

תגובות

בתגובה ל"התרופה גרועה מהחולי", מאת יונתן דובי, גיליון 29

ידידיה סינקלר ואהרן אריאל לביא

אבחון המחלה הוא השלב הראשון בפיתוח התרופה

מטעים. הדו"ח לשנת 2021 של הפאנל הבין-ממשלתי של IPCC בנושא מדעי האקלים, שדובי עצמו מתייחס אליו כמקור סמכותי, חוזה עלייה גלובלית בגובה פני הים של 101-28 ס"מ עד 2100, כאשר המספר הגבוה יותר מבוסס על התרחיש שבו האנושות עושה מעט מאוד בעניין, גישה שדובי מצדד בה.¹ הדו"ח מוסיף שאירועים קיצוניים בגובה פני הים, המתרחשים היום פעם במאה שנה, יתרחשו בערי חוף רבות בתדירות שנתית בסביבות שנת 2050.

עוד מצטט דובי מאמר משנת 2015 בכתב העת הרפואי הבריטי המוביל, The Lancet, שבו נטען כי יש יותר מקרי מוות הנגרמים מקור מאשר מחום קיצוני. עם זאת, הוא מתעלם מעשרות מאמרים אקדמיים עדכניים יותר באותו כתב עת עצמו, אליו הוא מתייחס כאמור כמקור סמכותי, המביעים דאגה עמוקה מההשפעות הבריאותיות של שינויי האקלים. הדו"ח הנרחב של Lancet לשנת 2021, שכותרתו "קוד אדום לעתיד בריא", יכול להיות מקום טוב להתחיל בו.² כך גם לגבי השימוש הנרחב של דובי בספרו של קונין, שהינו מקור לגיטימי, אלא שהיה ראוי לכל הפחות לציין שספר זה זכה לביקורות רבות ממדענים מובילים, חלקם אף תלמידיו

סוגיית משבר האקלים היא מורכבת, ואנו מברכים את השילוח על מתן הבמה לדעות שונות בעניין. נפתח ונאמר שאנו מסכימים עם פרופ' יונתן דובי על כך שיש לדון בשאלת התוצאות של מדיניות המקדמת אנרגיה ממקורות מתחדשים ללא דעות קדומות, דעות פוליטיות ותחושות בטן, ושיש לבחון את העובדות בצורה מדעית ככל שניתן. אלא שלהבנתנו, מאמרו שלו עצמו סובל מאי-דיוקים ומשימוש סלקטיבי במקורות. הטעויות נוטות בעקביות לכיוון של הערכת חסר של חומרת שינויי האקלים, הערכת יתר של היתרונות בשימוש בדלקי מאובנים, והתעלמות מחסרונותיהם. מנגד, דובי מגזים בתיאור המגבלות הטכנולוגיות של האנרגיה המתחדשת, ומתאר את המצב כסטטי ובלתי-נתון לשינויים – אף כי כבר עכשיו רבות מהבעיות שהוא מזהיר מפניהן נפתרות והולכות.

דובי מכיר בכך שהטמפרטורות הגלובליות עולות וכי לאנושות הייתה השפעה מסויימת על העלייה הזו. עם זאת, הוא מגיע למסקנה שאין בכך משום הצדקה לדאגה רצינית או לפעולה דחופה. לדוגמה, הוא טוען שעליית מפלס פני הים היא למעשה "קטנה ואיטית להפליא ... 2-4 ס"מ לעשור או 30 ס"מ למאה". ראשית, הנתונים הללו



ייצור אנרגיה ממקורות מתחדשים חסין מפני תנודתיות המאפיינת אנרגיה מדלקי מאובנים, כפי שניכר בשנתיים האחרונות. זאת משום שירידת מחיר החשמל הסולארי נובעת משיפורים טכנולוגיים שמוטמעים ומתקבעים – ולכן ההשפעה של אירועים גלובאליים עליהם זניחה לעומת ההשפעה של אותם אירועים על מחירי דלקי המאובנים שעלו בחדות בשנת 2022. מחירי החשמל לצרכנים הישראלים עלו ב-10% כבר השנה, וזאת בגלל העלייה במחירי הפחם ולא בגלל ההשקעה באנרגיות מתחדשות. יתרה מזאת, גם מחירי האנרגיה הגרעינית עלו בכ-25% בעשור האחרון, ועובדה זו מטילה בספק את היתכנות המעבר לאנרגיה גרעינית בקנה מידה רחב. אך לעובדות אלו אין זכר במאמרו של דובי, והן סותרות את טענתו המרכזית בדבר יציבות ההספק שדלקי המאובנים יכולים לספק לאורך זמן.

חוסר היציבות של אנרגיה המתבססת על דלקי מאובנים צפוי רק לגדול בטווח הבינוני והארוך, בשל העובדה הפשוטה שאין עוררין עליה: מדובר במשאבים מתכלים אשר במקדם או במאוחר פשוט יאזלו (לפי שגריר בחריין, שדיבר בכנס השמרנות האחרון, במדינתו הם כבר בשלבי סיום). יש הטוענים שאין צורך לחכות עד שהם יאזלו לחלוטין, אלא מספיק להגיע רק לנקודה הנקראת "שיא תפוקת הנפט" (Hubert's Peak או Peak Oil בעגה המקצועית). בנקודה זו מחירי הנפט (ודומיו) יאמירו לרמה שבה לא יתאפשר עוד להסתמך עליהם להפקת אנרגיה בקנה-מידה נרחב, והדבר יביא למשבר חברתי וכלכלי חסר תקדים. עם זאת, יש לציין שתיאוריית שיא תפוקת הנפט בוקרה אף היא והעניין בה ירד בעשור האחרון, ויש להתייחס אליה בעירבון מוגבל.⁶

של קונין, וכן שהספר מסתמך על מידע לא מעודכן.³

אכן, מערכת האקלים מורכבת מאוד (ואף כאוטית במידה מסוימת, באופן מובנה), ותחזיות מסוימות לגביה כבר התבדו בעבר. איננו רואים פסול בוויכוח על אודות דו"ח ה-IPCC עצמו, ועל אודות מאמרים ב-Lancet או בכל במה אקדמית אחרת, במסגרת ויכוח מדעי וציבורי לגיטימי. דובי אינו חולק על מהימנותם של המקורות הללו, אלא להפך, הוא משתמש בהם כדי לבסס את טענותיו. הבעיה היא שהוא עושה זאת בצורה סלקטיבית ולא עדכנית.

מדיניות האנרגיה בישראל

כזה הוא גם תיאורו של דובי למדיניות האנרגיה של ישראל. הוא מציין את מחלוקת המדיניות בין משרד התשתיות הלאומיות והמשרד לאיכות הסביבה, שרוצים לראות הרחבה של השימוש באנרגיות מתחדשות, לבין חברת החשמל – אך מצטט רק את הגורמים הספקניים בחברת החשמל ומתעלם מדו"חות אחרים שלה שהציגו עמדות שונות.⁴

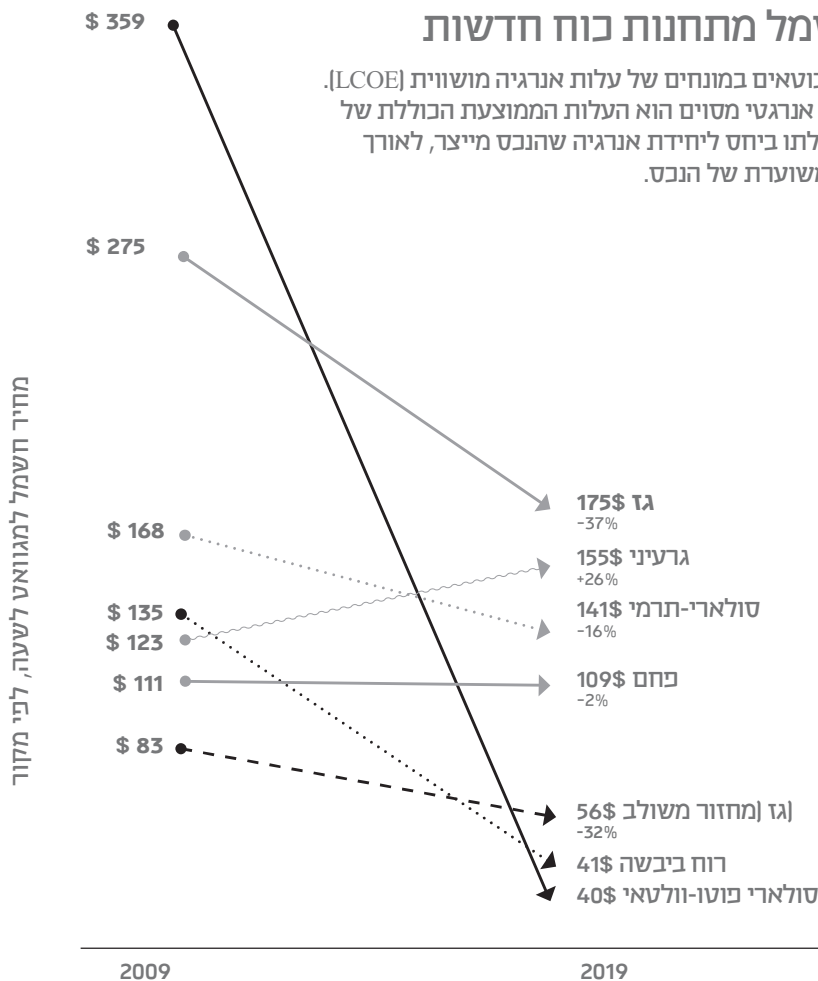
כאן אנו מגיעים לתורף הטיועון של דובי, ולנקודת התורפה המרכזית שלו. דובי מתעלם מהעובדה שמחיר החשמל המופק מהשמש ירד ביותר מ-80% מאז 2010, וממשיך לרדת. כבר כיום הוא זול יותר מרוב המקורות האחרים. עוד לפני עשור דו"ח של פרופ' יוג'ין קנדל (בעת שהיה יועץ כלכלי לנתניהו) קבע שמחירי האנרגיה המתחדשת נהפכו למשתלמים למדינה ופרס וכימת לפרטי פרטים את התועלות השונות שצומחות ממנה. בהמשך אף בוטלו הסובסידיות בענף זה והוא נעשה כלכלי ורווחי לכל דבר ועניין.⁵ זאת ועוד,

הזו ולדאוג מבעוד מועד ליצירת חלופות אנרגטיות שאינן מתבססות על משאב מתכלה. כל זאת עוד לפני שאמרנו מילה על שינויי האקלים עצמם, או על הנוקים הסביבתיים המקומיים של ייצור חשמל מדלקי מאובנים (כ-2,500 אנשים מתים כל שנה מזיהום אוויר בישראל).⁷

על כל פנים, המחלוקת נסובה סביב התרחישים כתוצאה מדעיכה בתפוקת הנפט, ואין מחלוקת על עצם העובדה שמדובר במשאבים מתכלים ושבשלב כלשהו האנושות תיאלץ למצוא מקורות אנרגיה חלופיים. כפי שאמר שייח' אחמד זאקי ימני, שר הנפט של סעודיה בשנים 1962-1986: "תקופת האבן נגמרה לא בגלל מחסור באבנים". לכן, דווקא בגלל הצורך של האנושות בהספק, צורך שאיננו חולקים עליו כלל וכלל, חשיבה אחראית וצופה פני עתיד צריכה להביא בחשבון את העובדה הפשוטה

מחיר החשמל מתחנות כוח חדשות

מחירי החשמל מבוטאים במונחים של עלות אנרגיה משווית (LCOE). ה-LCOE של נכס אנרגטי מסוים הוא העלות הממוצעת הכוללת של בניית הנכס והפעלתו ביחס ליחידת אנרגיה שהנכס מייצר, לאורך תקופת החיים המשוערת של הנכס.





במידה רבה של ודאות שעם ההתקדמות המעריכית של הטכנולוגיות הרלבנטיות, הטיעון משתנה באופן מכריע לטובת אנרגיה מתחדשת ואחסון עם כל שנה שעוברת.

עם זאת, למען ההגינות והאיזון עלינו לציין שכמובן שגם לאנרגיות המתחדשות לסוגיהן יש בעיות מבניות, נזקים סביבתיים (ייצור הפאנלים הסולאריים אינו חף מהם) ועלויות חיצוניות. בסופו של יום, מדיניות ציבורית וכלכלית איננה בחירה בין אפשרויות אוטופיות לדיסטופיות, ולמעשה מסוכן לחשוב על הפוליטיקה והכלכלה בצורה כזו (לרוב זה פשוט מוביל לדיסטופיה). מדיניות ציבורית וכלכלית היא אומנות הבחירה בין אפשרויות מאתגרות ובעייתיות כאלו ואחרות, מתוך הבנה שאין אפשרויות מושלמות בעולם שבמהותו אינו מושלם. להבנתנו, תובנה זו היא אבן יסוד בתפיסת עולם שמרנית, ונרחיב על כך מיד.

אנרגיה וביטחון

דובי צודק בטענה אחרת באותו עניין, שלפיה מפעלים לייצור חשמל מדלקי מאובנים דורשים פחות שטח מאשר מפעלים סולאריים; והוא מתייחס לכך כדבר חיובי באופן מובן מאליו. אדם אחד שבוודאי יסכים איתו הוא מנהיג חיובאללה חסן נסראללה, המאיים שוב ושוב לתקוף תשתיות ישראליות קריטיות בטילים מדויקים במסגרת סכסוך עתידי. כאשר ייצור החשמל של ישראל מתרכז ב-10 אתרים קומפקטיים במיוחד, כל אחד מהם הוא יעד בעל ערך גבוה. כמה פגיעות ישירות בתחנות כוח גדולות תהיינה בעלות השלכות קטסטרופליות. זו גם הסיבה שתחנות כוח גרעיניות לייצור חשמל אינן

אכן, דובי צודק בהצביעו על כך שחלק ממקורות האנרגיה המתחדשים אינם יציבים (כגון שמש ורוח), ולכן כדי לייצר יציבות ורציפות במשק האנרגיה נדרשת יכולת אחסון, או לחילופין יכולת גיבוי מדלקים מאובנים. עם זאת הוא משמיט כל מידע על המחיר של אחסון בקנה מידה גדול. העובדה היא שמחיר האחסון ירד בצורה חדה אף יותר ממחיר הפקת האנרגיה מהשמש – עד כדי כך שכבר נהיה משתלם כלכלית לשלב אחסון בייצור אנרגיית שמש בקנה מידה גדול.

בבחירתו להתעלם מהמגמות הדרמטיות במחירים ובקיבולת של הייצור והאחסון של אנרגיה מתחדשת, דובי דומה למי שהיה טוען ב-1780 שלתעשיית הפחם הבריטית אין עתיד משום שלעיתים קרובות התפוצצו פנסים של כורי פחם מתחת לאדמה. למעשה, כידוע, במהלך מאתיים השנים הבאות הצליחה תעשיית הפחם לפתור בעיות אלו ואחרות. לדוגמה זו ניתן לצרף שורה ארוכה של תחזיות בדבר מחסומים טכנולוגיים בלתי-עבירים, שנפרצו מזמן, החל במשבר זבל הסוסים של ראשית המאה העשרים, דרך התחזית של מנכ"ל IBM בשנות החמישים שחזה שאין שוק ליותר מכמה מחשבים בעולם, ועד להתיעלות צריכת האנרגיה של המעבדים שאפשרה את שוק המכשירים הניידים שכולנו אווזים בהם כיום.

טבעם של אתגרים טכנולוגיים הוא להיפתר, ובפרט בשוק תחרותי המציע פוטנציאל רווח עצום למי שיצליח לפתור אותם. תעשיית האנרגיה המתחדשת היא בת פחות משני עשורים, וכבר פתרה שורה ארוכה של בעיות באופן משתלם כלכלית. ניתן לומר

פתרון רלבנטי לישראל, אף שאנו מצדדים בהן כחלק מהפתרון ברמה העולמית, באזורים שאינם מאוימים בירי טילים של ארגוני טרור ובמדינות שיכולות להרשות לעצמן את העלויות וההון האנושי שמתקנים כאלה דורשים.

במקרה הישראלי הספציפי, לייצור חשמל מבוזר (כגון שמש ורוח) יש יתרון גדול ההופך את יכולת ייצור החשמל של ישראל לחסינה מפני התקפות טילים. על כן אין פלא שצה"ל, שיש לו צורך קיומי באספקת אנרגיה מאובטחת, מוביל את המעבר של ישראל לאנרגיה מתחדשת וכבר מייצר 25% מהחשמל שהוא זקוק לו באמצעות מתקנים סולאריים, חוסך עשרות מיליוני שקלים בהוצאות אנרגיה ומסוגל להגיע ל-100% עד 2030.⁸ אין מדובר בטרנד ירוק וחסר פשר שהשתלט על הצבא – אלא בחשיבה אסטרטגית וניהול סיכונים המנצלים טכנולוגיה חדשנית כדי לשלול מהאויב יכולת אסטרטגית נגדית שהוא בנה, לצד התייעלות כלכלית משמעותית.

מה עם אפריקה?

דובי מקדיש את ההקדמה והסיום שלו לאפריקה, תוך התמקדות בתקוותיה של מרי יוניאנגו בת ה-8 לזכות בחינוך. לדובי אין הצעות ספציפיות איך לעזור לה, אבל נראה שטענתו המרכזית היא שאם לא יבנו תחנות כוח רבות ומבוססות דלקי מאובנים באפריקה, מארי ומיליונים כמוה לעולם לא יגשימו את תקוותיהם וחלומותיהם. אחד מאיתנו (סינקלר) מילא למעשה תפקיד קטן במתן אפשרות לעשרות אלפים כמו מארי לגשת לחשמל, באמצעות בניית מפעלי אנרגיה סולארית. החברה הישראלית

Gigawatt Global, שבה כיהן כסגן נשיא בשנים 2011–2016, הקימה מפעל סולארי של 7.5 מגוואט בבורונדי, המדינה הענייה בעולם, שבה בעבר רק ל-11% מהאוכלוסייה הייתה גישה לחשמל. הפרויקט נחנך בשנה שעברה והוסיף 10% ליכולת ייצור החשמל של בורונדי. הוא מאפשר ל-87 אלף בתים ועסקים גישה לחשמל, ולשירותי הבריאות, החינוך, התעסוקה והפיתוח הכלכלי הנלווים לכך.⁹

דוגמה נוספת היא דרום אפריקה, שממנה חזר לאחרונה השני מאיתנו (לביא). דרום אפריקה סובלת מהחשכות חוזרות ונשנות מכיוון שמערכת ייצור החשמל שלה איננה עומדת בביקוש. לאחרונה החליטה הממשלה לנסות לפתור את הבעיה באמצעות פתיחת השוק ליוזמות של אנרגיה מתחדשת, מאחר ששני מיזמים להקמת תחנות כוח גדולות ומסורתיות אינם מצליחים להגיע לקו הסיום. אחת הסיבות לכך היא שהקמה של תחנות כוח מהסוג הזה היא מפעל מורכב ויקר, ותחזוקתן דורשת כוח אדם רב ומיומן, ויקר אף הוא (מעבר לאנרגיה גרעינית דורש כוח אדם מיומן ויקר אף יותר). כוח אדם כזה נמצא במחסור חמור בדרום אפריקה, עקב בריחת מוחות שלא ניכנס לסיבותיה כאן. יש לזכור שדרום אפריקה היא המדינה העשירה והמתקדמת ביותר ביבשת, ולעומתה ברוב המדינות האחרות כוח אדם כזה לא קיים מלכתחילה. נוסף על כך, אין להן שום יכולת להעמיד תמריצים כדי לגייס מספיק מהנדסים ואנשי מקצוע מהסוג הנדרש, שיגרמו להם לעזוב את מדינות המערב (או להישאר באפריקה). יתרה מזאת, אם מדינות העולם תחזרנה להשקיע בתחנות כוח מהסוג הישן, מחיר



אל מעבר לדו-שיח המדעי, ולהציע נקודת מבט חברתית-שמרנית.

אנו טוענים שגם אם ייתכן שבעוד עשרים שנה התחזיות הקודרות של ה-IPCC ודומותיה¹⁰ תתבררנה כשגויות, או כמדויקות באופן חלקי בלבד, דווקא תפיסת עולם שמרנית אמורה לחתור ללקיחה של הממצאים המדעיים העכשוויים ברצינות ולשאוף למזער את נטילת הסיכונים הציבורית. זאת הן מצד הכבוד שהשמרנות רוחשת למדע האמפירי באופן מסורתי (בהיותה שיטה אמפירית ביסודה, בניגוד לפרוגרסיביזם שיסודתו באידיאליזם), הן מצד תובנת היסוד השמרנית כי יש להימנע משינויים דרסטיים במערכות מורכבות ולהתקדם עקב בצד אגודל תוך ניסוי וטעייה. מערכת האקלים מהווה מערכת מסוג זה בדיוק, ועיקרון הזהירות תקף לגביה כשם שהוא תקף לגבי מוסד המשפחה, לדוגמה, ומבנים אחרים שהשמרנים מזהירים (ובצדק) מפני שינויים מהירים ומרחיקי-לכת שלהם שכן איננו מבינים את מורכבותם ואת ההשלכות של שינויים אלו על עתידנו ועתיד ילדינו.

מצד שני, עקב השתלטות הצד הפרוגרסיבי על השיח החברתי-כלכלי בנושא האקלים (שייתכן שאינו אלא תמונת מראה של הימנעות השמרנים מעיסוק רציני בנושא) נדמה לרבים בציבור כי הדרך היחידה להתמודד עם משבר האקלים היא הטלת מגבלות רגולטריות מרחיקות-לכת על המשק העולמי. עמדה זו מוצגת כהמשך ישיר, וכמסקנה המתבקשת היחידה, של הידע המדעי האמפירי לגבי מערכת האקלים. הקפיצה המחשבתית הזו, ממדעי הסביבה למדיניות ציבורית, היא כמובן

כוח האדם הנדרש יעלה עוד יותר ובהתאמה ידחק את מדינות אפריקה אל מחוץ למשחק אף יותר. על כל זאת יש להוסיף את העובדה הפשוטה שכבר הזכרנו לעיל: איש אינו יודע מתי בדיוק נגיע לשיא תפוקת הנפט, אבל לכול ברור שנגיע אליו מתישהו. מדוע אם כן, לדחוף את מדינות אפריקה להשקיע בטכנולוגיה מיושנת ויקרה, שממילא אין להן יכולת להקים ולתחזק, ונוסף על כך יאבד עליה הכלח, אולי עוד בימי חייה של מרי יוניאנגו הקטנה?

לעומת זאת, הקמת מתקני אנרגיה מתחדשת דורשת הכשרה פשוטה למדי, והתחזוקה שלהם פשוטה אף יותר (בברונדי הצליחה חברת Gigawatt Global להכשיר בקלות יחסית צוותים מקומיים, ללא ידע מוקדם, לתחזוקת השדות הסולאריים). לאחר הקמתם הם מסוגלים לספק אנרגיה יציבה לאורך שנים וללא תלות בתנודות מחירי הנפט והפחם כתוצאה ממלחמות, מגפות או גחמות של קרטל אופ"ק.

האם לאור כל האמור לעיל אין מקום לשום השקעה בתחנות מבוססות גז או נפט בטווח הקצר והבינוני? סביר להניח שיש מקומות שכן. אך האם הגיוני לבסס את אסטרטגיית האנרגיה של אפריקה, ושל העולם כולו, על הטכנולוגיה הזאת לטווח הארוך כפי שמציע דובי? התשובה החד-משמעית היא לא.

עקרון הזהירות ושמרנות

לא כל מאמר שנכתב על-ידי מדען חשוב, או פאנל של מדענים, הוא אמת צרופה ונבואה ודאית. הדבר נכון לגבי מאמרו של דובי וגם לגבי שאר המקורות שאנו מביאים כאן. לכן, בנקודה זו אנו מבקשים להרחיב את הדיון

שגויה ביסודה. אנו טוענים שיש לבנות את האסטרטגיה בנושא משבר האקלים באופן רב-שלבי: השלב הראשון מתבסס על מדעי האקלים והידע האמפירי שברשותם. השלב השני מתבסס על מדעי הכלכלה, החברה והמדיניות הציבורית, שגם להם קורפוס נרחב (ותיק ומבוסס הרבה יותר ממדעי האקלים). חלק גדול מקורפוס זה מצביע, כידוע, על הסכנות שבהתערבות ממשלתית היכולה להוביל לתוצאות בלתי צפויות, לתמריצים מעוותים ועוד. בשלב השלישי יש לפעול עקב בצד אגודל בדרך של ניסוי וטעייה, ולבחון את השפעתם של כלים שונים לאורך זמן.¹¹

בשיטה זו ניתן לחשוב בצורה יצירתית יותר על פתרונות, וזאת מבלי להזדקק להכחשת מדעי האקלים מצד אחד, או, מנגד, להאדרה שלהם ולהוצאה-מהקשר של נתונים ותרמישים סביבתיים (קשיחים יחסית) כדי לקדם אג'נדה כלכלית כזו או אחרת (שהנה מטבעה גמישה יותר). למשל, אם נכונה הטענה שרגולציה ממשלתית מוגבלת מאוד ביכולתה לפתור בעיות מורכבות, ושדווקא לשוק יש היכולות הללו – כי אז ייתכן מאוד שהיא נכונה גם ביחס למשבר האקלים, וראוי בהחלט לבחון פתרונות אפשריים דווקא מנקודת מוצא זו ולהעמיק את השיח בנושא.

טוב יעשו השמרנים אם יזכרו שאחת ממנהיגי העולם הראשונים שהסבו את תשומת הלב הציבורית לשינויי האקלים, וקראו לפעולה

בינלאומית כדי לטפל בהם, הייתה מרגרט תאצ'ר, שהכשרתה האקדמית הייתה בכימיה. לאחר שלמדה את ממצאי המדע בעצמה, תאצ'ר הגיעה למסקנה כי "הסכנה של ההתחממות הגלובלית עדיין לא ניכרת, אבל היא אמיתית מספיק כדי שנוכל לבצע שינויים ולשלם מחירים, כדי שלא נחיה על חשבון הדורות הבאים".¹² עוד כדאי לזכור את המנטור של תאצ'ר, הכלכלן זוכה פרס נובל פרידריך האייק, שהזהיר את השמרנות מפני "נטייתה לדחות ידע חדש מבוסס היטב כי היא לא אוהבת חלק מההשלכות שנראות כנובעות ממנו".¹³ בעיני האייק, ההשלכה הגרועה ביותר של דחיית ידע מדעי חדש בידי שמרנים היא פספוס ההזדמנות לקבוע אילו השלכות אכן ינבעו ממנו.

אין צורך לחשוש, בפרט אם אתה שמרן המבקש את טובת מדינת ישראל, מההשלכות של קבלה מאוזנת של מדעי האקלים. להפך: הם יכולים לכלול מעבר לאנרגיה נקייה, זולה ומתחדשת, עמידה ובטוחה יותר, לשלילה של יכולת אסטרטגית מרכזית של אויבנו, ולצמיחה כלכלית הנובעת מהתקדמות טכנולוגית בתחום האנרגיה המתחדשת. ישראל ממילא ניצבת בעמדת הובלה בתחום זה, כפי שגם דובי מציין. בין אם הוא אוהב זאת ובין אם לאו, העולם המערבי כבר החליט לעשות את השינוי הזה. ישראל יכולה לבחור להתנגד ולהישאר מאחור – או להצטרף ולקטוף את הפירות.

ידידיה (ג'וליאן) סינקלר הוא יועץ עצמאי למיזמי תשתית גדולים באפריקה. אהרן אריאל לביא הוא רב וכלכלן המתמחה בתחומי הכלכלה והסביבה, ומייסד ומנכ"ל מיזם 'הקהל', החממה לקהילות משימתיות בתפוצות.

גילוי נאות: ידידיה סינקלר מחזיק במניות בשתי חברות סולאריות, Arava Power ו-Gigawatt Global Company, בשווי של פחות מ-0.25% מכל חברה. אהרן אריאל לביא מחזיק מערכת סולארית פרטית לייצור חשמל על גג ביתו.



"Capacity-Credit Evaluation of Renewable Energy Power in Jiaying City Based on Monte-Carlo Simulation," in *2021 International Conference on Power System Technology Conference on Power System Technology (POWERCON), 2021*, 958–964.

6. Ugo Bardi, "סקירה עדכנית של תיאוריה זו וגלגוליה ראו,"

"Peak Oil, 20 Years Later: Failed Prediction or Useful Insight?," *Energy Research & Social Science* 48 (2019): 257–261. שיא העניין בתיאוריה

היה לפני כעשור; ראו: Ugo Bardi, "Peak Oil: The Four Stages of a New Idea," *WESC 2006* 34, no. 3 (March 1, 2009): 323–326; Ian Chapman, "The End of Peak Oil? Why This Topic Is Still Relevant despite Recent Denials," *Energy Policy* 64 (January 1, 2014): 93–101; Richard A. Kerr, "Peak Oil Production May Already Be Here," *Science* 331, no. 6024 (March 25, 2011): 1510–1511; Christian Kerschner et al., "Economic Vulnerability to Peak Oil," *Global Environmental Change* 23, no. 6 (December 1, 2013): 1424–1433. כל המאמרים זמינים במרשתת.

7. מירב דורסטר, "זיהום אוויר בישראל: 2,548 איש מתים מדי שנה," מאקו, 16.4.19.

8. על פי דו"ח של ח"כ אלון טל, זמין במרשתת: Alon Tal, "The Israeli Army's Best Kept Secret – Renewable Energy," *Times of Israel*, May 8, 2022.

9. Pamela Largue, «Burundi's first grid-connected solar farm reaches commercial operation», *powerengineeringint.com*, 26.10.2021.

10. ראו לדוגמה אחד המאמרים העדכניים בתחום: Luke Kemp et al., "Climate Endgame: Exploring Catastrophic Climate Change Scenarios," *Proceedings of the National Academy of Sciences* 119, no. 34 (August 23, 2022).

11. Rachael Beddoe et al., "Overcoming Systemic Roadblocks to Sustainability: The Evolutionary Redesign of Worldviews, Institutions, and Technologies," *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106, no. 8 (February 24, 2009): 2483–2489; Tim Foxon and Peter Pearson, "Overcoming Barriers to Innovation and Diffusion of Cleaner Technologies: Some Features of a Sustainable Innovation Policy Regime," *Diffusion of Cleaner Technologies: Modeling, Case Studies and Policy* 16, no. 1, Supplement 1 (January 1, 2008): S148–161.

1. IPCC 6, The Physical Science Basis, Summary for Policy Makers, 2022 p. 21.

2. Marina Romanello et al., "The 2021 Report of the Lancet Countdown on Health and Climate Change: Code Red for a Healthy Future," *The Lancet* 398, no. 10311 (October 30, 2021): 1619–1662.

3. Marianne Lavelle, "A New Book Feeds Climate Doubters, but Scientists Say the Conclusions Are Misleading and Out of Date," *Inside Climate News*, May 4, 2021; Mark Boslough, "A Critical Review of Steven Koonin's 'Unsettled,'" *Yale Climate Connections*, May 25, 2021; Gary Yohe, "A New Book Manages to Get Climate Science Badly Wrong," *Scientific American*, May 13, 2021.

4. ראו למשל דוד אלמקיאס, יואל שטרנטל ושמעון פרנט, "הערכת הערך הנמנע של תוספת הספק תרמי בעקבות השתלבות יחידות סולריות," בדו"ח הוועדה לבחינת התועלת הכלכלית של אנרגיות מתחדשות: המלצות הצוות הבין משרדי, משרד ראש הממשלה, המועצה הלאומית לכלכלה, 2013 (להלן: דו"ח קנדל), עמ' 56–63. הדו"ח מעריך את התרומה המרבית של יחידות הייצור הסולאריות לאמינות מערכת הייצור כולה. על פי הדו"ח, אכן בחודשי החורף אין לצפות לתרומה משמעותית לאמינות (הדו"ח מתעלם מאפשרויות האגירה ומתייחס אך ורק לייצור ישיר), אך בחודשי צריכת השיא (יולי ואוגוסט) המצב משתנה מהותית שכן התפוקה הסולארית עולה וחופפת בחלקה לשעות צריכת השיא, ובנוסף "קיימת ירידה בהספק התפעולי של טורבינות הגז ושל המחז"מים עקב הטמפרטורה בסביבה" (מחז"ם הוא ראשי-תיבות של "מחזור משולב", שיטת להפקת חשמל המשלבת טורבינות גז ומים באופן המגדיל את כושר הייצור ומקטין את פליטת גזי החממה וזיהום האוויר). ראו גם מסמך מפורט מטעם חברת החשמל שנשלח לוועדה הנ"ל, ומפרט את החסכון הצפוי למשק החשמל כתוצאה מכניסת יחידות ייצור סולאריות נוספות (עמ' 64–79).

5. דו"ח קנדל; עמירם ברקת, "הוועדה של יוג'ין קנדל: זהו שווי האנרגיה הסולארית למשק", גלובס, 27.11.2012; להרחבה ולנתונים נוספים ועדכניים יותר, ראו שחר דולב, "אנרגיה מתחדשת היא ירוקה, נקייה – וזולה", גלובס, 22.4.2019. אנו מודעים לכך שמדובר בדו"ח בן כעשור, אך זה הדו"ח העדכני ביותר העוסק בישראל. להערכות עדכניות יותר לגבי מקומות אחרים בעולם, וכן דיון במודלים המשמשים להערכות אלו, ראו Siripha Junlakarn, Radhanon Diewvilai, and Kulyos Audomvongseree, "Stochastic Modeling of Renewable Energy Sources for Capacity Credit Evaluation," *Energies* 15, no. 14 (2022); K. Zhu et al.,

F.A. Hayek, "Why I am not a Conservative", in .13
Hayek, *The Constitution of Liberty*

Douglas Fischer, "'Iron Lady' Took Strong
Stance on Climate Change," *Scientific American*,
April 8, 2013. זמין במרשתת.

יונתן דובי

תחזיות אינן נתונים, והנתונים תומכים בעמדתי

כאלה החוזים ירידה במפלס פני הים. לא ניתן לדעת מי מהם צודק, ולכן מייצר דו"ח ה-IPCC "ממוצע מאמרים" שבינו לבין תוצאות מדידה כלשהי אין כל קשר אמיתי. ודאי – אחת מהתחזיות תהיה נכונה, או קרובה יותר לתופעות שיימדדו בפועל, אך מה ניתן להסיק מכך? טווח אפשרויות רחב שכזה מהווה למעשה הודאה באי היכולת שלנו לנבא מדעית את העתיד. עלינו להתייחס אפוא לכל "תחזית" בספקנות, ובמקרה זה – בספקנות רבה מאוד.

בהמשך אותה פסקה שוב מציגים הכותבים את דו"חות ה-IPCC באופן מטעה. התרחיש הגבוה שהם מציינים ידוע בתור תרחיש RCP8.5, שעליו מסתמכים המודלים החוזים עלייה מהירה מאוד בגובה פני הים. ובכן, ה-IPCC עצמו כבר הסתייג מתחזית זו והגדיר אותה כלא-סבירה! וכך יש להתייחס אליה. לאחר מכן מציינים הכותבים כי זהו "תרחיש שבו האנושות עושה מעט מאוד בעניין, גישה שדובי מצדד בה" – ובכן, לא מניה ולא מקצתיה. כותב המאמר מצדד בשלל פעולות שעל האנושות לעשות, אולם סבסוד מקורות אנרגיה לא יציבים שיפגע ביכולתם של בני האדם להקצות משאבים ביעילות ולהתגונן מפני פגעי הטבע, אינו נמנה עמן.

הכותבים ממשכיכים ומבקרים מאמר שציטטתי, שבו הנתונים מראים בצורה

אני מברך על הביקורת ועל הדיון הציבורי בסוגיה. אכן, מדובר בנושא סבוך, חוצה דיסציפלינות ומשמעותי לחיינו, ואני שמח אפוא על התגובה המחייבת אותי כבעל עמדה לבדוק שוב את עצמי, לחדד את מסריי ולהרחיבם במידת הצורך.

בבואנו לדון בנושאי אקלים, סביבה ואנרגיה, עלינו להקפיד על כמה עקרונות. העיקרון הראשון הוא הבנת התהליך המדעי (ועקרונות המדע בכלל), ובפרט הבחנה בין נתונים מדודים, שהם עובדות מוצקות שמהן ניתן להסיק מסקנות, לבין תחזיות, שהסקת מסקנות על בסיסן – במיוחד בתחום האקלים, הידוע בחוסר בשלותו המדעית ובאי הוודאות הגדולה הנלווית אליו – היא מסוכנת ומנוגדת לעקרונות השיטה המדעית.

דוגמה לכך נמצאת כבר בפסקה השנייה של התגובה, שבה מבלבלים הכותבים בין הנתונים שהצגתי ביחס לעליית פני הים (כ-2-4 ס"מ לעשור), שהם הנתונים שנמדדו, לבין תחזיות. אסביר: הטווח המצוין בדו"ח ה-IPCC מבוסס על עיון במספר רב של מאמרים המשתמשים במודלים מסובכים ובהנחות יסוד שונות, כאשר כל מאמר מגיע למספר שונה: ישנם מאמרים החוזים עלייה מתונה עד זניחה; כאלה החוזים עלייה גבוהה; וישנם גם



שוב הכותבים מאשימים אותי בבחירה בררנית של הנתונים. הדוגמה העיקרית שהם נותנים היא ירידת מחירי החשמל המופק מהשמש, תוך ציטוט נרחב של דו"ח קנדל. עוד הם מרחיבים ומציינים כי עליית מחירי החשמל בעת האחרונה (כ-10% לדבריהם) נובעת מעלייה כלל עולמית במחירי הפחם. הם כותבים כי "לעובדות אלו אין זכר במאמרו של דובי, והן סותרות את טענתו המרכזית בדבר יציבות ההספק שדלקי המאובנים יכולים לספק לאורך זמן".

ראשית אבקש להזכיר כי עלייה זו התרחשה אחרי שמאמרי פורסם, ולכן מפתיע שהכותבים ציפו למצוא התייחסות אליה במאמר. אך נוסף על כך שכחו הכותבים לציין את העלייה הקבועה במחירי החשמל – כ-3 עד 5 אחוזים כל שנה בחמש השנים האחרונות – שהביאו עלינו הסובסידיות למקורות הספק לא יציבים. עלייה זו ידועה היטב, רשומה בדו"חות רשות החשמל ואין עליה ויכוח.

שנית, חלקו האחרון של המשפט שציטטתי כלל אינו הגיוני: דלקים מאובנים בנויים כך שהם מספקים חשמל יציב למערכת; זו עובדה הנדסית שאינה תלויה במחיר (אלא במקרי קיצון שבהם מדינה אינה יכולה לקנות את הדלק). מה גם שמדינת ישראל נמצאת במצב ייחודי שבו אספקת דלק המאובנים העיקרית שלה היא מקומית (גז טבעי), ולכן אינה תלויה בתנודות – לא באספקה ולא במחיר.

ושלישית, יש להכיר בעובדה הפשוטה שעליית מחירי הפחם והגז הטבעי המשתוללת כעת בעולם היא תוצאה ישירה של מדיניות חסרת אחריות, בעיקר מצד מדינות אירופה, שהשליכו יתרון על מקורות

שאינה משתמעת לשני פנים שקור הוא מפגע בריאותי קשה הרבה יותר מחום, בכל העולם וביתר שאת במדינות העולם השלישי. הכותבים אינם מפריכים את הטענות אלא מלינים על כך שאין זה המדע העדכני ביותר; אך הטענה שבני האדם נפגעים ומתים מקור יותר מאשר מחום עדיין נכונה – הקוראים מוזמנים לעיין במאמר משנת 2021, העדכני ביותר בתחום,² שבו הנתונים שנמדדו הם ברורים: טמפרטורות לא אופטימליות גורמות לכ-9.43% מהמיתות הנוספות בעולם (excess death), מתוכם 8.52% כתוצאה מקור ו-0.91% כתוצאה מחום, כלומר בערך פי 9 אנשים בעולם מתים יותר מקור מאשר מחום. אלו העובדות. לגבי הפנייתם של הכותבים לדו"ח "קוד אדום לעתיד בריא" (כותרת שמקומה אינו בעיתון מדעי) – שוב, הם חוטאים בחטא המדעי של ציטוט מסקנות ותקצירים במקום התבוננות והבאת הנתונים עצמם. אין אלא להצטער על כך שהדיון נסוב סביב השאלה למי יש כותרת מפחידה יותר, ולא באילו מסקנות תומכים הנתונים.

בסיפא של החלק הראשון של התגובה כותבים סינקלר ולביא כי איני חולק על מהימנותם של המקורות אלא משתמש בהם כדי לבסס את טענותיי, אך לטענתם אני עושה זאת "בצורה סלקטיבית ולא עדכנית". אני מבקש לטעון כי ההבדל בינינו הוא אחר: בעוד שנראה כי הכותבים מסתפקים בקריאת תקצירים ומסקנות, אני מקפיד להיכנס לעומק הנתונים ולהסיק את מסקנותיי בעצמי.

החלק הבא של התגובה עוסק במדיניות האנרגיה – דהיינו ייצור חשמל – בישראל.

הספק לא יציבים (כשאומרים זאת באנגלית relying on unreliable sources – הפרדוקס מובן היטב) והביאו למשבר האנרגיה שאנו עדים לו כעת. מדיניות זו נתמכה ישירות על ידי אלו המבקשים להציג את האנרגיה הבלתי אמינה והיקרה, כאמינה וזולה; היא מתאפשרת בזכות סובסידיות והגנות ממשלתיות; ובאה על חשבון יציבות החשמל ומחירו לצרכנים.

בהמשך תגובתם מסכימים הכותבים עם טענתי שהאנושות חייבת הספק, אך מביעים דאגה מכך שהדלקים המאובנים יאזלו. טענה זו עולה מעת לעת, ויש בה ממש, אלא שחייבת לבוא לצידה הדגמה של סקאלות זמן – מתי ייגמרו המשאבים? התשובה אינה ברורה כלל מכיוון שכדור הארץ גדול מאוד ומכיל כמויות אדירות של דלקים מאובנים, במאגרים שחלקם ידועים וחלקם אינם ידועים. השימוש בטענה זו אינו רלוונטי אפוא לקביעת מדיניות עכשווית. מעבר לכך, ישנו פתרון ידוע לעניין – הפקת אנרגיה ממקורות גרעיניים, הנמצאים על פני כדור הארץ בכמות המספיקה למאות ואף לאלפי שנים.

הכותבים אכן מציינים שהשימוש באנרגיה גרעינית הוא חלק חשוב מהפתרון ברמה העולמית אך אינו מומלץ בישראל המאוימת בטילים. מעניין שדווקא גוף כגון "מוסד שמואל נאמן למחקר מדיניות לאומית" בטכניון תומך לגמרי בייצור חשמל ממקור גרעיני בישראל, אך הכותבים מתנגדים לו מטעמיהם הם.

לסיום מזכירים הכותבים בחלק זה את טכנולוגיות האגירה. קצרה כאן היריעה מלהסביר לכותבים את החסרונות האדירים של אגירה בקנה מידה גדול, כולל ההשפעות

הסביבתיות ההרסניות של כריית ליתיום, ניקל, קובלט וכדומה, המתבצעת בעיקר בסין ובמדינות עולם שלישי, ללא רגולציה סביבתית או חברתית מפותחת. נזכיר רק כי על אף "ירידת המחירים" שמציינים הכותבים, יכולת אגירת החשמל בסוללות באירופה כולה מספיקה ל-81 שניות בלבד של אספקת הצריכה הממוצעת ביבשת. זוהי, שוב, עובדה. התחזית (שימו לב להפרדה בין נתונים לתחזיות) היא שעד שנת 2030 תספיק אגירת החשמל בסוללות באירופה לכ-11 דקות. בשאר העולם – ובוודאי בעולם המתפתח – המצב גרוע בהרבה, ואין חולק על כך שהסתמכות משמעותית על מקורות אנרגיה לא יציבים מחייבת אגירה בקנה מידה עצום, של 100% מההספק לתקופות ארוכות. אנחנו כלל לא קרובים לכך.

בחלק הבא מעלים הכותבים טענה מופרכת במיוחד ומגייסים לטיעון את חסן נסראללה שמאיים לתקוף בטילים תשתיות ישראליות קריטיות. טענת הכותבים היא שמעבר לאנרגיית שמש מבוזרת (שכאמור, תופסת שטחי ענק) תקטין את הסכנה מפני תקיפה של תשתיות על ידי גורמים עוינים. החולשה של טיעון זה היא שכלל לא ברור שהוא מוביל למסקנה המבוקשת של הרחבת השטחים הסולאריים – מסקנה סבירה יותר היא שדווקא דרוש מספר גדול יותר של תחנות קונבנציונליות בעלות יכולת גיבוי הדדית. ישראל אכן פעלה בכיוון זה ופיזרה את מקורות ההספק שלה על פני עשר תחנות, לעומת רק שתיים או שלוש בעבר. האנרגיה הסולארית אינה מסוגלת לספק את החשמל הנדרש לישראל, ובוודאי שלא לשמש כגיבוי, שכן היא עצמה אינה



(האם לכך התכוונו סינקלר ולביא כשכתבו "לאורך שנים"? יזדקקו כל מערכי הקולטים להחלפה. ברור כי זהו אינו פתרון מספק בעבור האפריקנים. הפתרון האמיתי חייב להיות מערכת חשמל יציבה, זולה וארוכת טווח. באפריקה ישנן עתודות דלק מאובנים ענקיות שיספיקו לה לעשרות ואולי מאות שנים, ואם יש צורך להכשיר מהנדסים אפריקנים למשימה – מה בכך? אינו רואה שום בעיה בהכשרת אפריקנים בהנדסה.

הסיומת של מאמר התגובה היא מעין הרהור שאינו מתמקד ישירות במאמרי. רוח הדברים נשמעת כפנייה לשמרנים – המתנגדים באופן מסורתי לרגולציה ולתמיכה ממשלתית – לתת לשוק החופשי לעשות את שלו, והוא כבר יעבור בעצמו ל"אנרגיה נקייה, זולה ומתחדשת, עמידה ובטוחה יותר". אלא ששוב מתעלמים הכותבים מהידע שהם עצמם בוודאי רכשו – שכל מקורות ההספק הלא-יציבים נתמכים בצורה גורפת על ידי סובסידיות ממשלתיות (גלויות יותר או פחות) ומכסות המחייבות לרכוש את תוצרתם, ולא על עקרונות השוק החופשי. אדרבה, אני בעד: יוסרו כל הסובסידיות ממקורות הספק לא יציבים, יוסרו המגבלות על הלוואות ואשראי למיזמי תשתית של מקורות מאובנים יציבים וזולים, ואז נוכל באמת לראות כיצד יבחר השוק החופשי את מקורות ההספק שלו. האם באמת מוכנים גם הכותבים להעמיד את טענתם למבחן המציאות והשוק החופשי?

ולסיום – הכותבים מציינים כי "העולם המערבי כבר החליט לעשות את השינוי הזה", דהיינו לעבור למקורות הספק לא יציבים כמו רוח ושמשי. שוב, עלינו רק להסתכל בנתונים: בשנת 2009 סיפקו

מסוגלת להתקיים ללא גיבוי של תחנות קונבנציונליות ואינה מייצרת אותן. לפי דו"חות חברת החשמל (הזמינים בין המקורות שהבאתי במאמרי), הגדלת נפח מקורות ההספק הלא-יציב לא תקטין את מספר תחנות הכוח ולא תאפשר התנתקות מהן (משיום שבלילה אין אור, אבל צריך חשמל, ואין אגירה משמעותית). מעבר לכך, הגם שמדינת ישראל עומדת בכל שנותיה בפני גורמים עוינים המנסים לפגוע בא, מעולם לא הייתה תקיפה על מקורות תשתית ובפרט לא על תחנות כוח. מה השתנה עכשיו ומצריך שינוי חשיבה אסטרטגי מרחיק לכת כזה? לצערי, אין לפרש את החלק הזה בתגובה אלא כביטוי לטיעון הדמגוגי הייחודי לישראל – הבו לנו כסף כי "ביטחון"!

בחלק הבא של התגובה פונים הכותבים לאפריקה. סינקלר ולביא מתהדרים במאמציהם להביא חשמל סולארי לאפריקה, אך מעלים טענות מופרכות, למשל שלמדינות אפריקה אין יכולת לגייס מהנדסים למיזמי תשתית מבוססי דלקים מאובנים, או שאי אפשר לייצר חשמל גרעיני בדרום אפריקה; אלא שהעובדות אומרות אחרת, ובדרום אפריקה פועלת תחנת כוח גרעינית ענקית (Koeberg Nuclear Power Station) המייצרת 3.2% מההספק של המדינה.

הכותבים טוענים שהם הצליחו להקים בבורונדי מתקני אנרגיה סולארית "המסוגלים לספק אנרגיה יציבה לאורך שנים וללא תלות בתנודות מחירי הנפט והפחם...", אלא שהאנרגיה הזו זמינה רק 20% מהזמן (אלו פשוט נתוני הפעילות של פאנלים סולאריים), ואחרי 15 שנה

הובילה אותנו להישגים מדהימים ואין שום סיבה לזנוח אותה כעת ולוותר על העתיד: לא על העתיד של העולם המפותח שעלול לסבול ממשברי אנרגיה שאינם מחויבי המציאות, ולא על העתיד של העולם הפחות מפותח שמיליארדים מבניו טרם זכו בברכה של אנרגיה שופעת ויציבה, ובשגשוג שאותו היא מאפשרת.

אנרגיות רוח וشمש כ-1.5% מההספק הכלל-עולמי; עשר שנים וטריליוני דולרים בסובסידיות אחר-כך – עלייה מדהימה לכ-2.1%. אכן, שעטה מטורפת. בהכרזות כאלו נראה כי הכותבים מבלבלים בין הצהרות של פוליטיקאים ותועמלנים לבין עובדות ומציאות אנרגטית והנדסית. הכרה בעובדות המציאות היא הצעד הראשון וההכרחי להתמודדות עם האתגרים הניצבים בפני האנושות. הגישה הרציונלית והמדעית

non-optimal ambient temperatures from 2000 to 2019: a three-stage modelling study”, *The Lancet* 5, no. 7, (July 01, 2021): E415-E425

1. Zeke Hausfather & Glen P. Peters, “Emissions – the ‘business as usual’ story is misleading”, *Nature*, 29 January 2020

2. Prof Qi Zhao et al., “Global, regional, and national burden of mortality associated with