

ישראל והמרוץ הגלובלי אל עבר השמש המלאכותית

הדי שגב | 20 בנובמבר, 2022 | גיליון 1662

צריכת האנרגיה בכדור הארץ צפויה לעלות בעשרות הבאים עקב גידול האוכלוסייה העולמית וצמיחתן הכלכלית והתעשייתית של מדינות מתפתחות. אחת החלופות היעילות והירוקות ליצירת אנרגיה היא היתוך גרעיני. מיזם ITER הבינלאומי לחקר ההיתוך הגרעיני הוא אחד המיזמים השאפתניים בעולם להקמת כור מחקרי, וקיימים מיזמים נוספים אשר רשמו גם הם בשנים האחרונות מספר פריצות דרך בינלאומיות בתחום שצפוי להיות קריטי למאבק בהתחממות הגלובלית ומענה לצורך העולה של ביטחון אנרגטי. על אף שיש עוד כברת דרך ארוכה עד לבשלות טכנולוגיה זו, מומלץ שמדינת ישראל תרתום את המגזר הממשלתי, האקדמי והפרטי להשתלבות כשחקן משמעותי בנושא ותראה בכך אפיק לחיזוק קשריה המדעיים והכלכליים ברחבי העולם.

צריכת האנרגיה בכדור הארץ צפויה לעלות בעשרות הבאים עקב גידול האוכלוסייה העולמית וצמיחתן הכלכלית והתעשייתית של מדינות מתפתחות, בפרט הודו וסין. נכון לשנת 2020 [מיוצרים](#) למעלה משמונים אחוזים מן האנרגיה העולמית באמצעות שריפת דלקי מאובנים, אולם שיטה זו יוצרת גזי חממה, המובילים להתחממות הגלובלית. על כן, מזה כמה עשרות שנים נערכים בעולם ניסיונות למצוא חלופות לייצור אנרגיה, שאינה מזהמת ואשר תדע לספק את צרכיה המתרחבים של האנושות ואת הצורך העולה של מדינות בביטחון אנרגטי.

אחת החלופות היא הפקת אנרגיה מהיתוך גרעיני. בשיטה זו האנרגיה מופקת כתוצאה ממיזוג של גרעיני האטום לגרעין גדול יותר. כך למשל, מיזוג אטומי מימן להליום הוא התהליך המתבצע באופן טבעי בליבת השמש, בזכות כוח הכבידה העצום שבה. האנרגיה העצומה משתחררת כחום, היוצר את אור השמש שמגיע לכדור הארץ. יתרון משמעותי של ההיתוך הגרעיני הוא הבטיחות הגבוהה שלו בהשוואה לשיטות ייצור האנרגיה האחרות. בניגוד לביקוע גרעיני, כלומר שבירה של אטום גדול לאטומים קטנים, שהוא התהליך הקורה בכורי הכוח הגרעיניים בעולם, בתהליך ההיתוך מופקת אנרגיה רבה יותר ולא נוצרת פסולת רדיואקטיבית. חסרונה של שיטה זו היא בקושי לבצעה בתנאים מבוקרים. הטמפרטורות הגבוהות מאוד הדרושות לביצוע תהליך זה אינן מאפשרות לקיים אותו במיכל פיזי, ולכן נדרש שימוש בשדות מגנטיים עצומים כדי להכיל את הדלק המחומם.

חוקרים מנסים לשחזר ביעילות את תהליך ההיתוך הגרעיני, המנגנון שדרכו נוצרת האנרגיה בליבת השמש, וכך לספק לעולם כמויות גדולות של חשמל בצורה נקייה. עד לשנים האחרונות התרכז המחקר בשתי שיטות לביצוע היתוך גרעיני: האחת באמצעות הקרנת לייזרים גדולים וחוקים הגורמים לדחיסת המימן; השנייה היא במתקן הנקרא Tokamak - הפעלת שדה מגנטי חזק מסביב לדלק המימן. שיטה זו קרובה יותר היום להגעה למאזן אנרגיה חיובי - כלומר, סך האנרגיה המופקת מהתהליך גדול מהאנרגיה שהושקעה בו. בעת פסגת ז'נבה בנובמבר 1985 קבעו נשיא ארצות הברית רונלד רייגן ומנהיג ברית המועצות מיכאיל גורבצ'וב שהנושא דורש מאמץ בינלאומי, והכריזו במשותף על הקמתו של מיזם לחקר היתוך גרעיני המכונה International Thermonuclear Fusion Experimental Reactor (ITER). במיזם זה, המשתמש בשיטת ה-Tokamak, [משתתפות](#) 35 מדינות והוא מובל על ידי ארצות הברית, סין, הודו, דרום קוריאה, יפן, רוסיה והאיחוד האירופי.

סין, שתרומתה למיזם ITER שאליו [הצטרפה](#) בנובמבר 2006 [נאמדת](#) בכ-9 אחוזים בלבד, החלה לפעול בנושא ההיתוך הגרעיני באופן עצמאי עוד מאמצע המאה שעברה, עם [הקמתו](#) בשנת 1965 של מכון המחקר Southwestern Institute of Physics (SWIP). בדצמבר 2020 [החל](#) לפעול מתקן ה-HL-2M Tokamak, העושה שימוש בגז מימן ודוטריום עבור יצירת "שמש מלאכותית". מתקן נוסף לחקר היתוך גרעיני הוא Experimental Advanced Superconducting Tokamak (EAST) שפועל משנת 2006 במסגרת אקדמיית סין למדעים (CAS). במאי 2021 נטען כי [שבר](#) שיא עולמי כשהגיע לטמפרטורת פלזמה של 120 מיליון מעלות צלזיוס למשך 101 שניות. המתקן [שבר](#) שיא נוסף בדצמבר 2021 כאשר הגיע לטמפרטורת פלזמה של 70 מיליון מעלות צלזיוס למשך 1056 שניות. כמו כן, בימים אלו [נבנה](#) בסין כור גרעיני חדשני המכונה China Fusion Engineering Test Reactor (CFETR), שבו ייעשה שימוש בשדות מגנטיים עוצמתיים עבור יצירת פלזמה או גז חם. למיזם זה שלושה [שלבים](#), כאשר בשלב הראשון תושלם בניית הכור עד שנת 2035. בשלב השני יחלו ניסויים בהיתוך גרעיני ובשלב השלישי, המתוארך לשנת 2050, צפויה סין להפיק חשמל מהיתוך גרעיני.

המערב כמובן גם הוא עוסק בקדחתנות בפריצות דרך בתחום. באוגוסט 2021 [הצליחו](#) מדענים במתקן ההצתה הלאומי של ארצות הברית (NIF) בקליפורניה ליצור בהיתוך כ-70 אחוזים מהאנרגיה שהושקעה בו. בבריטניה, בה פועל מיזם Joint European Torus (JET), [הצליחו](#) מדענים להפיק אנרגיה של 59 מגה-ג'אול למשך 5 שניות במסגרת ניסוי שנערך בדצמבר 2021 - פי שניים משיאם הקודם משנת 1997. מיזם בריטי נוסף הוא STEP, שמטרתו לחבר בשנת 2040 כור גרעיני, הנמצא כעת בפיתוח, לרשת החשמל במדינה. בצרפת נבנה בימים אלו כור המחקר של מיזם ITER, בסיוע כלל 35 המדינות השותפות במיזם, והוא צפוי [להתחיל](#) ניסויים ראשוניים בדצמבר 2025.

יש לציין כי קיימים מספר מיזמים פרטיים חדשניים, המנסים להשיג היתוך גרעיני בשיטות שונות שהמאחד אותן הוא קנה המידה הקטן בהרבה של המתקנים. [דו"ח](#) של ה-Fusion Industry Association משנת 2022 מצא 33 חברות ברחבי העולם שבהן הושקעו בסך הכול קרוב לכ-4.86 מיליארד דולרים – עלייה של 139 אחוזים משנת 2021. חלק מאותן חברות שואפות להשיג רווח נקי מאנרגיה כבר במחצית העשור הנוכחי. מספר החברות הפרטיות העוסקות בתחום צפוי לגדול גם הוא בשנים הקרובות. הדו"ח אף מציין את חברת ההזנק N.T.TAO כנציגה הישראלית היחידה מבין החברות.

גידול האוכלוסייה אינו פוסח גם על ישראל ומוערך שעד שנת 2050 אוכלוסיית המדינה [תגיע](#) לכ-17.5 מיליון תושבים. בנוסף, נכון לשנת 2020, ממוצע פליטות גזי החממה לנפש בישראל [עמד](#) על כ-8.5 טונות בשנה. על רקע חשיבותו הגוברת של המאבק בהתחממות הגלובלית ולקראת השתתפותו בוועידת גלזגו (נובמבר 2021), ראש ממשלת ישראל נפתלי בנט הכריז באוקטובר 2021 על איפוס פליטות גזי חממה עד 2050. בין צעדיה של ישראל בנושא ניתן למנות תכנית תמיכה בחדשנות אקלימית והקמת ועידת חדשנות וטכנולוגיה בנושא אקלים בראשות ראש הממשלה. משרד האנרגיה כבר פרסם קול קורא ליצירת קונסורציום של מוסדות מחקר המובל על ידי האוניברסיטה העברית, אוניברסיטת תל אביב והמרכז למחקר גרעיני (ממ"ג), ובשלב הבא בכוונתו [להקים](#) בישראל מכון מחקר לאומי בתחום ההיתוך הגרעיני בהשקעה של כ-30 מיליון שקלים.

סיכום

יצור יעיל של אנרגיה מהיתוך גרעיני ויישומו בפועל ייקח עוד זמן רב. בוועידת גלזגו [הכריזו](#) סין וארצות הברית בהצהרה משותפת כי תשתפנה פעולה להפחתת פליטות גזי החממה שלהן במהלך העשור הנוכחי. השתיים שיתפו פעולה כבר לפני כן כשבשנת 2019 [פורסם](#) כי צוותים משותפים שלהן ביצעו מחקר משותף ובו הצליחו לכלוא פלזמה בתוך שדה מגנטי חזק על מנת למנוע ממנו להתפשט. באוגוסט 2022 [הכריזה](#) סין כי תשעה את שיתוף הפעולה עם ארצות הברית בנושא אקלים, זאת לאחר ביקורה של יושבת ראש בית הנבחרים האמריקאי ננסי פלוסי בטאיוואן, מהלך שהגביר את המתיחות המתעצמת בין המדינות, אולם בעת פגישת נשיאי ארצות הברית וסין (נובמבר 2022) השניים הודיעו כי ישובו לשיתוף פעולה בנושא. כעת, נדרש לבחון את השלכותיה של הלחימה באוקראינה וההגבלות על רוסיה בהקשר זה, על מיזם ITER ושיתופי פעולה נוספים העלולים להתעכב בעטיים.

לישראל נכסיות רבה בתחום המדע והחדשנות וזו עשויה לשמש רכיב חשוב בחיזוק קשריה הטכנולוגיים עם מדינות וחברות מערביות וסיניות. בנוסף ליוזמות של משרד האנרגיה, מומלץ למדען הראשי במשרד המדע והטכנולוגיה והמינהל למחקר, פיתוח אמצעי לחימה ותשתית טכנולוגית (מפא"ת) במשרד הביטחון לכוון מנגנון לאומי לקידום מחקר ופיתוח מקומי בנושא אנרגיה, בשילוב מאמצי המגזר הממשלתי, האקדמי והפרטי. זאת, כדי לעודד טכנולוגיות כחול-לבן ולמצב את ישראל כשחקן פעיל בתחום האנרגיה, למיצוי יתרונותיה היחסיים ולחיזוק

קשריה המדיניים, המדעיים, הטכנולוגיים והכלכליים ברחבי העולם - בין אם כחלק ממיזם ITER או במסגרת מיזמים בינלאומיים או אזוריים, ובפרט עם שכנותיה של ישראל במזרח התיכון.

עורכי הסדרה: ענת קורץ ואלדד שביט