

BioWOW – הפתעות בהשראת הטבע

ד"ר יעל הלפמן־כהן היא מומחית בתחום הביומימיקרי, חוקרת, יועצת ומרצה בינלאומית. מייסדת שותפה של ארגון הביומימיקרי הישראלי ומובילה את הפצת תחום הביומימיקרי בארץ כגישה לפתרון אתגרי האנושות. חן אגסי שוחחה איתה על הפתעות בהשראת הטבע

חן אגסי

הסביבתיות של המחר, דרך חינוך לסקרנות, לחקירה, להערכה, לאמפתיה ולפליאה (בראי "מין שנכחד הוא מורה שאבד").

את ד"ר יעל הלפמן־כהן הכרתי בקורס ביומימיקרי שהעבירה בלשכת האדריכלים והמהנדסים. יעל היא מומחית בתחום הביומימיקרי וחדשנות בהשראת הטבע. היא חוקרת, יועצת ומרצה בינלאומית ומתבוננת על הטבע שנים רבות בסקרנות ובפליאה וחוקרת אותו כמקור להשראה ולחדשנות. היא מייסדת שותפה של ארגון הביומימיקרי הישראלי (ע"ר) המקדם את תחום הביומימיקרי בארץ. היא מייסדת של חברת ניצ'ר קוד העוסקת ביעוץ לתהליכי חדשנות בהשראת הטבע ומובילה שנים רבות תהליכי חדשנות מן הטבע בארגונים, במגוון סקטורים ותעשיות. יעל היא בעלת תואר ראשון בהנדסה מן הטכניון, תואר שני בניהול מאוניברסיטת תל אביב, ודוקטורט בתכנון ביומימטי מאוניברסיטת תל אביב. במסגרת הדוקטורט, היא פיתחה שיטה לניהול תהליכי חדשנות המבוססים על השפה המבנית של הטבע. ספריה הפגישו אנשים רבים עם חוכמת הטבע ופתרונותיו.

בקורס ביומימיקרי שהעבירה יעל, למדנו את הבסיס התיאורטי של ביומימיקרי לצד שפע דוגמאות לפתרונות מן הטבע ויישומים ביומימטיים בהשראתם. למדנו כלים ומתודולוגיות למציאת פתרונות לאתגרים שונים בהשראת הטבע, תוך התבוננות על הטבע כמאגר בלתי נדלה לרעיונות, להשראה ולפתרונות ותוך היעזרות בספרות המחקרית ובמנועי חיפוש כדוגמת Ask Nature. במהלך הקורס, התנסו בעצמנו בפיתוח אתגר ביומימטי בצוותים רב־תחומיים. כך, למשל, בקבוצה שלי, פיתחנו קונספטואלית מנגנון של שימור איברים בהשראת צפרדע העץ ששורדת

את הדגים שמהם הוא ניזון. בעקבות התצפיות שביצע המהנדס ותוצאות של מחקרים נוספים, נמצא כי המקור של השלדג הוא המאפשר לו כניסה שקטה למים.



ממקור לקטר

בעקבות ממצא זה נערך תכנון מחודש של קטר הרכבת על פי המודל של מקור השלדג, והתכנון החדש סייע בהפחתה משמעותית של עוצמת הרעש. השינוי במבנה הקטר סייע גם בהפחתת צריכת האנרגיה של הרכבת ב־15% ואפשר להגביר את מהירותה בכ־10%.

ההתפתחות הטכנולוגית המשמעותית של העשורים האחרונים והיכולת למדל ולבחון פתרונות טבעיים, כמו גם היכולת לבחון מבנים מיקרוסקופיים ומולקולריים, מאפשרות גישה לטבע ולפתרונות החבויים בו במקום להמציא את הגלגל מחדש בצורה יעילה אנרגטית שאינה מזהמת את הסביבה. ביומימיקרי מהווה צורת מחשבה משמעותית לא רק לצורך פתרון הבעיות הסביבתיות של היום, אלא גם למניעת הבעיות

שנחשפתי לראשונה לביומימיקרי הוקסמתי לחלוטין. ביומימיקרי או ביומימטיקה (מיוונית, הלחם המילים ביוס, βίος שמשמעותה חיים ומימטיקה μίμησις/μίμησις שמשמעותה חיקוי) היא ענף בעולם המדע המחקרי, בעיקר בתחומי מדעי החיים, המדעים המדויקים וההנדסה, החוקר את אופן פעילותו של הטבע כדי לחקות אותו לצורך פתרון בעיות אנושיות.

הרעיון העומד בבסיס התחום הוא שהפתרונות למרבית הבעיות שבהן נתקל האדם כבר נפתרו בטבע. במשך מיליוני שנות R&D של האבולוציה, יצורים שונים פיתחו מנגנונים מדהימים שתורמים להישרדותם. באמצעות למידה של אותם מנגנונים נוכל לפתח מוצרים, תהליכים ומערכות מקיימים יותר.

דוגמה מפורסמת לביומימיקרי היא שינקנסן (Shinkansen), הרכבת המהירה היפנית. ביפן תכננו ובנו את הרכבת המהירה בעולם, אבל עוצמת הרעש שהיא יצרה כשהגיעה ממנהרה לא עמדה בתקני הרעש המקובלים. הרעש החזק נבע מהפרש הלחצים שבין האוויר החדוס במנהרה לאוויר הפתוח בחוץ, והוא נשמע גם במרחק קילומטרים רבים מן המנהרה. עוצמת הרעש פגעה באיכות חיי התושבים באזור והעידה גם על בזבז האנרגיה המתלווה למטרד. צוות של מהנדסים נקרא לפתור את הבעיה.

אחד המהנדסים, צפר חובב, הבחין שהשלדג מתמודד עם אתגר הדומה לזה שניצב בפני מהנדסי הרכבת. השלדג נוהג לצלול לתוך מים במהירות גדולה. בדומה לרכבת, גם השלדג עובר מתווך בעל צפיפות מסוימת (אוויר) לתווך בעל צפיפות שונה (מים) ולהפך, אבל הוא מצליח לבצע את המעבר בצורה חלקה ושקטה, בלי לייצר רעש והתזות מים מיותרות. אחרת היה מכריח

ומראה שונה במקום אחר. דמייני שאת עומדת בשדה תורמוסים וחלקם סגולים וחלקם ורודים ואז את שואלת את עצמך למה? זה רובד של חוויה שכל הזמן נמצא בטבע וצריך רק להסתכל ולהבחין בתופעות ובדפוסים שאנחנו לא מבינים, ולשאול למה?

הרבה פעמים מאחורי המנגנונים של דברים שהם מאוד יפים בטבע, יש הרבה תבונה וחוכמה – למה זה נראה ככה, לאיזה פונקציה זה משמש, מעבר לרוממות הרוח של לראות משהו יפה. למשל ציפור גן עדן – פרח שנראה כמו ציפור. את יכולה להתפעל מיופיו ולהגיד וואו, ואת יכולה גם לשאול את עצמך למה, מה הפונקציה של עלי הכותרת הכחולים, מה המנגנון מאחורי זה? ולגלות מנגנון כיפוף ייחודי ללא צירים. עצם העיסוק בביומימיקרי מוסיף רובד של התבוננות והסתכלות על הטבע למי שנמצא בטבע. הטבע הוא כל כך גדול. את תמיד יודעת שתמצאי משהו, כל יום את שמה לב למשהו אחר, לומדת משהו חדש, בהתאם להלך הרוח שלך באותו יום, בהתאם למה שנקרה בדרכך.



היופי בעיני המתבונן

את זוכרת מתי התחילה צורת ההסתכלות הזו שלך על העולם?

כשהייתי ילדה קיבלתי ספר של ביומימיקרי, קראו לו ביוניקס, זה מעין אלבום של תמונות טבע ופיתוח של טכנולוגיות בהשראתם. אני ממש זוכרת שכילדה, נדהמתי מן הרעיון הזה. חשבתי לעצמי, איזה יופי שאפשר לפתח פתרונות בהשראת הטבע. ברגע שגיליתי את התחום שוב בבגרותי, החלטתי שזה מה שאני אעשה בחיים, וזאת אכן הקריירה שלי. מה שנורא כיף זה שהפליאה אף פעם לא נגמרת. הטבע הוא אינסופי, ואפילו שאני שנים בתחום, כמעט 15

גרמני, חשף את אפקט הלוטוס – מנגנון של ניקוי עצמי הקשור לפני השטח של העלה.

דוגמה נוספת היא סיפור הקמתה של חברת אמורפיקל, שמפתחת תחליפי סידן בהשראת הסרטנים הכחולים. יוסי בן, מייסד החברה, התפלא כשהבחין שהסרטנים הכחולים שגידל בונים את השלד שלהם תוך שלושה ימים, כשאינן סידן במים. זה הוביל למחקר שמצא שהסרטן סופח את הסידן מן השלד לפני שהוא משיל אותו, ואוגר אותו בבטן בגוש הנקרא גסטרוליט. מאגר זה משמש כמקור סידן לבניית השלד הבא. נמצא שמבנה סידן זה מאפשר ספיגה טובה יותר בגוף האדם. דוגמה נוספת היא חוקר שראה סרטון על פינגווינים שקופצים מתוך מים קרים והתפלא לראות שאין קרח על הנוצות שלהם, הרי הטמפרטורה באיזור שבו הם חיים היא מתחת לאפס. זה הוביל אותו לחקור את התופעה ולזהות מבנה שיש לו אפקט של דחיית קרח בכנפיים שלהם. מכאן הדרך לחיקוי המבנה נפתחה.

גם בארץ, אומניקס, חברה ישראלית שמפתחת אנטיביוטיקה חדשנית, שאלה את עצמה איך זה יכול להיות שחרקים לא חולים במחלות שאנחנו חולים בהם. אין להם את השירות הרפואי שלנו ולא את היכולת ליטול אנטיביוטיקה, ועדיין הם ממגרים את החיידקים שגורמים למחלות. שאלת הפליאה הזאת הובילה לגילוי של פפטידים אנטימיקרוביאליים שממש מנקבים חור בתא של החיידק וכך הם משמידים אותו. הפתרון שלהם מבוסס על הבחנה זו.

הכול מתחיל משאלות פליאה שמובילות את תהליך החדשנות. זה יסוד הביומימיקרי. ההסתכלות וההתבוננות היא שלב ראשון, שמוביל לזיהוי של תופעה מפתיעה, למחקר שלה, ולחיקוי שלה, המייצר חדשנות.

איך זה להתהלך בעולם עם צורת ההסתכלות הזאת, הביומימיקרית?

אני מרגישה שנוסף לי רובד להתבוננות בטבע. ברור שכמו כולם כשאני בטבע אני נהנית, וטוב לי. הטבע הוא גורם משמעותי בחיים שלנו, אבל תמיד יש לי גם הסתכלות שונה. אני מציגה את עצמי כציידת ולקטת של המאה ה-21. כשאני מסתובבת בטבע אני מלקטת השראה וצדה פונקציות. גם כל מי שבסביבתי מסתכל כך על העולם, מראה לי תופעות חדשות, שואל שאלות.

להתהלך עם צורת ההסתכלות הזו אומר לראות דפוס בטבע ולהתחיל לחשוב למה הוא מתקיים. אפשר למשל לתהות על נטייה של צמחים לכיוון כלשהו או על צמחים עם מבנה מסוים, או בעלי מראה ספציפי במקום אחד

חורפים ארוכים וקשים בקנדה ובצפון ארצות הברית, ויכולה לקפוא לחלוטין, להפשיר ולחזור לפעילות מספר רב של פעמים מבלי להינזק. שוחחתי עם יעל על הפתעות בהשראת הטבע.

מה התפקיד של הפתעה בתהליך של ביומימיקרי וחדשנות מן הטבע?

פליאה בהקשר של ביומימיקרי היא מצב שבו אנחנו רואים בטבע תופעה שאנחנו פשוט לא מבינים איך היא מתרחשת. אנחנו לא מאמינים שהיא יכולה להתרחש, היא לא עלתה בשדה הדמיון שלנו ואנחנו מאוד מופתעים לראות אותה. כל זה מצית את הרצון שלנו לחקור ולהבין אותה. כדי לחוות את הפליאה צריך להתהלך בעולם ובטבע בסקרנות. הסקרנות שלנו היא כמו רדאר, שסורק בדריכות את הסביבה. בשלב מסוים נבחין במשהו שיתפוס את העין שלנו כי נהיה מופתעים לראות אותו. בעיני, סקרנות היא תהליך קוגניטיבי של התבוננות, והפליאה היא כבר רגש שמניע אותנו לעשות פעולה כלשהי. הפעולה היא לחקור ולהבין את התופעה המפתיעה. אריסטו אמר: "ראשית מחקר – פליאה". הרגע של הפליאה, הוא הרגע שמניע את המחקר. אנחנו מזהים פער בין מה שידוע לנו לבין מה שזיהינו בטבע, והפער הזה הוא מנוע שמוביל אותנו להתחיל לחפש את התשובות.



ועולה השאלה: מה אנחנו רואים?

תוכלי לתת דוגמאות לחדשנות מן הטבע שהתחילה מפליאה?

יש הרבה דוגמאות לחדשנות מן הטבע שהתחילה מפליאה. למשל, אפקט הלוטוס – איך יכול להיות שצמח שגדל בתוך ביצה תמיד נקי? היינו מצפים לראות אותו מכוסה בשכבת בוץ ואבק. פליאה זו הובילה את העולם המדעי לחפש תשובות. לבסוף, וילהלם ברטלויט, חוקר

תמצא ההזדמנות. זה ממש הרגע שנפל לי האסימון וכתבתי שם את הטקסט הזה שמופיע בספר. גם שאר הטקסטים הם מהתבוננות בתופעות שסיקרנו אותי ונגעו בי.



ההזדמנות תגיע

לאורך כמה זמן ליקטת את התבוננות האלה?

זה בסיס הידע שלי, אלה דברים שאני יודעת שנים. הייתי כמה שנים בסדנאות כתיבה אצל מישהי מדהימה בפרדס חנה ודרכה התחלתי לכתוב. אני חושבת שהכתיבה האקדמית הרחיקה אותי מכתובה חופשית כי היא מאוד נוקשה ויש לה כללים שסגרו את החופש היצירתי, שבעזרת סדנאות הכתיבה נפתח מחדש. שמת לי לב שאני כותבת המון טקסטים על הטבע ושזה מה שמעניין אותי. לאט לאט ליקטתי תבוננות שגדלו להיות למסה. כל כמה שבועות החלפתי נושא, הגדרתי לעצמי, "החודש הזה הוא חודש של זרימה" (אחד הפרקים בספר) ובו מיקדתי את תשומת הלב שלי בתופעות הקשורות לזרימה בטבע, כך החלפתי תחומים והספר התהווה.

בספר יש גם תמונות נפלאות.

זו היתה חוויה מאוד גדולה, כשסיימתי לכתוב את הספר אמרתי לעצמי שהטבע כל כך יפה אז הספר צריך להיות יפה כמו הטבע. היה לי ברור שאני חייבת תמונות לצד הטקסטים. חברתי לצלם דורון הורוביץ שהיה שכן שלי לאורך שנים, ובחרנו תמונות לספר שיהיו לצד הטקסט. בעבודה המשותפת איתו למדתי על ההסתכלות של צלם ומה הטבע מעורר בו. זה היה תהליך מאוד מרגש לעבוד עם אמן. זה מאוד מרגש כשתמונה פוגשת מילים. אני רוצה שכל מי שקורא את הספר ייצא לטבע ויצוק את התמונות שלו לתבוננות ושזה יעורר בו משהו. הטבע אינסופי, חבל לא להתייחס אליו ולהינות מן היופי והתבוננות שלו, הרי אנחנו חלק מן הטבע.

שמצליחות לזהות את הטבע הזה. זהו רפרנס לפתרון שעובד. החיפושיות רגישות לריכוזים מאוד קטנים של אינפרא-אדום שנפלט מן העשן. יכול להיות שהטכנולוגיה עדיין לא מאפשרת פיתוח של חיישנים רגישים כאלה, אבל אם בטבע זה אפשרי, יש לאן לשאוף.

ההתבוננות הזו על הטבע פורצת את גבולות הדמיון וזה חלק מן היופי של התחום.

יעל כתבה לאחרונה ספר נפלא שנקרא הטבע שאני. הספר עוסק בחוכמת הטבע ובהתבוננות בטבע כמנטור לחיים. הוא מציג מגוון אנלוגיות בין הטבע למרחב הארגוני, הקבוצתי והאישי ותבוננות עמוקות על חיינו.

אילו תובנות מפתיעות בעיניך ניתן ללמוד מהטבע?

הפתרונות ביומימיקרי לא חייבים להיות הנדסיים וטכנולוגיים. אותי מאוד מעניין להבין איך הטבע עובד ואיך מערכות מתנהלות. זה מה שניסיתי לעשות בספר האחרון, לזהות את העקרונות האלה ולהבין איפה יש להם משמעות בחיים שלנו, כפרטים וכקבוצות. ביומימיקרי שהוא יותר אישי וחברתי, להסתכל על הטבע כמנטור גדול בהנחה שאתגרים שמעסיקים אותנו קיימים גם בטבע. למשל, איך להתמודד עם חסמים ועם כישלונות, איך לחיות בצורה יותר זורמת, איך להשתנות בקצב נכון, איך לצמוח ולהתפתח, איך להתנהל טוב בקבוצה. אלה שאלות שמעסיקות אותנו ביומיום, ומה שניסיתי לעשות בספר האחרון זה לשאול את הטבע את השאלות האלה ולזהות איך ניתן למצוא בזה חומר למחשבה ולהגות לגבי החיים שלנו.

לדוגמה, באחד הקטעים בספר כתבתי על מרחב אפשרויות, התבונה היא שהטבע עובד עם מרחב אפשרויות מאוד גדול. כשזרע נופל מן העץ הוא לא נופל לנצ. מסוים, הוא יסתדר בהרבה מקומות וזה נותן המון גמישות; יותר מאשר לכוון ליעד מאוד מאוד ספציפי. זה חלק מסוד הגמישות של הטבע.

אני ממש זוכרת את הרגע שהבנתי את זה. הייתי באיזור של נחל אביאל, וראיתי שם המון שפיריות שמדלגות בקלילות מפרח לפרח. הן בעקרון ניסו לצוד חרקים. כל פעם הלכו לעמדה אחרת וחייפו חרק ואם לא מצאו בקלילות עברו לעמדה הבאה, כאילו אמרו לעצמן "לא פה, אז אולי פה" בכל מעבר. הסתכלתי עליהן ואמרתי לעצמי איזה יופי הגמישות הזאת, ההבנה הזאת שאפשר להמשיך הלאה, שההזדמנות תגיע, אין ספק שבסוף יגיע החרק. התבונה שמרחב האפשרויות גדול, נותנת ביטחון בחיים, שלבסוף

שנה, אני כל יום לומדת משהו חדש. כל הזמן יוצאים מחקרים חדשים וכל מחקר עוזר לנו עוד קצת להבין גם את עצמנו וגם את העולם.

הפתעה היא במובן מסוים פתרון לתעלומה שתמיד היתה. למשל, ידעו במשך שנים שלציפורים נודדות יש חוש מגנטי אבל לא ידעו איפה הוא נמצא. ב־2020 פרסמו שיש לציפורים בקיבה חיידקים מגנטוטיים שגמים לפי השדות המגנטיים והציפור חשה אותם ונעה בהתאם. זה סוג של מצפן פנימי וזו תגלית שהיא באמת מפתיעה, שנותנת תשובה לשאלה שהיתה תעלומה בעולם המדעי במשך שנים. כל יום ויום מתגלות עוד תשובות.

ההפתעה היא אינסופית, המאגר של הפתרונות כל כך גדול והחידות כל כך גדולות. כל יום מגלים חיים במקומות שלא חשבנו עליהם, מינים שלא ידענו על קיומם, בין אם במעמקי האוקיינוסים או במקומות נגישים יותר. תמיד מפתיע לגלות מין חדש שאולי נראה בצורה מאוד לא שגרתי. יש בעלי חיים בטבע שנראים פשוט כאילו הם יצאו ממעבדה של אמנים – בעיצוב שלהם, בצבעים שלהם, בצורה שלהם, שאת נדהמת מכמה דמיון יש במראה שלהם.

בטבע יש הרבה מגוונים ותופעות שאנחנו כמתכננים וכמהנדסים בכלל לא חשבנו שהם אפשריים. זה מעבר לגבולות הדמיון שלנו, וכשנראים שבטבע יש רפרנס לכך שזה אפשרי, זה פורץ את גבולות הדמיון שלנו וגורם לנו ללכת בכיוון הזה ולחקור איך זה קורה ומתנהל.

יכולות מופלאות כאלה אפשר למצוא, למשל, בעולם של חישה בטבע. אלה יכולות שמהנדס לא יעז לרשום אותם אפילו כאתגר תכנוני. למשל, גילויי אש במרחק של 80 ק"מ – איזה מהנדס יקח על עצמו אתגר כזה? בטבע יש חיפושיות אש



בכל אקוסיסטם יש שפע של פתרונות

לבין איך שמהנדסים פותרים את אותן בעיות. בנו מאגר של אלפי בעיות וגילו שהפרמטרים לפתרון שונים. בטכנולוגיה הפרמטרים לפתרון הם תמיד חומר ואנרגיה, ובטבע הם מבנים ושימוש חכם במידע. בטבע הפרמטרים הרבה יותר סביבתיים ומקיימים. לא הייתי מצפה להבדל כזה גדול בין הטבע לטכנולוגיה. בשבילנו בני האדם חומר ואנרגיה זה הלחם והמים שלנו, ככה אנחנו חיים וחושבים, וזה שאפשר אחרת זה מפתיע ומרגש ונותן תקווה שבאמת יכול להיות שינוי בעתיד.



צו השעה

בהסתכלות קדימה על העולם, בהינתן משבר האקלים, מה התפקיד של ביומימיקרי?

לביומימיקרי יש תפקיד גם ברובד היותר ערכי – לראות איך הטבע פותר אתגרים בצורה יותר הוליסטית ומערכתית. זה משהו שאנחנו צריכים להטמיע בחשיבה שלנו כמתכננים. יש לנו עוד דרך לעבור. לנו המהנדסים, יש אחריות מאוד גדולה, אנחנו לוקחים חומר ואנחנו מעצבים אותו. יש לנו חותמת מאוד משמעותית ברמת החומר, ויש לנו אחריות. מאיפה לקחנו אותו, מה הוא עושה כשהוא פועל, מה קורה בסוף חייו. אם נהיה כמו הטבע, בסוף חייו הוא יתפרק ויחזור ויזין את המערכת ועצם הפעולה שלו תביא שגשוג לכל הסביבה. זה משהו מאוד שורשי בטבע, שאנחנו בתור מהנדסים צריכים לאמץ בשביל להתמודד עם משבר האקלים ברובד היותר פילוסופי.

ברובד היותר פרקטי, בטבע יש המון פתרונות למשבר האקלים, בתחום האנרגיה, בתחום המים, ובתחום החומר. צריך לראות איך הטבע פותר אתגרים בתחומים אלה, למשל, איך הטבע מפיק אנרגיה מן השמש. הטבע משתמש בשמש בצורה מופלאה. מנסים היום לעשות פוטוסינתזה מלאכותית אבל אנחנו עוד לא שם. צריך ללמוד איך הטבע מתמודד עם

את עצמם, נשמע משוגע, אנחנו רגילים להביא חומר ניקוי ומים ולנקות דברים. בכל המנגנונים העצמיים, כמו ריפוי עצמי וניקוי עצמי, יש משהו שמאוד מרחיב את החשיבה שלנו. בהקשר של חדשנות טכנולוגית אין הנחות לביומימיקרי, הפתרון צריך להיות בעל ביצועים טובים. לא פשוט להגיע לביצועים של הטבע ובסופו של דבר יש גם את המבחן הכלכלי שיכריע אם הפתרון ישתלב בשוק.

לאורך השנים, מהן הדוגמאות שהכי הפתיעו אותך אישית?

אני יודעת שהטבע גאון אחרי שפע הדוגמאות שראיתי. יש דוגמאות שיותר מציתות את הדמיון, למשל, יש יצור שקוראים לו ספיר הים שנעלם משדה הראייה האנושי, זה קשור ליכולת שלו לשנות את החזרי האור שמגיעים ממנו, עד שהם יוצאים מטווח הראייה ואז אנחנו פשוט לא רואים אותו. אנחנו לא רגילים שמשהו נעלם לנו מול העיניים וזה מאוד מעורר סקרנות. דוגמה נוספת היא פרח השלד, שהוא פרח לבן ובמגע עם מים הוא פתאום הופך שקוף, כל הצבע שלו נעלם. דוגמאות שמלהיבות אותי במיוחד הן כאלה שמראות את הגאונות התכנונית של הטבע. למשל, אפקט הלוטוס, שהוא מבנה שמוצר פעם אחת, שעושה שימוש במה שיש בסביבה – מים, כדי לייצר פעולת ניקוי לכל החיים ללא השקעת אנרגיה, ללא עבודה, ללא חומרי ניקוי. פתרונות מן הטבע הם הוליסטיים ומערכתיים, אלה פתרונות שרואים את טובת המערכת, הם עושים שימוש במערכת. אלה תופעות שהכי מרגש אותי לראות היום, כי הן מחישות כל כך טוב את הפוטנציאל של פתרונות הטבע.



יש לנו אחריות, אפשר אחרת

יש מחקר שנקרא BioTRIZ, שבו הלכו ובדקו מה ההבדל בין האופן שבו הטבע פותר בעיות

מה התפקיד של הפתעה בטבע?

בהפתעה יש אלמנט הישרדותי. לדוגמה חקיינות – בעלי חיים, שבעצם נראים כמו בעל חיים אחר כדי לייצר מצג־שווא, ואז הם מפתיעים את מי שמזהה אותם כאחר, ומנצלים את זה לטובתם. למשל יש דג שמחקה את דג הנקאי שאוכל שאריות מעור של דגים ואז כשמתקרבים אליו הוא נוגס בקורבנות שלו. יש בעלי חיים שממש צדים באמצעות אפקט ההפתעה, כמו עכביש מלכודן שמתחבא מתחת לאדמה ויש לו מעין מכסה מעל הראש, וכשהוא מרגיש את הרטט הוא מרים את המכסה ומפתיע את הטרף שלו. גם דובי קוטב משתמשים בהפתעה, זו אסטרטגיית הציד שלהם, הם עומדים ליד חורים, מחכים שכלב הים יעלה לנשום ומפתיעים אותו. אסטרטגיית גרילה היא מאוד נפוצה בטבע גם כאסטרטגיית ציד.



צריך הפתעה כדי להתקיים

יש הפתעה גם באלמנטים השונים של החיזור אצל ציפורים. רואים את הציפור רוקדת ופתאום היא פורסת את הכנפיים שלה ורואים צבעים ססגוניים. בתהליכים של חיזור בטבע המטרה היא למשוך את תשומת הלב של הנקבות ולהרשים אותן, הפתיחה של הנוצות מאוד מפתיעה ומושכת את תשומת הלב שלהן. ההפתעה משמשת גם כדי לתפוס את הטרף לא מוכן וגם כדי לתפוס את תשומת הלב בתהליכי חיזור, למשל.

יש מושג בספרות ההנדסית שנקרא crazy concepts. מדובר בכל מיני פתרונות שאנשים יחשבו שהם הזויים ומי בכלל יעלה אותם בדעתו, אבל אנחנו רואים שהם מתקיימים בטבע. למשל, כל הרעיון הזה שאפשר להילחם בחיידקים באמצעות מבנה ולא באמצעות חומר הוא רעיון מאוד חדשני בתפיסה של העולם הטכנולוגי שמטפל בחיידקים עם אנטיביוטיקה, יש פה חדשנות. כל הקונספט של משטחים שמנקים

טלטלות של משבר האקלים – סופות, רעידות אדמה, הוריקנים. יש המון חוסר יציבות אקלימית והטבע בנוי בצורה שמאפשרת לו להתמודד עם טלטלות כאלה באופן טבעי. באזורים של רעידות אדמה השורשים של העצים יותר גמישים כדי לעמוד בטלטלות. הקרקע בהרבה מקומות בטבע מחלחלת ומאפשרת למים להיספג. לעומת הערים שלנו שמלאות בבטון לאי-מחלחל, כך שהמים פשוט לא חוזרים לקרקע. הטבע יודע לספוח CO₂. זה שירות שהוא נותן למערכת ואנחנו יכולים ללמוד מזה במקום להמשיך בפליטות. אנחנו צריכים ללמוד המון – אבל יש ממי ללמוד. זה נותן מקום לאופטימיות.

יש לך המלצה לקוראים איך הם יכולים ללמוד ביומימיקרי?

היום, בניגוד לזמן שאני התחלתי, יש לביומימיקרי המון נוכחות ברשת. אפשר גם ללמוד בצורה מסודרת דרך הקורס של ארגון הביומימיקרי הישראלי, וקורסים מקוונים בעברית שיושקו בקרוב. בקרוב מאוד גם יושק הספר שכתבתי **המצאות הטבע – איך לייצר חדשנות בהשראת הטבע**, שהוא הספר הראשון והמקיף על תחום הביומימיקרי בעברית. אני מאמינה שיהיו בהמשך גם תארים בתחום בארץ. בחו"ל כבר יש תואר ראשון ושני בביומימיקרי. את החשיבה הביומימיקרית אפשר להביא לכל דיסציפלינה, לא משנה מה לומדים. למשל, בניהול אפשר לשאול איך האתגרים הניהוליים

ביומימיקרי הוא תחום מרתק, וכלי נהדר לרעיונות, לחדשנות, לפליאה, להשראה ולחינוך. למי שמעוניין ללמוד עוד על הנושא, אלה מקורות טובים:

1. לפני כל הלינקים, הטבע – פשוט צאו החוצה ותבוננו
 2. [Naturecode](#) – הסבר על התחום וקישור לספרים ולקורסים שהוזכרו
 3. [Biomimicry](#) – אתר ארגון הביומימיקרי הישראלי
 4. [Biomimicry Toolbox](#) – הסבר על התחום של ארגון הביומימיקרי העולמי
 5. [AskNature](#) – מנוע חיפוש למנגנונים בטבע
 6. [Findstructure](#) – מנוע חיפוש מבוסס מבנים למנגנונים בטבע שפותח בדוקטורט של יעל ועיצובים מרהיבים
 7. [\(ZQ\) Zygote Quarterly](#) – מגזינים על נושאים שונים בביומימיקרי שמשלבים תמונות
 8. [ידעון הארגון הישראלי לביומימיקרי](#) – ידיעון הכולל שפע דוגמאות לפיתוחים ביומימטיים בעברית
- למקורות נוספים ורעיונות לקידום התחום בארץ ובעולם, מוזמנים לפנות אליי, agassy.chen@gmail.com

לתהליכי החשיבה שלנו כשאנחנו מנסים לחקור נושא – הטבע.

משחר האנושות האדם התבונן ולמד מן הטבע, זה רק טבעי לחזור ולהתבונן גם בלי ללמוד בצורה מסודרת. אפשר להתחיל להסתכל על העולם דרך הפריזמה של הסתכלות בטבע, להלך בסקרנות בטבע, לחפש את המקורות שבהם הטבע מפתיע אותנו, ולהתחיל משם. אני תמיד אומרת שאם יש גורם אחד שמאחד אנשים – זה הטבע.

התמונות צולמו על ידי חן אגסי

שמתמודדים איתם נפתרו בטבע. לא חייבים להיות ביולוגים או מהנדסים כדי לאמץ את החשיבה הביומימיקרית, ואם במקרה אתם ביולוגים או מהנדסים, אדרבה, נסו לעבוד בצוותים בינתחומיים ולמצוא פתרונות מן הטבע.

צריך לזכור להשתמש בטבע כמקור ידע והשראה בכל פעולה מחקרית שעושים וכמוה יש רבות באוניברסיטה. אני מסתכלת על זה כך: כמו שיש מנוי למאגרי מאמרים באוניברסיטה, יש פה מנוי בחינם למאגר ענק של רעיונות ופתרונות שניתן לקבל ממנו השראה וידע רלוונטיים