

משקלם של החומרים שיצר האדם עבר את משקל עולם החי והצומח

חוקרים ממכון ויצמן סימנו את 2020 כשנה שבה לראשונה בהיסטוריה, עקפה המסה של תוצרי האדם - החל מגורדי שחקים ועד לבדלי סיגריות - את המסה של כלל החיים בעולם. לדבריהם, זוהי עדות חותכת לעידן האנתרופוקן: התקופה הגיאולוגית שמאפיינה העיקרי הוא השפעת האדם על הסביבה

קרוב לוודאי ש-2020 תיזכר בזכות מגפת הקורונה ששיבשה את החיים האנושיים על פני כדור הארץ באופן חסר תקדים. אך במבט לאחור, ייתכן ששנה זו תיזכר גם בזכות מאורע אחר לחלוטין: כזה שכמעט לא משך תשומת לב, וגם לא שינה את חייו של איש. האירוע הסמלי מאין כמוהו ניצב בלב מחקר חדש של מדעני מכון ויצמן. על פי החוקרים, 2020 היא השנה הראשונה בהיסטוריה שבה עקפה המסה של תוצרי האדם את המסה של כלל החיים בעולם. במילים אחרות, משקלם של הבניינים, הכבישים, המכוניות, הטלפונים ובקבוקי הפלסטיק עבר לראשונה את משקלם של כל העצים, הצמחים, בעלי החיים, הפטריות והחיידקים. הממצא הדרמטי הזה מהווה עדות חותכת נוספת לעידן האנתרופוקן: התקופה הגיאולוגית בחיי כדור הארץ שמאפיינה העיקרי הוא השפעת בני האדם על הסביבה.

המחקר שמתפרסם היום (רביעי) בכתב העת נייצ'ר, נערך בידי קבוצת המחקר בראשות פרופ' רון מילוא מהמחלקה למדעי הצמח והסביבה במכון ויצמן, ובהובלת אמילי אלחכם וליעד בן-אורי. החוקרים ערכו כבר לפני כשנתיים חישוב של משקלם הכולל של החיים על פני כדור הארץ – מנגיפים ועד עצים, מעכברים ועד לווייתנים. המחקר עורר אז סערה וצוטט מאז במאות רבות של פרסומים, שכן הוא מצא שמשקלם של בני האדם עצמם אמנם מהווה שבריר קטן ממשקלם של החיים על פני כדור הארץ (כ-0.01%), אך השפעתם על המשקל של חלקים אחרים בביומסה דרמטית. כך למשל, נחשף במחקר הקודם כי מאז תחילת המהפכה החקלאית לפני כעשרת אלפים שנים, בני האדם הביאו לירידה של כ-50% בביומסה הכוללת. בני האדם עצמם וחיות המשק שלהם מהווים רוב עצום (כ-96%) מכלל היונקים על פני כדור הארץ. המחקר מצוטט, בין היתר, בסרטו של דייוויד אטנבורו, "על פני

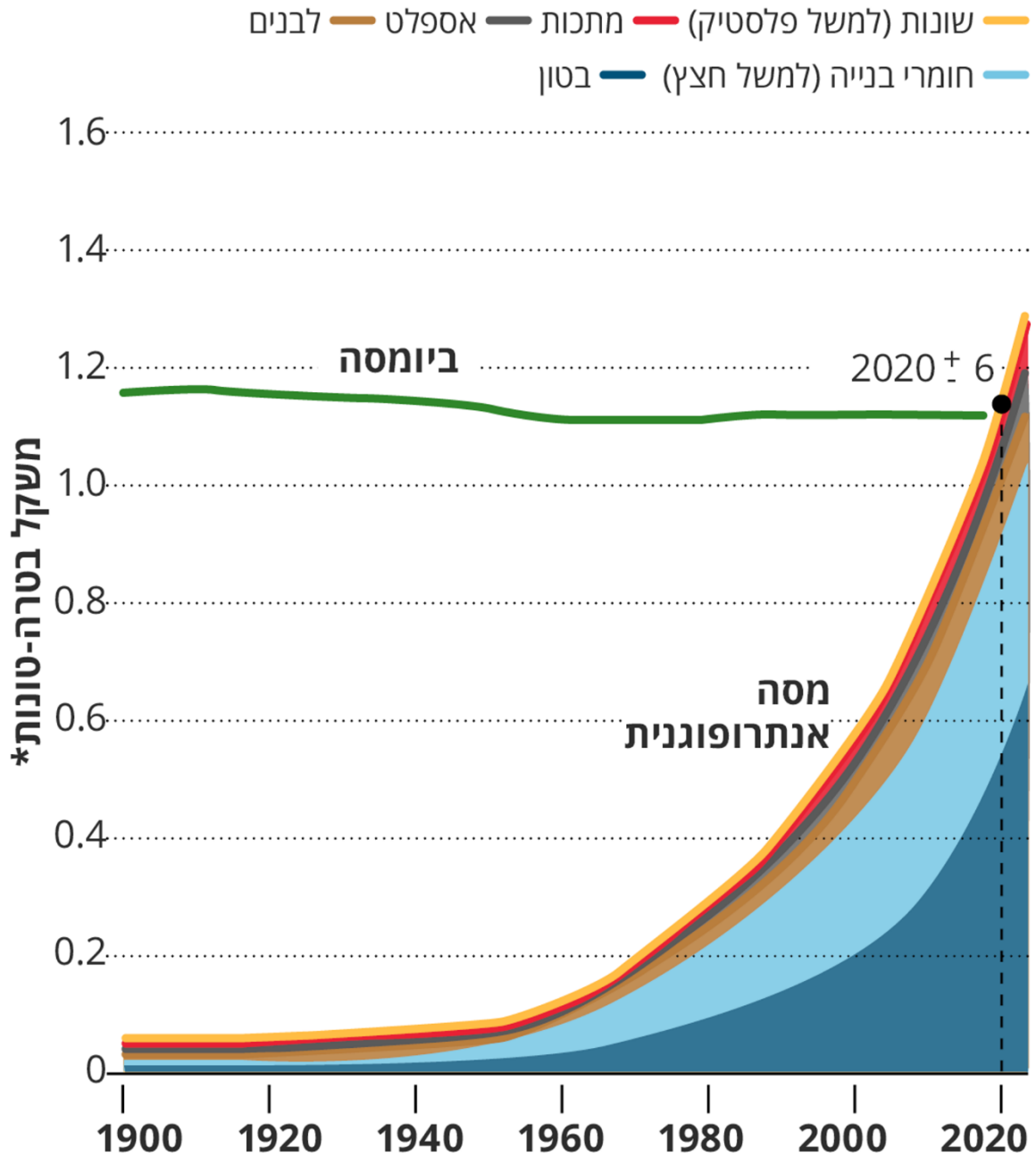
האדמה". כמו כן, מאז פרסומו, הפך חישוב קבוצת המחקר שלו לסטנדרט בספרות המדעית העולמית .

המחקר הנוכחי של אותה קבוצה משווה את הנתונים שהתקבלו ממחקר הביומסה, לאלה שנאספו ביחס למשקלה של האנתרופומסה (המסה של "תוצרי האדם" - או כלל החומרים שנוצרו על ידי האדם). מונח זה בא לתאר את כל הבניינים, התשתיות, המכשירים והמוצרים שיצר האדם לשימוש. המחקר מעלה כי בתחילת המאה ה-20 היה משקלם של התוצרים הללו רק 3% מהביומסה של כדור הארץ. אך בתוך 120 שנה חל זינוק במשקלם של תוצרי האדם והשנה, ולהערכת החוקרים, הוא כבר עבר את 100% המשקל של הביומסה. משקל האנתרופומסה הכוללת ב-2020 - מבדלי סיגריות ועד לגורדי שחקים - מוערך בכ-1 טרה טון (מיליון מיליוני טונות), ושווה פחות או יותר למשקל הביומסה - מוירוסים ועד לעצי סקויה .

הזינוק האקספוננציאלי במסת תוצרי האדם החל בשנות ה-50, עם הפריחה הכלכלית שלאחר מלחמת העולם השנייה. תקופה זו מכונה "ההאצה הגדולה" ומתאפיינת בזינוק דרמטי בכמעט כל מדד אנושי אפשרי - אוכלוסייה, צריכה, ייצור אנרגיה ועוד. ואולם, החומר העיקרי שמאפיין את הזינוק בהאצה הגדולה הוא הבטון, שמהווה, להערכת החוקרים, כ-50% ממשקל החומרים מעשה ידי אדם. שאר חומרי הבנייה מהווים גם הם חלק חשוב במסה האנתרופוגנית. אלה, על פי סדר חשיבותם, הם: אגרגטים (חומרי בנייה יבשים כמו חצץ וחול), לבנים, אספלט, מתכות ופלסטיק .

משקלם של הבניינים, הכבישים, המכוניות, הטלפונים ובקבוקי הפלסטיק עבר לראשונה את משקלם של כל העצים, הצמחים, בעלי החיים, הפטריות והחיידקים

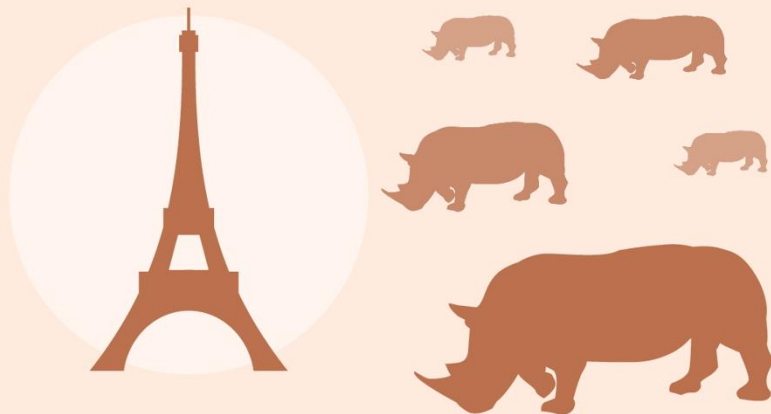
השינוי ביחס בין מסה ביולוגית בעולם למסה שמיוצרת על ידי האדם



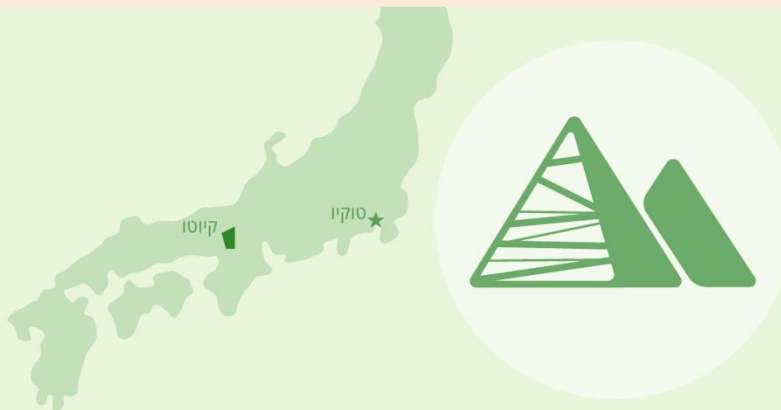
*מיליון מיליוני טונות

ההאצה הגדולה התרחשה לאחר שחלק נכבד מהביומסה של כדור הארץ כבר נעלמה בשל פעילות האדם. זו החלה להצטמצם אלפי שנים לפני המהפכה התעשייתית, עוד במהפכה הטכנולוגית הקודמת של האנושות: המהפכה החקלאית, שהתרחשה לפני כעשרת אלפים שנים .

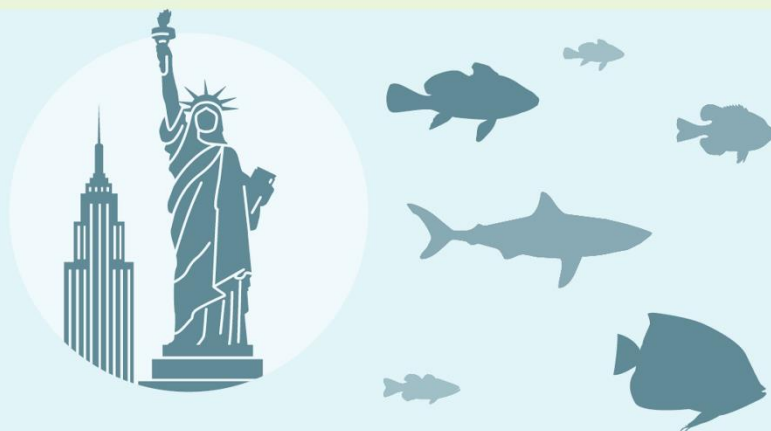
לצד הנתון הכולל, המחקר מעלה כמה השוואות נוספות שמעידות על חומרת המשבר האקולוגי. כך למשל, משקל כל הפלסטיק בעולם מוערך בכשמונה גיגה טונות - כלומר, שמונה מיליארד טונות - כפול ממשקלם הכולל של כל בעלי החיים ביבשה ובים. לצד זאת, משקלם של כל הבניינים והתשתיות מוערך ב-1,100 גיגה טונות - כ-200 גיגה טונות יותר מאשר משקלם של כל העצים והשיחים .



המסה של מגדל אייפל שווה לכעשרת אלפים הקרנפים
הלבנים הקיימים בעולם, האחרונים מסוגם



המסה של הפירמידה הגדולה בגיזה שווה
למסה של יער בגודלה של העיר קיוטו ביפן



המסה של כל העצמים בניו יורק שיצרו
בני האדם שווה לזו של כל הדגים בעולם



מסה טבעית



מסה שיוצרה
על ידי האנושות



ההאצה הגדולה נמשכת ברציפות עד לימנו ואף מתגברת, אף שבכל פעם שיש משבר כלכלי ניכרת האטה בקצב: כך היה בתחילת שנות ה-70 במשבר הנפט, בסוף שנות ה-90 במשבר הדוט-קום וב-2008 במשבר הכלכלי העולמי. כך קורה גם בזמן הקורונה. אך למרות המשברים, הקצב הולך ומתגבר והוא מהיר יותר מקצב גידול האוכלוסייה. על פי חישובי החוקרים, אדם ממוצע בכדור הארץ אחראי לייצור אנתרופומסה גדולה יותר ממשקל גופו בכל שבוע. החוקרים מעריכים כי בקצב הנוכחי, יגיע

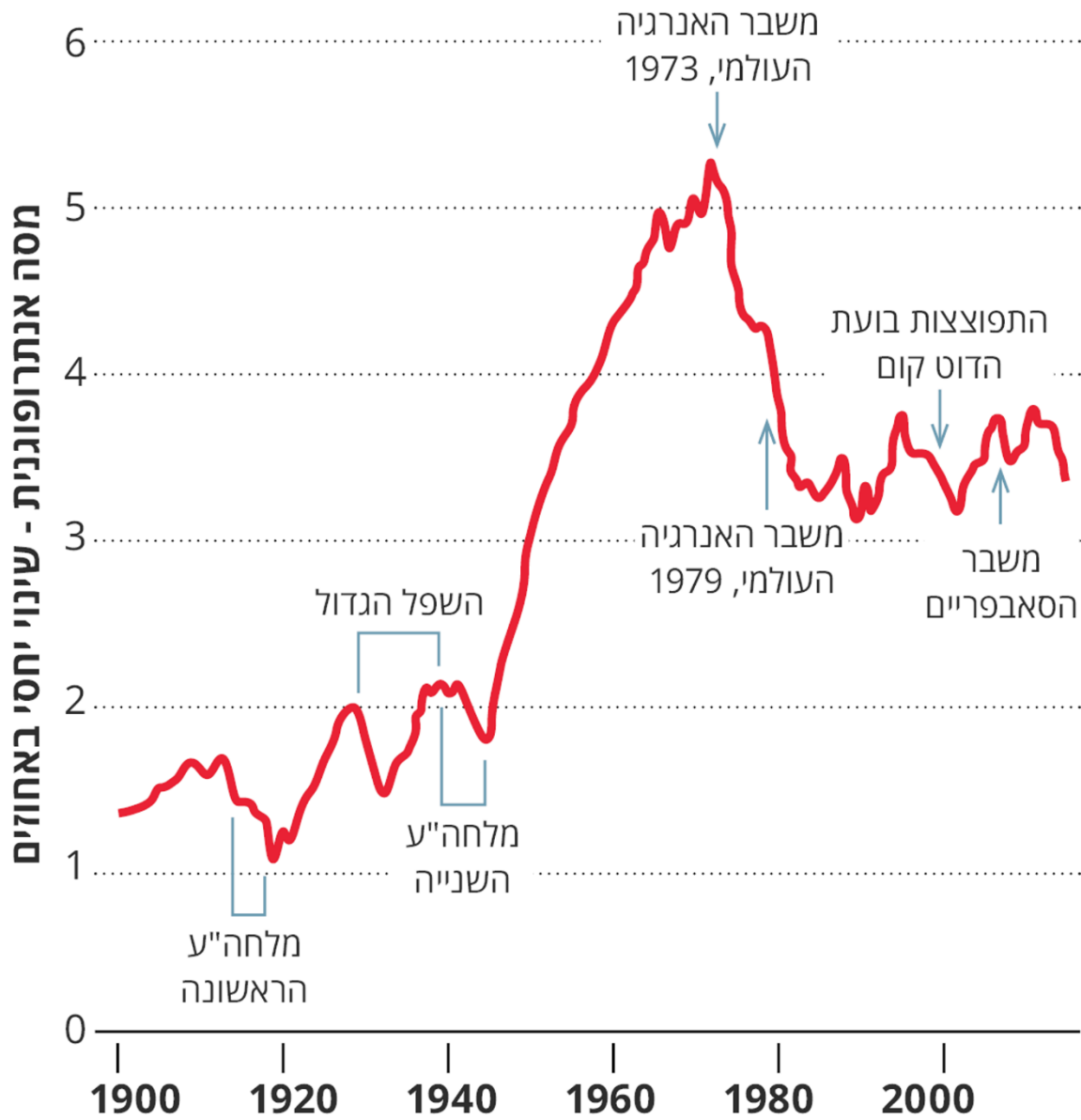
משקלה של האנתרופומסה העולמית לשלושה טרה טונות עד לשנת
2040 - פי שלושה ממשקל הביומסה .

"הייתי שמח לגלות שטעינו"

איסוף הנתונים על משקלה של האנתרופומסה מתבסס על עבודתה של
קבוצת מחקר אוסטרית, שאוספת מידע מכל הלשכות המרכזיות
לסטטיסטיקה בעולם ומכל התעשיות. קבוצה זו סוכמת, לדוגמה, כמה
בטון, ברזל פלסטיק וזכוכית מיוצרים בעולם בכל שנה. חישוב הביומסה
מתבסס על מחקרי שטח, שכללו שקילה וחישוב של הביומסה באזורים
שונים בעולם". אנחנו סופרים אפילו את החיידקים שלושה ק"מ בעומק
האדמה, ואת האלמוגים וכל מה שאתה יכול לחשוב עליו", מעיד מילוא,
"הייתי שמח לגלות שטעינו ויש הרבה יותר, זה שווה לכולנו אבל זה יפתיע
אותי מאוד ."

שותפתו למחקר אלחכם מוסיפה כי "ההשוואה בין המסה של תוצרי
האדם והביומסה במאה השנים האחרונות, מאירה באור חדש את
ההשפעה ההולכת וגדלה של הפעילות האנושית על כדור-הארץ ."

שינויים במסה שמיוצרת על ידי האדם על רקע אירועים היסטוריים



בהקשר זה, פרופ' מילוא גורס כי "המחקר הזה מראה באופן סמלי איפה אנחנו באמת". לדבריו, "עכשיו יותר קשה להתחבא מאחורי הטיעון שאנחנו מין קטן בעולם גדול ושההשפעות שלנו זניחות. הוא מראה את המקום המשמעותי שלנו על פני כדור הארץ. יחד עם הכוח הזה באה גם אחריות למצוא את האיזון הנכון בין עולם הטבע לבין יצירי האדם."

כאמור, המחקר משתלב היטב בפרדיגמת האנתרופוקן, עידן האדם. את המונח טבע זוכה פרס נובל בכימיה, פול קרוצן, לפני 20 שנה. לטענתו, ההשפעה של בני האדם על העולם – כפי שבאה לידי ביטוי במשבר האקלים, היעלמות מערכות אקולוגיות, הכחדה ההמונית ועוד – דרמטית כל כך, שיש צורך להגדיר אותה כעידן גיאולוגי חדש בתולדות הפלנטה. התפיסה מקובלת היום בקרב רוב המדענים.

עברו לתצוגת גלריה



דנוור, קולורדו. בתוך 120 שנה חל זינוק במשקלם של תוצרי האדם צילום/ David Zalubowski: אי־פי

יש שמצביעים על תחילת המהפכה התעשייתית לפני כ-200 שנה כתחילת האנתרופוקן, ויש שמצביעים על תאריך סמלי: 16 ביולי 1945, אז ביצעה ארה"ב את הניסוי הגרעיני הראשון. העידן הגרעיני שהחל באותו יום השאיר את חותמו על הסלעים בכדור הארץ, ולכן ניתן יהיה לזהות את האנתרופוקן גם בעוד מיליוני שנים. תפיסה נוספת מקדימה את תחילת האנתרופוקן אלפי שנים לאחור, עם התפשטות החקלאות.

מילוא מסכם: "מהמחקר הזה יכולים להיפתח כל מיני דיונים חשובים ומהותיים על העולם שבו אנחנו רוצים לחיות, כמו למשל איך להבטיח קיום שטחי טבע וחיות בר, איך כל אחד יכול לצרוך משאבים בצורה

אחראית ויעילה יותר. אין פה מסר של לחזור אחורה למה שהיה לפני פיתוח הטכנולוגיה. אני שמח ליהנות מהרבה דברים שהאנושות יצרה, וכך אני גם מאחל לבנות שלי, אבל המחקר מאפשר לנו להבין טוב יותר את הצורך לעשות את זה בצורה שמחפשת איזון עם עולם הטבע."