

מיכאל בראונגרט

ויליאם מק'דונו

ציטוט מומלץ

בראונגרט מ ומק'דונו ו. 2012.
פסולת = מזון. פרק מתוך הספר
'מעריסה לעריסה'. אקולוגיה וסביבה
3(3): 278-287.



הספר יצא לאור בהוצאת בבל ומשכל באפריל 2012

פסולת = מזון. פרק מתוך הספר 'מעריסה לעריסה'

30 באוגוסט, 2012

גיליון סתיו 2012 / כרך 3(3)

עיין חוזר

תרגום: אור אלכסנדרוביץ', עורך סדרת "ארכיטקטורות", הוצאת "בבל".

פרק ד: פסולת = מזון

הכימאי מיכאל בראונגרט והאדריכל ויליאם מק'דוננו קוראים תיגר על המוסכמה שתעשייה אנושית חייבת להזיק לעולם. הם בוחנים את הטבע ומגלים בו מערך ייצור בר-יישום של שפע ולא של צמצום, שבו פסולת = מזון. השניים מראים כי יש ביכולתנו לחקות את הדגם שהטבע פועל לפיו לטובת המסחר והסביבה, ומדגימים כיצד אפשר לתכנן מוצרים כך שישמשו חומרי הזנה ביולוגיים וטכניים.

הטבע פועל בתואם עם מערכת של חומרי הזנה וחילוף חומרים שבה המושג "פסולת" אינו קיים. עץ דובדבן מצמיח הרבה פרחים ופירות, כדי (כנראה) להנביט את זרעיו ולצמוח; לכן הוא מבלבב. אבל הפרחים העודפים רחוקים מלהיות נטולי ערך; הם נושרים לאדמה, מתפרקים, מזינים יצורים ומיקרו-אורגניזמים ממינים שונים ומעשירים את הקרקע. הצמחים משתמשים בדי-תחמוצת הפחמן שפולטים בעלי החיים ובני האדם בכל רחבי העולם כדי לצמוח. מיקרו-אורגניזמים, בעלי חיים וצמחים הופכים חנקן שמקורו בפסולת לחלבון. סוסים אוכלים עשב ומפיקים גללים שמספקים בית גידול ותזונה לזחלי זבובים. חומרי הזנה העיקריים של כדור הארץ – פחמן, מימן, חמצן וחנקן – מתעכלים וממוחזרים. פסולת = מזון. המערכת הביולוגית המחזורית הזאת, שפועלת מעריסה לעריסה, הזינה במשך מיליוני שנים כוכב לכת המצטיין בשפע מגוון ומשגשג. עד לאחרונה – במושגים היסטוריים של כדור הארץ – זו היתה המערכת היחידה שבנמצא, וכל יצור חי על כוכב הלכת הזה היה חלק ממנה. צמיחה היתה דבר טוב. צמיחה היתה יותר עצים, יותר מינים, מגוון רחב יותר ומערכות אקולוגיות מורכבות וחסונות יותר. ואז באה התעשייה והפרה את שיווי המשקל הטבעי של החומרים על פני כדור הארץ. בני האדם נטלו חומרים מקליפת כוכב הלכת וריכזו אותם, שינו אותם ומיזגו אותם לכדי כמויות חומר עצמות שאינן יכולות לשוב לקרקע בבטחה. מעתה אפשר לחלק את זרימות החומרים לשתי קטגוריות: מסה ביולוגית ומסה טכנית. כלומר תעשייתית. מנקודת המבט שלנו, שני סוגי זרימות החומרים האלה בכדור הארץ הם רק **חומרי הזנה ביולוגיים וטכניים**. חומרי הזנה ביולוגיים שימושיים לביוספרה, וחומרי הזנה טכניים שימושיים למה שנכנה ה"טכנוספרה", המערכות של התהליכים התעשייתיים. למרות זאת, הצלחנו לפתח תשתית תעשייתית שמתעלמת מקיומם של חומרי הזנה משני הסוגים.

מ'מעריסה לעריסה' ל'מעריסה לקבר': היסטוריה מקוצרת של זרימות חומרי הזנה

זמן רב לפני הופעת החקלאות, נדדו תרבויות שלמות ממקום למקום בחיפוש אחר מזון. כדי להקל את תנועתם היה ברשות הנוודים רק רכוש מועט – כמה תכשיטים ומעט כלים, שקים או בגדים מעורות בעלי חיים, סלים לאיסוף שורשים וזרעים. חפצים אלה, שהוכנו מחומרים מקומיים, התפרקו בקלות עם תום השימוש ו"נצרכו" על ידי הטבע. חפצים עמידים יותר, כמו כלי נשק מאבן ומצור, היו בטלים בשישים. התברואה לא היוותה בעיה, משום שהנוודים נעו בהתמדה. הם יכלו להשאיר את הפסולת הביולוגית שלהם מאחור, כדי שתזין מחדש את הקרקע. לרשותם עמדה באמת האפשרות "לזרוק ולשכוח". הקהילות החקלאיות הראשונות המשיכו להחזיר פסולת ביולוגית לקרקע כתחליף לחומרי הזנה. האיכרים זרעו במחזוריים והשאירו שדות לא מעובדים, עד שהטבע דאג להשיב לאדמה את פריונה. כלים ושיטות חקלאיות חדשות החישו במשך הזמן את ייצור המזון. האוכלוסיות גדלו, וקהילות רבות החלו להשתמש במשאבים ובחומרי הזנה בכמות גדולה מזו הניתנת לחידוש באופן טבעי. כשעלתה צפיפות המגורים, הפכה התברואה לבעיה. חברות החלו לחפש דרכים להיפטר מהפסולת שייצרו. הן גם החלו להפיק מהקרקע יותר ויותר חומרי הזנה ולצרוך משאבים (כמו עצים), בלי לדאוג ליצירת תחליפים באותו קצב. פתגם רומי ישן קובע ש"כסף לא מסריח" (Pecunia non olet). ברומא האימפריאלית פינו פועלים את הפסולת מהמרחב הציבורי ומבתי השימוש של העשירים וערמו אותה מחוץ לעיר. חקלאות וכריית עצים רוקנו את הקרקע מחומרי הזנה וגרמו לסחיפתה. הנוף הטבעי נהיה יבש וצחיח יותר והכיל פחות אדמה חקלאית פורייה. האימפריאליזם של רומא (ואימפריאליזם בכלל) היה בחלקו תגובה לאיבוד חומרי הזנה, כשהמרכז ביקש להתרחב כדי לספק לעצמו ממקורות חיצוניים את הכמויות הגדולות של עץ, מזון וחומרים אחרים הדרושים לו (לראיה, כשהתכווצו משאביה של העיר והתרחבו כיבושיה, הפך מרס, אל החקלאים של רומא, לאל המלחמה). ויליאם קרונון (Cronon) מתאר מערכת יחסים דומה בין עיר לסביבתה הטבעית בספר מטרופולין של הטבע (Metropolis Nature's). הוא מציין שהאזורים הכפריים הגדולים סביב שיקגו, "אסם התבואה" של אמריקה, אורגנו עם הזמן כך שסיפקו שירותים לעיר; ההתיישבות בקפסר שגבל בשיקגו לא התרחשה במנותק מהעיר אלא היתה קשורה אליה בכל נימיה וניזונה מצרכיה. "הסיפור המרכזי של המערב במאה ה-19 הוא סיפור של כלכלה מטרופולינית מתרחבת, שיוצרת קשרים מורכבים והדוקים יותר ויותר בין העיר לכפר", כותב קרונון. ולכן ההיסטוריה של העיר "חייבת להיות גם ההיסטוריה של אזורי הכפר ושל עולם הטבע הנתון בתוכם, בין העיר לכפר". ככל שצמחו הערים הגדולות והתרחבו, כך גדל גם הלחץ האדיר שהן הפעילו על סביבותיהן, תוך כדי יניקת חומרים ומשאבים ממרחקים הולכים וגדלים, הפשטת האדמה מנכסיה וניצול המשאבים לדוגמה, עם היעלמות יערותיה של מינסוטה החלו לחטוב עצים בקולומביה הבריטית (התפשטויות מרחביות כאלה פגעו בתושבים המקומיים; בני שבט המנן מחלקיו הצפוניים של נהר המיזורי, נכחדו במגפת אבעבועות שחורות כתוצאה משרשרת אירועים שגרמו מתיישבים חדשים). עם השנים הקימו ערים בכל רחבי העולם תשתית להובלת חומרי הזנה ממקום אחד למשנהו. תרבויות התעמטו עם תרבויות אחרות במאבק על משאבים, אדמה ומזון. במאה ה-19 ובתחילת המאה העשרים פותחו דשנים סינתטיים, ובזכותם הושגה התפוקה המוגברת ורחבת ההיקף של החקלאות התעשייתית. הקרקע מניבה כיום כמות

יבולים גדולה יותר מכפי שהיתה מניבה באופן טבעי, אף על פי שנלוות לכך כמה השפעות חמורות: הקרקע מידלדלת בקצב חסר תקדים, ואין בה עוד רקבובית העשירה בחומרי הזנה. רק מתי מעט מבעלי המשקים הקטנים מחזירים עדיין פסולת ביולוגית מקומית לקרקע כמקור עיקרי לחומרי הזנה, מנהג שהחקלאות המתועשת נמנעת ממנו כמעט לחלוטין. יתרה מזאת, הדשנים הסינתטיים היו לעתים קרובות מזוהמים מאוד בקדמיום וביסודות רדיואקטיביים מסלעים פוספטיים – סכנה שלרוב היתה סמויה מעיניהם של החוואים והתושבים כאחד. עם זאת, תרבויות מסורתיות מסוימות הבינו היטב את הערך הטמון בזרימות של חומרי הזנה. במצרים, במשך מאות שנים, עלה נהר הנילוס על גדותיו מדי שנה בשנה, וכשנסוגו המים הם הותירו אחריהם בעמקים שכבה עשירה באדמת סחף. בסביבות שנת 3200 לפנה"ס החלו חקלאים במצרים להקים מערך של תעלות השקיה שניתבו את מימיו העשירים של הנילוס לשדותיהם. הם גם למדו לאגור עודפי מזון לעתות בצורת. המצרים הביאו לשיא את זרימות חומרי ההזנה שלהם במשך מאות שנים, בלי להעמיס עליהן יתר על המידה. במהלך המאה ה-19, כשהגיעו למצרים מהנדסים בריטיים וצרפתים, החלה החקלאות המצרית לאמץ בהדרגה שיטות מערביות. מאז השלמת סכר אַסוּאן בשנת 1971, אדמת הסחף שהעשירה את מצרים במשך מאות שנים נאגרת מאחורי בטון, ותושבי הארץ בונים את בתיהם באזורים שלפנים היו פורים, אזורים חקלאיים במקורם. בתים וכבישים מתחרים בדרמטיות בחקלאות על המרחב. מצרים מפיקה פחות מ-50 אחוז מהמזון הדרוש לה ותלויה ביבוא מאירופה ומארצות הברית. במשך אלפי שנים, שכללו הסינים מערכת שמונעת מפתוגנים לזהם את שרשרת המזון, ודישנו שדות אורז בפסולת ביולוגית, כולל שפכים. אפילו כיום יש בתים כפריים שבהם מתבקשים מוזמנים לסעודה "להחזיר" לפני לכתם חומרי הזנה מעוכלים, ואיכרים נוהגים לא פעם לשלם לתושבים שממלאים קופסאות בתוצרי מערכת העיכול שלהם. עם זאת, גם הסינים פנו למערכות המבוססות על הדגם המערבי. כמו במצרים, גם בסין מתבססים יותר ויותר על מזון מיובא. בני האדם הם המין היחיד שנטול מהקרקע כמויות נרחבות של חומרי הזנה הדרושים לתהליכים ביולוגיים, אך כמעט שאינו משיב אותם לקרקע בצורה שמאפשרת לשוב ולהשתמש בהם. המערכות שלנו אינן מתוכננות עוד להשיב את חומרי ההזנה בדרכי העבר, מלבד ברמות מצומצמות ומקומיות. שיטות המשמשות לחטיבת עצים (כמו חישוב מוחלט) מזרזות סחיפת קרקע, ותהליכים כימיים שמשמשים בהם בחקלאות ובתעשייה מביאים לעתים רבות להמלחה ולהתחממות של הקרקע, ומסייעים מדי שנה לדלדול קרקע בכמות הגדולה פי 20 מכמות הקרקע שיוצר הטבע. התהוות שני סנטימטרים וחצי של שכבת קרקע עשירה במיקרו-אורגניזמים ובזרימות של חומרי הזנה אורכת כ-500 שנה, ונכון לעכשיו אנחנו מאבדים פי 5,000 יותר קרקע מזו שנוצרת. בתרבות הקדם-תעשייתית, אנשים בהחלט צרכו דברים. רוב המוצרים היו מתכלים ביולוגית בבטחה עם השלכתם, נקברים או נשרפים. הטיפול במתכות היה היוצא מן הכלל: הן נתפסו כבעלות ערך גבוה, ולכן הותכו לשימוש חוזר (הן היו למעשה מה שאנו מכנים "חומרי הזנה טכניים" מוקדמים). אלא שעם התקדמות התעשייה, המשיכה הצריכה להתקיים כתמול שלשום, אף על פי שכעת היה קשה באמת לצרוך את רוב פריטי הייצור. בעתות מחסור, היתה מתעוררת לחיים ההכרה בערכם של חומרים טכניים. מי שגדלו בתקופת השפל הגדול, לדוגמה, הקפידו לחזור ולהשתמש בצנצנות, בקנקנים וברדידי אלומיניום; במהלך מלחמת העולם השנייה נהגו לשמור גומיות, רדידי אלומיניום, פלדה וחומרים אחרים, כדי לספק את צורכי התעשייה. אולם כשחומרים זולים יותר וחומרים סינתטיים חדשים החלו להציף את השוק אחרי המלחמה, היה זול יותר לייצר מחדש אלומיניום, פלסטיק, בקבוקי זכוכית או אריזות זכוכית במפעל מרכזי אחד, ומשם לשנע אותם, מאשר להקים תשתיות מקומיות של איסוף, הובלה, ניקוי ועיבוד חפצים לשימוש חוזר. תופעה דומה נרשמה גם בעשורים הראשונים של התיעוש, כשאנשים היו מוסרים במתנה, מתקנים או מוכרים לסוחר גרוטאות מכשירי נוחות ישנים כמו תנורים, מקררים וטלפונים. היום רוב מוצרי הצריכה מוצאים את דרכם ישירות לפח האשפה (מי רוצה היום לתקן מצנן זול? הרבה יותר פשוט לקנות מצנן חדש מאשר לשלוח את החלקים אל היצרן או למצוא מישהו קרוב שיתקן אותו). מוצרים זריקים הפכו לנורמה. אין שום דרך, לדוגמה, שבה נוכל לצרוך את המכונית שלנו; ואף על פי שהיא עשויה מחומרים טכניים יקרי-ערך, אי-אפשר לעשות בהם דבר בתום השימוש בה (אלא אם אתם אמני זבל). כפי שציינו, החומרים האלה אובדים או מאבדים מערכם אפילו בזמן "מחזור", כי מכוניות אינן מתוכננות מלכתחילה לעבור מחזור-מועיל נכון ואופטימלי בתור חומרי הזנה טכניים. למעשה, התעשיות מעצבות מוצרים שאורך החיים שלהם מוגבל מראש – כלומר, מוצרים ששורדים פחות או יותר את משך הזמן המקובל עד שהקונים רוצים להחליף אותם. אפילו דברים שיש בהם פוטנציאל התכלות ממש, כמו חומרי אריזה, מעוצבים לא פעם בכוונה כך שלא יתפרקו בתנאים טבעיים. למעשה, האריזה עשויה לשרוד הרבה יותר מהמוצר שהיא מגנה עליו. במקומות שבהם המשאבים קשים להשגה, אנשים עדיין עושים שימוש חוזר יצירתי בחומרים כדי ליצור מהם מוצרים חדשים (לדוגמה, משתמשים בגומי של צמיג ישן לייצור כפכפים) ואפילו אנרגיה (שרפת חומרים סינתטיים כדלק). יצירתיות שכזו היא טבעית וסתגלנית והיא יכולה להיות מרכיב חיוני במחזורי חומרים. עם זאת, כל עוד תהליכי העיצוב והייצור של התעשייה העכשווית (שבדרך כלל נמנעת מלאמץ חזון כלשהו הנוגע לחייו הנוספים של המוצר) נותרים אישיים לשימושים שכאלה, שימוש חוזר מסוג זה יהיה לעתים קרובות לא בטיחותי ואולי אף קטלני.

הכלאות מפלצתיות

הררי פסולת שמתנשאים באתרי הטמנה הם מקור לדאגה הולכת וגוברת, אולם ממדיה של הפסולת – הנפח שהיא תופסת – אינם הבעיה העיקרית הנוצרת בתכנון ברוח מעריסה לקבר. מדאיגים הרבה יותר הם חומרי ההזנה – "מזון" יקר-ערך לתעשייה ולטבע – המזוהמים, המבוזבזים או האובדים לעד. הם אובדים לעד לא רק בגלל מחסור במערכות איסוף מתאימות, אלא גם משום שמוצרים רבים הם מה שאפשר לכוונן בחצי חיוך "מוצרי פרנקנשטיין" או "הכלאות מפלצתיות" (ואני מבקש מראש את סליחתה של ג'יין ג'ייקובס) – תערובות של חומרים טכניים וביולוגיים שיוצאים מכלל שימוש בתום תקופת חייהם

הנוכחית. נעל עור רגילה היא הכלאה מפלצתית. היו ימים שבהם עור הנעליים עובד בעזרת כימיקלים צמחיים (שהיו בטיחותיים יחסית), כך שפסולת מתהליך הייצור לא היוותה בעיה של ממש. הנעל יכלה להתכלות ביולוגית בתום השימוש בה או להישרף באופן בטיחותי. הבעיה עם חומרי העיבוד הצמחיים היא הצורך בכריתת עצים להפקתם. כתוצאה מכך, משך הייצור של הנעליים היה ארוך ומחירן גבוה. בארבעים השנים האחרונות החליף את העיבוד הצמחי של העורות עיבוד באמצעות כרום, שהוא מהיר וזול יותר. אולם כרום הוא יסוד נדיר ויקר-ערך עבור תעשיות שונות, ובצורות מסוימות גם קרציוגני (מסרטן). עור הנעליים של היום מעובד לעתים קרובות בארצות מתפתחות, שאמצעי הזהירות שנקטים בהן כדי להגן על בני האדם ועל המערכות האקולוגיות מחשיפה לכרום הם מזעריים, אם הם בכלל קיימים; פסולת הייצור עשויה להיזרק למאגרי מים סמוכים או להישרף, וכך או אחרת להפיץ רעלנים (לרוב באזורים של מעוטי יכולת). בנוסף לכך, סוליות גומי רגילות מכילות בדרך כלל עופרת פלסטיק. ככל שהנעל הולכת ומתבלה היא פולטת חלקיקים לאטמוספירה ולקרע. המשתמשים או הסביבה אינם יכולים עוד לנצל עד תום את חומריו. החומרים יקרי-הערך שמרכיבים אותה – ביולוגיים וטכניים כאחד – אובדים בדרך כלל לאחר השימוש באתר ההטמנה.

זרימות סותרות

ביוב הוא אולי הדימוי המובהק ביותר של פסולת מגעילה. ביוב הוא סוג הפסולת שממנו שמחים להיפטר. לפני המצאת מערכות הביוב המודרניות, נהגו תושבי הערים להשליך את פסולת גופם אל מחוץ לבית (לפעמים פשוט דרך החלון), לקבור אותה, להזרים אותה לבורות שפכים בחצר או להיפטר ממנה היישר אל תוך מקורות מים, לעתים לא רחוק מנקודות שאיבת מי השתייה. רק בשלהי המאה ה-19 החלו להבין את הקשר שבין תברואה לבריאות הציבור, ובעקבות כך פותחו דרכים מתוחכמות יותר לטיפול בביוב. מהנדסים, שראו מי גשמים מנותבים לנהרות באמצעות צינורות, הבינו שבאופן דומה אפשר להיפטר גם מביוב נוזלי. הבעיה, מכל מקום, הייתה רחוקה מפתרון מושלם. מדי פעם בפעם היתה ההזרמה של ביוב גולמי אל נהרות הסמוכים למקומות יישוב בלתי-נסבלת; בתקופת "הסירחון הגדול" בלונדון בשנת 1858, לדוגמה, צחנת הביוב הגולמי שעלתה מנהר התמזה הקשתה על קיום דיונים בבית הנבחרים הסמוך. בסופו של דבר הוקמו מכוני טיהור לטיפול בשפכים והקיבולת שלהם הותאמה לקליטת מי ביוב ומי גשמים גם יחד. הרעיון המקורי היה לקחת ביוב פעיל יחסית המבוסס על פסולת ביולוגית, בעיקר של בני אדם (שתן וצואה, סוג הפסולת שקיים יחסי גומלין עם הטבע במשך אלפי שנים), ולהפוך אותו לבלתי-מזיק. טיהור שפכים היה תהליך של עיכול חיידקי. המוצקים נופו כבוצה, ואת הנוזל הנותר, הנוזל שנשא את הביוב למתקן הטיהור, היה אפשר להוציא מהמתקן כמים. זו הייתה אמנם האסטרטגיה המקורית, אבל כאשר נפח הביוב גדש את נתיבי המים שבהם זרם, התווסף לתהליך טיפול כימי אלים (דוגמת הכלורה). במקביל שווקו לשימוש ביתי מוצרים חדשים, שמעולם לא תוכננו במחשבה תחילה כך שיתאימו למתקני טיהור שפכים (או מערכות מים אקולוגיות). בנוסף על פסולת ביולוגית, החל לזרום בצינורות הביוב מגוון רחב של חומרים: פחיות צבע, כימיקלים אלימים לפתיחת סתימות, מלבינים, מדללי צבע, מסירי לכה לציפורניים. הפסולת עצמה הכילה כעת אנטיביוטיקה ואפילו אסטרונגן שמקורו בגלולות למניעת היריון. כשמסוּפּים לכך פסולת תעשייתית מסוגים שונים, חומרי ניקוי, כימיקלים וחומרים אחרים שנספחים לפסולת הביתית, מקבלים תערובות מורכבות מאוד של חומרים כימיים וביולוגיים שעדיין מכונים "ביוב". מוצרי חיטוי – כמו סבונים רבים שמשווקים כיום לשימוש בחדרי רחצה ביתיים – נתפסים אולי כנחוצים, אך הם מהווים תוספת בעייתית למערכת שזקוקה לחיידקים כדי לפעול. כשאנחנו משלבים אותם באנטיביוטיקה ובמרכיבים אנטיבקטריאליים אחרים, אנחנו עשויים להתניע תהליך שבסופו נקבל חיידקי-על בעלי עמידות יתר. במחקרים עדכניים התגלו הורמונים, משבשי פעילות הורמונלית ותרכובות מסוכנות אחרות במקורות מים שהוזרמו לתוכם מי ביוב "מטוהרים". החומרים האלה עלולים לזהם מערכות טבעיות ומאגרי מי שתייה ולחולל, כאמור, מוטציות בעלי חיים ימיים ויבשתיים. גם צינורות הביוב עצמם לא תוכננו במיוחד למערכות ביולוגיות; הם מכילים חומרים וציפויים שעשויים להתפורר ולזהם את השפכים הזורמים בהם. כתוצאה מכך, גם הניסיונות לעשות שימוש חוזר בבוצת ביוב כדשן נתקלו בהתנגדות של חקלאים שחששו מהרעלת הקרקע. אם אנחנו עומדים לעצב מערכות שפכים שחוזרות אל הסביבה, ייתכן שיהיה עלינו לשוב אל נקודת המוצא ולחשוב על כל הדברים שאמורים להיכנס למערכות האלה כחלק מזרימות של חומרי הזנה. לדוגמה, המינרל פוספט משמש בכל העולם כדשן חקלאי. דשנים טיפוסיים מכילים פוספט שנכרה מסלעים; הפקתו כרוכה בהרס סביבתי קיצוני. אבל פוספט נוצר גם באופן טבעי, בבוצת ביוב ובפסולת אורגנית אחרת. למעשה, בבוצת ביוב אירופית שמסיימת לעתים קרובות את דרכה באתר הטמנה, יש פוספט בריכוז גבוה יותר מאשר בכמה סלעי פוספט בסין, שבה כורים את מרביתו תוך כדי גרימת נזקים הרסניים למערכות אקולוגיות מקומיות. מה היה קורה לו יכולנו לתכנן מערכת שתצליח ללכוד פוספט שכבר קיים במחזור החומרים, במקום להתייחס אליו בביטול כאל בוצת ביוב?

מ'עריסה לקבר' ל'מעריסה לעריסה'

אנשים המעורבים בתעשייה, בעיצוב ובתכנון, בסביבתנות ובתחומים קרובים מדברים לא אחת על "מחזור החיים" של מוצר. אכן, למעט מאוד מוצרים יש באמת "חיים", אבל במובן מסוים אנחנו מאנישים אותם – וגם את מותם. הם מעין בני משפחה שלנו. אנחנו רוצים שהם יחיו איתנו, שישתייכו לנו. בחברה המערבית יש לבני אדם קברים, וכמוהם גם למוצרים. אנחנו נהנים לחשוב על עצמנו כפרטים ייחודיים ובעלי עוצמה; ואנחנו אוהבים לקנות דברים "חדשים מהאריזה", שעשויים מחומרים "בתוליים".

פתיחה של מוצר חדש היא סוג של ביתוק בתולים מטאפורי: "המוצר הבתול הזה שייך לי, הפעם הראשונה היא שלי. אני (פרט יחיד ומיוחד בימינו שכמוני) אהיה הראשון והאחרון שישתמש בו." זהו הלך המחשבה שלאורו מעצבת התעשייה מוצרים ומתכננת אותם. הערך של תחושת המיוחדות, אולי גם הייחודיות, ברור ומובן; אבל כשמדובר בחומרים, יש טעם להעלות על נס את החדגוניות והאחידות שמאפשרות לנו ליהנות מהם – ממוצרים מיוחדים, אולי גם ייחודיים – יותר מפעם אחת. בינינו לבינינו, אנו תוהים לעתים מה היה קורה אילו היתה מתרחשת המהפכה התעשייתית בחברות ששמות דגש על הקהילה ולא על הפרט, שמאמינות בגלגול נשמות ולא במחזור חיים שתחילתו בעריסה וסופו בקבר.

גולם של שני מערכי חילוף חומרים

למסגרת העיצוב הכוללת שבתוכה אנחנו מתקיימים יש שני מרכיבים מהותיים: מסה (כדור הארץ) ואנרגיה (השמש). דבר אינו נכנס למערכת השמש או יוצא ממנה מלבד חום ומטאורים תועים. פרט להם זו מערכת סגורה, ככל שמדובר בצרכים המעשיים שלנו, ומרכיביה הבסיסיים הם יקרי-ערך ומוחלטים. מה שיש כאן באופן טבעי, הוא כל מה שיש לנו. כל מה שיוצר האדם אינו יכול "להיעלם". אם המערכות שלנו מזהמות את המסה הביולוגית של כדור הארץ וממשיכות להיפטר מחומרים טכניים (כמו מתכות) או למנוע שימוש עתידי בהם, אנו צפויים באמת לגור בעולם של מגבלות, של ייצור וצריכה מרוסנים, וכדור הארץ יהפוך באמת לקבר, פשוטו כמשמעו. אם בני האדם רוצים באמת ובתמים לשגשג, נצטרך ללמוד לחקות את מערכת הזרימה הטבעית האפקטיבית של הפליא של חומרי הזנה ושל חילוף חומרים שנעים מעריסה לעריסה, שבה המושג "פסולת" כלל אינו קיים. **כדי להיפטר מהמושג "פסולת" צריך לעצב דברים – מוצרים, אריזות ומערכות – כבר בהתחלה על יסוד ההבנה שאין דבר כזה "פסולת".** במילים אחרות – חומרי הזנה יקרי-ערך שמכילים החומרים הם שמעצבים וקובעים את התכונן: הצורה עוקבת אחרי האבולוציה, לא רק אחרי הפונקציה. אנחנו חושבים שמדובר באופק מבטיח יותר מזה של אופן עשיית הדברים הנוכחי. כפי שצינו, בכדור הארץ מתקיימים שני מערכים נפרדים של חילוף חומרים. הראשון הוא חילוף חומרים ביולוגי, או הביוספירה – המחזוריים של הטבע. השני הוא חילוף החומרים הטכני, או הטכנוספירה – המחזוריים של התעשייה, ובכלל זה הפקה של חומרים טכניים במקומות טבעיים. בעיצוב ובתכנון נכונים, כל המוצרים והחומרים שמייצרת התעשייה יזינו בבטחה את שני סוגי חילוף החומרים, ויספקו תזונה למשהו חדש. אפשר להרכיב מוצרים מחומרים מתכלים ביולוגית, כאלה שהופכים למזון **למחזוריים ביולוגיים**, או מחומרים טכניים שנשארים **במחזוריים טכניים** במעגל סגור, ושבהם הם ממשיכים להתקיים כחומרי הזנה יקרי-ערך של התעשייה. כדי ששני סוגי חילוף החומרים האלה ימשיכו להיות בריאותיים, בעלי ערך ומוצלחים, יש לטפל בהם בקפידה כדי שלא יזהמו זה את זה. מה שנכנס לתוך חילוף החומרים האורגני אסור שיכיל מוטגנים, קרציוגנים, רעלנים ארוכי השפעה או חומרים אחרים שלהצטברותם במערכות טבעיות יש השפעה מזיקה (יש חומרים שמזיקים לחילוף החומרים הביולוגי, אך אפשר לטפל בהם בבטחה בחילוף החומרים הטכני). באותו אופן בדיוק, חומרי הזנה ביולוגיים לא מתוכננים מעוצבים להזין את חילוף החומרים הטכני, שבו לא רק יאבדו לטוב לביוספירה, אלא הם גם צפויים להחליש את איכות החומרים הטכניים או לסבך את איסופם ואת השימוש החוזר בהם.

חילוף החומרים הביולוגי

חומר הזנה ביולוגי הוא חומר או מוצר שנועד לשוב למחזור הביולוגי - מיקרו-אורגניזמים בקרקע ובעלי חיים אחרים מאכלים אותו פשוטו כמשמעו עד תומו. את מרבית האריזות (שתופסות כ-50 אחוז מנפח הפסולת העירונית המוצקה) אפשר לעצב כחומרי הזנה ביולוגיים, שאותם אנו מכנים מוצרים מתאכלים. הרעיון הוא להרכיב את המוצרים האלה מחומרים שאפשר להשליך לקרקע או לערמת קומפוסט כדי שיתכלו ביולוגית בבטחה לאחר השימוש – שיתעכלו פשוטו כמשמעו. אין לנו צורך בבקבוקי שמפו, בשפופרות משחת שיניים, בגביעי יוגורט או גלידה, בקרטוני מיץ או בכל סוג אחר של אריזות ששורדות עשרות (אם לא מאות) שנים אחרי תכולתן. מדוע צריכים משתמשים וקהילות לשאת בעול המחזור – המחסיר וההטמנה של החומרים האלה? אריזות בטוחות יתפרקו בלי להשאיר עקבות או ייאספו וישמשו כדשן וכך ישיבו חומרי הזנה לקרקע. סוליות נעליים יתפוררו ויעשירו את הסביבה. גם סבונים ונוזלי ניקוי אחרים אפשר לעצב כך שישמשו חומרי הזנה ביולוגיים; בדרך זו, כשהם יזרמו בצנרת הביוב, יעברו במאגר השפכים ויסיימו את דרכם באגם או בנהר, הם יחזקו את שיווי המשקל של המערכת האקולוגית. בתחילת שנות התשעים התבקשנו על ידי חברת דיזיין טקסט (DesignTex), חברה-בת של סטילקייס (Steelcase), להגות וליצור בד ריפוד מתכלה בשיתוף עם מפעל האריגה השווייצרי רוהנר (Röhner). התבקשנו להתמקד ביצירת אריג בעל מראה ייחודי, שיהיה גם מחוכם מבחינה סביבתית. בדיזיין טקסט הציעו להתחלה שמשקול להשתמש בכותנה מעורבת בסיבי PET (פוליאתילן טרֶפְתְּלַט - Polyethylene terephthalate) מבקבוקים ממוחזרים של משקאות קלים. הם חשבו שאין דבר מועיל יותר לסביבה ממוצר שמשלב חומר "טבעי" בחומר "ממוחזר". לחומר כלאיים כזה יש לכאורה גם יתרונות נוספים, משום שהוא זמין, עמד במבחן השוק, עמיד וזול. אבל כשבחנו בזירות את הפוטנציאל שבמורשת העיצוב ארוך-הטווח, גילינו כמה עובדות מטרידות. ראשית, כפי שכבר ציינו, ריפוד נשחק בשימוש סביר, כך שהעיצוב שלנו צריך להביא בחשבון את האפשרות שחלקיקים שייפלטו מהריפוד יחדרו למערכת הנשימה או ייבלעו. אבל PET הוא חומר שנעטף בצבעים סינתטיים ובכימיקלים ושמיכל חומרים מפוקפקים נוספים – לא בדיוק משהו שמומלץ לנשום או לאכול. בנוסף לכך, אריג כזה לא יהווה חומר הזנה – טכני או ביולוגי – עם תום השימוש בו. את ה-PET (שמקורו בבקבוקי הפלסטיק) אי-אפשר להטמין בקרקע בבטחה, ואת

הכותנה אי-אפשר להכניס למעגלי הייצור התעשייתיים. השילוב ביניהם יהיה עוד הכלאה מפלצתית, יוסיף עוד זבל לאתרי ההטמנה ואולי אפילו יהיה מסוכן. זה לא היה מוצר ראוי לייצור. הבהרנו ללקוח שלנו שבכוונתנו ליצור מוצר שייכנס לחילוף חומרים ביולוגי או טכני; מאותו רגע היה ברור מהו האתגר העומד בפני כולם. הצוות החליט לעצב אריג שיהיה בטיחותי דיו למאכל: הוא לא יזיק לאנשים שינשמו אותו ולאחר השלכתו לפח גם לא למערכות טבעיות. למעשה, כחומר הזנה ביולוגי, הוא ישמש מזון לטבע. מפעל האריגה שנבחר לייצור האריג היה נקי למדי על פי התקנים הסביבתיים המקובלים, אחד הטובים באירופה, ולמרות זאת ניצבו אנשיו בפני התלבטות מעניינת. המנהל, אלבין קלין (Kalin), אמנם עמל במרץ לצמצם את רמות הפליטה המסוכנות של המפעל, אך זמן קצר קודם לכן נכנסו לתוקף תקנות ממשלתיות שקבעו כי שיירי האריגים של המפעל הם פסולת מסוכנת. למנהל נמסר שלא יוכל להמשיך לקבור או לשרוף את שיירי האריגים במשרפות לחומרים מסוכנים בשווייץ, וכי עליו לייצא אותם לספרד, שם יטופלו כפסולת (שימו לב לפרדוקס: אסור לקבור או להשליך את שיירי האריגים ללא נקיטת אמצעי זהירות יקרים, או שחובה לייצא אותם "בבטחה" למקום אחר; אבל מותר עדיין למכור את החומר עצמו כחומר בטיחותי וראוי לשימוש במשרד או בבית). קיוונו שגורל שיירי האריג שלנו יהיה שונה: שייספק חיפוי לקרקע במועדון הגינון המקומי, בסיוע שמש, מים ומיקרו-אורגניזמים רעבים. אנשי מפעל האריגה ראינו אנשים שרתוקים לכיסאות גלגלים, וגילו שבעיניהם יש חשיבות עליונה לכך שהאריג שהם יושבים עליו יהיה חזק, וש"ינשום". הצוות החליט להשתמש בתערובת סיבים שמקורם בבעלי חיים ובצמחים בטיחותיים (שגודלו ללא דשנים): צמר, שמספק בידוד בחורף ובקיץ, ושיח הַכְּמִי, שסופח לחות. כשמשלבים בין שני סוגי הסיבים מקבלים אריג חזק ונוח. התחלנו אם כן לעבוד על החלק הקשה ביותר בעיצוב הגימורים, הצבעים, וכימיקלים אחרים המיועדים לעיבוד החומר. במקום לסגן בתום התהליך מוטגנים, קרציוגנים, משבשי פעילות הורמונלית, רעלים ארוכי השפעה וחומרים שמצטברים במערכות ביולוגיות, העדפנו לסגן אותם כבר בתחילת התהליך. למעשה, החלטנו לעצב אריג שיהיה יותר מאריג בלתי-מזיק; רצינו לעצב אריג מזין. 60 חברות כימיקלים ויתרו על ההזמנה להצטרף לפרויקט, משום שלא ששו לרעיון שיצטרכו לחשוף את המידע הכימי שלהן לרמת הבדיקות הנדרשת. חברה אירופית אחת הסכימה בסופו של דבר לקחת בו חלק. בעזרתה פסלנו על הסף כמעט 8,000 כימיקלים שנמצאים בשימוש שוטף בתעשיית הטקסטיל; באופן זה גם נפטרו מהצורך להשתמש בתוספים ובתהליכים מתקנים. לדוגמה, אם לא משתמשים בצבע מסוים, נמנעים מהצורך להשתמש בעוד כימיקלים ותהליכים רעילים שביטחו את יציבותו בחשיפה לקרינה אולטרה-סגולה (כלומר, שיבטיחו את עמידות הצבע). אחר כך חיפשנו מרכיבים בעלי תכונות חיוביות. הצלחנו להרכיב רשימה שלכללה רק 38 חומרים, וממנה יצרנו קו ייצור שלם לאריג. מה שהיה עשוי להיתפס כתהליך מחקר יקר ומייגע, הפך לפתרון של אינסוף בעיות, ותרם ליצירת מוצר באיכות גבוהה יותר אשר היה בסופו של דבר חסכוני יותר. ייצור האריג החל. מנהל המפעל סיפר לנו מאוחר יותר שכאשר הגיעו בודקים ממשלתיים לניטור שגרתי של השפכים (המים שיוצאים מהמפעל), הם היו בטוחים שהמכשירים שבידיהם מקולקלים. הם לא הצליחו לאתר שום מזהמים, אפילו לא יסודות שהיו בוודאות במים שנכנסו למפעל. כדי לוודא שציוד המדידה שלהם תקין, הם בדקו את זרם המים שנכנס מהמערכת העירונית. הציוד היה תקין; המים שיצאו מהמפעל היו לפי רוב הפרמטרים נקיים כמו המים שנכנסו אליו, ואפילו נקיים יותר. כששפכים שיוצאים ממפעל נקיים יותר מהמים שנכנסו אליו, סביר להניח שבעליו יעדיפו להשתמש בשפכים כמים נכנסים. הרווח הזה, שמוטמע בתהליך הייצור, הוא רווח נקי ואינו מצריך אכיפה כדי להמשיך להתקיים. לא רק שהעיצוב החדש עקף את התשובות המסורתיות לבעיות הסביבתיות (צמצום, שימוש חוזר, מחזור), הוא גם ביטל את הצורך בתקנות, עובדה שכל איש עסקים מכיר היטב בערכה. לתהליך היו עוד תופעות לוואי חיוביות. העובדים החלו להשתמש בחדרים שהוקצו בעבר לאחסון חומרים מסוכנים כחללי מנוחה ועבודה נוספים. הם גם הפסיקו לעטות על עצמם כפפות ומסכות שסיפקו להם שכבת הגנה דקה נגד רעלנים במקום העבודה. מוצריו של מפעל האריגה היו מוצלחים במידה כזו שכעת הוא נאלץ להתמודד עם בעיה חדשה – הצלחה כלכלית, מסוג הבעיות שאנשי עסקים אוהבים להתמודד עימן. כחומר הזנה ביולוגי, מדגים האריג את אותו פריון שאנחנו רואים בפעולתו של הטבע. לאחר שהלקוחות מסיימים את השימוש בו הם רשאים לקרוע אותו מעל שלד הכיסא ולהשליך אותו – ללא רגשות אשם, אולי אפילו בשמחה – על הקרקע או לערמת קומפוסט. יש להודות שלהשלכה לפח יש גם צדדים מהנים; והענקת מתנה משוררת מרגשות אשמה כלפי הטבע היא הנאה שאין שנייה לה.

חילוף החומרים הטכני

חומר הזנה טכני הוא חומר או מוצר שנועד לשוב למחזור הטכני, לחילוף החומרים התעשייתי שממנו בא. לדוגמה, מכשיר טלוויזיה ממוצע מבין אלה שניתחנו, יוצר מ-4,360 כימיקלים. כמה מהם רעילים, אבל אחרים הם חומרי הזנה יקרי-ערך לתעשייה, שהלכו לאיבוד כשהמכשיר סיים את חייו באתר הטמנה. בידודם מחומרי ההזנה הביולוגיים מאפשר להם לעבור **מחזור-משיב** ולא סתם מחזור רגיל – לשמור על ערכם הגבוה במחזור תעשייתי סגור. באופן זה, מארז מחשב קשיח מפלסטיק, לדוגמה, ימשיך להתמחר כמארז מחשב קשיח מפלסטיק – או כמוצר איכותי אחר, כמו למשל חלק מרכב או כמכשיר רפואי – במקום לעבור מחזור-מחזור-מחזור-מחזור-מחזור-מחזור בידוד אקוסטי או עציץ. הנרי פורד הנהיג צורה מוקדמת של מחזור-משיב כשהחליט לשגר את המשאית מדגם אֵיי בארגים שהפכו למשטחי הרצפה של המשאית כשזו הגיעה ליעדה. אנחנו יוזמים שיטת התנהלות דומה, בקנה-מידה צנוע: קליפות אורז מקוריאן משמשות לאריזת רכיבי שמע ומכשירים אלקטרוניים שנשלחים לאירופה, ואז נכנסות לשימוש חוזר כחומר להכנת לבנים (קליפות אורז מכילות אחוז גבוה של צוֹן־דו-חמצני). חומר האריזה אינו רעיל (קליפות אורז בטיחותיות יותר מנייר עיתון ממוחזר, שמכיל דִּיו רעיל וחלקיקים מזהמי אוויר); הוצאות המשלוח שלו כלולות בהוצאות המשלוח של הסחורה האלקטרונית; והפסולת כמושג נעלמה מהתהליך. אפשר לעצב

מראש ובמחשבה תחילה מסה תעשייתית כך שתשמור על איכותה הגבוהה במגוון רחב של שימושים. במצב הנוכחי, כשרכב יוצא משימוש, ממוחזרת הפלדה שבו למסג של כל חלקי הפלדה, עם כמה סגסוגות פלדה ממוצרים אחרים. המכונות מרוסקות, נכבשות ומעובדות בתהליך שבו מותכת פלדה בעלת אלסטיות גבוהה שמקורה בשלדה ובפלדת אל-חלד, עם פלדה מסוגים שונים ועם חומרים אחרים שמקורם בגרוטאות, באופן שעלול לפגוע באיכותן המקורית של המתכות ושמגביל באופן חמור את השימוש העתידי בהן (בפלדה כזאת אי-אפשר, לדוגמה, להשתמש שוב לייצור שלדות רכב). הנחושת בכבלים שברכב מותכת לתוך תרכובת כללית ואינה זמינה עוד לשימוש למטרות טכניות מסוימות – אי-אפשר לשוב ולהשתמש בה כנחושת לכבלים. עיצוב מוצלח יותר היה מאפשר להשתמש במכונות כפי שאמריקאים-ילידים נהגו להשתמש בגוויית התאן, כלומר תוך ניצול מרבי של כל מרכיב ומרכיב, מראש ועד זנב. מתכות היו מותכות רק עם מתכות דומות, כדי לשמור על ערכן הגבוה; וכך גם סוגים שונים של פלסטיק. אך כדי שתרחיש כזה יהיה מעשי, עלינו להכניס לשימוש מושג שקשור בכל נימיו לרעיון של חומר הזנה טכני: המושג **מוצר שירות**. במקום להניח שכל המוצרים הם בני קנייה, שימוש, והשלכה על ידי "צרכנים", ייתפסו מוצרים שמכילים חומרי הזנה טכניים יקרי-ערך – כמו מכונות, מכשירי טלוויזיה, שטיחים, מחשבים ומקררים – **כשירותים** המוענקים למשתמשים. בתרחיש הזה, הלקוחות (מונח הולם יותר את המשתמשים במוצרים האלה) ירכשו באופן אפקטיבי את השירות הנולו למוצר **לפרק זמן מוגדר** – למשל, 10,000 שעות צפייה בטלוויזיה, במקום את מקלט הטלוויזיה עצמו. הם לא ישלמו על חומרים מורכבים שיהיו עבורם חסרי שימוש לאחר תום פרק חייו הנוכחי של המוצר. כשיסיימו את השימוש במוצר, או כשירגישו שהם פשוט מוכנים לשדרג אותו לגרסה חדשה יותר, היצרן יחליף את המוצר אותו, יחזיר את הדגם הישן אליו, יפרק אותו לגורמים וישתמש בחומרי המרכיבים כמזון למוצרים חדשים. הלקוחות יקבלו את השירותים שהם זקוקים להם ככל שירצו ויוכלו לשדרג את המוצר בתדירות המתאימה להם; היצרנים ימשיכו לצמוח ולהתפתח תוך שמירת הבעלות על החומרים שלהם. לפני כמה שנים עבדנו על פיתוח רעיון של "שכירת מְמָסִים" לבקשת חברת כימיקלים כלשהי. ממס הוא כימיקל שמשמש, למשל, להסרת חומרי סיכה מחלקי מכונות. חברות רוכשות בדרך כלל את הממס הזול ביותר שקיים בשוק, גם אם הוא מגיע מהצד האחר של העולם. לאחר השימוש בו, מתנדפים שיירי הממס לאוויר או נכנסים לזרם השופכין, ומשם מגיעים למתקן לטיהור שפכים. הרעיון שעמד מאחורי "שכירת מְמָסִים" היה לספק שירות להסרת חומרי סיכה באמצעות ממסים איכותיים שיעמדו לרשות הלקוחות, בלי למכור את הממס עצמו; הספק היה אמור לספוח את החומר שהתנדף ולהפריד את הממס מחומר הסיכה, כדי שיהיה אפשר להשתמש בו לאורך זמן. בתנאים כאלה, לחברה יש תמריץ להשתמש בממסים איכותיים (אחרת איך תצליח לשמר את הלקוחות?) ולחזור ולהשתמש בהם, ובמקביל מתרחש גם תהליך חשוב של מניעת כניסת חומרים רעילים למחזור השפכים. חברת הכימיקלים דאו ערכה ניסיונות ביישום הרעיון באירופה, וחברת דופון בוחנת אותו ברצינות רבה. לתרחיש כזה יש השלכות עצומות על העושר החומרי של התעשייה. לדוגמה, כשלקוחות מסיימים להשתמש בשטיח מסורתי, עליהם לשלם כדי לקלף אותו מהרצפה. במצב כזה החומרים של השטיח הם נטל, לא נכס – ערמה של פטרוכימיקלים וחומרים אחרים בעלי פוטנציאל רעיל, שחובה להובילם לאתר הטמנה. למחזור חיים לינארי כזה, מעריסה לקבר, יש כמה השפעות שליליות על האדם ועל התעשייה כאחד. היצרן מאבד את האנרגיה, את המאמץ ואת החומרים שמושקעים בייצור השטיח ברגע שהלקוח רכש אותו. מדי שנה בשנה מבוזבזות אלפי טונות של חומרי הזנה פוטנציאליים רק בתעשיית השטיחים; במקביל, יש צורך בהפקה מתמדת של חומרי גלם חדשים. לקוחות שמעוניינים בשטיח חדש או זקוקים לו נאלצים לרכוש אותו שוב בעלות לא מבוטלת (עלות החומרים שאי-אפשר להחזיר לשימוש חייבת להתגלם במחיר); אם הסביבה יקרה לליבם, נוספים לעניין גם רגשות אשם על החלפת השטיח הישן בחדש. יצרני שטיחים היו בין הראשונים שאימצו את הרעיון של מוצר שירות או את רעיון ה"חכירה האקולוגית" שפיתחנו, אבל עד היום יישמו אותו רק על מוצרים שעוצבו באופן הרגיל. שטיח תעשייתי ממוצע מכיל סיבי נילון על תשתית פיברגלס ו-PVC. לאחר שחולפים חייו השימושיים של המוצר, מעביר אותו היצרן על פי רוב תהליך של מחזור-מחסיר – גילוח חלק מהניילון לשימוש חוזר, והשלכת "מרק" החומרים הנותר. לחלופין, אפשר גם לגרוס את כל השטיח, להמס אותו מחדש ולהשתמש בו כתשתית לשטיחים חדשים. שטיח כזה לא עוצב מלכתחילה למחזור; מחזור החיים הנוסף, שהוא אינו מותאם לו במלואו, נכפה עליו. שטיח המעוצב כחומר הזנה טכני אמיתי, אמור להיות עשוי מחומרים בטיחותיים שתוכננו מראש להתמחזר כחומר גלם לשטיח חדש; מערכת אספקת השירות שלו אמורה לעלות כמו רכישתו או פחות. אחד הרעיונות שהעלינו בנוגע לעיצוב חדש של שטיח, היה לשלב בין שכבה תחתונה עמידה לשכבה עליונה ניתנת להפרדה. כשלקוח מבקש להחליף את השטיח, היצרן פשוט מסיר את השכבה העליונה, מדביק שכבה חדשה בגוון המבוקש ולוקח אליו את השכבה הישנה כמזון לשטיח הבא. בתרחיש כזה, אנשים יוכלו להשביע את תאבונם למוצרים חדשים בתדירות שמתאימה להם, בלי להרגיש אשמים, והתעשייה תעודד אותם לעשות זאת ללא חשש, בידיעה ששני הצדדים תומכים בחילוף חומרים טכני. יצרני רכב ירצו לקבל בחזרה את המכונות הישנות כדי להחזיר לידיהם חומרי הזנה תעשייתיים יקרי-ערך. במקום להיפרד לנצח ממשאבים תעשייתיים ברגע שהלקוח עוזב את סוכנות הרכב במכוניתו החדשה, חברות רכב יכולות לפתח מערכת יחסים מתמשכת וערכית, שמשפרת את איכות החיים של הלקוחות למשך עשורים רבים, וממשיכה להעשיר את התעשייה עצמה ב"מזון" תעשייתי. לעצב מוצרים כמוצרי שירות, פירושו לעצב גם את פירוקם. התעשייה אינה צריכה לעצב מוצרים שישרדו מעבר לפרק זמן מוגדר, כמו שעושה זאת הטבע. עמידותם של מוצרים עכשוויים רבים עשויה אפילו להיפס כסוג של רודנות בין-דורית. אנחנו אולי רוצים שהמוצרים שלנו יחיו לנצח, אבל מה באשר לרצון של הדורות הבאים? מה עם זכותם לחיות לחיים, לחירות ולאוויר, מה עם זכותם ליהנות משפע משל עצמם של מזון, של חומרים ושל עונג? כך או אחרת, ליצרנים תהיה אחריות קבועה לאחסון ושימוש חוזר (אם אין מניעה בטיחותית) של חומרים בעלי פוטנציאל מסוכן שמכילים מוצריה. נדמה שאין תמריץ טוב מזה לעיצוב שיכול להימנע לחלוטין משילוב חומרים מסוכנים במוצר. יתרונותיה של המערכת הזאת, לכשתיושם במלואה, יהיו שלושה: היא לא תפיק פסולת חסרת שימוש ומסוכנת בפוטנציה; לאורך זמן, היא תחסוך ליצרנים מיליארדי דולרים בצורת

חומרים יקרי-ערך, ומאחר שחומרי הזנה למוצרים חדשים ממוחזרים בה בהתמדה, היא תפחית הפקה של חומרי גלם (כמו פטרוכימיקלים) וייצור של חומרים בעלי פוטנציאל פגיעה כמו PVC, ובסופו של דבר תוציא אותם לחלוטין מהמחזור באופן שיחסוך ליצרן כסף נוסף וייתן רווח עצום לסביבה. מספר מוצרים מעוצבים כבר עכשיו כחומרי הזנה ביולוגיים וטכניים. אבל בעתיד הנראה לעין עדיין יישארו מוצרים רבים שלא יתאימו לאף אחת משתי הקטגוריות – מצב בעל פוטנציאל מסוכן. בנוסף לכך, אי-אפשר לתת אישור למוצרים מסוימים לקחת חלק במערך אחד בלבד של חילוף חומרים, בגלל אופן השימוש הרווח בהם בעולם. המוצרים האלה דורשים תשומת לב מיוחדת.

כשעולמות מתנגשים

אם מוצר חייב, לעת עתה, להישאר "הכלאה מפלצתית", ייתכן שנחוצה מידה רבה יותר של תחכום בעיצובו ובשיוקומו כן שהשפעתו על חילופי החומרים הביולוגי והטכני תהיה חיובית. ניקח לדוגמה את המורשת העיצובית הלא-מכוונת של זוג נעלי ריצה ממוצע, מוצר נפוץ למדי. בשעת ריצה או הליכה – פעילויות שאמורות לתרום לבריאות ולתחושה הכללית של המשתמש – כל חיכוך של הנעליים בקרקע משחרר לסביבה חלקיקים זעירים המכילים כימיקלים שעלולים להיות טרטוגניים, קרציוגניים או חומרים אחרים שעשויים לפגוע בפוריות ולדכא את תכונות ההתחמצנות של תאים. עם בוא הגשם הראשון צפויים כל החלקיקים האלה להישטף אל הצמחים והקרקע שבסמוך לכביש (אם סוליות נעלי הספורט שלכם מכילות בוטות מיוחדות שמולאו גזי ריפוד – שלאחרונה התגלה כי חלקם תורמים להתחממות העולמית – אתם אולי תורמים לשינוי באקלים). אפשר לתכנן מחדש נעלי ריצה כך שהסוליות יהיו חומרי הזנה ביולוגיים. במקרה כזה, כשהן יתפרקו במגע עם הקרקע הן יזינו את חילוף החומרים האורגני במקום להרעיל אותו. מכל מקום, כל עוד גוף הנעל הוא חומר הזנה טכני, יש לעצב את הנעליים כך שיהיה אפשר לפרק אותן בקלות ולהזין בבטחה את שני המחזוריים (כשאת החומרים הטכניים יאסוף היצרן). איסוף חומרי הזנה טכניים שהיו פעם נעליים של ספורטאים מפורסמים – ופרסום עובדה זו – עשויים להעניק יתרון תחרותי ליצרנית ציוד ספורט. יש חומרים שאינם מתאימים לאף אחד ממערכי חילוף החומרים – האורגני או הטכני – משום שהם מכילים חומרים מסוכנים. חומרים כאלה ראויים לכינוי **בלתי-סחירים**; עד שיפותחו דרכים טכנולוגיות לנטרל אותם מרעלים – או להימנע כליל משימוש בהם – גם הטיפול בהם צריך להיות יצירתי. אפשר לאחסן אותם ב"מגרשי חניה" – מאגרים בטיחותיים שיצרן החומר מתחזק או מממן את השימוש בהם. את הבלתי-סחירים העכשוויים יאספו היצרנים לאחסנה בטיחותית עד שיהיה אפשר לנטרל את מרכיביהם הרעילים ולהחזיר אותם לשימוש בטיחותי כמולקולות לידי האדם. אין ספק שפסולת גרעינית היא בלתי-סחירה; במובנה הטהור, ההגדרה צריכה לכלול גם חומרים שידועים כמכילים מרכיבים מסוכנים. PVC הוא דוגמה אחת לחומר כזה: במקום לשרוף אותו או להטמין אותו באדמה, אפשר גם "להחנות" אותו עד שיפותחו טכנולוגיות נטרול רעלים בעלות יחס עלות-תועלת סביר. PET שמויצר כיום מכיל אנטימון, וזה הופך גם אותו לבלתי-סחיר: עם קצת תחכום טכנולוגי, אפשר אפילו להעביר מוצרים המכילים PET, כמו בקבוקי משקאות קלים, תהליך של מחזור-משביח, שישלך את שאריות האנטימון וליצור פולימר נקי שיהיה מוכן לשימוש חוזר מתמשך ובטיחותי. חברות יכולות לקחת על עצמן את האתגר של **סילוק פסולת הדרגתי**, שבו בלתי-סחירים – פסולת וחומרי הזנה בעייתיים – יסולקו ממחזור הפסולת הקיים. יהיה אפשר לאסוף סוגי פוליאסטר מסוימים שקיימים היום בשוק ולסלק מהם את האנטימון הבעייתי. צעד כזה עדיף על השארתם באריגים, משום שאלה יושלכו בסופו של דבר לפח או יישרפו, וכך אולי יחדרו למערכות טבעיות ולמחזוריים של חומרי הזנה. את החומרים בהכלאות מפלצתיות מסוימות אפשר פשוט לאסוף ולהפריד. את הכותנה באריגי פוליאסטר המשולבים בכותנה אפשר להעביר תהליך של פירוק אורגני; אז גם יהיה אפשר להחזיר את הפוליאסטר למחזוריים הטכניים. יצרניות נעליים יכולות לחלץ מהנעליים כרום. בתעשיות אחרות יהיה אפשר אולי לאסוף מקלטי טלוויזיה ומוצרי שירות אחרים מאתרי הטמנה. כדי לחולל תמורה מוצלחת יש צורך במנהיגות בתחומים האלה, וגם בלקיחת אחריות יצרנית. האם יצרנים של מוצרים קיימים צריכים לחוש אשמים על מעורבותם במה שהיה עד היום סדר-יום הרסני? כן. לא. לא משנה. אי-שפיות הוגדרה פעם כחזרה על מעשה בצפייה לתוצאה שונה. רשלנות תוארה כחזרה על מעשה גם כשידוע שהוא מסוכן, מטופש ושגוי. עכשיו, כשהעובדות ידועות, הגיע הזמן לשינוי. הרשלנות מתחילה מחר.