

בן אדם אחריו קוף



הפיתוח התעשייתי

רכבת השינקן היפנית וראש השלדג (למטה מימין). קטר הרכבת עוצב מחדש בהשראת מקור השלדג, וכך נהייתה הרכבת שקטה וחוסכנית יותר באנרגיה

שלהן, ו"מתוך הכרה כי הטבע כבר פתר בדרך בתיקיימא את מירב האתגרים הניצבים בפני האדם, ולאור התובנה כי הטבע משמש כמקור לחדשנות וקיימות". מטרתן היא להפיץ את זרעי הביומימיקרי בקרב תלמידי בתי הספר וגם בקרב מעצבים, מהנדסים, מדענים ומנהלים. "הסדנאות נותנות דרך הסתכלות אחרת על הטבע, ומאפשרות לאנשים לחשוב בצורה המצאתית". במסגרת זו הן מפתחות שיתוף פעולה עם הספארי ועם ספריית החומרים במכון הטכנולוגי לעיצוב בחולון.

רוב פיתוחי הביומימיקרי מעתיקים צורה הקיימת בטבע ושימושית לצורכי האדם. "את הצורה הדוממת קל לבחון במעבדה ולחקות בצורה מלאכותית", הן אומרות, "אך כמובן שזה אחרי תהליך ארוך של מחקר ופיתוח. לפעמים יש חיקוי מלא, ולפעמים מקבלים השראה". כמו בגד הים של "ספידו" שמחקה את מבנה הקשקשים של הכריש, ובזכותו נשברו כמה שיאים עולמיים בשחייה. "לפעמים זה נותן למפתחים כיוון ודרך. למשל, מגדל אייפל שנבנה בהשראת עצם הירך, הנושאת את כל משקל הגוף באמצעות חלוקה לחללים. המגדל קל וחזק, הודות לחיקוי של פונקציונליות מבנית מהטבע".

דוגמה טובה לביומימיקרי היא הרכבת היפנית המהירה שינקנסן. היא נוסעת במהירות של 300 קילומטר בשעה, והייתה יכולה לנסוע אף מהר יותר אילו לא הייתה גורמת רעש אדיר, המפריע גם לתושבים במרחק עשרות קילומטרים. ביציאה ממנהרה הרעש חזק במיוחד, משום שהרכבת עוברת בין

במשך אלפי שנים העריצו בני אדם חיות וצמחים בעלי יכולות נדירות, וחיקו את המראה ואת ההתנהגות שלהם. התפתחות המדע והטכנולוגיה יצרה את התחושה שהאדם עלה על הטבע, והוא אינו זקוק לו יותר. הסתגרו בערים ובבתים שלנו, הרחקנו את הטבע מעלינו ואיבדנו את ההודמנות לצפות ולקבל השראה מזריוותם של הצבאים או מהדיוק בתעופתו של יונק הדבש.

בעשרים השנים האחרונות משתכלל תחום הביומימיקרי (ביו=חיים, מימיקרי=חיקוי) שמשמעו עיצוב והנדסה בהשראת גורמים ומערכות טבעיים, אומרות ד"ר דפנה חיים-לנגפורד ויעל הלפמן-כהן, שהקימו את הארגון הישראלי לביומימיקרי. "הטבע הוא מקור לפתרונות, והוא מתמודד עם אותם האתגרים. שריון הקונכייה וקור העכביש התפתחו והשתכללו במשך מיליוני שנים, והם חזקים פי כמה מכל חומר מורכב שהומצא בידי האדם. זהו תחום שיש בו פוטנציאל לחדשנות", הן קובעות, ובארץ חסר ידע. המסר הוא - חכו, חקו, הן אומרות, "כדאי לבדוק מה כבר קיים לפני שממציאים דברים חדשים".

העבודה בארגון היא התנדבותית, אך האווירה היא מקצועית לחלוטין. השתיים חדרות תחושת שליחות, בטוחות בדרך, והעיקר - מכירות את הנושא לאורכו ולרוחבו. חיים-לנגפורד היא דוקטור לביופיזיקה מהטכניון, ועבדה בחברות הייטק בתחום המכשור הרפואי. הלפמן-כהן בעלת תואר ראשון בהנדסה, תואר שני בניהול ועבדה בתחום החינוך וכמנהלת במגזר הרפואי והתעשייתי. הן הקימו את הארגון מתוך העבודה היומיומית

שריון הקונכייה וקור העכביש התפתחו והשתכללו במשך מיליוני שנים, והם חזקים פי כמה מכל חומר מורכב שהומצא בידי האדם. אז לפני שממציאים דברים חדשים ולא תמיד ידידותיים לכדור, כדאי לשאוב השראה מהטבע, כך גורס תחום הביומימיקרי (ביו=חיים, מימיקרי=חיקוי)



המקור הטבעי



צילום: דאָוִד בְּרַזִּיֶר

הפיתוח התעשייתי



צילום: H. ZELL

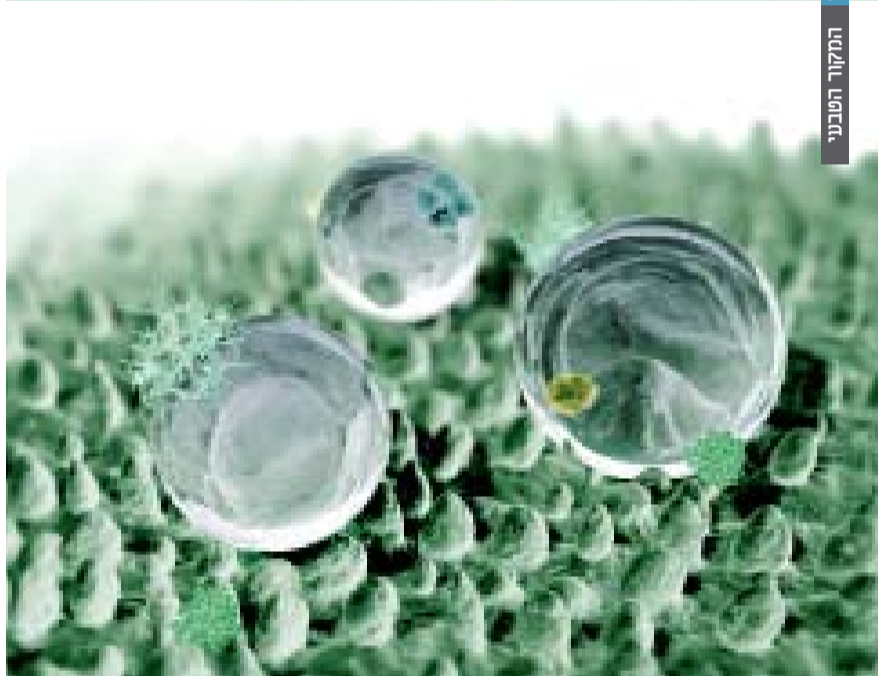
הפיתוח התעשייתי



צילום: J. BREW

המקור הטבעי

צילום: VIERKA VARAKOVA, SLOVENIA



צילום: WILLIAM THIELCKE

המקור הטבעי

הבדים והמשטחים המתנקים בקלות מנצלים את מנגנון הניקוי העצמי של צמח הלוטוס. מימין למעלה: טיפה מחליקה על עלה לוטוס. מימין למטה: תצלום מיקרוסקופי של מנגנון הבליטות הזעירות שהותק לבדים ומשטחים מעשה ידי אדם. משמאל למעלה: מבנה המשרדים בהארארה בירת זימבבואה שנבנה בהשראת קן הטרמיטים (משמאל למטה) הצליח לחסוך 90% מהאנרגיה הדרושה לחימום ולקירור ומשטחים מעשה ידי אדם.

ומעולם למד האדם מהטבע. מה שהשתנה הוא היכולת שלנו לחקור מבנים מיקרוסקופיים ולחקות אותם ברמה המיקרוסקופית. ללא המהפכה התעשייתית לא היינו מגיעים למהפכת הביומימיקרי. התחום הולך יד ביד עם התעשייה, ולא מתנגד לקדמה. בשנים האחרונות, מוסיפה חיים לנגפורד, "הובן הקשר בין התחום לבין תחום הקיימות והאקולוגיה. תכנון מבנים ומוצרים חוקים יותר מאפשר חיכוך בחומר, למידה מן הטבע מאפשרת לייצר ללא שימוש ברעלנים ובכימיקלים, כמו האורגניזמים החיים בסביבת הייצור שלהם, ולא יכולים לייצר זיהום".

נכון, במסגרת הביומימיקרי אפשר לייצר גם מוצר מזהם ומזיק, הן מדגישות, השאלה היא אם זה הביומימיקרי שרצינו. היתרון לתעשיינים הוא חיכוך באנרגיה ובחומר, ועמידה מוצלחת יותר בחוקים לשמירה על איכות הסביבה, שמחמירים משנה לשנה. הקישור בין בעיה לבין פתרון באמצעות הביומימיקרי נעשה משני הכיוונים. כשנתקלים בבעיה, מסבירה הלפמן-כהן, מחפשים אורגניזם המתמודד עם בעיה דומה. ראשית, מנסחים את הבעיה בצורת פונקציה. ניסוח בעיית רכבת השינקנסן היפנית, למשל, ייראה כך: מעבר בין שתי צפיפויות ללא רעש. לאחר מכן ניגשים למאגרי נתונים ייעודיים, שמאפשרים למצוא פתרון לבעיות. "אין ברירה אלא ללכת לבוטנאים, לזואולוגים, לביולוגים", היא אומרת. "כאן צריך לגשר על פערי שפה בין תחומי הידע השונים". בכיוון השני, מוסיפה חיים לנגפורד, מוצאים תופעה מעניינת ומחפשים לה את השימושים. ניתן למצוא הרבה מחקרים ומידע "נקיים", שלא היו מיושמים, ולא סופחו לשום תחום ידע. "ביולוגים חוקרים למען המחקר, והמהנדסים והמעצבים מתכננים למען התוצר", היא מסבירה, "הביומימיקרי אומר - שבו יחד, למען הפיתוח". ★

הלוואי ובפסולת של האחר. כך חוסכות החברות בחומרי גלם ובהובלות, וכולנו מרוויחים סביבה נקייה יותר".

יש מנגנונים טבעיים שיש להם שימושים מועילים רבים, כמו זה של צמח הלוטוס הנקי תמיד, למרות שהוא גדל במים עכורים. בזכות ניקיונו קולטים העלים את קרני השמש, והפרח מושך את החרקים המאביקים. זו אחת הסיבות לכך שבאמנות המזרח הוא מסמל טוהר. ללוטוס יש מנגנון ניקוי עצמי, שגורם לגשם ואפילו לטל לשטוף ממנו את הזיהום ללא שימוש בחומרי ניקוי או באנרגיה. הוא מכוסה בבליטות שעווה בקוטר של ננו-מטר אחד (קטן פי מיליון ממילימטר), הגורמות לטיפות הנושרות עליו להסתחרר ולאסוף את הלכלוך. את המנגנון הזה מצא הבוטנאי הגרמני ויליאם ברטלוט, ובאמצעות העתקתו פותחו חומרים חדשים כמו בד, עץ, זכוכית וצבעים לבתים המתנקים בקלות ונדרשים להם פי 8 פחות חומרי ניקוי. השימוש בחומרים כאלה חוסך כמויות אדירות של מים נקיים ושל זיהום הנגרם מהשימוש בחומרי ניקוי, וטומן בחובו אפשרות מסחרית ברורה.

על פי עקרון המימיקרי פותח הוולקרו, שהשראה לפיתוחו הייתה פרחי הקוצים למיניהם, הנצמדים לפרוות החיות שעוברות במקרה לידם, וכך מצליחים להפיץ את זרעיהם למרחקים. והבדים הנושמים, שיוצרו בעזרת חידושי הננוטכנולוגיה בהשראת אצטרובל האורן, הנפתח בקיץ כשהלחות עולה. ובעת האחרונה, אצלנו בערבה, גילתה חברת אמורפיקל כי בתגובה למחסור בסידן פיתחו סרטנים מאגרי סידן ומינים המופקים בעילות ונספגים בקלות בגופם בשעת הצורך. בימים אלו עובדת החברה על פיתוח תוסף תזונה של סידן בעל יכולת היספגות גבוהה במיוחד בגוף האדם, המבוסס על מבנה המאגרים שזוהו בסרטנים.

"הביומימיקרי הוא לא תחום חדש", מבהירה הלפמן-כהן. "מאז

שתי סביבות בעלות לחצי אוויר שונים. המהנדס הראשי של הרכבת, חובב ציפורים נלהב, ניסה למצוא בטבע משהו העובר במהירות ובצורה חלקה בין סביבות לחצים שונות. הוא מצא את השלדג, ציפור הצוללת במהירות גבוהה מהאוויר, בו הלחץ נמוך, אל המים, בהם הלחץ גבוה, ללא רעש וכמעט בלי להתזו. זו דרכה ללכוד את הדגים. קטר הרכבת עוצב מחדש בהשראת מקור השלדג, וכך נהייתה הרכבת שקטה וחسכונית יותר באנרגיה. לעתים מחקים תהליך המתרחש בטבע, כמו בבניין המקרר את עצמו, שנבנה בהשראת קן טרמיטים. הטרמיטים הם חרקים קטנים החיים במושבות בנות אלפי פריטים ובונים קנים המתנשאים לגובה של עד שבעה מטרים. למרות שתנועת הטמפרטורה במדבריות בהם הם חיים היא בין 0 ל-40 מעלות, הטמפרטורה בתוך הקן נשמרת תמיד על 30.5 מעלות, וזאת ללא שימוש באנרגיה חיצונית כלל. הקן בנוי כך שאוויר זורם דרכו ומקרר אותו, ובמהלך היום הטרמיטים פותחים וסוגרים פתחי אוורור כדי לשמור על טמפרטורה קבועה. מבנה משרדים ומסחר בשטח של 30 דונם, שנבנה בהשראת קן הטרמיטים, הצליח לחסוך 90% מהאנרגיה הדרושה לחימום ולקירור. המבנה, הממוקם בהארארה, בירת זימבבואה, משתמש במערכת מורכבת של תעלות ופתחי אוורור להזרמת האוויר, וכמו כן בקירות עבים ובחלונות מוסתרים כדי לצמצם את קליטת החום מהשמש.

הרמה הגבוהה ביותר אליה ניתן לשאוף היא חיקוי הפעולה של הטבע בהרמוניה. "לעומת המערכות שאנחנו מפעילים כיום", מסבירות חיים לנגפורד והלפמן-כהן, "המערכת האקולוגית היא סגורה - הפסולת של האחד היא החומר של האחר. פארק התעשייה האקולוגי 'הארטברג' באוסטריה פועל בשיטה של סימביוזה תעשייתית, שבו מפעל אחד משתמש בתוצרים, בתוצרי