מדינת ישראל
משרד הבינוי והשיכון
לשכת המדען הראשי

המרכז למחקר ופיתוח בארכיטקטורה
מעבדת אקלים ואנרגיה בארכיטקטורה

הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים
הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל

זכויות שמש בתכנון אורבני בצפיפות גבוהה

הנחיות תכנון ומקרה לדוגמא
מדריך למתכנן

פרופ' עדנה שביב
ד"ר גדי קפלוטו
ד"ר אברהם יזיאורו
ד"ר תמר בליברג

כסלו תשס"ה - דצמבר 2004

מדינת ישראל
משרד הבינוי והשיכון
לשכת המדען הראשי

המרכז למחקר ופיתוח בארכיטקטורה
מעבדת אקלים ואנרגיה בארכיטקטורה

הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים
הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל

זכויות שמש בתכנון אורבני בצפיפות גבוהה

הנחיות תכנון ומקרה לדוגמא
מדריך למתכנן

פרופ' עדנה שביב
ד"ר גדי קפלוטו
ד"ר אברהם יזיאורו
ד"ר תמר בליברג

המחקר מומן ע"י משרד הבינוי והשיכון על פי חוזה: 2/08123/00

כסלו תשס"ה - דצמבר 2004

זכויות שמש בתכנון אורבני - מדריך למתכנן

מבוא

חשיפה לשמש החורפית היא פרמטר תכנוני חשוב ביותר, הן עבור פנים הבניין והן עבור שטחי חוץ. חשיפת חלונות הבניין יכולה להפחית באופן משמעותי את צריכת האנרגיה לחימום, בעוד חשיפת שטחי חוץ ציבוריים ומדרכות משפיעה על תנאי האקלים שלהם, ומאפשרת שימוש בהם גם בחורף. בקיץ, לעומת זאת, יש אפשרות להצליל חלונות על ידי תריסים ולהוסיף הצללה דינאמית לשטחים הפתוחים ולמדרכות ע״י שמשיות, עצים נשירים, או גגונים קלים מתפרקים. באותם האזורים המוצללים ממילא בחורף, ניתן להצליל את השטח הפתוח ע״י אלמנטים קבועים, כגון גגונים קבועים ועצים ירוקי עד.

עבודה זו נועדה להגדיר קריטריונים ברורים לשמירה על זכויות שמש עבור חזיתות בניינים, רחובות ושטחים ציבוריים פתוחים. העבודה מתבססת על קוד האנרגיה, המגדיר, בין השאר את אחוזי החשיפה לשמש הנדרשים כדי להגיע לחיסכון באנרגיה בדירות מגורים. בנוסף, מציגה העבודה יישום של השיטות המוצעות לחשיפת בניינים לשמש גם להגדרת קריטריונים לחשיפת מדרכות ושטחים ציבוריים. הקריטריונים מוצגים בשתי גישות המבוססות על גישות מקובלות בעולם: הגישה התפקודית, והגישה התאורית/מרשמית. ערים שונות בעולם הגדירו חוקים לשמירה על זכויות שמש בהתבסס על שתי גישות אלו, לדוגמא:

1. הגישה התיאורית מגדירה דרישות לצורת הבינוי. בסן פרנסיסקו למשל, ישנו ציון מפורש לגובה מקסימלי לבניינים באזורים שונים במרכז העיר. הגבהים נקבעו על מנת לשמור על חשיפה לשמש של שטחים ציבוריים פתוחים.

2. הגישה התפקודית מגדירה דרישות לתפקוד הבינוי. בבוסטון נקבעו אזורים במרכז העיר בהם בניינים חדשים מחויבים לשמור על ההצללה הקיימת בשעות מסוימות, ולא להוסיף עליה.

יתרון הגישה התיאורית הוא בפשטותה: עמידה בדרישות גובה הבניינים חוסכת את הצורך בהוכחת חשיפה מספקת (מאחר והגדרת גובה הבניינים נעשתה בהתאם לצורך). חסרונה של הגישה הוא בחוסר גמישותה. גמישות רבה ניתן להשיג באמצעות שימוש בגישה התפקודית, המחייבת הוכחה על שמירת חשיפה מספקת. המחקר מציג קריטריונים במספר רמות, בהתאם לשתי הגישות, כדי לאפשר גמישות רבה ככל האפשר למתכננים המעוניינים בכך, תוך הגדרת קריטריונים פשוטים ומיידים לתכנון על ידי מתכננים אחרים.

דרישות קוד האנרגיה

קוד האנרגיה מציג דרישות למידת החשיפה לשמש החורפית של חזיתות בהפניות שונות, באזורי אקלים שונים בארץ, ובאזורי בנייה שונים בעיר.

טבלה 1 מציגה את דרישות קוד האנרגיה לפי ההבחנות השונות:

1. הפניית החזית – מזרח, דרום-מזרח, דרום, דרום-מערב ומערב. אין הנחיות לחשיפת החזיתות בגזרה הצפונית, מאחר ואינן חשופות לשמש החורפית.
2. מיקום הבניין באחד מאזורי האקלים בארץ:
   א. אזור א' – מישור החוף (מיוצג על ידי תל-אביב).
   ב. אזור ב' – השפלה והעמקים (מיוצג על ידי באר-שבע)
   ג. אזור ג' – אזור ההר (מיוצג על ידי ירושלים)
   ד. אזור ד' – הבקעה והערבה (מיוצג על ידי אילת)

		אזור א תל אביב	אזור ב' באר שבע	אזור ג' ירושלים	אזור ד' אילת
מזרח	רמה בסיסית מרכז	30%	40%	40%	30%
	רמה משופרת פריפריה	50%	50%	50%	50%
דרום-מזרח	רמה בסיסית מרכז	40%	45%	55%	30%
	רמה משופרת פריפריה	60%	60%	70%	50%
דרום	רמה בסיסית מרכז	50%	55%	65%	30%
	רמה משופרת פריפריה	70%	70%	80%	50%
דרום-מערב	רמה בסיסית מרכז	40%	45%	55%	30%
	רמה משופרת פריפריה	60%	60%	70%	50%
מערב	רמה בסיסית מרכז	30%	40%	40%	30%
	רמה משופרת פריפריה	50%	50%	50%	50%

טבלה 1 – המלצות למקדם החשיפה הממוצע לשמש החורפית, של חלונות בכיוונים השונים בהתבסס על קוד האנרגיה לבנייני מגורים, לפי ארבעת אזורי האקלים, ועבור שתי רמות התכנון.

3. מיקום הבניין בעיר:

א. אזור מרכז העיר – מאופיין באחוזי בנייה גבוהים יותר, בו נדרשת רמת החשיפה הבסיסית.

ב. אזור הפריפריה – מאופיין באחוזי בנייה נמוכים יותר, בו נדרשת רמת החשיפה המשופרת.

בבדיקות יסודיות שנערכו התברר שניתן להשיג חשיפה של שטחים פתוחים ציבוריים בשיעור של 30%-40% בבינוי אופייני לארץ, בתנאי שהתכנון נעשה בצורה המתחשבת בהפנייה של הבניינים סביב השטח הפתוח (ראה איור 1).לכן, מוצגת דרישה לחשיפת שטחים ציבוריים פתוחים:

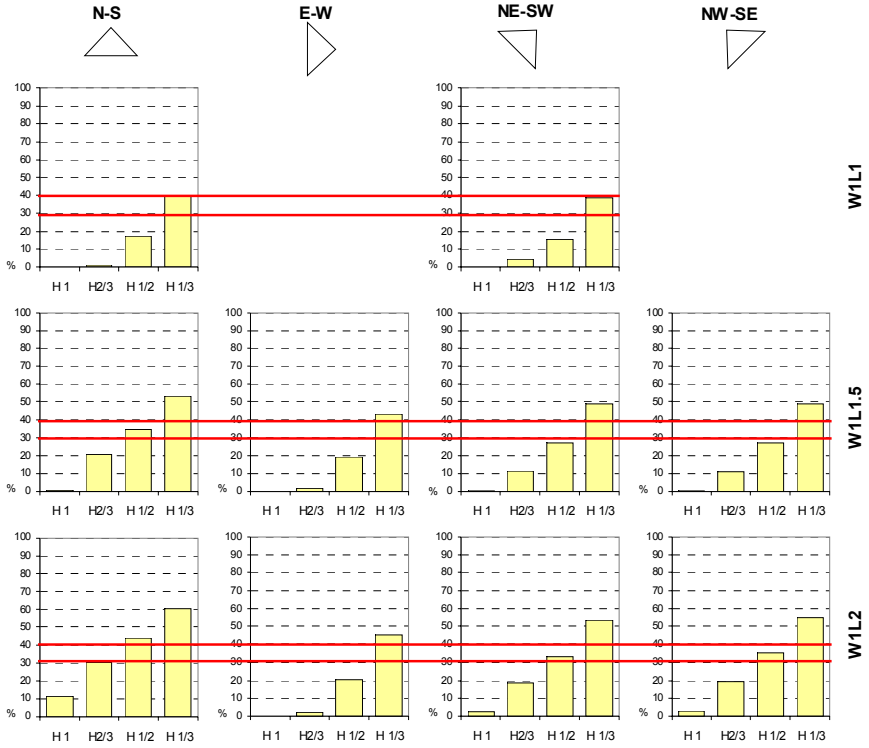
1. בפריפריה – חשיפת 40% מהשטח לשמש החורפית.
2. במרכז העיר – חשיפת 30% מהשטח לשמש החורפית.

קריטריונים לחשיפה לשמש בגישה התפקודית

בגישה התפקודית מוגדרות שתי רמות של קריטריונים:

1. רמה כללית ביותר, המבוססת על כמות קרינה רצויה
2. דרישה לחשיפה לשמש בשעות ספציפיות

בשלב הראשון, שהוא גם הרמה הכללית ביותר, מוגדרת כמות הקרינה הנדרשת על כל אחת מחזיתות הבניינים בהפניות השונות. גישה זו היא הישירה ביותר אבל דורשת חישובים מסובכים הן בשלב התכנון והן בשלב בדיקת התכנון. הקריטריון המתבסס על כמות הקרינה הנדרשת, נקבע עבור כל אחד מאזורי האקלים בארץ, ועבור ההפניות השונות והתבסס על הדרישה בחודש דצמבר, שבו זווית השמש היא הנמוכה ביותר. בשלב זה חושב סך כל הקרינה במשך היום בכל הפנייה,



איור 1 – אחוז החשיפה לשמש החורפית של כיכרות בהתאם לפרופורציות, גבהי בניינים וההפנייה שלהן. הקווים מסמנים את אחוזי החשיפה של 30% ו-40% שניתן להשיג.

ונקבעה כמות הקרינה הדרושה, בהתאם לאחוזי החשיפה לשמש הנדרשים בקוד האנרגיה (ראה טבלה 2). השימוש בשיטה זו דורש הוכחה לקבלת כמות קרינה מספקת על החזיתות.

בשלב השני, נקבעו השעות בהן יש לשמור על חשיפה לשמש, כך שתתקבל כמות הקרינה שחושבה (ראה טבלה 3). במקרה זה, מספיק להראות שבשעות הנדרשות קיימת חשיפה של השטח הנבדק לשמש ואין צורך לחשב את כמות הקרינה הסולרית הנופלת על המשטח הנבדק. אמנם שיטה זו פשוטה יותר מאשר ברמה הראשונה שצוינה לעיל, אולם ניתן להשיג גמישות רבה יותר בשימוש בגישה הראשונה. הגמישות מתאפשרת על ידי חשיפה לשמש בשעות שאינן מצוינות ברמה השנייה כפיצוי על צל חלקי בשעות נדרשות.

לגבי שטחי חוץ, אין משמעות לכמות הקרינה, ולכן השימוש בגישה התפקודית ייעשה באמצעות שמירה על חשיפת השטח הנדרש בשעות הנדרשות עבור כל החזיתות.

הגישה התפקודית דורשת הוכחה של המתכנן לגבי השגת כמות הקרינה הדרושה, או לגבי שעות החשיפה לשמש.

		מזרח		דרום-מזרח		דרום		דרום-מערב		מערב	
		מרכז	פריפריה	מרכז	פריפריה	מרכז	פריפריה	מרכז	פריפריה	מרכז	פריפריה
תל-אביב	סה"כ	0.68	0.68	1.76	1.76	2.51	2.51	2.09	2.09	0.78	0.78
	חשיפה (%)	30	50	40	60	50	70	40	60	30	50
	נדרש	**0.204**	**0.34**	**0.704**	**1.056**	**1.255**	**1.757**	**0.836**	**1.254**	**0.234**	**0.39**
באר-שבע	סה"כ	0.7	0.7	1.81	1.81	2.59	2.59	1.94	1.94	0.82	0.82
	חשיפה (%)	40	50	45	60	55	70	45	60	40	50
	נדרש	**0.28**	**0.35**	**0.8145**	**1.086**	**1.4245**	**1.813**	**0.873**	**1.164**	**0.328**	**0.41**
ירושלים	סה"כ	0.7	0.7	1.81	1.81	2.59	2.59	1.94	1.94	0.82	0.82
	חשיפה (%)	40	50	55	70	65	80	55	70	40	50
	נדרש	**0.28**	**0.35**	**0.9955**	**1.267**	**1.68**	**2.072**	**1.067**	**1.358**	**0.328**	**0.41**
אילת	סה"כ	0.68	0.68	1.74	1.74	2.47	2.47	1.84	1.84	0.78	0.78
	חשיפה (%)	30	50	30	50	30	50	30	50	30	50
	נדרש	**0.204**	**0.34**	**0.522**	**0.87**	**0.741**	**1.235**	**0.552**	**0.92**	**0.234**	**0.39**

טבלה 2 – כמות הקרינה הדרושה, בהתאם לאחוזי החשיפה לשמש המוגדרים בקוד האנרגיה, עבור המרכז והפריפריה בכל אחד מאזורי האקלים (מתוך טבלאות הקרינה לחודש דצמבר, של כל אחד מאזורי האקלים).

יישום הדרישות בגישה התיאורית

ברמה שלישית, נקבעה המעטפת הסולרית השומרת על החשיפה לשמש בשעות הנדרשות. חתך המעטפת הסולרית מוצג ע״י קו אלכסוני. חתך זה נקבע לפי השעה שנמצאה כמגבילה ביותר, מתוך כל שעות הבדיקה, את גובה הבניינים הרצוי לשמירה על זכויות השמש (ראה איור 2). השעה שקובעת את שיפוע הקו מצוינת בהדגשה, השעה השנייה שקובעת את טווח הבדיקה מצוינת אך אינה מודגשת. שיפוע הקו המתקבל קובע את הזווית המינימאלית (בהתאם למיקום השמש), עליה יש לשמור. עבור כל כיוון מתקבל קו בשיפוע המתאים לו. זוויות קווים אלו הם הקריטריונים הנדרשים בגישה התיאורית/מרשמית לשמירה על זכויות השמש.

זכויות שמש בתכנון אורבני - מדריך למתכנן

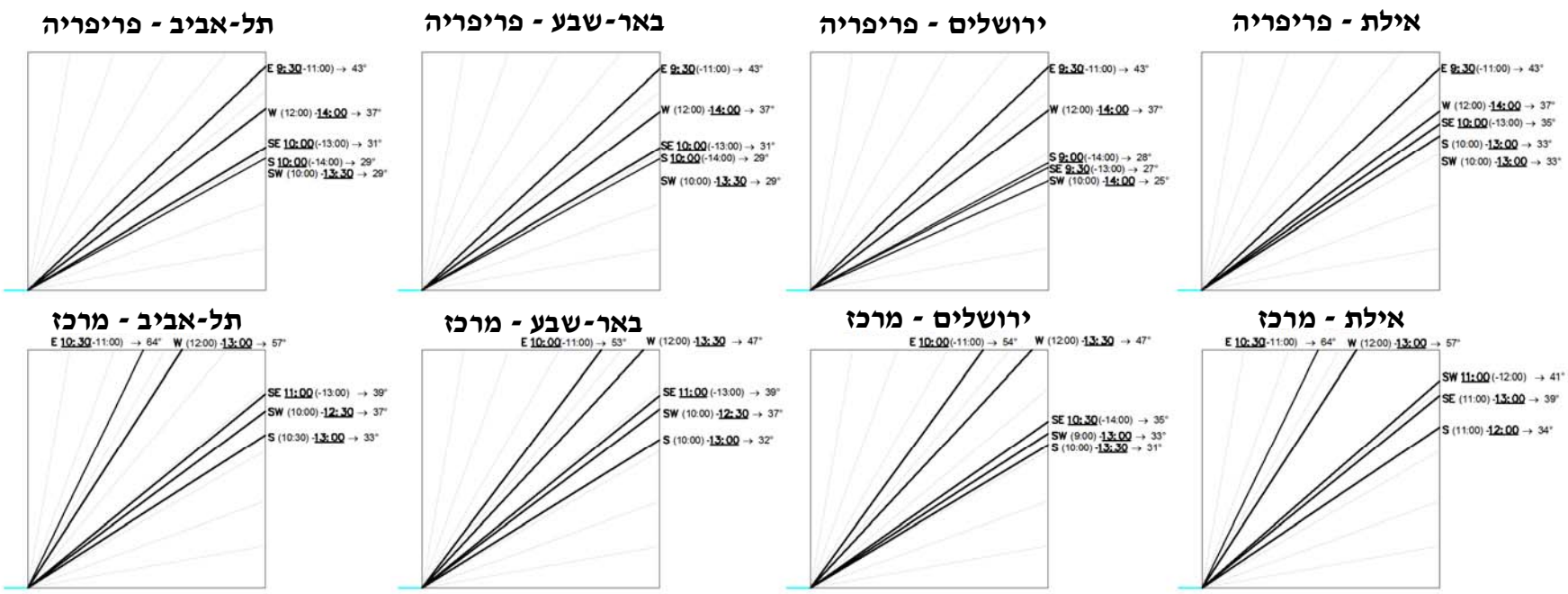
Tel-aviv	Periphery Azim=90	Center sc50/40	Periphery Azim=135	Center sc80/65	Periphery Azim=180	Center sc80/65	Periphery Azim=225	Center sc80/65	Periphery Azim=270	Center sc50/40
	sc 50	sc 30	sc 60	sc40	sc 70	sc50	sc 60	sc40	sc 50	sc 30
required	0.34	0.204	1.056	0.704	1.757	1.255	1.254	0.836	0.39	0.234
December	9.30-11	10.30-11	10-13	11-13	10-14	10.30-13	10-13.30	10-12.30	12-14	12-13
6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00	0.04	0.04	0.05	0.05	0.03	0.03	0	0	0	0
8:00	0.16	0.16	0.21	0.21	0.14	0.14	0	0	0	0
9:00	0.23	0.23	0.36	0.36	0.28	0.28	0.01	0.01	0	0
10:00	0.18	0.18	0.39	0.39	0.37	0.37	0.11	0.11	0	0
11:00	0.07	0.07	0.33	0.33	0.4	0.4	0.22	0.22	0	0
12:00	0	0	0.23	0.23	0.38	0.38	0.31	0.31	0.05	0.05
13:00	0	0	0.14	0.14	0.33	0.33	0.37	0.37	0.14	0.14
14:00	0	0	0.05	0.05	0.28	0.28	0.42	0.42	0.21	0.21
15:00	0	0	0	0	0.2	0.2	0.39	0.39	0.22	0.22
16:00	0	0	0	0	0.1	0.1	0.26	0.26	0.16	0.16
17:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0.68	0.68	1.76	1.76	2.51	2.51	2.09	2.09	0.78	0.78
required	*0.365*	*0.16*	*1.09*	*0.7*	*1.76*	*1.295*	*1.22*	*0.825*	*0.4*	*0.19*

BEER SHEVA	Periphery Azim=90	Center sc50/40	Periphery Azim=135	Center sc70/55	Periphery Azim=180	Center sc70/55	Periphery Azim=225	Center sc70/55	Periphery Azim=270	Center sc50/40
	sc 50	sc 40	sc 60	sc 45	sc 70	sc 55	sc 60	sc 45	sc 50	sc 40
required	0.35	0.28	1.086	0.8145	1.813	1.4245	1.164	0.873	0.41	0.328
December	9.30-11	10-11	10-12.30	11-14	10-14	10.30-13.30	10.30-13.30	10-12.30	12-14	12-13.30
6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.03	0.03	0	0	0	0
8:00	0.17	0.17	0.22	0.22	0.14	0.14	0	0	0	0
9:00	0.23	0.23	0.37	0.37	0.29	0.29	0.04	0.04	0	0
10:00	0.18	0.18	0.4	0.4	0.38	0.38	0.14	0.14	0	0
11:00	0.07	0.07	0.34	0.34	0.42	0.42	0.24	0.24	0	0
12:00	0	0	0.24	0.24	0.39	0.39	0.31	0.31	0.05	0.05
13:00	0	0	0.14	0.14	0.34	0.34	0.35	0.35	0.15	0.15
14:00	0	0	0.05	0.05	0.29	0.29	0.36	0.36	0.22	0.22
15:00	0	0	0	0	0.21	0.21	0.31	0.31	0.23	0.23
16:00	0	0	0	0	0.1	0.1	0.19	0.19	0.17	0.17
17:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0.7	0.7	1.81	1.81	2.59	2.59	1.94	1.94	0.82	0.82
required	*0.365*	*0.25*	*1.17*	*0.77*	*1.82*	*1.53*	*1.15*	*0.905*	*0.42*	*0.31*

JERUSALEM	Periphery Azim=90	Center sc50/40	Periphery Azim=135	Center sc80/65	Periphery Azim=180	Center sc80/65	Periphery Azim=225	Center sc80/65	Periphery Azim=270	Center sc50/40
	sc 50	sc 40	sc70	sc55	sc 80	sc65	sc 70	sc55	sc 50	sc 40
required	0.35	0.28	1.267	0.9955	2.072	1.68	1.358	1.067	0.41	0.33
December	9.30-11	10-11	9.30-13	10.30-14	9-14	10-13.30	10-14	9-13	12-14	12-13.30
6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.03	0.03	0	0	0	0
8:00	0.17	0.17	0.22	0.22	0.14	0.14	0	0	0	0
9:00	0.23	0.23	0.37	0.37	0.29	0.29	0.04	0.04	0	0
10:00	0.18	0.18	0.4	0.4	0.38	0.38	0.14	0.14	0	0
11:00	0.07	0.07	0.34	0.34	0.42	0.42	0.24	0.24	0	0
12:00	0	0	0.24	0.24	0.39	0.39	0.31	0.31	0.05	0.05
13:00	0	0	0.14	0.14	0.34	0.34	0.35	0.35	0.15	0.15
14:00	0	0	0.05	0.05	0.29	0.29	0.36	0.36	0.22	0.22
15:00	0	0	0	0	0.21	0.21	0.31	0.31	0.23	0.23
16:00	0	0	0	0	0.1	0.1	0.19	0.19	0.17	0.17
17:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0.7	0.7	1.81	1.81	2.59	2.59	1.94	1.94	0.82	0.82
obtained	*0.365*	*0.25*	*1.305*	*0.97*	*2.11*	*1.675*	*1.4*	*1.08*	*0.42*	*0.31*

EILAT	Periphery Azim=90	Center sc50/30	Periphery Azim=135	Center sc50/30	Periphery Azim=180	Center sc50/30	Periphery Azim=225	Center sc50/30	Periphery Azim=270	Center sc50/30
	sc 50	sc 30	sc 50	sc 30	sc 50	sc 30	sc 50	sc 30	sc 50	sc 30
required	0.34	0.204	0.87	0.522	1.235	0.741	0.92	0.552	0.39	0.234
December	9.30-11	9-9.30	10.30-13	11-12	10.30-13	11-12	10.30-13	11-12	12-14	13-13.30
6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00	0.04	0.04	0.05	0.05	0.03	0.03	0	0	0	0
8:00	0.16	0.16	0.21	0.21	0.14	0.14	0	0	0	0
9:00	0.23	0.23	0.36	0.36	0.28	0.28	0.03	0.03	0	0
10:00	0.18	0.18	0.38	0.38	0.36	0.36	0.13	0.13	0	0
11:00	0.07	0.07	0.33	0.33	0.39	0.39	0.23	0.23	0	0
12:00	0	0	0.23	0.23	0.37	0.37	0.29	0.29	0.05	0.05
13:00	0	0	0.13	0.13	0.33	0.33	0.33	0.33	0.14	0.14
14:00	0	0	0.05	0.05	0.27	0.27	0.34	0.34	0.21	0.21
15:00	0	0	0	0	0.2	0.2	0.3	0.3	0.22	0.22
16:00	0	0	0	0	0.1	0.1	0.19	0.19	0.16	0.16
17:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0.68	0.68	1.74	1.74	2.47	2.47	1.84	1.84	0.78	0.78
required	*0.365*	*0.16*	*0.88*	*0.56*	*1.27*	*0.76*	*0.915*	*0.52*	*0.4*	*0.245*

טבלה 3 – חישוב כמות הקרינה הדרושה, וקביעת שעות החשיפה לשמש הדרושות, עבור אזורי האקלים השונים (הקביעה נעשית לפי חודש דצמבר)



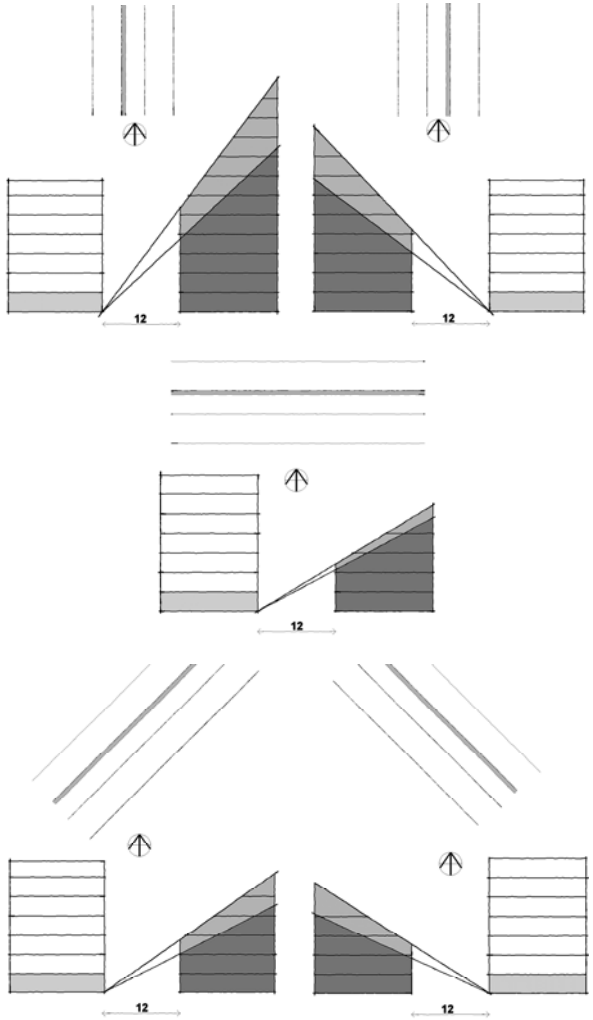
איור 2 – הזויות המינימליות היוצרות את חתך המעטפת הסולרית לשמירה על זכויות שמש בהתאם לדרישה המשופרת (פריפריה), ולדרישה הבסיסית (מרכז), בארבעת אזורי האקלים בישראל. השעות המצוינות ליד כל קו, הן השעות הדרושות לחשיפה לשמש החורפית לפי הגישה התפקודית. השעה המצוינת עם קו תחתון, היא השעה הקריטית הקובעת את שיפוע הקו בגישה התיאורית/ מרשמית

שמירה על זכויות שמש של חזיתות הבניינים

קביעת זוויות שיפועי הקווים המתאימים לכיוונים השונים מאפשרת הגדרה ברורה של הגבהים המקסימאליים של בניינים השומרים על זכויות השמש. את הקו החוסם את גובה הבנייה יש להתחיל רק בגובה הקומה הראשונה של קומות המגורים (ראה איור 3). כלומר, אם הבניין הוא במרכז העיר, והקומה התחתונה היא מסחר, יש צורך להגן על הבניין מהצללה רק מגובה הקומה השנייה. אולם, אם לאורך הבניין ישנה מדרכה, יחולו הקריטריונים של שמירה על זכויות השמש של המדרכה, שהם חמורים יותר מהקריטריונים של ההגנה על זכויות השמש של הבניינים (ראה בהמשך).

שמירה על זכויות שמש ברחובות

הדרישה לחשיפת רחובות לשמש החורפית היא שלפחות חלק מרוחב המדרכה יהיה חשוף לשמש, כאשר רק מדרכה אחת חייבת להיות בשמש בזמן נתון. חלק זה נקבע למטר אחד עד שני מטר. ההמלצה היא לשמור בכל מקרה על שני מטר. עם זאת, באזור המרכז, בהתאם לשיקולי התב"ע והרשות המקומית, ניתן להסתפק במטר אחד. השיטה לשמירה על זכויות שמש שיושמה ברחובות, אם כן, זהה לזו שיושמה עבור חזיתות הבניינים בהבדל אחד: נקודת הבסיס ליצירת זוויות המעטפת הסולרית נמצאת במרחק 2 מטר מבסיס הבניין (ראה איור 4), מרחק שמגדיר שטח לחשיפת המדרכה.



איור 3- גובה הבניינים שניתן לבנות ברחובות בכיוונים שונים, בירושלים. המרחק בין הבניינים משני צידי הרחוב הוא 12מ', והקומה הראשונה של הבניין משמשת למגורים.

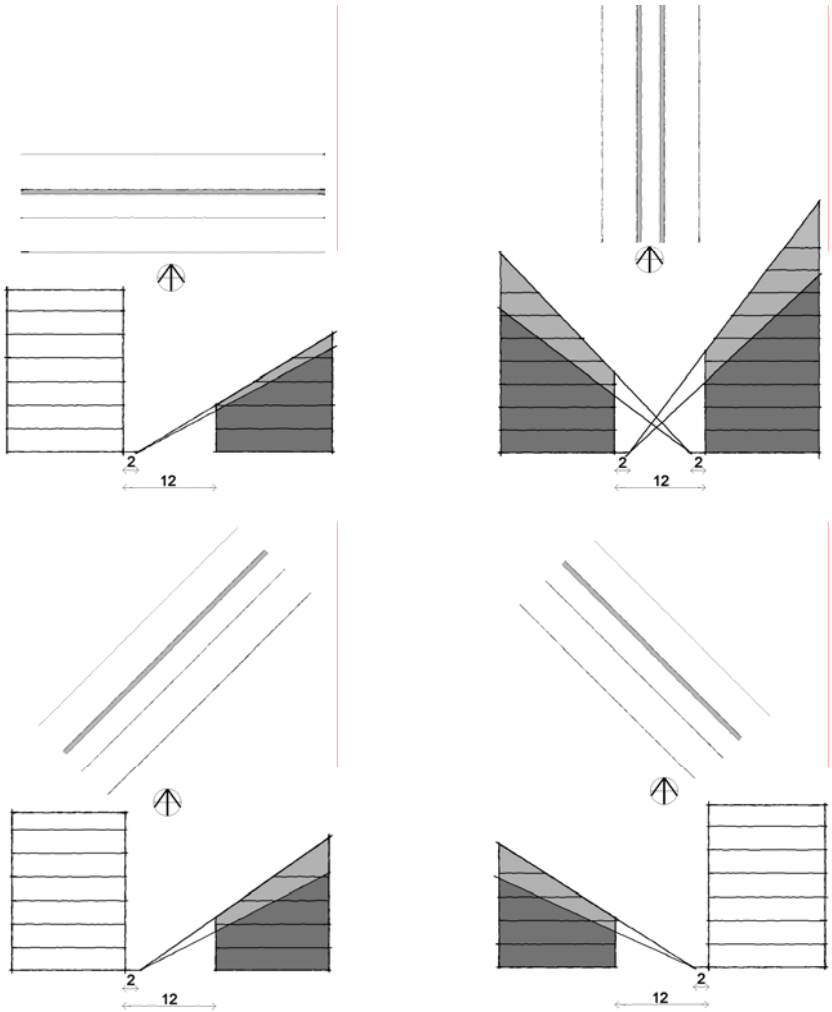
שמירה על זכויות שמש בשטחים ציבוריים פתוחים

קביעת הקריטריונים לחשיפת שטחים ציבוריים פתוחים נעשתה בהתאם לשלוש הגישות שתוארו עבור חשיפת הבניינים והרחובות. עם זאת, בבדיקה ראשונית של שטחים בפרופורציות שונות התברר כי מאחר והבניינים סובבים את השטחים מכיוונים שונים בו זמנית, לא ניתן ליישם את הקריטריונים בגישה המרשמית/תיאורית באופן ישיר כפי שנעשה עבור חזיתות הבניינים והרחובות.

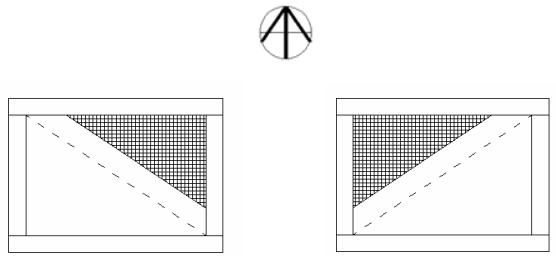
קביעת גובה הבניינים מסביב לשטח ציבורי פתוח נעשה באמצעות חיתוך הנפחים על ידי הזויות המתאימות ל**דרום**, בהתאם למיקום הבניינים יחסית לשטח. השיטה כוללת שלושה שלבים:

1. קביעת השטח הדרוש לחשיפה, בהתאם למיקום הבניינים. יש להגדיר משולש בגזרה הצפונית של השטח הפתוח, בשטח הדרוש (30% או 40% בהתאם למיקום בעיר: מרכז העיר או פריפריה), כך שהצלע הארוכה שלו מקבילה לאלכסון השטח. במשולש ישר זווית, כמוצג באיור 5, היתר הוא הצלע הארוכה.
2. קביעת מיקום נקודת הבסיס במרכז היתר של המשולש. נקודת הבסיס היא נקודת ההתחלה של זווית המעטפת הסולרית עבור כל בניין (ראה איור 6).
3. יצירת המעטפת הסולרית באמצעות העברת הזוויות של ה**דרום** מנקודות הבסיס עד לבניינים המתוכננים (ראה איור 7).

הגדרת השטחים הדרושים לחשיפה בכיכרות הפונות ב-45 מעלות היא פשוטה יותר, מאחר ונקודת הבסיס עבור הבניינים בדרום-מזרח ובדרום-מערב היא זהה, ונקבעת באמצעות משולש אחד בפינה הצפונית של הכיכר (ראה איור 8).

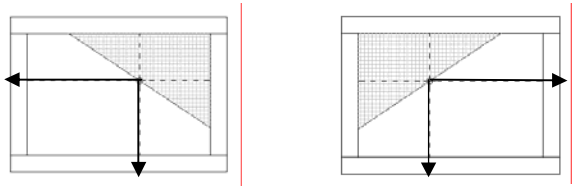


איור 4 - גובה הבניינים שניתן לבנות ברחובות בכיוונים שונים, בירושלים. המרחק בין הבניינים משני צידי הרחוב הוא 12מ', ויש לחשוף 2 מ' מהמדרכה לשמש החורפית.



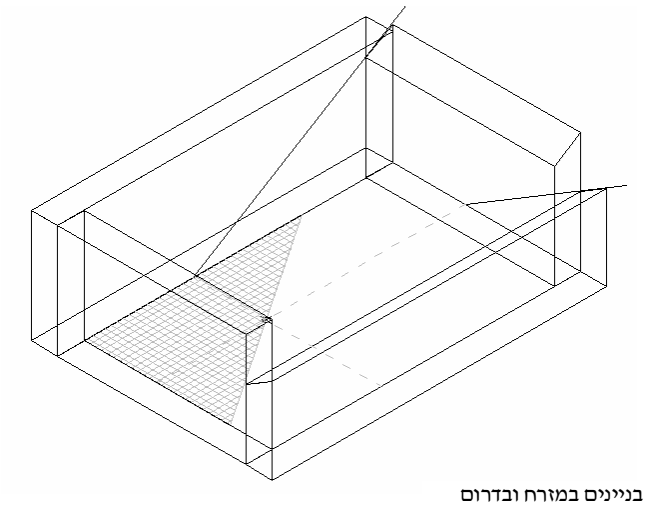
בניינים במערב ובדרום | בניינים במזרח ובדרום

איור 5– קביעת השטח הדרוש לחשיפה בכיכר בהתאם למיקום הבניינים. הדוגמא מציגה שטח של 30%.

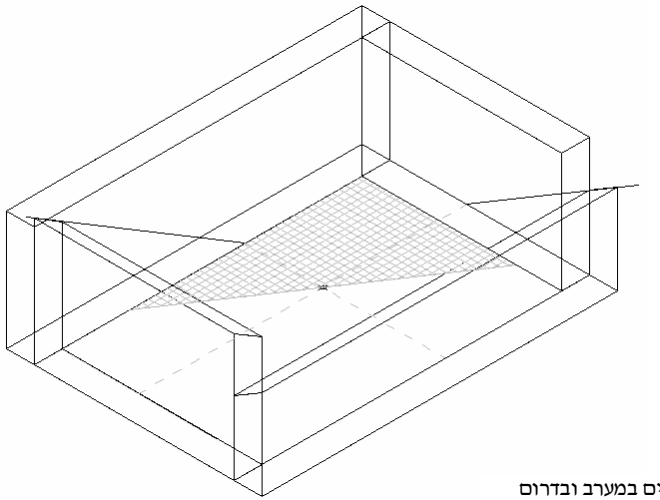


בניינים במערב ובדרום | בניינים במזרח ובדרום

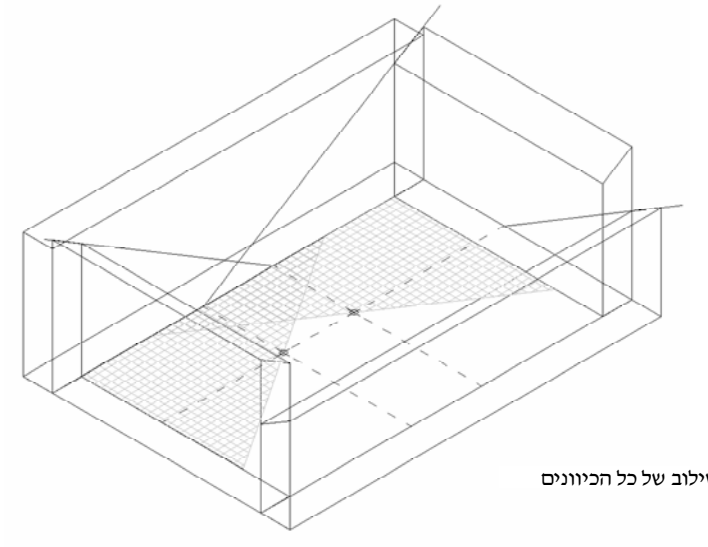
איור 6 – קביעת מיקום נקודת הבסיס במרכז היתר של המשולש, והגדרת נקודת ההתחלה עבור כל בניין.



בניינים במזרח ובדרום

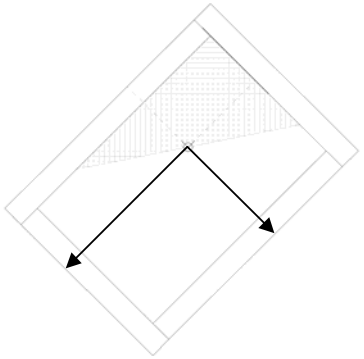


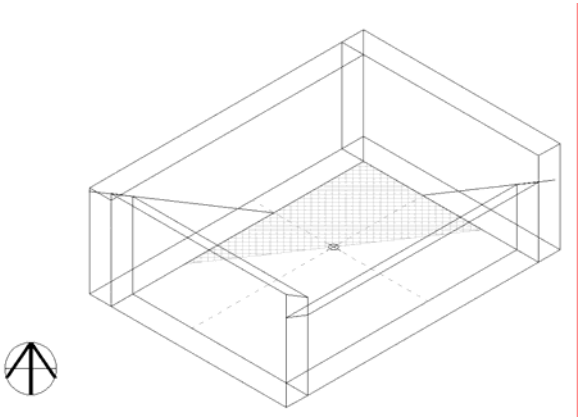
בניינים במערב ובדרום



שילוב של כל הכיוונים

איור 7 – יצירת המעטפת הסולרית באמצעות העברת הזוויות של הדרום מנקודות הבסיס עד לבניינים המתוכננים (דוגמא עבור מרכז העיר).





איור 8 – הגדרת שטחי החשיפה וקביעת נקודת הבסיס עבור כיכרות הפונות ב-45 מעלות לכיוונים הראשיים (למעלה), ויצירת המעטפת הסולרית (למטה).

דוגמא ליישום

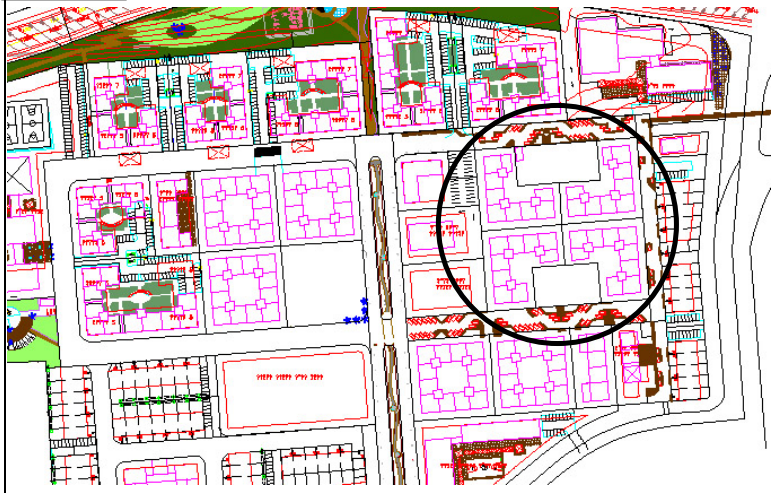
לצורך הדגמת התהליך והתוצאות, נבחר קטע מתוך שכונה המתוכננת בקרית גת, הכולל ארבעה מבנים הפונים לכיוונים שונים, רחובות, שטחים ציבוריים פתוחים ובניינים שכנים (ראה איור 9). הדוגמא מציגה את אופן התכנון בגישה התיאורית, בעזרת קווי החתך הסולריים.

שלבי העבודה

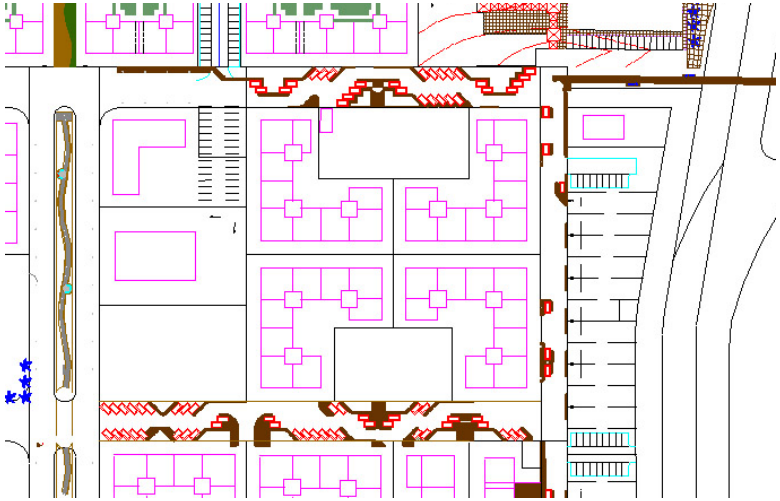
1. התאמת הפניות התכנית לכיוונים הראשיים או המשניים (45 מעלות):

קווי החתך המשמשים לקביעת זכויות שמש בגישה התיאורית מתאימים למספר הפניות מוגבל, כל 45 מעלות. במקרים רבים, התכנית אינה מתאימה במדויק להפניות הראשיות (צפון-דרום-מזרח-מערב) וגם לא במדויק להפניות המשניות (דרום-מזרח, דרום-מערב). לשם כך יש צורך להתאים את הפניות התכנית.

יש לסובב את התכנית לכיוון הקרוב ביותר (הכיוון שהסטייה ממנו הינה פחות מ-22.5 מעלות). בדוגמא המוצגת כאן, ישנה סטייה קטנה מהכיוונים הראשיים, ולכן, הותאמה התכנית לכיוונים הראשיים (ראה איור 10).



איור 9 – השכונה המתוכננת בקרית גת, השטח המוקף במעגל הוא הקטע שנבחר להצגת התהליך.



איור 10 – התאמת הפניית התכנית לכיוונים הראשיים.

2. שמירה על זכויות שמש של שטח פתוח:

א. הגדרת גבולות השטח הפתוח (ראה איור 11).

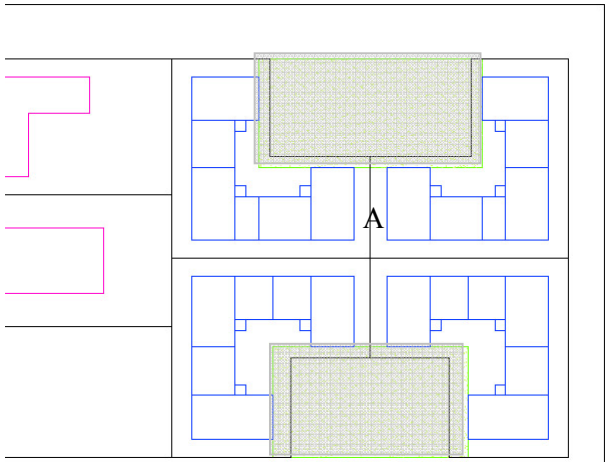
ב. הגדרת השטחים החשופים באמצעות הגדרת משולשים בשטח הדרוש (30% במרכז - ראה לעיל "דרישות קוד האנרגיה"), במקביל לאלכסון השטח הפתוח. יש להגדיר משולש אחד בפינה הצפון-מזרחית (משולש כהה 1), ומשולש נוסף בפינה הצפון-מערבית (משולש כהה 2) השטח החופף בין שני המשולשים נמצא כל היום בשמש (משולש כהה 3) (ראה איור 12).

ג. קביעת נקודות הבסיס במרכז היתר של כל משולש. נקודות אלה קובעות את המרחק מהבניינים שבו יש להתחיל את קווי החתך הסולריים. באופן מעשי, ניתן להעביר קוים מקבילים לבניינים, דרך נקודות הבסיס, כך שנשמר המרחק הדרוש מהבניינים (ראה איור 13).

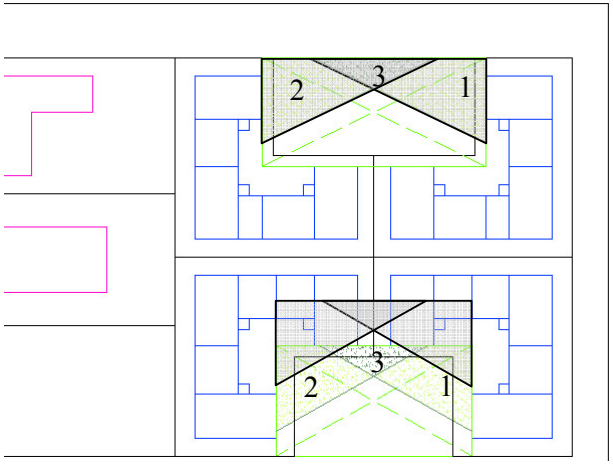
ד. הגדרת קווי החתך הסולריים לכיוונים השונים בהתאם לזוויות המתאימות ל**דרום** בלבד, לפי האזור האקלימי ולפי האזור העירוני (ראה איור 14). הזווית שנלקחה בדוגמא היא 33 מעלות, לפי אזור אקלימי א' (מישור החוף) ולפי אזור מרכז העיר.

ה. חיתוך הנפחים בהתאם לזוויות שהוגדרו לעיל (ראה איור 15).

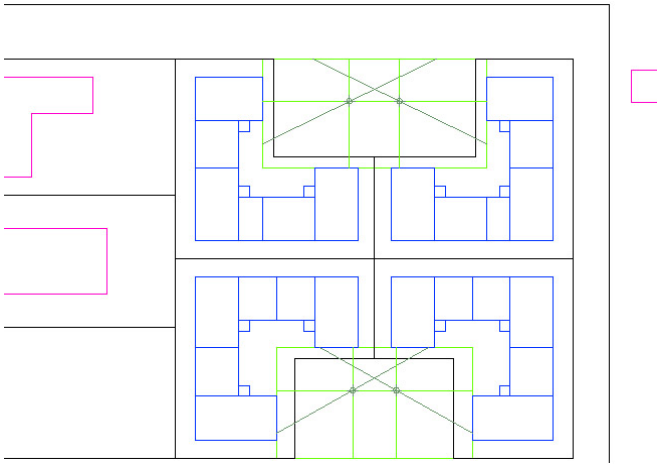
המרווח בין הבניינים (A), אינו נלקח בחשבון, ולכן, השטח יהיה חשוף יותר מהנדרש. ניתן לבדוק הוספת חלקי מבנה על חשבון השטח החשוף ממילא באמצעות הגישה התפקודית. במקרה זה יהיה על המתכנן להוכיח כי לפחות 30% מהשטח הפתוח חשוף לשמש בשעות הנדרשות.



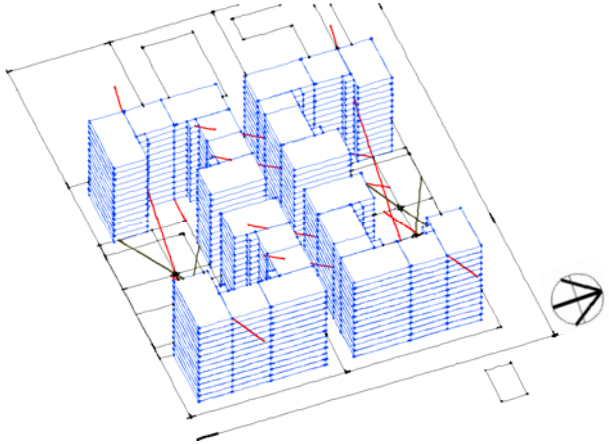
איור 11 – חשיפת שטחים ציבוריים פתוחים - הגדרת השטחים הציבוריים הפתוחים (באפור).



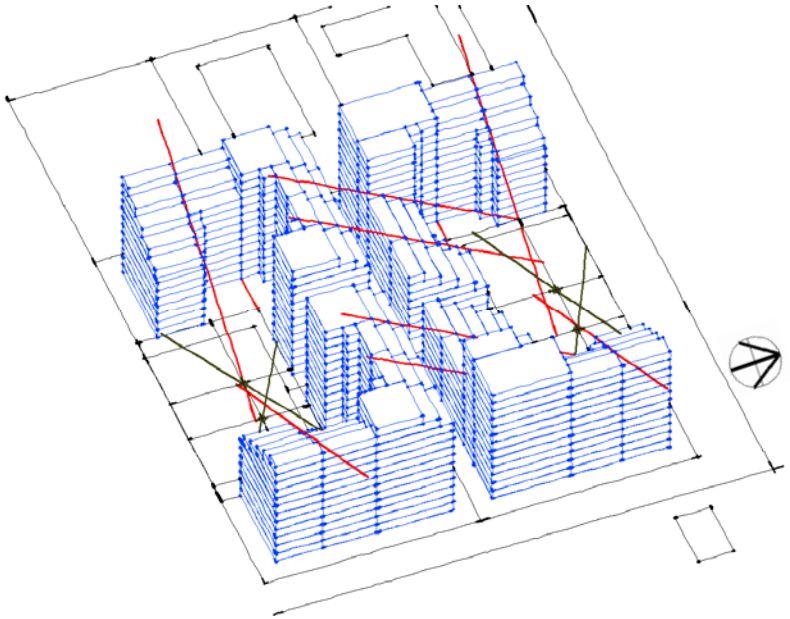
איור 12 – חשיפת שטחים ציבוריים פתוחים - הגדרת השטחים לחשיפה. הקוים המקווקווים הם האלכסונים, השטחים הכהים הם האזורים החופפים לשני המשולשים.



איור 13 – חשיפת שטחים ציבוריים פתוחים - הגדרת נקודות הבסיס במרכז היתר של כל משולש. הקווים הבהירים העוברים דרך נקודות הבסיס מסייעים במיקום בסיסי קווי החתך הסולריים בהתאם לצורך.



איור 14 – חשיפת שטחים ציבוריים פתוחים - הגדרת קווי החתך הסולריים (באדום), לדרום, למזרח ולמערב (עם זווית הדרום) עבור הבניינים הצפוניים. למזרח ולמערב בלבד (עם זווית הדרום) עבור הבניינים הדרומיים.



איור 15 – חשיפת שטחים ציבוריים פתוחים - חיתוך הנפחים בהתאם לקווי החתך הסולריים.

3. שמירה על זכויות שמש של מדרכות:

השטח הנבדק גובל בשני רחובות – מצפון וממזרח, יש להתייחס לשמירה על זכויות שמש של המדרכות בכיוונים אלה.

א. קביעת נקודות הבסיס לתחילת קווי החתך הסולריים במרחק 1 מ' מקצה המדרכה.

ב. הגדרת קווי החתך הסולריים לכיוונים השונים בהתאם לזווית של כל כיוון. כאן קווי החתך של הדרום (33 מעלות) משפיעים על שני הבניינים הצפוניים, וקווי החתך של המערב (57 מעלות) משפיעים על שני הבניינים המזרחיים (ראה איור 16).

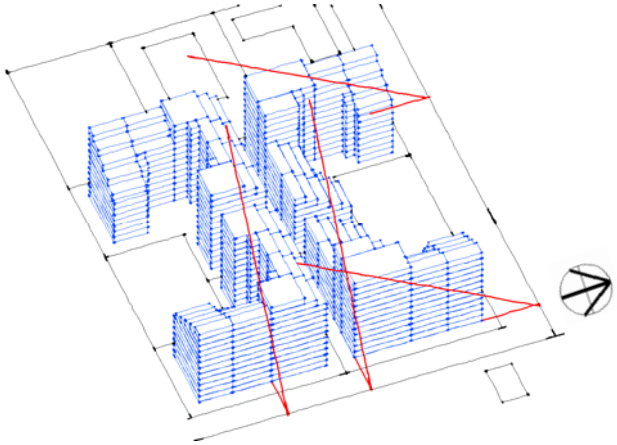
ג. חיתוך הנפחים בהתאם לזוויות שהוגדרו (ראה איור 17).

4. שמירה על זכויות שמש של בנייני מגורים:

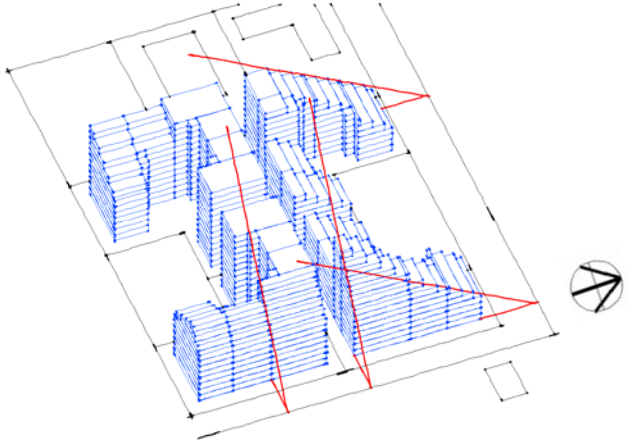
א. שמירה על זכויות שמש בין בנייני מגורים:

יש לשמור על זכויות השמש בין הבניינים המתוכננים, וכן על זכויות השמש של בניינים סמוכים. כאן ישנם שני בניינים סמוכים מערבית לבניינים המתוכננים.

1. קביעת נקודות הבסיס לתחילת קווי החתך הסולריים בבסיס קומת המגורים הראשונה.



איור 16 – חשיפת מדרכות – הגדרת קווי החתך הסולריים מהמדרכה הצפונית (זווית לדרום), ומהמדרכה המזרחית (זווית למערב).



איור 17 – חשיפת מדרכות – חיתוך הנפחים בהתאם לזוויות.

2. הגדרת קווי החתך הסולריים לכיוונים השונים בהתאם לזווית של כל כיוון. כאן קווי החתך של המערב (57 מעלות) משפיעים על הבניינים המערביים, קווי החתך של המזרח (64 מעלות) משפיעים על הבניינים המזרחיים, וקווי החתך של הדרום (33 מעלות) משפיעים על הבניינים הדרומיים. יש לבדוק את השפעת קווי החתך של המזרח גם על הבניינים המערביים, כדי לשמור על זכויות השמש של הבניינים הסמוכים (ראה איור 18).

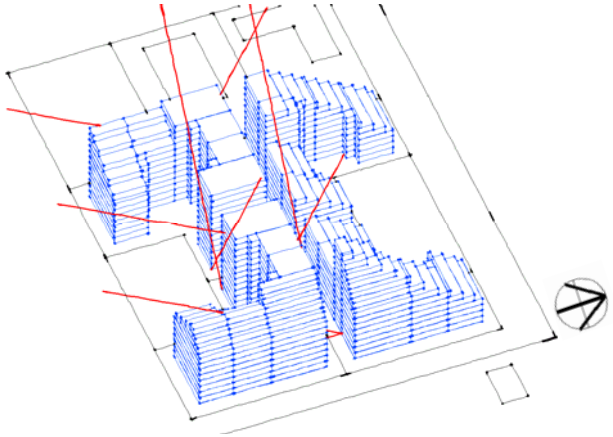
3. חיתוך הנפחים לפי קווי החתך הסולריים (ראה איור 19).

ב. שמירה על זכויות שמש בין חלקי מבנה:

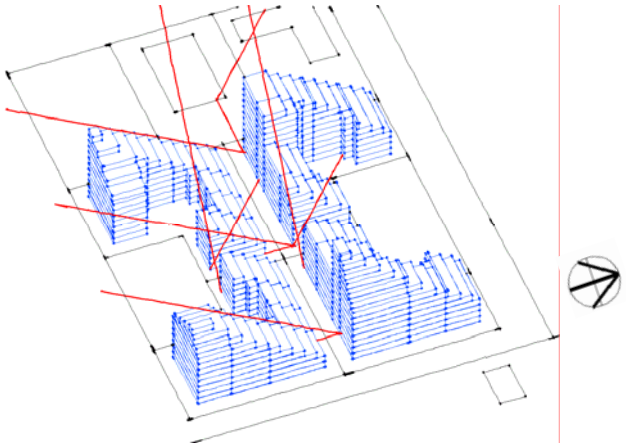
כאשר ישנם חלקי מבנה הפונים זה מול זה, יש לוודא שהם אינם פוגעים בזכויות השמש אחד של השני. הדבר חשוב באופן מיוחד בחזית דרומית שמולה (מדרום) מתוכנן חלק אחר של הבניין.

1. קביעת נקודות הבסיס לקווי החתך הסולריים בתחתית קומת המגורים הראשונה של חלקי מבנה הנמצאים מול חלקים אחרים של אותו מבנה.

2. הגדרת קווי החתך הסולריים לכיוונים השונים בהתאם לזווית של כל כיוון. כאן יש להתחשב בקווי החתך של הדרום עבור הפינות הצפוניות של הבניינים הצפוניים,



איור 18 – חשיפת חזיתות בניינים – הגדרת קווי החתך הסולריים בין הבניינים.



איור 19 – חשיפת חזיתות בניינים – חיתוך הנפחים לפי קווי החתך הסולריים.

ועבור חלקי המבנים הדרומיים שמולם נמצאות הפינות הדרומיות של אותם בניינים (ראה איור 20). קווי החתך הסולריים למזרח ולמערב גבוהים, ואינם משפיעים על חלקי המבנה השונים.

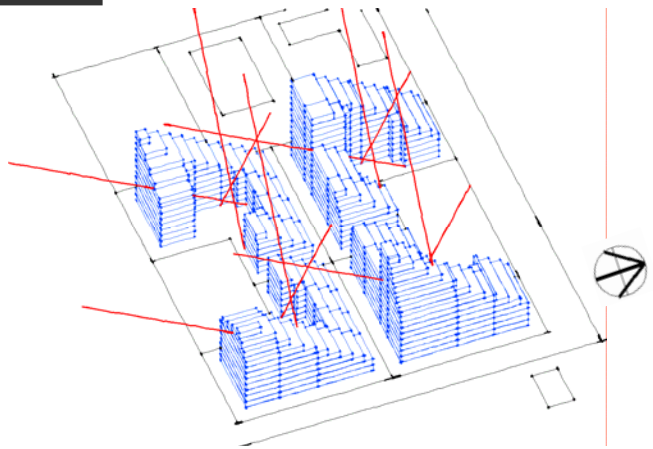
3. חיתוך הנפחים לפי קווי החתך הסולריים (ראה איור 21).

בדיקת צפיפויות

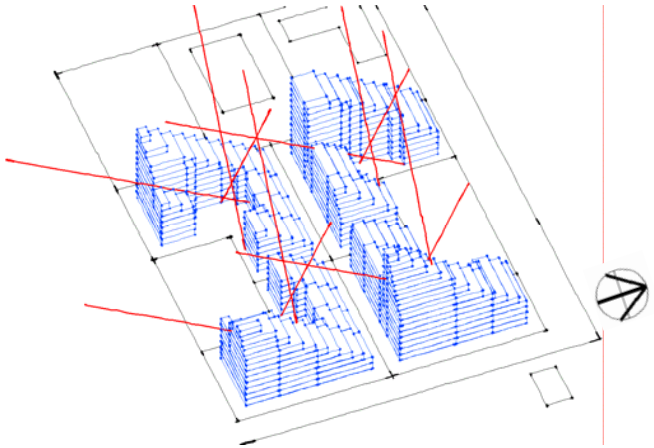
לשם הדגמה, חושבו אחוזי הבנייה שהתקבלו עבור ארבעת הבניינים שבדוגמא. אחוזי הבנייה השומרים על זכויות השמש הושוו לאחוזי הבנייה שתוכננו במקור. חישוב אחוזי הבנייה היה עבור כל אחד מהבניינים בהתאם לשטח המגרש שלו, אך נבדקו גם אחוזי הבנייה הממוצעים.

איור 22 מסכם את אחוזי הבנייה שהתקבלו עבור כל אחד מהמגרשים בתכנון המקורי מול התכנון השומר על זכויות השמש של הסביבה. אחוזי הבנייה הממוצעים עבור ארבעת המגרשים היו 197% בתכנון המקורי מול 324% בתכנון השומר על זכויות השמש.

בדוגמא זו לא שונו העמדות הבניינים. עם זאת, יתכן וניתן היה להוסיף לאחוזי הבנייה על ידי הפיכת שני הבניינים הדרומיים, כך שהחלק העיקרי שלהם היה מתרחק מהבניינים הצפוניים, והשטח הפתוח היה מתוכנן בין הבניינים הצפוניים לדרומיים.



איור 20 – חשיפת חלקי מבנה – הגדרת קווי החתך הסולריים עבור חלקי מבנה הפונים זה מול זה.



איור 21 – חשיפת חלקי מבנה – חיתוך הנפחים לפי קווי החתך הסולריים.

הגשה לרשויות

דרישה מהמתכנן

המתכנן יצטרך להגיש חתכים עקרוניים של הפרויקט בכל הכיוונים. החתכים צריכים להראות את האופן בו שומר הבניין על קווי החתך הסולריים הרלוונטיים (לדוגמא ראה איור 23).

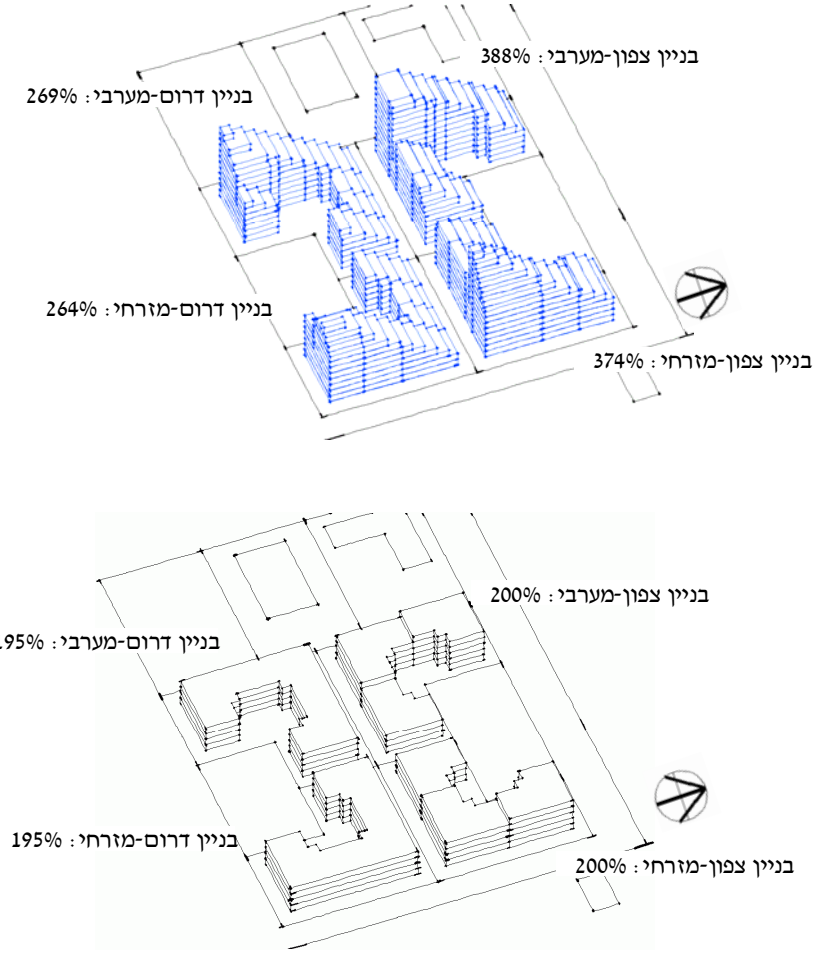
בדיקה על ידי הרשויות

הרשויות יוודאו כי בחתכים המוגשים על ידי המתכנן נשמרו הזוויות המתאימות לאזור האקלימי, לאזור בעיר (מרכז או פריפריה) ולכיוונים השונים.

סיכום

חשיפת בניינים ושטחי חוץ לשמש החורפית חשובה ביותר. עבודה זו מציגה שיטות המאפשרות תכנון השומר על זכויות השמש של בניינים, מדרכות ושטחים ציבוריים פתוחים. השיטות כוללות שלוש רמות:

1. תכנון על פי כמות הקרינה הדרושה עבור חזיתות בניינים (גישה תפקודית) – מתכנן המשתמש בשיטה זו חייב להוכיח כי חזיתות הבניינים נחשפות לכמות הקרינה המוגדרת.

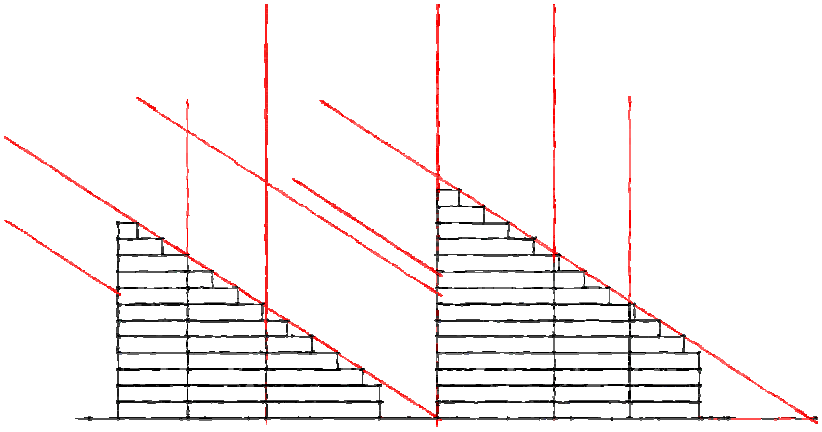


איור 22 – סיכום אחוזי הבנייה עבור המגרשים השונים בתכנון המקורי (למטה) ובתכנון השומר על זכויות שמש (למעלה).

2. תכנון על פי שעות חשיפה לשמש (גישה תפקודית) – מתכנן המשתמש בשיטה זו חייב להוכיח כי חזיתות הבניינים, המדרכות או שטחי החוץ הציבוריים חשופים לשמש בשעות המוגדרות.

3. תכנון על פי קווי חתך סולריים (גישה תיאורית) – שימוש בקווים אלה יוצר נפחי בינוי השומרים על החשיפה הנדרשת של חזיתות בניינים, מדרכות או שטחי חוץ ללא צורך בהוכחה נוספת.

הדוגמא שהוצגה כללה ארבעה בניינים שתוכננו בקרית גת (אזור מישור החוף). הדוגמא מציגה את השלבים לתכנון שומר על זכויות שמש בעזרת קווי החתך הסולריים. כמו כן, הוצגו אחוזי הבנייה שהתקבלו עבור השיטה. אחוזי הבניה היו גבוהים מאלה שתוכננו במקור.



איור 23 – דוגמא לחתך להגשה לרשויות : חתך צפון-דרום המציג את דירוג הבניינים ואת קווי החתך הסולריים של הדרום עליהם יש לשמור.