

מבני חינוך ירוקים  
בישראל | 2018

---

# פרויקטים מעוררי השראה

---

אגודת לבנות הסביבה



الوزارة لتساية البيئة  
and Ministry of Environmental Protection

ILGBC  
הסוכנות הישראלית  
לבנייה ירוקה



## **עורך**

רוני דניאל, המועצה הישראלית לבנייה ירוקה

## **ליווי וסיוע**

דן אברהם, המשרד להגנת הסביבה  
הילה ביניש, המועצה הישראלית לבנייה ירוקה  
קרן שוויץ, המועצה הישראלית לבנייה ירוקה  
יעל מרום, המועצה הישראלית לבנייה ירוקה  
יפית מישורי סבג, המועצה הישראלית לבנייה ירוקה

# תוכן עניינים

04	הקדמה
06	בינת הספר וקפוח, קרייח ביאליק
14	בינת הספר היסודי דרויאנוב, חל אביב
20	בן ילדים מאופט אנרגיה, חדרה
26	בינת הספר הירוק על שם שמעון פרס, כפר סנא
32	בינת ספר חמיו, ראשון לציון
38	בינת ספר אליאב, ראשון לציון
44	בינת ספר נופי ים ת"א

# המזדמיה

מטרת החוברת

חלפו כ-7 שנים מאז הושק התקן הישראלי לבנייה ירוקה במסגרתו המורחבת ומאז נמצאת הבנייה הירוקה בישראל בצמיחה. מאות מבנים בישראל נבנו על פי התקן, לצד מבנים ירוקים שנבנו ודורגו על ידי כלי הערכה בינלאומיים כדוגמת ה-LBED האמריקאי. הבניינים הירוקים שנבנו בישראל הינם בפריסה גיאוגרפית רחבה, בייעודים שונים של מבנים (בתי ספר, משרדים, מגורים וכד') וכן ברמות יישום שונות של פרקטיקות בנייה ירוקה ושל חדשנות.

חוברת זו, המתמקדת במבני חינוך ירוקים מצטיינים, הינה פועל יוצא של מיזם משותף בין המשרד להגנת הסביבה והמועצה הישראלית לבנייה ירוקה, ומטרתה לקדם את הידע והעשייה בתחום הבנייה הירוקה בכלל ולעודד מצוינות במבני חינוך בפרט. מקרי המבחן המוצגים הינם מהמצטיינים בישראל, הושמו בהם אסטרטגיות וטכניקות חדשניות ומגוונות, והם מבטאים את ה-Best Practice בישראל עבור סוג בנייני זה.

## מבני חינוך ירוקים בישראל

יחד עם הצמיחה המרשימה בתחום אשר באה לידי ביטוי בגידול במספר המבנים הירוקים בישראל, מספרם של מבני החינוך בתוך זאת עדיין נמוך. בין השנים 2011 ל-2017 נבנו בישראל 14 בתי ספר ירוקים, 17 גני ילדים ושני תיכונים (אחד מהם הרחבה של תיכון קיים). מאחר ועל-פי משרד החינוך נבנים בישראל כ-3,000 כיתות חדשות בשנה, אחוז הבנייה הירוקה של מבני חינוך בישראל הינו מזערי. ניתן לייחס את המספר הנמוך לעלות הנוספת הנדרשת להקמתם של מבני חינוך אלו. יחד עם זאת ניתן לייחס זאת גם לחוסר מודעות והיכרות עם התחום של בעלי העניין המעורבים בהקמת מבני חינוך. חוברת זו מציגה את ה-know how עבור בניית מבנה חינוך ירוק מצטיין ובאה להציג, הן למקבלי החלטות והן לאנשי מקצוע, מבט מאחורי הקלעים ותובנות מרכזיות להקמת מבנה חינוך ירוק איכותי.

## חזקו מבני חינוך ירוקים

מבני חינוך הינם מבנים יחודיים בהתחשב בקהל היעד אותו הם משרתים; ילדים מתפתחים הם בעלי רגישויות שונות, כאשר במהלך השהות שלהם במבנה נדרשים מהם כושר ריכוז ויכולת התמקדות. בנוסף לתלמידים, מהווה בית הספר מקום עבודה עבור אנשי הצוות (מנהלה, חינוך, תחזוקה,

בין 2011 ל-2017  
נבנו  
בישראל

14

בתי ספר  
ירוקים

17

גני ילדים  
ירוקים

2

תיכונים  
ירוקים

הוא משמש פעמים רבות גם כמבנה ציבור ולעתים קרובות מאכלס פעילויות קהילתיות וחינוכיות מעבר לשעות הלימוד הרגילות. תועלות בתי הספר הירוקים הינן רב מימדיות ומשפיעות על מספר מישורים. להלן דוגמאות לתועלות בתי ספר ירוקים מתוך מחקרים עדכניים:

תועלות בתי הספר ירוקים לבריאות התלמידים והמורים		
אזור איכותי המפחית אסטמה בקרב ילדים ונוער ומפחית היעדרויות תלמידים עקב בעיות נשימה	הגדלת יכולות ריכוז ושיפור בציוני התלמידים	נטרול גורמים הגורמים לכאבי ראש, עייפות, קוצר נשימה, גודש באף, שיעול, גירויים בגרון ובעור וסחרחורת
תועלת בתי ספר ירוקים להתייעלות וחיסכון במשאבים		
בתי ספר ירוקים צורכים בממוצע 32% פחות מים ו-33% פחות אנרגיה מאשר בתי ספר קונבנציונאליים	סך התועלת הכלכלית עבור בית ספר ירוק עומד על כ-96,750 ש"ח לשנה	בית ספר ירוק חוסך לאורך 20 שנה מספיק בכדי להעסיק מורה נוספת במשרה מלאה או לחילופין לרכוש 200 מחשבים חדשים או 5,000 ספרי לימוד חדשים
תועלת בתי ספר ירוקים לשיפור בציונים ובתפוקות		
בכיתות בעלות אקוסטיקה ירודה, תלמידים אינם מסוגלים לשמוע כ-10% מסך החומר הנלמד	שיפור של כ-15% בלמידה ובפרודוקטיביות של התלמידים, ושיפור של עד 25% בציוני התלמידים עקב תנאים תרמיים מותאמים	בבתי ספר בעלי תאורה טבעית איכותית קיימת בממוצע 20% התקדמות מהירה יותר במתמטיקה ו-26% התקדמות מהירה יותר באיכות הקריאה
השפעה על תרבות בית הספר ועל ההון האנושי		
מורים בבתי ספר ירוקים מרוצים יותר מכיתות הלימוד ומאזור סביבת העבודה האישית שלהם	שיעור היעדרות של התלמידים, המורים ושאר הסגל בבתי הספר הירוקים השתפר ב-7.5%-2%	תחלופת מורים נמוכה יותר המתורגמת לחיסכון כספי של כ-4% למטר מרובע על פני תקופה של 20 שנה

## מבנה החזרתי

כל אחד ממקרי המבחן שופך אור על אסטרטגיות שונות של יישום בנייה ירוקה במבני חינוך. כל מקרה מבחן כולל התייחסות להיבטים רבים של הפרויקט, כגון: הגורמים שהניעו לבנות בנייה ירוקה, האתגרים וההישגים המרכזיים בפרויקט, התובנות והלקחים העיקריים, האסטרטגיות שישומו בנושאים כגון אנרגיה, בריאות, מים, פסולת, חומרים ותחבורה חלופית, יישום היבטים חדשניים או מקוריים בפרויקט, וכן השפעה על בריאות המשתמשים במבנה; תלמידים ומורים כאחד. מקרי המבחן נכתבו על ידי אנשי המקצוע שהיו חלק מצוותי התכנון והביצוע של הפרויקט.

# בית הספר רקפות, קריית ביאליק

תגית  
כלימור,  
אדריכלית,  
קנפו כלימור  
אדריכלים.  
יקר למדן,  
AES  
מערכות  
מתקדמות

בית הספר רקפות בקריית ביאליק תוכנן בראייה כוללת לטובת יצירת סביבה לימודית המיטיבה עם תלמידי בית הספר, תוך צמצום הפגיעה בסביבה. בית הספר הוא חלק מחזון העיר להקים מרחב למידה אטרקטיבי ולהשקיע בחינוך דור העתיד להיות שגורים סביבתיים. בית הספר הוא חלק מפיילוט של המשרד להגנת הסביבה שמטרתו לעודד בניית בתי ספר ירוקים.

## צוות התכנון

קנפו כלימור אדריכלים	<b>תכנון אדריכלי:</b>
א.ב. אדריכלות נוף	<b>תכנון נוף:</b>
איי.אי.אס מערכות מתקדמות	<b>בנייה ידוקה:</b>
דימקס ייעוץ תכנון והנדסה בע"מ	<b>קונסטרוקציה:</b>
תל - הנדסת חשמל	<b>חשמל:</b>
איי.אי.אס מערכות מתקדמות	<b>מיווג אוויר:</b>
ש.עגנון ושות'	<b>תשתיות מים וביוב:</b>
נפתלי רונן אדריכלים	<b>ייעוץ בטיחות ונגישות:</b>
צביקה נווה	<b>תנועה:</b>
נתיב תיאום וניהול הנדסי	<b>ניהול ופיקוח:</b>

## על הפרויקט

עיריית קריית ביאליק	<b>יזם:</b>
חיננית 11, קריית ביאליק	<b>מיקום:</b>
2 קומות	<b>גובה:</b>
2,700 מ"ר	<b>שטח:</b>
בית ספר יסודי עם 18 כיתות	<b>ייעוד המבנה:</b>
ת"י 5281 חלק 4 גרסת 2011	<b>תקן:</b>
2 כוכבים, 69.5 נקודות	<b>דירוג:</b>
כ-7,600 ש"ח למ"ר	<b>עלויות בנייה:</b>
16,195,000 ש"ח + מע"מ	<b>עלות כולל פיתוח:</b>



צילומים: אלעד גונן

### מה הייתה המוטיבציה לבנוח ירוק?

בית הספר רקפות בקריית ביאליק תוכנן בראייה כוללת לטובת יצירת סביבה לימודית המיטיבה עם תלמידי בית הספר, תוך צמצום הפגיעה בסביבה. בית הספר הוא חלק מחזון העיר להקים מרחב למידה אטרקטיבי המתקשר לאופי השכונה והאוכלוסיה המתגוררת בה ולהשקיע בחינוך דור העתיד להיות שגרירים סביבתיים. עיריית קריית ביאליק ביקשה להקים בית ספר שיהיה מרחב לימוד איכותי ובריא וכן ישמש כמרחב מעורר השראה שיכנס סביבו את קהילת גבעת הרקפות. בעזרת שיתוף הקהילה בפרוייקט ותכנון מזמין הפך בית הספר למקום מרכזי בחיי הקהילה. כמו כן, בית הספר מהווה היום דוגמא והשראה לעיריות ומתכננים של מוסדות חינוך.

### אחגרים והישגים מרכזיים

בבסיס התפישה של בנייה בת קיימא נמצאת הגישה ההוליסטית, בה השלם גדול מסך חלקיו. בהתאמה, התכנון צריך להציע סביבת חיים חדשה המקרבת את המשתמשים לטבע בנוסף לעמידה נדרשת בקריטריונים הטכניים של התקינה הירוקה. האתגר האדריכלי המרכזי היה לבנות סביבה המחברת באופן אינטגרלי בין הבנוי והפתוח תוך יצירת מקום דינמי ומרתק עבור התלמידים כך שהטבע על המגוון הרב שלו יהיה נוכח בפעילות היומיומית. אתגר זה קיבל מענה

בארגון הפרויקט לאורך שדרה מרכזית מוצללת בשטח של כ-500 מ"ר, המשמשת כ"לב הפועם" של בית הספר. לאורך השדרה שזורים עצים המשלימים את ההצללה ומחזקים את הזיקה בין האלמנטים הסטטיים הבנויים לבין הדינמיות והרכות של הטבע. הקשר המידי בין חללי הפנים והחץ מתמשש באמצעות החצרות, הפטיו והגג הירוק. בשטחים אלו שולבו חללי לימוד מעבר לפרוגרמה הרשמית בין כיתות הלימוד, בחצרות ובשטחי הגג המגוננים והמרוצפים.

## פרקטיקות ואלמנטים בנוייה ירוקה

הגג הירוק תוכנן על גג קומת הכניסה בנגישות ישירה מהכיתות בקומה הראשונה ועם חיבור מידי לשדרה. שני אגפי המבנה משני צדי הציר הראשי מחוברים באמצעות שני גשרים היוצרים תנועה המשכית בין האגפים והגג הירוק. מערך התנועה בבית הספר, הכולל מדרגות וגשרים, יוצר רציפות וסביבה דינמית עבור הילדים הנעים באופן תמידי בין חללי הפנים וחללי החוץ של המבנה.

כמו כן ניתן דגש לאוורור המפולש בחללים ותאורה טבעית בכיוונים נדיים ברמת הכיתה, בוצע שיקוע של ארונות הכיתה בקירות על מנת ליצור אלמנטי הצללה על החלונות ובידוד המעטפת משופר בין היתר בעזרת גג ירוק המחזק גם את הקשר עם החוץ.

העניין שנוצר בזכות המגוון, התנועה והשילוב בין הטבע למבנה מאתגרים את התלמידים ותורמים להעשרת כישוריהם ומפתחים את חדות הלמידה בכך שמייצרים חוויה חיובית ומעניינת מעבר לחיסכון באנרגיה, מים ומשאבים אחרים. התכנון הירוק שם דגש על סביבה



לימודית בריאה שהינה מרכיב מרכזי להצלחת התלמידים. בית הספר מדגים שיפור ברמת הישגי התלמידים המעידים גם חדות למידה מוגברת. זאת לצד ביקוש מוגבר להרשמה לבית הספר על ידי תלמידים גם מחוץ לשכונה והרמוניה בין צוות המורים להורי התלמידים.

## אנרגיה

מבנה האתר והצורך האקלימי להפנות את חזיתות חללי הלמידה לכיוונים צפון ודרום, היו גורם מוביל בתכנון השדרה המרכזית כציר תנועה ראשי המקשר בין המבנים השונים. הפניה זו מאפשרת החדרת אור טבעי מבוקר ומונעת חדירת קרינה ישירה בלתי מבוקרת. התאורה הטבעית מוגברת באמצעות חלונות עיליים ובאמצעות מערכת הצללה המשלבת מדפי אור. ההצללות מצלות בקיץ ומאפשרות כניסת חום בחורף. במבנה תוכננו חללים כפולים, רפפות, חלונות נוספים בחודי הלימוד ומערכת פתחים עליונה לטובת העצמת האוויר הטבעי. זרימת האוויר דרך הצמחייה מסביב למבנה, בחצרות הפנימיות ובפסגות המגונן תורמת לצינון האוויר. האנרגיה במבנה נשמרת באמצעות בידוד הקירות על פי מפרט מיוחד, שימוש בזיגוג כפול ואצירת האנרגיה במבנה הודות למסה התרמית. השטחים המקורים, ביחד עם הגג ירוק, המבודד והמונע קרינה חוזרת, מסייעים למניעת איי חום ותורמים להורדת הטמפרטורה סביב המבנה. מערכת התאורה מתוכננת להקטנת צריכה באמצעות גופי תאורה חסכוניים באנרגיה. מערכות החשמל והאנרגיה מתוכננות בשילוב עם מערכות בקרה בהתאם לתפוסת החלל.



הפרויקט עומד בדירוג B לפי ת"י 5282 כולל אלמנטי הצללה חיצונית ומדפי אור על כל החלונות. כ- 80% מהשטחים לשימוש העיקרי בבניין עומדים בדרישות התקן לאוורור טבעי, כולל הקפדה על אוורור טבעי במסדרונות ע"י רפפות. חיישני נוכחות וגלאי אור למצב הדלקה וכיבוי הותקנו בכל כיתות הלימוד והמשרדים. כל כיתות הלימוד מוזגו על ידי מערכות בדירוג אנרגטי A. תכנון התאורה מאפשר למשתמשים שליטה נוחה ונגישה. התאורה מחולקת לאזורי הדלקה לרבות שטחי הוראה/לוחות לבנים. תאורה מעל עמדות עבודה הקרובות לחלון נפרדת מתאורה רחוקה מחלונות. בכל החלונות בחללים המאוכלסים הותקנו אמצעי הצללה פנימיים הניתנים לשליטת המשתמש. בכיתות בקומות העליונות התאפשרה הוספת חלונות נגדיים (Skylights) לצורך אוורור מפולש ושיפור התאורה הטבעית. הגג הירוק תורם לקירור האוויר על הגג, מניעת התחממות החללים תחתיו, ניצול מי גשם להשקיה, וכן הוקמה פינת נוי נעימה ונוחה לשתילת צמחיית מאכל נוי ולמשיכת מגוון מיני ציפורים וחרקים.

## מים

שלולית החורף המשולבת בחצר הכניסה לבית הספר משנה את פניה ואת אוכלוסייתה הטבעית לאורך עונות השנה ובזכות זאת מהווה מרחב לימוד בלתי אמצעי ומספקת השראה לתלמידים. המרחב סביב המבנה משלב צמחייה מקומית החסכונית בצריכת מים. באתר נחפרו בורות להחדרת מי נגר למי התהום. בפרויקט הותקנו קבועות שרברבות ואבירים המצמצמים את השימוש במים שפירים בבניין מעבר לנדרש בחוק ב- 90% מהברזים והמקלחים בבניין. הותקנו ברזים בעלי מנגנון סגירה אוטומטי. נבחרה צמחייה חסכונית במים לשתילה וכן ההשקיה הינה במערכת טפטפות שבזוז המים בה הוא הקטן ביותר מבין שיטות ההשקיה הנפוצות. שטחי הגיגון בפרויקט מספקים פיתרון לניקוז של 37% ממי הנגר הנופלים על המגרש, בריכת החורף משמשת גם כאזור איגום והחדרה של מי הנגר והניקוז מופנה אליה.

## פיחוח נופי

תכנון הנוף בבית הספר הוא חלק אינטגרלי ברעיון המוביל של שילוב הטבע, על המגוון הטמון בו, עם המבנה. החצרות תוכננו עם אפיון ייחודי לכל חצר, בהתאם לשייך לקבוצות הגיל השונות וזאת כדי לתת מבחר הזדמנויות לפעילויות מגוונות. תכנון הנוף מעודד למידה דרך משחק והתנסות ומציע עושר פעילויות. בחצר בית הספר תוכננו פינות ייעודיות ללימודי טבע, דוגמת שלולית החורף ושוחזרה צמחייה מקומית שהפכה לבית גידול משוקם ומושכת אליה פרפרים. בגג הירוק פרוסות ערוגות לגידול ירקות ועשבי תבלין, ככלי חינוכי לקידום מודעות לתזונה נכונה ולסביבה. שטח ב"ס שימש בעבר את החווה לחינוך חקלאי הצמודה למגרש וכלל מיני עצים שהועתקו. ב"ס כולל מספר חצרות ופינות ישיבה הנפרדות זו מזו. בפיתוח הוטמעו בריכת חורף, גינת פרפרים ועצים המושכים ציפורים.



הקרקע המקומית נשמרה לצורכי פיתוח, וכך נשמרה אדמת חישוף בעלת ערך המאפשרת גידולים טבעיים ומונעת פגיעה ב מיקרו ניוטריטים המשפיעים על פריין האדמה. למניעת רוחות טורדניות נבנתה חומה המגנה מפני רוחות ונשתלו עצים לאורכה. במסגרת תהליך ההסמכה, לפני חישוף הקרקע, נערך מבצע חינוכי במסגרתו אספו תלמידי בית הספר פקעות לצורך שתילתן לאחר הבנייה.

## בריאות

חלק מרכזי בגישה התכנונית היה הקניית נוחות פיזית וסביבה בריאה לילדים. המבנה מתוכנן לשימוש מרבי בתאורה טבעית ובאוויר טבעי. החדרת התאורה הטבעית והאוויר הצח תורמים לשיפור תנאי הנוחות ולאיכות האוויר בבית הספר, להעלאת רמת הריכוז ולבריאותם של המשתמשים במבנה תוך חיסכון במשאבים. בבית הספר נעשה שימוש בצבעים ובחומרים אנטי-אלרגניים. התקרות בכל כיתות הלימוד והחללים הציבוריים הן אקוסטיות, למניעת רעשים. בבניין נעשה שימוש נרחב בחומרים ידידותיים לסביבה, בחומרים בעלי תוכן ממוחזר ובחומרים בייצור מקומי ותכולת VOC נמוכה, כדוגמת: ריצוף חוץ רטרו-סטון של אקרשטיין העשוי מאריחי ריצוף ממוחזרים.

יצירת סביבת לימודים נוחה ומיטיבה עם התלמידים, החדרת התאורה הטבעית והאוויר הצח תורמים לשיפור תנאי הנוחות ולאיכות האוויר בבית הספר, להעלאת רמת הריכוז ולבריאותם של המשתמשים במבנה. נערכו בדיקות בתוך הבניין לאיתור רמות קרינה ממתקני שנאים, בטרם ואחרי האיכלוס.

## חומרים ופסולת

בחומרי הבנייה שולבו חומרים ממקור ממוחזר. בחללים המשותפים ובכל כיתה תוכנן רהיט ייחודי המכיל פחי מחזור. בכניסה לבית הספר תוכנן, כחלק אינטגרלי מביתן הכניסה, מרכז מחזור להפרדת פסולת. במהלך הבנייה הופרדה פסולת בניין לטובת מחזור, לצורך שימוש חוזר במרכיבים שונים אשר היוו חלק מחומרי הבנייה באתר.

## חברה

בית הספר ממוקם בסמוך לשביל אופניים שכונתי ובכך מעודד רכיבה על אופניים לבית הספר. באזור הכניסה תוכננה רחבה מקורה לחניית אופניים ובמבנה שולבו מקלחות לרוכבים. ב"ס נגיש בתחבורה ציבורית ולמספר קווי אוטובוס תחנות במרחק הליכה, בחצר בית הספר הוקצו 48 מקומות לחניית אופניים הכוללות קירוי ואף חדר מלתחה ומקלחת.

## פדגוגיה ואקלים בית ספרי

## היבטים חינוכיים

בית הספר משמש כמקרה מבחן ללמידה על בנייה ירוקה בזכות הפצת הידע עליו במגוון אמצעים כולל: הרצאות לבעלי מקצוע, כתבות בעיתונות המקומית, מידע באתרי ב"ס והעירייה.

בכל אזור בבית הספר מפוזרים שלטים המציינים את אלמנטי הבנייה הירוקה שהוטמעו בפרויקט. בית ספר ירוק הממחיש באופן פיזי את עקרונות הבנייה הירוקה ובאופן זה מחנך לערכים, מהווה נדבך חשוב בצורך החינוכי של אימוץ עקרונות הקיימות.

## היבטים נוספים

### הטמעת פתרונות יצירתיים ומעוררי השראה בתכנון הפרויקט ובניצונו

הרעיון התכנוני המוביל נרקם סביב הענקת פתיחות לטבע ושילוב רב-גוני בין חללי החוץ ואזורי הלימוד, המאפשרים יצירת תווך למרחבי למידה ולאזורי פעילויות בלתי פורמליים. חללים אלו מעניקים ערך מוסף לחוויית הלמידה בזכות מגוון אפשרויות להתנסות במרחב דינמי, הנוצר באמצעות המיידיות בין חלקי המבנה הבנויים לטבע המשולב בו. מיידיות זו מתאפשרת הודות לסמיכותם ובזכות מערך התנועה התלת-ממדי. המבנה הדו-קומתי תוכנן לתכסית נמוכה לטובת גינון ושטחים מחלחלים. הקומה השנייה, המרחפת בחלקה על פני קומת הכניסה, מצלה על אזורי חוץ פעילים ומאפשרת לשטח הפתוח לפלוש למבנה. הגג הירוק והשטחים המקורים יוצרים מוקדי פעילות מוצלים נוספים לילדים, המתפקדים כשטחי חוץ שימושיים. תכנון החלקים המרחפים מצמצם את התכסית ותורם לשמירת שטחי הקרקע בעוד שהגג הירוק "מחזיר" שטח ירוק מעל לקומה הבנויה.

### חובנות מהפויקט

התובנות העיקריות שמלוות אותנו בפרויקט זה הינו הצורך לרתום את כל מקבלי החלטות להיות שותפים בתהליך ולהנגיש את התכנון למשתמשים. פרויקט זה נולד משיתוף פעולה פורה עם ראש העיר, מהנדס העיר וראש אגף החינוך שתמכו והאמינו בפרויקט. לקראת אכלוס בית הספר נערך מפגש עם צוות בית הספר שקיבל הסבר מקיף על העקרונות הירוקים של בית הספר והמערכות השונות שהותקנו בו. למפגש זה חשיבות גבוהה בהבנת התכנים וקירובם לצוות החינוכי של בית הספר כמתווכים חיוניים לחינוך סביבתי של התלמידים. בית הספר הוא תוצר של רצון כנה של היזם, במקרה זה הרשות המקומית, לבנות מבנה ירוק, תכנון אינטגרטיבי של כלל המתכננים והיועצים ושיתוף פעולה של המבצעים. לקחים לפרויקטים הבאים כוללים לשלב בתכנון ככל שניתן את סגל בית הספר על מנת ליצור המשכיות וחיבור בין תכונות המבנה לפדגוגיה.



# בית הספר היסודי זרויאנוב, תל אביב

תמי הירש,  
אדריכלית  
ויועצת בנייה  
ירוקה, תמי  
הירש אדריכלים

בית הספר ממוקם באזור מופר ששימש מוסכים ומבני תעשייה. במסגרת הפרויקט בוצע סקר מזהמים ולאור הממצאים הבעייתיים ננקטו אמצעים מורכבים שאפשרו את בניית בית הספר. בנוסף בוצע תכנון מקיף ואינטגרטיבי של הפתחים לטובת אוורור ותאורה טבעיים מרביים, תוך מניעת סנוור ושמירה על בידוד תרמי איכותי. תכנון המרפסות ושטחי הגינון נועד לאפשר פעילות פדגוגית וקהילתית.

## צוות התכנון

תכנון אדריכלי: אורית אורנת ורות שפירא

תכנון נוף: טל רוסמן

בנייה ירוקה: תמי הירש אדריכלים

## על הפרויקט

יזם,  
קבלן  
מבצע: אחוזת החוף בע"מ

מיקום: רחוב אליפלט 18,  
שכונת פלורנטין  
תל אביב

גובה: 3 קומות

שטח: 3,300 מ"ר בנוי

תקן: ת"י 5281 גרסת 2011  
(גליון תיקונים 2014)

דירוג: 2 כוכבים,  
68 נקודות

צילומים: רן ארדה

## אחגרים והישגים מרכזיים

האתגר המרכזי המהווה גם הישג סביבתי וקהילתי, הוא מיקום בית הספר באזור מופר ששימש מוסכים ומבני תעשייה. במסגרת הפרויקט בוצע סקר מזהמים ולאור הממצאים הבעייתיים ננקטו אמצעים מורכבים שאפשרו את בניית ביה"ס. התנגדות התושבים לבנייה על שטחים פתוחים ועל גינת כלבים בשטח הפרויקט יצרו אתגר נוסף בתהליך התכנון. כתוצאה, העירייה בתיאום עם התושבים וצוות הפרויקט, הקצתה שטחים חלופיים קרובים עבור התושבים. כמו כן, תוכננו בשטח הפרויקט שטחים פתוחים לרווחת הקהילה ובהם מגרשי ספורט, אזורי משחק מוצלים ושטחי גינון איכותיים.

תפקיד חשוב ומאתגר ליצירת נוחות ותנאים אקלימיים אופטימליים לתלמידים ולחיסכון באנרגיה היה תכנון הפתחים בחזיתות המבנה ובעיקר תכנון החלונות בכל הכיתות. התכנון התבסס על ניתוח מעמיק שכלל הדמיות דינאמיות של עשרות חלופות שמשרדנו בדק יחד עם אדריכלי הפרויקט עד להשגת מידות מדויקות של הפתחים הרצויים, הרכב זיגוג מומלץ ורכיבי הצללה אופטימליים מבחינה אקלימית. החלונות הכיתתיים נראים בחזיתות הצבעוניות כאלמנטים בולטים ומשמעותיים.

בבית הספר תוכננו חלונות רבים, כגון: חלונות גדולים בכיתות עם רפפות להצללה ומניעת סינוור, חלונות פנימיים מהכיתות אל המסדרונות לאוורור טבעי מפולש, ריבוי פתחים בשטחים פנימיים לצורך אוורור והארה טבעית וחלונות עליונים בחלל המרכזי ליצירת ריבוד תרמי לשחרור האוויר החם.

כמו כן, מתקיים שיתוף פעולה ותקשורת בין הנהלת בין הספר וצוות יועצי הבנייה הירוקה



לאחר אכלוס המבנה המאפשרים קבלת משוב והעברת מידע הדדי. במוסד החינוכי מתקיים מערך לימודים סביב נושא הבנייה הירוקה של מבנה בית הספר המתבסס על מצגת מקצועית המרכזת את כל נושאי ומאפייני הבנייה הירוקה במקום.

### מה הייתה המוטיבציה לבנוח ירוק?

המוטיבציה הראשונית לבנייה הירוקה נבעה מהנחיה מרחבית של עיריית ת"א להסמכת מבנים לתקן בנייה בת קיימא בתחומה באמצעות ת"י 5281. בשלב מתקדם הפרויקט נבחר לפיילוט של המשרד להגנת הסביבה ואף הוקצה לו תקציב נוסף - דבר שהגדיל באופן משמעותי את שיתוף הפעולה של כל המעורבים בפרויקט להשגת היעדים באופן מיטבי.



**עלויות**

בוצע אומדן טכנו-כלכלי לבירור העלויות הנדרשות והתועלות בגינן. נמצא כי העלות הנוספת עבור מרכיבי הבנייה הירוקה בבתי ספר בתל אביב עומדת על 183 ₪ למ"ר, שהינה כ- 2.5%-2.7% מעלות בניית בית הספר. הנתונים הוצגו במחקר של נגה לב ציון נדן (2013), "עלויות בבניית בתי ספר בבנייה ירוקה", ופורסמו במחקר המועצה הישראלית לבנייה ירוקה (יוני 2015), "עלויות ותועלות של בנייה ירוקה בישראל ובעולם".

**אנרגיה**

התקיים שיתוף פעולה נרחב בין צוות התכנון ויועצי הבנייה הירוקה באפיון בידוד מיטבי על מנת לעמוד בדירוג אנרגטי B. התהליך כלל תכנון מפורט של פתחים והצללות לאופטימיזציה של חימום ואורור פאסיביים, תאורה טבעית ומניעת סנוור. בנוסף שולבו מערכת מיזוג אוויר ומערכת תאורה חסכוניות באנרגיה ומערכת חכמה לכיבוי אוטומטי אשר מובילה לחיסכון נוסף.

**מים**

הותקנו מערכות אלקטרוניות חכמות וחסכוניות אשר מביאות לחיסכון של 50% בשימוש במים שפירים, ביחס לצידוד רגיל (על פי אומדן של יועץ האינסטלציה). בשטחי הגינות הנרחבים בפרויקט נעשה שימוש בצמחייה חסכונית ועם הצללות רבות בשטחי הפיתוח המסייעות לצמצום איבוד מים באידוי. בנוסף מושקים שטחי הגינות באמצעות מי עיבוי מזגנים המושבים מהבניין. כל זאת ואפשר את הרחבת שטחי המדשאות לטובת הקהל הרחב כך שעל אף שטחי המדשאות הנרחבים, הושג חיסכון של 50% בצריכת המים יחסית לגינת הייחוס. הקבועות הסניטריות נבחרו עם רכיבים אלקטרוניים. במבנה בית הספר הותקנו ברזים, אסלות ומשתנות.

**פיתוח נופי**

בשטחי הפיתוח שולבו עצי צל והצללות רבות מבד לצורך יצירת נוחות אקלימית לתלמידים לצד צמצום אי החום העירוני. בחירת עצים נשירים ושילובם בשטחים מרכזיים מאפשרים הצללה בקיץ וחשיפה לשמש חורפית. הצללות הבה מוסרות בחורף. מי הנגר טופלו במסגרת המגרש, חלקם מופנים לשטחים מגוננים בשיעור של כ-20% מהמגרש. שאר מי הנגר מטופלים באמצעות 4 בורות חלחול שנקדחו במגרש.

**בריאות**

המבנה תוכנן באופן המעודד אוורור מפולש. בכל הכיתות, בקיר החיצוני ובפרוודור הותקנו חלונות שניתנים לפתיחה בשני כיוונים מנוגדים, כמו גם חלונות קיפ אוטומטיים בחלק העליון של החלל המרכזי לצורך שחרור אוויר חם בריבוד תרמי. בשל כך, גם הכיתות וגם החלל המרכזי מאווררים ומוארים באופן טבעי. נוסף על כך, החלל המרכזי מבודד אקוסטית ומאפשר קיום

אירועים המאפשרים צפייה מהמרפסות בקומות העליונות. בבניין נעשה שימוש בחומרי בנייה רבים בעלי תו תקן ירוק, וחומרי גמר פנימיים ללא תרכובות אורגניות נדיפות (VOC) על פי רשימה מוגדרת מראש שאפשרה למבצעים גמישות בבחירת החומרים.

## אופניים

הותקנו 50 מתקני חניית אופניים המתאימים ל-100 זוגות אופניים. ובמידה ורבע מתלמידי בית הספר יגיעו באופניים תהיה לכולם חנייה מסודרת ותקנית בתוך שטח בית הספר.

## פדגוגיה ואקלים בית ספרי

### פדגוגיה והיבטים חינוכיים

תכנון המרפסות ושטחי הגינון נעשה מראש בחשיבה קדימה במטרה לייצר גינון חינוכי וקהילתי - הן על-ידי תלמידי בית הספר במסגרת לימודי הקיימות במוסד, הן על-ידי צהרון בדגש סביבתי המתקיים בבית הספר כל יום, והן על ידי משפחות ופעילים מהקהילה המקומית. לדברי מנהלת בית הספר, מתקיימות בבית הספר עשייה רבה בנושאי הקיימות - במיקוד על קיימות אורבנית וניצול שטחי ציבור לצורך גינון לתועלת הקהילה בפלורנטין. נושא הקיימות נמצא בליבת של בית הספר, מתוך רצון לפתח סביבה מקיימת בתנאים



האורבניים הצפופים בהם בית הספר נמצא. לדוגמה, ביום שיא בט"ו בשבט השנה (2018), הוקמה מערכת הידרופונית על אחד הגגות וקודמו פרויקטים נוספים בביה"ס ובסביבתו.

## אקלים בית ספרי

המידע אודות הבנייה הירוקה בבית הספר משמש כיסוד לפעילויות חינוכיות בנושא הקיימות במגוון תחומים.

פרויקטים נוספים בהקשר של קיימות הם:

בכיתות א' - פרויקט המשלב תזונה וקיימות: הנבטת נבטי מאכל שונים וגידולם בחממת בית הספר: הילדים עושים שימוש חוזר בחמגשיות מאכל; מנקים אותן ומנביטים בהן נבטי מאכל, אשר משמשים לתזונת הילדים ומשפחותיהם.

בכיתות ב'-ג' - פרויקט 'בית התה' המשותף למורה לקיימות ולמורה לאומנות. במסגרת זאת, הילדים מקימים 'בית תה', מגדלים צמחי תה ואמצעי המתקה בריאים יותר (חרובים). במקביל - הילדים לומדים על ייצוגים אמנותיים של בתי תה בתרבויות השונות ונפגשים עם אנשים העוסקים בתחום זה. לצורך כך, בית הספר אוסף כוסות תה וצנצנות שמשפחות התלמידים אינם צריכים, על מנת שהטקס לא יכלול כלים חד פעמיים.

## היבטים נוספים

### הטמעת פתרונות יצירתיים ומעוררי השראה בתכנון הפרויקט וביצועו

תכנון המרפסות ושטחי הגינון נעשה מראש בחשיבה קדימה כדי לאפשר פעילות פדגוגית וקהילתית - הן על ידי תלמידי בית הספר במסגרת לימודי הקיימות במוסד, הן במסגרת הצהרון בדגש סביבתי המתקיים בבית הספר כל יום, והן על ידי משפחות ופעילים מהקהילה המקומית. לדברי מנהלת בית הספר, בבית הספר ישנה עשייה רבה בנושאי הקיימות, במיקוד על קיימות אורבנית וניצול שטחי ציבור לצורך גינון לתועלת הקהילה בפלורנטיין.

## חובנות מהפרייקט

בכל פרויקט קיימים פערים בין התכנון הסופי הכולל רכיבים שמתוכננים, מתומחרים ומהווים חלק מהמרכז - לבין הביצוע בפועל. בפרויקט זה, ההצללות אשר נבנו לחלונות לא תאמו במלואן את התכנון וכמו כן לא הותקנה מערכת השליטה והבקרה (BEMS) שתוכננה. בנייתו שערך משרדנו לאחר סיום הפרויקט נבחנה האפשרות להגיע לאיפוס אנרגטי של מבני חינוך, באמצעות הערכת התוספות הנדרשות בכדי להשיג מטרה זו. המסקנות העיקריות שעלו והוגשו לעיריית תל אביב הן:

### א. צמצום משמעותי בצריכת האנרגיה באמצעות:

- תוספת בידוד בעלות מזערית שבכוחה להעלות את הדירוג האנרגטי של הבניין מ-B ל-A
- תוספת מערכת אוטומטית לשחרור אוויר חם מחלונות בשטחים המשותפים בריבוד תרמי
- שינוי גופי התאורה בכיתות לתאורת LED במקום פלורסטנט

### ב. יצירת אנרגיה ממקורות חלופיים:

כיסוי הגג בפאנלים פוטו-וולטאים לצורך ייצור אנרגיה בהיקף כזה אשר ישרת את כל צריכת האנרגיה השוטפת של הבניין.

# גן ילדים מאופס אנרגיה, חדרה

חן שליטא,  
מנכ"ל אלפא  
פרויקטים  
ירוקים בע"מ

הפרויקט הראשון בישראל שהשלים 3 שנים מלאות של מאזן אנרגיה חיובי במסגרתו הבניין מייצר יותר אנרגיה מהאנרגיה שהוא צורך. מטרה זו הושגה בזכות שילוב של אסטרטגיות פסיביות, מערכות חסכוניות, התקנה של מערכת לייצור אנרגיה מתחדשת ומעורבות פעילה של משתמשי הבניין - ילדים וצוות חינוכי. הפרויקט הוסמך ל-Living Building Challenge.

## צוות התכנון

ניהול תכנון, ותכנון מאופס אנרגיה: ירוקים בע"מ	אלפא פרויקטים ירוקים בע"מ
אדריכלות: היידי ארד	
מיזוג: וישקין מהנדסים	
חשמל: בר עקיבא	
קונסטרוקציה: גלזר קונסטרוקציה	

## על הפרויקט

יום, קבלן  
מבצע: החברה הכלכלית חדרה

מיקום: שכונת עין הים, חדרה

גובה: חד קומתי

שטח: 250 מ"ר

דירוג: מבנה מאופס אנרגיה שני גני ילדים לגילאי 5-2. המבנים משמשים כצהרון בין השעות 14:00 ל-17:00. הפרויקט הוסמך כבניין מאופס אנרגיה לפי ה-Living Building Challenge. מעבר להיותו המבנה המאופס אנרגיה הראשון בישראל, הינו גם גן הילדים מאופס האנרגיה הראשון בעולם.



צילומים: שי אפשטיין

## אחגרים והישגים מרכזיים

האתגר המרכזי היה תכנון של מבנה מאופס אנרגיה קרוב ככל הניתן לתקציב הסטנדרטי שניתן על ידי משרד החינוך, קרי תכנון וביצוע בניין מאופס אנרגיה בעלות הנמוכה ביותר האפשרית. הפרויקט הסופי הושג בעלות נוספת של 7-8% מתקציב הפרויקט. מטרה נוספת הייתה יצירת מרחב ביופילי אשר מאפשר אווירה מיטבית לפעילות חינוכית.

זהו הפרויקט הראשון בישראל שמוציג זה יותר משלוש שנים מאזן אנרגיה חיובי שתרם עד כה לרשת החשמל יותר מ-7.5 MW, וזאת למרות שחיבור מערכת האנרגיה המתחדשת התאפשר רק חצי שנה לאחר אכלוס הגנים. אולם חשוב מכך, בזכות הטכנולוגיה המתקדמת והתכנון הפסיבי-סולארי, מתאפשרת סביבת למידה איכותית מאד עבור הילדים והצוות החינוכי, שהינה חשובה במיוחד במגזר החינוך.

בסך הכל שולבו כל המרכיבים האנרגטיים בפרויקט, תוך עמידה בתקציב ובלו"ז. היתה כוונה לבצע בידוד תרמי חיצוני - דבר שלא התאפשר בשל שיקולי תקציב.

## מה היתה המוטיבציה לבנות יוזק?

העיר חדרה הגדירה את עצמה כ"עיר האנרגיה" ובחרה לבצע פרויקט חינוכי של גני ילדים מאופסי אנרגיה. הצוות החינוכי של הגן נרתם למהלך כבר בשלב מוקדם, והילדים וההורים שותפים פעילים לנושאי הקיימות והחיסכון באנרגיה.

## אורגיה

הגנים תוכננו בתכנון פסיבי-סולארי קלאסי הכולל התייחסות להעמדה של המבנים, בידוד מוגבר, הצללות וגודל הפתחים. בנוסף מערכת המיזוג שהותקנה היא מסוג אינוורטר חסכונית במיוחד, מערכת התאורה היא LED ובמבנה הותקנה מערכת בקרה מתוחכמת. במבנה הותקנו בנוסף מאווררי תקרה וגלאי אור יום אשר מווסתים את התאורה המלאכותית. בנוסף, תוכננה והותקנה מערכת של ארובות תרמיות בגג המבנה, המשולבות עם מערכת יניקת אוויר צת. הארובות (השחורות) מתחממות, ויונקות את האוויר מתוך הגנים. דמפרים נפתחים ומאפשרים כניסת אוויר צת דרך פתח יניקה בגג. בדיקה שנערכה באמצעות מערכת ניטור האנרגיה של המבנה הוכיחה כי המבנה יוצר מאון אנרגיה חיובי על בסיס שנתי. צריכת האנרגיה של המבנה בשנת 2017 עמדה על 11.1 MWh ואילו ייצור האנרגיה עמד על 13.8 MWh. מכאן שהבניין ייצר כ-24% יותר אנרגיה משהוא צרך.

## מים

בפרויקט נעשה שימוש בברזים ומכלי הדחה חסכוניים. הצמחייה ששולבה בגינון הייתה צמחיה מקומית.

## פיחוח נופי

גינת ירק משולבת בפיתוח הנוף.



## בריאות

נעשה שימוש בחומרים ירוקים בעלי תכולה נמוכה של תרכובות אורגניות נדיפות (VOC). כמו כן, במבנה הותקנו גלאי CO2 אשר מטרתם להזהיר כאשר ריכוזי הפחמן בחלל הפנים עולים. לטובת אוורור המבנה הותקנה מערכת אוורור המורכבת מארובות תרמיות.

## חברה

מיקום הגנים מאפשר הגעה ברגל לתושבי שכונת עין הים. לילדים המתגוררים רחוק יותר, קיים מערך הסעות.

## פדגוגיה ואקלים בית ספרי

### היבטים חינוכיים

שם הגנים שונה בעקבות הפרויקט המאופס אנרגיה ל"גני קיימא". הנושא הירוק מוטמע לחלוטין בתכנים הפדגוגיים. הגננת הראשית מורן לוי- משוחחת עם הילדים ומציגה להם את הנושא.

### היבטים חברתיים וחזושיים

להלן טקסט מקורי ששלחה הגננת הראשית מורן לוי (הטקסט נכתב בזמן חורף 2016):

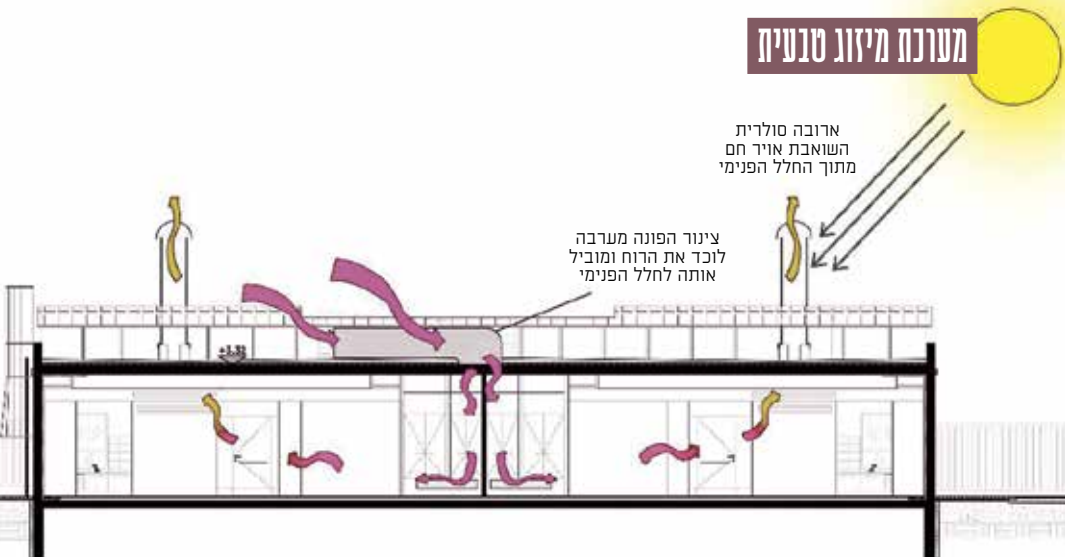
שלום לכולם,  
רציתי לשתף אותכם,  
בימים אלו מזג האוויר משתנה והגן נשאר מאוד  
חמים ונעים.  
אנחנו כבר בערך כחודש לא משתמשים במזגנים,  
לא על פעולת קירור וגם לא על חימום, לפעמים  
רק במאורר. יש אווירה נעימה, קרני השמש  
מחממות את הרצפה, הקירות והבידודים מונעים  
חדירה של קור.  
הילדים אתמול והיום חלצו נעליים, והסתובבו כל  
היום עם גרביים. החלונות היו פתוחים לרווחה  
והמיזוג כבוי. כל אחד שנכנס לגן מיד שם לך לכך.  
תודה לכם על החשיבה שמעבר לבניית הגן,  
הילדים שלי נהנים בזכותכם.  
מאחלת לכם חג חנוכה שמח, שתמיד ליבנו יהיו  
מזאר.  
מורן לוי  
גן קרן קיימא.

הטמעת חדשנות בפרויקט

זהו הפרויקט הראשון בישראל אשר השלים שנה של מאון אנרגיה חיובי. הפרויקט התניע מעגלי השפעה רחבים הרבה יותר כמו מעורבות של העיריה, של מחלקת החינוך, של ההורים וכמובן של הילדים. הפרויקט זוכה לביקורים וספורים של קבוצות אנשי מקצוע מהארץ ומחול ואנו רואים בו חלוץ לקראת יישום נרחב של בנייה מאופסת אנרגיה בישראל.

בנוסף למערכת האוויר הטבעית, קיימת גם מערכת לאוורור מאולץ - מפוחים הנמצאים בחדרי השירותים, יונקים אוויר מכל שטח הגנים ומאפשרים כניסת אוויר צח מהחלונות. בגנים קיימים גלאי CO2 המודדים את רמות הפחמן הדו-חמצני ומחוברים למערכת בקרה הפותחת דמפרים לכניסת אוויר צח. עובדה זו ראויה במיוחד לצינון, היות ואין הנחייה גורפת של משרד החינוך לבצע מערכות אוויר צח במבני חינוך, דבר היכול להיות בעל השפעה חיובית על בריאות תלמידים.

מערכת מיזוג טבעית



התכנון האינטגרטיבי של הפרויקט הוא אשר אפשר מוצר ברמה גבוהה מאד מבחינת יעילות אנרגטית ובנייה ירוקה. האינטגרטורים של צוות התכנון היו יועצי הבנייה הירוקה. ניתן להגיע לבניין מאופס אנרגיה במבנה חד-קומתי על-ידי תכנון אינטגרטיבי מוקדם ונכון, ובתוספת עלויות שלא עוברות את רף ה- 8% מעלות הבנייה הקונבנציונלית. ייצור מתועש צפוי להוריד עלויות לרמה מקובלת של תוספת 2%-3% לעלות הבנייה. השילוב של מבנה מאופס אנרגיה עם מבנה חינוך מספק הזדמנות לפעילות פדגוגית ענפה ולהשתתפות פעילה של הצוות החינוכי בתפעול הבניין. התוצרים של היעילות האנרגטית ושילוב של עקרונות ביופיליים הם המרשם לבנייה המיטיבה עם המשתמשים ותפקודם במרחב. מבנה מאופס אנרגיה הוא יחסית פשוט לביצוע בתכנון מוקדם נכון. העלות הנוספת להשגתו- אינה גבוהה במידה וסטנדרט הבניה מראש הוא טוב, והנושאים הירוקים משולבים בתחילת העבודה. מעבר לעובדה כי הגנים מתפקדים במאזן אנרגיה חיובי- קיים עוד פוטנציאל מחקר גדול מאד בגנים לגבי תפקוד בפועל של המערכות. יש להמשיך ולחקור את הנושא והשפעתו על יעילות המבנה ועל היבטים חינוכיים ותחושתיים המשפיעים על הילדים והצוות.



# בית הספר הירוק על שם שמעון פרס, כפר סבא

דויד קנפו, אדריכל,  
קנפו כלימור אדריכלים  
עליזה סוקל, מנהלת בית הספר

בית הספר הינו מרכיב משמעותי במיתוג השכונה הירוקה בכפר סבא ובגיבוש קהילה מקומית המחויבת לסביבה. בית הספר עמד בתקנים המחמירים של LEED Gold ופרט להיבטי היסכון כלכלי שם דגש על הקשר החינוכי והקיומי בין האדם לטבע ובין האדם לסביבת מגוריו.

## צוות התכנון

**אדריכלות:** קנפו כלימור  
אדריכלים  
בע"מ

**אדריכלות נוף:** דן צור-ליאור  
וולף אדריכלי  
נוף - בר  
וולקוביץ'-  
אמיר

**יועץ בנייה  
ירוקה:** יהושפט  
אהרוני -  
אסא אהרוני  
מהנדסים

## על הפרויקט

**יום, קבלן  
מבצע:** עיריית כפר סבא, החברה  
הכלכלית כפר סבא

**מיקום:** שכונת הזמר העיברי, רח יאיר  
רוזנבלום, כפר סבא

**גובה:** 2 קומות

**שטח:** כ-3,500 מ"ר מתפרס על מגרש  
בהיקף של כ-12 דונם

**תקן:** התקן האמריקאי לבניה ירוקה  
LEED-FOR SCHOOLS v2009.  
גרסת התקן: LEED-  
SCHOOLS v2009

**דירוג:** LEED Gold על הפרויקט

**יעוד מבנה:** בית ספר יסודי

**נתוני בית  
הספר:** 18 כיתות א, גילאים 6-12  
סה"כ לומדים בבית הספר  
כ-700 תלמידים ב-22 כיתות

**עלות ביצוע:** עלות ביצוע 25,000,000 ₪.  
ההחזר כספי של המערכות  
תוכנן ל 12 שנה



צילומים: ליאור אביטן

### אחגרים והישגים מוכיזים

בית הספר הירוק בכפר סבא הוא דוגמה להתייחסות עדכנית לתכנון בכלל ולתכנון מוסדות ציבור וחינוך בפרט, כאשר הדגש הנו על הקשר החינוכי והקיומי בין האדם לטבע, בין האדם לסביבת מגוריו, וככזה הוא מציע פרוגרמה ירוקה ודרך הסתכלות מקיימת המבקשת לחפש איוון נכון בין צרכי האדם והקהילה לבין משאבי הטבע המתכלים. התפיסה המקיימת של בית הספר כוללת את התחום הפדגוגי-חינוכי, את תכנית הלימודים של התלמידים ואת אורח החיים אשר יתנהל בין כתליו. מתוך תפיסה זו חוברת הפרוגרמה התכנונית של הבניין, אשר נותנת מענה נרחב על הפעולות החינוכיות בתחום איכות הסביבה, האקולוגיה והיחס לטבע, לסביבה האנושית ולמרחב הקהילתי. מעבר לפונקציונליות ולאסתטיקה, בית הספר הירוק תוכנן בגישה כי לאדריכלות אחריות סביבתית, חברתית וקהילתית ליצירת חברה בריאה ומקיימת.

### מה הייתה המוטיבציה לבנות ירוק?

המוטיבציה לבניה ירוקה התחילה מהתפיסה בעיר כפר סבא כעיר ירוקה והרצון לחנך דור שמכיר בערך הסביבתי ויכול להשפיע על העתיד. עיריית כפר סבא החליטה כי הם עוברים למדיניות ירוקה, כאשר החלו בנייה ירוקה של שכונות ומבני ציבור בצפון העיר. בניית בית הספר בבנייה ירוקה מחזק את מדיניות העירייה ואת המיתוג של השכונות החדשות כאשר מטרת המיתוג הוא להדגיש ולמשוך:

1. פיתוח חדשני של צפון כפר סבא
2. משיכה של אוכלסיה צעירה וחזקה לעיר
3. בניית סטנדרט חדש בבניית בית ספר
4. בולטות עירונית בסביבה של גוש דן

## פרקטיקות ואלמנטים בבנייה ירוקה

### אנרגיה

האנרגיה בבניין מסופקת על ידי מערכת גיאותרמית מתקדמת, המאפשרת מתן פתרון מלא למערכת החימום והקירור של כלל בית הספר. בכל מבני בית הספר מותקנת מערכת מיזוג אוויר הפועלת על ידי הזרמת מים בתקררות וברצפות אשר "מקרינות" קור/חום. טמפרטורת המים מוסתת לטמפרטורת נוחות על-ידי החלפת חום/קור עם הקרקע. מעטפת הבניין מבודדת ברמה גבוהה, העומדת בדירוג הגבוה של תקן הבנייה הירוקה מאפשרת חסכון



משמעותי בצריכת אנרגיה אשר מייצרת תנאי נוחות בבניין לאורך כל עונות השנה. מערכות החשמל והתאורה תוכננו כך שיעמדו בתקנים של הבנייה הירוקה, אשר יחסכו באופן משמעותי בצריכת החשמל. חלונות הכיתות הוגדלו לטובת ניצול התאורה הטבעית, ובכך הפחתה בהזדקקות לתאורה מלאכותית במרבית שעות הפעילות. בבית הספר הותקנה ועבדה מערכת גיאו תרמית במהלך 5 שנים, אך תקלות רבות אילצו את הרשות להחליף את המערכת למזגנים חסכוניים.

## מים

מערכת המים בבניין תוכננה עם אפשרות למחזור מים אפורים של הבניין ובנוסף כל הקבועות הסניטריות חסכוניות בשימוש במים כולל שימוש בברזים אלקטרוניים.

## פיתוח נופי

בית הספר חובק בתוכו חצר מרכזית ירוקה גדולה המשלבת חללים ללימוד לא פורמלי. שטחי גינון, שטחי משחק ואלמנטים חינוכיים המדגישים את הקשר החדש בין האדם לסביבתו הטבעית.

החצר מהווה את "הלובי הירוק" של בית הספר עם נגישות מהירה מכל המבנים והאגפים השונים ומאפשרת השגחה על התלמידים בהפסקות. 80% משטח בית הספר מוצל על ידי פרגולות ונטיעה צפופה של עצים במרכז החצר ותוכננה שלולית חורף המהווה מוקד משיכה ומשחק בימי החורף.

כמו כן בשטחי החוץ של בית הספר מוקמו תיבות קינון לציפורים, הוכשרו שטחים ללימוד והתנסות בגידולים חקלאיים המהווים מעבדה פעילה עבור התלמידים תורמת לפיתוח מודעות לסביבה ולדרכי ההתמודדות עם הבעיות האקולוגיות.

## בריאות

בית הספר מתוכנן לנוחות תרמית אופטימלית בכל עונות השנה. בכיתות הלימוד מותקנת תקרה אקוסטית המאפשרת ביצועיים אקוסטיים טובים. כאשר חומרי הבנייה עומדים בתקן הבנייה הירוקה הירוקה, ללא פליטות חומרים רעילים.

קירות החוץ של הבניין הנם בעלי בידוד תרמי גבוה ובכך מתקבלת נוחות תרמית קבועה המבוססת על מערכת קורנת (אפקט המערה) ללא רעשים או הבדלי טמפרטורה וזאת כחלק מהמחשבה על בריאות ורווחת התלמידים. בנוסף תוכננה מערכת אספקת אוויר צח הדואגת למניעת הידבקות ומחלות בין התלמידים ובעיקר משפרת את הישגי התלמידים. המשמעות היא שהתלמידים ייהנו מאספקת אוויר צח לאורך כל שעות היום, דבר אשר לא ניתן בכלל בבתי הספר כיום בארץ.

## חבבורה

בית הספר הירוק נמצא ברדיוס של 400 מ' משישה קווי אוטובוס עירוניים המאפשרים הגעה לבית הספר בחבבורה ציבורית. בית הספר מעודד הגעה באופניים ע"י התקנת חניית אופניים

נרחבת, חיבור למערכת שבילי האופניים בשכונה והתקנת מלתחה ומקלחת עבור חברי הסגל שיבחרו להגיע לבית הספר באופניים.

## פדגוגיה ואקלימ בית ספרי

### היבטים חינוכיים

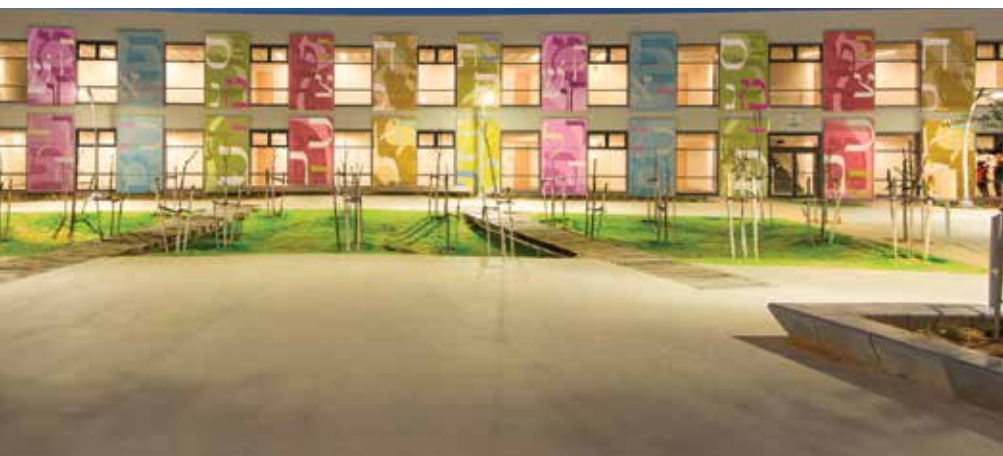
1. הנראות הירוקה של בית הספר תורמת לנוכחותו המשמעותית בשכונה ולהזדהות הקהילה עם בית הספר.
2. חצר בית הספר פתוחה וירוקה מזמינה כניסה ופעילות תלמידים.
3. ההורים הופכים לשותפים בעיצוב תכנית הלימודים.

### היבטים חברתיים וחחושתיים

- הבנייה הירוקה חיזקה את תחושת המחויבות והמעורבות של התלמידים והצוות, חזקה את תחושת השייכות שלהם ויצרה גאוות יחידה בהובלת הקיימות והרגישות לסביבה בכל המובנים:
1. בית הספר הירוק תורם לתחושת שייכות קהילתית וזהות מקומית לשכונת המגורים שמסביב.
  2. בית הספר הירוק תורם ללכידות ומעורבות חברתית בבית הספר ובשכונה
  3. חושף תורם לחיבור הילדים והוריהם לערכים סביבתיים ואקולוגיים

### חזקת חינוכיות מדידת

1. שיפור ברמת הישגי התלמידים והלימודים והגברת חדות הלמידה
2. ביקוש מוגבר להרשמה לבית הספר על ידי תלמידים גם מחוץ לשכונה
3. הרמוניה בין צוות המורים להורי התלמידים



## חדשנות

בית הספר פתוח אל החצר הפנימית ושטחי החוץ הירוקים הופכים לחלק אינטגרלי של מרחב הלמידה הבלתי פורמלית, שולבו על המבנה פנלים, אשר עוצבו על די קנפו כלימור אדריכלים, פנלים שהודפסו באוסטריה ויובאו במיוחד. ניתן דגש על בחירת הצבעוניות ודגש על היוזואל המודפס, אותיות א'-ב', אשר מדברים לגילאים הנלמדים והופכים להיות חלק אינטגרלי מהמראה של בית הספר המעודדים את הלמידה של התלמידים בכך שהופכים להיות חלק ממרחבי החוץ והמשחק.

שעותק של פרדס עתיק אשר שולב בשטח בית הספר עוטף את האמפיתאטרון ממערב כאשר נטיעת פרדס בבית הספר משלב בין ערכים אקולוגיים לערכים לימודיים.

## חובנות ולקחים

התפיסה המקיימת של בית הספר ונוגעת בכל תחומי החיים המתנהלים בין כתליו ובמרכזה תכנית הלימודים המדגישה את הקשר בין האדם לסביבתו הטבעית והקהילתית. מתוך תפיסה זו הפרוגרמה הפדגוגית של בית הספר ונותנת מענה נרחב לפעולות חינוכיות בתחומי איכות הסביבה והאקולוגיה.

בית הספר הירוק בכפר סבא הוא דוגמה להתייחסות עדכנית לתכנון בכלל ולתכנון מוסדות ציבור וחינוך בפרט, אשר שמה דגש על הקשר החיוני והקיומי בין האדם לטבע, בין האדם לסביבת מגוריו, וככזה הוא מציע פרוגרמה ירוקה ודרך הסתכלות מקיימת המבקשת ליצור איוון נכון בין צרכי האדם והקהילה לבין משאבי הטבע המתכלים.

במישור הטכני, כתובנה מהנסיון ליישם מערכת גיאו תרמית, יש לבדוק מערכות לפני יישומן על מנת לוודא כי הן מתאימות לפרוייקט.



# בית ספר תמיר, ראשון לציון

יקיר למדן,  
AES מערכות  
מתקדמות

בית הספר הראשון בישראל אשר קיבל הסמכה לבנייה ירוקה על פי תקינה, במקרה זה תקן LEED האמריקאי. המבנה חוסך מעל 30% מעלויות צריכת האנרגיה ואחוז דומה בצריכת המים אך מעבר לחיסכון במשאבים, התכנון הירוק שם דגש על סביבה לימודית בריאה שהינה מרכיב מרכזי להצלחה.

## צוות התכנון

אדריכלות: קנפו כלימור  
אדריכלים

אדריכלות נוף: דן צור-ליאור  
וולף אדריכלי  
נוף

יועץ בנייה AES, יקיר  
ירוקה: למדן

## על הפרויקט

יום, קבלן עיריית ראשון לציון  
מבצע:

מיקום: ההכשרות 4, ראשון לציון

גובה: 2 קומות (8.36 מ')

שטח: 2,550 מ"ר

תקן: LEED FOR LEED (V2009) SCHOOLS  
גרסת התקן:

דירוג: 68 נקי - GOLD

יעוד מבנה: בית ספר יסודי

נתוני בית מס' כיתות: 18, כיתות א' עד ו'  
הספר:



צילומים: ליאור אביטן

## הישגים משמעותיים

מעבר לחיסכון באנרגיה, מים ומשאבים אחרים, התכנון הירוק שם דגש על סביבה לימודית בריאה שהינה מרכיב מרכזי להצלחה. האלמנטים המרכזיים המייצרים בניה בת-קיימא וסביבה לימודית בריאה הינם:

- מערכת מיזוג אוויר יעיל מסוג VRF בתוספת אספקת אוויר צח ישירות לכל כיתה.
- בידוד המעטפת משופר בין היתר בעזרת גג ירוק המחזק גם את הקשר עם החוץ.
- שימוש בחומרי בניין בריאים ושיטות בנייה ידידותיות לסביבה, לדוגמא: הריצוף ב"ס מכיל מעל ל-40% חומר ממוחזר ויחד עם זאת ברמת פליטת VOC נמוכה.
- לאור הדרישה לסורגים בחלונות מבחינה בטיחותית הצלחנו לנצל את ההזדמנות להפוך אותם לאלמנט הצללה - רפפות עמוקות מאלומיניום מולבן שמשמש גם כמדפי אור.

## פרקטיקות ואלמנטים בנייה ירוקה

### אתגרים מרכזיים

בית הספר הוסמך לפי תקן LEED ברמת GOLD. כיוון שהפרויקט תוכנן לפי תקן LEED בטרם יצא התקן הישראלי למבני חינוך, עלויות ההתאמות שנדרשו למעבר לתקן הישראלי, בנוסף לאמריקאי, לשלב הבנייה המתקדם היו גבוהות מידי ולכן לא לקחו חלק לבסוף במחקר.

מבחינה טכנולוגית רצינו לשלב מערכת מיזוג אוויר תרמו-סולארית היברידיית במסגרת סטרטאפ ישראלי אך לבסוף לא שולב כיוון שלא היו מוכנים להיות חלוצים ולקבל טכנולוגיה חדישה ולא מוכרת.

## אורניה

המבנה חוסך מעל 30% מעלויות צריכת האנרגיה זאת בזכות אלמנטים של בנייה אקלימית, תאורה חסכונית ושימוש במערכת מיזוג מסוג VRF היודעת לווסת את תפוקת הקירור והחימום (וכתוצאה את צריכת החשמל) בהתאם לצורך. מערכת ה-VRF בעלת נצילות גבוהה מאד (במיוחד בחימום בהשוואה לחימום קונבנציונלי על ידי מנגנון חשמלי). בנוסף הותקנו גלאי נוכחות המכבים אוטומטית את מיזוג האוויר והתאורה כשהכיתות לא בשימוש.

אלמנטים של בנייה אקלימית בפרויקט זה כוללים בידוד תרמי משופר במעטפת הבניין, זיגוג כפול, הצללות על החלונות והפניות רצויות ביחס לשמש (חזיתות ארוכות לצפון ולדרום). גגות ושטחים פתוחים כוסו בחומרים בהירים וצמחייה בכדי להפחית את כמות החום הנקלט מקרני השמש.

המבנה מאוורר הן באוורור טבעי והן באוורור מכאני. האוורור הטבעי נעשה בזכות פתיחה ישירה של חלונות ודלתות לאזורי חוץ לשני כיוונים שונים.

למשתמשים שליטה ישירה על התאורה והמיזוג, בחדרים השונים הותקנו מתגים ותרמוסטטים להפעלה וויסות המערכות כך שהמשתמשים בחלל יוכלו ליצור לעצמם את התנאים הנוחים ביותר בהתאם לפעילות הספציפית וההעדפות האישיות.

מרבית מחללי הלימוד (למעלה מ-90%) נהנים מתאורה טבעית במהלך שעות היום, מתקני הצללה מוודאים כי לכיתות יכנס אור נעים וכן מונעים סנוור וכניסת חום מאור השמש. תאורה טבעית לא רק חוסכת בחשמל בהפעלת תאורה מלאכותית, אלא אף טובה יותר לראייה ותורמת לשיפור הבריאות ומצב הרוח.



המבנה חוסך מעל 30% שימוש במים שפירים, ביחס למבנה ייחוס של תקן LEED, זאת בזכות חסכמים בברזים ובמקלחות, והדחה כפולה באסלות. ברזי שטיפת הידיים בשירותים הינם מנתיים והם מזרימים רק 0.75 ליטר להפעלה (לעומת כ-2 ליטר לאותו זמן הפעלה בברזי חסכוני על-פי דרישות התקן הישראלי). הצמחייה ומערכות ההשקיה תוכננו כך שהם חוסכים מעל 50% שימוש במים שפירים. הצמחייה היא מקומית וחסכונית במים וכן מערכת ההשקיה היא בעיקר מערכת טפטפות שבזבזו המים בה הוא הקטן ביותר מבין שיטות ההשקיה הנפוצות. מרבית מי הנגר בשטח בית הספר מחלחלים למי התהום. לשם כך נעשה שימוש בבורות לחול המנקזים אליהם את המים מרחבי השטח וממרבצי המבנה ובכך מאפשרים החדרתם.

### פיתוח נופי

בית הספר כולל למעלה מ-75% שטחים פתוחים המאפשרים מרחבים למשחק, מפגש ומנוחה. כשליש מהשטחים כוללים צמחייה, הגגות הירוקים תורמים לקירור האוויר על הגג, מניעת התחממות החללים תחתיו, ניצול מי גשם להשקיה, וכן פינת נוי נעימה ונוחה לשתילת צמחיית מאכל ונוי ולמשיכת מגוון מיני ציפורים וחרקים. בשטחי הפיתוח שולבו כיתות חוץ, כרם, חקלאות אורגנית ואמפיתאטרון. בית הספר משתף את מתקניו עם הקהילה. לאחר שעות הפעילות חלק מהשטחים והחללים פתוחים לשימוש הציבור ובכך מאפשרים פעילות קהילתית וחוסכים צורך בהקמת מבנים נוספים.

### בריאות

בבית הספר הותקנה מערכת אוויר צח המשולבת במערכת האוורור המכאני אשר משתמשת ב-100% אוויר צח מן החוץ המפוזר בתוך החללים באופן מיטבי מהתקרה. בבניין נעשה שימוש



- נרחב בחומרים ידידותיים לסביבה, בחומרים בעלי תוכן ממוחזר ובחומרים בייצור מקומי, כדוגמת: גג ירוק - יריעות האיטום מפוליאסטר עשויות מ-100% בקבוקי פלסטיק משומשים.
- אריחי ריצוף - עשויים מכ-45% חומרים ממוחזרים.
- אריחי שטיח - עשויים מחומר ממוחזר וניתנים למחזור חוזר. בנוסף העיצוב כאריחים מאפשר החלפה של יחידות בודדות לצורכי תחזוקה ללא צורת בהחלפה של כל מערכת הריצוף.
- הברזל במבנה מקורו ב-98% פסולת מתכות ממוחזרת בייצור מקומי.
- בטון - בתערובת הבטון נעשה שימוש בחומרי לוואי של תהליך הייצור בייצור מקומי.
- לוחות HPL בהדפס עלים ירוקים - נוצרו מעץ מיערות מפקחים בהם קיים ניהול יערות אחראי. ביערות אלה קצב כריתת העצים איטי מקצב ההתחדשות של היער וכן נהלי העבודה ממזערים פגיעה בסביבה ובמיני החיים ביער.

## אקוסטיקה

- בתכנון בית הספר שולבו אמצעים רבים להבטחת איכות אקוסטית טובה: מערכות המיזוג ותעלותיה - נבחרו מערכות מיזוג שקטות וכן נעשה שימוש באמצעים לבידוד אקוסטי להחרשת המערכות בעזרת חומרי בידוד כגון מרק אלסטי או צמר זכוכית במפגש בין מערכות, תעלות וצינורות לבין קירות המבנה.
- תקרות אקוסטיות - בכל הכיתות הותקנו תקרות עם אריחים אקוסטיים לבליעת רעש בחלל החדר. תקרות אלה אף מבדדות בין חלל הכיתה לבין המערכות שבחלל מעל התקרה.
- הרכב קירות ההפרדה - בין כיתה לכיתה, נבנו קירות כפולים וכן נעשה שימוש בבידוד פיברגלאס.
- דלתות - עיצוב פרט דלתות אקוסטיות לסגירת מרווח האוויר סביב הדלת בעזרת משקוף משונן וכן אטם מיוחד בתחתית הדלת.
- רצפות - שכבת בידוד מתחת לריצוף בקומה העליונה למניעת מעבר רעש מכיתה אחת לזו מתחתיה/מעליה.

## חחבורה

בי"ס נגיש בתחבורה ציבורית ולמספר קווי אוטובוס תחנות במרחק הליכה, בחצר בית הספר הוקצו 22 מקומות לחניית אופניים ואף חדר מלתחה ומקלחת למורים, בחניון הוקצו מקומות חנייה השמורים לרכבים חסכוניים ומפרץ הורדת נוסעים "נשק וסע".

## פדגוגיה ואקלים בית ספרי

### היבטים חינוכיים

בבית הספר קיימת תוכנית לימודים המשלבת בין ידע סביבתי רב-תחומי לבין תכונות המבנה. תוכנית הלימודים כוללת מסלול הכשרה למורים. בית הספר הינו הראשון בארץ שעבר התעדה לתקן בנייה ירוקה ולכן שימש כהשראה לפרויקטים חדשים בין היתר באמצעות סיורים והדרכות. כמו כן, שימש כמקרה מבחן ומחקר ללמידה על בנייה ירוקה בדגש על עלויות ותועלות של בית הספר (בי"ס ללימודי הסביבה ע"ש פורטר, אוניברסיטת ת"א). בנוסף התקיימו הרצאות לבעלי מקצוע, פורסמו כתבות בעיתונות המקומית, וכן הנגשת מידע באתרי בית הספר והעירייה.



# בית ספר אליאב, ראשון לציון

יקיר למדן,  
AES מערכות  
מתקדמות

בית ספר עם הדירוג הגבוה ביותר בארץ - 3 כוכבים לפי התקן הישראלי 5281. מעבר לחיסכון באנרגיה, מים ומשאבים אחרים, התכנון הירוק שם דגש על סביבה לימודית בריאה שהינה מרכיב מרכזי להצלחת התלמידים. בית הספר זמין לשימוש משותף של הציבור הרחב והקהילה המקומית באמצעות ספרייה עירונית, מתקני ספורט ומרכז מחזור, ובכך מהווה חלק בלתי נפרד ותורם למרקם העירוני שכונתי.

## צוות התכנון

**אדריכלות:** ליואי  
דבוריינסקי  
אדריכלים

**אדריכלות נוף:** דודו גת  
אדריכלות נוף

**יועץ בנייה** AES, יקיר  
**ירוקה:** למדן

## על הפרויקט

**יום, קבלן**  
**מבצע:** עדיית ראשון לציון

**מיקום:** הרב צאלח 4, ראשון לציון  
**גובה:** 3 קומות (13.55 מ')

**שטח:** 2,870 מ"ר

**תקן:** ת"י 5281, גרסת התקן: בנייני  
מוסדות חינוך - חלק 4

**דירוג:** 76.94 נקי - 3 כוכבים

**יעוד מבנה:** בית ספר יסודי

**נתוני בית**  
**הספר:** מס' כיתות: 18, כיתות א' עד ו',  
מתוכנן להיות פתוח אחה"צ



צילומים: יקיר למדן

### הישגים משמעותיים

מעבר לחיסכון באנרגיה, מים ומשאבים אחרים, התכנון הירוק שם דגש על סביבה לימודית בריאה שהינה מרכיב מרכזי להצלחה. האלמנטים המרכזיים המייצרים בניה בת-קיימא וסביבה לימודית בריאה הינן:

- מערכת מיזוג אוויר יעיל בדירוג A בתוספת אספקת אוויר צח ישירות לכל כיתה.
- לאור הדרישה לסורגים בחלונות מבחינה בטיחותית הצלחנו לנצל את ההזדמנות להפוך אותם לאלמנט ההצלחה - רפפות עמוקות מאלומיניום מולבן המשמשות גם כמדפי אור.
- הותקנו "גרילים" לאורך כל המסדרון המשותף על מנת לאפשר אוורור מפולש בחללים אשר בדרך כלל אינם ממוזגים ובכך מאפשר אוורור טבעי בכיתות.
- שימוש בחומרי בניין בריאים ושיטות בנייה ידידותיות לסביבה, לדוגמא: ווקופון - תקרה אקוסטית בעלת 42% חומר ממוחזר בעלת פליטת VOC נמוכה.

### פוקסיקות ואלמנטים בנייה ירוקה

#### אתגרים

זהו בית הספר עם הדירוג הגבוה ביותר בארץ לפי התקן הישראלי לבנייה ירוקה - 3 כוכבים. הישג משמעותי לפרויקט הוא מתן תחליף לדרישת התקן לגלאי אור יום לפי ת" 5282. כיוון



שמחלקת התחזוקה בעירייה לא הסכימה להתקין גלאי אור יום נעשו מספר פעולות על מנת להוכיח יעילות גבוהה יותר משימוש בגלאי האור:

1. הפחתנו בצורה משמעותית את צריכת החשמל לתאורה (מעל לשליש מהדרישה).
2. נמצא פיתרון חכם של חלוקת אזורי הדלקה - טכנולוגיית Low-tech.
3. התקנת חיישני נוכחות.

רצינו להשיג חלונות נגדיים בכל כיתה לצורך אוורור מפולש ושיפור התאורה הטבעית, הצלחנו באופן חלקי כיוון שחלק בוטלו בשל שיקולי תקציב. לעומת זאת הצלחנו לשפר את האוורור המפולש באזורים המשותפים.

## אורנייה

הפרויקט עומד בדירוג A לפי ת"י 5282 כולל אלמנטי הצללה על כל החלונות. כ- 85% מהשטחים לשימוש העיקרי בבניין עומדים בדרישות התקן לאוורור טבעי, כולל הקפדה על אוורור טבעי במסדרונות. חיישני נוכחות למצב הדלקה וכיבוי הותקנו בכל כיתות הלימוד והמשרדים. כל כיתות הלימוד (מעל 80% מהאזורים הממוזגים בבניין) מוזגו על ידי המערכות בדירוג אנרגטי A.



תכנון התאורה ואמצעי השליטה עליה בפרויקט מאפשרים למשתמשים שליטה נוחה ונגישה. התאורה מחולקת לאזורי הדלקה לרבות שטחי הוראה/לוחות לבנים. תאורה מעל עמדות עבודה הקרובות לחלון נפרדת מתאורה רחוקה מחלונות, וכן מיקום המתגים נפרד כך שיידרש "מאמץ נוסף" לצורך הדלקת שורת גופי התאורה הקרובה לחלון. בנוסף התקיימה חלוקת אזורים בספרייה: לפי מדפי ספרים, אזורי קריאה ודלפק. בכל החלונות בחללים המאוכלסים הותקנו וילונות גלילה הניתנים לשליטת המשתמש. היכן שהתאפשר התווסף חלון לכיוון הנגדי בכיתות (כשליש מחללי הלימוד).

## מים

בפרויקט הותקנו קבועות שרברבות ואביזרים המצמצמים את השימוש במים שפירים בבניין מעבר לנדרש בחוק ב- 100% מהברזים והמקלחים בבניין. הותקנו ברזים מנתיים לסגירה אוטומטית המותאמים לילדים (ברזים שאינם בלחיצה אלא עם מוט סטיק). הותקן על קו המים הראשי מערכת לניטור דליפות מסוג LEAK BUSTER. בנוסף הותקן בקר מים להשקיה, הבקר נמצא בשליטה מרחוק כך שגם הוא מנטר שימושים חורגים של מים. 50% מסוגי הצמחיה שנשתלה הם צמחים חוסכי מים ומומלצים לשימוש בהתאם לרשימת צמחי נוי ובר המומלצים לשתילה במוסדות חינוך.

למעלה מ-90% מהשטחים הפתוחים (שטח המגרש בניכוי היטל הבניין) מיועדים לרווחתם של המשתמשים.

האדמה מאתר הפרויקט נשמרה בתחום האתר ולא פונתה ממנו. במסגרת העבודות נשמרה הקרקע העליונה (Topsoil) באתר והוחזרה לאזורים שהיו בהם צמחייה בשטחי הפיתוח, לרבות שימור והעתקה של עצים קיימים.

בפרויקט יושמו עקרונות של תכנון לשיפור אקולוגיית האתר. עבור קיימות המערכת האקולוגית באתר ולצורך השיפור האקולוגי של האתר יושמו אמצעים של נטיעת מינים מקומיים בהתאם לרשימת צמחי נוי ובר המומלצים לשתילה במוסדות חינוך.

הוקצו מקומות בתוך המוסד החינוכי הנגישים וזמינים לשימוש משותף של הציבור הרחב והקהילה המקומית:

- ספרייה עירונית - פעילות בכלל שעות היום



- מתקני ספורט - פעילות לאחר שעות הלימוד
- מרכז מחזור - פעילות בכלל שעות היום

## בריאות

בבית הספר הותקנה מערכת אוויר צח המשולבת במערכת האוורור המכאני אשר משתמשת ב-100% אוויר צח מן החוץ המפוזר בתוך החללים באופן מיטבי מהתקרה. שיעורי האוויר הצח בבניין מתאימים לתקן האמריקאי ASHRAE 62.1 ות"י 6210 לדרישות אוורור מאולץ לפי Ventilation Rate Procedure פרק 6.2. בבניין נעשה שימוש נרחב בחומרים ידידותיים לסביבה, בחומרים בעלי תוכן ממוחזר ובחומרים בייצור מקומי ותכולת VOC נמוכה כדוגמת:

- רוקפון - תקרה אקוסטית טרופיק וארקטיק
- ברזל ממוחזר במבנה מקורו ב-100% פסולת מתכות ממוחזרת בייצור מקומי.
- נערכו בדיקות בתוך הבניין לאיתור רמות קרינה ממתקני שנאים בטרום ואחרי האיכלוס.

## חבורה

בי"ס נגיש בתחבורה ציבורית ולמספר קווי אוטובוס תחנות במרחק הליכה, בחצר בית הספר הוקצו 72 מקומות לחניית אופניים ואף 2 מקלחות, קיים מפרץ העלאת והורדת נוסעים "נשק וסע".

## פדגוגיה ואקלים בית ספרי

### היבטים חינוכיים

הפרויקט כולל רכיבים ומתקנים המדגימים כיצד ניתן לצמצם את ההשפעה של בניין על הסביבה. מערך שיעור למורות: הדרכה והיכרות עם מבנה הפרויקט על היבטיו הירוקים לצוות בית הספר. שילוט: הותקנו שלטים בסמוך לאלמנטים השונים שקיבלו דגש בפרויקט. בבית הספר הותקנו פחי המחזור לפיקדון של חברת אל"ה, השימוש בדמי הפיקדון משמש לטובת רכישת ציוד ופעילויות בית ספריות. בגני הילדים הגננות יצרו משחק עבור הילדים לעידוד הבאת בקבוקים לפיקדון.

### היבטים נוספים

### חדשנות

בפרויקט הותקנו "מזגניות" - כיבוי אוטומטי למזגנים עם השהיה בניתוק מובנית לאחר זמן הפעלה מוגדר מראש. המזגניות הותקנו ב-100% מכיתות הלימוד. מיקום המתגים, השולטים בחלוקת ההדלקות לתאורה, מרוחק זה מזה ומצריך מאמץ נוסף להדלקת שורת גופי התאורה הקרובים לחלון.

# בית ספר נופתי ים ת"א

יפתח הררי  
אדריכלים בע"מ

בי"ס נופתי ים, בשכונת "גוש גדול" בת"א הינו הפרויקט הראשון בארץ שקיבל את תקן הבניה הידוקה הישראלי, ומבנה החינוך הראשון בארץ שמקבל תו תקן בנייה ידוקה, וככזה הוא חלוצי ופורץ דרך.

## צוות התכנון

אדריכלות:	אדרי פרלה קאופמן
יועץ בנייה:	יפתח הררי
ירוקה:	אדריכלים בע"מ
ניהול הפרויקט:	החברה למשק השלטון המקומי בע"מ
ייעוץ מטעם עיריית תל אביב:	אדרי אוריאל בבצ"ק

## על הפרויקט

יזם, קבלן מבצע:	עיריית תל אביב
מיקום:	בית ספר נופתי ים, תל אביב
תקן:	ת"י 5281, גרסת התקן: גרסה 2011
דירוג:	כוכב אחד
יעוד מבנה:	בית ספר
נתוני בית הספר:	18 כיתות + 2 גני ילדים יסודי + ספריה המשמשת גם את בית הספר וגם את הקהילה

צילומים: יפתח הררי

## הישגים משמעותיים

זהו פרויקט החינוך הראשון בארץ שקיבל תקן בנייה ירוקה, מבנה אשר הושגה בו התאמה אקלימית איכותית תוך שילוב אלמנטים מגוונים מעולם הבנייה הירוקה, שבזמנו היו חדשניים בישראל. מכיוון שמבנה זה פעיל מספר שנים ניתן ללמוד ממנו כיצד שילוב נכון של עקרונות הבנייה הירוקה משדרג את המבנה, הן מבחינת חיסכון באנרגיה ומים והן מבחינת חווית המשתמש.

## פרקטיקות ואלמנטים בבנייה ירוקה

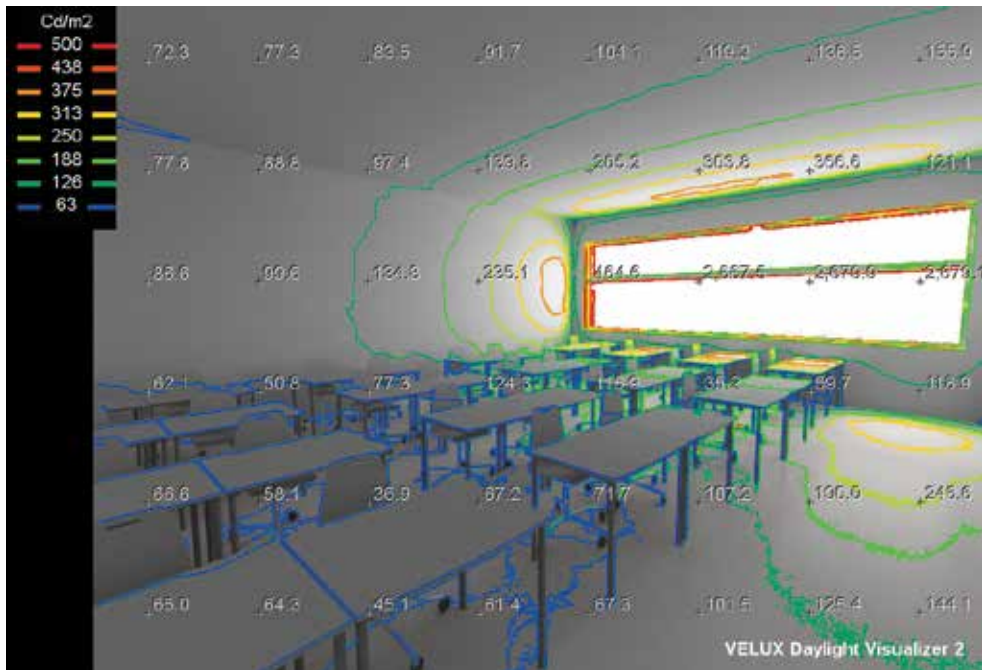
### אתגרים

האתגר המרכזי היה עצם בניית מבנה חינוך ירוק וחדשני בזמנו, שעומד בדרישות התקן שהיה גם הוא חדש לחלוטין וטרם נבחן בפועל. מעבר לכך השאיפה הייתה ליצור מבנה שעובד ומתפקד ומהווה אב טיפוס למבנה חסכוני בריא וירוק.



להלן הנקודות המרכזיות אשר הפכו את בית ספר נופי ים למבנה פורץ דרך בהיבט היעילות האנרגטית:

- התאמה אקלימית אופטימאלית קלאסית הכוללת לדוגמא את הפניית כלל הכיתות לחזית הדרומית.
  - יישום מדפי תאורה, מיקסום התאורה הטבעית וניצול פסיבי של אנרגיה סולארית.
  - שיפור משמעותי של הבידוד התרמי של מעטפת המבנה, כולל שימוש ב"קירות מאווררים".
  - בידוד תרמי של גגות המבנה.
  - בחירת זיגוג סלקטיבי מבודד הממקסם את מעבר התאורה הטבעית, מונע בוהק וסנוור ומוריד משמעותית את כניסת החום לחללי המבנה בעונה החמה.
  - מעבר להיבטים הפאסיביים, יושמה תאורה מלאכותית חסכונית באנרגיה אשר תוכננה על ידי אופטימיזציה ממוחשבת וכללה מערכות שליטה אוטומטיות חכמות אשר שולטות בתאורה המלאכותית ביחס לנוכחות התלמידים ורמת התאורה הטבעית בחללי הלימוד.
  - הותקנו תאורת חוץ אשר מונעת "זיהום אורי" המשפיע על החי והסביבה.
  - הותקנה מערכת מיזוג חסכונית באנרגיה הכוללת מערכת אויר צח עצמאית לשיפור בריאותי של חללי הלימוד.
- כאמור עקב היותו של הפרוייקט חלוצי, ניתן היה להשתמש בו כאמצעי לבחינת התיאוריה מול הפרקטיקה, ובאופן נקודתי בתחום האנרגיה.



## מים

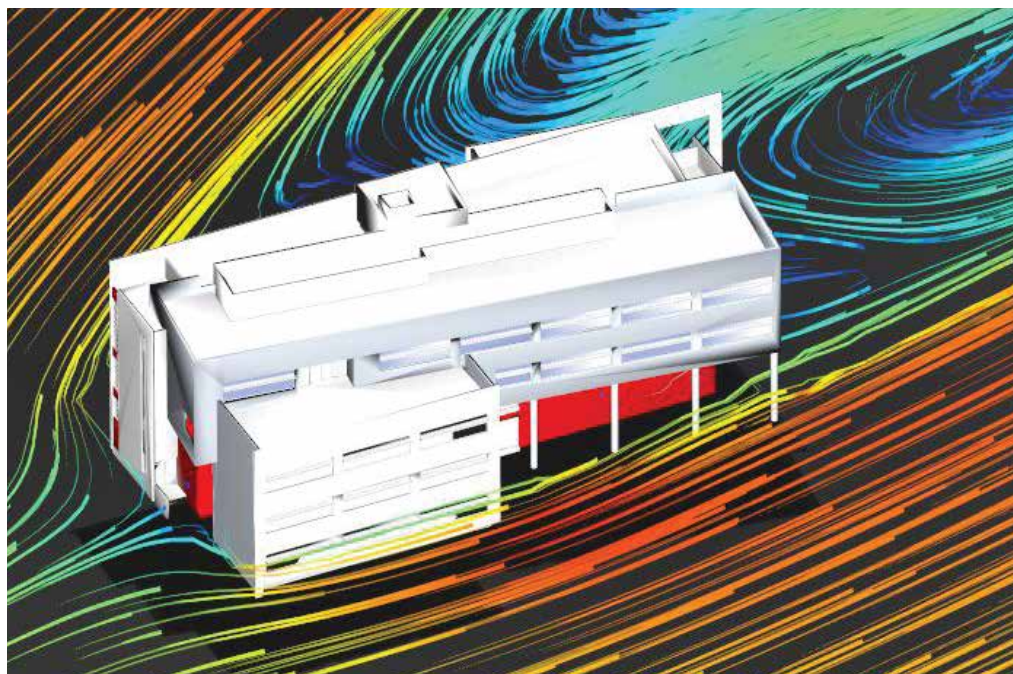
במבנה הותקנו ברזים ומזרמי אסלה אלקטרוניים למקסום החיסכון במים וכאלמנט לימודי חינוכי. כמו כן מתבצע במבנה שימור מי נגר עילי הכולל ריצוף מחלחל בכל שטח חצר בית הספר. בזמנו היה הדבר חדשני לחלוטין והיווה אב טיפוס למבנים עתידיים.

## פיתוח נופי

המבנה כולל פיתוח נופי אקלימי עם דגש על חיסכון במים ואוורור טבעי באזורי השהייה החיצוניים. כמו כן הותקנו הצללות באיזורי השהייה ובכיתות חוץ המאפשרות לימוד באוויר הפתוח. הפיתוח הנופי בוצע באמצעות חומרי פיתוח ממוחזרים. בנוסף הוצבו חניות אופניים ופינות מחזור.

## בריאות

במהלך התכנון והבנייה הושם דגש על יישום חומרי בנייה וגמר אחראיים ובריאים. כמו כן בוצע שימוש בצבעים ובתקרות אקוסטיות בריאות בעלי אפס פליטות VOC (תרכובות אורגניות נדיפות - שנחשבות כמזיקות). לצד אלו, תכנון הבניין התייחס למניעת קרינה אלקטרומגנטית וכן בוצעה בדיקת המבנה לאחר ביצוע.



התחום הירוק הווה חלק קריטי בהליכי הלימוד הפדגוגי גם בתוכן במערכי שיעור לגילאים השונים וגם בישום אלמנטים הסברתיים באזורים הציבוריים של המבנה.

## הינטיים נוספים

### חדשנות

בפרוייקט יושמו הדמיות אנרגיה ממוחשבות, חישובים והדמיות של זרימת אויר (Computational fluid dynamics) - CFD - אופטימיזציה ממוחשבת של תאורה מלאכותית ותאורה טבעית שהיו חדשניות וייחודיות באותה העת.

תובנות ולקחים

כאמור המבנה הוכח את יישום כל האלמנטים הירוקים במבנה חינוך ועמידה בדרישות התקן החדש. המרכזיים שבהם:

- תכנון מבנה אקלימי אופטימאלי.
  - יישום בידוד תרמי משופר במבנה.
  - יישום תאורה חסכונית באנרגיה עם מערכות שליטה של סנסורים גם ביחס לנוכחות התלמידים בחלל וגם ביחס לתאורה הטבעית עם שליטת דימר ברמת התאורה.
  - שילוב מערכת אוויר צח במבנה - בית הספר הראשון בארץ בו שולבה מערכת כזו.
  - מקסום התאורה הטבעית ע"י הגבהת גובה המבנה ויישום חלונות גדולים עם הצללת מדף תאורה.
  - יישום חומרי גמר בריאים ומקומיים.
- כתוצאה מתובנות אלו חלחלה ההבנה כי בנייה ירוקה אפשרית במבני חינוך וכי היא ניתנת ליישום בתוספת סבירה של עלויות.







המשרד להגנת הסביבה:  
[www.sviva.gov.il](http://www.sviva.gov.il)

---

המועצה הישראלית לבנייה ירוקה:  
[www.ilgbc.org](http://www.ilgbc.org)