משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
אגף א' מדעים
הפיקוח על מדעי הסביבה

הטכניון
מכון טכנולוגי
לישראל

מינהלת מל"מ המרכז הישראלי לחינוך
מדעי טכנולוגי ע"ש עמוס דה שליט

בידינו
מרכז המורים הארצי
לחינוך סביבתי ולקיימות

סביבתון

גיליון 24 | יוני 2025, תשפ"ה

תכנון מותאם אקלים

עלון מרכז המורים הארצי
לחינוך סביבתי ולקיימות

מורים יקרים ומורות יקרות,

אנו שמחות לשתף אתכם בגיליון חדש של הסביבתון – עלון המביא את חזית הידע המדעי למורים, לצד הצעות פדגוגיות ומידע עדכני ושימושי להוראת נושאי סביבה, קיימות ושינוי אקלים בכיתה ומחוצה לה.

בגיליון זה נתמקד בנושא תכנון מותאם אקלים ובפדגוגיה העוסקת בשילובו בהוראת שינוי האקלים. תכנון מותאם אקלים הוא תהליך מקיף לשילוב פתרונות תכנוניים ברמה הארצית, העירונית והפרטית, שמטרתו להפחית פליטות גזי חממה ולהתאים את התשתיות לשינויים אקלימיים ולהשלכותיהם. התהליך מתמקד במניעת נזקים עתידיים ובהגברת חוסן קהילתי.

בפעילות החינוכית, אנו מכוונים לא רק ללמד את התלמידים על עקרונות של תכנון מותאם אקלים, אלא גם לעודד אותם לחשוב כיצד תחום זה משתקף בסביבת מגוריהם, להכיר את המדיניות הרלוונטית, לשאול שאלות, לגבש עמדות ולהיות אזרחים מעורבים הפועלים לשינוי במרחב הבית-ספרי והקהילתי. לעיסוק בתחום בהוראה חשיבות רבה. ראשית, ההתמקדות בדרכי התמודדות מאפשרת לתלמידים ללמוד על שינוי האקלים מנקודת מבט חיובית ולא רק מאיימת. שנית, העיסוק בתכנון מותאם אקלים מפתח מודעות סביבתית תוך חיבור אישי למקום המגורים ולקהילה. לבסוף, הוא מאפשר טיפוח יצירתיות וחשיבה ביקורתית בקרב התלמידים.

בעלון זה תמצאו סקירה על תכנון מותאם אקלים והאופן שבו הוא מסייע בהתמודדות עם תופעות אקלימיות שונות והשלכותיהן. כמו כן, הבאנו מגוון התייחסויות של מומחים בתחומי החינוך, התכנון והמגזר הציבורי, שיאירו כיצד ניתן להשתמש בנושא זה כפלטפורמה להוראת שינוי האקלים – תוך עידוד חקר, חשיבה ביקורתית והעמקת הקשר לטבע ולסביבה.

גיליון זה, כמו הסביבתונים הקודמים מתפרסם באתר בידינו וכולל קישורים לאתרים שונים ולחומרים דיגיטליים. אנו מזמינים אתכם לעיין בגיליונות ובמשאבי ההוראה הרבים באתר.

בנוסף, נשמח לקבל מכם, קהל המורים ואנשי החינוך, רעיונות לפעילויות, סיכומים, מצגות, מאמרים וכל חומר מקצועי אחר אשר יכול לתרום להוראת נושאי סביבה, קיימות ושינוי אקלים. את התכנים ניתן לשלוח למייל beyadeinu@technion.ac.il

מאחלות לכם ולכן קריאה מהנה,
ד"ר שני צור וד"ר נירית לביא אלון



עורכות: שני צור ונירית לביא אלון | תודות לתורמות לעלון זה: לעיריית תל אביב-יפו ולמורן מרסל סלקמון על התמונות לעלון ייעוץ אקדמי: פרופ' טלי טל | עיצוב גרפי: סטודיו נעמה | מנהלת הפרויקט: ד"ר נירית לביא אלון.
תמונת שער הצללה ביפו. צילום גליה חנוך רועה, ותמונות נוספות: התמונות נוצרו ב IA באמצעות IBADA

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאחסן במאגרי מידע, לשדר או לקלוט בכל דרך או בכל אמצעי אלקטרוני, אופטי או מכני או אחר – כל חלק שהוא המופיע בעלון זה. שימוש מסחרי מכל סוג שהוא בחומר הכלול בעלון זה אסור בהחלט אלא ברשות מפורשת בכתב מהמו"ל.

מרכז המורים מופעל על ידי הטכניון עבור משרד החינוך במסגרת מכרז מס' 22/11.2020 © כל הזכויות שמורות למשרד החינוך

תוכן עניינים

דברי פתיחה	4
מבוא	5
דרכי התמודדות והתאמות לשינוי האקלים	6
תוכניות להתמודדות עם השלכות שינוי אקלים בישראל	9
דוגמאות לתכנון מותאם אקלים בהתאמה לארבע מגמות אקלימיות הצפויות בישראל	14
חם יותר (עלייה בטמפרטורה הממוצעת)	14
גבוה יותר (עליית מפלס פני הים)	15
יבש יותר – (ירידה בממוצע המשקעים)	15
קיצוני יותר (אירועי שיא של משקעים, הצפות)	16
הפחתת פליטות (מיטיגציה)	17
תכנון מותאם אקלים בבית הספר	18
הקשר בין תכנון, פדגוגיה ואקלים - שיח עם מומחים בנושא תכנון מותאם אקלים משתי נקודות מבט	19
הזווית החינוכית	19
הזווית האדריכלית של התכנון האקלימי	21
מורים מספרים על פעילויות ומיזמים פדגוגיים בהקשר לתכנון מותאם אקלים	23
הפחתת פליטות, שיתוף קהילה וחינוך אקלימי — סיפור על שינוי הצומח מתוך בית הספר	23
חוקרים שינוי אקלים: איך תכנון בית הספר מזמן חקר על שינוי אקלים	25
זורעים אחריות: תלמידים שותפים בתכנון והקמת פארק טבע עירוני בקרית ביאליק	27
דוגמה מהעולם: Cool Schools - תכנון מותאם אקלים לחצרות בתי ספר בפריז	28
הוראת תכנון מותאם אקלים בכיתה	29
הצעה לפעילות תלמידים באמצעות כרטיסיות	29
עדכוני מרכז המורים	30
רשימת מקורות	31















דבר המפמ"ר

סאמיה אבו חיט, מפמ"ר מדעי הסביבה

בעידן שבו שינויי האקלים אינם תופעה עתידית אלא מציאות עכשווית ומוחשית, מוטלת עלינו – אנשי החינוך, התכנון, המדיניות והקהילה – האחריות לפעול, לחשוב וליצור מתוך הבנה סביבתית עמוקה ומתוך מחויבות לדורות הבאים.

הצורך בתכנון עירוני, אזורי וסביבתי מותאם אקלים אינו עוד אפשרות – אלא הכרח. משברים אקלימיים כגון גלי חום, הצפות, בצורות ואירועי קיצון הופכים לשכיחים יותר ומשפיעים על איכות חיינו, בריאות הציבור והמערכות האקולוגיות שסביבנו.

הגיליון שלפניכם מהווה אבן דרך חשובה במאמץ להבין מה זה תכנון מותאם אקלים, כזה המתחשב באתגרים הסביבתיים העומדים לפתחנו ומשלב בין ידע מדעי, הבנה מקומית וחזון של קיימות. תכנון מסוג זה אינו רק תגובה לשינוי – אלא הזדמנות לצמיחה, לחדשנות ולהובלת שינוי מערכתי המבוסס על צדק אקלימי, חברתי וחינוכי.

אני רוצה להודות למרכז המורים בידינו על היוזמה לכתיבת גיליון זה, ועל השותפות בין הגורמים המקצועיים שתרמו מהידע שלהם, מניסיונם וממחויבותם. אני מזמינה אתכם לעיין, ללמוד, להטמיע ולפעול – מתוך אחריות להווה ומחויבות לעתיד.

אני מקווה כי הכלים, הדוגמאות והרעיונות המובאים כאן ישמשו השראה לעשייה בשטח – בבתי הספר ובכל תחום שנוגע לחיינו ולסביבתנו.

יחד, נוכל להפוך את אתגרי האקלים להזדמנויות של שינוי חיובי ועתיד בר קיימא לכולנו.

סאמיה אבו חיט
מפמ"ר מדעי הסביבה



תכנון מותאם אקלים – הזדמנות פדגוגית ללמידה משמעותית

בעלון הנוכחי אני מזמינה אתכם להתעמק בנושא **תכנון מותאם אקלים**, ולבחון כיצד הוא יכול לשמש כלי משמעותי בעבודתנו החינוכית בהוראת שינוי האקלים.
תכנון מותאם אקלים הוא הרבה יותר מתהליך תכנוני. זו תפיסת עולם שמבקשת להיערך בצורה חכמה לשינויים שכבר מתרחשים סביבנו – בין אם במרחב העירוני, בסביבה הטבעית או בתוך הקהילות שלנו. מדובר בתכנון שמפחית סיכונים, מחזק חוסן, ויוצר פתרונות יצירתיים המותאמים למציאות משתנה.
בעיניי, העיסוק בתכנון מהווה הזדמנות חינוכית, הוא מאפשר לנו ללמד את תלמידינו על שינוי אקלים מתוך תקווה ותחושת מסוגלות – לא רק דרך איומים ותחזיות קשות, אלא גם דרך פתרונות, יוזמות ומעורבות. הוא מחבר בין חשיבה גלובלית לבין פעולה מקומית, בין מדיניות ממשלתית לבין מה שקורה בשכונה ובחצר בית הספר.
אני מאמינה שכשאנחנו נותנים מקום לשאלות שהתלמידים מעלים על הסביבה שלהם – מה חסר בה, מה אפשר לשפר, איך היא יכולה להתמודד עם חום קיצוני או עם הצפות – אנחנו לא רק מלמדים תכנים, אלא גם מטפחים אזרחות פעילה, מעורבות קהילתית, ויכולת לדמיין עתיד טוב יותר.
בעלון תמצאו סקירה של תחום התכנון המותאם אקלים, דוגמאות מהשטח, ורעיונות להוראה שמקדמת חשיבה ביקורתית, יצירתיות וקשר רגשי למקום.

בברכה,
רפאלה בביש,
הממונה על תחום שינוי אקלים.

מבוא



תמונה: עיריית תל אביב-יפו

בעידן שבו השפעות של שינוי האקלים הולכות ומחריפות, צפויות ההשלכות של התחממות כדור הארץ להשפיע באופן משמעותי על חיינו. בישראל, ההשלכות עשויות להיות חמורות במיוחד, שכן קצב ההתחממות המקומי גבוה פי שניים מהממוצע העולמי. על פי תחזיות השירות המטאורולוגי, הטמפרטורה הממוצעת בישראל צפויה לעלות בכ-4 מעלות צלזיוס עד סוף המאה הנוכחית (רונן וקמחי, 2022).

השפעות שינוי האקלים צפויות להיות מורגשות במיוחד באזורים עירוניים, בשל עומסי תחבורה, פליטות מזהמים מכלי רכב, וצפיפות של מבנים מסחריים ותעשייתיים. תנאים אלה יוצרים "איי חום עירוני" — אזורים עירוניים אשר בשל הצפיפות בהם נוצרים אזורי חממה בהם נרשמים טמפרטורות גבוהות ואוויר דחוס, בהשוואה לאזורים פתוחים. מציאות זו מחייבת חשיבה מחודשת, לצד התאמה והיערכות מצד הממשלה, הרשויות המקומיות והציבור כולו לנוכח השלכות שינוי האקלים (רונן וקמחי, 2022).

על פי ההערכות, השלכות שינוי האקלים יתבטאו במספר אופנים:

עליית הטמפרטורה (חם יותר) - גלי חום יהפכו שכיחים יותר ועומס החום יחמיר. ההתחממות צפויה להיות אתגר משמעותי בעיקר במרחבים עירוניים. מסת הבינוי, משטחי האספלט, חומרי הבנייה והפעילות האנושית מעצימים את החום ומביאים לטמפרטורות גבוהות יותר בהשוואה למרחב הפתוח מסביב לעיר. מאחר ומרבית תושבי ישראל מתגוררים בערים, משמעות הדבר היא שחלק גדול מהאוכלוסייה חשוף לסיכוני חום (מדריך תכנון למיתון חום עירוני, 2024).

שינויים במפלס פני הים והצפות (גבוה יותר) - קו הסערות בחוף הים ינוע מזרחה ויגביר את שחיקת החוף, מפלס פני הים צפוי לעלות ולהשפיע גם על מעלה הנחלים הזורמים אליו. בנוסף, הטמפרטורה היומית והממוצעת של המים תעלה - היבט שישפיע על החיים החיים בים והדגה.

שינוי בכמות משקעים ומדבור (יבש יותר) - קו המדבור ינוע צפונה, כמות המשקעים הממוצעת צפויה לרדת, מספר הימים הגשומים יפחת, אך עוצמת אירועי הגשם צפויה להתגבר כך שהסיכוי להצפות ביישובים יעלה.

התגברות אירועי קיצון (קיצוני יותר) - כל המגמות לעיל עלולות להתבטא באירועי קיצון בתדירות הולכת וגדלה, בעיקר בהקשר לארועי גשם קיצוניים שעלולים לגרום לשטפונות והצפות (יוסף ושות', 2024).

אתגרים צפויים אלו, מחייבים חשיבה מחודשת על האופן בו אנו מתכננים את סביבת המחיה שלנו. ערים ויישובים ברחבי העולם נדרשים כיום לפתח פתרונות חדשניים להתמודדות עם המציאות האקלימית המשתנה. תכנון מותאם אקלים (Climate Planning) הוא גישה לתכנון ופיתוח שמתחשבת בהשלכות שינויי האקלים ומטרתה להפחית את השפעותיהם (מיטיגציה) או להסתגל אליהם (אדפטציה). זהו תחום שמשלב עקרונות של קיימות, תכנון עירוני, הנדסה סביבתית ומדיניות ציבורית. תכנון מותאם אקלים מתייחס למגוון רחב של פתרונות: החל מפתרונות מבוססי טבע (Nature Based-Solutions) למשל שימוש באלמנטים טבעיים, כמו נטיעת עצים בעיר להפחתת איי חום עירוני, בניית גגות ירוקים ויצירת תשתית עירונית כחולה שמטרתה אגירה, ויסות, השהיה או חלחול של מי נגר בשטחים הציבוריים הפתוחים, למשל בתוך שטחי פארק עירוני (בלק, גרוסמן, ארביב & הלס, 2022; לוטנר לב ושות', 2023).

בעיר תל אביב-יפו, לדוגמה, פועלים להפיכת פירמידת התחבורה ולהצבת הולכי הרגל ונוסעי התחבורה הציבורית בראש מערך התחבורה העירוני. לשם כך, העירייה מרחיבה את רשת שבילי האופניים, שכוללת כיום כ־330 שבילים באורך כולל של 180 ק"מ, ומציבה יעד להארכתם ל־250 ק"מ עד שנת 2030. בנוסף, הוסבו 25 רחובות בעיר לרחובות מוטי הליכה, הפתוחים להולכי רגל ולרוכבי אופניים וקורקינטים בלבד.

בנוסף, העירייה פועלת להרחבת ושימור היער העירוני. עד שנת 2025 נטעו בעיר 35,000 עצים חדשים, שהתווספו לכ־280,000 העצים הקיימים. עוד כ־5,000 עצים נמסרו לתושבים שנטעו אותם בחצרות מגורים משותפים. יעד העירייה הוא נטיעת 10,000 עצים נוספים בכל שנה עד לשנת 2030.

דרכי התמודדות והתאמות לשינוי האקלים



איור 1 : תכנון להערכות לשינוי אקלים

נשאלת השאלה, כיצד ניתן להעריך מהם הסיכונים המיידיים וכיצד ניתן להיערך אליהם, באופן מושכל שיתן מענה ראוי לאתגרים שתוארו לעיל? בשנת 2014 התפרסמה תכנית של האו"ם לענייני התיישבות ועיור בשם UN Habitat. התוכנית כוללת מדריך לתכנון עירוני בר-קיימא, שנועד לסייע למתכננים עירוניים, במיוחד במדינות מתפתחות, לשלב שיקולי שינוי אקלים בתהליכי תכנון מקומיים. המדריך ממליץ למתכננים להעריך ולפעול בהתאם לארבע שאלות מנחות (כפי שניתן לראות גם באיור 1):

1. **מה קורה?**
   – הערכת אתגרי שינויי האקלים הנוכחיים.
2. **מה חשוב ביותר?**
   – זיהוי סדרי העדיפויות והערכים של הקהילה.
3. **מה אפשר לעשות?**
   – פיתוח אסטרטגיות פעולה ישימות.
4. **האם אנו מיישמים את זה?**
   – ניטור והערכת יישום התכניות.

המדריך מדגיש שיש לבנות אסטרטגיה המבוססת על ערכים והשתתפות קהילתית, במטרה לחזק את החוסן והקיימות בפיתוח עירוני. שיתוף הציבור חשוב במיוחד כדי לוודא שההחלטות המתקבלות ישימות עבור האוכלוסייה המקומית, ובפרט עבור החלקים הרגישים באוכלוסיה שנמצאים בסיכון מוגבר כגון בני הגיל השלישי, נשים בהריון וכאלו הסובלים מבעיות בריאותיות שונות (UN-Habitat, 2014).

על מנת לייצר מערך תכנוני מותאם לקהילה, תהליכים של תכנון מותאם אקלים מורכבים ודורשים שיתוף פעולה בין מדענים, מתכננים, מהנדסים, אקולוגים וקובעי מדיניות. עליהם לנתח נתוני אקלים, לזהות מגמות וסיכונים ולשרטט פתרונות בני-קיימא שיאפשרו לערים להתמודד טוב יותר עם אתגרי העתיד. חשוב לציין שעל מנת להתמודד עם שינוי אקלים נדרשת חשיבה מקיפה ומעמיקה הכוללת התייחסות לנושאים שונים תוך שימוש באסטרטגיות שונות כפי שיפורט בהמשך. מעבר לכך, תכנון מותאם אקלים אינו כולל רק פן תכנוני ואדריכלי, אלא פעולות נוספות בתחומי החינוך, הסברה, סיוע לאוכלוסיות בסיכון מוגבר

לפגיעה, השפעה על התנהגות אינדיבידואלית,בניית יכולת, טכנולוגיה ומחקר.
למשל, במסמך שפורסם לאחרונה על ידי מינהל התכנון, נקראים הגופים השונים להעריך ולמפות את הטבע העירוני ואת הפוטנציאל שלו לתרום להפחתת תופעת אי החום העירוני ולניהול מי נגר (בר ושות', 2025). תכנון עירוני מקיים כולל, בין היתר, התייחסות להיבטים של תחבורה ותשתיות – למשל, התאמת רשתות תחבורה להתמודדות עם מזג אוויר קיצוני והצפות, קידום הליכתיות ושימוש בתחבורה ציבורית לצמצום זיהום האוויר. בנוסף, יש צורך בפעולות בתחום המדיניות והרגולציה, כגון שילוב עקרונות תכנון מותאם אקלים בחקיקה, עידוד באמצעות תמריצים כלכליים, והטמעת תקנים לבנייה ירוקה ולשימוש מושכל בקרקע. אולם, למרות שהנושא של תכנון מותאם אקלים אינו חדש, מחקר שנעשה לאחרונה בארה"ב, שסוקר מחקרים ויוזמות הנוגעות לתכנון מותאם אקלים (Meerow & Woodruff, 2020), מצביע על כך שעדיין לא נעשה מספיק בתחום זה ואין מספיק היערכות לשינוי אקלים, לאור האתגרים המשמעותיים הצפויים בעתיד הקרוב והרחוק. מהסקר שביצעו, ביקשו החוקרים ביקשו ללמוד מפרקטיקות שונות המיושמות בנושא תכנון מותאם אקלים ולאורן הם מצביעים על שבעה עקרונות לתכנון מותאם אקלים מיטבי:

1) הצבת מטרות ברורות - תכנון אקלים צריך לכלול מטרה ברורה, חזון לעתיד, תוצאות מוגדרות היטב ויעדים מדידים להשגת יעדים. בנושא מיטיגציה, המטרה היא הפחתה של גזי החממה. בנושא אדפטציה, החוקרים ממליצים להתבסס על לקחים שנלמדו מערים המפעילות מערך מוצלח, לבנות תוכניות חוסן וגם לזהות באופן מועיל את הקשרים בין שינוי אקלים לבין אתגרים אחרים, כגון תשתיות מזדקנות ואי שוויון מערכתי.

2) ביסוס עובדתי חזק - התבססות על נתונים אמפיריים הנוגעים לתנאים הנוכחיים (למשל הערכת הפגיעות, או מצב קיים של פליטות גזי חממה), תחזיות עתידיות, והתבססות על מודלי חיזוי כדי להבטיח שהאסטרטגיות המתוכננות הן הנכונות. המידע האמפירי צריך להיות הבסיס להערכת הפגיעות במגוון נושאים כגון מערכת המים, מערכות טבעיות, הסביבה הבנויה, מערכת כלכלית, ציבורית ומערכת הבריאות, נכסי תרבות ושירותים ציבוריים.

3) שימוש באסטרטגיות מגוונות - כולל אסטרטגיות מגוונות כגון תהליכי תכנון, מדיניות ותקני עיצוב, שימוש בקרקע, תשתית פיזית, תשתית ירוקה, התנהגות אינדיבידואלית, חינוך, בניית יכולת, טכנולוגיה ומחקר. יש לדרג אסטרטגיות מבחינת חשיבותן ולשים דגש על אסטרטגיות עם יתרונות משותפים להפחתת פליטות ולאדפציה לשם יצירת רווח כפול.

4) שיתוף הציבור - בתכנון מותאם אקלים נדרשת מעורבות של הציבור ולכך יש להפעיל גישות המשתפות את הציבור בתהליכי קבלת החלטות, ולהבטיח שכל שהאוכלוסיות המקומיות יהיו מעורבות בתהליכי פיתוח ויישום ומעקב אחרי התכניות המיועדות לקהילה וליישוב שלהם. כמו כן נדרשת התייחסות גם לסוגיה של צדק חברתי ושוויון, צריך להכיר ולחפש כיצד לטפל בעוולות, ולתת תמיכה וליווי לאוכלוסיות מוחלשות.





5) תיאום בין שחקנים, מגזרים ותוכניות - בתכנון מותאם אקלים יתכן ויהיו מגבלות או אינטרסים סותרים. למשל מגבלות של תקציב ומשאבים של הרשויות המקומיות, או בעייתיות ביישום של חלק מהתוכניות אל מול הציבור. למשל בשינוי סטנדרט הבניה, יתכן ויתווספו עלויות גבוהות נוספות על הציבור המעוניין לבנות, שעלול להוות מנוף לחץ כנגד ההחלטה. לשם כך, יש לערב בעלי עניין מגוונים בתהליך, לעסוק בשינוי אקלים במגוון תוכניות נוספות שיש להם רווח עבור הציבור, ולהבטיח שהתכניות השונות אינן מתנגשות ויש עקביות בתהליכי התכנון והיישום שלהן בשטח. הטיפול בנושא שינוי האקלים מצריך גם שיתוף פעולה ותמיכה פנימית רחבה בתוך מוסדות העיר ושל נציגים מגוונים למשל מאוניברסיטאות, רמות ממשל שונות, המגזר הפרטי, ארגונים לא ממשלתיים ועוד.

6) תהליכי יישום ומעקב - מחקרים מראים שתכניות רבות הן תוכניות עתידיות וחלקן אינן מגיעות לשלבי היישום. על מנת שהתכניות יצאו לפועל, יש לדאוג לכך שיהיה ברור מהם מקורות המימון, מי האחראים על היישום וכן לקבוע צעדים למעקב אחר ההוצאה לפועל של התכניות. על התוכניות לתאר מהן שיטות ההערכה, מי הם הגורמים האחראים על היישום והניטור ומה הדרישות לדיווח ועדכון. בכדי לייצר תמריצים ליישום התכניות, רשויות מתבקשות להשית היטלים ומיסוי על תכנון שאינו עומד בתקנים של התאמה לאקלים. למשל, עיריית סן פרנסיסקו מציעה ערבות חובה כללית ומס מיוחד על נכסים על קו המים כדי להתחיל לבצר את חומת הים באורך 3 קילומטרים המגנה על אזור החוף שלה. ערים עשויות גם לשקול עמלות חוסן או עמלות עבור ביטוח, המספקות הכנסה נוספת תוך יצירת איתות לשוק המפתחים להימנע מאזורי סיכון גבוהים או להשקיע בהפחתת סיכונים.

7) טכניקות לטיפול באי-ודאות - ישנה מידה של אי ודאות בנוגע למה יהיה ההשלכות והיקף אירועי הקיצון בעקבות שינוי האקלים. על תכנון מותאם אקלים לזהות מקומות של אי ודאויות ולהשתמש בתרחישים שונים בתכנון. ניהול אדפטיבי מאפשר לתכנן באופן רציף ולתעדף אסטרטגיות בהתאם לשיקולים ותרחישים שונים המשקפים את מגוון האפשרויות (Meerow & Woodruff, 2020).

בעלון זה, נבקש תחילה לסקור יוזמות ומדיניות בישראל הנוגעות לתכנון מותאם אקלים מהשנים האחרונות. בחלקו השני של העלון, נתייחס לשאלה - כיצד ניתן ללמד על תכנון מותאם אקלים ובאיזה אופן נושא זה יכול לתרום להבנה מעמיקה של שינוי האקלים ולעודד את התלמידים להעריך מה המצב בסביבת מגוריהם, להביע דעה ולנקוט בפעולה.





הצללה עירונית מקור

תוכניות להתמודדות עם השלכות שינוי אקלים בישראל



ביולי 2018 קיבלה ממשלת ישראל החלטת ממשלה (4079) בנושא היערכות לשינוי האקלים. החלטה זו, יחד עם החלטות קודמות (באוקטובר 2020 וביולי 2021), כוללת דרישות למעבר לכלכלה דלת-פחמן עד שנת 2050 והגדלת אחוז האנרגיות המתחדשות ל-30% עד שנת 2030. במשרדי הממשלה החלו להתעמק בתהליכים הנדרשים והופקו מספר דוחות, תכניות ומדריכים שמטרתם להנחות את הגורמים השונים בהפחתת פליטות הפחמן והתמודדות עם השפעות שינוי האקלים. מעיון בעושר התכניות עולה כי מושקעת חשיבה רבה ושיתוף פעולה בין משרדי הממשלה, רשויות מקומיות וארגונים אזרחיים, תוך שילוב אסטרטגיות תכנון, מדיניות ורגולציה. כל זאת נעשה במטרה להשיג חמש מטרות על:

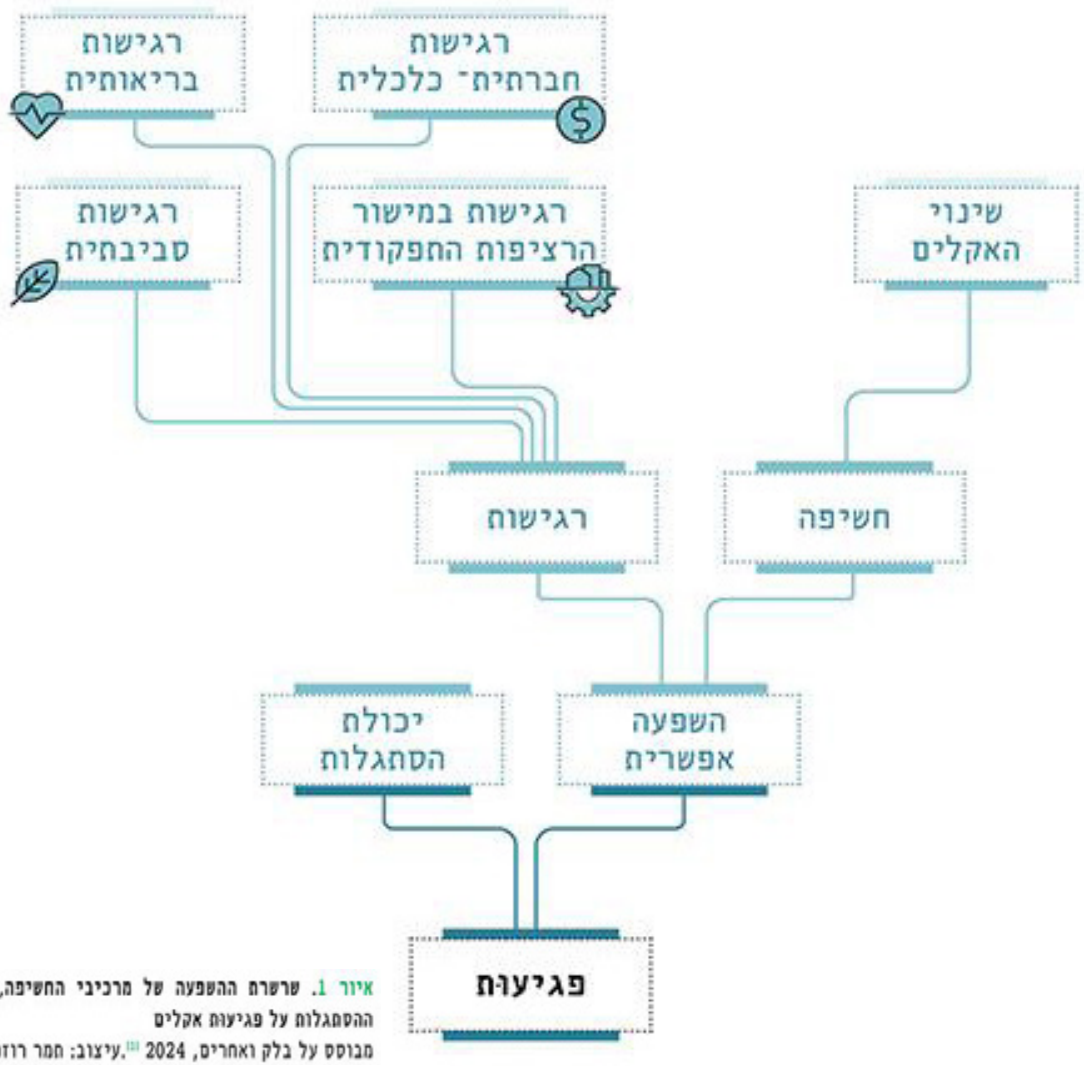
1. צמצום פגיעות בנפש וברכוש ובניית חוסן כלכלי
2. נקיטת אמצעים להגדלת העמידות של המערכות הטבעיות
3. בנייה ועדכון בסיס הידע המדעי לצורך קבלת החלטות
4. חינוך, העלאת מודעות והנגשת ידע למקבלי החלטות ולציבור
5. השתלבות ישראל במאמץ הגלובלי

(מתוך התכנית ההיערכות של מנהל התכנון)

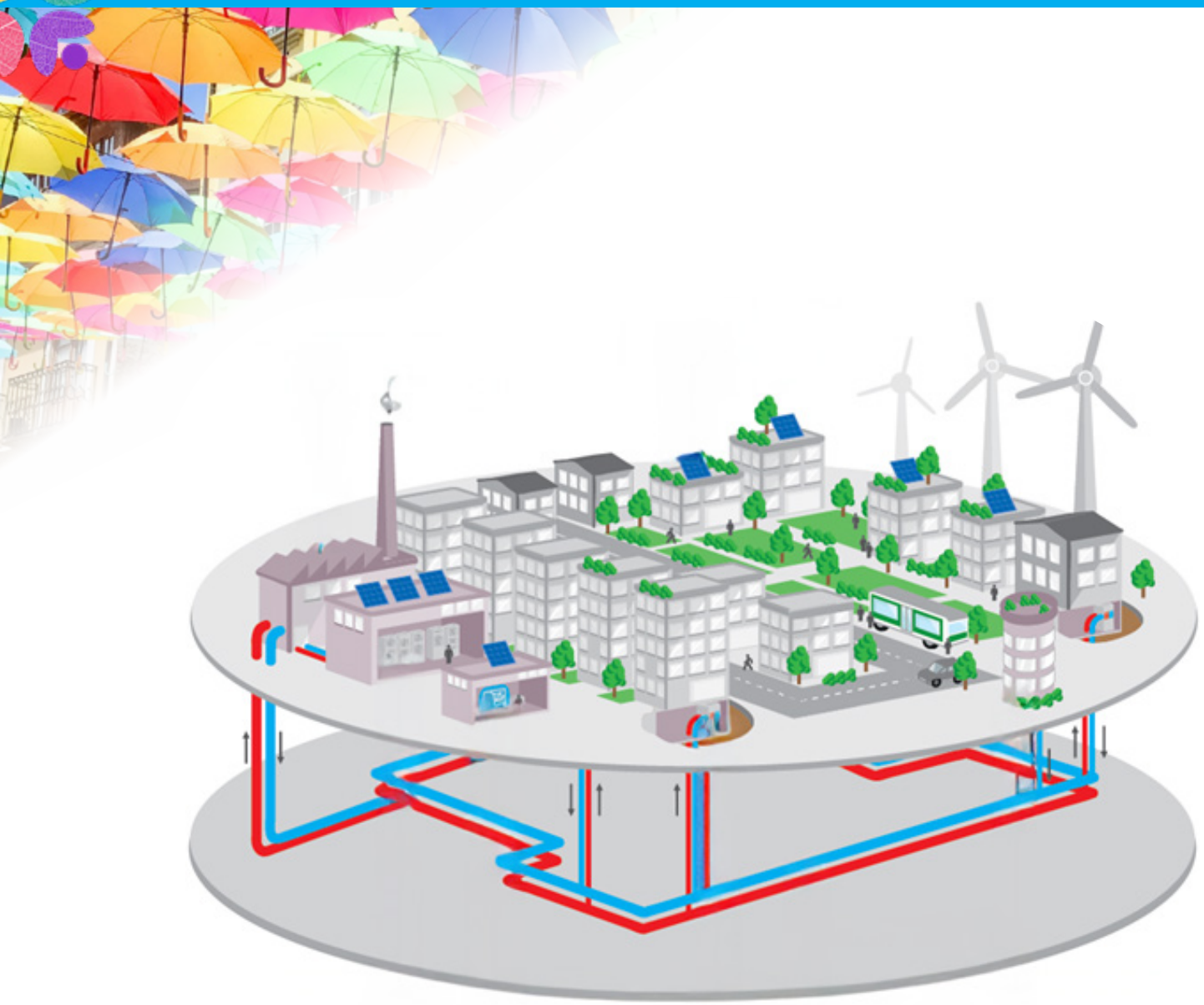
תכנון מותאם אקלים הוא נושא מורכב, מאחר ולא כל האוכלוסיות צפויות להיפגע באותו אופן והיקף כתוצאה מהשלכות שינוי האקלים. לשם כך, בין מטרותיו של תכנון מותאם אקלים, גם בניית חוסן כלכלי וחברתי שיאפשר לקהילות להתמודד עם שינויים ומצבי קיצון העלולים להתרחש. למשל, הכנת תכניות חירום והיערכות מערכות בריאות ומוסדות. על התכנון מותאם אקלים לכלול מגוון רחב של פעולות, ביניהן גם פעולות הנוגעות להערכה והפחתה של מידת הפגיעות (vulnerability) של משקי בית וקהילות, וכן פעולות לשיפור יכולת ההסתגלות של רשויות, מוסדות ושירותים. על מנת לתווך את השיקולים לתלמידים וללמד כיצד ניתן לבחון מהם הסיכונים ולתעדף פתרונות בתחום תכנון מותאם אקלים, תוכלו למצוא בהמשך העלון הצעה לפעילות עם תלמידים הכוללת התייחסות למפת הסיכונים של ישראל.

כדי להעריך את מידת הפגיעות של אוכלוסיות שונות, יש להתבסס על נתונים מהימנים שיאפשרו להעריך את הסיכון של אוכלוסיות שונות בהתאם למצבם הבריאותי, הכלכלי וכד'. בשנת 2023 התכנסה וועדה מקצועית, שכללה מעל 100 מומחים ומומחיות ממגוון של מוסדות מחקר, משרדי ממשלה וארגוני החברה האזרחית לצד נציגים נבחרים ממערכת הביטחון, מהשלטון המקומי והתעשייה וביחד פיתחו "מדד פגיעות אקלים". מדד זה הינו כלי מתודולוגי המאפשר לבחור ולשכלל את הנתונים הרלוונטיים ולעבד אותם לערכים סטנדרטיים המאפשרים יכולת השוואה בין תאי שטח שונים ובין הקהילות המתגוררות בהם (בלק, קרונפלד, וסל ושות', 2024). באמצעות כלי זה, ניתן להעריך באיזה אופן יש לחזק את העמידות (Resilience) של רשויות ומערכות. העמידות מתייחסת ליכולת של מערכת, תשתיות וקהילות לעמוד בפני שינויים פתאומיים או התפרצויות, לשמור על תפקוד בסיסי ולהתאושש במהירות לאחר אירועי משבר.

מדד הפגיעות מושפע מההשפעה האפשרית (המורכבת מהחשיפה להשלכות שינוי אקלים ומיכולת ההסתגלות (וכן מימד הרגישות) כפי שניתן להתרשם באיור הבא:



איור 1. שרשרת ההשפעה של מרכיבי החשיפה, הרגישות ויכולת ההסתגלות על פגיעות אקלים
מבוסס על בלק ואחרים, 2024 [11]. עיצוב: חמר רוזנר.



איור 2 : רשתות חום מעבירות אנרגיה ביעילות בין מקור החום לצרכנים מקור

עבור כל מדד, התבססו על מחוונים שונים שהשקלול ביניהם מאפשר הערכה של מידת הפגיעות בחתך של אזור, קהילה, מגזר או תשתית (בלק, קרונפלד-שור, וסל ואחרים, 2024). הבדלים בפגיעות יכולים להיות למשל, בשל העובדה שאוכלוסיות מוחלשות מתגוררות במבני מגורים ישנים יותר הפחות מותאמים לאקלים, ובשל היעדר משאבים להתמודדות עם מקרי קיצון הצפויים כתוצאה משינוי האקלים. מישור הרגישות הבריאותית מתייחס למידת רגישותם של פרטים, קהילות או אוכלוסיות להשפעות בריאותיות שליליות בעקבות שינוי האקלים. הרציפות התפקודית עוסקת בהערכת יכולתן של רשויות (ממשלתיות או מוניציפליות) להמשיך ולספק שירותים חיוניים גם בעיתות של מקרי חירום אקלימיים וגם בהקשר לשינויים הצפויים כתוצאה מהחשיפה הממושכת לתנאי אקלים שונים. מדד הרגישות מבהיר היבט נוסף שיש לקחת בחשבון בהקשר של תכנון מותאם אקלים והוא האופן בו השלכות האקלים משפיעות על ההרגלים של האוכלוסייה. לדוגמה, לאור ההתחממות הצפויה ואירועי חום קיצוני, סביר שתהיה הפחתה משמעותית של השהות של הציבור במרחבים הפתוחים בעיקר בשעות הצהרים ותגדל השהייה בתוך מבנים. בנוסף, סביר שהמגמה של שימוש ברכב פרטי תעלה. להיבט זה השלכות חברתיות ובריאותיות. לשם כך, יש להתאים את השירותים הציבוריים הניתנים במרחב הפתוח על מנת להפוך את השהות העירוני נעים, נגיש ומזמין ככל הניתן. למשל יצירת הצללה וקירור המרחב הפתוח, וכן עדכון שעות פעילות מתאימות וסוגי הפעילות שיתאימו לצורכי הציבור (רונן וקמחי, 2022).

בהתאם לכך, ועל מנת לענות על האתגרים המגוונים, לתכנון מותאם אקלים יש שני היבטים:

1. תכנון לחיזוק היערכות לשינוי אקלים ויצירת חוסן אקלימי

תהליכים אלו נעשים במסגרת ההתאמות (אדפטציה) לשינוי אקלים ולהשלכות שלהם. כלומר התהליכים והפעולות שנעשים כדי להתאים מערכות ותשתיות לשינויים מתמשכים בסביבה האקלימית. היא מתמקדת בשינויים הדרגתיים וניהול תהליכים כך שהמערכת תהיה מותאמת ל**תנאי סביבה משתנים** (שינויי טמפרטורה, כמות המשקעים, ועליית מפלס הים) ול**צרכים ארגוניים ותכנוניים** (שיפור הנהלים והמדיניות, תכנון מחדש של תשתיות עירוניות והתאמתן לדרישות העתידיות).

בתחום האדפטציה ננקטים פעולות ותהליכים שמטרתם להתמודד עם ההשפעות של שינוי האקלים שכבר מתרחשים או צפויים להתרחש. למשל:

- **תכנון למקרי חירום:** הכנה מוקדמת למצבי חירום (כמו שיטפונות, סופות) והגדרת נהלים ברורים. וכן בנייה ותפעול של מערכות גיבוי והתאוששות שמטרתן להבטיח המשכיות תפעולית גם לאחר אירועי קיצון. לדוגמה: פיתוח מערכות תשתית כוללות לניהול מי נגר, בניית תשתיות עמידות לשיטפונות, והכנת מבנים לעמידה בגלי חום, אגירה של אנרגיה בה אפשר להשתמש במקרה שרשת החשמל קורסת עקב עומס או בעקבות אירוע קיצון אקלימי (רועה ושות', 2023)
- **חקיקה ומדיניות:** קביעת תקנות וחקיקה שמטרתן להגן על הקהילות והסביבה, ולהבטיח שהמערכות יהיו מוכנות לשינויים.
- **חינוך והכשרת הציבור:** הגברת המודעות והכשרת האוכלוסייה להתמודדות עם השפעות האקלים, כולל הכנה למקרי חירום ושינויים באורח החיים.



מקור חומות ים להגנה מעליית מפלס הים



מקור שטחים עירוניים לאיסוף מי נגר



מקור מערכות ניקוז תת קרקעיות



תחבורה ירוקה להפחתת שימוש בדלקי מאובנים



מקור תכנון עירוני שמשאיר מקום לטבע

- **ניהול סיכונים:** זיהוי מוקדם של איומים ופיתוח אסטרטגיות להקטנת נזקים בעתיד. בהקשר זה נדרשים גמישות ושילוב טכנולוגיות שיאפשרו להסתגל לשינויים ולהשתמש בטכנולוגיות מתקדמות לניהול סיכונים.

בישראל, לדוגמה, החלה יוזמה להקמת מתקני אגירת אנרגיה באמצעות פאנלים סולאריים: החשמל המיוצר מהשמש במהלך היום נאגר בסוללות ייעודיות, כך שניתן יהיה להשתמש בחשמל בלילה או בעת מצבי חירום כמו קריסת המערכת הכללית או אירועי קיצון. את החשמל שנאגר ניתן למכור לרשת החשמל הארצית, או לחלופין לשמור חלק ממנו לצריכה עצמית במבנה. חשוב לדעת שלאגירת אנרגיה באמצעות סוללות יש גם חסרונות: מרבית הסוללות הן מבוססות ליתיום-יון, והן דורשות הקפדה על הנחיות בטיחות, לרבות הנחיות לכיבוי אש. כמו כן, מדובר בפתרון שאינו לגמרי "ירוק" בשל בעיות פסולת והשלכות סביבתיות הנלוות לייצור ולפירוק הסוללות.

2. תכנון מותאם אקלים בתחום מיטיגציה (Mitigation)

תכנון זה עוסק בתכנון המפחית פליטות פחמן ומגביר יעילות אנרגטית מתוך מטרה לצמצם את הגורמים לשינוי האקלים. פעולות מיתון מתמקדות ב:

- **שימוש באנרגיה מתחדשת:** מעבר למקורות אנרגיה שאינם מזהמים כמו שמש, רוח וביומסה.

- **בנייה ירוקה:** תכנון השואף לספק את צרכי המשתמש במבנה על ידי שימוש מושכל בתנאי האקלים המקומי, ובנייה שמפחיתה את הצריכה האנרגטית.

- **תחבורה בת-קיימא:** קידום תחבורה ציבורית, רכיבה על אופניים ושימוש בכלי רכב חשמליים.

- **תהליכים תעשייתיים ירוקים:** אימוץ טכנולוגיות שמפחיתות פליטות והגברת יעילות בתהליכי ייצור.

דוגמאות לתכנון מותאם אקלים בהתאמה לארבע מגמות אקלימיות הצפויות בישראל



חם יותר (עלייה בטמפרטורה הממוצעת)

כאמור, עליית הטמפרטורה הצפויה בישראל, גדולה פי שלוש מהממוצע בעולם וצפויים, בישראל, אירועים הולכים וגוברים של מקרי אירועי חום קיצוניים, כמו גלי חום (מצב שבו הטמפרטורה המקסימלית הנמדדת, גבוהה בארבע מעלות צלזיוס לפחות, ביחס לממוצע בחודש, במהלך שלושה ימים רצופים או יותר.

על רשויות מקומיות להיערך ולפעול למען קירור העיר כדי שיהיה ניתן להתמודד בצורה יעילה יותר עם אירועי עומסי חום במרחב הבנוי. למשל, שימוש במשאבי הטבע לצורך קירור המרחב כגון תכנון נטיעת עצים במרחב הציבורי, שימור עצים קיימים, יצירת רשת ירוקה על גגות מבנים, והצללה (טבעית, מלאכותית או כזו המשולבת בבניה עצמה).

דוגמאות* של תכנון מותאם אקלים להתמודדות עם עלייה בטמפרטורות

- **מערכת קירור פסיבית** - כדי להפחית את הצורך במיזוג וחימום מלאכותיים, באמצעות מיקום נכון של פתחים, הצללות ואיוורור טבעי. למשל, מיקום של החלונות בצורה שתאפשר ניצול מקסימלי של אור שמש בחורף ותמנע חדירת חום בקיץ. כך ניתן לנצל את אור השמש בחורף, להימנע מהתחממות יתר בקיץ, לחסוך באנרגיה ולשפר את נוחות המשתמשים. לקריאה נוספת בנושא תכנון מותאם אקלים פסיבי

- **שימוש בחומרים בעלי יכולת החזר גבוהה לאור** - ציפוי גגות, קירות וריצופים בחומרים בהירים או מחזירי אור מפחית את קליטת החום מהשמש. כך נשמרת טמפרטורה נמוכה יותר במרחב העירוני, ונדרשת פחות אנרגיה לקירור מבנים.

- **שימוש בחומרים מבודדים** - שימוש בבניה בחומרים בעלי יכולת בידוד גבוהה בקירות, רצפות וגגות, כדי למנוע איבוד חום בחורף והתחממות יתר בקיץ. כך ניתן לשמור על טמפרטורה נוחה במבנה לאורך כל השנה. בידוד טוב מצמצם איבוד חום בחורף והתחממות בקיץ, חוסך באנרגיה ותורם לאיכות החיים ולחוסן האקלימי של המבנה.

*כאן ניתן למצוא כרטיסיות מאוירות של הדוגמאות וכן הצעה לפעילות עם הכרטיסיות לתלמידים

- **הצללה במרחב הציבורי** - הקמת פתרונות הצללה טבעיים ומלאכותיים, כמו נטיעת עצים או התקנת פרגולות, מסייעת להפחתת טמפרטורות, משפרת את נוחות השהייה בחוץ ומפחיתה את תופעת אי החום העירוני. למשל, בצומת בגין-קפלן בתל אביב הוקמו שתי פרגולות הצללה ליצירת מרחב נעים ונוח להליכה ברגל. תכנון הגיאומטריה של הרחובות באופן שיאפשר את הצללת המרחב הציבורי וישפר את האוורור הטבעי של הרחובות.

- **גגות ירוקים וקירות ירוקים** - ציפוי גגות בשכבת צמחייה תורם לבידוד תרמי של המבנה, מפחית את עומסי החום, מסייע בניהול מי נגר ומשפר את איכות האוויר העירונית. גגות ירוקים גם יוצרים מרחבים טבעיים במרחב האורבני ותורמים לרווחת התושבים. לקריאה נוספת בנושא גג ירוק ובכתבה הבאה.

גבוה יותר (עליית מפלס פני הים)

בתכנון מותאם אקלים בהקשר של עליית מפלס הים והצפות באזור קו החוף כתוצאה מעלית גובה פני הים, יש להתייחס למאפיינים מקומיים, כמו קרבה לנחל או לים, סוג קרקע, זיהוי מוקדי רגישות להצפות הדורשים התייחסות ייעודית. התייחסות מיוחדת נדרשת לאוכלוסיות המתגוררות על קו החוף וכן להיבטים כלכליים הנובעים מכך שמלונות ומקורות תיירות רבים ממוקמים על קו החוף. בנוסף יש להתייחס למאפיינים הדמוגרפיים של המרחב. למכלול הסיכונים בהקשר להצפות ולדאוג לטיפוח תשתית מותאמת לטיפול בעודפי מים והנגר במרחב, באמצעות השהייה, טיהור וחלחול.

דוגמאות של תכנון מותאם אקלים להתמודדות עם עליית מפלס הים והצפות של אזורים נמוכים:

- **חומות ים** - הקמת חומות ומחסומים לאורך החופים מסייעת בהגנה על אזורים עירוניים וקהילתיים מפני עליית מפלס הים, סחף קרקע והצפות. פתרון זה מאפשר שמירה על תשתיות קריטיות ועל אזורי מגורים לאורך זמן. לפתרון הזה יש בעייתיות אקולוגית, כאשר החומות פוגעות במערכות אקולוגיות, בעיקר באזורי גיאות ושפל.

- **שטחי חיץ** - תכנון והקמת אזורים פתוחים לאורך החופים המאפשרים ספיגה טבעית של אנרגיית הגלים, מפחיתים את השחיקה והנזקים לחוף ומגנים על אזורים מיושבים. פתרון זה גם שומר על מרחבים טבעיים ומגביר את החוסן הסביבתי לאורך קווי החוף.

- **הנחת מבנים צפים** - בניית מבנים על גבי מצעים צפים מאפשרת התאמה טבעית לעליית מפלס הים. מבנים אלו שומרים על יציבותם ופעילותם גם בעת שינויי גובה המים, ומהווים פתרון גמיש וחדשני לאזורים המאוימים מהצפות.

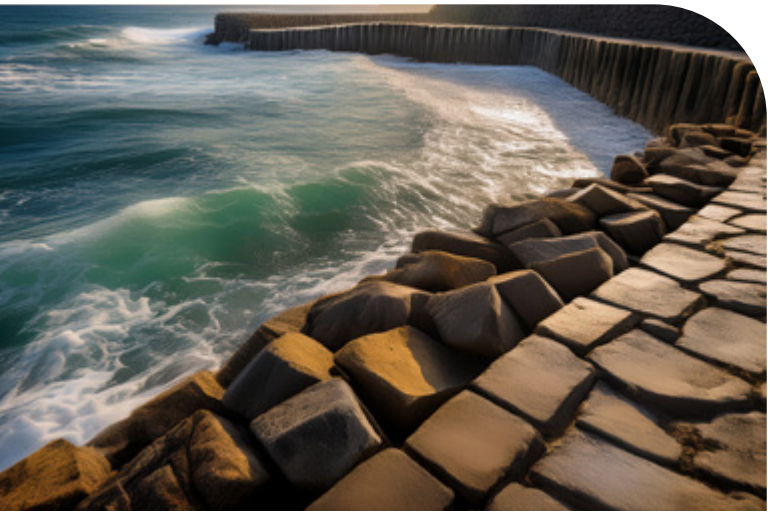
יבש יותר (ירידה בממוצע המשקעים)

תכנון מותאם אקלים במקרה זה מתייחס לצמצום אזורי הממשק בין היישובים ובין אזורי סיכון לשריפות (כמו שטחי חורש טבעי), על ידי יצירת אזורי חיץ, נגישות למקורות מים לכיבוי שריפות וכן חיזוק מערך ההצלה וכיבוי השריפות מבחינת ציוד וכוח אדם.

בנוסף, כדאי להפעיל אסטרטגיות לחיסכון ושימוש חוזר במים. למשל, הרשויות המקומיות יכולות להטמיע פרקטיקות של שימוש חוזר במשאב המים במרחב הציבורי ולעודד אימוץ פרקטיקות כאלה בקרב הקהילה והעסקים. למשל, שימוש במי מזגנים, שימוש במים אפורים, שימוש במי גשמים.

כמות המים ביישוב תלויה במידה רבה בשינוי דפוסי התנהגות ובצריכה, גם במגזר הציבורי וגם במגזרים הפרטי והעסקי. שינויי התנהגות יכולים לנבוע משינויים בהנחיות, בתודעה ובמודעות.

דפוסי החיסכון במים של רשויות מקומיות משתנים בהתאמה למאפיינים מקומיים - אזורי אקלים, מצב התשתיות, דפוסי בינוי ומאפייני התושבים.



דוגמאות של תכנון מותאם אקלים להתמודדות עם יובש:

- **גינון** - שימוש בצמחים מקומיים או עמידים ליובש ובצורת מפחית את צריכת המים להשקיה ושומר על נוף ירוק ובריא גם בתקופות חמות ויבשות. פתרון זה מחזק את החוסן האקלימי, תומך במגוון הביולוגי ומקטין את עלויות התחזוקה העירונית.

- **גינון גשמים** - שיטה חכמה לאיסוף מי נגר מגגות, חצרות ומשטחים אחרים אל מאגרים ייעודיים, המשמשים להשקיית צמחייה בזמני יובש. פתרון זה חוסך מים, מפחית הצפות ומחבר את התושבים למחזור המים הטבעי במרחב העירוני.

קיצוני יותר (אירועי שיא של משקעים, הצפות)

על פי תכנון מותאם אקלים יש להיטיב את המערכות שמנהלות אגירת מים בעת אירועי גשם אשר צפויים להפוך להיות פחות תדירים אך בעצימות גבוה יותר. גם בניהול המים יש לשאוף לפתרונות מבוססי טבע ולשקם מערכות אקולוגיות. על התכניות לכלול מקסום חלחול מי הנגר העילי. לטפל במי הנגר בסמוך למקום שבו נוצרו על מנת למנוע אובדן של מים וזיהומם, ולהקל את העומס על מערכות הניקוז העירוניות וזאת על מנת להתמודד עם אירועי גשם קיצוניים העלולים להוביל להצפות. בנוסף, לשמר ולהגן על "מנהלי הנגר הטבעיים" (בעיקר צמחייה וגופי מים) ולפעול לצמצום השימוש במשטחים שאינם מחלחלים להשקיה.

למשל בפארק חסן ערפה (פארק יצחק שדה) בתל אביב הוקם מאגר תת קרקעי לאיסוף מי נגר ראשון מסוגו בעיר. מי הנגר מובלים למאגר אשר בתחתיתו שכבת כורכר טבעית המאפשרת חלחול של מי הנגר אל שכבת האקוויפר.

מידע נוסף להתמודדות עם נושא ההצפות ניתן למצוא במאגר המשאבים של אגמא (מרכז ידע לאגני היקוות ונחלים).

דוגמאות של תכנון מותאם אקלים להתמודדות עם אירועי קיצון:

- **איסוף מי נגר ומי גשם בבריכות איגום** - בריכות איגום אוספות את מי הגשם והנגר במרחבים פתוחים ייעודיים, מונעות הצפות ומאפשרות שימוש חוזר במים להשקיה או להחדרה למי התהום. פתרון זה גם יוצר מוקדי טבע עירוני ותורם לאסתטיקה ולמערכת האקולוגית המקומית.

- **מערכת הולכת נגר** - מערכת של תשתיות שמטרתן לאסוף, להוביל ולנקז את מי הגשמים הזורמים על פני הקרקע (נגר עילי), כדי למנוע הצפות ולשמור על איזון הידרולוגי בסביבה העירונית. לקריאה נוספת בנושא הולכת נגר.

- **תשתיות ניקוז חכמות** - בניית מערכות ניקוז שיאפשרו ניהול יעיל של מי נגר, במיוחד באזורים מועדים להצפות. מערכות אלו מתוכננות לנהל את מי הנגר בצורה יעילה, להפחית עומסי מים ולמנוע הצפות בשכונות ובמרחבים עירוניים. הן כוללות פתרונות כמו שטחי חלחול, אגני עיכוב ומערכות ניקוז ירוקות שמחזירות מים לקרקע ותומכות גם באיזון אקולוגי.

- **מערכות ניקוז תת-קרקעיות וחלחול מים יעיל** - תשתיות שמסננות את מי הנגר ומאפשרות להם לחלחל באיטיות חזרה לקרקע, במקום להזרים אותם



תמונה: עירית תל אביב-יפו. צילום: סטודיו אובנוף



במהירות למערכת הביוב. כך הן מפחיתות סיכון להצפות, מחזקות את מאגרי המים התת-קרקעיים ותורמות לשיפור איכות המים.

- **הקמת גנים, פארקים ושטחים פתוחים המסייעים בספיגת מי נגר** - מרחבים ירוקים מאפשרים ספיגה טבעית של מי נגר, מפחיתים עומסי ניקוז ותורמים למניעת הצפות. בנוסף, הם משפרים את איכות החיים בעיר, תורמים למגוון הביולוגי וממתנים את אפקט אי החום העירוני.

- **כיכרות ואיי תנועה מחלחלים** - פיתוח מדרכות, חניות ושבילים העשויים מחומרים מחלחלים מאפשר למי גשם לחלחל חזרה אל הקרקע. פתרון זה מפחית עומס על מערכות הניקוז, מצמצם הצפות ותורם להחדרת מים לאקוויפרים הטבעיים. לקריאה נוספת בנושא כיכרות מים , אי תנועה מנקז.

הפחתת פליטות (מיטיגציה)

תכנון מותאם אקלים המיועד להפחתת פליטות מתמקד בהפחתת התלות באנרגיה מדלק מאובנים באמצעות שימוש בסוגים שונים של אנרגיה מתחדשת כמו אנרגיה סולארית בניצול השמש, אנרגית רוח באמצעות טורבינות, אנרגיה מביומסה וכן מערכות חכמות לניהול אנרגיה ורשתות חום.



דוגמאות לתכנון מותאם אקלים להפחתת פליטות באמצעות אנרגיה מתחדשת והתייעלות אנרגטית:

- **אנרגיות מתחדשות שמש** - התקנת פאנלים סולאריים לייצור חשמל, וקולטני שמש לחימום מים.
- **ניהול אנרגיה חכם** - שימוש במערכות אוטומציה לבקרת תאורה, חימום וקירור, המאפשרות אופטימיזציה של צריכת האנרגיה.
- **אנרגיה מביומסה** - הפקת אנרגיה מחומרים אורגניים כמו פסולת חקלאית, עץ או שאריות מזון, בתהליכים של שריפה, עיכול או תסיסה. זוהי אנרגיה מתחדשת שיכולה להחליף דלקים פוסיליים ולצמצם פליטות מזהמות.
- **אנרגיות מתחדשות טורבינות רוח** - התקנת טורבינות רוח לייצור חשמל מאנרגיית הרוח. בתוך העיר על מבנים גבוהים ניתן להשתמש גם בטורבינות קטנות.
- **רשתות חום** - מערכות המנצלות חום שנשאר מתהליכים תעשייתיים או תחנות כוח, ומשתמשות בו לחימום מים או חללים באזורים סמוכים. כך ניתן לחסוך באנרגיה, להפחית פליטות גזי חממה ולשפר את יעילות השימוש במשאבים.

תכנון מותאם אקלים בבית הספר

תכנון מותאם אקלים רלוונטי גם בהקשר למבני בתי ספר. במסמך שפורסם על ידי משרד החינוך, קדמה ועדה שחקרה את ההשלכות של בניית בתי ספר אנכיים כתוצאה ממיעוט עתודות הקרקע לבניית בתי ספר. במסמך גובשו הנחיות והמלצות עבור תכנון ובניה של בתי ספר בעלי מספר רב של קומות (בניה לגובה), בניגוד למקובל באופן מסורתי, של מבני בתי ספר בעלי 2-3 קומות בלבד. במסגרת ההיערכות והתכנון, הוועדה התייחסה גם לנושא התאמת מבנה בית הספר מבחינה אקלימית. בין ההמלצות למשל, טיפול במעטפת המבנה תוך התחשבות תרמית לפי אזורי אקלים. הוועדה ממליצה לערוך חקירה מוקדמת וניתוח של משטר הרוחות הקיים והשפעת התכנון על המבנה ועל הסביבה. היבט נוסף הוא יצירת "מיקרו–אקלים" על ידי מערכת מיזוג אוויר מרכזית עם אפשרות להפעלה אזורית לצורך בקרה מקסימלית וניצול יעיל תוך שימוש במשאבים טבעיים למיזוג אוויר בקיץ ולחימום בחורף. בנוסף, הכותבים מציינים כי יש לדאוג לאוורור טבעי ולמצוא פתרונות שיאפשרו פתיחת חלונות באופן בטיחותי גם בקומות הגבוהות, גם אם ייפתחו רק בצורה חלקית.

במסמך מציינים גם את החשיבות בהצללה על גגות המיועדים למשחקים לפחות 15% משטח ה"חצר" שעל הגג, ואף יותר. הכותבים ממליצים להסב שטחים פתוחים בגובה (גגות) לשטחי חצר וגינון וליצור מבנה "ירוק" בעל חצרות עליונות וגינות תלויות שתשפענה גם על המיקרו–אקלים.

בהקשר לאנרגיה, ישנה גם התייחסות לתאורה טבעית ומלאכותית במבנה בית הספר. כאשר ההמלצה היא להקפיד על תאורה מתאימה לייעודים בכל חלל וחלל, בדגש על תאורה טבעית ככל שניתן במשך היום ותאורה מלאכותית בשעות הערב. לאור התכנון המורכב, חשוב להקפיד על החדרת אור שמש לקומות נמוכות, אמצעיות או תת–קרקעיות (נוסבאום, רביב & גורדון 2007).

במחקרים נמצא שלבתי ספר ירוקים יש תועלות רבות בנוסף לחיסכון במשאבים ולסביבה, גם בהקשר החינוכי.



הקשר בין תכנון, פדגוגיה ואקלים -
שיח עם מומחים בנושא תכנון מותאם אקלים משתי נקודות מבט

הזווית החינוכית



הגב' מיקי אריאן כדריה, ממונה פיתוח סביבת הלמידה במוסדות חינוך, אגף בכיר מיפוי ותכנון, מינהל הפיתוח, משרד החינוך

תוכלי לספר לנו על מנהל הפיתוח במשרד החינוך ועל תפקידך בו?

מינהל הפיתוח במשרד החינוך מופקד על תכנון, ארגון ופיתוח סביבות חינוך בארץ, לכל גוניהן ולכל שלבי הגיל. המנהל אחראי על הבטחת הפתרונות הפיזיים השונים, בדגש על מיפוי הצרכים ומתן מענים בתכנון ובינוי של מוסדות חינוך, כולל בנייה חדשה, התאמה של מבנים קיימים לצרכים משתנים ופיתוח סביבות למידה. התפקיד שלי מקדם גישות חדשניות לשילוב בין תכנון אדריכלי לבין פדגוגיה, במטרה להטמיע תהליכים הוליסטיים המחברים בין עולמות אלה באופן מעשי. המטרה היא יצירת מרחב משמעותי, הנותן מענה לכלל המשתתפים באופן מיטבי ובראייה ארוכת טווח, בהתייחס לצרכים המשתנים ושינויי הזמן והמקום. אני פועלת לגשר בין שפות "רב-לשוניות", בעיקרן השפה האדריכלית המתמקדת בתכנון המרחב, לבין השפה הפדגוגית, העוסקת בלמידה ובהתנסות. לתפיסתי, המרחב עצמו הוא משאב פדגוגי המשפיע ומזמן חוויות והתנסויות שונות, בין אם באופן מודע או לא.

לעיתים, כל אחת מהתפיסות - הפדגוגית והאדריכלית/עיצובית - עומדת בפני עצמה והפער בין השפות יוצר אתגרים של תקשורת, או העדר תמונה קוהרנטית אחת. מתוך כך, אנו מפתחים תכנים וכלים שונים לחיבור תהליכי החשיבה התכנונית ומבצעים מחקרים יישומיים בכדי להעמיק את הדיאלוג בין שני העולמות הללו. אנחנו גם מפתחים כלים יישומיים ומקדמים פרויקטים וקולות קוראים לפיתוח סביבות למידה חדשניות, בין אם בבנייה חדשה ובין אם בהתאמת מוסדות חינוך קיימים. כגון, תכנון ובינוי מוסדות חינוך חדשניים בני-קיימא, עיצוב חזות מבני חינוך וחצרות לימודיות, פיתוח מרחבי למידה ירוקים (מל"י), כיתות M21 (מרחבי למידה חדשניים), מרחבי למידה חדשניים ועוד. גישת השילוב בין השפות חיונית להתמודדות עם אתגרים של התאמת הסביבה החינוכית למציאות האקלימית המשתנה.

כיצד מינהל הפיתוח מתייחס לנושא שינוי האקלים?

מינהל הפיתוח ער לנושא הסביבתי מזה שנים רבות ואף מקדם תכניות וקולות קוראים בנושא, כמו התכנית לעיצוב חזות מבני חינוך. תוכנית זו מקדמת פיתוח סביבות למידה חוץ כיתתיות ולמידה מבוססת מקום מזה שני עשורים ומעלה, בדגש גדול על היבטים נופיים ומרחבי



למידה ירוקים. המינהל היה שותף לתחרות בניה ירוקה עם המשרד להגנת הסביבה ובהובלת המועצה לבניה ירוקה, לקידום בתי ספר בעלי תו ירוק.

בתחום הבניה החדשה, בעשור האחרון מינהל הפיתוח מעודד בניה ירוקה על-פי תקן מתקדם (5281) ואף מעניק תוספת תקציבית בתכנית ל"תכנון ובינוי מוסדות חדשניים". מוסדות בתכנית זוכים לליווי של יועץ בנייה ירוקה מטעם המשרד להגנת הסביבה. בשנים האחרונות, בהיותי נציגת מינהל הפיתוח בתכנית "תבל" (תכנית עמיתים של בכירים במערכת החינוך שמבקשים לשרטט חזון ומדיניות לחינוך במציאות של שינוי אקלים), התחזקה והתחדדה אצלי הגישה לתכנון מותאם אקלים והיערכות לשינוי אקלים, מתוך הכרה הולכת וגוברת לחשיבות הנושא וכן בהתאם להחלטות הממשלה בנושא היערכות לשינוי אקלים.

דוגמה לכך היא הקול הקורא האחרון שפירסמנו לבניית מוסדות חינוך חדשניים, בו הודגש הצורך בתכנון בר-קיימא. במסגרת זו, המוסדות שייזכו להשתתף בתכנית, יקבלו גם ייעוץ סביבתי מטעם המשרד להגנת הסביבה, כמו גם ליווי של צוות אדריכלים יועצים של מינהל הפיתוח, בתחום בניה ירוקה, נוף, עיצוב וחדשנות, לצד העמקה בתהליכי חשיבה על מודלים פדגוגיים חדשניים חיבור של הרמה הפיזית והפדגוגית.

בנוסף לכך, אנו פועלים לעדכן ולהתאים תקנים לבניה, כך שיכללו היבטים אקלימיים, במטרה להבטיח השפעה חיובית על רווחת התלמידים והמורים, תוך תמיכה בפדגוגיות חדשניות והתמודדות עם אתגרים מרחביים כמו צפיפות עירונית ובנייה לגובה.

איך תכנון נכון יכול לתרום ללמידה ולרווחת התלמידים?

תכנון אדריכלי המתבסס על תפיסות פדגוגיות יכול לשנות ואף לעצב את חוויית הלמידה. לדוגמה בתכנית לעיצוב חזות מבני חינוך, נערך תכנון של סביבות למידה חוץ-כיתתיות, באופן המאפשר למידה התנסותית בסביבה אותנטית, חווייתית פעילה יותר, המעודדת סקרנות, יצירתיות וחוסן נפשי. מטרתה של התכנית להעצים את השימוש במרחבים חוץ כיתתיים בכלל ובחצרות בתי הספר בפרט, ולהפוך אותן למרחבי למידה משמעותיים. בכך אנו יוצרים רווח כפול - יצירת מוסדות לימוד המציבים את נושא פיתוח מרחב למידה בר-קיימא והתמודדות עם שינוי אקלים במרכז, כמו גם נהנים מיתרונות פדגוגיים ומייצרים הזדמנויות עבור התלמידים ללמוד על הנושא מתוך חוויה.



דוגמה לחיבור של עיצוב סביבה ופדגוגיה היא החוברת "עקרונות תכנון לחצרות מרפא במוסדות חינוך | גוף-נפש-סביבה" שפורסמה לאחרונה, המשלבת גישות נופיות, פדגוגיות והרבליסטיות לעידוד שהות ולמידה בטבע. נוסף על כך, פתחנו אתר אינטרנט שמרכז משאבים ללמידה מבוססת מקום, כחלק מהחזון שלנו לשלב תכנון נופי-פדגוגי עם גישה אקלימית כוללת. אמנם חוברת זו אינה מתייחסת באופן ישיר לנושא שינוי האקלים, אך השהות במרחב הטבעי והחשיבה על התכנון של החצר מזמנת למידה משמעותית גם בנושא שינוי האקלים.

האם יש דוגמאות למוסדות חינוך שתוכננו לפי הגישה שלכם?

בהחלט. קיימים מספר בתי ספר שנבנו תוך יישום עקרונות של תכנון מותאם אקלים ופדגוגי, כמו בית ספר מיתרים ברעננה, שתוכנן בגישה של בנייה ירוקה וביופיליה[1], בית הספר רגבים באופקים, בית ספר נטעים במטה אשר, בית החינוך רונסון במעלה יוסף, ועוד רבים. אדריכלים רבים כיום משלבים בתכננם שיקולים אקלימיים מתוך הבנה שהם תורמים לרווחת התלמידים ולחוויית הלמידה שלהם.

(1) נטייה טבעית של בני אדם לחפש קשר עם הטבע, מתוך תחושת חיבור עמוק ומובנה לעולם החי והצומח

הזווית האדריכלית של התכנון האקלימי

אבי ליואי ויואל דבוריינסקי, אדריכלים

כאדריכלים, יש לנו הבנה ברורה שיש להמשיך ולחזק את הקשר ואת יחסי הגומלין בין האדם לסביבה, ולרתום לשם כך את התכנון האדריכלי של בית הספר. אנו מאמינים בחיבור בין אדריכלות, פדגוגיה וטבע. בתהליך התכנון אנו שמים דגש לא רק על היבטים כלכליים וחברתיים, אלא גם על מאפייני הסביבה והאקלים — מתוך התייחסות להשפעת המרחב על האדם ועל כלל קהילות המשתמשים.

התכנון מחבר את התלמידים אל מה שמעבר לקירות הכיתה ואל מה שנגלה כאשר מסיטים את העיניים מהמסך, הוא מאפשר מפגש אינטימי וישיר עם הסביבה. אפשר לעשות זאת באמצעות יצירת מרחבים אדריכליים חווייתיים — הן בתוך המבנה והן בחצר. החוויה הנוצרת היא של חיבור אקטיבי ואחראי לאקולוגיה ולהבנתה. זוהי הפרשנות שלנו למושג "בנייה ירוקה" כאשר מדובר במבני חינוך.

כך למשל, התכנון של קריית החינוך ברמת השרון, מבקש להנגיש סביבה פיזית שנמצאת גם במגע עם החוץ, באמצעות חצרות המטפסות על המבנה.

שטח הפנים של המבנה מאפשר קשר עם הסביבה ומהווה ניגוד לקיר אטום וגבוה. באזורים אלו ממוקמים מרחבי חקר, עשיינות וחברותא — המאפשרים חגיגה של אפשרויות פדגוגיות ואנושיות, ולא רק מענה מסורתי.





משרד 'אוסטרליץ אדריכלות – A.U.S'

במשרד אנו מתמחים באדריכלות אקולוגית, בנייה ירוקה ופיתוח בר-קיימא. תפיסת המשרד נשענת על עיקרון ה- eco-effectiveness - חתירה למועילות סביבתית מתוך הבנה שהמבנה הוא מערכת מורכבת, הדומה יותר למערכת אקולוגית מאשר למכונה. אנחנו רואים במבנה אורגניזם שיש לו יחסים ביו-אקלימיים וטכנולוגיים עם סביבתו. במילים אחרות, המבנה אינו מנותק מהקשרו, אלא מתקיים בדיאלוג מתמיד עם הסביבה האנושית והטבעית שבה הוא שוכן.

כשאנחנו מתכננים, אנחנו לא רק חושבים על צרכיו של האדם — אלא גם על הקשר שבין המבנה, הקהילה והמרחב. כאשר אני מייעצים לבתי ספר אנו כוללים ממד חשוב נוסף, המבנה כאלמנט חינוכי. אנחנו חושבים גם על ההקשרים החינוכיים שהמבנה נותן להם מענה ובהן פעילות חינוכית למידה שמבוססות על תכונות המבנה — כך שהתלמידים לומדים על קיימות לא רק מתכנים מופשטים, אלא בוחנים איך נושאים סביבתיים ושינוי אקלים באים לידי ביטוי בחוויה היום יומית שלהם במרחב.

- מערכות מיזוג חסכוניות עם דגש מיוחד על אוורור והחדרת אוויר צח שחשוב לאיכות הלמידה ובריאות התלמידים.
- פיתוח חוץ ירוק ונעים אך גם חסכוני בצריכת מים ומספק צל ושטחי שהיה לרווחת התלמידים.
- שימוש בחומרים בעלי תווי תקן ירוקים שאינם פולטים רעלים לחלל המבנה.
- מערכות מים וחשמל שמאופיינות בחיסכון גבוה וכן כוללות מנגנונים למניעת בזבוז סתמי.
- מערכות בקרת מבנה המאפשרות לדעת בכל רגע נתון על תקלות במבנה וגם לשקף לתלמידים ולמורים על רמת החיסכון במשאבים שהם מגיעים אליה.
- תכנון הידרולוגי ייחודי בשילוב מאגר תת קרקעי שבזכותו גם בעת גשם עז המים נשארים במגרש ומחלחלים ומהווים מאגר מים תת קרקעי לשימוש העצים בקיץ.

לדוגמה **בית ספר מיתרים רעננה** -אוכלס בתחילת שנת הלימודים תשפ"ה, זכה ל-4 כוכבים בתקן הבנייה הירוקה. זהו בית ספר חדשני, מקיף בן 18 כיתות, והוא אחד משני בתי ספר בלבד בארץ שהגיעו לדירוג גבוה זה עד 2024. משרד האדריכלים אוסטרליץ הוביל את התכנון הביואקלימי ובניה ירוקה בהובלתה של אדריכלית רוני צימר והתכנון האדריכלי הכללי נעשה עי א.ב. מתכננים. בין הישגי הפרויקט מבחינה התאמה לשינוי אקלים ניתן למנות:





- מעטפת חוץ מבודדת ומאוררת, התורמת לנוחות תרמית וחוסכת אנרגיה, וגם בנויה בחומרים מתקדמים ועמידים.
- מערכת סולארית על גג המבנה שיכולה באופן תיאורטי לספק את כל צריכת החשמל של המבנה.

מורים מספרים על פעילויות ומיזמים פדגוגיים בהקשר לתכנון מותאם אקלים

הפחתת פליטות, שיתוף קהילה וחינוך אקלימי — סיפור על שינוי הצומח מתוך בית הספר

רות פליס, בעלת תואר בחינוך ומדעי הרוח והנדסאית נוף. כעת דוקטורנטית באוניברסיטת תל אביב בתחום תכנון נוף ותכנון עירוני, עם התמחות בתכנון מותאם אקלים המקדם והליכתיות.

"הגעתי לגימנסיה הרצליה כפרויקטורית של מיזם הגג ההידרופוני שהוקם בבית הספר. הגג הזה הוא בעצם גם "גג כחול" וגם גג תועלת. בשיתוף חברת "בינג-קלימא" הותקנו פאנלים סולאריים מיוחדים שמתחתיהם מגדלים ירקות בהידרופוניקה".

המערכת בנויה כך שהפאנל מתקרר בזכות המים והצמחים שמתחתיו, והפאנל, בתורו, מצל על הצמחים ומפחית את החום החזק שמאפיין את הגג.

ככה בעצם התחלתי לעבוד בבית הספר — גידלנו חסות ומגוון ירוקים, ושיווקנו אותן בעיקר דרך מיזמים חינוכיים ירוקים. לאט לאט המיזם התרחב: התחלנו לגדל דבורים על הגג, אחר כך ביקשתי אישור ממנהל בית הספר ד"ר זאב דגני "להשתלט" גם על החצר הגדולה של הגימנסיה. מרחב של חצר היא דבר נדיר בתל אביב וד"ר דגני תמך בכל הרעיונות שהצגתי ואפשר לי לפתח שם מרחבים שמצד אחד מפחיתים פליטות ומצד שני מהווים מרחבי למידה מבוססי מקום וכל זאת בשיתוף עם התלמידים.

לא הכל היה מסודר בתוכנית גדולה מוגדרת מראש, אלא תהליך של עשייה, התקדמות מפרויקט קטן אחד למשנהו. לצורך כך, ניסחתי מסמך עם יותר מחמישים











יעדים וניסיתי לפעול לפיהם ולהשיג יעדים שונים.

במסגרת עבודתי, העברתי לעיתים שיעורים בכיתות אבל בעיקר רציתי שהתלמידים ילמדו דרך שותפות ועשייה אמיתית. החזון שלי היה שכל המורים יעבדו במרחבים החוץ כיתתיים, ושהלמידה תהיה רב-תחומית. ולכן פועל, הגישה שלי הייתה שכל מי שרוצה ומתחבר — מוזמן לקחת חלק. בפועל לא כולם התחברו, וזה בסדר. אז עבדתי עם "ההנהגה ירוקה" בכיתות ז' בנוסף, גם תלמידי תיכון במעורבות חברתית הצטרפו לפרויקטים.

אחד האתגרים הכי גדולים היה לגייס את המורים וההנהלה הפדגוגית. הרצון היה להטמיע את התכנים באופן רב תחומי, לפעמים היה קשה לרתום את הצוות אפילו לדברים יחסית פשוטים, כמו להחלטה להוציא את הכלים החד-פעמיים מחדר המורים. גם לעבוד עם הצוות הארגוני היה לא פשוט. על מנת להוביל אתה התהליכים סביבתיים ולערב עת המורים כך שהשינוי התכנוני יתבטא גם באופן פדגוגי, נקטתי בגישה "רכה יותר". למשל, ראיתי שהפרדת פסולת ומחזור הם נושאים פחות "מרתיעים", אז בחרתי לשים דגש על הנושא הזה ולעסוק גם בנושאים כגון טבע עירוני ומגוון ביולוגי שמצאתי שהם תחומים שהיו מקובלים יותר על כולם.

בשלב מסוים הרגשתי שהגעתי לתקרת זכוכית מבחינת יצירת שותפויות בתוך בית הספר, ופניתי לשיתוף פעולה רחב יותר עם הקהילה. הרעיון היה להפוך את בית הספר למרכז קהילתי אחרי שעות הלימודים. קיימנו ימי קהילה בשיתוף תושבים, בתחילת עבודתי, נטענו עצי פרי לאורך השדרה הראשית של הגימנסיה — מנגו ואבוקדו — ובהמשך יזמתי יצירת חלקות נוספות הקמנו גני מקלט לצמחים מקומיים בסכנת הכחדה שמושכים מאביקים. בשיתוף עם העירייה ופעילים מהקהילה יזמנו גם קורס בנושא קיימות, ומתוכו נוצר גרעין קבוע של מתנדבים שממשיכים לטפח את הגינות. בגן באזור המזרחי של הגמנסיה, יצרנו מבנים מעץ ממוחזר שמאפשרים לגן להפוך לכיתה ללמידה חוץ כיתתית ואזור מרגוע לתלמידים בהפסקות, כך שהתכנון הוא מעבר להפחתת פליטות, אלא גם מקום שיכול לקדם ולתמוך בלמידה.

בשבילי, כל זה היה איזון עדין בין פעולות של הפחתת

פליטות (מיטיגציה) לבין חינוך. היה לי מאוד חשוב לשתף את התלמידים בכל שלב, גם בתכנון. למשל, ניסיתי לשלב את מגמת האדריכלות בתכנון של אזורים מותאמי אקלים בחצר כדי שהתלמידים יוכלו לקחת חלק פעיל בתכנון המרחבים ויהיה מענה גם לצרכים שלהם.

למורים המעוניינים להניע תהליך כזה בבית הספר, חשוב לומר שמערכת גפן מאפשרת למצוא תוכנית שונות אותן ניתן לרכוש ולקבל תמיכה בהתאם לתקציב בית הספר, אבל עדיין נדרשת תמיכה אמיתית מצד הנהלת בית הספר, שיתוף פעולה של מורים, והבנה איך לרתום אותם תוך הקשבה לחששות או התנגדויות. אני חושבת שמאוד כדאי לשתף את ועדי ההורים לקחת חלק בעשיה.

אם יש בית ספר שרוצה להניע תהליך דומה, רות תשמח לעזור במיפוי ובניית תכנית אסטרטגית, פדגוגית או תקציבית. ניתן לפנות לרות במייל. לקריאה נוספת בנושא המיזם בגמנסיה הרצליה ניתן לראות במצגת הבאה.







חוקרים שינוי אקלים: איך תכנון בית הספר מזמן חקר על שינוי אקלים

שיחה עם עדו ארגמן, יזם ומנכ"ל אקומטר - מערכת חינוכית-טכנולוגית שמטרתה להעלות את המודעות האקלימית ולהשפיע על התנהגות תלמידים וקהילות.

כיצד ניתן להפוך את תכנון בית הספר למקור ללמידה על שינוי אקלים? אחת הדרכים היא להשתמש במאפייני תכנון שונים בבית הספר ובחצר בית הספר כבסיס לניתוח נתונים, השוואה וביצוע של חקר. ניתן להשתמש בנתוני הצריכה של בית הספר (למשל חשבונות החשמל, צריכת המים או לשקול את הפסולות הנזרקת בסוף היום). איסוף וניתוח נתונים מסוג זה אפשרי גם באמצעות מערכת האקומטר, המודדת צריכת חשמל ומים באמצעות חיישנים המותקנים בבית הספר ומוצגים בממשק פדגוגי ייעודי באופן הנותן נראות להתנהגויות היומיום הקשורות לצריכת משאבים (חשמל ומים) והפוכת אותן למובנות ומזמינות למעורבות פעילה. באמצעות האקומטר, הנתונים שנדמים כלליים ומרוחקים, הופכים קרובים ומשמעותיים עבור התלמידים. הנתונים המתקבלים ממחישים את הקשר הישיר בין מעשי התלמידים והצוות לבין השפעתם על הסביבה.

חשוב להדגיש את את היתרונות שבשילוב חקר היבטים תכנוניים של בית הספר בלמידה פעילה:

תכנון מותאם אקלים נכון, הן במבנה והן בחצר, יוצר שפע של הזדמנויות ללמידה חווייתית ומשמעותית.

חללים מוארים ומאווררים, מסדרונות מוצלים וכיתות עם פתחים טבעיים מאפשרים לא רק דיון מושגי בנושאי הסביבה, אלא גם חוויית משתמש יומיומית שמחברת את התלמידים לנושא.

במהלך הלמידה, ניתן לשלב מדידות טמפרטורה, אור ואוורור, לנתח את צריכת האנרגיה בכיתות שונות, ולבחון כיצד העיצוב משפיע על הנוחות ועל השימוש החכם במשאבים. גם בחצרות בתי הספר — באמצעות אזורים מוצלים, צמחייה מקומית ותחנות מדידה — אפשר להפוך את המרחב החינוכי למעבדה פתוחה ודינמית. כך נוכל לטפח למידה מבוססת מקום, לקדם שיח על קיימות ולחזק תחושת אחריות אישית וסביבתית — מתוך תקווה ואמונה ביכולת לשנות, ולא רק מתוך דאגה.

המורה סוהיר סורה משתפת פעילות החקר של תלמידי בית ספרה בהתבסס על הנתונים של האקומטר.

אני שמחה לשתף אתכם בחוויה מרתקת ומשמעותית שעברתי יחד עם תלמידי בכיתות השונות, תוך שימוש בכלי חדשני ונגיש – האקומטר. במטרה לחבר את התלמידים באופן פעיל לנושא שינוי האקלים ולעודד מודעות סביבתית מעשית, יצאנו למסע קצר אך מעורר השראה של מעקב אחר צריכת החשמל בכיתות באמצעות מכשיר האקומטר. המכשיר הותקן בארבע כיתות שונות בבית הספר, כדי לעקוב אחר צריכת החשמל של המזגן והתאורה. למרות מגבלות הזמן, ההתנסות הניבה תובנות חשובות ובעיקר – הדגישה את הפוטנציאל העצום הטמון בשילוב טכנולוגיה וחקר פעיל בהוראת נושאי סביבה.

כל קבוצת תלמידים התמקדה בשאלת חקר ייחודית שבחנה את הקשר בין היבטים שונים (כגון מודעות סביבתית והרגלי התנהגות) לבין צריכת החשמל. כלומר, נערך מעקב אחר צריכת החשמל בשני פרקי זמן, לפני ואחרי התערבות. רצינו גם להשוות את צריכת החשמל בין הכיתות השונות (מזגן ותאורה), אולם כפי שגילינו בהמשך, הבדלים בהספק המזגנים בין הכיתות לא אפשרו השוואה ישירה.



במסגרת החקר, התלמידים ערכו הסברה בנושא שינוי האקלים ונעזרו בסקרי עמדות וידע לפני ואחרי פעילות ההסברה. התוצאות הדגישו את המורכבות של הגורמים המשפיעים על צריכת האנרגיה בכיתה ואת ההשפעה האפשרית של מודעות והתנהגות. תהליך הכנת מצגות להסברה היה בעל ערך לימודי רב עבור התלמידים. הם נדרשו לעמוד מול קהל, לנתח נתונים ראשוניים שהתקבלו מהאקומטר ולהסיק מסקנות ראשוניות מתוך הממצאים.

חשוב לציין כי תקופת החקר הייתה קצרה יחסית, ולכן לא ניתן היה להסיק מסקנות חד משמעיות באשר להשפעת ההתערבויות השונות על צריכת החשמל. למרות זאת, אני מאמינה שהתהליך עצמו והתובנות שעלו ממנו הם בעלי ערך רב. שיתוף הפעולה הפעיל של התלמידים בתהליך החקר, בפעילות ההסברה והניתוח היה מרשים וחיזק את תחושת המסוגלות והמעורבות שלהם. ההתנסות הייתה חוויה מעוררת השראה שהדגישה את הפוטנציאל הטמון בשילוב טכנולוגיה פשוטה ונגישה בהוראת מדעי הסביבה. מעבר למעקב אחר נתוני צריכה, הפרויקט עודד חשיבה ביקורתית ופתח צוהר לאקו-אקטיביזם בתוך סביבת בית הספר. אני מאמינה שלמרות המגבלות, פרויקטים מסוג זה תורמים רבות לפיתוח מודעות סביבתית עמוקה ומתמשכת.

אני ממליצה בחום לשקול שימוש בטכנולוגיה שמסייעת לערוך חשיבה מעמיקה על הצריכה במסגרת בית הספר. חשוב לתכנן את תקופת המדידה בצורה ממושכת יותר ולאורך כל השנה, כדי לקבל תמונה מלאה יותר של דפוסי צריכת האנרגיה ולהשוות בין עונות שונות ולאורך השנים. מעקב רציף כזה יכול להוות בסיס נתונים משמעותי לדיונים בכיתה ולקבלת החלטות מושכלות בנוגע לחיסכון באנרגיה.

לקראת השנה הבאה, אנו מתכננים לקחת את התלמידים צעד אחד קדימה ולעבוד עם התלמידים על ניסוח מכתב מדיניות בנוגע לצריכת החשמל בבית הספר, תוך בחינת אפשרויות קונקרטיות לשינוי והתייעלות. אני מאמינה ששיתוף התלמידים בתהליך קבלת ההחלטות יחזק עוד יותר את מחויבותם לנושאים סביבתיים.

מצגות התלמידים

- الاحتباس الحراري . استهلاك الكهرباء . بصمة القدم البيئية
- التغير المناخي
العرض الأول - ترشيد استهلاك الكهرباء
- العرض الثاني - عواقب الاحتباس الحراري
- العرض الثالث - خطوات نحو مستقبل أكثر

استدامة

זורעים אחריות: תלמידים שותפים בתכנון והקמת פארק טבע עירוני בקרית ביאליק

שיחה עם המורה דפנה עשת, רכזת בריאות וקיימות בבית ספר אורט דפנה, שמציגה פעילות בית ספרית ועירונית בשיתוף עמותת העירה.

במאי 2025 תיחנך בקריית ביאליק "המרפסת" – מרחב ציבורי חדש שמהווה שלב ראשון בהקמת פארק ביאליק, פארק טבע עירוני ייחודי לאורך נחל גדורה. המרחב נבנה מתוך ראייה עתידית של טיפוח דור צעיר שמכיר, אוהב ומגן על הטבע העירוני. הוא ישמש מרחב למידה חי, המזמן לגני הילדים ולבתי הספר השכנים חיבור ישיר לעולמות של מגוון ביולוגי, קיימות וטיפוח סביבה. תלמידים מבתי הספר הסמוכים לקחו חלק פעיל בסדנת תכנון והשתתפו בפיילוט לגינון בר-קיימא שכלל זריעת פרחי בר – ובכך הפכו לשותפים בעיצוב הסביבה שבה יגדלו וילמדו.

היוזמה נולדה מתוך שותפות עם עיריית קריית ביאליק, ומובלת על ידי עמותת העירה, הפועלת לקידום ופיתוח מרחבים ציבוריים שוקקים ובני קיימה, תוך הטמעת פרקטיקות חדשניות בהיבטים פיזיים-קהילתיים-ארגוניים, בשותפות עם גורמים מובילים ברשויות מקומיות. החזון של פארק ביאליק נועד לתת מענה



לשינוי האקלים במרחב העירוני: הפחתת אי החום העירוני על ידי שתילת עצים וצמחייה מקומית, קידום פתרונות מבוססי טבע כדוגמת שלולית החורף שהוקמה במרחב, חיזוק החוסן הקהילתי על ידי יצירת מקומות מפגש ועוד.

על המיזם מספרת המורה דפנה עשת: "תלמידי בית הספר אורט דפנה הינם שותפים מלאים במיזם לגינון בר קיימא. בעקבות ההשתתפות התלמידים מפתחים שייכות ואחריות למקום בו הם גרים וחווים הנאה וסיפוק רב מהצלחת המיזם. הם מתרגשים לראות את פריחת פרחי הבר, שזרעו, נהנים לקטוף ולנשנש חמציצים, עלי חוביזה, עולש וסלק מצוי ולהכין מהם לביבות טעימות".



תמונות: דפנה עשת

עוד דוגמאות לבתי ספר בבנייה ירוקה

שני בתי ספר באילת וחבל אילות הוכרו **כבתי ספר עצמאים אנרגטית**. בבתי הספר קיימת אגירה של אנרגיה המיוצרת באמצעות פאנלים סולאריים אשר משמשים גם להצללה. לקריאה נוספת על תכנון מותאם אקלים בבתי הספר אפשר לקרוא בכתבה כאן וכאן.

מדי שנה נערכת **תחרות לבתי הספר בבנייה ירוקה**, ביוזמת המועצה הישראלית לבנייה ירוקה, המשרד להגנת הסביבה ומשרד החינוך, בתמיכת קרן ברכה ובשיתוף מפרש חממה ליזמות חינוכית. ניתן לראות כאן את בתי הספר הזוכים.

דוגמה מהעולם: Cool Schools - תכנון מותאם אקלים לחצרות בתי ספר בפריז

בעיריית פריז יש היערכות מרשימה להתמודדות עם שינוי האקלים במסגרתה נולד "פרויקט אואזיס" שעיקרו הצללת חצרות בית ספריות. חצרות בתי ספר נתפסו כהזדמנות לספק לתלמידים היערכות לשינוי האקלים במהלך השבוע, ולאפשר לציבור בסופי שבוע להנות באזורים מוצללים ומותאמים לשינוי האקלים בקרבה לבתים. בעיר פריז ישנם 600 בתי ספר. בכל שנה משדרגים מספר חצרות בתי ספר והופכים את בתי הספר למרכזי חוסן קהילתיים, שיכולים לסייע בהתמודדות עם אירועי קיצון. עד 2025 שודרגו 165 בתי ספר.

דרך הפעולה כוללת שיתוף של תלמידים בחשיבה ובתכנון (בתמונה. מקור), ושיתוף של ההורים לבחינת הרעיונות, תוך שילוב היבטיים פרקטיים של התחשבות במגבלות קיימות. לאחר מכן הרעיונות עוברים לגורמים התכנוניים. לצד הנושא האקלימי, החצר עונה על הצרכים של התלמידים והחשיבה התכנונית נותנת גם מענה פדגוגי. התכנון נעשה בשלושה מימדים הכוללים גם התייחסות לעצים גבוהים ושיחים. בנוסף שילבו בחצרות מתקנים לשעשוע לצד למידה. התוצאה של העבודה בחצרות היא הפחתה של הטמפרטורה ברדיוס של 50 מטר סביב לכל חצר.

בארץ התכנית "זורעים חוסן", התחילה כפיילוט בבית ספר בקרית יובל בירושלים. ניתן לקרוא על המיזם ולשמוע את הווביונר בנושא באתר אקלימא שארגנו בשיתוף הרשת הירוקה.

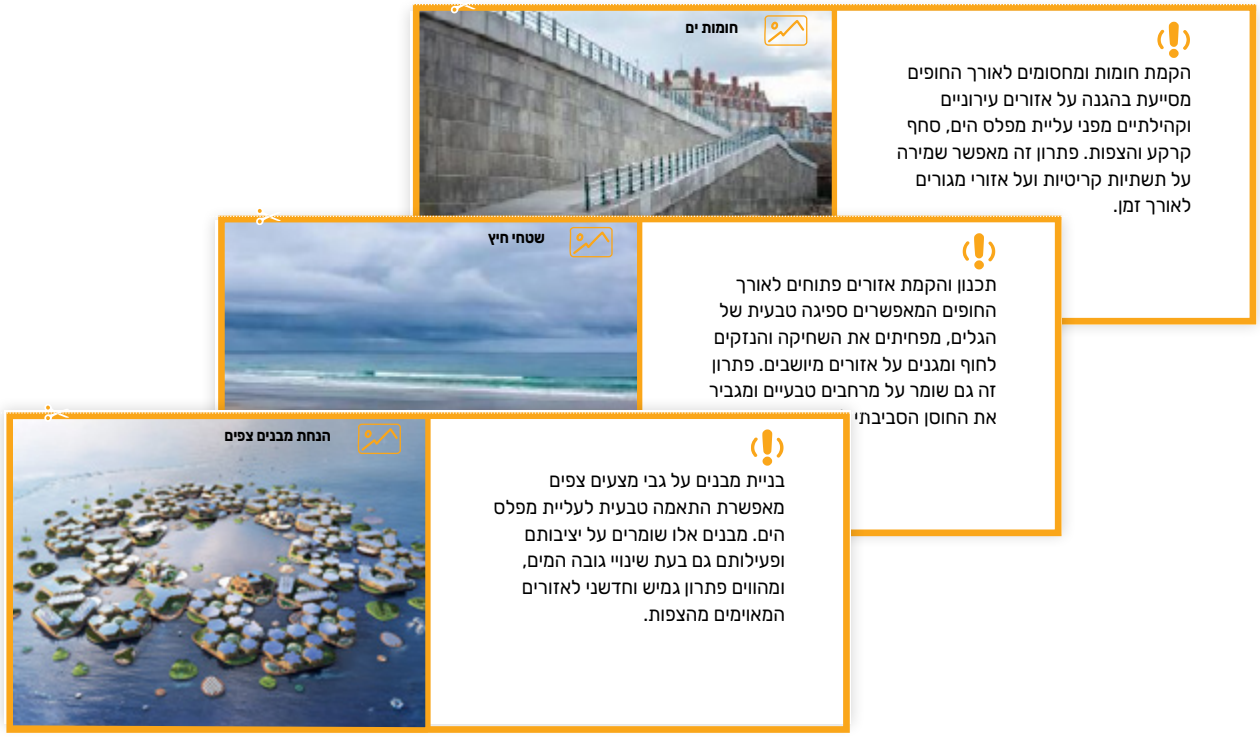


הוראת תכנון מותאם אקלים בכיתה



במרכז בידינו פותחו מספר משאבי הוראה העושים שימוש בהיבטים של תכנון מותאם אקלים על מנת ללמד תהליכים, מושגים והיבטים שונים הנוגעים לנושא שינוי אקלים. עבור המורים המעוניינים להעמיק בנושא, ניתן לשמוע הרצאה בנושא תכנון עירוני שהועברה במסגרת השתלמות עדכון ידע מדעי בתשפ"ה. בנוסף, באתר תוכלו למצוא באתר:

- משחק רביעיות בנושא תכנון מותאם אקלים
- הצעה לפעילות תלמידים באמצעות כרטיסיות
- הצעה לסיור עירוני המאפשר פעילות חוץ כיתתית בה התלמידים יכולים לבחון ולהעריך את התכנון האקלימי בסביבת מגוריהם ולהציע הצעות לייעול ושיפור ההערכות מותאמת האקלים ביישוב בו הם חיים.
- מערך שיעור תכנון מותאם אקלים בסביבה הקרובה שלי על בסיס מפת סיכוני אקלים לאומית



עדכוני מרכז המורים

שמחים לעדכן על העשייה של מרכז המורים בחצי השנה החולפת.

בתחום ההתפתחות המקצועית - הסתיימה השתלמות עדכון ידע מדעי בנושא "משבר האקלים והסביבה - הזווית המדעית", בה שמענו הרצאות של טובי המומחים במגוון נושאים. כל ההרצאות תומללו ונמצאות באתר של המרכז. השתלמויות נוספות שהתקיימו השנה והסתיימו היו השתלמות בנושא חקר למורי מדעי הסביבה, השתלמות לחשיפת משאבי ההוראה של "בידינו", בינה מלאכותית וחקר וכן חמש קהילות מורים העוסקות בפרקטיקה של הוראת שינוי אקלים.הנה ציטוטים של משתתפי הקהילות שלנו:

"אני יוצאת מהקהילה עם תובנות חדשות, רעיונות ליישום בכיתה, ובעיקר תחושת שייכות למעגל של מורים שחולקים ערכים, התלבטויות וחזון משותף"

"המפגשים אפשרו לי לעצור לרגע בתוך שגרת העשייה, להקשיב, לחשוב, וללמוד מאחרים. ניתנה במה לקולות מגוונים, והחיבורים בין התיאוריה לפרקטיקה היו מדויקים ומעשירים".

נשמח על הצטרפותכם לקהילות המורים שלנו ולמגוון חדש של השתלמויות שיפתחו בשנה הבאה.

בסוף מאי התקיים יום עיון מקוון ששם את הדגש על פיתוח אוריינות מדעית באמצעות פדגוגיה חדשנית כמו פעילויות אינטראקטיביות מתוקשבות, ניסויים, משחקים ומשחקי בריחה. הקלטות יום העיון כאן.

מה חדש בתחום פיתוח המשאבים?

- מגוון פעילויות בנושא **תכנון מותאם אקלים** המפורטות לעיל: משחק רביעיות, תכנון מותאם אקלים בסביבה הקרובה על בסיס מפת סיכוני אקלים לאומית של המשרד להגנת הסביבה וכן פעילות בנושא תכנון מותאם אקלים באמצעות כרטיסיות. כל אלו מצטרפים לסביבתון בנושא זה.
- **אוגדן ניסויים בנושא שינוי אקלים** מציע ניסויים בחמישה נושאים שונים שיתרמו ללמידה מוחשית וברורה של תופעות הקשורות לשינוי אקלים: אפקט חממה - על הקשר בין פד"ח לטמפרטורה; קיבול חום - ניסוי המדגים את תרומת האוקיינוסים למיתון טמפרטורות; התפשטות תרמית - ניסוי הממחיש מדוע העלייה במפלס הים היא גם תוצאה של התפשטות נפח המים; ניסוי ליצירת גז מתאן (ביוגז) כתוצאה מפירוק חומרים אורגניים; מאזן אנרגיה - שלל ניסויים בנושא אלבדו.
- פעילות מקוונת במודל של משרד החינוך (נדרשת כניסה בהזדהות) בנושא **ההבדל בין מזג אוויר ואקלים**. בקרוב תתפרסם פעילות נוספת בנושא **אלבדו.**
- פעילות בנושא **גבולות פלנטריים** - המציגה תמצית מאמרים בנושא וכן הצעות לפעילות עם תלמידים והערכת הלמידה. מתאים בעיקר לתלמידים מתקדמים.
- בהמשך לסביבתון הקודם שעסק במשחקי בריחה פותח **חדר בריחה וירטואלי בנושא טביעת רגל פחמנית בבית הספר** יחד עם מדריך למורה בנושא. מוזמנים להתנסות בעצמכם ועם התלמידים ולשתף אותנו בחוויות.
- באותו נושא - בהמשך יפורסם **מדריך לחישוב טביעת רגל פחמנית של בית הספר** שייתן כלים ומחשבון לצמצום פליטות פחמן בבית הספר.
- מאמר מעובד בנושא **השפעת איקלפטוסים על הצומח בנגב המערבי** עלה כשער אינטראקטיבי עם פעילויות לתלמידים וגם מדריך למורה. בהמשך יעלה גם מאמר מעובד העוסק **בטביעת רגל פחמנית של חיריה**.

אנחנו מקווים שאתם עושים שימוש במשאבים הרבים באתר להוראה של תלמידים. ניתן להזמין מפגשי הטמעה מקוונים לחדרי מורים והשתלמויות מורים להכרה והתנסות במשאבים של המרכז - מוזמנים לפנות אלינו לתיאום.

אנחנו ממשיכים לשלוח מדי שבוע ניוזלטר עם מידע עדכני סביבתי שיכול לשמש אתכם להוראה בכיתה ותקציר שלו נשלח למורים החברים בקבוצות הוואטסאפ המשותפות למרכז ולמשרד החינוך ובדף הפייסבוק שלנו. עדיין לא רשומים ברשימת התפוצה? הירשמו כאן.

מרכז בידינו מאחל הצלחה לתלמידים בבחינות הבגרות ולכם המורים והמורות - חופשת קיץ נעימה. נאחל שבמהרה ישובו אלינו 53 החטופים לשיקום ולקבורה ראויה, יחלימו הפצועים, ישובו העקורים לביתם ולא נדע עוד כאב ואובדן. אמן.

ד"ר נירית לביא אלון, מנהלת בידינו - מרכז המורים הארצי לחינוך סביבתי, קיימות ושינוי אקלים, וצוות המרכז.

רשימת מקורות

הרצאות, כתבות ומצגות

וובינר: חצר בית הספר והיערכות לשינוי אקלים – אקלימא

הרצאה תכנון עירוני - מרכז המורים בידינו

אי חום עירוני בחולון – Ynet

הקשר בין אקלים למערכות אקולוגיות – החברה להגנת הטבע

מתכנני הערים מתעלמים ממשבר האקלים, והתושבים ישלמו מחיר כבד, גלובס

שינוי אקלים והמגמות הצפויות בישראל, המשרד להגנת הסביבה

נתינאן י., תכנון ירוק גישות לתכנון אקלימי פאסיבי, המשרד להגנת הסביבה והמועצה לבניה ירוקה

מאמרים אקדמיים ודוחות ממשלתיים

בר ר' ואחרים, (2022). טבע עירוני בתכנון כוללני ומפורט, מינהל התכנון.

בלק ב' ואחרים, (2024). פיתוח מדד פגיעות אקלים: סיכום ותובנות של ועדת מומחים ומומחיות, האגודה הישראלית לאקולוגיה.

בלק ב' ואחרים, (2024). פיתוח מדד פגיעות אקלים לאומי להערכת מאפייני הרגישות המגוונים של קהילות, תשתיות ואזורים, אקולוגיה וסביבה.

המועצה הישראלית לבנייה ירוקה, (2019). תועלות הבנייה הירוקה בבתי ספר.

לוטנר לב ת., ליברטי ש., מזרחי ש., (2023). הקשר הדו-כיווני בין מערכות האקלים והמערכות האקולוגיות - מדיניות ופתרונות מבוססי טבע להתמודדות עם משבר האקלים

מינהל התכנון (2024). מדריך תכנון למיתון חום עירוני.

מינהל התכנון (2024). תוכנית היערכות לשינויי האקלים.

מצנר א., נתניהו ס. (עורכות). (2015). שינוי אקלים, תכנון עירוני ובניה ירוקה המרכז לערים רגישות מים בישראל. המשרד להגנת הסביבה.

יוסף י' ואחרים, (2024). ניתוח מגמות אקלימיות ואירועי קיצון בישראל לאורך המאה ה-21, השירות המטאורולוגי.

עיריית תל אביב (2020). תכנית היערכות עירונית לשינויי אקלים.

רונן א., קמחי ש., (2022). מדריך להכנת תוכנית פעולה מקומית להיערכות לשינוי אקלים ואנרגיה מקיימת, משרד האנרגיה.

רועה חנוך ג' ו וא חרים,(2023). בתי ספר כמרכזי חוסן קהילתי ואקלימי, הרשת הירוקה.

Meerow, S., & Woodruff, S. C. (2020). Seven principles of strong climate change planning. *Journal of the American Planning Association*

Bath, B. (2014). Planning For Climate Change: A Strategic, Values-based Approach for Urban Planners. *United Nations Human Settlements Programme. UN-Habitat*.



משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
אגף א' מדעים
הפיקוח על מדעי הסביבה

הטכניון
מכון טכנולוגי
לישראל

מינהלת מל"מ המרכז הישראלי לחינוך
מדעי טכנולוגי ע"ש עמוס דה שליט

בידינו
מרכז המורים הארצי
לחינוך סביבתי ולקיימות