

גז טבעי, קוגנרציה והתייעלות אנרגטית

יום עיון – קוגנרציה בגז טבעי
ענף גז טבעי בלשכת המהנדסים

ינואר 2025



תוכן המצגת



1. רקע כללי:
 - שוק האנרגיה
 - גז טבעי
 - מיקרו-גנרציה בישראל
2. הצד הכלכלי של מיקרו-גנרציה
3. דרישות סף
4. למי מתאימה המערכת?
5. הנחות בסיס עיקריות
6. סוגי מנועים, גדלים ויצרנים הפועלים בשוק
7. ייצור עצמי בחצרים – עקרונות מודל BOT
8. ייצור עצמי בחצרים – שימושים אפשריים
9. מקרה בוחן
10. חסכון אפשרי – גנרציה וקוגנרציה
11. הסבה לגז טבעי:
 - ממשקים נדרשים
 - הליך הסבה
 - חלוקת אחריות
 - כדאיות כלכלית

רקע כללי - שוק האנרגיה בישראל



- משק האנרגיה בישראל עובר תמורות מאוד משמעותיות בשנים האחרונות
- לאורך עשרות שנים משק זה היה משק סגור אשר נוהל על ידי חח"י בצורה מונופוליסטית תוך כדי שהיא שולטת בכל שרשרת הערך - החל מייצור, הולכה, תחזוקה, רכישה ומכירה לצרכן
- במהלך 16 השנים האחרונות מקיימת המדינה מהלך הפרטה רחב היקף של משק האנרגיה הכולל:
 - מתן רישיונות לייצור חשמל באמצעות המגזר הפרטי (תחנות יח"פ)
 - מכירת תחנות היצור של חח"י ליזמים פרטיים
 - יצור חשמל באמצעות אנרגיה פוטו-וולטאית וטורבינות רוח
 - ביזור באמצעות הקמת תחנות מיקרו-גנרציה מבוססות גז טבעי
 - רגולציה תומכת הכוללת אסדרות המספקות וודאות כלכלית ליזמים
 - מתן מענקים להקמת מתקני מיקרו-גנרציה
 - הפרדת מנהל המערכת מחח"י – הקמת חברת נגה
 - הקמת "בורסה" לרכישה ומכירה של חשמל על ידי מנהל המערכת
 - אסדרת השוק – ינואר 2024

רקע כללי - גז טבעי

- נקודות ציון היסטוריות בגילויי הגז הטבעי
 - 1999 – גילוי מאגר ים תטיס
 - 2009 – גילוי מאגר תמר
 - 2010 – גילוי מאגר ליוויתן
 - 2011 – גילוי מאגר תנין
 - 2013 – גילוי מאגר כריש

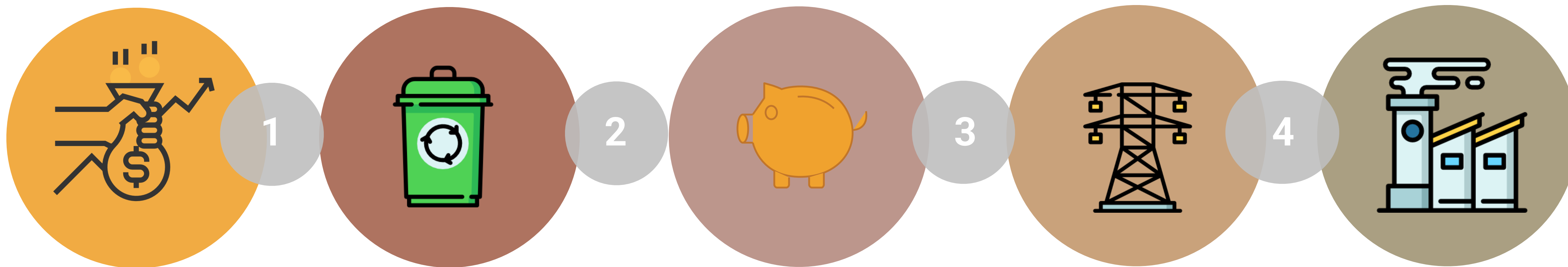
- סך כל עתודות הגז הטבעי עומדות על מעל 1,000 BCM (מיליארד מטרים מעוקבים)

- הגז הטבעי הינו מקור אנרגיה שמקורו בדלק מאובנים (Fossil Fuel) ממנו ניתן להפיק חשמל, זאת בדומה לנפט, סולר, מזוט, ופחם

- שימושיו רבים ומגוונים – חימום, הפקת חשמל, קירור, גז תדלוק וכדומה

- חלוקת הגז הטבעי מתבצעת ברובה בעזרת צנרת תת קרקעית. שיטות נוספות לשינוע הגז הטבעי הינן LNG ו-CNG

יתרונות הגז הטבעי



יתרון כלכלי

מחירו של הגז הטבעי זול יחסית בהשוואה למחירי דלקים פוסיליים כגון סולר ומזוט

יתרון סביבתי

הגז הטבעי נקי יותר ופולט לסביבה פחות מזהמים וגזי חממה הוא מכיל יותר מ-95% מתאן טהור ועל כן תוצרי שריפתו נקיים יותר. התפעול שלו קל יותר ובאופן כללי, קיים חשש קטן יותר מדליפות שיכולות לגרום לזיהום מאשר בנפט מזוט וסולר

יציבות כלכלית

בעוד שמחירי הדלק תלויים במשתנים רבים ומחירם אינו יציב בעולם ומחייב לעיתים פעולות גידור כספיות, מחיר הגז הטבעי תלוי בהסכמים קבועים שנחתמים מול מפיקי/ספקי באר הגז ועל כן ניתן לבנות תחזיות עסקיות ריאליות לשנים הקרובות על בסיס מחירים שידועים מראש

נצילות גבוהה

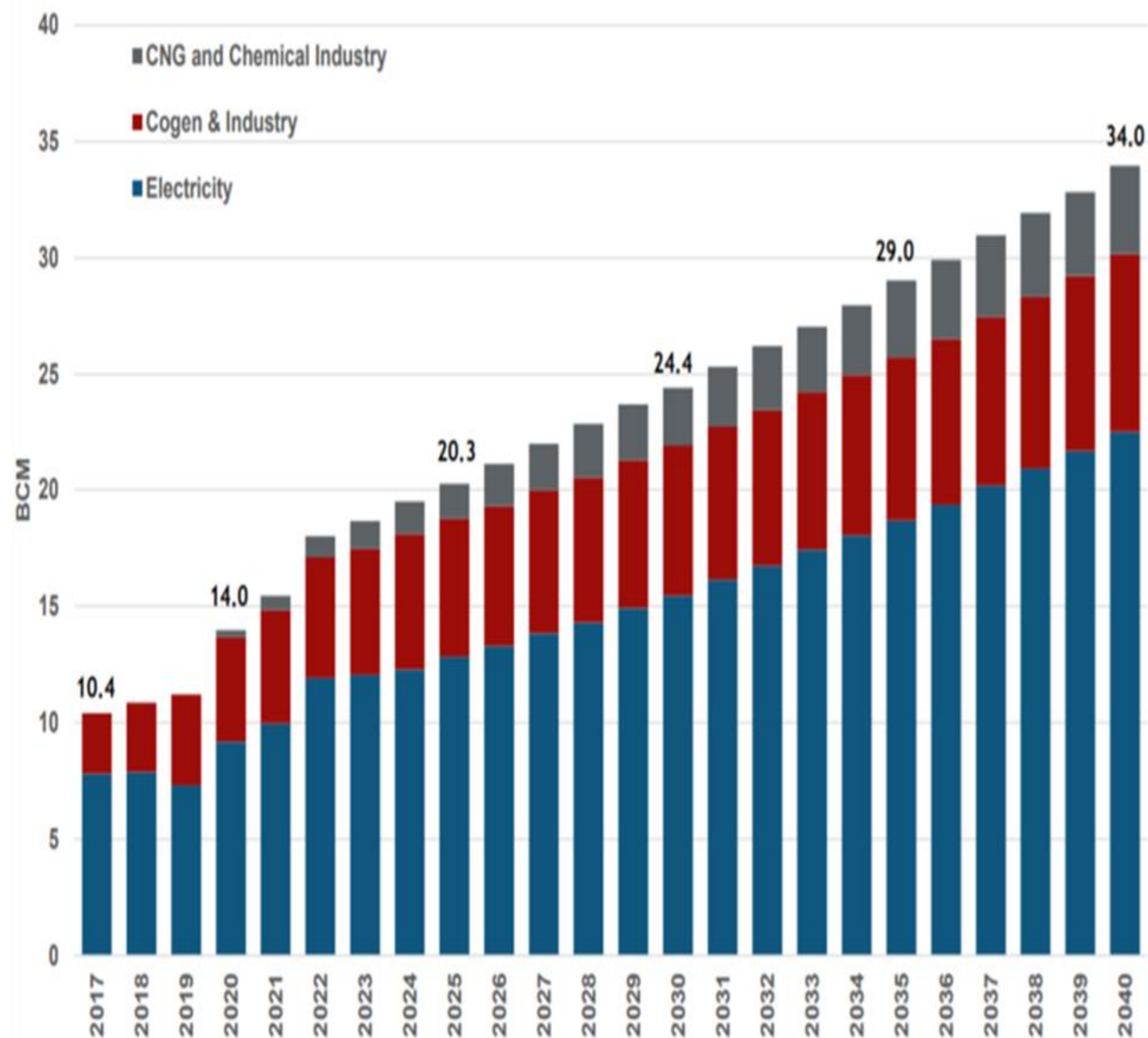
מכל יחידת גז ניתן להפיק יותר חשמל ממה שניתן להפיק מדלקים אחרים, ובוודאי כשמדובר בטכנולוגיית קוגנרציה

יתרונות נוספים

ירידה בבלאי המתקנים ובטיחות בעבודה עם הגז הטבעי לעומת דלקים אחרים

תחזית הביקוש לגז טבעי - ביקושים גדלים

תחזית ביקוש לגז 2018-2040



- סקטור החשמל (הציבורי והפרטי) מהווה מקור ביקוש עיקרי לגז טבעי. כ-70% מייצור החשמל נעשה ע"י שימוש בגז טבעי ממאגרי תמר ולוויתן

- מלבד חברת החשמל פועלים בארץ 8 יצרנים פרטיים גדולים הנהנים מאסדרה כלכלית מיטבית והגנות ינוקא ממשלתיות, אלו תופסים כיום נתח של כ-40% מהאנרגיה שמיוצרת בפועל במדינה. בעוד כשנתיים וחצי מהיום, יעמוד נתח השוק של המגזר הפרטי בייצור חשמל בישראל על כ-50%

- הביקוש לגז טבעי במגזר התעשייה בארץ מצוי אף הוא בעלייה חדה, ובשנים האחרונות אנו עדים להסבת מערכות אנרגיה במפעלים משימוש בתזקיקי נפט לגז טבעי.

- במהלך שנת 2019 הסתכם סך הביקוש לגז טבעי במגזר

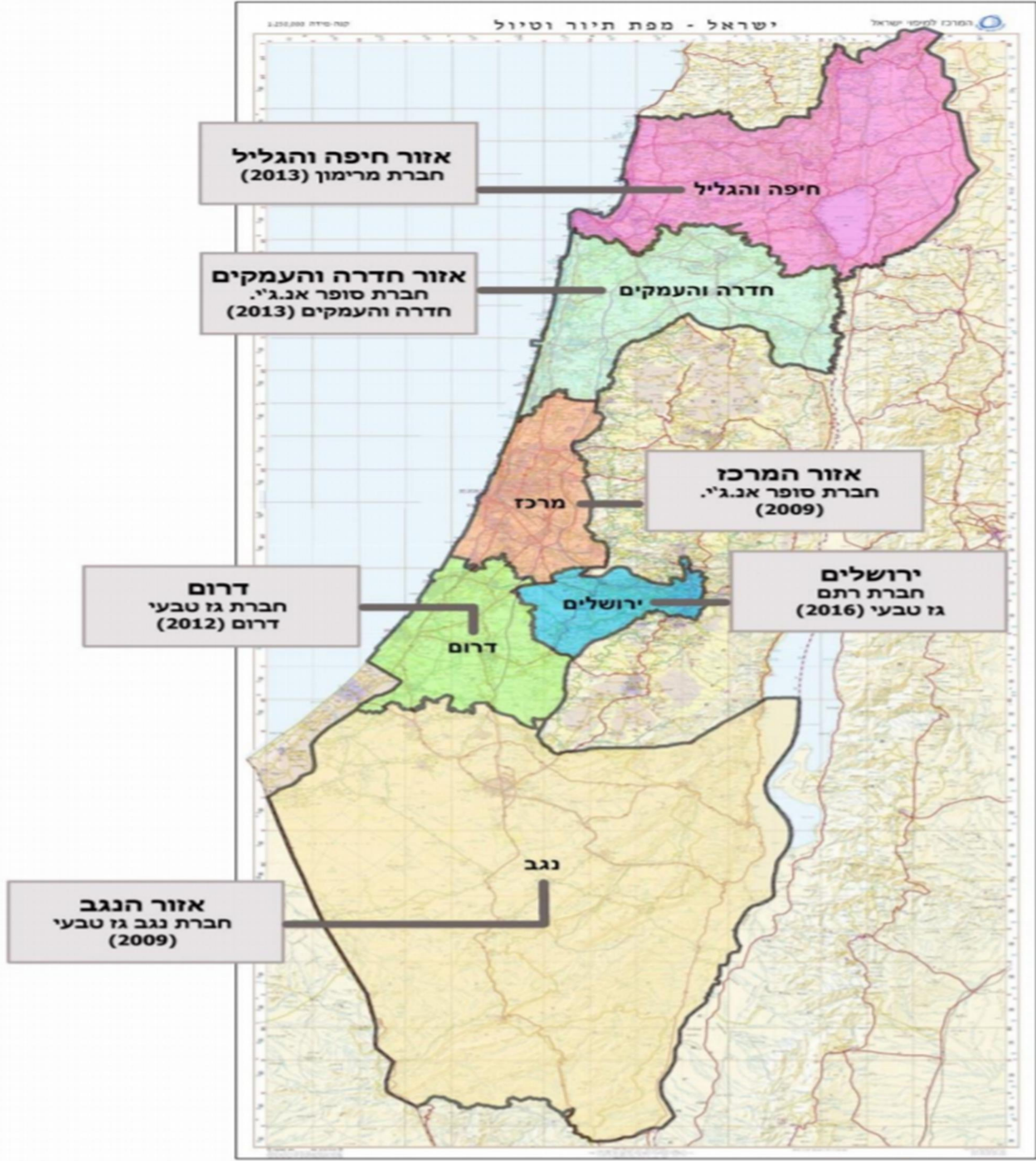
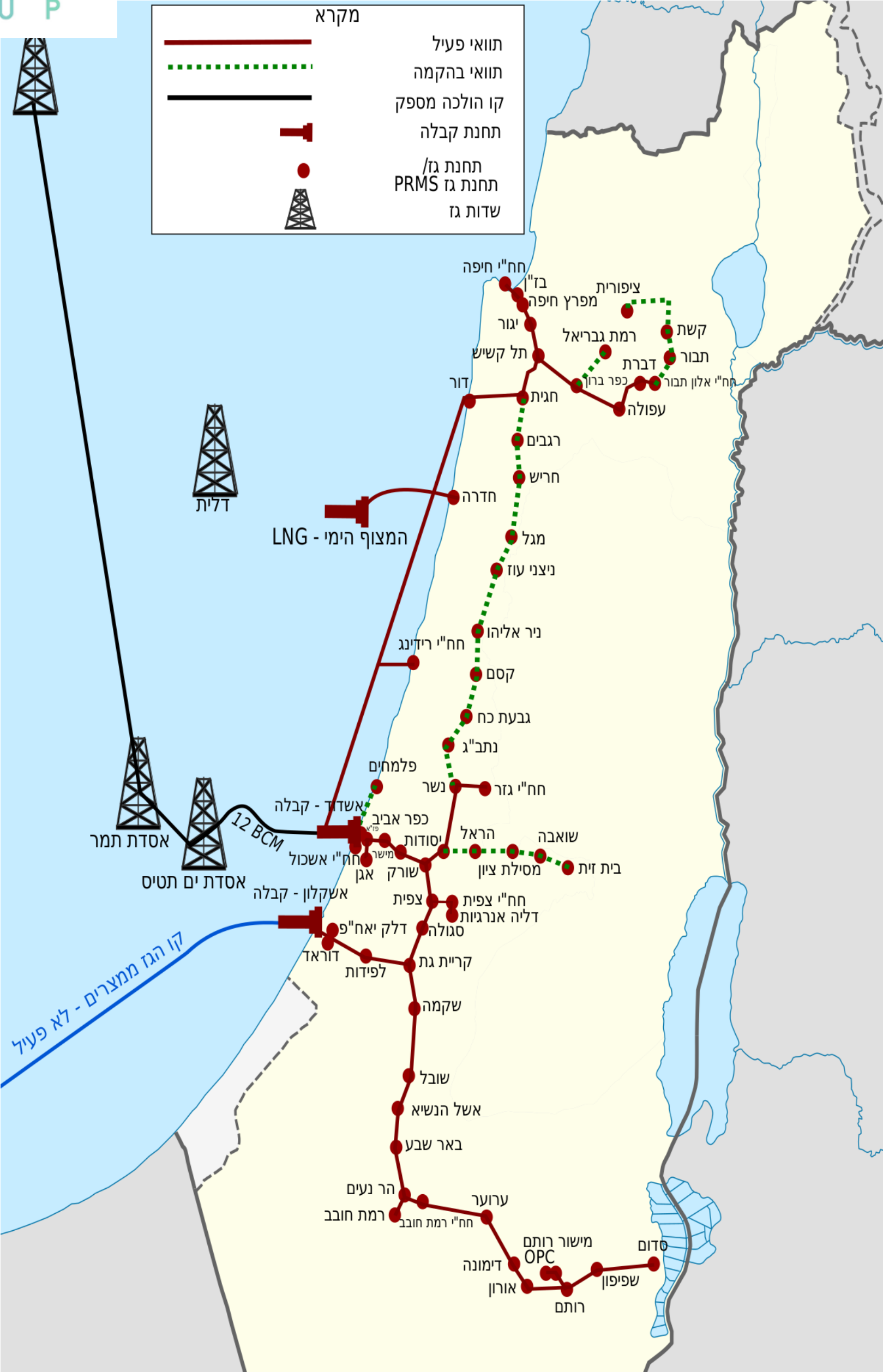
התעשייה בכ-1.9 BCM

שרשרת הערך בעולם הגז טבעי



- מאגרי הגז אשר התגלו במימי הים התיכון הינם נכס אסטרטגי וכלכלי של המדינה
- המאגרים מופעלים על ידי חברות פרטיות המשלמות תגמולים ומיסים למדינה
- המדינה אחראית להולכת הגז בצנרת הראשית הפרושה ברחבי הארץ
- חברות החלוקה השונות, אשר קיבלו זיכיון ל-25 שנים אחראיות לחלוקתו מהצנרת המרכזית ועד נקודות הקצה
- חברת החלוקה לא יכולה לשמש כחברת שיווק
- קיימות מספר חברות לשיווק גז טבעי בארץ - חברות אלו רוכשות באופן מרוכז גז טבעי מהמאגרים ומוכרות אותו לצרכנים השונים
- חברת השיווק גובה מחיר עבור כל מ"ק אשר היא מספקת ללקוח. המחיר של חברת השיווק מבוסס על המחיר ממנו היא קונה את הגז מהמאגר, בתוספת פער תיווך.
- המחיר אינו כפוף לרגולציה ולכן ניתן להתמקח עליו
- הלקוח יכול לעבור מחברת שיווק אחת לשנייה בקלות, עובדה המהווה סיכון משמעותי לחברת השיווק

שרשרת הערך בעולם הגז הטבעי



רקע כללי - מיקרו-גנרציה



- קוגנרציה או טריגנרציה הינם כינויים לתהליכם בהם נעשה שימוש במנועי גז טבעי המשלבים בין ייצור חשמל וניצול החום השירי אשר נפלט מהמנוע לשימושים אנרגטיים של חימום וקירור וזאת על מנת להשיג ניצולת גבוהה יותר של האנרגיה המושקעת
- החום השירי נפלט ב-2 אופנים: מים חמים וגזי פליטה. בשניהם ניתן לעשות שימוש כדי לשפר את נצילות המערכת. בתנאים מסוימים אפשר כמעט להכפיל את נצילות המתקנים ולהביאם עד לכדי נצילות של כ-90%
- לרוב נצילות המערכות תהיה סביב 65-85%
- כאשר בנוסף לחשמל המופק מהמתקן, יש גם אפשרות לעשות שימוש בחום שירי, המתקן הופך לכדאי כלכלית הרבה יותר, הן עבור היזם והן עבור הלקוח

רקע כללי - מיקרו-גנרציה (המשך)



- הליך אסדרת הקוגנרציה התקבל בסוף שנת 2019 והוא הביא עימו לתכנון וביצוע של כמה עשרות פרויקטים ביניהם ניתן למנות את:
 - גופים ציבוריים דוגמת: קופת חולים כללית, משרד הביטחון, משרד הבריאות
 - גופים פרטיים דוגמת: טרה, קרלסברג, חיפה כימיקלים וכדומה
- מרבית הפרויקטים (כ-99%) אשר יוצאים לשוק בימים אלו הינם בפורמט של BOO/BOT
- בשוק פועלים כארבעה יזמים גדולים
- המערכת הבנקאית בישראל מבינה את הפוטנציאל הטמון בפרויקטים אלו ועל כן שיעורי המימון של הפרויקטים מגיעים לכדי 80%

הצד הכלכלי של מיקרו-גנרציה



- מיקום הצרכן (מפעל/מוסד עסקי/בית החולים) – ישנה שונות בין מחירי חיבור וחלוקה של חברות חלוקה שונות בששת האזורים השונים בהתאם לתנאי הזיכיון שלהם
- האם הצרכן זכאי למענק במסגרת אסדרת הקוגנרציה
- האם הצרכן זכאי לקבלת פרמיה אורבנית
- גודל הפרויקט – ככל שהפרויקט (מנוע) גדול יותר, שיעור התשואה גבוה יותר. הנ"ל נובע מעלות תשתית דומה לפרויקט בין אם הוא גדול או קטן
- שימושים – גנרציה (חשמל) בלבד או קו/טריגנרציה (חימום/קירור)
- יציבות הצריכה על פני השנה – ככל שהצריכה יציבה יותר המנוע עובד בצורה יותר אופטימלית (פיקים ודיפים בצריכה)
- שעות העבודה של מקום הצרכנות
- האם קיימת עסקת יח"פ כבר ללקוח – במקרה זה ההשוואה הינה לעסקת יח"פ ולא למחירי חח"י

דרישות סף להקמת פרויקט

- קירבה/חיבור קיים של הצרכן לצינור חלוקת הגז הטבעי/תחנת הפחתת הלחץ. לחילופין ניתן להשתמש ב CNG לתקופת ביניים
- מינימום צריכה – מתקנים בהספק נמוך מ-600 קילוואט לרוב אינם כדאיים כלכלית
- מפעל בעל צריכת אנרגיה קבועה פחות או יותר ויציבות לטווח ארוך
- קיים מספיק מקום בשטח הצרכן לרבות שטחי התארגנות
- מתקן קו גנרציה הינו מורכב, דורש יכולות יזמיות, סטטוטוריות, רגולטוריות, פיננסיות ותפעוליות
- מומלץ להיעזר ביועץ מומחה בתחום אשר ישמור על האינטרסים העסקיים של הצרכן

למי מתאימה המערכת?

- מפעלים תעשייתיים - צרכני חשמל בהספק גדול, עדיף בשילוב חום ו/או קירור ושימושים מיוחדים
- צרכנים גדולים – מרכזי אנרגיה ומתקנים שהם צרכני חשמל גדולים ויציבים, מוסדות, בתי חולים, אוניברסיטאות, מרלו"גים, בתי מלון וכדומה
- ביוגז – מחלבות, מכוני טיהור שפכים, רפתות, לולים, פסולת חקלאית, פסולת אורגנית, אתרי הטמנה וכדומה



טכני - סוגי מנועים, גדלים ויצרנים



- בחירת גודל המנוע הינה החלטה ראשונה במעלה הנוגעת ליעילות המנוע, לנצילותו האפשרית וכן לחסכון האפשרי לצרכן הסופי
- יצרני מנועים הפועלים כיום בשוק: Jenbacher, Caterpillar, MTU, MWM
- המתקן יעבוד בסנכרון מלא עם רשת החשמל הארצית תוך שילוב הזנות מתאים בחדרי המתח הגבוה של הצרכן. ככל ויידרש נבנה מסדר מתח גבוה נוסף
- המערכת יכולה לפעול במצב Island Mode ולתת מענה להפרעות מתח הקיימות היום ברשת
- על פי נתוני הצריכה של הצרכן יש לבחון מהיכן מסופקת יתרת הצריכה של הצרכן (חח"י/יח"פ)

ייצור עצמי בחצרים - עקרונות מודל BOT



- הפרויקט הינו ללא השקעה וללא סיכון מצד הצרכן
- חיסכון קבוע לצרכן, הגבוה מהחיסכון האפשרי מהיח"פ
- הפרויקט ללא עלויות תפעול מצד הצרכן
- היזם מתכנן, מממן, משקיע, מקים, מתפעל ומתחזק את הפרויקט
- תקופת ההסכם הינה עד 24 שנים ו-11 חודשים
- בתום תקופה זו הפרויקט יכול לעבור לצרכן
- קיימת אפשרות Buyout במחיר מוסכם
- שיעור התשואה של היזם הינו כ-10-15%
- עלות ההשקעה של היזם נמוכה מעלות המכר של המתקן
- עלות תחזוקה ליזם נמוכה יותר לעומת עלות התחזוקה במקרה של Buyout
- מחיר גז טבעי ליזם זול יותר

במודל זה הצרכן נהנה מאחוז הנחה קבוע על מרכיב היצור/תעו"ז במש"בים השונים וכן יכול להנות מהנחת יח"פ לחשמל אשר לא מיוצר מהמתקן

המודל ללא השקעה ו/או תפעול שוטף מצד הצרכן ולכן כמעט חסר סיכון

ייצור עצמי בחצרים - שימושים אפשריים



- גנרציה בלבד
- יתרונות:
 - ✓ התעסקות מינימאלית עם מערכות נלוות
 - ✓ אי תלות במערכות החימום (קיטור ו/או חימום מים) וקירור בספיגה
- חסרונות:
 - ✓ ניצולת נמוכה יחסית
 - ✓ שימוש מוגבל
 - ✓ המשך תחזוקה ותפעול של דוודי קיטור ו/או צ'ילרים קיימים
- קו/טריגנרציה
- יתרונות:
 - ✓ נצילות גבוהה
 - ✓ פרויקט המתכלל חלק גדול יותר מצרכי האנרגיה של מקום הצרכנות
- חסרונות:
 - ✓ פרויקט מורכב יותר

הנחות בסיס עיקריות

- חברת חלוקה – בהתאם למחירים מפוקחים
- מחיר גז טבעי בפני הבאר - 4.4 דולר ל-MMBTU בתוספת הולכה, חלוקה ובלו – מודל BOT
- אוברול גדול לאחר 60-80 אלף שעות (כתלות בדגם המנוע וגודלו)
- מודל תפעולי ל-20 שנה לא כולל תקופת הקמה של כ-24 חודשים



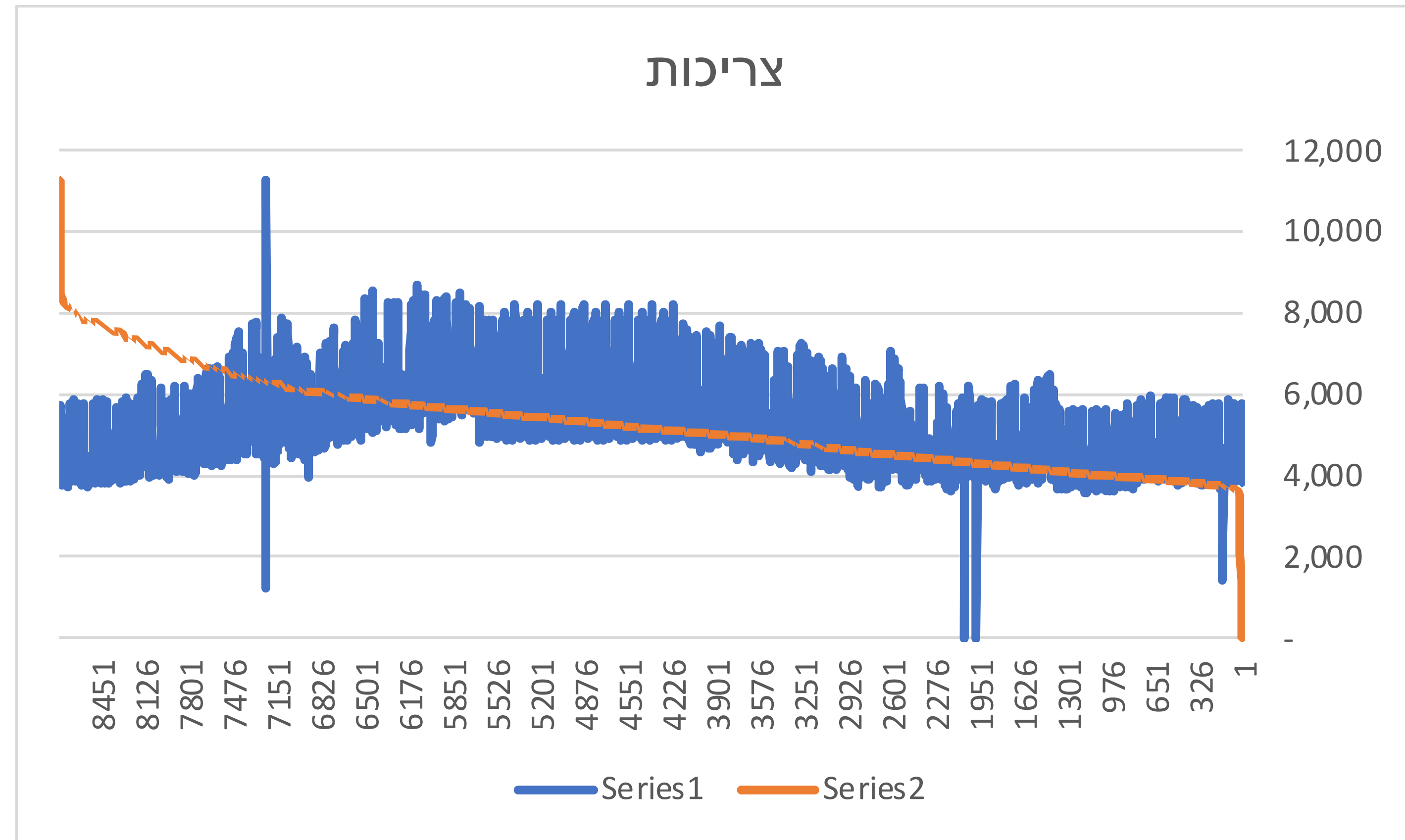
מקרה בוחרן - פרופיל הצריכה של הצרכן

נתוני שנת 2023

קוט"ש למש"ב	ממוצע הספק	שעות	מש"ב
7,799,688	4,561	1710	חורף שפל
1,937,068	4,305	450	חורף פסגה
15,879,559	5,095	3117	מעבר שפל
2,734,399	4,927	555	מעבר פסגה
14,912,976	6,183	2412	קיץ שפל
3,030,501	5,873	516	קיץ פסגה
46,294,191		8760	



פרופיל הצריכה - ניתוח צריכות



- הגרף מציג את צריכת החשמל השעתית של הצרכן על פני כלל ימות השנה (סה"כ 8,760 שעות) וכן את צריכת החשמל כאשר היא מסודרת מהנמוך לגבוה (Topup) – הצגה זו מאפשרת לנו לבחון מהו גודל המתקן הנכון ביותר עבור הצרכן
- לעולם לא נבחר במערכת המכסה את כלל השעות "מלמעלה" שכן במצב זה אנו מפסידים שעות בהן הצריכה נמוכה יותר. יש לזכור כי בכל בחירה של גודל מנוע מבוצעת פשרה מסוימת וויתור על שעות עבודה בהן המנוע לא יוכל לספק את החשמל הנדרש

ייצור עצמי בחצרים - חסכון אפשרי

קוגנרציה

- סך הצריכה במקום הצרכנות – 46.3 מיליון קוט"ש
- סך צריכת הקיטור – 13,200 טון קיטור בשנה. עלות טון קיטור בגז טבעי – 120 ₪
- מקום הצרכנות מקבל כבר היום הנחה של 11.1% על רכיב הייצור (פסגה ושפל)
- יזם הקוגנרציה מציע למקום הצרכנות אחוזי הנחה טובים יותר מהיח"פ וכן מחיר נמוך לקיטור המיוצר על ידי המתקן. להלן תחשיב החיסכון שרואה לנגד עיניו הצרכן:

קוגנרציה	יח"פ+גז	חח"י+גז	
15,361,618	16,161,095	17,618,765	עלות חשמל
1,042,800	1,584,000	1,584,000	עלות קיטור
16,404,418	17,745,095	19,202,765	עלות כוללת
(2,798,348)	(1,457,670)		חסכון
(1,340,678)			חסכון לעומת יח"פ

הסבה לגז טבעי - ממשקים נדרשים



- חברת תשתית (שנתיים ממועד החתימה)

- ספק גז – חברת שיווק

- קבלן הסבה למקטע צנרת (רשות הגז + ועדה מקומית)

- קבלן הסבה למקטע ציוד הקצה (מכון תקנים)

- מכון תקנים

- מפקח צד ג'

- מודדים, יועצים וכו'

- משרד הכלכלה (מענק)

הסבה לגז טבעי - הליך ההסבה



החלטה על מתווה ההסבה

מוכנות ציוד הקצה (התקנת ציוד חדש, אישור מכון התקנים)

תשתית צנרת במפעל (אישור רשות הגז וקבלת היתר בניה)

הגזה

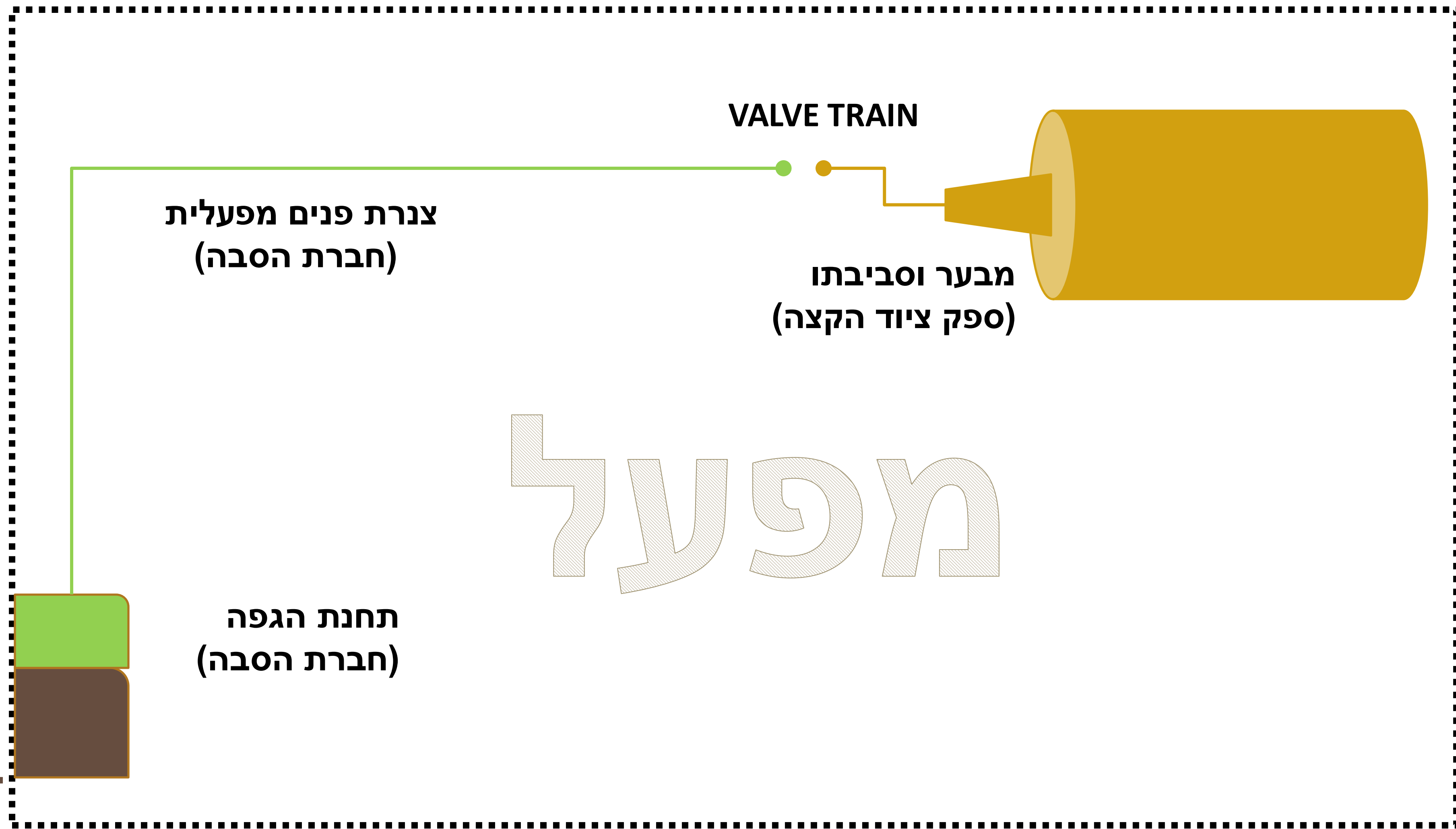
מוכנות להזרמה

הזרמת גז

רכישת גז מחברת שיווק

צנרת גז - החלוקה חברת

חלוקת אחריות - תשתית וציוד



סמכות רגולטורית
רשות הגז הטבעי
מכון התקנים

תחנת חיבור
(חברת חלוקה)

כדאיות כלכלית להסבה - מקרה בוחן



גפ"מ - עלות בש"ח לטון (משוער)	גז טבעי - עלות בש"ח לטון (משוער)	מזוט - עלות בש"ח לטון (ממוצע)	כמות קיטור
150 ₪	75 ₪	120 ₪	12,500
גפ"מ		מזוט	
		1,500,000 ₪	סה"כ עלות קיטור באמצעות מזוט
1,875,000 ₪			סה"כ עלות קיטור באמצעות גפ"מ
937,500 ₪		937,500 ₪	סה"כ עלות ג"ט
937,500 ₪		562,500 ₪	סה"כ חיסכון
2,804,681 ₪		2,804,681 ₪	סה"כ השקעה (הסבה+חיבור חברת חלוקה)
2.99		4.99	החזר בשנים
6,660,941 ₪		2,948,086 ₪	ריבית היוון של 7 אחוזים - NPV
33%		19%	IRR

כלכלן ויועץ עסקי-אסטרטגי לחברות. בעל תואר שני במנהל עסקים (MBA) מהאוניברסיטה העברית בהתמחות מימון ושיווק, ובעל תואר ראשון (BA) בכלכלה ומנהל עסקים מהאוניברסיטה העברית. בעל ניסיון מולטי-דיציפלינארי של כ-22 שנה הכולל בין היתר ייעוץ כלכלי לוועדות ממשלתיות רבות בקידום הליכים ופרויקטים ממשלתיים רגולטוריים וכן ליווי, הכנה וניהול הליכים של אלפי מכרזים עבור המגזר הממשלתי והציבורי בתחומים רבים. ארנון משמש, בין היתר, כיועץ של רשות הגז בפרויקטים שונים ומייעץ למפעלים, בתי חולים וגופים אחרים בתחומי ההתייעלות האנרגטית והגז הטבעי כמומחה למפעלי תעשייה רבים בישראל.

חגי לנגשטטר, ראש צוות אנרגיה

בוגר תואר ראשון בכלכלה ותואר שני במשפטים. בעל ניסיון של מעל 15 שנים בתחום האנרגיה הקונבנציונאלית והמתחדשת לרבות הגז הטבעי והקוגנרציה. כיהן כדירקטור במספר חברות תעשייה בתחומים מגוונים לרבות אנרגיה, מים, קירור ודלקים. בעל ידע נרחב במימון פרויקטים וכן בעולמות התאגידים המורכבים.

חברת ARC

החברה מתמחה ביעוץ וליווי פרויקטים מורכבים בתחומי התשתיות והאנרגיה עם התמחות מיוחדת בענף הגז הטבעי. לחברתנו ניסיון רב בבדיקות כדאיות להקמת מתקני קוגנרציה ובכלל התחומים התפעוליים, הנדסיים, מכרזיים, סטטוטוריים וכלכליים בפרויקטים של הסבה לשימוש בגז טבעי. החברה מציעה שירותי ייעוץ וליווי לאורך כל שלבי הפרויקט, כולל ייעוץ כלכלי ומימוני, הנדסי וליווי הלקוח מול הרגולציה, הקבלנים וספקי הגז והתשתית.

תודה רבה!

hagai.langstadter@arc-il.com