

מחקר תחזית ההיצע והביקוש של אנרגיה חליפית לשנת 2050
חברת © USCL, 2010
9 באפריל, 2010

סיכום

מטרת מחקר זה היא לספק הערכת מעבר ראשונה, של צרכי האנרגיה של העולם בשנת 2050 ויכולת האנרגיה החליפית למלא צרכים אלו. אנו מבצעים הערכה מקורבת זו על פי מתודולוגיה מפורטת. אנו מחשבים את צריכת האנרגיה הראשונית לנפש בארה"ב, בשנת 2008 ולאחר מכן משתמשים בנתון של צריכה לנפש כדי לחזות את דרישות האנרגיה לשנת 2050. לאחר מכן, אנחנו לוקחים את דרישות האנרגיה העולמית לשנת 2050 ומעריכים באיזו מידה מקורות אנרגיה חליפיים יכולים לספק דרישות אלו לו כול העולם היה מייצר אנרגיה חליפית ("מתחדשת") ברמת ייצור לקמ"ר כמו של ארה"ב בשנת 2008.

לצורך נתוני אנרגיה אנחנו משתמשים בנתונים שפורסמו על ידי ה- Energy Information Administration (EIA) ("המינהל למידע אנרגיה") שהיא יחידת הסטטיסטיקה של מחלקת האנרגיה של ארה"ב. בנוגע לאוכלוסייה אנחנו משתמשים בהערכה לשנת 2008 ובתחזיות לשנת 2050 של לשכת מרשם האוכלוסין של ארה"ב.

בהתבסס על חישובים, כדי לעמוד בדרישות האנרגיה החזויות לשנת 2050, לפי אנרגיה סולרית בלבד, נצטרך לכסות כמעט מחצית משטח ארה"ב בפנלים סולריים. אם נשתמש בכל האופנים של אנרגיה חליפית - סולרית/פוטוולטאית, הידרו-חשמלית, גיאותרמית, אנרגיית הגלים, הרוח וביומאסה - אנרגיה חליפית תמלא רק 3.7% מתחזית הביקוש שלם לשנת 2050.

הנתונים

ה"מינהל למידע אנרגיה" של מחלקת האנרגיה של ארה"ב מפרסם סקירת אנרגיה שנתית (Annual Energy Review), שבה מובאים נתונים של סך כל צריכת האנרגיה בארה"ב, לפי מגון סיווגים. הדו"ח האחרון העומד לרשותנו כולל נתונים לשנת 2008. לפיהם, סך כל צריכת האנרגיה הראשונית בארה"ב הגיעה ל-99.3 קוואדריליון¹ BTU לשנה זו. מתוכם, 83 קוואדריליון BTU מקורם בדלקי מאובנים, 8.5 קוואדריליון BTU הגיעו מכוח גרעיני ו-7.3 קוואדריליון BTU הגיעו מאנרגיה מתחדשת, בעיקר ביומאסה וכוח הידרו-חשמלי.

טבלה מס' 1 מציגה את התפלגות הצריכה לפי מקור אנרגיה וגם שווה הערך בג'אולים.

¹ 10 בחזקת 15

מחקר תחזית ההיצע והביקוש של אנרגיה חליפית לשנת 2050

טבלה 1. צריכת אנרגיה ראשונית לפי מקור, 2008			
			קוואדריליון BTU
מקור האנרגיה	קוואדריליון BTU	BTU	ג'אול/1
דלקי מאובנים			
פחם	22.421	2.2421E+16	2.3640E+19
פחם קוקס	0.041	4.1000E+13	4.3228E+16
גז טבעי	23.838	2.3838E+16	2.5134E+19
בנזין	37.137	3.7137E+16	3.9155E+19
סה"כ	83.436	8.3436E+16	8.7971E+19
כוח חשמלי גרעיני	8.455	8.4550E+15	8.9145E+18
אנרגיה מתחדשת			
כוח הידרו-חשמלי	2.452	2.4520E+15	2.5853E+18
אנרגיה גיאותרמית	0.358	3.5800E+14	3.7746E+17
אנרגיה סולרית/ פוטוולטאית	0.091	9.1000E+13	9.5946E+16
רוח	0.514	5.1400E+14	5.4194E+17
ביומאסה ²	3.884	3.8840E+15	4.0951E+18
סה"כ	7.3	7.3000E+15	7.6968E+18
יבוא נטו של חשמל	0.112	1.1200E+14	1.1809E+17
סה"כ	99.304	9.9304E+16	1.0470E+20

הערות:

1/ מומר לפי 1054.35 ג'אול ל-BTU

2/ ביומאסה כוללת עץ, פסולת ושפכים ביולוגיים

מקור: סקירת האנרגיה השנתית, טבלה 1.3 "מינהל מידע האנרגיה", מחלקת האנרגיה של ארה"ב.

להערכת הלשכה למרשם האוכלוסין של ארה"ב, מנתה אוכלוסיית ארה"ב 304 מיליון בני-אדם נכון לחודש יולי 2008. על פי תחזית הלשכה תגיע אוכלוסיית העולם ל-9.3 מיליארד בני-אדם בשנת 2050.

טבלה 2. הערכות אוכלוסייה	
אוכלוסייה משוערת	
304,060,000	אוכלוסיית ארה"ב, 2008
9,309,051,539	אוכלוסיית העולם, 2050

מקור: לשכת מרשם האוכלוסין של ארה"ב

אם נחלק את צריכת האנרגיה של ארה"ב באוכלוסייה נקבל צריכת אנרגיה לנפש של 344 ג'יגהג'אול (3.4434 E+11 Joules) לשנת 2008.

לאחר מן ניקח את נתון הצריכה לנפש כתקן של קו התחלה לצריכת האנרגיה האנושית ונכפילו באוכלוסיית העולם החזויה לשנת 2050. כאן נקבל קו התחלה חזוי של ביקוש אנרגיה עולמי בשיעור 3.2 טרהג'אול (3.2055 E+21 Joules) לשנת 2050.

מחקר תחזית ההיצע והביקוש של אנרגיה חליפית לשנת 2050

טבלה 3. תחזית צריכת אנרגיה			
ג'אול/1	BTU	קוואדריליון BTU	
1.0470E+20	9.9304E+16	99.304	צריכת אנרגיה ראשונית של ארה"ב
			בחלוקת צריכת האנרגיה הראשונית של ארה"ב באוכלוסיית ארה"ב, נקבל:
3.4434E+11	3.2659E+08	0.00000033	צריכת אנרגיה ראשונית של ארה"ב, לנפש
			נכפיל בתחזית אוכלוסיית העולם ב-2050 ונקבל:
3.2055E+21	3.0403E+18	3,040	תחזית ביקוש אנרגיה בעולם לשנת 2050

הערות:
/1 מומר לפי 1054.35 ג'אול ל-BTU

קעת נתמקד בצריכת אנרגיה מתחדשת. בטבלה 4 מופיעה צריכת האנרגיה המתחדשת בארה"ב, בשנת 2008.

טבלה 4. ייצור וצריכה של אנרגיה מתחדשת על פי מקור ראשוני, 2008			
ג'אול/1	BTU	טריליון BTU	מקור האנרגיה
			ייצור
			ביומאסה
1.5067E+18	1.4290E+15	1,429	דלקים ביולוגיים
4.1120E+18	3.9000E+15	3,900	סה"כ ביומאסה
7.7136E+18	7.3160E+15	7,316	סה"כ ייצור
			צריכה
2.5853E+18	2.4520E+15	2,452	כוח הידרו-חשמלי
3.7746E+17	3.5800E+14	358	אנרגיה גיאותרמית
9.5946E+16	9.1000E+13	91	אנרגיה סולרית/ פוטוולטאית
5.4194E+17	5.1400E+14	514	אנרגיית רוח
			ביומאסה
2.1519E+18	2.0410E+15	2,041	עץ
4.5442E+17	4.3100E+14	431	פסולת
1.4898E+18	1.4130E+15	1,413	דלקים ביולוגיים/2
4.0951E+18	3.8840E+15	3,884	סה"כ ביומאסה
7.6968E+18	7.3000E+15	7,300	סה"כ צריכה

הערות:
/1 מומר לפי 1054.35 ג'אול ל-BTU
/2 דלקים ביולוגיים כוללים אתנול וביו-דיזל.
מקור: מקור: סקירת האנרגיה השנתית, טבלה 10.1 "מינהל מידע האנרגיה", מחלקת האנרגיה של ארה"ב.

כדי לייצר מספיק חשמל מאנרגיה סולרית, כך שיופקו דרישות האנרגיה בשנת 2050, נצטרך לכסות נתחים גדולים מכדור הארץ בפנלים סולריים. אנרגיה סולרית, בהסתמך על הנתונים שלכם של 450 וואט למ"ר לבית, שש שעות ביום, יתנו 2,700 וואט/שעה, שעל פני 365 ימים יגיעו ל-985,000 וואט/שעה. לפיכך, יהיה צורך לכסות שטח של 904,127 קמ"ר בפנלים סולריים – פי 1.3 משטח מדינת טקסס – כדי לייצר את כמות האנרגיה הרצויה.

מחקר תחזית ההיצע והביקוש של אנרגיה חליפית לשנת 2050

יחד עם זאת, ניתן להפוך רק 20% מכוח פוטנציאלי זה לחשמל, במקרה הטוב. על סמך זה, כל פנל סולרי ייצר 540 וואט של אנרגיה שמישה, ליום, או 197,000 וואט/שעה, לשנה. על פי השיעור הזה ידרשו 4.5 מיליון קמ"ר של שטח המכוסה בפנלים סולריים כדי לספק את תחזית הביקוש שלנו לשנת 2050. מדובר בשטח שווה ערך ל-47% משטח ארה"ב, ופי 6.5 משטחה של טקסס.

יש הטוענים כי האנרגיה השמישה של פנל סולרי קרובה ל-12%. על פי שיעור זה ידרש שטח שווה ערך ל-78% משטחה של ארה"ב.

יש לציין שחישובים אלו כוללים רק את שטח הפנים של הפנלים הסולריים עצמם ולא כל שטח הקשור אליהם כגון השטח בין מערכי הפנלים, כך שהשטח שיידרש בפועל יהיה גדול יותר.

טבלה 5 חישובי ייצור אנרגיה סולרית		
בהנחה שתפוקת הפנל הסולרי היא 450 וואט/מ"ר, שש שעות ביום, 365 ימים בשנה.		
ב-20% נצילות	סה"כ נומינלי	
540	2,700	תפוקה יומית בוואט/לשעה
197,100	985,500	תפוקה שנתית בוואט/לשעה
197	986	תפוקה שנתית בוואט/שעה

אם מ"ר אחד של פנל סולרי יכול לייצר תפוקה זו לשנה, כמה מ"ר של פנלים סולריים ידרשו כדי לספק את דרישות האנרגיה בשנת 2050, באמצעות אנרגיה סולרית בלבד?

תחזית הדרישה לאנרגיה לשנת 2050:

3.0403E+18
8.9102E+14
0.00029307108333

ב-BTU
בקילוואט/שעה
גורם המרה קילוואט/שעה/BTU

ב-20% נצילות	סה"כ נומינלי
4.5206E+12	9.0413E+11
4,520,633	904,127

שטח הפנלים הסולריים הדרוש, במ"ר
כנ"ל בקמ"ר
(1 מיליון מ"ר לקמ"ר)

אחוז מהדרישה (20% נצילות)	קמ"ר	השוואות שימוש בשטח
47%	9,629,091	ארה"ב
56%	8,080,465	48 מדינות ארה"ב היבשתית (לא כולל אלסקה והוואי)
650%	695,622	טקסס
3%	148,940,000	העולם (שטח קרקעי בלבד)
	6.47%	ארה"ב, כאחוז מהשטח הקרקעי של העולם
	15.47	השטח הקרקעי העולמי, מוכפל בארה"ב

מחקר תחזית ההיצע והביקוש של אנרגיה חליפית לשנת 2050

כהערכת מעבר ראשונה של פוטנציאל האנרגיה המתחדשת בעולם לגבי ייצור האנרגיה המתחדשת בשנת 2050, ניקח את סה"כ הצריכה של ארה"ב בשנת 2008 ונבצע אקסטרפולציה לשטח העולם ככלל (ארה"ב מהווה 6.5% מכלל העולם, מבחינת שטח קרקעי). בהנחה כי כול העולם ייצר בשנת 2050 אותה כמות לקמ"ר כפי שייצרה ארה"ב בשנת 2008, כמות האנרגיה שתיוצר תספק רק 3.71% מהדרישה (טבלה 6).

טבלה 6, תחזית כושר הייצור העולמי של אנרגיה מתחדשת, 2050

ג'אול/1	BTU	מיליארד BTU	
3.2055E+21	3.0403E+18	3,040,275	תחזית הדרישה העולמית לאנרגיה בשנת 2050
7.6968E+18	7.3000E+15	7,300	צריכת האנרגיה המתחדשת בארה"ב בשנת 2008
1.1905E+20	1.1291E+17	112,914	באקסטרפולציה לכל העולם
1.1905E+20	1.1291E+17	112,914	אם לוקחים את ארה"ב כ-% מכול העולם
3.71%	3.71%	3.71%	העולם ככפולה של ארה"ב
			אנרגיה מתחדשת כ-% מהדרישה העולמית בשנת 2050