



הצעת החלטה לשימוע - החלטה מספר * משיבה *** : קביעת הסדרה

לייצור חשמל מביו-גז מביומאסה ומפסולת

כללי

1. בתוקף סמכותה לפי חוק משק החשמל, התשנ"ו – 1996 ויתר סמכויותיה על פי דין, מפרסמת בזאת הרשות לשירותים ציבוריים - חשמל (להלן – הרשות) להתייחסות הציבור הסדרה זו לייצור חשמל באמצעות ביו-גז ביומאסה ופסולת.
2. שימוע זה מפורסם בהמשך להחלטת הממשלה 3484, פרסום מסמך המדיניות של המשרד להגנת הסביבה בנושא כנדרש (בסוף 2012) ופרסום: "קול קורא להתייחסות הציבור לטכנולוגיות לייצור חשמל מביו-גז מביומאסה ומפסולת" על ידי הרשות.
3. מצורף לשימוע זה מסמך מתודולוגיה לקביעת הסדרה זו.

עיקרי ההסדרה התעריפית:

4. תעריף הבסיס למתקן המשתלב במסגרת הסדרה זו יהיה 40.5 אג' לקוט"ש מיוצר מביוגז, ביומאסה, או הפקת אנרגיה מפסולת פריקה-ביולוגית. (א)
5. התעריף למתקנים שיחוברו לרשת במסגרת החלטה זו יקבע בעת מתן אישור התעריף המותנה, לפני הסגירה הפיננסית.
6. ממועד – יקובע התעריף ויוצמד למשך 20 שנה למדד המחירים לצרכן.
7. התעריף יחול על מתקן בהספק מקסימלי שלא יעלה על MW 10.
8. תוקף ההחלטה עד להשגת 50 מגוואט במצטבר בפריסה ארצית או עד שנת 2017, לפי המוקדם מביניהם.

תחולה:

9. החלטה זו תחול על כל מתקן ייצור חשמל לפי המפורט בסעיף ג.4 בהחלטת הממשלה 3484 מיולי 2011, ובלבד שמוגדר כ"אנרגיה מתחדשת" בתקנות משק החשמל, ובהתאם לסעיף (4) להחלטה זו. (2)
10. החלטה זו תיכנס לתוקף מיום קבלתה.

ביאורים:

- (1) לפי עמדת המשרד להגנת הסביבה הפקת אנרגיה מן הפסולת הלא-פריקה ביולוגית איננה בגדר אנרגיה מתחדשת ועל כן אינה מומלצת לקבלת תעריף חשמל מתמרץ.



(2) על המתקן המבקש להשתלב במסגרת הסדרה זו יחולו כל התנאים לקבלת רשיון ייצור מותנה וקבוע לפי חוק משק החשמל (תשנ"ו 1996) ובהתאם להוראות תקנות משק החשמל (תשנ"ח 1997) לרבות אמות המידה הרלוונטיות והוראות כל דין.



מסמך מתודולוגיה: קביעת הסדרה לייצור חשמל מביו-גז מביומאסה

ומפסולת

א. הרקע לשימוע ומתודולוגיה

1. כללי – הרקע לשימוע

החלטת הממשלה 3484 הנחתה את רשות החשמל לבחון את השימוש בסמכויותיה ביחס ל"מכסה של 50 מגה וואט לכל הפחות עבור מתקנים לייצור חשמל מביו-גז, מביומאסה ומפסולת בכל הטכנולוגיות שיוגדרו לשם כך, בתמהיל שייקבע בהתייעצות עם המשרד להגנת הסביבה".

לאור האמור בהחלטה, ולאחר שפרסם ועדכן המשרד להגנת הסביבה את מסמך המדיניות שלו בנושא פסולת (מצ"ב לשימוע זה) בסוף 2012, יצאה הרשות ב"קול קורא להתייחסות הציבור לטכנולוגיות לייצור חשמל מביו-גז מביומאסה ומפסולת". שימוע זה, מתבסס על הנתונים שהתקבלו מן המשרד להג"ס, בעבודה משותפת עמו, מן התעשייה (במסגרת הקול-קורא), וכן ממקורות ומחקרים חיצוניים.

2. סקירת הטכנולוגיות הרלוונטיות והתגובות שהתקבלו לקול-קורא

להלן טבלה מסכמת של הטכנולוגיות המרכזיות הקיימות (בעלות רמת ישימות סבירה) ביחס לסוגי הפסולת הרלוונטים:

פסולת שאינה פריקה ביולוגית	פסולת פריקה ביולוגית – לא ביתית	פסולת פריקה ביולוגית – ביתית	טכנולוגיה/זרם פסולת
לא רלוונטי	פרש בע"ח, בוצת מט"שים	כיסוי ע"י ההסדרה הקיימת לביוגז כולל תמיכות מקרן הנקיון	עיכול אנאירובי
פלסטיק, צמיגים ועוד	פרש בע"ח, בוצת מט"שים, גזם חקלאי, ביומאסה	לא רלוונטי	גזיפיקציה/פירוליזה שריפה

מן הטבלה ניתן לראות כי בעוד שהטיפול בפסולת הפריקה ביולוגית¹ הביתית מקבלת מענה מלא בהסדרה הקיימת לייצור חשמל מביוגז (MW 160) – זרמי הפסולת המשמעותיים האחרים (פרש בע"ח, בוצת מט"שים) מתקשים לקבל מענה שכזה מסיבות כאלה ואחרות (שרובן קשורות לעלות הטיפול וההובלה של הפסולת טרם הפקת החשמל) ולפיכך נותרות החלופות הרלוונטיות להסדרה (בהיבט הטכנולוגי וזרם הפסולת):

- טכנולוגית – גזיפיקציה ופירוליזה

¹ הטרמינולוגיה והפילוח נשענים על המתודולוגיה של דו"ח הפסולת של המשרד להגנת הסביבה מסוף 2012



- זרמי הפסולת – פריקה ביולוגית (לא ביתית), ופסולת שאינה פריקה ביולוגית
יצוין כי עמדתו של המשרד להגנת הסביבה היא כי הפקת אנרגיה מן הפסולת הלא-פריקה
ביולוגית איננה מתחדשת² ולפיכך אין לתמרץ אותה במסגרת התוכניות הקיימות להפקת
אנרגיה מתחדשת. יחד עם זאת בכללי משק החשמל³ אין הבחנה מסוג זה – אנרגיה מתחדשת היא
כל אנרגיה המופקת משמש, רוח, מים, או פסולת.

לקול-קורא התקבלו מספר התייחסויות⁴:

1. התייחסות מפורטת כולל נתוני עלויות הקמה, תפעול ואחזקה, של מתקן גזיפיקציה הפועל על פסולת עירונית יבשה – העלה כי קבלת תשואה על ההון העצמי ע"ס 14% לפי מבנה המימון הנורמטיבי המקובל בהסדרות הרשות (80%/20%) מתקבל על ידי תעריף של כ-40.3 אג' לקוט"ש. יצוין כי לשימוש זרם פסולת זה תועלת נמוכה/אפסית בהפחתת פליטות, אם כי יש לו תועלת סביבתית במניעת הטמנה.
2. התייחסות מפורטת כולל נתוני עלויות הקמה, תפעול ואחזקה, של מתקן שריפה הפועל על ביומאסה – העלה כי קבלת תשואה על ההון העצמי ע"ס 14% לפי מבנה המימון הנורמטיבי המקובל בהסדרות הרשות (80%/20%) מתקבל על ידי תעריף של כ-40.5 אג' לקוט"ש. יצוין כי לשימוש זרם פסולת זה תועלת לא ברורה בהפחתת פליטות מזהמים, אך תועלת רבה בהפחתת פליטות פחמן.
3. התייחסות להקמת מתקן גזיפיקציה הפועל על גזם חקלאי, אשר לא כללה נתוני עלויות מלאים ומפורטים – אך במסגרתה נטען כי התעריף המאפשר כדאיות כלכלית של מתקן זה הינו 70-80 אג' לקוט"ש, כאמור, לא ניתן היה לבקר ביעילות מודל זה.

3. סקירה עולמית – הסדרות ותעריפים לייצור אנרגיה מפסולת

מצורפת למסמך זה סקירה שהוכנה בעבר עבור הרשות⁵ בנושא זה במהלך 2011, מכיוון שחלפו שנתיים ממועד הסקירה, ועלויות הייצור והתעריפים השתנו מאז, נציג להלן נתונים נוספים מעודכנים יותר.
להלן טבלה המסכמת את ניתוח בלומברג⁶ לעלות המנורמלת לייצור חשמל (LCOE) באמצעות פסולת בחלופות השונות נכון לסוף מאי 2013:

² "הפקת אנרגיה מפסולת יבשה, שאינה פריקה ביולוגית, אינה מהווה אנרגיה מתחדשת על פי הדירקטיבה האירופית ועל כן אינה מומלצת לקבלת תעריף חשמל יעודי" (עמוד 12)

³ עמוד 2 סעיף (1)

⁴ נתוני התעריפים המפורטים לעיל התקבלו על ידי ניתוח הנתונים שהופיעו בהתייחסויות, לפי מבני המימון הנורמטיביים המקובלים בהסדרות הרשות, והנחות תומכות נוספות, כמפורט בנספחים (1), (2) למסמך זה.
⁵ "סקירה כללית – ייצור חשמל מפסולת במתקנים תרמיים" (מאי 2011)



עלות ייצור חשמל (אג' לקוט"ש)*	עלות ייצור חשמל לפי בלומברג (סנט לקוט"ש)	טכנולוגיה	זרם פסולת
42.8 אג' לקוט"ש	11.9 סנט לקוט"ש	שריפה	ביומאסה
46.1 אג' לקוט"ש	12.8 סנט לקוט"ש	גזיפיקציה	ביומאסה
36.7 אג' לקוט"ש	10.2 סנט לקוט"ש	שריפה/גזיפיקציה	פסולת ביתית מוצקה

*לפי שע"ח מעודכן 3.6 ₪ לדולר

ניתן לראות כי נתוני הטבלה **קרובים למדי** לתוצאות שמתקבלות על ידי החלת מודלי הרשות הנורמטיבים על הנתונים שהעבירו היזמים במהלך השימוע (פסולת ביתית : 36.7 אג' לקוט"ש לפי בלומברג/40.3 אג' לקוט"ש לפי מודל הרשות בנתוני היזמים, ביומאסה-שריפה : 42.8 אג' לקוט"ש לפי בלומברג/40.5 אג' לקוט"ש לפי מודל הרשות בנתוני היזמים).

מצ"ב מספר הסדרים תעריפיים לתמיכה בייצור חשמל מביוגז וביומאסה במדינות אירופאיות מרכזיות (בירוסנט לקוט"ש) :

צרפת	איטליה	גרמניה (מעל 5 מגו"ט)**	גרמניה (5-1 מגו"ט)**	בריטניה	
	57.3-68.2 אג' לקוט"ש***	28 אג' לקוט"ש	51.7-75 אג' לקוט"ש	54.6 אג' לקוט"ש	גזיפיקציה/ ביומאסה
				30.1-54.6 אג' לקוט"ש*	גזיפיקציה/ פסולת ביתית
				30.1 אג' לקוט"ש	שריפה
38.2-57.0 אג' לקוט"ש****	40.6-59.8 לקוט"ש***			51.2 אג' לקוט"ש	אנאירובי

*לפי החלק היחסי של הרכיב הביולוגי הפריק באנרגיה המיוצרת. לדוגמא – אם הרכיב הינו 50% התעריף יהיה 42.4 אג' לקוט"ש

** גרמניה מעניקה תמיכות לפי מקור הפסולת ללא קשר לטכנולוגיה.

*** אלו הם תעריפי מקסימום למכרזים, במתקנים של עד 5 MW לפי מקורות פסולת שונים.

**** בנוסח למתקנים בעלי נצילות אנרגטית של 70% לפחות

כפי שניתן לראות המתודולוגיה לקביעת תעריפים בתחום הפסולת הינה מגוונת למדי ומשתנה בין מדינות. בכל זאת ניתן לזהות מספר נקודות עליהן כדאי לתת את הדעת :

1. **קביעת תעריף בסיס + בונוסים על תועלות שהרגולטור מחשיב כבעלות ערך.** המקרה

הקיצוני ביותר לעניין זה הוא גרמניה – שבה למתקנים גדולים (מעל 5 MW) ישנו תעריף



בסיס אחיד שווה ערך ל-28 אג' לקוט"ש, בעוד שלמתקנים קטנים יותר שאין להם יתרונות לגודל וזמינות גבוהה של מקורות פסולת (אך מאידך מבטאים מענה לטיפול בבעיות פסולת מקומיות באתרים מבודדים) ישנו תעריף גבוה יחסית שיכול גם להגיע למעלה מ-70 אג'. בבריטניה הבונוסים באים לידי ביטוי לפי היקף הטיפול בפסולת פריקה ביולוגית מתוך האנרגיה המיוצרת, ובצרפת ניתן בונוס על נצילות אנרגטית של המתקן.

2. **חלוקה בין "אבחנה לפי מקור פסולת" ל"אבחנה לפי טכנולוגיה"**. בעוד שבריטניה מבצעת אבחנה בקביעת התעריפים בראש ובראשונה לפי טכנולוגיה (ונונתת פרמיה לשימוש ברכיבים פריקים ביולוגית בפסולת הביתית) גרמניה אדישה לחלוטין לסוגיית הטכנולוגיה, ואילו איטליה קרובה יותר לגרמניה עם הבחנה מסוימת לטכנולוגיה אנאירובית.

3. **חלק מהתעריפים נמוכים מהערכות בלומברג ונתוני הרשות וחלקם גבוהים יותר**. מתקני שריפה/גזיפיקציה לפסולת ביתית מוצקה (לא פריקה ביולוגית) יזכו בבריטניה ובגרמניה לתעריף של 28-30.1 אג' לקוט"ש (בגרמניה – 51.7 אג' לקוט"ש למתקן של 1-5 MW), לעומת תעריף נדרש מוערך בכ-36.7-40.3 אג' לקוט"ש. מתקני גזיפיקציה לביומאסה זוכים בבריטניה לתעריף של 54.6 אג' מול בנצמרק של 46.1 אג' לקוט"ש לפי בלומברג (בגרמניה תעריף בטווחים רחבים, באיטליה תעריף מקסימום למכרז של 57.3-68.2 אג' לקוט"ש).

4. ההסדר התעריפי

כאשר בוחנים את עלויות הייצור מהטכנולוגיות הרלוונטיות ואת התהליכים המקובלים בעולם להסדרת מתקנים מסוג זה, תהליכים המתמרכים מתקנים בעלי תועלות סביבתיות (ובעיקר כאשר מביאים בחשבון את עמדת המשרד להגנת הסביבה אשר אינה רואה בייצור חשמל מפסולת ביתית יבשה כאנרגיה מתחדשת) אנו ממליצים כי תעריף ההזנה למתקן יקבע בהתאם לטכנולוגיה המייצגת הזולה ביותר – במקרה זה אין כמעט הבדל תוצאתי בין הטכנולוגיות בתעריף המתקבל (כ-40.5 אג' לקוט"ש). תעריף זה יהיה תקף לכל מקורות הפסולת/ביוגז/ביומאסה **למעט פסולת ממקור בלתי פריק-ביולוגית**.

<u>טכנולוגיה מייצגת</u>	<u>תעריף הבסיס</u>	<u>בנצ'מרק – תעריף נדרש להקמת מתקן</u>
ביומאסה	40.5 אג' לקוט"ש	40.5-42.8 אג' לקוט"ש

מומלץ, כנהוג בהסדרות הרשות לאנרגיות מתחדשות, למזער סיכונים ליזמות על ידי הצמדת התעריף למדד המחירים לצרכן מיום אישורו.



נספח 1: מתודולוגיה לחישוב תעריף הזנה להקמת מתקן ייצור חשמל

מפסולת עירונית יבשה

מטרת חלק זה היא לפרט את ההנחות ומקורות הנתונים בהם נעשה שימוש לשם חישוב עלות הייצור של חשמל מפסולת עירונית יבשה. ההנחות הינן בעבור מתקן גזיפיקציה בהספק של MW 3.5 שנמצא כיעיל להפקת חשמל מפסולת.

1. תיאור הטכנולוגיה

גזיפיקציה הינה תת-טכנולוגיה של טיפול תרמי בפסולת מוצקה, ומוגדרת כטיפול תרמי מתקדם (Advanced Thermal Treatment). במוקד תהליך הטיפול ניצבת הריאקציה התרמית אשר נוצרת בתנאי חוסר חמצן באמצעות צמצום נוכחות האוויר בתהליך. טכנולוגיה זו פותחה במטרה להשיב ולמחזר משאבים המצויים בפסולת ולצמצם למינימום ההכרחי את זיהום האוויר.

תיאור תהליך הטיפול: שימוש בטכנולוגית גזיפיקציה כולל הן התכה של פסולת והפיכתה לגז סינתטי (Syngas) והן טיפול בתוצרי הלוואי של ההתכה, כאשר את תהליך הטיפול ניתן לסווג על פי השלבים הבאים:⁷

1. הזנת הפסולת וייבושה.
2. דחיסת הפסולת – חומרים בעלי נפח הופכים לנוזלים והנוזלים המצויים בפסולת נסחטים.
3. דה-גזיפיקציה – יצירת סביבה נטולת חמצן הגורמת לאידוי מים, אשר מאפשר את המרתם של החומרים האורגניים לתוצרי פחם.
4. גזיפיקציה בטמפרטורות גבוהות והתכה – הפסולת שעברה גזיפיקציה מחליקה לריאקטור, בו מפורקים החומרים האורגניים. החומרים האנאורגניים מותכים לנוזל ומזוקקים באמצעות חמצן. בתהליך הגזיפיקציה הסטנדרטי נפלטת אנרגיה כתוצאה מריאקציה אקסותרמית⁸ המתרחשת בטמפרטורה של 600 – 1,200 °C. החום הנפלט משמש בד"כ לחימום מוקדם של חומר הפסולת המוזן לתהליך וכך מוגברת היעילות האנרגטית. בנוסף, קיימת שיטה דומה אשר מכונה פירוליזה. בניגוד לתהליך הגזיפיקציה במהלכו נפלטת אנרגיה, בשיטת הפירוליזה, תהליך הטיפול בפסולת בהיעדר חמצן הינו תהליך אנדותרמי⁹ המצריך השקעת אנרגיה.
5. הומוגניזציה של החומר המותך – חלקי הפסולת (חלקי פסולת האנאורגניים) המותכים מוזרמים לריאקטור ומופרדים לחומר מתכתי ולחומר מינרלי, לאחר מכן מוזרם החומר המותך לאגן מים ומוקפא לפיסות של מינרלים המכילות ברזל.

⁷ בדרך כלל פועלים מתקני גזיפיקציה באמצעות שימוש בדלק מונע פסולת (RDF) אפשרות נוספת הינה שימוש בפסולת מעובדת ברמת רטיבות של בין 6%-7% לייצור הגז הדלקי.
⁸ ריאקציה המשחררת חום לסביבה כאשר היא מתרחשת בלחץ קבוע.
⁹ תגובה אנדותרמית היא תגובה כימית הצורכת אנרגיה מהסביבה.



6. הפרדה מגנטית של התוצרים.

7. קירור הגז באופן ישיר ומהיר ע"י התזת מים – קירור הגז בהיעדר חמצן זמין מונע היווצרות פחמן דו חמצני או חומרים אורגניים אחרים, הזיהום המצוי בגז נקלט באמצעות חומצה לקליטת מתכות – הגז הופך לנטול אבק ואפר מרחף. לטיהור הגז וטיפול במים שנאספים בשלבים השונים.¹⁰

2. הגדרת המתקן המייצג

כאמור לעיל, ישנן מספר טכנולוגיות אפשריות לטיפול תרמי בפסולת מוצקה. המתקן המייצג לצורך תחשיב זה הוא מתקן לטיפול גזי בפסולת עירונית מוצקה המייצר חשמל בהספק מותקן של עד 3.5 MW. כמו במתקנים רבים אחרים לייצור חשמל גם במתקן לייצור פסולת עשוי להתקיים יתרון לגודל (בהנחה שכמות הפסולת הנדרשת זמינה). עם זאת, יתרון לגודל במקרה זה משמעותו הגבלת האזורים האפשריים להקמת המתקן ותלות בכמות פסולת גדולה מהמגזר העירוני. הצורך בכמות פסולת רבה עלולה להוביל ליצירת חסם להקמת המתקן ואבדן היתרון בהקמת מתקני ייצור חשמל מפסולת בקרבה למרכזי מיון ומקורות הפסולת שתורמים לקיצור מרחקי השינוע של הפסולת וחוסכים בשל כך פליטות מזהמים בזמן ההובלה. כמות הפסולת הנדרשת לייצור החשמל של 3.5 MW, כ- 100 טון/יום של אשפה עירונית יבשה, מאפשרת את הקמת המתקן במקומות שונים בארץ ומאפשרת גמישות וחיסכון בהובלת הפסולת למתקן הטיפול. בהנחה שכל אדם מייצר בממוצע כ- 1.8 ק"ג פסולת ליום שמתוכה כ- 60% היא פסולת יבשה המשמעות היא שכמות האוכלוסייה שצפויה לייצר כ- 100 טון פסולת יבשה ליום עומדת על פחות מ- 100,000 איש.

התעריף המוצג להלן נקבע על סמך בחינת עלויות ותפוקות נורמטיביות של מתקן ונועד לאפשר ליזמים תשואה נאותה להשקעה. בחירת המתקן המייצג נעשה בשל העובדה שטכנולוגיה זו, על סמך המידע הקיים ברשותנו כלכלית יותר לעומת טכנולוגיות אחרות לגביהם התקבל מידע מספק. בנוסף לטכנולוגיה זו יש מספר יתרונות סביבתיים בהיבט של הפחתת הטמנה. למתקן ישימות טכנולוגית והוא נמצא בשימוש במספר מדינות בעולם (ראה סקירה לעיל).

3. תחשיב כלכלי

להלן יפורטו ההנחות שעמדו בבסיס חישוב התעריף למתקנים לייצור חשמל מפסולת בשיטת הגזיפיקציה וכן את המקורות ששימשו לגיבוש הנחות אלו. ההנחות הינן בעבור מתקן בהספק של 3.5 MW מ- 100 טון/יום פסולת עירונית יבשה.

קביעת תעריף לייצור חשמל מפסולת:

העלויות המפורטות במסמך זה מתבססות על שלושה מקורות עיקריים:

¹⁰ גן דפנה, "טכנולוגיות חלופיות להטמנה", אקלימטון, גיליון מס' 53, פברואר 2008.



1. נתונים שהתקבלו מיזמים בתגובה לקול קורא שפרסמה הרשות. נתונים אלו, רובם ככולם, נתקבלו מחברת EKT בע"מ. נתונים אלו משמשים במודל בהיעדר מתקנים נוספים מתאימים להשוואה.
2. עלויות שחושבו במסגרת הסדרות קודמות של הרשות לעניין ייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות, ובפרט לעניין ייצור החשמל מביו גז, תוך התאמתם לעניין ייצור חשמל מפסולת וביומסה.
3. דו"ח בדיקה כלכלית של פרויקטים לטיפול בפסולת בשיטת PPP שערכה קבוצת פארטו בעבור משרד האוצר בשנת 2011 (להלן – דוח בדיקת הכדאיות) תוך התאמתם לסוג והיקף המתקן שנקבע כנורמטיבי לחישוב התעריף.

הנחות כלליות

הנחות כלליות			
הערות	יחידת מידה	ערך	פרמטרים
	MW	3.5	הספק מותקן
הנחת זמינות של כ- 90%	ימים	330	ימי עבודה
כנ"ל	שעות	7,920	שעות פעולה מלאות בשנה
כמות פסולת מקבילה לאוכלוסייה של כ- 100 אלף איש	טונות	100	כמות אשפה יומית יבשה
הנחה זו מבוססת על דו"ח בדיקת כדאיות לטיפול בפסולת ונתמכת על ידי תגובות היזמים לקול קורא	קוט"ש/טון	840	ייצור חשמל מאשפה ממוינת
	טונות	30,000	כמות אשפה שנתית (זרם יבש)
	MWH	27,720	ייצור חשמל שנתי
מבוסס על חיסכון בעלויות ההטמנה ובעלויות השינוע של הפסולת	טון/\$	42	תעריף קבלת פסולת

תעריף קבלת פסולת – \$42 לטון. תעריף קבלת הפסולת נקבע בהתאם לחיסכון המתאפשר כתוצאה מהימנעות מתשלום היטלי הטמנה ועלויות השינוע של הפסולת לאתרי ההטמנה. התעריף נקבע על בסיס התייחסויות היזמים לעניין זה. תעריף זה מגלם את החיסכון בהיטל ההטמנה לפסולת יבשה באתר מעורב (83.07 ₪) וחיסכון של כ- 90 ק"מ בשינוע הפסולת. (עלות ההובלה לטון לק"מ מוערכת ב- 0.75 ₪ על פי דו"ח בדיקה כלכלית של פרויקטים לטיפול בפסולת בשיטת PPP). יש לשים לב שתשלום עבור קבלת הפסולת משפיעה באופן משמעותי על הכדאיות הכלכלי של המתקן. ירידה במחיר המתקבל עבור טון פסולת של כ- 20 ₪/טון מובילה לעלייה בעלות הייצור של כמעט 2.5 אגורות לקילוואט.

תשלום עבור קבלת פסולת



ק"מ	90	מרחק הובלה
טון/\$	19	עלות הובלה
טון/\$	23	היטל הטמנה

עלויות הקמה:

ישנו קושי לבצע השוואה מפורטת של עלויות ההקמה בשל מיעוט מקורות. עם זאת, עלויות ההקמה המדווחות בהתייחסויות היזמים לקול קורא ובדו"ח בדיקת הכדאיות דומות. סך עלויות ההקמה מוערכות בכ- 6.2 מיליון ₪ ל-MW מותקן. בדו"ח בדיקת הכדאיות נמצאה עלות הקמה נמוכה ב-8% ל-MW מותקן, אך ניתן לשייך זאת לקיומם של יתרונות לגודל, שכן הבדיקה התבצעה בעבור מתקן גדול של כ-20 MW. להלן פירוט ההנחות ששימשו לחישוב התעריף

עלויות הקמה			
הערות	יחידת מידה	ערך	רכיב עלות
על פי נתונים שנתקבלו בתגובה לקול קורא.	באלפי \$	11,000	מתקן גזיפיקציה
על פי נתונים שנתקבלו בתגובה לקול קורא.	באלפי \$	8,000	מתקן חשמל וטיפול בפליטות
בהתאם להנחות בבדיקת הכדאיות משנת 2011, על פי מחירי קרקע לתעשייה של כ-300 אלף ₪ לדונם באיזור הצפון.	באלפי \$	417	עלות הקרקע
בהתאם להנחות בבדיקת הכדאיות משנת 2011 לעלות פיתוח קרקע באזור הצפון	באלפי \$	192	עלות פיתוח ויישור קרקע
על פי אסדרת ביו גז	באלפי \$	262	חיבור חשמל
5%, על פי הנחות בדיקת הכדאיות משנת 2011.	באלפי \$	999	תקורות
5%, בהתאם להסדרת ייצור חשמל בטכנולוגיה תרמו-סולרית.	באלפי \$	999	בצ"מ
		21,858	עלות הקמה
		\$6,245 ל-Kw מותקן	

עלויות תפעול:

בדומה להנחות ההקמה, הנחות התפעול מבוססות בחלקן על דיווח היזמים בתגובה לקול קורא ובחלקן על דו"ח בחינת כדאיות.

עלויות תפעול			
הערות	יחידת מידה	ערך	רכיב עלות
על סמך תגובות לקול קורא.	באלפי \$	250	דלק וחשמל



נימיקלים מים ושונות	250	באלפי \$	על סמך תגובות לקול קורא.
כוח אדם תפעול	364	באלפי \$	כמפורט למטה
אחזקה (חלפים חמרים וכח אדם אחזקה)	1,000	באלפי \$	על סמך תגובות לקול קורא.
הנהלה וכלליות	200	באלפי \$	על סמך תגובות לקול קורא.
ארנונה	47	באלפי \$	על סמך דו"ח כדאיות כלכלית (ארנונה ממוצעת לתעשייה בצפון) 5% מעלות ההקמה ללא תקורות ובצ"מ. בהתאם לדו"ח בדיקת כדאיות.
ביטוחים	106	באלפי \$	
עלות תפעול	2,230	\$ 637 ל-Kw מותקן	

כוח אדם ושכר – הנחות לגבי כמות וסוג העובדים הנדרשים לשם הפעלת המתקן מבוססות על בדיקת הכדאיות למתקני טיפול בפסולת, תוך התאמות לגודל המתקן. ההנחה היא שהמתקן יעבוד בשלוש משמרות, בכל משמרת יועסקו מנהל משמרת, ושני עובדי קו. בנוסף יועסק טכנאי איש צמ"ח ומנהל אתר. בסה"כ 12 עובדים.

הנחות כוח אדם	
עובד קו	6
מפעיל צמ"ח	1
מנהל משמרת	3
טכנאי	1
מנהל אתר	1
עלות כוח אדם חודשית ממוצעת לעובד	\$ 2,610
עלות שנתית כוללת למתקן	\$ 376,000

הנחות מימון:

הנחות המימון נותרו זהות להנחות בהסדרה עבור המתקנים התרמו-סולריים. עלות ההון הזר עודכנה לאור ההבדלים בדירוגי האשראי בין סוגי הטכנולוגיות. באסדרה בעבור מתקני ביו-גז, הדירוג המצוטט בעבור טכנולוגיות תרמיות הוא A-. בהתאם לדירוג זה, ממוצע הריביות של 12 חודשים עבור אג"ח לא סחיר צמוד למדד עם מח"מ 10 שחושב עומד על - 5.89%.

עלויות מימון	
הון זר	80%



	20%	הון עצמי
מחיר ההון הזר	5.89%	דירוג A-
תשואה להון עצמי	14%	
מחיר ההון המשוקלל (לאחר מס)	6.33%	
שנות מימון (תעריף גבוה מובטח)	18	שנים
הון זר	17,486	אלפי \$
ריבית על הון זר	1,030	אלפי \$
הון עצמי	4,372	אלפי \$
ריבית על ההון העצמי	612	אלפי \$
משך תקופת ההקמה (בשנים)	2	שנים
שער דולר	3.626	₪ לדולר
הכרה בפחת מואץ לצורכי מס	25%	4 שנים
מס חברות	25%	

תוצאות המודל:

תעריף נגזר: 40.26 אג' לקילוואט



נספח 2: מתודולוגיה לחישוב תעריף הזנה להקמת מתקן ייצור חשמל מביו-

מסה

מטרת חלק זה היא לפרט את ההנחות ומקורות הנתונים בהם נעשה שימוש לשם חישוב עלות הייצור של חשמל מביומאסה. ההנחות הינן בעבור מתקן ביומאסה בהספק של 10 MW שנמצא כיעיל להפקת חשמל.

1. הגדרת המתקן המייצג

המתקן המייצג שנבחן הוא מתקן לייצור חשמל מביומאסה בהספק מותקן של 10 MW. הבחירה במתקן זה נעשתה בעקבות התייחסות היזמים לקול קורא וההבנה שעל מנת לנצל יתרונות לגודל, תהליך הייצור של מתקן זה, המתבסס על גידולים חקלאיים (במקרה זה אשלים), מחייב הקמת מתקן גדול יחסית לעומת מתקן לייצור פסולת שימוקם בסמוך לשדה הגידול. אמנם שריפת ביומאסה אינה מחייבת גידול אנרגיה מקומי ויכולה להתבצע גם באמצעות ייבוא של ביומסה או שריפה של חומר אורגני שמקורו בפסולת עירונית מוצקה אך צפוי שמקורות אנרגיה אלו ייקרו באופן משמעותי את ייצור החשמל הן בשל עלויות ההובלה (במקרה של ייבוא) והן בשל הערך האנרגטי הנמוך יחסית לעומת ביומאסה נקייה (פסולת). בשל כך, ובל הרצון לשמור על עיקרון מזעור העלויות בייצור החשמל, המתקן המייצג הוא מתקן לייצור חשמל בהספק של 10 MW המבוסס על גידול אנרגיה מקומי.

2. תחשיב כלכלי

בשונה ממתקני גזפיקציה, טכנולוגיות של שריפת מסה לייצור חשמל נפוצות בעולם מזה שנים רבות. עם זאת, למרות שכיחותה שהטכנולוגיה, ישנו הבדל משמעותי בעלויות הייצור בשל רכיב עלות הדלק ואיכותו שמשנתה ממקום למקום. עלות חומר הגלם תלויה כמובן בסוג הדלק לשריפה ובמקורו (שאריות תעשיית עץ ונייר, גידולי אנרגיה וכד') ובנוסף, ערכו האנרגטי של חומר הגלם לשריפה משפיע באופן ישיר על פוטנציאל ייצור החשמל מכמות נתונה של ביומסה וצד ההכנסות של המתקן. בשל כך, ישנו קושי בהשוואה של מתקני אחרים ממקומות בעלי מאפייני תפעול שונים. עיקר התחשיב הכלכלי מתבסס על התייחסויות היזמים לקול קורא תוך כדי הצלבת נתונים במידת האפשר עם מקורות שונים. ובחינת עלות ייצור החשמל שמתקבלת (LCOE).

3. הנחות כלליות

הנחות כלליות

פרמטר	ערך	יחידת מידה	הסבר
-------	-----	------------	------



	MW	10	הספק מותקן
הנחת זמינות של מעל 90% על פי התייחסות לקול קורא	שעות/שנה	8,100	שעות ייצור
	MWH	81,000	ייצור חשמל שנתי
על פי התייחסויות לקול קורא	דונם	5	שטח התחנה
על פי התייחסות לקול קורא ועלויות יבוא פלץ	מ/טון	420	עלות ביומאסה אשלים
על פי התייחסות לקול קורא	ק"ג	700	כמות נדרשת לייצור 1 MW
	טון/שנה	53,865	כמות ביומאסה שנתית נצרכת

4. עלויות הקמה

עלויות ההקמה מוערכות בכ- 15 מיליון \$ למתקן של כ- 10 MW. קרי, עלויות הקמה של \$1,500 ל-KW. עלויות אלו משקפות עלות הקמה נמוכה יחסית לעלויות הנורמטיביות שנמצאו. עם זאת, היות שמדובר בטכנולוגיית מדף ידועה הוחלט להסתמך על התייחסויות היזמים לקול קורא בעניין זה.

עלויות הקמה

פרמטר	ערך	יחידת מידה	הסבר
עלות הקמה	15,000	באלפי \$	על פי התייחסויות היזמים לקול קורא

5. עלויות תפעול

עלויות דלק (חומר גלם) - עלויות התפעול מורכבות בעיקר מעלות חומר הגלם (אשלים) אשר מסופק למפעל. על פי התייחסויות היזמים לקול קורא ונתונים אודות יבוא ביומאסה נקייה (כגון pellets) מחיר החומר גלם הוערך בתחשיב בכ- 116 \$. מחיר זה מהווה מחיר תחרותי לעומת מחירי יבוא של ביומאסה נקייה (כגון פלץ) אשר מוערכים בכ- 120-160 יורו כתלות מדינות אירופה ובמדינות הנהוגה בכל מדינה לגבי השימוש בפלץ או בביומסה. תוספת של עלויות ההובלה לישראל עשוי להעלות את מחיר חומר הגלם אף מעבר לכך. אי לכך, מחיר חומר הגלם שנקבע על סך \$116 /טון משקף מחיר תחרותי לביומסה. מכיוון ששריפה ביומאסה נקייה מאפשרת גם שימוש בביומאסה ממקור אחר כגון פסולת יבשה, הונח שמרכיב הביומאסה הנקייה מתוך סך חומר הגלם יעמוד על כ- 95%.

מלבד עלויות חומר הגלם, הוערכו עלויות תפעול נוספות בסך של כ- 1.2 מיליון \$/שנה. סה"כ עלויות התפעול מוערכות בכ- 747 \$ לקילוואט מותקן.

עלויות תפעול

פרמטר	ערך	יחידת מידה	הסבר
עלות דלק ביומאסי	6240	באלפי \$	ע"פ התייחסות היזמים לקול קורא



כימיקלים מים ושונות	250	באלפי \$
דלק וחשמל	250	באלפי \$
כח אדם תפעול	513	באלפי \$
הנחה		
ארנונה	139	באלפי \$
על פי מחיר ארנונה לקרקע חקלאית בצפון		
ביטוחים	75	באלפי \$
0.5% מעלות ההקמה		
עלות תפעול כוללת לשנה	7,467	באלפי \$

6. עלויות מימון

בדומה לתחשיב עבור מתקן מייצג של שריפת פסולת עירונית (נספח 1)

עלויות מימון		
הון זר	80%	
הון עצמי	20%	
מחיר ההון הזר	5.89%	דירוג A-
תשואה להון עצמי	14%	
מחיר ההון המשוקלל (לאחר מס)	6.34%	
שנות מימון (תעריף גבוה מובטח)	18	שנים
הון זר	12,000	אלפי \$
ריבית על הון זר	707	אלפי \$
הון עצמי	3,000	אלפי \$
ריבית על ההון העצמי	420	אלפי \$
משך תקופת ההקמה (בשנים)	2	שנים
שער דולר	3.626	₪ לדולר
הכרה בפחת מואץ לצורכי מס	25%	4 שנים
מס חברות	25%	

תעריף נגזר: 40.5 אגורות לקילוואט