיות בטורונטו התמקדו בפיתוח ובחידוש שטחים ציבוריים פתוחים שבבעלות או בתפעול העירייה עם דגש על הגנה על ילדים, גם משום שהם נוטים לשהות בחוץ זמן רב יותר ממבוגרים, וגם בשל פגיעותם המוגברת והשפעת החשיפה על הסיכון שלהם לחלות לאורך חייהם. התערבות במרחב בכל אתר כוללת ארבעה שלבים: (1) מיפוי משתמשי האתר והפעילויות שנעשות בו, תוך התייחסות מיוחדת לפעילויות שנעשות בזמנים קריטיים מבחינת קרינת UV (למשל, בריכות שחייה), משך זמן שהייה (למשל, מקומות שבהם נדרש לחכות בתור זמן ממושך), פגיעות אוכלוסיית המשתמשים ועוד; (2) עריכת סקר תנאי המקום והצללה קיימת; (3) זיהוי סיכונים פוטנציאליים; (4) המלצות לשיפור ההצללה באזורים אלו. השיפורים יכולים להיות באמצעות התקנת אמצעים בנויים או טבעיים, באמצעות תזמון מתאים לפעילות, או כל אמצעי אחר שיבטיח יצירת סביבה נוחה ומוגנת מהשמש. עם זאת, מסמך זה לא כלל הנחיות כמותיות.

במחוז ווטורלו פורסם בשנת 2013 מדריך ליצירת מרחבים מוצלים במימון ארגונים שעוסקים במניעת סרטן.⁴⁸ היוזמה שאפה להרחיב את האזורים המוצלים במרחבים ציבוריים פתוחים אשר בשימוש אוכלוסיות פגיעות בשעות קריטיות (11:00-16:00 מאפריל עד ספטמבר) כהגנה מפני קרינת UV. המדריך מנה תועלות נוספות להצללה: נוחות תרמית לבני אדם; הפחתת אי החום העירוני; שיפור איכות אוויר והפחתת פליטות גזי חממה (משוּיך לעצים); חיסכון באנרגיה; עידוד פעילות גופנית. ברוח זו, המסמך כלל המלצות לנטיעת עצים אופטימליים להצללה, וכן המלצה למקם בנייה חדשה כך שתתקבל הצללה על אזורים בעלי שימוש רב, כמו חצר משחקים. הנחיות נוספות שנכללו במסמך היו: יש להצלל אזורים משחק או אזורים בהם פעילות תכופה; יש למקם את ההצללה דרומית ומערבית לאזור הדורש צל; יש לשקול חלוקת מתקני המשחק בין אזורים נפרדים כדי שההצללה תוכל להיות קרובה אליהם ואפקטיבית יותר; יש לשקול הצללה בנויה עד לגדילה של עצים; יש לקדם

Toronto Public Health. [Partners in Action - Shade Policy for the City of Toronto](#). Accessed December 18, 2022 ⁴⁶

Toronto Cancer Prevention Coalition (2010). [Shade Guidelines](#). ⁴⁷

Waterloo Region Shade Work Group (2013). [Shade Audit Information Guide + Tool](#). A Guide for Creating Shady ⁴⁸
Outdoor Spaces.

נחות תרמית ולאפשר זרימת אוויר; יש להפחית החזרת קרינת UV באמצעות משטחים מחוספסים, כהים ולא מבריקים. בדומה להנחיות בטורונטו, גם בוטרלו לא הוצגה שיטה לחישוב כמותי של הצללה.

רוטרדם, הולנד

עיריית רוטרדם רואה בחום קיצוני תופעה חדשה ומנגד מזהה פגיעות גדולה של העיר לאירועי חום קיצוניים משום שחלקים נרחבים ממנה נבנו בבנייה מואצת ולא איכותית לאחר מלחמת העולם השנייה. אסטרטגיית החום שפרסמה העירייה בשנה שעברה⁴⁹ רואה בהצללה אמצעי להפחתת תחושת עומס החום הסובייקטיבית אשר מתכללת טמפרטורה, לחות, קרינה ומהירות רוח. המסמך נוקב בקריטריונים כמותיים בסיסיים למדידת הצללה: 30% הצללה ברמת השכונה באזורים הליכתיים (מדידה ב-21 ביוני בשעה 13:00), כאשר בדרכי הליכה מרכזיות נדרשה הצללה של 40%. הצללה ניתן לבצע כהצללה אפורה – צל של מבנים, וכהצללה ירוקה – צל מעצים בשטחים ציבוריים ופרטיים, עם עדיפות להצללה ירוקה. המסמך מכיר בכך שעל אף יתרונותיהם של עצים יש להם גם חסרונות משום שהם צורכים כמות גדולה של מים ויכולים לגרום לשקיעת קרקע ולאיים על יציבות מבנים שבנויים על יסודות מעץ. בנוסף, הם לא מייצרים צל באופן מיידי. החלופה לעצים יכולה להיות אלמנט הצללה שמשלב טקסטיל עם צמחייה, שניתן לפרקו ולהזיזו כאשר הצמחייה גדלה.

פריז, צרפת

תוכנית האדפטציה של פריז⁵⁰ שהתקבלה אף היא בשנה שעברה כללה גם התייחסות להגנה מפני חום, בשל העלייה המתמשכת בטמפרטורה הממוצעת (מעל שתי מעלות מאז 1885 עם צפי למעלה וחצי נוספות עד 2083), עלייה במספר הימים החמים מאוד, עלייה במספר הלילות החמים ותקופות בצורת. פעולות המפתח לצורך כך אמורות לכלול נטיעה של 170 אלף עצים עד 2026, יצירת יערות עירוניים (הוגדרה מטרה של 40% כיסוי צמחייה ב-2024), הקמת אתרים המשלבים אלמנטים של מים ותכנון הצללה לקירור העיר פריז. תכליתה של תוכנית ההצללה היא לספק צל היכן שעצים לא יכולים לגדול או שהם צעירים מכדי לספק צל, ולייצר מקומות קרירים במרחבים ציבוריים. התוכנית ניסתה לבחון כיצד ניתן לשלב אלמנטים בנויים מתאימים לארכיטקטורה הייחודית בעיר.

כחלק מהתוכנית, פותחה שיטה לבחירת מיקום ההצללה בהתאם ל: (א) חשיפה גבוהה לשמש – זיהוי המרחבים העירוניים שטופי השמש ביותר, באמצעות הדמיה שמשקללת יום קיץ שמי שלם; (ב) ללא עצים – זיהוי רחובות שבהם אין עצים וגם לא ניתן לשתול בהם עצים, למשל בשל הפרעה של תשתיות תת-קרקעיות כגון קווי צנרת או מנהרות מטר; (ג) רמת שימוש – מיפוי של רמת השימוש של הולכי רגל במרחב (רמת שימוש גבוהה, בינונית וסבירה). קריטריונים נוספים קבעו כי 60% מהמיקומים יהיו בשכונות מועדפות, וכי אין התנגשות עם עבודות אחרות המתוכננות בשכונה. יישומה המעשי של התוכנית מוגבל בינתיים: במהלך 2022 בוצע ניסוי להקמת שש סככות הצללה שעוצבו תוך התייחסות למסלול השמש ולאסתטיקה המקומית, כאשר המטרה הייתה לבחון את השימוש שנעשה בהן, את התגובה האסתטית לעיצוב הסככה ושילובה במרחב, וכן כדי לזהות קשיים

Gemeente Rotterdam (2022). [Proposed Heat Strategy Rotterdam](#). From: Webinar – Cool Cities Network: ⁴⁹ Paris's Shade Planning. 30th November 2022.

Ville de Paris (2022). [Shade Planning to cool the city](#). From: Webinar – Cool Cities Network: Paris's Shade ⁵⁰ Planning. 30th November 2022

טכניים ביישום.

היזמה הגלובלית לעיצוב עירוני

היזמה הגלובלית לעיצוב עירוני, שהיא ארגון גג של מומחים לעיצוב עירוני ממדינות שונות בעולם, פרסמה בשנת 2017 מסמך הנחיות לעיצוב רחובות שנועד להוות השראה ליצירת רחובות בטוחים, נגישים, בעלי איכויות סביבתיות ותועלות כלכליות, המקדמים את בריאות הציבור ואיכות החיים.⁵¹ הצללה מופיעה במסמך באמצעות מדד כמותי בסיסי (אחוז משטח הרחוב הנמצא בצל) כאמצעי ליצירת איכות סביבתית וכן כאחד מתרומותיה המרחביות של התשתית הירוקה (עצים וצמחייה). המסמך גורס כי צל מקטין את אי החום העירוני, משפר את הנוחות של הולכי הרגל באקלים חם ומאפשר הליכה או רכיבה על אופניים, וכן עשוי לסייע לחסכון באנרגיה. עם זאת, אין במסמך תיאור של שיטה ברורה לתיעדוף הוספת הצללות למרחב העירוני, לעיצוב אמצעי הצללה מלאכותיים או לכימות נטיעת עצים.

Global Designing Cities Initiative (2017). [Global Street Design Guide](#).⁵¹

סיכום

נושא ההצללה בסביבות עירוניות זוכה במקומות מסוימים בעולם להתייחסות מערכתית במסגרת מסמכים מסוגים שונים: תוכניות אב, תקני תכנון, הנחיות מטעם ארגוני בריאות, הנחיות להתמודדות עם חום, מדריכים תכנוניים והמלצות עיצוביות. ככלל, מסמכים אלה מדגישים את התועלות הבריאותיות, החברתיות, הסביבתיות והכלכליות של הצללה בכלל ושל עצים בפרט, כגון הפחתת עוצמת אי החום העירוני, עידוד פעילות פיזית, הפחתת צריכת אנרגיה, שיפור איכות האוויר, ניהול נגר עילי, תמיכה במגוון ביולוגי ועוד. אלא שבעוד חלק מהמסמכים כוללים סטנדרטים מחייבים, אחרים מתייחסים להצללה כהמלצה כללית בלבד. לא תמיד ניתן ללמוד מהמסמכים שנסקרו עד כמה יש להם תוקף מחייב, הגם שחלק מהם מפנים במפורש להוראות מחייבות חיצוניות.

מסמכי מדיניות העוסקים בהצללה פורסמו באזורים שונים בעולם. המסמכים המפורטים והנרחבים ביותר שאותרו במסגרת מחקר זה פורסמו באבו דאבי, בדרום-מזרח אוסטרליה ובאריזונה שבארצות הברית. תכליתם של מסמכים אלה משתנה בהתאם למאפיינים האקלימיים של האזור ולאופי הגוף שיזם את הפרסום. באופן טבעי, גופי בריאות מתמקדים בהגנה מפני הסכנות הבריאותיות של השמש בשל חשיפה לקרינת UV, וזו גם התכלית המרכזית של מסמכי מדיניות בנושא הצללה שפורסמו בקנדה, מדינה המתאפיינת באקלים קר אך בעלת שיעור משמעותי של חולי סרטן עור. גם באוסטרליה נושא ההצללה הופיע לראשונה במסמכי מדיניות שעסקו במניעת סרטן עור, הגם שבשנים האחרונות ניכר שהצללה מוצגת שם גם כאמצעי חשוב בהתמודדות עם עומסי חום. באבו דאבי פורסמו מסמכים מפורטים אשר מושתתים על תפיסה כוללת של המרחב הציבורי וניסיון לבסס תכנון שיבטיח עירוניות מקיימת. באריזונה הושם דגש על נוחות תרמית כבסיס לעידוד תחבורה לא ממונעת ולהפחתת עוצמת אי החום העירוני.

באופן גורף ניתן לציין כי ההתייחסות להצללה משקללת היבטים של חשיפה ופגיעות. הצללה נחשבת לאחד מהאמצעים היעילים והשוויוניים ביותר להפחתת החשיפה לשמש בנתיבי תנועה לא ממונעת או במרחבי שהייה, תוך שימת דגש מיוחד על אוכלוסיות פגיעות לחום כגון קשישים וילדים. מתוך ההכרה בהיבטים אלו, רבים מהמסמכים מצביעים על הצורך לתעדף פרויקטי הצללה כך שיושגו מרב התועלות החברתיות והסביבתיות בכפוף לזמינותם של אמצעים כלכליים. עם זאת, אף אחד מהמסמכים אינו מציע שיטה כמותית לתיעודף פעולה במרחבים עירוניים בכפוף לשיקולים כאלה ואחרים של גורמי התכנון.

רבות מההנחיות העיצוביות הנוגעות להצללה מנוסחות בצורה שאינה כמותית. כך לדוגמה, מציינים חלק מהמסמכים כי יש לקדם מקומות שהייה מוצלים כחלק מעיצוב הרחוב או שיש לעשות מאמץ להבטיח הצללה מיטבית. לעיתים גם מוגדרים קריטריונים איכותיים להבטחת הצללה מוצלחת, אולם הדבר לא נעשה באמצעות מדדים כמותיים. גם כאשר קיימת התייחסות כמותית לנושא ההצללה (טבלה 7), היא מופיעה פעמים רבות רק בדמות המלצה לשיעור כיסוי צמרות מסוים לשכונות או לערים שלמות. מסמכים שנוקבים במדד כמותי ברזולוציה גבוהה יותר (לדוגמה, בגני משחקים) מתייחסים אך ורק לשטח ההיטל של אמצעי ההצללה ביחס לשטח המרחב המטופל, לרוב ללא התייחסות לעוצמות הקרינה המשתנות של השמש במהלך היום או לכיוונים המשתנים שמהם מגיעה קרינת השמש הישירה. מדדים כמותיים מסוג אחר נוגעים למרווחי נטיעה של עצי צל, ללא התייחסות ישירה לגודל חופת הצמרות או לשטח הכיסוי של הצל על פני הקרקע.

טבלה 7: תמצית מדדי הצללה במדינות שונות

אונטריו	אריזונה	אוסטרליה	אבו דאבי	
מניעת סרטן	יצירת נוחות תרמית לצורך יצירת עתיד בטוח ובריא יותר	קירור עירוני לצד היבטים בריאותיים	שיפור הנוחות התרמית (עירוניות מקיימת)	תכלית ההצללה
טבעית ובנויה	טבעית ובנויה	בעיקר טבעית	טבעית ובנויה	סוג ההצללה
	לאורך מסלול שלוקח 20 דקות לסיים (כולל זמן הליכה והמתנה) – הצללה מינימלית קבילה הינה בשיעור של 20%; הצללה טובה הינה בשיעור 30%, והצללה מצוינת הינה בשיעור של 60%	30% כיסוי צמרות עירוני; בשבילים – עץ כל 15 מטר; חניות 10%; והתייחסות ספציפית למתקנים רגישים (חינוך, בריאות)	רחובות 60% - 75%; שטחים ציבוריים פתוחים 60%; אזורי ישיבה 70%; מסלולי רכיבה 50%; גני משחקים 90%; חניות 40%	אחוז הצללה מינימלי
			כן – מדידה לאחר 5 שנים ובזמן הבגרות של העצים	התייחסות לזמן הצמיחה של עצים
16:00-11:00, אפריל עד ספטמבר	18:00-12:00, מאי עד אוקטובר	15:00-9:00	13:00, ב' 21 במרץ וביוני	מועד ייחוס
			1.8 מטר מאזור ההליכה הראשי ברחובות	הגדרת אזור ההצללה
			השמש נמצאת בזנית	הנחות הבסיס של החישוב

כפי שצוין לעיל, המסמכים שנסקרו מדגישים את תועלות ההצללה וחשיבותה, מציינים מה חשוב להצל, וכוללים גם התייחסות למרכיבים נוספים הנוגעים להצללה: קריטריונים לבחירת סוגי עצים, מאפייני הצללה בנויה (סוגי חומרים ותכונותיהם), וכן התייחסות לנושאי בטיחות, תחזוקה ועוד. עם זאת, גם במרבית המסמכים שבהם מוטמעים מדדים כמותיים להצללה קיימות נקודות שלא ניתן להן מענה, כדלקמן:

- מדד כיסוי צמרות עירוני, שבו ערך בודד אמור לייצג את מצב היער העירוני בכל העיר, רחוק מלאפשר הבנה טובה של השונות המרחבית, ככל שהיא קיימת, בחלוקת משאב העצים העירוני. כך לדוגמה, כאשר שטח השיפוט העירוני כולל "חגורות ירוקות" בשולי העיר, הדבר משפיע לטובה על שיעור כיסוי הצמרות העירוני אך עשוי שלא לייצג כלל מחסור בכיסוי צמרות בשכונות ברחבי העיר.
- בדומה לכך, גם קביעת שיעור כיסוי צמרות נדרש במרחב נתון או ברחוב ללא התייחסות לרצף ההצללה באותו מרחב או להשתנות תמונת ההצללה במהלך שעות היום ובין עונות השנה עלולה להניב פתרונות עיצוביים שיעילותם מוגבלת.

- מרבית מסמכי המדיניות שנסקרו אינם מפרטים כיצד בדיוק מחושב שיעור ההצללה. לרוב הכוונה היא לשטח היטל אמצעי ההצללה על משטח אופקי (כפי שמצוין לדוגמה במחשבון ההצללה של אבו דאבי), אולם זהו ייצוג שאינו מבטא מצב מציאותי משום שברוב המוחלט של המקרים השמש אינה ממוקמת בזנית. פירושו של דבר שהשטח הנמצא ישירות מתחת לאמצעי ההצללה יהיה מוצל רק באופן חלקי או לא מוצל כלל, בהתאם לגאומטריה של אמצעי ההצללה וזווית פגיעת השמש באמצעי ההצללה.
- ההנחה שאמצעי ההצללה חוסם את קרינת השמש הישירה במלואה היא לרוב לא מדויקת. השיטות לחישוב שטח הצללה מתעלמות מכך, ומתייחסות באופן שווה לאמצעי הצללה ששיעור חדירת קרינת השמש דרכם עשויה להיות שונה באופן משמעותי.
- מאחר שתבנית ההצללה משתנה משעה לשעה ומעונה לעונה, הגדרה רחבה של זמן ייחוס (למשל, 11:00-15:00 בין אפריל לספטמבר) לא לוקחת בחשבון את ההבדלים הניכרים בין מיקום השמש בשמיים ובעוצמות הקרינה בחודשים אלו, אשר להם עשויה להיות השפעה מכרעת על טיב ההצללה. הגדרה רחבה מדי עשויה להביא לאימוץ פתרונות הצללה שלא יתנו מענה מיטבי דווקא בזמנים שבהם עומסי החום הם הכבדים ביותר.

בישראל, קידום הצללה נאותה במרחב הציבורי מתבצע כיום באמצעות כלי מדיניות שונים. הנחיות **מחייבות** להצללה קיימות כיום רק במרחבים מוגדרים, ובפרט במוסדות חינוך ובגני שעשועים, בבריכות שחייה ובחופי רחצה, כאשר תכליתן היא הגנה על אוכלוסיות פגיעות באזורים בעלי חשיפה משמעותית לשמש. ניתן ללמוד מדיונים שהתקיימו בנושא כי המוטיבציה המרכזית לאימוץ התקניה היא סיבות בריאותיות ובטיחותיות (הגנה מפני סרטן עור וכוויות), עם דגש מועט על נושא הנוחות התרמית במרחב העירוני הפתוח.⁵² עם זאת, גם התקנות העדכניות והמפורטות ביותר בנושא, הנוגעות להצללה של גני שעשועים, אינן נותנות מענה בהיר דיו לאופן יישום ההצללה אפילו במרחבים אלה. התקנות אמנם מגדירות זמן ייחוס למדידת ההצללה, וכן קיימת בהן התייחסות לאיכות הצל ("התנאים התרמיים המתקבלים על ידי פתרון הצללה, ובכללם צפיפות הצל, שימור תנאי הצל לאורך זמן ונוחות תרמית"), אך התקנות קובעות כי ההצללה תתוכנן ותבוצע תוך התחשבות בתנאים אלה ואינן מפרטות ערכים כמותיים מחייבים כלשהם. כמו כן, גם ההגדרה מה הוא צל ("אזור שקרני השמש לא מגיעות אליו באופן ישיר") מניחה במובלע שכל משטח שמשמש להצללה בולם קרינת שמש ישירה במלואה, אולם מצב זה נדיר שיתקיים במציאות. אם לא די בכך, התקנות מתמקדות בהצללת מתקני המשחקים, ולפיכך אינן מתייחסות כלל להצללת אזורי הישיבה והמנוחה הסמוכים, כמו גם לדרכי הגישה לגני השעשועים ולמתקנים עצמם בתוך שטחם. פירושו של דבר הוא כי בפועל אין כיום בישראל הנחיות הצללה מחייבות החלות על רחובות ומרחבים ציבוריים פתוחים ולא ניתן מענה הולם שיבטיח שיפור הנוחות התרמית בעונה החמה במרחב הציבורי בערי ישראל.

⁵² למשל, הוועדה המיוחדת לזכויות הילד, ישיבה מיום 14/07/2015, בנושא [הצללה במגרשי משחקים](#). פרטוקול מס' 8.

נספח א': אחוזי הצללה לטיפוסי מרחבים שונים

עקרונות עיצוב כלליים המגדירים אחוזי הצללה ומאפיינים אחרים מינימליים לטיפוסי מרחבים שונים על פי המדריך לתכנון המרחב הציבורי (Public Realm Design Manual – PRDM) שפרסמה מועצת התכנון העירוני של אבו דאבי בשנת 2011.⁵³

מקומות ציבוריים	קו המים	רחובות	פארקים	
80%	+ 80% אזור מנוחה מוצל כל 500 מטר (לינארי)	צל רציף + אזור מנוחה מוצל כל 500 מטר (לינארי)	+ 80% אזור מנוחה מוצל (shaded rest area) כל 500 מטר (לינארי)	דרך הליכה ראשית (מתבסס על רוחב מינימלי של 1.8 מטר)
60%	+ 60% אזור מנוחה מוצל כל 1,000 מטר (לינארי)	צל רציף + אזור מנוחה מוצל כל 1,000 מטר (לינארי)	+ 60% אזור מנוחה מוצל כל 1,000 מטר (לינארי)	דרך הליכה משנית (מתבסס על רוחב מינימלי של 1.8 מטר)
		אזור מנוחה מוצל כל 1,000 מטר (לינארי)		מסלולי אופניים
40%	40%	50%	40%	חניות
יש לספק הצללה לכל השטח	רשמיים – 100% לא רשמיים – 40%		רשמיים – 100% לא רשמיים – 40%	מתקני משחק
רשמיים – 80% לא רשמיים – 40%	רשמיים – 80% לא רשמיים – 40%	רשמיים – 80% לא רשמיים – 40%	רשמיים – 80% לא רשמיים – 40%	אזורי התקהלות
נקודות גישה, קיוסקים, נקודות תצפית	נקודות גישה, קיוסקים, נקודות תצפית	נקודות גישה, קיוסקים, נקודות תצפית	נקודות גישה, קיוסקים, נקודות תצפית	נדרשת הצללה ל
הפחתת בוהק, וחשיפה אינטנסיבית לשמש ולקרנת UV. קידום פעילויות חוץ והרחבת אינטראקציות חברתיות	הפחתת בוהק, וחשיפה אינטנסיבית לשמש ולקרנת UV. קידום פעילויות חוץ והרחבת אינטראקציות חברתיות	הפחתת בוהק, וחשיפה אינטנסיבית לשמש ולקרנת UV. קידום פעילויות חוץ והרחבת אינטראקציות חברתיות	קידום פעילויות חוץ והרחבת אינטראקציות חברתיות	מטרה
שונים	שונים	שונים	שונים	סוגי הצללה
מתקני אופניים מוצלים בכל כניסה. למשל, באתר מורשת – הצללה בהירה מעל מקומות ישיבה, ומיקום הצללה ליד אלמנטי מים כמו מזרקות; בשווקים – אלמנטי הצללה שישמרו תחלופת אוויר.	מתקני אופניים מוצלים בכל כניסה. יש למקם מבני צל לאורך שבילים באזור החוף במרחק מקסימלי של 200 מטר זה מזה.	להתייחס להנחיות הקיימות (Estidama) של נוחות תרמית. מתקני אופניים מוצלים כל 1,000 מטר. במסדרונות תחבורה ציבורית נדרשת הצללה לתחנות ההסעה.	למשל, בפארק קטן שנמצא בין בתים מוגדר אחוז הצללה מינימלי של 50% לכל שטח הפארק; בגינה קהילתית נדרשת הצללה על כל רחבת השוק, מתקן הצללה לכל 4 חלקות גן, ומבני הצללה מחומרים טבעיים; בפארק לינארי נדרשת הצללה בכל מפגשי הדרכים ובכניסות.	הנחיות ספציפיות

Abu Dhabi (2011). [Public Realm Design Manual](#).⁵³

נספח ב': דוגמאות להערכה ולתיעדוף פרויקטים של הצללה

טופס תיעדוף הצללה

מתוך: הנחיות הצללה מטעם מועצת הסרטן של ניו סאות' ויילס⁵⁴

Key factor relating to shade priority	No/never	Some-times	Yes/always	Overall score
1. Time of use:				
Activity at the site is likely to occur between 10am and 3pm	1	2	3	
The site is used over summer	1	2	3	
The site is used over spring and autumn	1	2	3	
2. Duration of use:				
Activity at the site occurs for 15 minutes or more at a time	1	2	3	
3. Level of use:				
The site is well used on weekends	1	2	3	
The site is well used on weekdays	1	2	3	
4. Nature of the site and the activity:				
Users of the site are exposed to high levels of indirect radiation	1	2	3	
Activity at the site is likely to occur in minimal clothing (i.e. beaches/ swimming pools)	1	2	3	
Grand total				

Cancer Council NSW (2013). [Guidelines to Shade](#).⁵⁴

טופס תיעוד פרויקטים

מתוך: תוכנית אב להצללה ולעיצוב רחובות, גילברט אריזונה⁵⁵

על פי טופס התיעוד, יש לכפול את משקל הקריטריון (3-1) במידת השיפור שתתקבל (בערכים של 0-2), ולבסוף לסכום את כל ערכי הביניים שהתקבלו. העלות אינה חלק מהקריטריונים, שכן הרעיון הוא לבחון תחילה את יתרונות הפרויקט, ולאחר מכן, השלטון המקומי יידרש להחליט האם היתרונות מצדיקים את ההשקעה הנדרשת.

Weight	Improvement Categories & Criteria	Range	= Value
3	Improve Shade 0. Project involves no additional shade already meet established goals. 1. Project increases shade within the project site 2. Project will ensure the area meets the establish goals for the land-use	(0-6)	= <input type="text"/>
3	"Piggy-Back" With Other Already Planned Projects (roadway repair, traffic congestion, drainage, utilities and other public infrastructure improvements) 0. No nearby planned projects could be included. 1. At least one nearby planned private project could be included. 2. At least one nearby public project could be included.	(0-6)	= <input type="text"/>
3	Provide Shade to Bicycles and Pedestrians 0. Project does not add shade to bicycle and pedestrian facilities. 1. Project adds shade to bicycle or pedestrian facilities. 2. Project adds shade to both bicycle and pedestrian facilities.	(0-6)	= <input type="text"/>
2	Close a Gap 0. Project does not close a gap. 1. Project closes a gap providing up to 1 mile of usable and continuous bike or pedestrian corridor. 2. Project closes a gap providing greater than 1 mile of usable and continuous bike or pedestrian corridor.	(0-4)	= <input type="text"/>
2	Link to Destinations 0. Project provides little to no improved access to destinations (e.g. Town Hall, schools, parks, employment centers, trails) 1. Project somewhat or indirectly improves access to at least one destination. 2. Project provides direct access to one or more destinations.	(0-4)	= <input type="text"/>
1	Focus on Heavy Use Corridors or Area 0. Project is along a corridor or area with low existing or potential use. 1. Project is along a corridor or area with moderate existing or potential use. 2. Project is along a corridor or area with heavy existing or potential use.	(0-2)	= <input type="text"/>
Total Score			= <input type="text"/>

The design laboratory (2021). [Gilbert – Shade & Streetscape Master Plan](#).⁵⁵

שאלון הערכת אתר לדיוק צורכי הצללה

מתוך: מדריך ליצירת מרחבים מוצלים מטעם קבוצת עבודה בנושא הצללה במחוז ווטרלו, קנדה⁵⁶

Step 3: Observe and Evaluate the Site			
Activity zones (play structure, picnic area, etc.)	Assessment of shade (current status)	Reflective surfaces nearby	Priority for shade and shade solution
<p>Zone A: <i>Along west road</i></p> <p>Users: <i>Community adults and children, pedestrians</i></p> <p>When is this area used? <input checked="" type="checkbox"/> morning <input checked="" type="checkbox"/> mid-day <input checked="" type="checkbox"/> afternoon <input checked="" type="checkbox"/> evening</p>	<p>Natural Shade <input type="checkbox"/> no trees <input checked="" type="checkbox"/> trees</p> <p>Provides shade over activity zone Deciduous <input checked="" type="checkbox"/> morn. <input checked="" type="checkbox"/> mid-day <input checked="" type="checkbox"/> aft. Coniferous <input type="checkbox"/> morn. <input type="checkbox"/> mid-day <input type="checkbox"/> aft.</p> <p>Status of tree Maturity <input type="checkbox"/> new <input checked="" type="checkbox"/> established Condition <input checked="" type="checkbox"/> healthy <input type="checkbox"/> not healthy</p> <p>Shade density <input checked="" type="checkbox"/> heavy <input type="checkbox"/> medium <input checked="" type="checkbox"/> light <input type="checkbox"/> N/A</p> <hr/> <p>Built Shade <i>houses</i></p>	<p>Ground Surface <i>grass, concrete</i></p> <p>Other:</p>	<p>Priority activity zones <input type="checkbox"/> high <input checked="" type="checkbox"/> medium <input checked="" type="checkbox"/> low</p> <p>Why? <i>resident use</i></p> <p>Is shade adequate? <input checked="" type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no</p> <p>Will tree growth provide enough shade in 10+ years? <input checked="" type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no</p> <p>Shade Solution ideas <i>n/a</i></p>

Waterloo Region Shade Work Group (2013). [Shade Audit Information Guide + Tool](#). A Guide for Creating Shady⁵⁶ Outdoor Spaces.



neaman.org.il

מוסד שמואל נאמן למחקר מדיניות לאומית | קרית הטכניון,
חיפה 3200003 | טל. 04-8292329 | info@neaman.org.il

אנרגיה וסביבה