

מתן תוקף

איזור קליה -  
בחינת אקלים והמלצות לבינוי ובניה.

ד"ר יאיר עציון  
המרכז לאדריכלות מדברית ולבינוי ערים  
המכון לחקר המדבר ע"ש י. בלאושטיין  
אוניברסיטת בן-גוריון בנגב  
קמפוס שדה בוקר.

מוגש לחברה  
קליה פיתוח תשתיות (1996) בע"מ

יוני 1996

# סקירה אקלימית

מקור הנתונים לסקירה האקלימית: אטלס אקלימי לתכנון פזי וסביבתי בישראל, אריה כיתן ושרה רוכין.

## אקלים איזור ים המלח:

ים המלח וחופיו הם החלק הנמוך ביותר של בקע הירדן, אשר רוחבו באזור זה עולה על 15 קילומטר. האזור תחום במזרח על ידי מורדות הרי עבר הירדן ובמערב על ידי המורדות המזרחיים של הרי יהודה, הצונחים מרום 800-900 מטר עד רום כ- 400 מטר. הפרש גבהים זה של 1200-1300 מטר גורם לכמויות המשקעים הקטנות וליצירת האזור המדברי במדרונות המזרחיים אשר במורד הרוח.

## אקלים קליה:

(ציור 1)

אקלים איזור קליה, בצפון מערב ים המלח, הינו נגזרת של יחידת האקלים של ים המלח כולו, ואינה שונה ממנו אלא במשטר הרוחות השונה במקצת הקיים בה.

אקלים איזור קליה הוא חם וצחיח, עם כמות משקעים רב-שנתית ממוצעת של 88 מ"מ בלבד. הגורמים המשפיעים על אקלים איזור צפון ים המלח הם מיקומו הנמוך, כ- 400 מטר מתחת לפני-הים, היותו באזור הרוחות האדיאבטיות הצונחות מהרי יהודה, ריחוקו מהים התיכון וקרבתו לים המלח. שלושת הגורמים הראשונים גורמים ליצירת אזור צחיח וחם, עם טמפרטורות שהן מהגבוהות ועם לחויות יחסיות שהן מהנמוכות בישראל. הרוחות מהגזרה המערבית אשר צונחות בשעות אחר הצהרים (בעיקר בקיץ) לאורך מורדותיהם המזרחיים של הרי יהודה, גורמות לעליה נכרת של הטמפרטורה (התחממות אדיאבטית) ולירידה בלחות היחסית. לעומת זאת ממתנת הבריזה האגמית המתפתחת בשעות היום את עליית הטמפרטורה לחופי האגם ומעלה במקצת את הלחות. בהשפעת הבריזה מים-המלח נמוכה טמפרטורת הצהרים בקליה ב- 2-4 מ"צ בהשוואה לטמפרטורה במרכז הבקעה. הבריזה האגמית נושבת כל עוד לא הגיעה הרוח הצונחת מכוון מערב וצפון מערב בשעות אחר הצהריים המאוחרות.

בעונת הקיץ שוררות באזור קליה טמפרטורות גבוהות מאוד: טמפרטורות המקסימום היומית הממוצעת מגיעה ל- 36-38 מ"צ. בחודשים שבין מאי לספטמבר עשויה הטמפרטורה לעלות מעל 40 מ"צ ובחודשים יולי ואוגוסט אף מעל 42-43 מ"צ. שלא כמו באיזורים אחרים בישראל שוררות בקליה הטמפרטורות הגבוהות ביותר בעונת הקיץ, ולא דוקא בשרבי האביב והסתיו. המינימום הממוצע בלילות הקיץ אינו יורד מתחת 24- מ"צ.

המינימום הממוצע של הלחות היחסית בחודשים יולי ואוגוסט הוא 27% ו- 31% בהתאם. למרות הלחות היחסית הנמוכה שוררים באיזור קליה במשך 7 חודשים תנאי עומס חום. בשלושה מהחודשים האלה (יולי-ספטמבר) תנאי עומס החום שוררים במשך כל שעות היממה: במרביתן שורר עומס חום בינוני וכבד.

בעונת החורף טמפרטורת המקסימום היומית הממוצעת היא 19.5-21 מ"צ. המינימום היומי הממוצע הוא 10-11.5 מ"צ. נכרת כאן השפעתו הממתנת של ים המלח ואי יכולתו של האוויר הקר, הגולש במדרונות, להצטבר באזור קליה, בגלל קרבת ההרים לחוף. הלחות היחסית בחורף גבוהה מזו שבקיץ, אך גם אז הממוצעים נמוכים בהשוואה לרוב האזורים בישראל. בחורף עשויה הלחות היחסית להתקרב ל- 100%, בהשוואה לערכים קיצוניים של 75%-85% בקיץ. מדות החום הנוחות בעונת החורף באות לבטוי בערכי ימי הסקה נמוכים. רק במשך חודשיים ערכי ימי ההסקה גבוהים מ- 75 יחידות, שהוא סף ההסקה.

המבנה הטופוגרפי של בקעת הירדן ומשטר הבריזה של ים המלח מעודדים נשיבת רוחות דרומיות וצפוניות במרבית שעות היממה ובמשך רוב ימות השנה. משטר הבריזה של ים המלח בא לבטוי ברוח דרומית משעות הבוקר עד שעות אחר הצהרים: בשעות הערב והלילה נושבת רוח צפונית וצפון-מערבית, המשלבת בריזה יבשתית לכוון האגם עם רוחות קטביות. בקיץ מגיעה לאזור ים המלח בשעות אחר-הצהרים רוח צפון-מערבית ומערבית, המשלבת את בריזת הים התיכון ואפיק המפרץ הפרסי. המבנה הטופוגרפי של הבקעה מגביר את הרכיב הצפוני. בחורף ובעונות המעבר מושפע האזור ממערכות לחץ החולפות באזורנו וגורמות לנשיבת רוחות גם מכוונים אחרים. גם בעונות אלה בימים של מזג אוויר יציב תיתכן השפעת הבריזה הים תיכונית בשעות הערב, ואז עולה במקצת שכיחות הרוחות מהגזרה הצפון-מערבית.

קייץ:

הטמפרטורה היומית הממוצעת באישור קליה בחודשי הקיץ, יולי ואוגוסט, היא כ- 31 מ"צ, ב- 2-3 מ"צ פחות מהטמפרטורה בסדום שבדרום ים המלח, וב- 0.5-1.5 מ"צ פחות מהממוצע באילת, שהן התחנות החמות בישראל. טמפרטורת המקסימום היומית הממוצעת היא 36-38 מ"צ. בשעה 1400 הטמפרטורה הממוצעת היא 34.5 מ"צ, וזאת בהשפעת בריזת ים המלח. בשעות אחר-הצהרים נפסקת בריזה זו, ובריזת הים התיכון מגיעה לאזור. הרוחות הצונחות לאורך המדרונות המזרחיים של הרי יהודה מתחממות אדיאבטית והטמפרטורה מגיעה לשיא בסביבות השעה 1700. טמפרטורות שיא מעל 40 מ"צ אינן נדירות בקליה, והערך הגבוה ביותר שנמדד בשנים 1970-1980 בהן פעלה התחנה היה 47.7 מ"צ בחודש יולי. טמפרטורת המינימום היומית הממוצעת בקליה בחודשי הקיץ אינה יורדת מתחת ל- 24.5 מ"צ וגם ערכי המינימום המוחלטים אינם יורדים מתחת ל- 19 מ"צ.

חורף:

הטמפרטורה היומית הממוצעת בעונת החורף היא בתחום 15-16.5 מ"צ והמקסימום היומי הממוצע הוא בתחום 19.5-21 מ"צ. המינימום היומי הממוצע אינו יורד מתחת ל- 10 מ"צ. בגלל השפעתו הממזגת של ים המלח אין, בדרך כלל, טמפרטורת המינימום בקליה יורדת בחורף מתחת ל- 6 מ"צ. גם קרבת ההרים לחוף הים מונעת הצטברות אויר קר באזור וירידת הטמפרטורה לערכים יותר נמוכים. הטמפרטורה הנמוכה ביותר שנמדדה בשנים 1970-1980 היתה 2.6 מ"צ, בחודש ינואר.

## לחות יחסית

(ציור 3)

הלחות היחסית היומית הממוצעת באזור קליה היא מהנמוכות בישראל. רק באזור הערבה ודרום הנגב ערכי הלחות היחסית נמוכים יותר. הלחות היחסית היומית הממוצעת הגבוהה ביותר נרשמת בחודשים דצמבר וינואר - 60% בממוצע - והנמוכה ביותר בחודש מאי - 42%. הלחות היחסית עולה בהדרגה בחודשי הקיץ (ביולי 44% ובאוגוסט - 48%), מגיעה לשיא משני בספטמבר (51%) ויורדת למינימום משני בחודשים אוקטובר ונובמבר - 49%. הערך השעתי הנמוך ביותר בחודשי הקיץ - כ- 30% חל בשעה 1700-1800, שהיא גם שעת שיא החום. בשעה זו צונחת לאזור הבריזה הים תיכונית, היא מחממת את האויר ומיבש אותו תוך כדי גלישתה במדרונות הרי יהודה. בהשפעת הבריזה האגמית בקיץ שוררים בקליה בצהריים ערכי לחות גבוהים יותר מאשר בשטחים המרוחקים מהאגם. בשעות הבוקר (0800) בעונת הקיץ הלחות היחסית הממוצעת היא בתחום 50%-55%, ובשעות הצהריים (1400) והערב (2000) - 35%-45%. בעונת החורף נעה הלחות היחסית מכ- 65% בשעות הבוקר (0800), ל- 45%-50% בשעות הצהריים (1400) ול- 60%-65% בשעות הערב (2000). בחודשי הקיץ אין הלחות היחסית עולה בד"כ על 80% והמקסימום היומי הממוצע מגיע ל- 70%-60% בלבד. המינימום הממוצע בחודשים אלה הוא 25%-30%, ובחודשים אלה - כמו בעונות המעבר - עשויה הלחות היחסית לרדת מתחת ל- 15%. ברוב חודשי השנה ירדה הלחות היחסית בארועים קיצוניים מתחת ל- 5%.

ימי מעלות הסקה (ימ"ה)

(ציור 4)

במשך חודשיים בלבד, דצמבר וינואר, גבוהים ערכי הימ"ה מ- 75 יחידות, שהוא סף ההסקה, ובחודש פברואר (71 יחידות) הם מתקרבים אליו. (בסיס החישוב למספר ימי מעלות ההסקה הוא 18.3 מ"צ). בגלל טמפרטורת חורף גבוהות יחסית, מגיע סך כל ערכי הימ"ה בקליה ל- 318 יחידות בלבד. ערך זה הוא מהנמוכים בישראל ורק בדרום ים המלח ובערבה הערכים נמוכים יותר.

## עומס חום

(ציור 5)

עומס החום בקליה הוא מן הקשים בישראל. תואי עומס חום שוררים באזור במשך 7 חודשים, מאפריל עד אוקטובר. בשלושה מהם (יולי-ספטמבר) הוא נמשך כל 24 שעות היממה, כאשר במשך 17-18 שעות עומס החום הוא בינוני וכבד. בשלושה חודשים נוספים (מאי, יוני ואוקטובר) שורר עומס חום למעלה מ- 13 שעות. במשך חצי שנה שוררים איפוא תנאי אקלים קשים באזור זה במרבית שעות היום והערב.

## משקעים

אזור קליה הוא מן הצחיחים בישראל, בגלל מיקומו באזור הרוחות היורדות מהרי יהודה. ממוצע המשקעים הרב-

שנתי הוא 88 מ"מ בלבד. הכמות השנתית הגדולה ביותר שנרשמה במשך 18 שנות מדידה היתה 263 מ"מ. והקטנה ביותר 40 מ"מ. התנודות בכמויות הגשם החודשיות והשנתיות בקליה הן גדולות. הגשמים הם בעלי אופי מקומי וידועות עוצמות גשם גדולות היורדות בפרקי זמן קצרים ועל פני שטחים קטנים. עונת הגשמים מתחילה למעשה בנובמבר, בו יורדים 14 מ"מ בממוצע (2 מ"מ במאי). החודש הגשום ביותר הוא ינואר, בו יורדים 21 מ"מ בממוצע.

יש בשנה כ- 26 ימי גשם ( 0.1 מ"מ גשם או יותר) בממוצע, מתוכם כ- 20 ימים עם 1 מ"מ או יותר, כיומיים עם 10 מ"מ או יותר ואחת ל- 5 שנים בממוצע. עולה כמות הגשם היומית על 25 מ"מ. בתחנת גשם שפעלה בצפון ים המלח בתקופה שבין השנים 1941-1947 נמדדה כמות יומית מקסימלית של 71 מ"מ.

#### שטפונות

הגשמים היורדים על גבי המורדות המזרחיים מעוטי הצמחייה של הרי יהודה ועוצמות גשם גדולות באזור גורמים מדי פעם לשטפונות בקליה ובסביבתה.

#### משטר הרוחות

(ציור 6)

#### חורף:

בשעות הלילה שליטה רוח צפונית (כ- 65% ) וכן רוח צפון-מערבית אשר פוחתת לקראת חצות. רוחות אלה הן ברובן בריזה יבשתית הנושבת אל האגם ורוחות קטבטיות. שכיחות הרוח הצפונית פוחתת מעט בשעות לפני הצהרים ובמקומה שלטת הרוח הדרומית, שהיא בעיקרה בריזה מהאגם. לפנות ערב שוב עולה שכיחות הרוח הצפון-מערבית.

#### עונות המעבר (אביב וסתיו):

בשעות הערב והלילה שליטה הרוח הצפונית (עד 75%-70%), ובמדה פחותה הרוח הצפון-מערבית. בדרך כלל רוחות אלה הן שילוב של בריזה יבשתית ורוחות קטבטיות, ובשעות הערב גם בריזה הים-התיכון. שכיחותן פוחתת בהדרגה בשעות הבוקר, ולקראת הצהרים גוברת רוח דרומית המציינת התפתחות הבריזה הנושבת מהאגם. רוח זו מגיעה ל- 70% - 80% בשעות הצהרים, שכיחותה יורדת בהדרגה בשעות אחר-הצהרים ולפנות ערב היא חדלה.

#### קיץ:

בשעות הערב והלילה שולטות הרוח הצפונית (עד 75%) והצפון-מערבית שמקורן בשילוב בריזה יבשתית ורוחות קטבטיות ובערב גם בריזה הים התיכון. רוחות אלו שוככות בשעות לפני-הצהרים. במקומן נושבת רוח דרומית - הבריזה האגמית - ששכיחותה בשעות הצהרים מגיעה ל- 99% ומהירותה הממוצעת 17 ק"מ/שעה. בשעות אחר-הצהרים והערב המוקדמות צונחת לאזור הבריזה הים תיכונית. הרוח המערבית והצפון-מערבית שולטת (כ- 80% בשעות הערב) ומהירותה הממוצעת של הרוח המערבית כ- 23 ק"מ/שעה.

#### מהירות הרוח:

רוחות שמהירותן עולה על 30 ק"מ/שעה נושבות בעיקר בחורף, אך הן מצויות גם ביתר העונות. נדירות רוחות שמהירותן עולה על 40 ק"מ/שעה. מרבית הרוחות החזקות נושבות מדרום.

# המלצות לבינוי

## ניתוח המשמעות התכנונית של נתוני האקלים

שטחי חוץ:

בטיפול בשטחי החוץ יש להתמקד בשני נושאים עיקריים:

1. קרינת השמש
2. טמפרטורת האוויר והרוח.

### קרינת השמש:

הנמצא בשמש הקייץ באיזור קליה חשוף לקרינה רבה אשר משפיעה מאוד על נוחותו הטרימית. מוערך ששיעור הקרינה באיזור קליה בצהרי יום קיץ מגיעה לכ-1,000 ווט למ"ר, שהיא כמות קרינה מהגבוהות האפשריות. אדם הנמצא בשמש חשוף לטמפרטורת "אוויר-קרינה", (טמפרטורת אוויר-קרינה הינה ערך מחושב של שווה ערך לטמפרטורה אשר לוקח בחשבון את קרינת השמש המשווקלת למספר מעלות צלזיוס). משום כך, ההסתמכות על טמפרטורת אוויר בלבד הינה מטעה ובלתי משקפת את המציאות. לצורך הדגמה: בטמפרטורת אוויר של כ-30 מ"צ, אדם החשוף לשמש הקיץ יכול להרגיש כאילו הוא נמצא בטמפרטורה של כ-60 מ"צ ואף יותר, תלוי במהירות האוויר סביבו, בבגדיו ובגוון עורו. הרגשת החום יכולה להיות עוד גבוהה יותר אם האדם נמצא בעיצומו של תהליך שבו יוצר החום המטבולי גובר (למשל - בזמן הליכה או ריצה). המסקנה ההכרחית מנתון זה היא שאין כמעט אפשרות להגדיל בחשיבותה של ההצללה באזורים בהם נעים אנשים. צל על ועוד פעם צל הינו הגורם מספר אחת להגברת הנוחות הטרימית בשטחי חוץ, ויש לעשות ככל האפשר על מנת להצל שטחים אלה. אדם הנמצא בצל ואשר הינו גם חשוף לתנועת אוויר של לפחות מטר בשניה ירגיש נוחות טרימית לאין שיעור גבוהה יותר מאשר אדם אשר נמצא בשמש בתנאים דומים.

לעומת המצב בקיץ, בחודשי החורף מעט קרינת שמש מהווה תוספת לנוחות התרימית המורגשת. הבעיה בתכנון הצללה היא שגודלו של שטח המוצל בחורף ע"י מסתור שמש כלשהו יהיה תמיד גדול בהרבה מגודלו של השטח המוצל על ידי אותו מסתור שמש בחודשי הקיץ. זווית הגובה של השמש ב-21 בחודש יוני, שעה 12 בצהריים הנה כ-82.5 מעלות ואילו בחודש דצמבר זווית זו הינה רק 35.7 מעלות. ההנחיות הניתנות כאן מכוונות ליצירת צל בחודשי הקיץ, משום שבחודשים אלה הצללים המוטלים ע"י בנינים או גופים אחרים הם מינימליים מבחינת גודלם אך מקסימליים מבחינת חשיבותם.

הצללה יכולה להתבצע ע"י מבנים, אלמנטי הצללה כגון פרגולות ו/או צמחיה. בנינים יטילו צל הנמשך באופן כללי מדרום או קרוב לדרום לכיוון צפון או קרוב לצפון. רוחבו של פס הצל אשר יוטל ע"י בנין או כל גוף תלת ממדי אחר יהיה פונקציה ישירה של זווית השמש (גובה וצידוד) באותו זמן ושל גובה הגוף המצל. למשל, ב-12 בצהריים בחודש יוני יטיל בנין בן קומה אחת הבנוי על משטח אופקי, ואשר גובהו שלשה מטר, צל ברוחב של כ-40 ס"מ בלבד בקו מקביל לקו הבנין. עם זה בשעה 10 בבוקר או 2 אחה"צ יהיה הרוחב של רצועת הצל המקבילה לבנין מצד צפון כ-92 ס"מ. בחישוב הצל המוטל ע"י בנין בן N קומות יש להכפיל רוחבים אלה ב-N.

בחורף רצוי לאפשר חדירת שמש ישירה הן לחלונות הדרומיים של בנינים והן לתוך איזורים פתוחים, יש לזכור שדרישה זו מצריכה הרחקת בנינים וגופים תלת מימדיים אחרים האחד מהשני בשל זוויות הגובה הנמוכות יותר של השמש בחודשי החורף. ביום הקצר ביותר, 21 בדצמבר, זווית הגובה של השמש בשעה 12 בצהריים הינה כ-36 מעלות מעל האופק, ובמצב זה הצל המוטל ע"י בנין בגובה של 3 מטר יהיה ברוחב של כ-4.15 מטר. לבנין בן מספר קומות רב יותר יש כמובן צורך להכפיל מידה זו במספר הקומות. שמש חורפית מועילה בעיקר בין השעות 9 בבוקר ו-3 אחה"צ (בהן זמינה כ-85% מהקרינה היומית). בשעות הקיצוניות האלה יהיה רוחב הצל המוטל ע"י בנין בן 3 קומות כ-5.6 מטר.

פתרון המקל במקצת על הסתירה בין הדרישות לשמש וצל בקיץ ובחורף באיזורים פתוחים ובאיזורי הליכה הינו בניית אכסדרות לבנינים הנמצאים על צירי ההליכה הראשיים. במידה ונמצא פתרון אדריכלי מתאים, רצוי לאפשר תנועת אנשים גם מתחת לבנינים, התועלת הנובעת מכך היא הרחבה מאוד משמעותית של רצועת הצל בקיץ - לרוחב הצל נוספת רצועה ברוחב ההיטל האופקי של הבנין כולו - ציור-7. במקרה הזה קיימת גם אפשרות מה לחשוף את ציר ההליכה לשמש בימי החורף עם הקטנת זווית הגובה של השמש.

חישובים יותר מדויקים של רוחבי הצל או במקרים אשר בהן הבנינים נמצאים בהטיה מהדרום המדויק ניתן לבצע בעזרת דיאגרמות שמש (ציור 8) או תוכנות מחשב מתאימות, את שתיהן ניתן לקבל במרכז לאדריכלות מדברית ולבינוי ערים בשדה בוקר. כמו כן יעמוד המרכז לשרותם של מתכננים המבקשים לבדוק זוויות שמש

במקרים מיוחדים.

הצללת שטחים פתוחים ו/או מעברים צריכה להיעשות בקפידה, בייחוד כאשר מדובר בשבילים צרים יחסית אשר אמורים להצל על הולכי הרגל. יש לשים לב לעובדה שבשל זווית השמש (שאנה תמיד בזיט!) צל גגון השביל אינו נופל ישירות מתחתיו, בייחוד בשעות הבוקר ואחריצה של הקייץ. הבעיה חמורה במיוחד בשבילים אשר נמתחים ממזרח למערב. ציור 9 מראה צל גגון הנופל על הקרקע כאשר השמש נמצאת בזווית גובה קטנה מ-90 מעלות. לחישוב מדויק של הסטייה במיקום גגון עבור שביל כלשהו ניתן לפנות למרכז לאדריכלות מדברית ולבינוי ערים. בתכנון שבילים מוצלים רצוי מאוד גם לדפן את צידי השביל על מנת לחסום את הקרינה המוחזרת מהקרקע הבהירה אל אדם הפוסע על השביל. תלוי סמוכן בגוון המדויק של הקרקע, אבל ניתן להעריך שאחוז הקרינה המוחזרת מהקרקע בימי הקייץ מגיע ל 30%, וזוהי בהחלט כמות קרינה שיכולה לגרום אי נוחות.

בתכנון השטחים הפתוחים רצוי להשתמש בחומרי ריצוף בהירים יחסית, על מנת למנוע את התחממות מקרינת השמש. התחממות זו מעלה את טמפרטורת הסביבה ומורידה את רמת הנוחות התרמית באתר. ניתן להשתמש בבטון ומוצרים אשר גוונם בהיר, לא רצוי להשתמש באספלט או חומרים כהים אחרים.

### רוחות:

רוחות ותנועות אויר יכולים, מחד, להוות מרכיב חשוב בהשגת נוחות תרמית באיזורים פתוחים כאשר הטמפרטורה גבוהה במקצת מהרצוי, אך מאידך הן יכולות להיות גורם מפריע לנוחות הכללית אם מהירות גבוהה מערכים מסויימים ואם טמפרטורת האויר הנע גבוהה מדי. הגברת הנוחות ע"י רוחות נגרמת ע"י הגברת קצב ההזעה מפני העור וקירור האחרון ע"י האידוי. כאשר טמפרטורת הרוח גבוהה משמעותית מטמפרטורת עור הגוף אפקט זה נעלם.

בעונות המעבר ומשני צידי הקייץ (עד יוני והחל מספטמבר) ברוב שעות היום - פרט לשעות החמות ביותר - רצוי אם כן לאפשר בקליה זרימת אויר חופשית באזורים הציבוריים אשר בהם ישנה פעילות, על מנת שהטמפרטורה המורגשת ע"י משתמשים באזורים אלה תהיה נמוכה יותר מטמפרטורת האויר. בינוי שיאפשר זרימת אויר בין המבנים בשטחים החיצוניים נראה מתאים, בשל ההנחה שבשעות החמות ביותר של הקייץ ממילא לא ישהו אנשים בחוץ, ואז הרוח החמה מאוד ממילא לא תשפיע על הנוחות התרמית של השוהים באיזור. המהירות המקסימלית של האויר אשר נחשבת לנוחה במקרה כזה אינה עולה על 18-20 קמ"ש, שהם כ- 5-5.5 מטר לשניה.

"צל הרוח" של גוף תלת מימדי הוא השטח מאחורי הגוף הזה (מבחינת כיוון זרימת האויר) אשר בו מהירות הרוח מושפעת מהמצאותו של הגוף בתוואי הרוח. ציורים 10 ו 11 מציגים את המרחקים הדרושים לרוח בכדי לחזור למהירותה שמלפני הפגיעה במכשול, וכן למרחקים הדרושים לרוח בכדי לעלות לחלקי המהירויות שהיו לה לפני שפגעה במכשול. יש לציין שהמקרים הנדונים הינם עבור מכשול באורך אין סופי (תיאורטי) אשר בו אין תנאי שפה בקצוות אשר יכולים לגרום למערבולות רוח ו/או מהירויות שונות בגלל תנאי קצה מיוחדים. ציור 12 ו- 13 מציגים את התנהגות הרוח סביב למבנים, ומאפשרים לחזות, אם כי בצורה גולמית משהו, את מהירויות הרוח הצפויות ליד מבנים אלה כפונקציה של מהירויות הרוח באתר.

גם עבור הקייץ וגם עבור החורף רצוי או דרוש להימנע מאזורים נקודתיים אשר בהם נוצרות מהירויות רוח גבוהות מאוד המהוות הפרעה בכל מקרה ובכל טמפרטורה. אזורים אלה נוצרים בדרך כלל כאשר יש שינוי פתאומי בחתך הפתח אשר בו עוברת הרוח, למשל במרווח צר בין שני בנינים, במיוחד אם הם גבוהים. במקומות אלה מתרכז לחץ הרוח המנוקז, למשל מאזורי החסימה של הבנינים, והדבר גורם להתגברות מאוד משמעותית במהירויות הרוח. גם בתכנון המבנים עצמם רצוי להימנע ממעברים צרים בין גושי בנינים גדולים משום ששם יוצרו מהירויות רוח גבוהות ובלתי מבוקרות. יש להתחשב באזורי "צל הרוח" של בנינים ושל עצמים גדולים אחרים, ובאמצעותם אפשר גם לווסת במידת מה את מהירויות הרוח. בתכנון השטחים הפתוחים יש לוודא איורור טוב במיוחד לשטחים קטנים ומתוחמים: השארת "כיס" אויר בלתי מאווררים גורמת בקיץ להתחממותם, ולכך השפעה הן על התנאים הטרמיים שבתוכם והן על מבנים שכנים הגובלים עמם.

בניגוד מוחלט ליכולת להעריך בפשטות יחסית את השפעתה של השמש על התכנון האדריכלי, היכולת להעריך את אפקט הרוח הינו מאוד בלתי וודאי ומאוד לא מדויק. לצורך בדיקה מדויקת של אפקט הרוח יש צורך להשתמש בתוכנות מחשב "כבדות" ובמידות מקומיות של מהירויות רוח וכיווניהן אשר ימשכו במשך מספר שנים באתר הפרויקט. לחילופין ניתן להשתמש במודל תלת מימדי של המבנה והשטח שמסביבו במנהרת רוח ולבדוק את התנהגות הרוחות באתר. נתוני הרוח שבידינו הם נתונים ברמה האיזורית, ומובן שבינוי או שינויי בטופוגרפיה יגרמו לשינויים במשטר הרוחות במקום.

ציור 6 מראה את מהירויות הרוח השכיחות בקליה, אך יש לזכור שאלה תוצאות סטטיסטיות של שנים אחדות ובמקרים מיוחדים עלולות להיווצר סטיות במהירות הרוח.

**מבנים:**

התנאים הקיצוניים של האקלים בקליה אינם מאפשרים מניפולציות רבות של התנאים הטרימיים בבנין באמצעים פסיביים. בהנחה שהתנאים התרמיים בבנינים יובטחו ע"י מיזוג אוויר מכני כזה או אחר נשאר למתכננים לשים לב במיוחד לנקודות הבאות:

1. בידוד טוב של המבנים לשם הקטנת עומסים ע"י מעבר לא רצוי של אנרגיה בקירות
2. מסה תרמית רבה ל"יישור" מהלך הטמפרטורות בתוך הבנין
3. הקטנת עומסים חיצוניים ופנימיים על הבנינים דרך פתחים מזוגים ו/או חדירים למעבר אוויר.

### חורף:

ירידת הטמפרטורה היומית הממוצעת מתחת לתחום הנוחות בחודשי החורף, בשיעורים של עד כ-8-7 מעלות צלזיוס, יכולה להיות מתקנת בקלות יחסית ע"י שימוש באנרגית שמש, במידה ורוצים להשתמש בסוג זה של אנרגיה זו לחימום. מובן שבאיזור קליה שוררות גם טמפרטורות נמוכות מאלה של הממוצע היומי, אבל האינרציה התרמית של הבנינים ובידודם הטוב (במידה ושני אלה אכן טופלו כיאות) "יישור" את מהלך הטמפרטורות בתוך המבנה גם בזמנים בהם תהיה הטמפרטורה בחוץ שונה מאוד מהממוצע החודשי. שיעור הקרינה היומי הממוצע על חזית דרומית באיזור קליה במהלך החורף מוערך בכ-4 קו"ש ליום למ"ר (נתוני הקרינה אינם זמינים בעת כתיבת הדו"ח, אבל אין סיבה להניח שהם שונים באופן מהותי מאלה של שאר איזורי הנגב), ואלה יכולים רובם להיות מנוצלים לצורך חימום המבנה, כאמור במידה ויוחלט להסתמך על אנרגיית שמש כמקור החום לחימום מבנים. לצורך יישום טכניקה זו יש לתכנן את הבנין כך שיוכל לנצל את כל האנרגיה הזמינה הזו, ובעיקר לדאוג לפנות נכונה ולגודל מתאים של פתחים מזוגים, לבידוד המבנה ולכושר קיבול החום הדרוש לו לצורך ספיגת אנרגיית השמש במשך הימים הבהירים. ראוי לציין שרוב הדרישות, בייחוד בענין קיבול החום אך גם במידה רבה בענין בידוד המעטפת, נענה ממילא בטכניקות הבניה המקובלות בישראל, כך שאין כמעט שוני בין צורת הבניה הנדרשת לבין זו שממילא תיושם בבניה המתוכננת. עם זה, יש לשים לב לשאר הדרישות, בייחוד לפנות וגודל הפתחים!

הפתחים המומלצים הינם פתחים דרומיים - לצורך חימום חורף ומיזעור התחממות הקיץ - ויש להיזהר מאוד מפתחים מזוגים חשופים לכיוון מזרח ולכיוון מערב. שני הכיוונים האחרונים הינם מקור עתיר אנרגיית חימום בקיץ, ואילו בחורף איבוד החום בהם רב מרווח החום שניתן לקבל מהם. פתחים מזוגים צפוניים הינם יעילים בקיץ, אך הינם מפסידי אנרגיה בחורף.

במידה ויוחלט שלא להשתמש באנרגיית השמש לחימום המבנים בחורף, ניתן יהיה לספק את מעט החימום הדרוש ע"י מערכת מיזוג האוויר שתהיה כנראה במילא מותקנת בבנינים. גם במקרה זה יעזרו כמובן איפיוני הבנינים (בידוד ומסה תרמית) לפעולה יעילה של המערכת.

### קיץ:

כאמור, באיזור קליה אין אפשרות לספק נוחות תרמית במשך הקיץ כולו ללא שימוש באמצעים מכניים לקירור. ברוב המקרים ישתמשו בתי מלון ובניני ציבור במיזוג אוויר קונבנציונלי לקירור.

קירור באידי: מסיבות של אחזקה ו/או כפילות במערכות משתדלים בתי מלון ובניני ציבור שלא להשתמש בטכניקה זו במרבית המקרים. ובכך הם פוסחים על שיטת קירור יעילה שאינה צורכת אנרגיה רבה. איזור קליה - בשל היובש הרב שלו - נראה מתאים לקירור באידי במשך רוב חודשי השנה, אם כי אין להניח ששיטה זו תתאים למשך כל השנה. במידה ותהיה כוונה עקרונית להשתמש בשיטת קירור זו יינתנו הנתונים עבורה אז ע"י המרכז לאדריכלות מדברית ולבינו ערים.

קירור באוויר לילה כמעט ואינו אפשרי באיזור קליה משום שכבר בחודש הראשון אשר בו נדרש קירור כלשהו (מרץ) נמצאת הטמפרטורה הממוצעת היומית על גבול הנוחות והמצב הפך קשה יותר בחודשים אפריל ומאי, למרות שהם מוגדרים עדיין כחודשי מעבר. גם מצידו השני של הקיץ המצב דומה ובחודש אוקטובר הממוצע היומי של הטמפרטורה נמצא בגבול העליון של איזור הנוחות. אי לכך ניתן לסכם שאיזור לילה לצורך קירור מסת הבנין לא יהיה יעיל במיוחד, חוץ מאשר בתקופה הקצרה מאוד ו"המתונה" בעונות המעבר, ולכן אולי אין טעם לנסות לנצל.

שיטת הקירור שכנראה תנוצל תהיה מיזוג אוויר קונבנציונלי.

מבחינת מעטפת הבנין הדרישות לשיפור הנוחות התרמית בקיץ הינן זהות לאלה של החורף: בידוד מספיק ומסה תרמית גבוהה. גם הטיפול בפתחים הינו זהה: הפתחים המומלצים הינם דרומיים, ויש להיזהר מאוד מפתחים מערביים ומזרחיים אשר הינם מקור בלתי נדלה לאנרגיית שמש בלתי רצויה בקיץ. (מוערך שבאיזור קליה שיעור קרינת השמש הממוצע בקיץ על מישור מזרחי או מערבי הינו כ-5.5 קו"ש ביום למ"ר, יש לזכור שקרינה זו באה כאשר הטמפרטורות החיצוניות במילא גבוהות מהרצוי!) במידה ואי אפשר שלא להשתמש בפתחים מזוגים בפנות מזרחית ומערבית, יש לדאוג לאמצעי הצללה יעילים לפתחים אלה אשר יאפשרו ניטרול השפעת הקרינה על הפתח. אמצעי ההצללה הטוב ביותר הינו תריס, אשר מטבעו בולם את כל סוגי הקרינה, והוא עדיף על גגונים ואמצעי הצללה אחרים אשר בולמים אמנם את הקרינה הישירה אך מאפשרים לחלק

## בינוי מלי

הבינוי בקליה חייב להיות צפוף על מנת להשיג שתי מטרות:

1. הצללה הדדית של מבנים על מבנים שכנים ועל שטחים פתוחים,
2. קיצור מרחקי הליכה.

הבינוי המומלץ יהיה אולי מגוון, מתחיל בבניית שטיח של שתיים עד שלוש קומות ונגמר בבניי קומות למלונות. יש להיזהר מאוד בבניית חצרות פנימיים המתוכננים שלא כראוי, שכן במקרים כאלה עלולה החצר הפנימית להיות מעמסה תרמית רצינית ביותר על הבנין ועל המשתמשים בו, בניגוד לכתוב בספרות האדריכלית הפופולרית. (ראה למשל פרסומי המרכז לאדריכלות מדברית בנושא זה). אין האמור פוסל בנית חצרות פנימיים, אולם סוג אלמנט זה חייב להיות מתוכנן בזהירות רבה. בבניית רשת הבינוי רצוי להשתמש בכבישי גישה רחבים יחסית - אם בכלל צריך כאלה - הנמתחים בכיוון מזרח-מערב ובשבילי הולכי רגל הנמתחים בכיוון צפון-דרום, שני אלה מסיבות של קרינה והצללה אפשרית. דרך המתוחה ממזרח למערב תאפשר חשיפה לשמש של חזיתות דרומיות בעונת החורף. שבילי הולכי רגל צרים בין מבנים יהיו מוצלים במשך חלק ניכר מהיום בעונת הקיץ. שימוש ברשת בינוי כזו ישרת גם את המטרה של הגנה בפני הרוחות הצפוניות החמות. בנינים אשר בנויים על קו המגרש (קו בנין אפס) בכיוון השטחים הציבוריים יכולים להיות יעילים הן בקיץ והן בחורף, משום שהם יכולים להביא גם להצללה על אזורי ההליכה הציבוריים וגם להגנה יעילה מפני רוחות במקום בו היא נדרשת. חתך בנין אשר יכול להתאים במיוחד הינו זה אשר יש לו אכסדרת עמודים בחזיתו הקדמית המשמשת בעצם כשטח ציבורי להולכי רגל. בנינים כאלה קיימים במספר מקומות בארץ והם טובים מאוד מהבחינה האקלימית - ראה רחוב המלכים בחיפה, רחוב אבן גבירול בת"א ואיזור המדרחוב בירושלים.

גוויי הבינוי חייבים להיות בהירים על מנת למנוע התחממות מקרינת השמש. רצוי מאוד להימנע מריצוף שטחי חוץ באספלט, ועדיף להשתמש באבנים משתלבות בהירות או חומרים דומים. מעטפות המבנים חייבות גם הן להיות בהירות על מנת שלא יתחמו ויגרמו בכך להעלאת הטמפרטורה הפנימית בתוך המבנה וכן על מנת שלא יגרמו להעלאת טמפרטורת הקרינה בשטחים הפתוחים. יש גם להבטיח שגוון המעטפת לא ישתנה עם הזמן ע"י הדבקות חול ואבק אליה. יש להימנע משימוש בחומרי גמר חיצוניים אשר הנם בעלי טקסטורה המאפשרת הדבקות חול ואבק.

הטיפול ברוחות ייעשה כאמור ע"י בחירת הרשת המתאימה לבינוי וע"י שימוש בתכונת "צל הרוח" של מבנים ועצמים גבוהים. יש לציין שההמלצות בענין הרוחות בנויות על משטר הרוחות הכללי בקליה, ואין הן בנויות על בדיקה מקומית שאינה קיימת של הרוחות באיזור הבנייה.

## הפניית מבנים

כאשר מעטפת הבנין הינה מבודדת מאוד וגם בהירה בצבעה החיצוני, הפניית המבנים עצמם אינה בעלת משמעות כה כפי שרבים נוטים לחשוב. אבל, אם המעטפת אינה עונה לתנאים האלה, הפניית המבנה הופכת לשאלה בעלת חשיבות רבה מאוד. ביחוד כך הדבר גם ובעיקר כאשר בחזיתות שטחים מזוגגים. במקרים אלה ההפניה המועדפת בצורה מוחלטת הינה כאמור דרומית, שכן כאמור בהפניה זו ניתן מחד למזער את ההתחממות של החלל שבו נמצא הפתח עד למינימום בחודשי הקיץ, ומאידך ניתן להגדיל עד למקסימום את החימום של אותו חלל כתוצאה מקרינת שמש זמינה בחודשי החורף.

## קירות

ההמלצות המובאות כאן חורגות מהנדרש מהתקן הישראלי לבידוד מבני מגורים (ת"י 1045), והן תוצאה של בדיקות והרצות תוכניות הדמייה שבוצעו במרכז לאדריכלות מדברית ולבינוי ערים בשדה בוקר. יש לזכור שהתקן מציג דרישות מינימליות, ושניתן בעלות יחסית נמוכה לשפר את התנהגות המבנים בצורה משמעותית על ידי שיפור חתך הקירות.

הקירות מובאים כאן בסדר יעילות יורד. מומלץ שהקירות יבנו באחד מהאופנים הבאים:

### 1. קירות בטון מלאים.

עובי: חתך הקיר פנימה מהבידוד יהיה לפחות 10 ס"מ.

בידוד: 5 ס"מ פוליסטירן או שווה ערך מבחינה טרמית ( $R=1.25 \text{ m}^2 \cdot \text{sq} \cdot \text{degC} / \text{watt}$ )

טיח: משני הצדדים.

הערה: השכבה החיצונית של הקיר יכולה להעשות מבטון (קיר מתועש), בבניית בלוקים או בטיח ישירות על פני שכבת הבידוד.

### 2. קירות בבניית בלוקים

עובי: השכבה הפנימית - בלוקי בטון חלולים רגילים בעובי 20 ס"מ, עם שתי שורות של חללי אויר בכל בלוק ("בלוק שחור").

בידוד: 5 סמ' פוליסטירן מוקצף או שווה ערך מבחינה טרמית ( $R=1.25 \text{ m} \cdot \text{sq} \cdot \text{degC/watt}$ ). הבידוד יותקן בצד החיצוני של הקיר.

טיח: משני הצדדים.

הערה: השכבה החיצונית של הקיר יכולה להעשות גם היא בבניית בלוקים או לחילופין בטיח מושם ישירות על פני שכבת הבידוד.

הצבע החיצוני של הבנין יהיה לבן או צבע אחר בהיר מאוד. הטיח החיצוני יהיה חלק וללא טקסטורה כלשהי למניעת הדבקות אבק וחול אל הקיר. ניתן, ואף מומלץ, להשתמש בחומרים קרמיים לציפוי הקירות החיצוניים, ובלבד שחומר הציפוי יהיה בהיר. אין להשתמש ב"טיח זרוק" או ב"טיח מותז" כלשהו.

#### גגות

כל הגגות יהיו גגות שטוחים. החתך המומלץ לגגות הוא של "גג הפוך". מומלץ בידוד של לפחות 10 ס"מ פוליסטירן מוקצף או שווה ערך ( $R=2.5 \text{ m} \cdot \text{sq} \cdot \text{degC/watt}$ ) אשר צידו התחתון מחורץ לאפשר ניקוז מי גשם. המלצה זו מחמירה יותר מהנדרש בתקן הישראלי 1045 אך נראה שחשיבותה רבה מאוד: באיזור קליה הגג הינו החזית הקשה ביותר של הבנין מבחינת עומס החום הנגרם בגללה.

#### 1. גג מסיבי רגיל:

מבנה: משטח עשוי מבטון מזוין, תקרת צלעות עם מילוי בלוקי איטונג או תקרת צלעות רגילה. אין להשתמש בתבניות אבודות מפוליסטירן. העובי הנדרש לפחות 15 סמ'. שיפועים: מעל הגג תונח שכבת בטון שיפועים כנדרש. איטום: מעל שכבת השיפוע.

בידוד: שכבת פוליסטירן בעובי 10 סמ' לפחות או שווה ערך מהבחינה הטרמית ( $R=2.5 \text{ m} \cdot \text{sq} \cdot \text{degC/watt}$ ). הבידוד יהיה עשוי מחומר אשר אינו סופג מים. מישור הפנים התחתון של שכבת הבידוד יהיה מחורץ לאפשר ניקוז מי הגשמים.

גמר: מעל שכבת הבידוד תונח שכבת חצץ גרוס בעובי של 5 סמ' לפחות. צבע החצץ יהיה לבן.

#### 2. מרפסת גג בלתי מוצלת:

מבנה: משטח הרצפה עשוי מבטון מזוין, תקרת צלעות עם מילוי בלוקי איטונג או תקרת צלעות רגילה. אין להשתמש בתבניות אבודות מפוליסטירן. העובי הנדרש לפחות 15 סמ'. שיפועים: מעל הגג תונח שכבת בטון שיפועים כנדרש. איטום: מעל שכבת השיפוע.

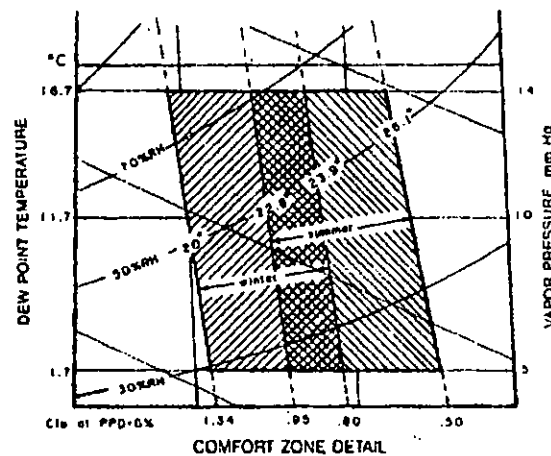
בידוד: שכבת פוליסטירן בעובי 10 סמ' לפחות או שווה ערך מהבחינה הטרמית ( $R=2.5 \text{ m} \cdot \text{sq} \cdot \text{degC/watt}$ ). חומרי הבידוד יהיו עשויים מחומר אשר אינו סופג מים. מעל הבידוד תונח שכבת בטון בעובי 4 סמ' לפחות. ריצוף: שכבת ריצוף עשויה מאריחי טרצו עשויים עם צמנט לבן. מונחת על מילוי חול.

#### 3. מרפסת גג מוצלת:

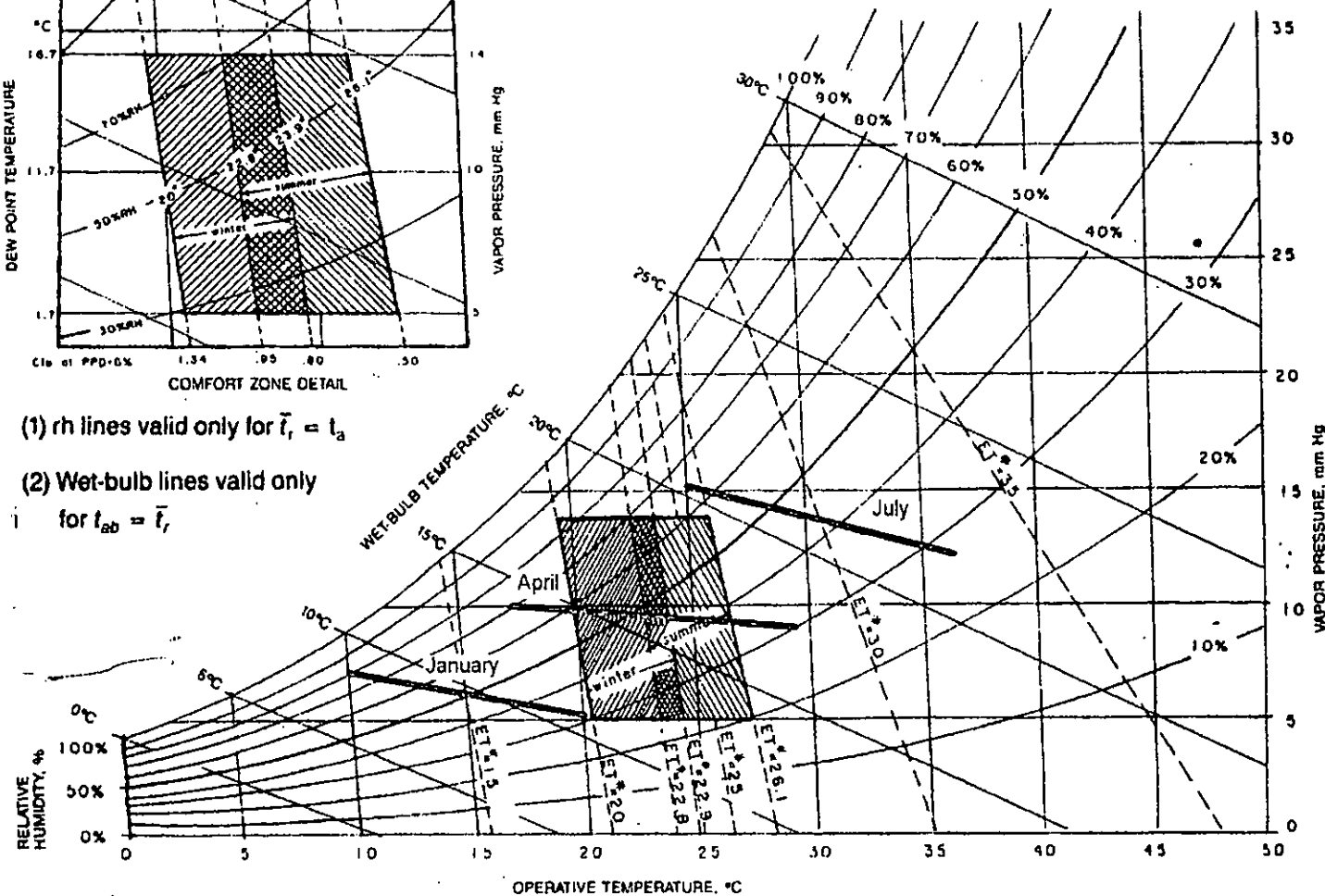
מבנה: משטח הרצפה עשוי מבטון מזוין, תקרת צלעות עם מילוי בלוקי איטונג או תקרת צלעות רגילה. אין להשתמש בתבניות אבודות מפוליסטירן. העובי הנדרש לפחות 15 סמ'. שיפועים: מעל הגג תונח שכבת בטון שיפועים כנדרש. איטום: מעל שכבת השיפוע.

בידוד: שכבת פוליסטירן בעובי 7 סמ' לפחות או שווה מהבחינה הטרמית ( $R=1.75 \text{ m} \cdot \text{sq} \cdot \text{degC/watt}$ ). חומרי הבידוד יהיו עשויים מחומר אשר אינו סופג מים. מעל הבידוד תונח שכבת בטון בעובי 4 סמ' לפחות. ריצוף: שכבת ריצוף עשויה מאריחי טרצו או אריחים דומים בגוון בהיר. מונחת על מילוי חול.

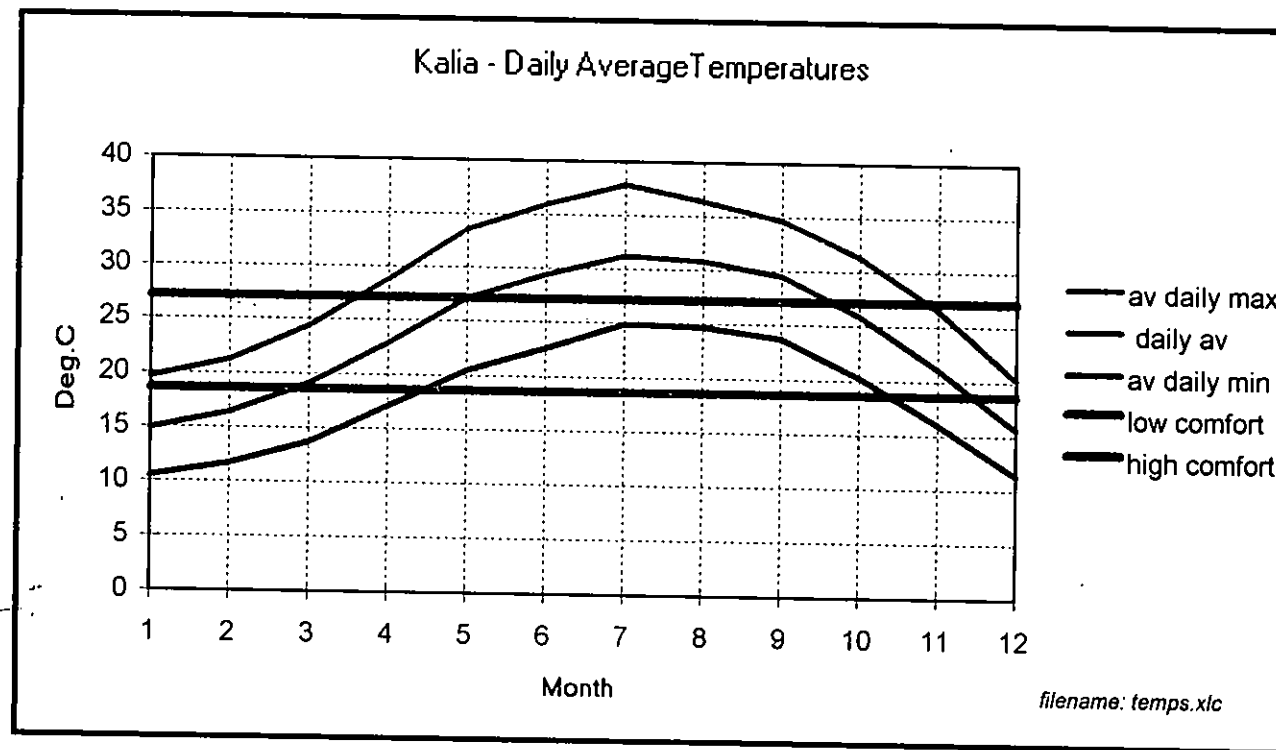
קירוי: הקירוי יהיה עשוי מכל חומר שהוא ולבד שיבטיח הצללה על ריצוף המרפסת ועמידות של לפחות 10 שנים בתנאי האקלים של קליה. קירוי הגג יתוכנן כך שהחל באחד באפריל וכלה בשלושים ואחד באוקטובר השטח החשוף לשמש של רצפת המרפסת לא יעלה על 10 אחוז-שעה. במידה וההצללה לא תספק תנאים אלה תוגדל כמות הבידוד ותהיה כמו בסעיף 2.

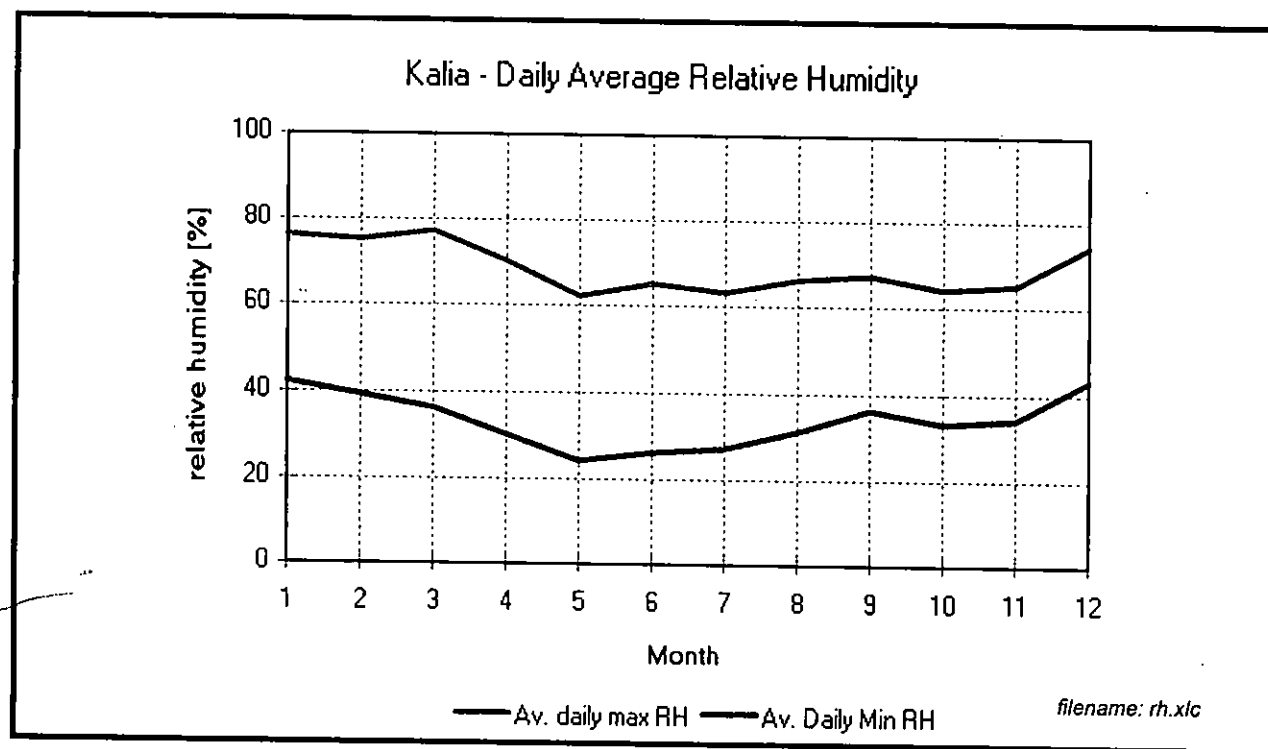


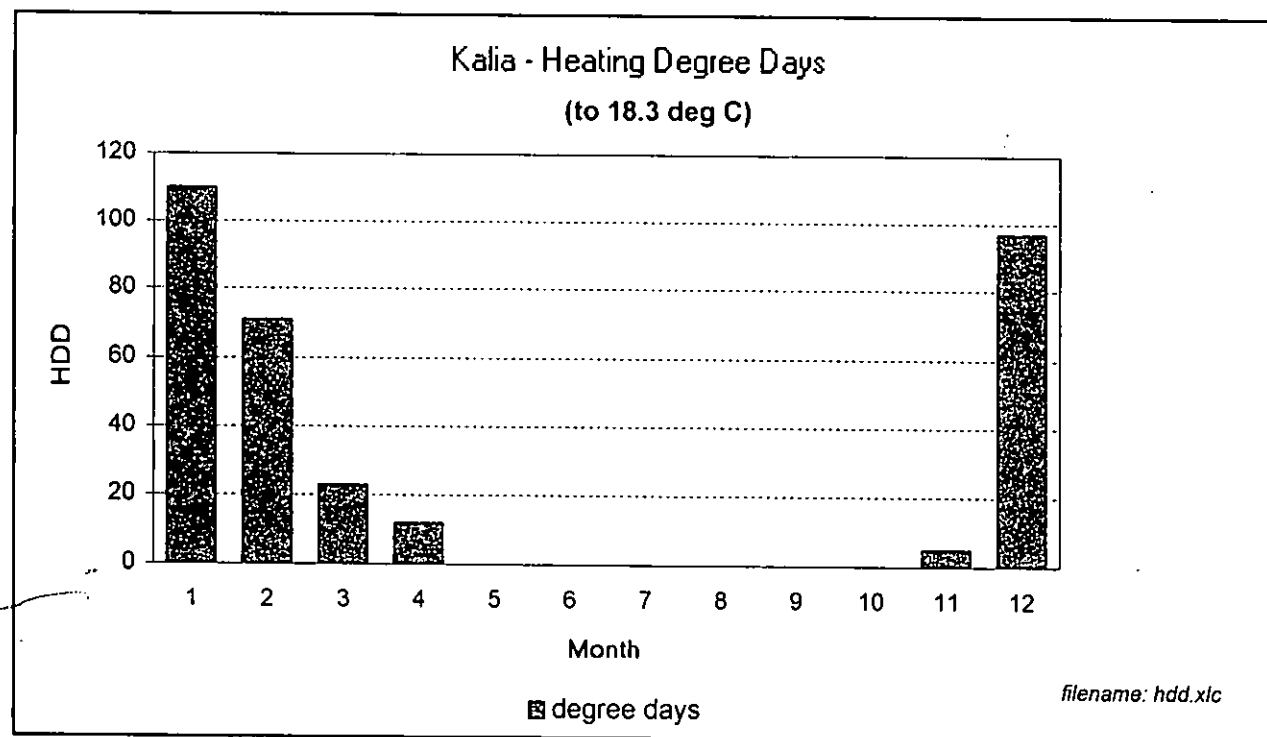
- (1) rh lines valid only for  $\bar{t}_r = t_a$
- (2) Wet-bulb lines valid only for  $t_{db} = \bar{t}_r$

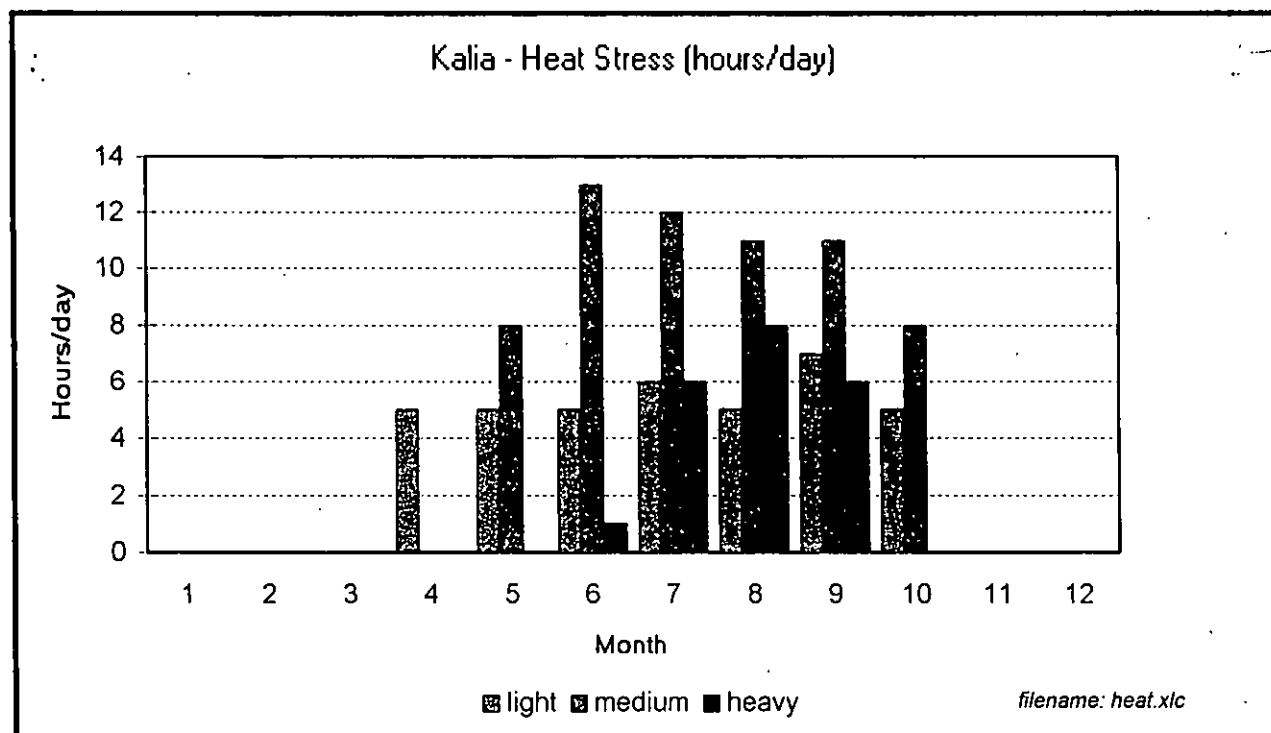


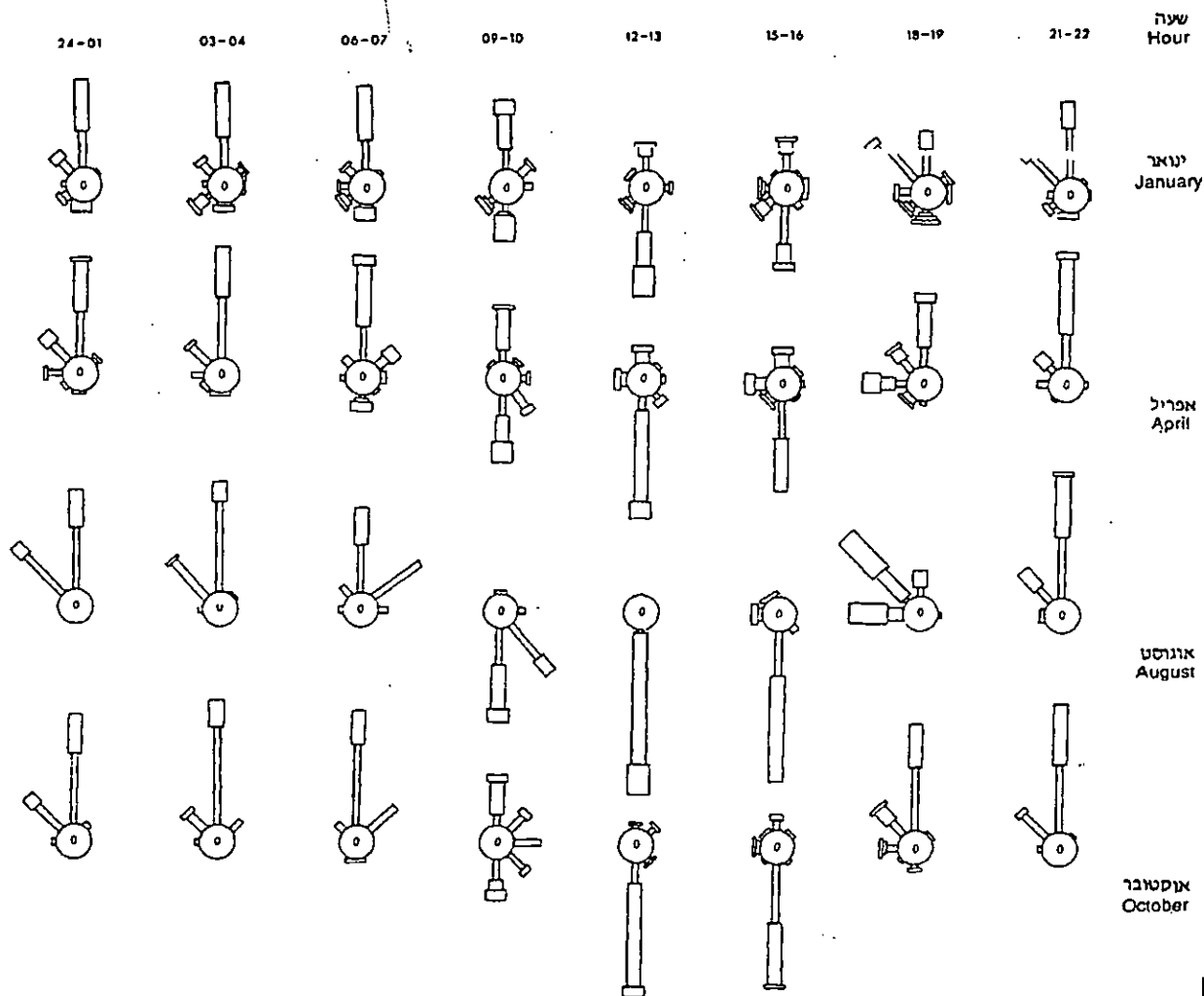
Standard Effective Temperature and the ASHRAE Comfort Zones



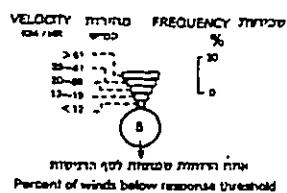


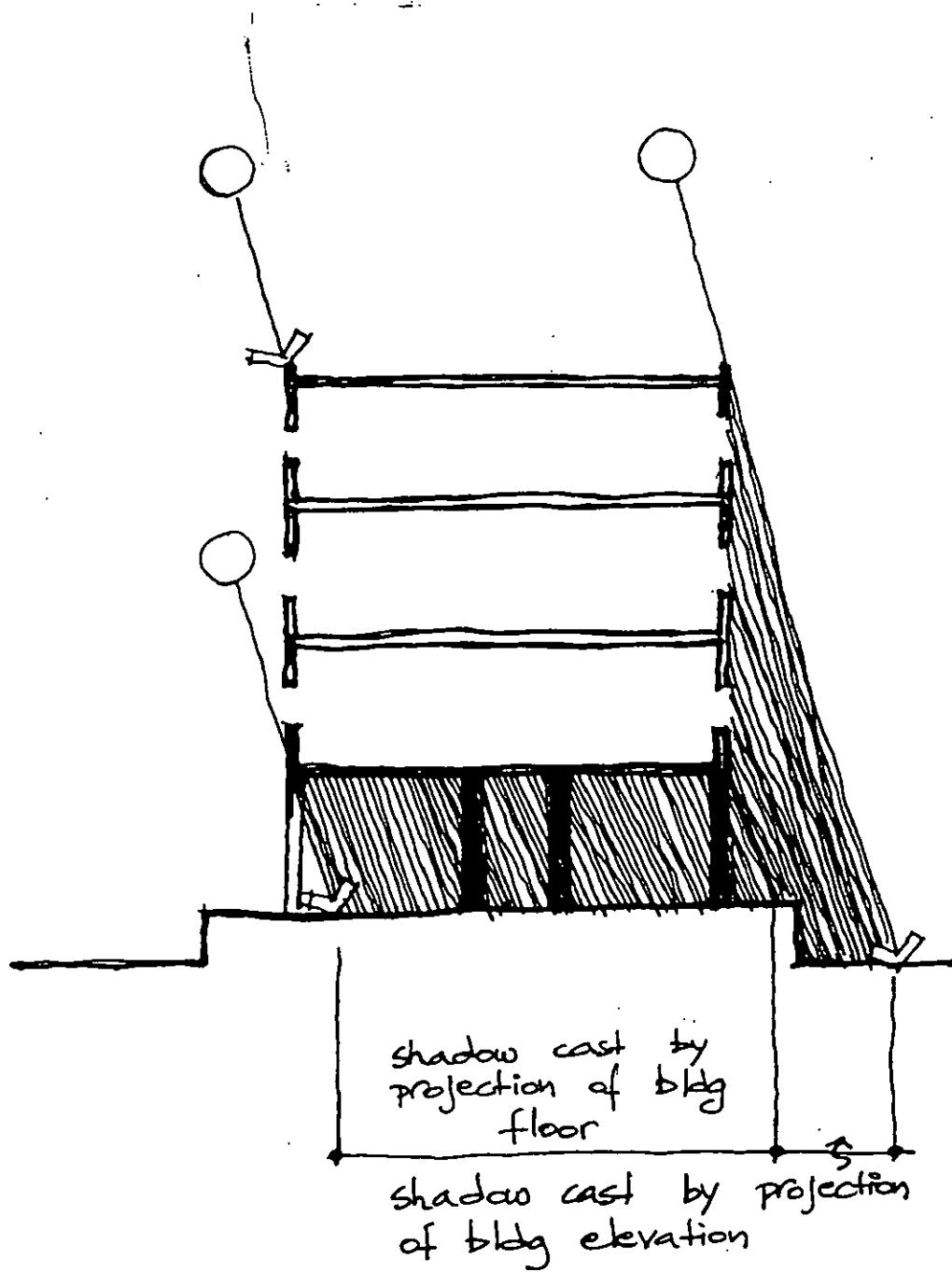






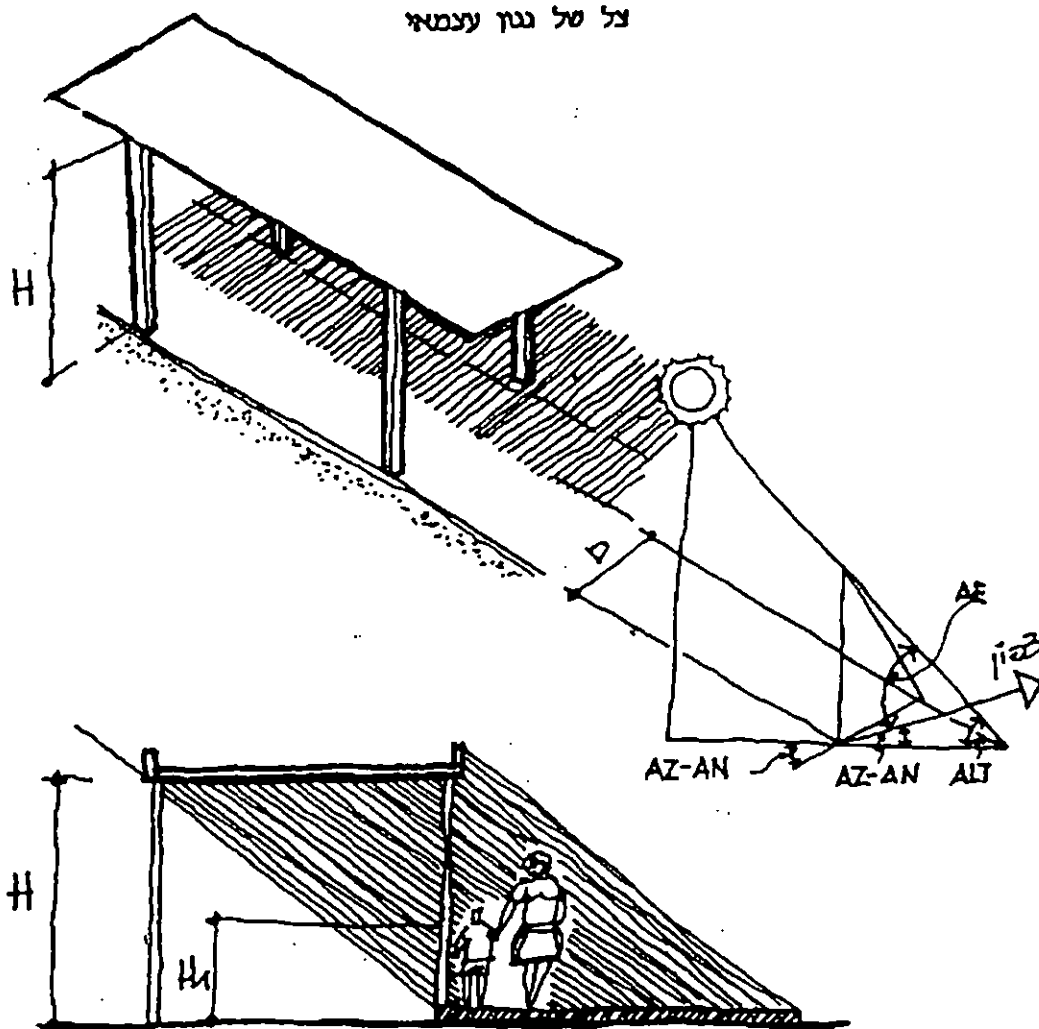
רוחות ששכיחותן גבוהה מ-0.5% אינן מופיעות בשלשנות הרוח

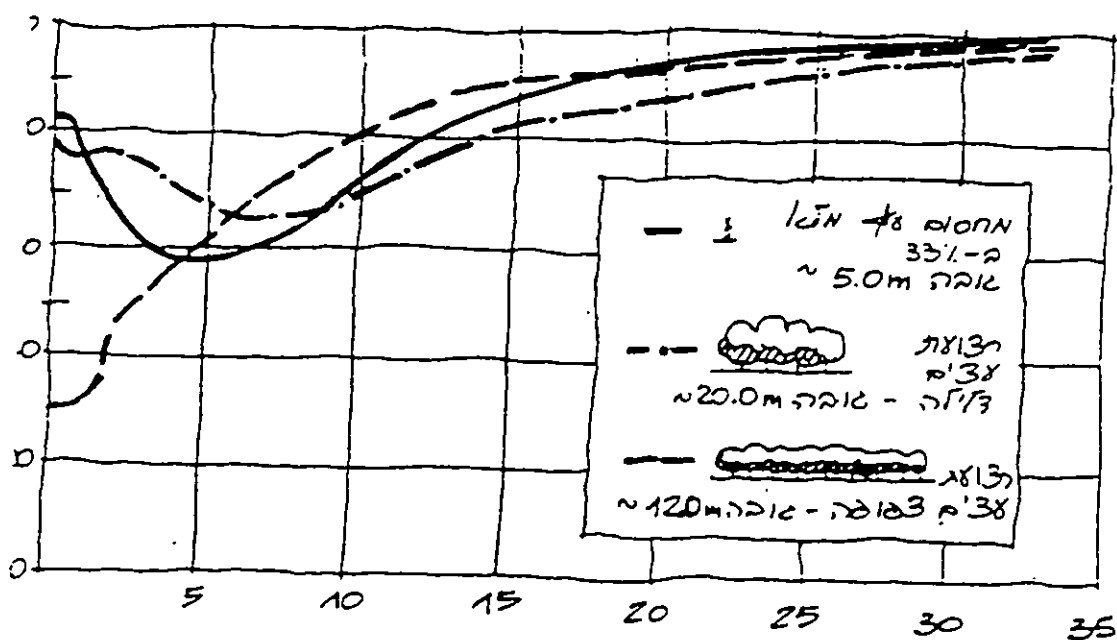






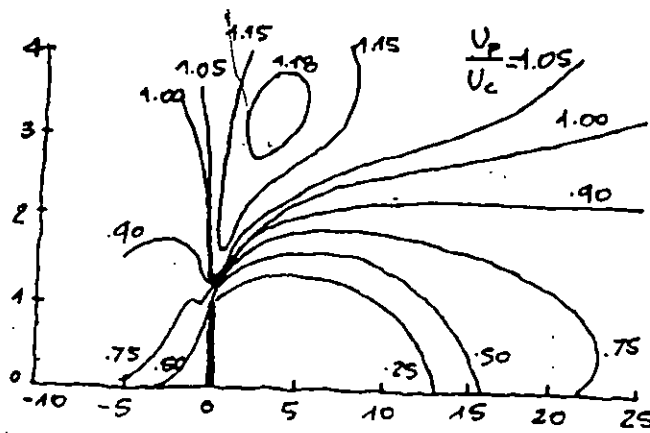
צל של גגן עכמאי



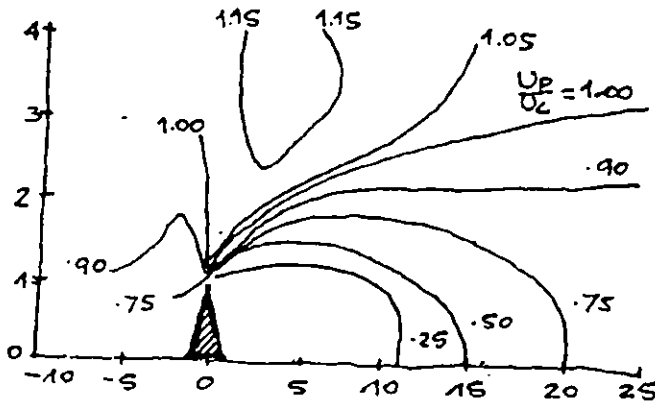


מדוק מעבר למחסום ביחידות של גובה 33%

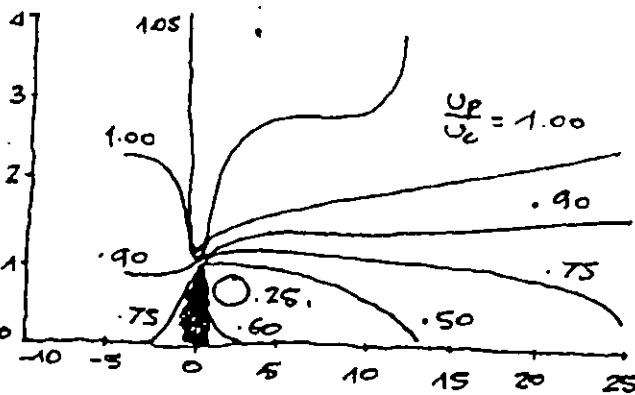
דוגמה: אם ברצוננו של מתכנן לחגן על שטח באורך 10 מטר ממני רוח, הוא יצטרך להשתמש במחסומי רוח בגבהים כדלהלן:



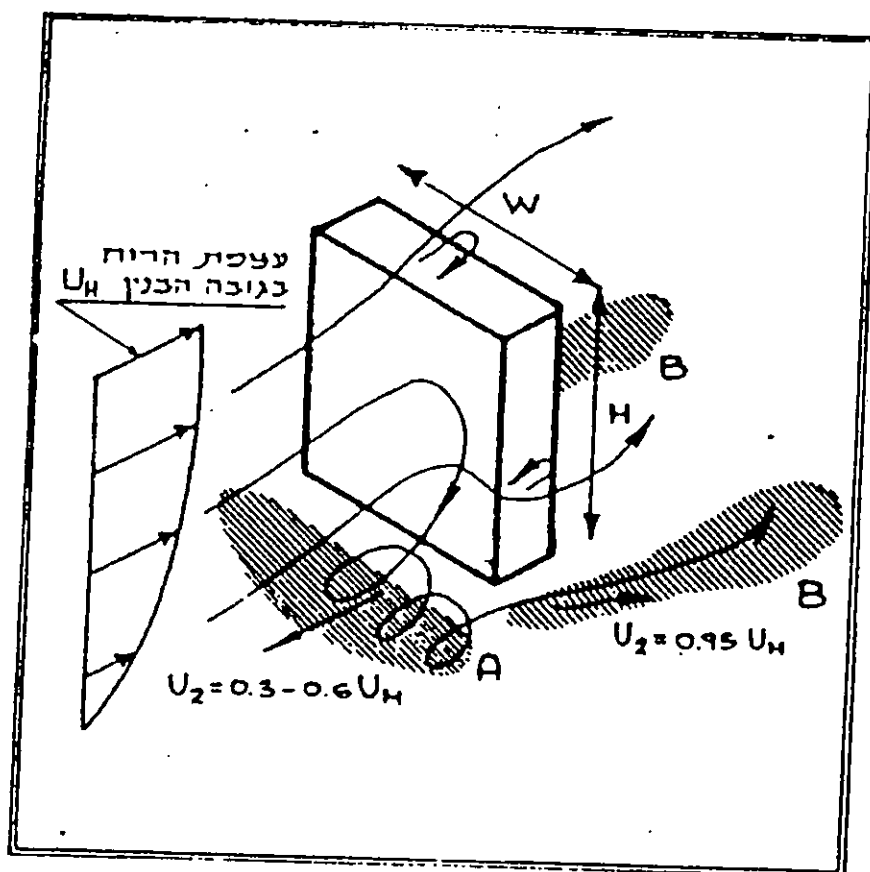
• מחסום אנכי בעל עובי קטן:  
 $L=13H$      $H=0.77M$



• מחסום בנה בעל חתך משולש:  
 $L=10H$      $H=1M$

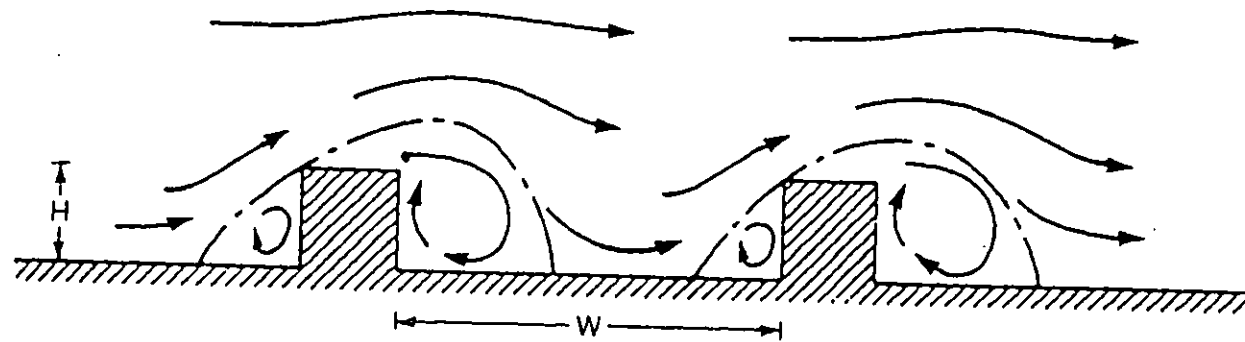


• מחסום צמחיה:  
 $L=13.5H$      $H=0.74M$

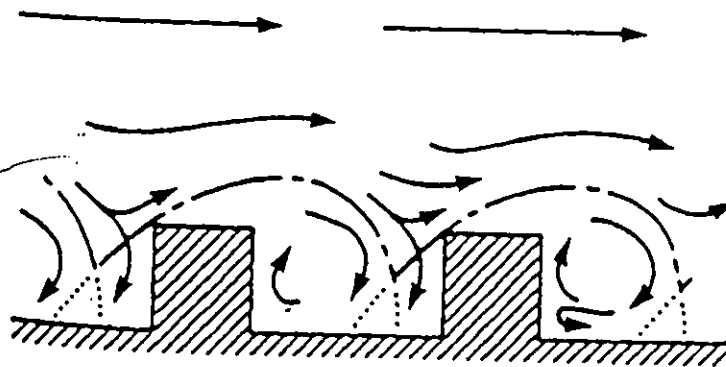


שדה זרימה טיפוסי מסביב לכנין גבוה.

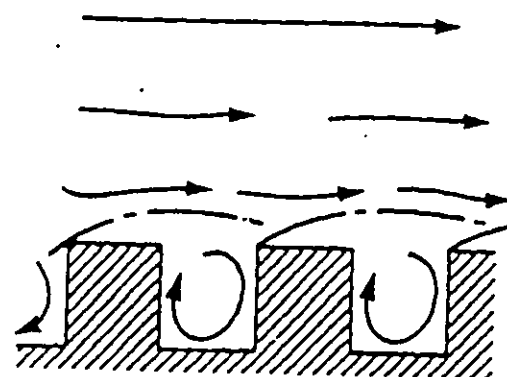
(a) Isolated roughness flow



(b) Wake interference flow



(c) Skimming flow



Flow regimes associated with different urban geometries.

[illegible]