



הטכניון

מכון טכנולוגי לישראל



מוסד שמואל נאמן

למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה

סיכום והמלצות דיון פורום האנרגיה מס' 17

מוסד שמואל נאמן, הטכניון

השלכות חדרת גז טבעי

למשק האנרגיה

של ישראל



17

1.3.2010

אודות מוסד שמואל נאמן בטכניון

מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה הוא מכון למחקרי מדיניות בנושאים הקובעים את החוסן הלאומי של מדינת ישראל. המוסד הוקם בטכניון בשנת 1978 ביוזמתו ובסיוע תרומתו של מר שמואל נאמן.

חזונו של מר נאמן קרם עור וגידים והיום "מוסד שמואל נאמן" הוא מוסד מוביל בהתוויית מדיניות כלכלית וחברתית שעניינה מדע וטכנולוגיה, השכלה גבוהה, תשתיות לאומיות וסביבה.

מיטב המומחים והמדענים של ישראל פועלים במסגרת מוסד שמואל נאמן - עסוקים בחיפוש פתרונות לבעיות בנושאי החוסן הלאומי של המדינה שלנו. בחירת נושאי הפעילות מותנית בשאיפה לסייע במציאת פתרונות מושכלים לטווח בינוני וארוך, תוך ניצול מאגר כוח אדם המדעי והטכנולוגי הנמצא בטכניון ומחוצה לו וגיוס צוותים המורכבים מאנשי אקדמיה ותעשייה לתקופות מוגבלות אשר מרכזים מאמציהם בנושאים הנבחרים.

במוסד שמואל נאמן בוצעו סקירות ומחקרי מדיניות רבים המשמשים את מקבלי ההחלטות במשק על רבדיו השונים. סקירת הפרויקטים השונים שבוצעו במוסד מוצגים בדוחות השנתיים המופצים בציבור וכן באתר האינטרנט של המוסד www.neaman.org.il כמו כן, מלווה מוסד נאמן פרויקטים לאומיים דוגמת המאגדים של משרד התמ"ת - מגנט בתחומים: ננוטכנולוגיות, תקשורת, אופטיקה ותקשורת, כימיה, אנרגיה, איכות סביבה ועוד. בנוסף לכל אלה, מארגן המוסד ימי עיון מקיפים בתחומי העניין אותם הוא מוביל. מחקרי המדיניות וימי העיון נעשים במסגרת תקציב שמגיע בחלקו מהקרן שהותיר בצוואתו מר שמואל נאמן להמשך פעילות המוסד.

יו"ר המוסד הוא פרופ' זאב תדמור וכמנכ"ל מכהן פרופ' משה משה.

כתובת המוסד : מוסד שמואל נאמן, קרית הטכניון, חיפה 32000

טלפון : 04-8292329, פקס : 04-8231889

כתובת דוא"ל : info@neaman.org.il

כתובת אתר האינטרנט : www.neaman.org.il

השלכות חדירת גז טבעי למשק האנרגיה של ישראל

סיכום והמלצות דיון
פורום האנרגיה של מוסד שמואל נאמן
הטכניון
מיום 1.3.2010

נערך ע"י:

פרופ' גרשון גרוסמן
טל גולדרט

אפריל 2010

אין לשכפל כל חלק מפרסום זה ללא רשות מראש ובכתב ממוסד שמואל נאמן מלבד לצורך ציטוט של קטעים קצרים במאמרי סקירה ופרסומים דומים תוך ציון מפורש של המקור.

הדעות והמסקנות המובאות בפרסום זה הן על דעת המחברים ואינן משקפות בהכרח את דעת מוסד שמואל נאמן.

רשימת משתתפי הפרום:

מוסד שמואל נאמן	ד"ר אילון אופירה
אגף מחקר ופיתוח, משרד התשתיות הלאומיות	ד"ר ארביב אברהם
אגף שימור אנרגיה, משרד התשתיות הלאומיות	בית הזבדי אדי
מנהל מינהל הדלקים – חברת החשמל לישראל	ברוקמן שמשון
מוסד שמואל נאמן	גולדרט טל
מוסד שמואל נאמן והפקולטה להנדסת מכונות, הטכניון	פרופ' גרוסמן גרשון – יו"ר
התאחדות התעשיינים	הרמבם אורן
מדען ראשי, משרד התשתיות הלאומיות	ד"ר ולד שלמה
קבוצת לב-און, קליפורניה	ד"ר לב-און מרים
קבוצת לב-און, קליפורניה	ד"ר לב-און פרי
משרד התשתיות הלאומיות – מינהל רישוי אוצרות טבע	ד"ר מימרן יעקב
המכון הישראלי לאנרגיה וסביבה	מקוב עמיר
קבוצת מרחב	פופר איתן
ראש אגף כלכלה- הרשות לשירותים ציבוריים חשמל	פישמן ירון
הטכניון	פרופ' צ'מנסקי דניאל
ניהול פרויקטים ובטיחות תהליכית	ד"ר רפפורט חיים
מנהל רשות הגז בישראל	שטרן שוקי

הבעת תודה

המחברים מודים למרצים על המידע שהציגו ולכלל משתתפי הפרום על תרומתם לדיון הפתוח. הצילום בכריכת הדו"ח באדיבות משרד התשתיות הלאומיות, מינהל רישוי אוצרות טבע.

עמוד

תוכן העניינים

5	פרק 1 : הקדמה
6	פרק 2 : רקע
9	פרק 3 : מידע בנושא השלכות חדירת גז טבעי למשק האנרגיה
20	פרק 4 : דיון
28	פרק 5 : סיכום והמלצות

נספחים

	נספח 1 : תוכנית הפרום :
30	השלכות חדירת גז טבעי למשק האנרגיה בישראל – 1.3.2010
31	נספח 2 : מידע בנושא Gas Hydrates

פרק 1: הקדמה

מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה, במסגרת פעילותו בתחום האנרגיה, מקיים מפגשי "פורום אנרגיה" המוקדשים לדיון בנושאים בעלי חשיבות לאומית בתחום. בפורום האנרגיה מתקיים דיון ממוקד בנושאים מוגדרים, בהשתתפות צוות מומחים המוזמנים לפי הנושא. המטרה היא להתרכז בשאלות רלבנטיות ומוגדרות, לתאם בין הגורמים ולהגיע להמלצות על דרכי פעולה לקידום הנושא, שניתן להציג בפני מקבלי החלטות.

המפגש הדין בנושא השלכות חדירת גז טבעי למשק האנרגיה בישראל התקיים ב-1 במרץ 2010 בטכניון, והשתתפו בו מומחים בתחום מהסקטור התעשייתי, היזמי, האקדמיה והממסד הממשלתי והציבורי. המשתתפים בפורום, שנבחרו בקפידה עקב מומחיותם, מהווים, ללא ספק, קבוצה ייחודית ובעלת סטאטוס מקצועי ראשון במעלה בתחומי משק האנרגיה והגז הטבעי בישראל.

בחלקו הראשון של המפגש הציגו חלק מן המשתתפים מצגות בנושא גז טבעי על היבטיו השונים. מצגות המשתתפים נמצאות באתר מוסד ש. נאמן: <http://www.neaman.org.il/> (אירועים). בחלק השני התקיים דיון פתוח על המידע שהוצג ועל המסקנות האופרטיביות שיש להפיק ממנו.

תמצית הדיונים מסוכמת בדו"ח להלן, וכמו בדיונים הקודמים, הוא יוגש למקבלי ההחלטות במטרה להביא אל סדר היום משמעויות והשלכות חדירת הגז הטבעי למשק האנרגיה בישראל.

פרק 2: רקע

גז טבעי הוא תערובת של פחמימנים בעלי טמפרטורת אידוי נמוכה המשתייכים למשפחה של דלקים מאובנים או פוסיליים, אשר המרכיב העיקרי בו הוא מתאן CH_4 . הגז הטבעי הוא גז חסר צבע וחסר ריח, אשר צפיפותו נמוכה מזו של האוויר ולכן מתנדף כאשר הוא נפלט. לגז הטבעי אשר טופל לאחר הפקתו יש ערך אנרגטי גבוה (התקן לצנרת הולכה בארה"ב הוא כ- 1000 BTU/scf) וניתן להפיק ממנו את האנרגיה בקלות יחסית ע"י בעירה ולכן הוא משמש כמקור להפקת אנרגיה בדומה לתזקיקי נפט או פחם.

הסבת צרכני אנרגיה לשימוש בגז טבעי יתרום רבות למכלול רחב של תחומים: הפחתת עלויות האנרגיה לייצור חשמל ולמפעלי תעשייה, הפחתת זיהום האוויר ומיזעור פליטות גזי חממה, שיפור תחרותיות המגזר התעשייתי ובכך קידום היצוא, מתן הזדמנויות עסקיות לחברות ישראליות ועוד יתרונות רבים. בראיה אסטרטגית מעוניינת מדינת ישראל לגוון את מקורות האנרגיה שלה, לשפר את הביטחון האנרגטי ולהפחית את התלות ביבוא וכמובן להביא לשיפור באיכות הסביבה. עם עקרונות אלו, ברור כי החדרת הגז הטבעי כאנרגיה ראשונית הידודתית יותר לסביבה בהיותה דלת פליטות ומזהמים והינה זולה מאנרגיות אחרות - הוא צעד מתבקש. הגז הטבעי מהווה מקור אנרגיה חשוב ביותר לשימוש בתחום התעשייה, תחנות כוח לייצור חשמל, מפעלי מתכת ונייר, מתקני התפלה ועוד, ובנוסף גם משמש כחומר מוצא לייצור מגוון של חומרים סינטטיים בתעשייה הכימית והפטרו-כימית. האספקטים השונים של נושא הגז הטבעי במדינת ישראל מטופלים על ידי רשות הגז הטבעי, שהוקמה לפי חוק משק הגז הטבעי (2002) ומשמשת גם כרגולטור של הענף. תפקידי הרשות:

- יישום מדיניות הממשלה לקידום משק הגז הטבעי בהתאם לחוק.
- קביעת תוכנית אב למערכת ההולכה ועדכונה, ועריכת סקרי ביקושים של צרכנים.
- הכנת ומתן רישיונות בהתאם לחוק משק הגז הטבעי.
- פיקוח על בעלי רישיונות.
- פרסום מכרזים לרישיונות.
- ייעוץ לשר התשתיות בנושא משק הגז הטבעי.
- פיקוח על תנאי השירות והתעריפים שגובים בעלי הרישיונות.
- הסדרת נושא הכניסה למקרקעין לרבות טיפול בהתנגדויות בעלי קרקע לכניסה למקרקעין שבעלותם לפי סעיף 50 (ג) לחוק משק הגז הטבעי.
- קביעת צווי בטיחות, תקנות, נהלים לתכנון, הקמה, הפעלה ותחזוקה של מתקני גז טבעי.
- אישור מפרטים, נוהלי הפעלה ותוכניות לשעת חירום של מתקני גז טבעי.
- פיקוח ואישור הקמה והפעלה של מערכות גז ע"י בעלי רישיונות וצרכנים.
- קביעת הסדרים ודמי חיבור לצרכני מערכת ההולכה.
- קביעת אמות מידה לשירות צרכנים.
- הסדרת נושא ההסמכה של העוסקים בגז טבעי.
- מתן ייעוץ לצרכנים.
- הכנה וחשוב של התעריפים השונים לאישור מועצת הרשות.
- הכרעה במחלוקות במשק הגז.

בנוסף, שוקדת רשות הגז אשר אמונה על תחום זה במשרד התשתיות הלאומיות, לקידום הפעילות בתחום חלוקת גז טבעי בלחץ נמוך, שבמסגרתה מסופק גז טבעי המתקבל ממערכת ההולכה לצרכנים תעשייתיים ומסחריים קטנים יותר. בעולם, הגז הטבעי משמש גם לצריכה בעסקים קטנים ולבתים (לחימום ובישול) ולעיתים אף לתדלוק אוטובוסים ומכוניות.

מדיניות הממשלה בענף הגז הטבעי (מתוך האתר של משרד התשתיות):

1. ליצור תנאים לפיתוח ענף הגז הטבעי בישראל באמצעות המגזר הפרטי ולקיום תחרות בענף זה, בהתאם למדיניות הממשלה בתחומי הכלכלה והאנרגיה.
2. להסדיר את הפעילות במשק הגז הטבעי באופן שיאפשר השקעות בו ומתן שירותים ברמת איכות וזמינות נאותים ובשימת לב לשיקולי יעילות.
3. קידום זמינות מקורות אספקת גז נוספים למשק הישראלי.
4. פיתוח משק הגז כך שכלל הניתן התשתיות יהיו בגישה חופשית (Open Access) ומפוקחות.
5. שאיפה לקיום תחרות במקטעים אשר אינם תשתית.
6. הקמה ותפעול מערכות הגז תוך שמירה על כללי הבטיחות בהקמתם והפעלתם.

ההיסטוריה של תגליות הגז הטבעי בישראל היא צעירה באופן יחסי, אך הביאה עימה השפעה מכרעת על מבנה משק האנרגיה הלאומי. בקידוח מול חופי אשקלון שערכה חברת ים תטיס התגלה גז טבעי בכמות מסחרית, והחל מתחילת שנת 2004 הוא משמש את חברת החשמל להפעלת אחדות מתחנות הכוח שלה, במקום המזוט ששימש אותן קודם לכן. שינוי זה מקטין את חלקן של תחנות הכוח בזיהום האוויר. באפריל 2004 הסתיימה הסבת כל ארבע יחידות הייצור בתחנת הכוח "אשכול" שבאשדוד להפעלה באמצעות גז טבעי.

הגז הטבעי שהיה זמין באותו זמן בחופי ישראל לא ענה על כל צרכי האנרגיה של ישראל. לאחר משא ומתן ממושך עם מצרים שארך כחמש שנים, נחתם ב- 21 ביולי 2005 ההסכם לרכישת גז טבעי ממצרים בכמות של 7 מיליארד מ"ק (בכ- 4 מיליארד דולר) בשנה. לפי הסכם זה, מסופק גז טבעי החל מראשית שנת 2008 באמצעות הצינור התת-ימי מאל עריש לאשקלון למשך 15 השנים הבאות, כאשר ישנה אופציה להרחבת העסקה עד ל-20 השנים הבאות.¹

ב-18 בינואר 2009 הוכרז כי התגלה מאגר ענק של גז טבעי בקידוח "תמר 1" כ-90 ק"מ מול חופי חיפה. מדובר בקידוח גז שלפי בדיקות ראשוניות נאמדת כמותו ב-142 מיליארד מ"ק, כמות גדולה כמעט פי שלושה מעתודות הגז שנמצאו במאגר של "ים תטיס" מול חופי אשקלון. מאוחר יותר, ב-8 ביולי 2009, דווח כי הכמות גדולה יותר ומסתכמת ב-180 מיליארד מ"ק וייתכן שאף יותר.²

במרץ 2009 נתגלה מאגר נוסף מול חופי חדרה, בקידוח דלית 1, במרחק 60 ק"מ מהחוף. במבחני הפקה שנערכו מאוחר יותר נאמד המאגר בכ-14 עד 15 מיליארד מ"ק. על אף שזהו פוטנציאל קטן יותר מזה של מאגר "תמר", מדובר בהיקף משמעותי שעשוי לסייע לשותפות בתגלית להקדים את הפקת הגז כבר

¹ <http://www.ynet.co.il/articles/0,7340,L-3509488,00.html>

² <http://www.globes.co.il/news/article.aspx?did=1000478780&fid=585>

לשנים 2012-2013 בשל המרחק הקטן יותר מהחוף, ולתת מענה למצוקה הזמנית הצפויה במשק הגז הטבעי. מאידך, מאגר תמר יותר גדול ויותר פשוט במבנה ויש גורסים כי למרות מרחקו מן החוף יש להתמקד בפיתוחו תחילה.

החדירה של הגז הטבעי כגורם משמעותי ואף דומיננטי במשק החשמל של ישראל היא בעלת השפעה במגוון תחומים. ראשית, עלויות הפקת החשמל הוזלו בצורה משמעותית, ואף הובילו לירידה במחירי החשמל.³

בנוסף, הפחתה משמעותית בפליטות מזהמים וגזי חממה מתהליכי ייצור החשמל נרשמה לאורך השנים. פליטת גזי החממה של חברת החשמל לאורך השנים מובאת בטבלה הבאה. טבלה זו מדגימה את ההפחתה בפליטה הסגולית ליצור קוואט"ש חשמל משנת 2004 שהיא השנה שבה נכנס לראשונה גז טבעי לתמהיל הדלקים במשק החשמל בישראל.

2005	2006	2007	2008	2009	
48	50	54	54	53	ייצור חשמל ברוטו* [מיליארד קוואט"ש/שנה]
38,501	38,980	40,950	40,235	37,526	פליטה אבסולוטית CO₂ [אלפי טון/שנה]
798	776	765	741	707	פליטה סגולית ברוטו** CO ₂ [גרם/קוואט"ש מיוצר]
					* ייצור החשמל ברוטו לא כולל ייצור חשמל ע"י יצרנים פרטיים
					** פליטה סגולית ברוטו=פליטת פחמן דו חמצני ביחס ליחידת אנרגיה חשמלית מיוצרת

הנתונים נמסרו על ידי חברת חשמל, 2010.

³ <http://www.pua.gov.il/51-1938-he/Electricity.aspx?pos=3>

פרק 3: מידע בנושא השלכות חזירת גז טבעי למשק האנרגיה

בחלק זה של הדו"ח ניתנת תמצית המידע שהוצג ע"י חלק מן המשתתפים, כל אחד לפי בחירתו ומומחיותו. קבצי המצגות שהוכנו ע"י הדוברים מוצגים, כאמור, באתר של מוסד נאמן (<http://www.neaman.org.il>). מטבע הדברים, קיימת חפיפה מסוימת בין הדוברים השונים, אולם עורכי הדו"ח החליטו להביאם כאן כפי שהוצגו ובאותו סדר (ראה תכנית הפורום בנספח 1). מידע זה חשוב ומהווה בחלקו בסיס לדיון הפתוח שהתקיים לאחר מכן, כפי שמובא בפרק 4.

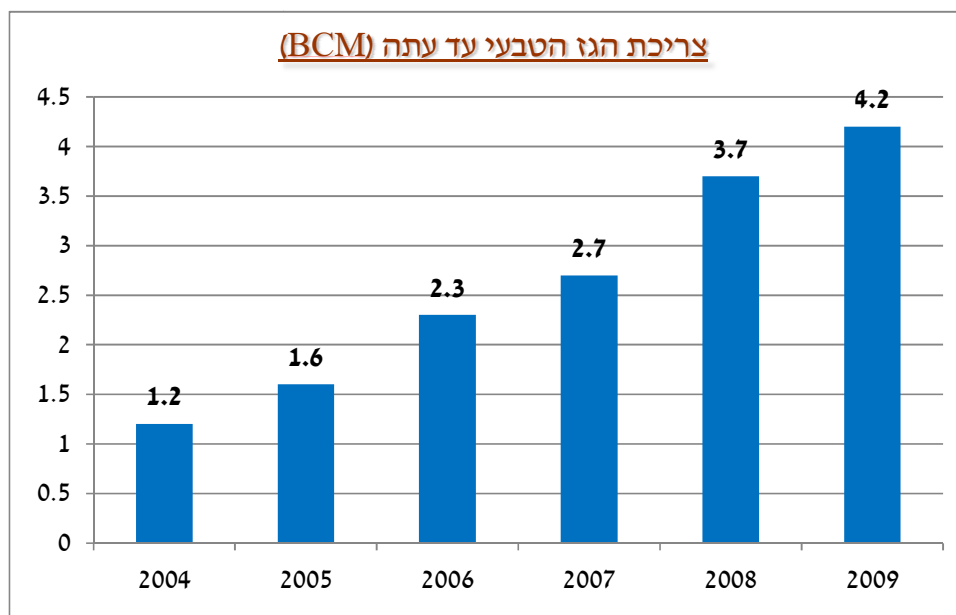
מר שוקי שטרן, מנהל רשות הגז הטבעי: התפתחות משק הגז הטבעי בישראל

בשנה האחרונה חלות תמורות משמעותיות במשק האנרגיה באופן כללי. מתבצעות פעולות נרחבות להכנסת אנרגיות מתחדשות. אמנם בפועל אין התפתחות ממשית אבל כבר עתה אנו רואים הפחתה מסיבית בצריכת תזקי נפט ועליה משמעותית בשיעור כניסת הגז הטבעי. לפני עשור לא האמנו שיהיו שינויים משמעותיים כל כך, אולם כיום גז טבעי מגיע ממצרים, וכמובן קיימים מרבצי הגז תמר ודלית. היום, 40% מייצור החשמל במדינת ישראל מבוסס על גז טבעי - סדר גודל מצטבר של 16 BCM אשר מנוצלים לרווחת כל תושבי מדינת ישראל, כפי שבא לידי ביטוי במהלך האחרון של הורדת תעריפי החשמל.⁴ חברת החשמל השכילה לרכוש את הגז הטבעי במחירים נמוכים על פי כל קנה מידה, והחיסכון המצטבר למשק הגיע לסדר גודל של כחמישה מיליארד דולר בחמש השנים האחרונות. משק הגז הטבעי במדינת ישראל מנוהל על פי חוק, והוא מפותח בדרך מתקדמת ופתוחה ביחס לעולם. מערכות התשתית המוקמות כאן הן מהמתקדמות בעולם, הזכיינים מחויבים בהקמת צינורות ומערכות חלוקה אשר יגיעו עד לחצרות הצרכן. בנושא זה קיימת בעייתיות הנובעת מהעובדה שהזכיינים מוכרים למעשה תשתית בלבד והגז אמור להגיע ממקור אחר. זה מקשה מאוד על סגירת עסקאות מול הצרכן, אשר אינו רגיל לקנות תשתית ולהאמין שאת המוצר עצמו יקנה ממישהו אחר. גם כיום עדיין לא ברור איך יתפתח השוק ויש סיכון רב בהקמת התשתית נכון להיום. אנו נמצאים בתהליך של הקמת תשתית לגז טבעי נוזלי, שמתבקש כשלב הבא.

שיעור עלית צריכת הגז בשנים האחרונות מתואר באיור מס' 1:

⁴ <http://www.pua.gov.il/51-1938-he/Electricity.aspx?pos=3>

איור 1 - צריכת הגז הטבעי בישראל



בשנת 2010 כ-40% מן החשמל במדינת ישראל ייוצר מגז טבעי. עד שנת 2015 צפוי חלק הגז בייצור החשמל להתקרב לכ-50%; שיעור זה ילך ויגדל במידה ולא תוקם תחנה פחמית נוספת. בהשוואה למדינות אחרות:

אוסטריה – 33%

אנגליה – 40%

ספרד – 24%

איטליה – 43%

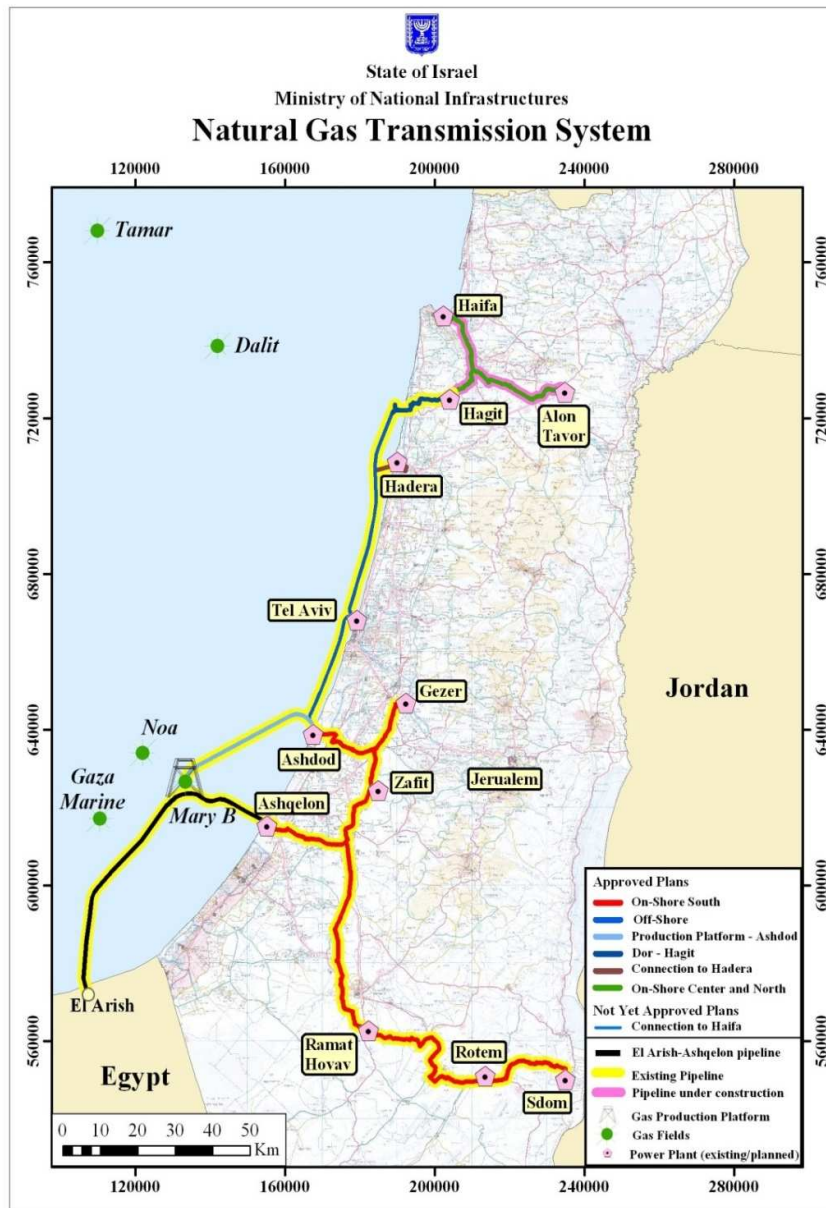
פורטוגל – 21%

יפן – כ-13%

כפי שניתן לראות יחסית למדינות אחרות – אנו נמצאים במקום טוב מאוד, בין הראשונים. במדינות שלהן הפקה מקומית של גז טבעי כמו מצרים וטורקיה יש שיעורים גבוהים מאוד – המגיעים אף לכפול מהשיעור במדינת ישראל. אנו מצפים לגידול בכמויות ובשנת 2030 נגיע ל-15-16 BCM (שהם שווי ערך לכ-10 מיליון טון נפט גולמי). חלק מזה ינוצל לייצור חשמל (מדובר על כ-4 BCM עכשיו והכפלה לקראת 2022-2025). החלק היחסי כמובן תלוי מאוד בהתייעלות אנרגטית ובכניסה של אנרגיות מתחדשות.

מקורות הגז הקיימים היום הם ים תטיס ונועה, אשר נמצאים מול חופי אשקלון (איור מספר 2), וכמובן התגלית המשמעותית בתמר ודלית – אשר הכמות המוצהרת בהם היא כ- 225 BCM, אבל יש סבירות גבוהה כי הכמות גדולה יותר. יש תוכניות לבניית מערכות אספקה אשר יוכלו להגיע תוך 20 שנים ל- 10 BCM בשנה. המכשלה המרכזית היא סוגיית אתר ההנחתה של הגז משדה תמר אל החוף. בנושא זה יש בעיה של העמדת הקרקע הנדרשת בשטח של כ- 150-200 דונם על החוף, ורצוי לשמר עוד כ- 100-150 דונם לתגליות נוספות. יש מחלוקות קשות בנושא זה.

איור 2 - מערכת הולכת הגז במדינת ישראל



בנושא מערכת אספקת ה-LNG (Liquefied Natural Gas) – מתבצע הליך של תכנון מתקן ובמקביל הליך מכרזי, אשר יכול להיות משמעותי מאוד ולגשר על פערים, אם יהיו, בין ביקוש להיצע. מערכת ההולכה מתפרשת מים המלח ועד תחנת הכוח חגית. בימים אלו עובדים על קו חיפה ואלון תבור. הצפי הוא לסיים עד 2011, אבל כידוע יש מחלוקת בנושא אדמות הדרוזים. לאחר ההשלמה של הקו הזה, יהיה לנו גם קו צפוני. לקראת 2013 יהיה גם קו מזרחי ולירושלים. זכיינים של מערכות חלוקה – אמורים לבצע את התשתית להעברה לצרכנים קטנים ובינוניים – יש שני זכיינים ומכרז נוסף המתקיים בימים אלו, ובנוסף מכרזים הצפויים להתפרסם עד סוף השנה. עם הגעת הגז לצפון יהיו באזור זה שני זכייני חלוקה. רשות הגז הטבעי אחראית על מגוון נושאים –

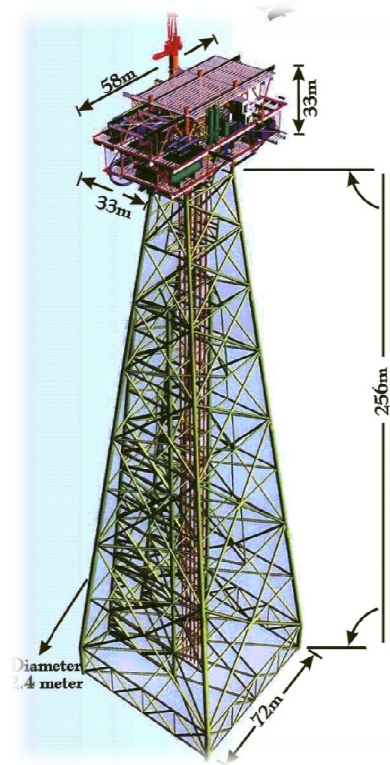
- בטיחות - אנו עושים פעולות רבות על מנת לוודא שהמערכת אצל הצרכן וכמובן מערכת החלוקה יהיו בטוחות לשימוש, תחת ההבנה שאין אפס תקלות. אלו מערכות שבהן הלחץ הוא גבוה – 80 בר או יותר, ולכן הן בעייתיות.
- תכנון אסטרטגי לטווח ארוך במטרה להבטיח בטחון אספקה
- הענקת רישיונות ופיקוח על בעלי הרישיונות
- קידום מטרות החוק (השקעות באמצעות המגזר הפרטי, שמירה על עקרון ה-open access, יצירת מודעות אצל הצרכנים להשפעות אפשריות של גז טבעי עליהם)
- קביעת תעריפים ואמות מידה למתן שרות
- בירור מחלוקות וקביעת הסדרים בין שחקני השוק

ההשקעות עד לשנה זו – 1.3 מיליארד דולר, אשר מתוכם 120 מיליון דולר מכספי מדינה והשאר הגיע ממקורות פרטיים. בחמש השנים הקרובות צפויות השקעות בשיעור של 3.7 מיליארד דולר. כמו כן, מטפלת הרשות בנושא אחסון, הסדרת ספקים, יתירות בתשתית עצמה, ועוד.

ד"ר יעקב מימרן, הממונה על רישוי אוצרות טבע, משרד התשתיות הלאומיות: חיפוש גז בישראל - מדיניות, פעילות, תוצאות וציפיות

כאשר מדברים על פיתוח מאגר גז, במיוחד בים – חשוב להבין את מלוא המשמעות ההנדסית של המתקן. במקרה של מרי B (ים תטיס מול חופי אשקלון) מדובר על פלטפורמה המוצבת על רגליים בגובה של 250 מטר המוצבות על הקרקעית. זהו מתקן עתיר תכנון, השקעות וזמן הקמה. כאשר מדובר על מאגרים בעומק מים גדול כמו תמר ודלית מדובר בפיתוח תת-ימי של השדות כלומר - מתקני ההפקה יהיו על קרקעית הים.

איור 3 - אסדת הקידוח בשדה הגז מרי B



המדיניות של המשרד אשר אנו מיישמים היא כזו, המאפשרת הגבהת רמת הידע שממנה אמורים לזנק המשקיעים הפרטיים לחיפוש ולהשקעות. דו"חות נמצאים באתר של המשרד, וכל המעוניין יכול לקרוא אותם^{5,6}. אחד התוצרים של מסמכים אלו הוא מפה של המבנים הגיאולוגיים הימיים שכל אחד מהם הוא למעשה פוטנציאל להתעניינות של משקיע. מדובר על מבנים שבכל תגליות הגז האחרונות עוד לא הגענו אליהם ולכן אנו מאמינים שיהיו עוד תגליות בעתיד, וזו רק שאלה של זמן.

הענקת זכויות חיפוש נעשית על פי מספר קריטריונים:

- יכולת מקצועית
- יכולת כלכלית - היכולת הנדרשת היא של מחצית עלות הקידוח – מדובר על כ- 100 מיליון דולר לקידוח ולכן נדרשים משאבים נזילים של 50 מיליון דולר.
- ניסיון מוכח
- מספר זכויות שהוענקו
- גיוון מקורות אנרגיה (נפט, גז, פצלי שמן, כבול)

⁵The Levant Basin Offshore Israel: Stratigraphy, Structure, Tectonic Evolution and Implications for Hydrocarbon Exploration

<http://www.mni.gov.il/NR/rdonlyres/EA2AD31B-81E1-4CE8-AF1C-758BCE302C35/0/LevantBasinOffshoreIsrael2008.pdf>

⁶The Oligo-Miocene deepwater system of the Levant Basin

<http://www.mni.gov.il/NR/rdonlyres/FF816E1F-4637-4CD8-A0DC-DCBB7842586E/0/TheOligoMiocenedeepwatersystemoftheLevantBasin.pdf>

בנוסף ליכולות של החברה המסוימת, קיימים גם שיקולים של גיוון מקורות האנרגיה ויכולת יישום של שיטות מתקדמות כאשר יש שדה שכבר קרוב למיצוי. אנו משתדלים לסייע בקשיים הרבים מול הברוקרטיה והוועדות. אנו מצופפים את אבני הדרך כך שיהיו יותר נקודות ביקורת לאורך הפרויקט, ואם אכן דרך איננה מתבצעת שמורה למשרד התשתיות הזכות לשלילת הזכויות. קיימות סדרות שלמות בגיאולוגיה של תת הקרקע שהיו בעבר הלא רחוק מעבר ליכולת הטכנולוגית ואילו היום הטכנולוגיה כבר אינה מגבלה. עומק המים במרחב המים הכלכליים של ישראל עשוי להגיע לשני ק"מ – וגם זה כבר לא מהווה מגבלה. הכול שאלה של כסף.

משך זמן ממוצע ממתן הרישיון ועד לתגלית – כ- 10 שנים

פיתוח שדה ימי לאחר שנמצא – 3-4 שנים בלחץ זמן

במקרה של מרי B התגלית הייתה ב- 1999-2000 והתחלת הפקה לאחר 5 שנים.

מדיניות המשרד היא לעודד את המשקיעים והמחפשים הפרטיים כדי לצבור ידע לגבי מה עוד עשוי להתגלות ולתכנן את משק האנרגיה לטווח ארוך. המשקיע, לעומת זאת, חייב לדעת שיהיה לו שוק בסופו של דבר. איש לא ישקיע הון ושנים של מאמץ אם אין לו ודאות בהכנסות בסופו של דבר.

אורן הרמבם, התאחדות התעשיינים: גז טבעי בתעשייה - פוטנציאל וחסימים

אנסה לתת סקירה מנקודת מבטם של הצרכנים, שהם למעשה מפעלי התעשייה.

צריכת הדלקים בתעשייה (מזוט, סולר וגפי"מ) - 1,056 אלף טון בשנה, שמהווים ירידה של כ-6% בהשוואה לשנת 2008 כתוצאה מהמשבר הכלכלי. ההוצאה הכספית על תשומה זו כ- 2.4 מיליארד ₪. צריכת החשמל בתעשייה הסתכמה ב-2009 בכ- 10,318 מיליון קווט"ש, שהם ירידה של כ- 9.3% ביחס לשנת 2008.

הצריכה נובעת בעיקר מענפים עתירי אנרגיה כגון הכימיה, המתכת, המזון, הנייר והפלסטיק.

מתוך כך כ- 13% מצריכת החשמל בתעשייה מיוחסת למזון, משום שזהו ענף הזקוק לחימום רב וקיטור. בוועדת האנרגיה בהתאחדות התעשיינים חברים המפעלים הגדולים בתחומים אלו במשק – מפעלי נייר חדרה, מפעלי ים המלח, נשר ועוד. הוועדה מתווה את המדיניות של התאחדות התעשיינים בכל הקשור לאנרגיה בישראל.

התעשייה משוועת להגעה של גז טבעי בצורה משמעותית לכל רחבי הארץ – הגז הטבעי מביא עימו הוזלת עלויות ושיפור התחרות בארץ ובעולם. הגז הטבעי זול יותר אבסולוטית וכמובן יחסית לתועלת האנרגטית שלו. הכניסה של הגז הטבעי תוזיל משמעותית את העלויות ותשפר את יכולת התחרות של המפעלים. לראיה - מערכות החלוקה בצפון – בניית התשתית עדיין לא נגמרה אבל מדובר על חיסכון צפוי של 350 מיליון שקלים לשנה, לא כולל חח"י ובתי זיקוק. סיבה נוספת – עמידה בדרישות הגנת הסביבה – הפחתה משמעותית בפליטות חלקיקים ומזהמים אחרים, כולל גזי חממה.

כמו כן, אנו מכירים בעובדה שיש תועלות רבות באחזקה יעילה יותר של המערכות התעשייתיות בהשוואה למערכות הפועלות על גפי"מ ומזוט.

כיום, מעטים מאוד הצרכנים המחוברים למערכת ההולכה, ואין בכלל חיבורים למערכות חלוקה. מפעלי נייר חדרה הוא צרכן מחובר, וגם מפעלי ים המלח צורכים גז מזה חודשים ספורים, ובהמשך מפעל נשר רמלה ובתי הזיקוק אשדוד.

תחזיות הצריכה של הגז בתעשייה הן בטווח הקצר – כ- 1 BCM לשנה. בטווח הארוך יחוברו להערכתנו 400 מפעלים ונגיע לצריכה של 4.5 BCM לשנה. נתונים אלו לקוחים מתוך סקר של התעשיינים ומשרד התשתיות מלפני מספר שנים, ואני מוכן לקבל גם את ההערכה של רשות הגז שהיא כפי הנראה מעודכנת יותר, שעל פיה 4.5 BCM כוללים מתקני קו-גנרציה. בתי הזיקוק אינם כלולים בהערכה זו. החסמים העיקריים העומדים בפני התעשייה –

- אי ודאות בלוחות הזמנים – הבאה לידי ביטוי בעיכובים של שנים בלוחות הזמנים בחיבור למערכת ההולכה שמוגדרים על ידי משרד התשתיות
 - בעיות תכנוניות בחיבור למערכת ההולכה
 - עיכובים במכרזים לאזורי החלוקה
 - אי ודאות טכנולוגית וכלכלית
 - צרכנים "קטנים ובינוניים" –
- חיסרון לגודל – גם מי שיכול מבחינה טכנולוגית להתחבר למערכת ההולכה – מהווה צרכן קטן מדי עבור הספקים
- הבטחת הוזלה משמעותית – אין ודאות לצרכן לגבי המחירים ויזמי החלוקה חייבים להבטיח הוזלה משמעותית
- חוסר מודעות – עדיין לא ברורות התועלות ואין מספיק מודעות לכלל התועלות.

מה נדרש:

- מגוון ספקים ומקורות אספקה, כולל CNG – גז טבעי דחוס
- ודאות ברגולציה ופיתרון צווארי בקבוק תכנוניים
- התקדמות בהקמת מערכת ההולכה – לשמחתנו אנו רואים את זה מתרחש בימים אלו
- תמרוץ צרכנים קטנים ובינוניים – הסברה והעלאת מודעות – נשמח לקחת בזה חלק
- איך להבטיח את הוזלת מחיר האנרגיה לצרכן שיעבור לגז טבעי.

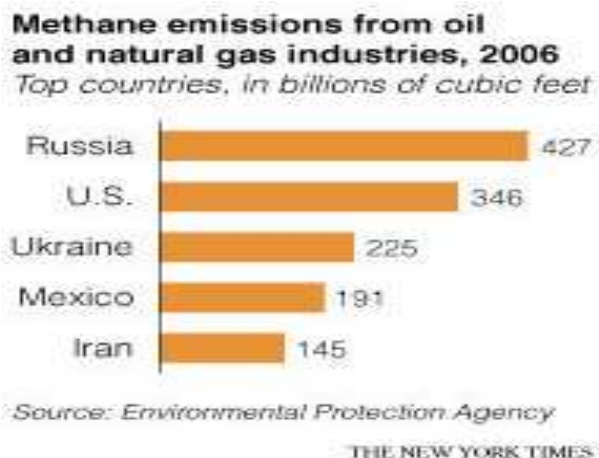
אנו יודעים היום כי יש כוונה של משרד האוצר לתת סבסוד לעלויות הסבה לגז טבעי. אנו מאמינים שזה יתמרץ ויקדם את הנושא מאוד.

ד"ר מרים לב-און, קבוצת לב-און, קליפורניה: International Natural Gas Star: הפחתת פליטות

גז ממערכות חלוקה ואספקה באמצעות תפעול נכון

מדינות רבות, כמו ישראל, מרחיבות את השימוש בגז טבעי כמקור לאנרגיה. הגידול מביא עימו צמיחה וצורך בפריסה רחבה, וכמובן עליה ניכרת באורך הצנרת. הארכת הצנרת מגדילה את פוטנציאל הדליפות הלא רצויות, כאשר מעבר לנושאים הברורים של בטיחות, מדובר על דליפות ובזבז של גז כמשאב וכמובן פליטה מיותרת של גזי חממה, היות וגז המתאן שהוא המרכיב העיקרי של הגז הטבעי הוא גז חממה בעל פוטנציאל חימום גלובלי גבוה. הערכה שבוצעה ע"י הסוכנות להגנת הסביבה בארה"ב מראה שפליטות מתאן בשנת 2006 ממערכות הולכת גז היו כ-3 טריליון פיט מעוקב, כאשר חמשת המדינות אשר מהמערכות שלהן נבעו מירב הפליטות הן:

איור 4 - פליטות מתאן ממערכות הגז בעולם (2006)



תהליך ייצור הגז מתחלק למספר שלבים – ייצור, עיבוד, הובלה ואחסנה. הדליפה הגדולה ביותר מגיעה דווקא מהבקרים הפניאומטיים, כאשר ישנם הרבה בקרים ישנים שבהם כל פעימה גורמת לשחרור עודף הגז לאטמוספירה. בקרים כאלו קיימים במערכות ההולכה משדות ההפקה, בתהליכי העיבוד והניקוי של הגז וגם בהולכה לצרכני הקצה. פליטות נוספות קשורות לתהליכים של מיצוי תרכובות חומציות (כמו פד"ח או מימן גופרתי) או בתהליכי הוצאת מים וייבוש הגז. הפליטה נובעת בעיקר מארובות התהליכים עצמם או מהמדחסים שבהם משתמשים.

הטבלה הבאה מראה את ההתפלגות של דליפת המתאן בתעשיית הגז הטבעי בארה"ב:

Methane Source	US Natural Gas Sector
Pneumatic devices	46%
Dehydrators and pumps	15%
Gas engine exhaust	10%
Compressors fugitives and venting	8%
Well venting and flaring	7%
Meters and pipeline leaks	7%
Storage tanks flashing	5%
Other sources	2%

מן הטבלה ניתן ללמוד כי עיקר הדליפה מגיעה מבקרים פניאומטיים ומתהליכי הייבוש עם ההפקה, וגם לאחר העיבוד לשם הזרמתו בצנרת. כאשר הצנרת מאוד ארוכה יש לחזור על תהליך הייבוש לאחר כבדת דרך בצינור.

הפחתת פליטות מגינה על הסביבה וגם מביאה לחסכון כספי משמעותי עקב מניעת אובדני הגז. קיים פורום לשיתוף פעולה גלובלי בין מדינות שמטרתו לעודד הטמעת טכנולוגיות יעילות להפחתת פליטות. מדינת ישראל יכולה להצטרף לפורום זה ולרכוש את הידע המתאים ע"י השתתפות בשיחות ובדיונים, לגבי הניתן להיעשות למזער פליטות. כיום פליטות המתאן הן 14% מכלל פליטות גזי החממה בעולם – ומעריכים כי שיעור זה יעלה עד 23% עד שנת 2020 ויגיע לרמה של 8 מיליארד טון. נדגיש שוב כי מדובר בפליטות רציפות שמתרחשות תוך כדי עבודה – ולא מתקריות חד פעמיות.

להלן דוגמאות לפעולות שיתופיות שננקטו מאז שנת 2006 ע"י מדינות החברות בפורום הבינלאומי: **מקסיקו** – פרויקט משותף לחברת הנפט והגז הממשלתית – סקירה של מערך בקרה ותחזוקה תוך שימוש במצלמות IR לזיהוי דליפות ותיקון נקודתי של הדליפות. הם ערכו השוואה בין מדחסים בעלי אטמים המגובים בנוזל לעומת אטמים יבשים. נמצא כי במדחסים בעלי אטמים המגובים בנוזל נדרשת ונטילציה למחזור הנוזל וזהו תהליך הגורם לפליטות רבות. כתוצאה מהבדיקה הוחלט להחליף את כל המדחסים לאלו בעלי אטמים יבשים.

אוקראינה הציבה לעצמה כמטרות את הפחתת הפליטות במיליון קוב בשנת 2009 וב-3.7 מיליון קוב בשנים 2010-2012. השותפות הבינלאומית סייעה במחקרי ניטור ובמציאת דרכים למזער הפליטות, ובמקביל קודמה חקיקה לאומית ותכנית הטבות אשר מוודאות כדאיות כלכלית לחברות הולכה והובלה.

רוסיה – רוסיה מספקת גז לכל רחבי מזרח אירופה בשיעור של 115 מיליארד קוב לשנה. מדובר בצנרת באורך של כ-5000 ק"מ ואיבודים המוערכים בכ-3% בשנה מסך כל הגז המובל. מרבית הגז אובד בדליפות מהמדחסים ולא כתוצאה משריפת דלקים.

יש היום טכנולוגיות רבות והחזר השקעה בטווח קצר יחסית על מנת למזער פליטות. מדובר על שינויים כגון החלפת הבקרים ושיפור מערכות הייבוש, שימוש בטכנולוגיות החדישות ביותר לניהול המערכות, איסוף נתונים ממוקדים על עלויות, שימוש בידע וניסיון של חברות ליצירת מערך בדיקת דליפות לפחות אחת לשנה. איתור הדליפות יכול להיעשות במגוון של שיטות ואפילו באמצעות מטוסים מנמיכי טוס מעל הצנרת המצוידים בגלאי IR לזיהוי מקורות דליפה.

היתרונות המרכזיים בהפחתת הפליטות הם ברורים:

- פחות אובדן מוצר
- פחות סיכונים
- הפחתת פליטות גזי החממה

טבלה מפורטת המסכמת טכנולוגיות שונות, עלויות ההתקנה וקצב החזר ההשקעה ניתן למצוא באתר:

<http://www.epa.gov/gasstar/tools/recommended.html#compressors>

פרופ' דניאל צ'מנסקי, הטכניון: קצב הפקה אופטימאלי של גז טבעי בישראל

שאלת השאלות היא באיזה קצב לפתח את שדה הגז, ומה יהיו תשלומי הזכויות עליו. האם לשווק את מלוא המשאב מהר, או לשמר את המשאב לדורות העתיד?

יש מקומות שבהם הבעלות על השדה אינה של החברה הפרטית אלא היא מפיקה ומקבלת תשלום מאת המדינה. ברור כי שיש כאן ניגוד אינטרסים - החברה הפרטית רוצה למכור ולהרוויח כאן ועכשיו,

ומסיבות רבות, ולא דווקא כי זו חברה פרטית. המדינה צריכה לשאול את עצמה מה יותר נכון? זו שאלה קריטית ותעלה על השולחן בזמן הקרוב ביותר.

הבסיס למתן מענה לסוגיה צריך להיות הערכה של ערך המשאב בתסריטים שונים.

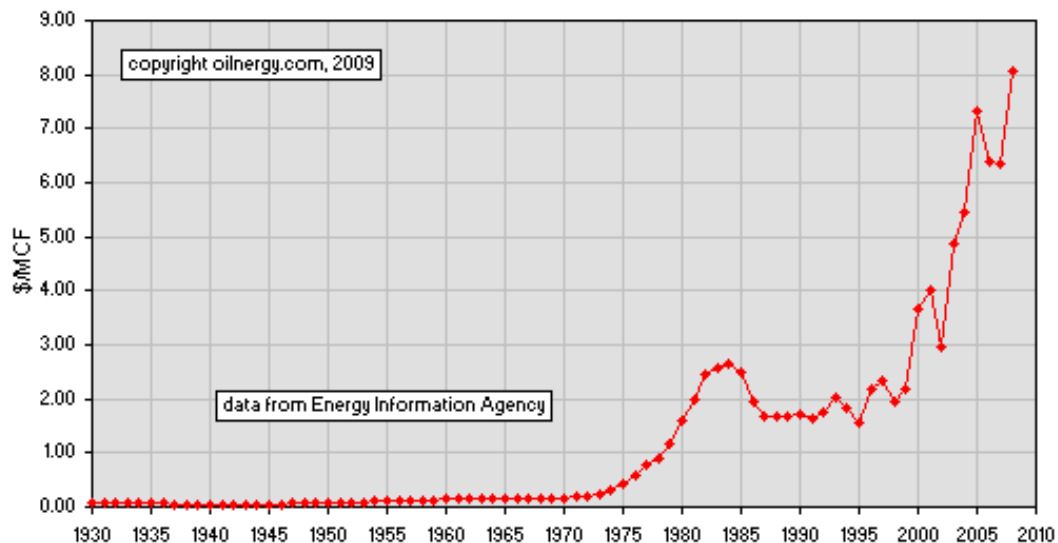
איך מנתחים תרחיש כזה? אנו נוטים לתת ערך גבוה לדברים היום, וערך נמוך לאותם הדברים בעתיד – הסוגיה המרכזית במקרה זה היא הערך של הגז. שלוש הנקודות הבאות הן מרכזיות:

- היווצרות שוק גז עולמי במקום שווקים אזוריים - אנו בעידן של שווקים אזוריים של גז טבעי כאשר הכיוון הוא מעבר לשוק עולמי. נשאלת השאלה כיצד להפוך את מערכת ההולכה של הגז הטבעי, אשר נבנתה בתפיסה של שדות ההפקה בדרום – והולכה לכיוון צפון, ואילו כעת מסתבר שמרכז הכובד נע לעבר הצפון.
- קישוריות השוק הישראלי לשווקים בחו"ל - העולם יכול להיות מקושר כולו וישראל עדיין תישאר אי מבודד.
- היצע גז טבעי בעולם ממקור בעל פוטנציאל אדיר – Gas Hydrates (ראה נספח 2). בארץ לא מדברים על הנושא הזה אבל כבר בשנת 2005 זה היה הנושא המרכזי – מה תהיה השפעת ההיצע העתידי של הגז ממקור זה כאשר תוך חמש שנים נגיע למצב של הפקה כלכלית.

האיור הבא מתאר את השינויים במחירי הגז העולמיים.

איור 5 - שינויים במחירי הגז עם השנים

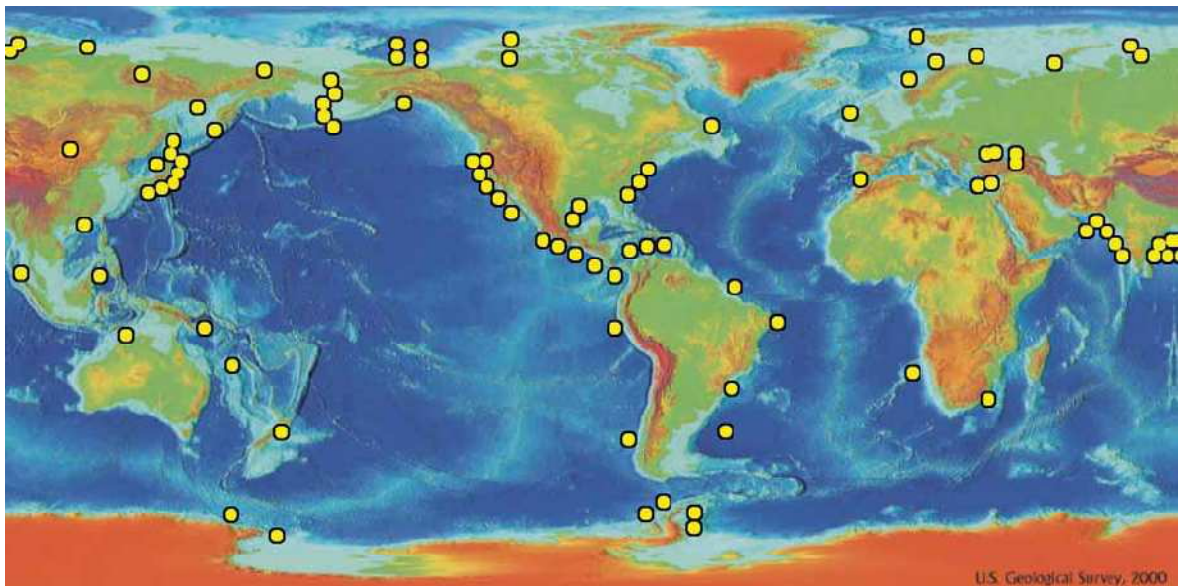
U. S. Wellhead Natural Gas Price



מחירי הגז הטבעי בשנים האחרונות הם סטטיים, ואני גורס שאם יפיקו גז ממקורות Gas Hydrates בכמות גדולה יותר מכל הדלקים הפוסיליים בעולם גם יחד, אנו נראה שינוי מדהים במחירי הגז הטבעי. במקום המגמה הזו שלפיה המחיר עולה, אנו צפויים לראות בעתיד גז טבעי שמחירו נמוך מאוד. בשנים האחרונות, גם כשמחירי הנפט האמירו, נותר מחירו של הגז הטבעי קבוע – משום שהציפיות הן לעודפים גדולים. האם אנו רוצים להפיק את המשאב כמה שיותר מהר ולמכור לכל המרבה במחיר בחו"ל ולהתעלם מהעתיד, ואולי לשמר אותו בבטן האדמה כנכס אסטרטגי? אם מניחים שהעולם מקושר,

כמויות Gas Hydrates מדהימות ונמצאות בכל מקום, אולי לא שווה לשמור את הגז הטבעי שלנו לעתיד בו לא תהיה בעיה להשיג גז במחיר נמוך. כמתבונן מן הצד וקורא ספרות מקצועית כולל הערכות של ניסויי DOE, במדינות כמו הודו וסין, אני מניח שתוך חמש שנים יהיה תהליך הפקת Gas Hydrates יעיל כלכלית. אנו צריכים לתת את הדעת באיזושהי דרך על הנושא הזה. יש כאן אינטראקציה בין מחירי גז טבעי בשוק שיש אי ודאות לגביהם ושיעורי ההיוון. אם הייתי צריך להחליט מבחינה כלכלית גרידא – הייתי מוכר כמה שיותר היום. לא הייתי דואג לעתיד – יהיה גז בשפע. כגוף ציבורי או כמדינה נכנסים גם שיקולים אחרים - האם בכל זאת לשמור מאגר אסטרטגי, ובאיזה שיעור? הייתי ממליץ לתת על זה את הדעת ולהגיד משהו בנידון למקבלי החלטות.

**איור 6 - מקורות ידועים או מוערכים של Gas Hydrates בעולם
(מקור: US Geological Survey, 2000)**



פרק 4: דיון

בחלק השני של הפורום התקיים דיון פתוח על המידע שהוצג ועל המסקנות האופרטיביות שיש להפיק ממנו. על מנת למקד את הדיון, הוצגו מראש מספר שאלות כדלקמן:

- מהם הצעדים שעל הממשלה לנקוט כדי לזרז החדרת גז טבעי למשק האנרגיה בישראל?
- מהם צווארי הבקבוק בתהליך הקמת משק הגז?
- מה צריך להיות חלקו של הגז הטבעי בתמהיל הדלקים לייצור חשמל ולשימושים אחרים?
- מה צריכה להיות מדיניות הממשלה בנושא הענקת זכויות לאור תגליות הגז האחרונות והעתודות המוכחות?
- מה דרוש בתחום תכנון לאומי לאמינות האספקה לתעשייה ולייצור החשמל?
- מה דרוש בתחום הכשרת כוח אדם מקצועי והסמכתו?

דברי המשתתפים מובאים כאן בסדר בו נשמעו וללא עריכה. בפרק הבא ניתן סיכום ומוצגות מסקנות מדברים אלה.

אדי בית הזבדי: הגז הטבעי לא צריך לשרת רק צרכנים גדולים, כגון חברת החשמל המייצרת חשמל כדי למכור לאחרים. אם רוצים לנצל את מלוא הפוטנציאל, הצרכן הזעיר של מגהוואטים בודדים הוא בהחלט רלוונטי. למשל מלון, המחובר בהספק של 2 מגהוואט לרשת החשמל יכול להשתמש בגז לקונגרציה, ולהוריד את העומס מחברת החשמל. אם רוצים עד שנת 2020 להוריד 20% מפליטות גזי החממה – זהו אתגר אמיתי. בהתייעלות אנרגטית נצליח להפחית אולי 7-8%, את השאר נצטרך לפתור בדרך אחרת. במערכות קונגרציה המופעלות בגז מתקבלת נצילות של 80-85% על כל ק"ל נצרכת. אני יכול לשער שבהשפעת הכניסה של הגז למערכת הייצור – נצליח להוריד את צריכת החשמל בצורה משמעותית.

שמסון ברוקמן: כמויות הפליטה שראינו במצגות לעיל (פרק 3) מדהימות. עלינו להבין כי צרכי האנרגיה של העשור הקרוב מצריכות הערכה יסודית לאור מהפיכת הגז. אם חח"י מוכרת חשמל לתעשיין שמתמש בו לחימום – זה תהליך שאינו יעיל מבחינה אנרגטית. את החימום רצוי לעשות עם גז ישירות. כשאנו מסכמים את צריכת האנרגיה של המדינה ללא התייעלות, יש להימנע מספירה כפולה. מדובר (בשנה) על 12 מיליון טון פחם ו- 5 BCM גז לייצור חשמל; עוד מיליון טון דלקים לתעשייה ועוד מיליון טון מזוט, אשר בתי הזיקוק שואפים להמיר בגז. גם אם המשק יתפתח אני לא רואה צריכה שנתית של 14 BCM של גז בשום שלב – ואפילו לא יותר מ- 8. נידרש ל- 5 BCM לצורך ייצור חשמל ועוד אולי 1.5-2 לתעשייה, במיוחד אם יהיה מהלך של התייעלות אנרגטית. אנו צריכים לבחון מחדש את תחזיות צריכת הגז ולוודא שלא טעינו. אם נמשיך להשתמש בעקומי גידול חשמל קלאסיים אנו טועים, וההסטה לייצור חשמל במקום הנכון והביזור גורמים לספירה כפולה. משק שהוא היום בהיקף של 5 BCM יגיע לדעתי ל- 8 ולא מעבר לזה. עליה מעבר לזה תהיה רק אם יפחת עוד יותר השימוש בפחם. זה יקרה רק אם תהיה השוואה במחירים או במצב שבו אנו מייצרים כמויות אנרגיה שהמשק לא באמת צריך.

איתן פופר : מפנה שאלה לאדי בית הזבדי: יצרן החשמל הקטן משלם מחיר גז שאינו כמו של הגדול. הוא משלם עבור הולכה וחלוקה ואיזשהו תשלום שיווקי. השאלה היא האם יצרן כזה יוכל להתחרות עם תעריפי החשמל של חח"י?

אדי בית הזבדי: אני רואה בעולם את התהליך מתרחש. גם אם יש מערכת של גיבוי – עדיין יש היתכנות כלכלית ליצרן הקטן. אני לא יודע מה המחירים של חח"י אבל אני מאמין שאם המחירים ירדו זה מה שצריך לקרות וזה יקרה. ברחבי העולם הגז מגיע אליך הביתה בצנרת. אני מכיר מיקרו טורבינות המחוברות לבתים ומייצרות רק 5 קילוואט, ועדיין זה משתלם. אתה יכול לנצל את סך האנרגיה שאתה מקבל ו-900 טון קירור ניתן להפיק מחום שיווי של ייצור מגוואט אחד בלבד.

יעקב מימרן: לפני קרוב ל-10 שנים, אחרי התגליות של מרי B ונועה, חשבנו שהפכנו למעצמת גז ושר התשתיות קיבל החלטה לסגור את הים לחיפוש. מי שכבר היה על הרכבת היה מרוצה, ומי שלא, נשאר בחוץ. לצערי, איש לא עמד בתור. לקח זמן עד שהמערכת הותנעה מחדש והתגליות האחרונות כמובן תרמו רבות לנושא הזה. האם יהיה זה נכון שמדינת ישראל תעודד אנשים לחפש עוד בים שלנו? האם אנו צריכים לאפשר זאת, לעודד זאת או לדכא זאת? לפי מה שאמר פרופ' דניאל צ'מנסקי אני מבין שכדאי לנו היום למכור כמה שיותר. יש היום חיפוש אינטנסיביים ומושקעים ואני משוכנע שנמצא גז ונפט. אני פועל היום על פי הנחיית השר ותפקידי לוודא שהאינוונטר יהיה מעודכן. אני תוהה מה עלינו לעשות עכשיו?

דניאל צ'מנסקי: למרות שנשרפתי יותר מפעם אחת מהחלטות אסטרטגיות ברמת המטה אני חושב שמה שנדרש הוא להתמודד עם אי וודאות גדולה מאוד בנושא הגז, ונדרש שהממשלה תושיב צוות להתמודד עם הסוגיות האלו. אני חושב שחשיבה היא דבר מועיל, יש כאן סוגיות מורכבות ויש צורך בצוות רב תחומי אשר יבחן את הסוגיות הקשורות ויעשה סדר חשיבתי בדברים. לדעתי זה לא נעשה עד היום. מתי יהיו זמינים מקורות של Gas Hydrates? מה יהיה המחיר ואיך ישפיע על מחיר הגז הטבעי? זה חשוב מאוד למדינת ישראל ויש צורך בחשיבה מסודרת, יש כאן אנשים שיכולים לעשות את החשיבה הזו ולא להסתמך על אמירות של אדם אחד שמתרשם מהאמת.

חיים רפפורט : בדיון לגבי צפי צריכת הגז והחלוקה שלו, ברצוני להביא נקודת מבט שונה. משק הגז לדעתי מתנהג כמו כלים שלובים על מגוון הפעילויות התלויות בו – לא חשובה החלוקה הפנימית, הכמות הכוללת שזמינה תמיד תהיה זהה. ובנושא אחר – אקסיומה שאני מסכים לה – אסור שמשק החשמל יתבסס על יותר מ-50% גז טבעי. לאור מה שנאמר בנושא Gas Hydrates אם נניח שתוך חמש שנים הטכנולוגיה וההיתכנות הכלכלית של מקור זה יתפתחו בצורה מספקת - זה ישנה את כל התמונה. אני מסכים עם נושא הקמת צוות החשיבה. חלק ממה שנאמר פה זה לנסות לכמת ולהביא לידי ביטוי את השיקולים השונים. כדרכם של רעיונות אשר מתחילים להתגלגל בועידות וכנסים, בשלב מסוים הופך הרעיון להיות נתון שמסתמכים עליו. יש לזה ערך גדול כי הנתונים הללו מתחילים להיתפס ומדברים עליהם שוב ושוב. יכול להיות שעוד חמש שנים נחשוב אחרת בנושא סל הדלקים למשל. אנו חייבים לשמור לעצמנו את החופש, ואת זה ניתן לעשות על ידי הקמה של תחנת כוח דואלית, אשר לה

אפשרות לעבודה עם גז, מזוט, פחם או דלק אחר. יתרון ברור של תחנת כוח פחמית הוא שהיא מעסיקה הרבה מאוד מתכננים. אין להסתיר שבעבר זה היה שיקול של ועד העובדים - זה נותן יותר עבודה. זה היה שיקול שלא התביישו לומר בקול רם. היום כבר לא אומרים זאת.

פרי לב און: ברצוני להעלות שאלה שמטרידה אותי: מי אחראי בישראל על נושא של תמהיל הדלקים במשק?

תשובת נציגי משרד התשתיות: מנכ"ל משרד התשתיות או שר התשתיות.

פרי לב-און: אני תוהה בנוגע להקמת צוות ממשלתי. בקליפורניה קיימת מסגרת הנקראת – IEPR Integrated Energy Planning Report. זה תהליך מסודר המלווה בדיונים והכנה של הערכות שונות לגבי עתיד משק האנרגיה, בניהול ה- CEC (California Energy Commission) וכל שנתיים יוצא לאור דו"ח. הדיון שקוף לחלוטין והציבור יכול לקרוא מה מתכננים מקבלי החלטות למשק האנרגיה בעתיד. בישראל אני מרגיש כי יש הרבה דעות אבל אין גוף או אדם שמטפל בזה, ואין מי שמפעיל את השיקולים הנדרשים.

שלמה ולד: נושא תמהיל הדלקים נמצא על השולחן כל הזמן ולאחרונה נידון במסגרת צוות שינויי אקלים. במסגרת זו הוקמו מספר צוותים, וביניהם צוות מיוחד שעסק בנושא תמהיל הדלקים, אשר מתבסס על חישובי סימולציה המבוצעים בחברת חשמל עבור מספר תרחישים. השאלה הזו הטרודה ומטרידה אותנו כל הזמן. נושא חלק הגז בתמהיל הדלקים היה השאלה הראשונה. חיפשנו דרך להצדיק את המספר 50%. על פי הבדיקה שלנו, כל הדוחות בארה"ב מבוססים על סחר-מכר שקוף למדי של גופים אינטרסנטיים, ולא מבוססים על נתונים מוצקים.

צנרת הגז שלנו היום היא טובה וללא כשלים אבל יש לה מגבלות שאין למערכות אחרות. חבלה בנקודה אחת גורמת להפסקת חשמל כללית וזה נזק נוראי. נפילה של לחץ בצינור עלולה להיות קריטית. במקרה כזה נשאלת השאלה את מי תנתק ראשון. במרבית המדינות, כולל מדינות אירופה לא עולים מעל 25% גז כי הנחת המוצא היא שזמינות הגז תלויה במדיניות חוץ, ביטחון אנרגטי ועוד. שתי מדינות עלו מעל שיעור זה – האחת היא הולנד, וגם היא היום בונה שלוש תחנות כוח פחמיות. השנייה היא סינגפור, אשר בה יש שלוש צנרות נפרדות – ועדיין יש להם את מספר ההחשכות הגדול ביותר בעולם. 50% גז כיום זה מעל ומעבר – וגם לזה הגענו לא כי זה מוצדק אלא כי לא עמדנו בלוחות הזמנים של הקמת תחנות כוח פחמיות חדשות. מבחינת מדינת ישראל, גם אם נתעלם מבעיות ביטחון האנרגיה, יש כאן רשלנות פושעת שהגענו לאחוזי גז כה גבוהים אבל אם אנו כבר שם כדאי שנעשה את זה כמו שצריך – ביזור מקסימאלי מבחינה גיאוגרפית יאפשר לנו ליהנות גם מהיתרונות ולא רק לסבול את הסיכונים הביטחוניים.

יש להניח ההנחות הנכונות לגבי עד כמה צריך לשמור את עתודות הגז באדמה, קצב הוצאת הגז ושיווקו. ברור לחלוטין שהיצרן רוצה למכור ולקבל את הכסף כמה שיותר מהר. אנו דנים בימים אלו על בנית תכנית אב, והיא צריכה להתבסס על עקרונות של פיתרון עמיד לאורך זמן. מהם צעדי הזמן? בתחום התשתית אנו דנים היום על הצפי לקראת השנים 2020 עד 2030. בתכנון אנו צריכים לקחת טכנולוגיות שמוכחות ומבוססות כבר היום ובעלות היתכנות תעשייתית. בשנת 2030 נוכל לערוך תחזיות לקראת שנת 2040 עם רמות סיכון גדולות יותר, עם טכנולוגיות שיימצאו בנקודת הזמן העתידית במעבר בין

תשתית לבין תיעוש. ישראל עד שנת 2050 אינה יכולה להניח ירידה של מחירי הגז וחייבת לשמור לעצמה עודפים של גז. ההערכה האישית שלי היא שעל מנת לשמר את מרחב הביטחון של ישראל עלינו לשמר כמות גז שהיא כפולה מהצורך המוגדר של המדינה, כלומר להבטיח לעצמנו 50 שנה שבהן יהיו למדינה מקורות גז בקרקע. כיום יש לנו מקורות הכוללים את התגלית האחרונה – וזה עדיין פחות מהעודף שאני חושב שצריך. לא הייתי נותן לייצא אפילו חלק, והמדינה לדעתי צריכה לאמץ עקרון זה.

דניאל צ'מנסקי : מה עלולה להיות העלות לנפש במדינת ישראל אם אתה טועה? הרי ברור שיש תסריטים אחרים ואי - הודאות מאוד גדולה.

שלמה ולד : אורניום, למשל, יש בעולם בשפע שיכול להספיק לעוד אלפי שנים של הפקת חשמל בכורים. בקרוב יבשילו לשימוש כורי הדור הרביעי לא יצטרכו לא פחם ולא גז. האם מדינת ישראל יכולה להניח שזה יקרה ולבנות מעתה רק כאלו למרות שאין ודאות? אין לנו ברירה אלא ללכת על בטוח, והבטוח עולה כסף. מדינות אחרות בעולם עושות את אותו שיקול. יש מחסור אמיתי בכלים לתכנון ולהערכה כמותית של בעיות כמו עמידות של פיתרון, תעודת ביטוח ואי-חרטה. את כל אלו יש צורך לכמת וזו בעיה - כיצד לתאר במודל כמותי גם הגיגים שאנו יודעים לבטא במילים אך לא יודעים לתמחר.

עמיר מקוב : כאשר מדברים על מחירי גז עתידיים אני יכול להגיד די בביטחון שמחיר הגז יתייקר, ולא יוזל, עד שנת 2020. אם מחירי הנפט יעלו, מחירי הגז יעלו גם כן, ואני לא מאמין שגז יהיה כל כך זול שישבש את כל השיקולים שלנו. ישנם כמה דברים המקשים על התכנון – המגמה הירוקה שקיימת היום בעולם – אנו לא בונים תחנה פחמית בגלל ציבור של אנשים שלא עוסק בתחשיבים ותכנון אלא מתעניין רק בהפחתה של פליטות פד"ח. הציבור הזה הצליח לעצור את בנייתה של התחנה הפחמית ואנו נדחפים לשימוש בגז עד כדי 60-70%, ולא בגלל שיקולי תכנון אלא בגלל היגררות אחרי דעת הקהל. מדינת ישראל חיפשה מאז ומעולם ביטחון בהספקת אנרגיה. היינו תלויים בנפט עד היום. כעת, כשמצאנו גז בכמויות נאות אנחנו הולכים לכיוון של עצמאות אנרגטית. גם פחם מאפשר זאת, בהיותו מצוי בכמויות גדולות בעולם וממקורות רבים, וטבעי היה לבסס את האנרגיה העתידית על פחם וגז.

עקב שיקולים של התחממות כדור הארץ וסיכונים מול דרישות הפחתת פליטות ב 20% עד 2020, אין סיכוי שנעמוד ביעדים אלו ללא ייצור אנרגיה גרעינית. אין תשובה לעניין הזה אחרת. האנרגיות המתחדשות הידועות היום לא יצליחו לספק יותר מאשר 10% מתצרוכת החשמל. הגז הוא הנכס החשוב לנו ביותר ועלינו לעשות הכול כדי להשתמש בו בצורה מושכלת ולשמר אותו. זה צריך להיות מרכז הדיון, כלומר עלינו להשתמש בגז בצורה המבטיחה אופק לניצול לאורך שנים. כל זה תלוי כמובן בכמויות שיימצאו, אבל עומד בניגוד לרצון היזמים שירצו לנצל את הגז ולגרוף רווחים כמה שיותר מהר. אני שואל את נציגי הממשלה – האם הרישיונות שהונפקו עד היום ניתנו בפיקוח או השאירו שיקול דעת לממשלה לקנות את הגז או להגביל את כמויות ההפקה? השאלה השנייה היא המרכזית בעיני – באיזו מידה אנו מוכנים להיות תלויים בגז, לאור נושא ביטחון האספקה הפנימי והבטיחות עקב אפשרות לתקלה טכנית? כאן ברור כי יש להגביל את שיעור הגז. יש לקבל החלטה ברורה ורשמית, ואין לחרוג מהחלטה שתתקבל.

ירון פישמן : אני מוטרד מנושא אמינות האספקה. בשש השנים האחרונות התפתח משק הגז משמעותית מ- 0% ל- 40% עם שיעורי גידול משמעותיים כל שנה. יש לנו המון צרכנים גדולים, ובעיקר

חברת החשמל, ובקרוב יגיע הגז לתחנות נוספות ולצרכנים נוספים. באופן שגרתי הצינור מגיע ליעדו וגז זורם אבל מה קורה אם יש כשל? אני חושב שעיקר המאמץ צריך להיות בגיבוי המערכת, סגירה של מעגלים ושיפור האמינות – לא רק ברשת ההולכה אלא נדרשת גם התייחסות לגבי מה קורה אם יש כשל אצל הספק או באתר ייצור החשמל. אני חושב שמערכות חייבות להיות דו-דלקיות. גם חח"י נוהגת כך וכך צריך לתכנן. אחת מנקודות המפתח ברגע של אירוע כשל היא היכולת לעבור במהירות מגז לסולר בטורבינות הגז ובמחז"מים או למזוט ביחידות הקיטוריות המזוטיות המוסבות לגז. יש להערכתי כמה שעות מרגע זיהוי הבעיה וירידת לחץ האספקה למעבר הכרחי לדלק חליפי. המערכת חייבת להיות גמישה ככל שניתן.

במצב כיום, יכול להיות עיכוב באספקת הגז משדה תמר עקב עיכוב בירוקראטי או התנגדויות של תושבים ואז אנו מוצאים את עצמנו עם מאגרי גז פעילים מדלדלים של ים תטיס ועם אפשרות למחסור בגז אם לא יפותחו שדות קיימים אחרים. בנוגע לשאלה לגבי קצב צריכת הגז המושפעת מהרצון למקסם רווחים כיום מול מחיר המחסור (מחיר הצל) – זה יכול להבחן גם במסגרת מחקר אקדמי.

אברהם ארביב: בהתייחס לדברי אורן הרמבס: אם התעשיינים יוצאים מנקודת הנחה שמחיר הגז ירד וזה ישתלם להם, זו טעות. Gas Hydrates יהיו רק אם מחירי הגז יהיו מספיק גבוהים כדי להצדיק זאת. הגז הוא דלק טוב ואין סיבה שיעלה פחות מדלקים אחרים.

אורן הרמבס: מבחינת התפיסה וטווח הזמן אני רוצה לדבר ברמה ה"ארצית" והמעשית על נקודת המבט הצרה של הצרכנים בתעשייה – כיצד אנו מזרזים את הגעת הגז לתעשייה? לדוגמה, יש מפעלים שיכולים להתחבר כבר למערכת ההולכה העוברת בסמוך אליהם, אך הם ממתנינים כבר למעלה משנתיים לגז, עקב סחבת בירוקראטית,

שוקי שטרן: המקרים המסוימים שהזכרת הם מפעלים שיכולים טכנית להתחבר למערכת אולם מדובר בעלות כספית גבוהה. זה עולה כסף רב והם לא מוכנים לשלם.

אורן הרמבס: יש מפעלים נוספים מעבר לאלו, אשר ממתנינים שתגיע אליהם הצנרת. מעבר לצוותי החשיבה שיכולים להביא תועלת לטווח הארוך, הרי שיש למצוא פיתרון בטווח הבינוני ובזמנים הקצרים ביותר – איך מזרזים את כל ההליכים הללו כדי להגיע מהר יותר ללקוחות הממתנינים?

בנושא החשמל ותמהיל הדלקים – עמדת התעשייה כצרכן חשמל היא שאמינות האספקה היא קריטית לתעשייה הרבה יותר מאשר לצרכן הביתי. למפעל תעשייתי אי-אספקה היא קריטית. גם כיום יש רזרבת ייצור חשמל נמוכה. בשורה התחתונה נתח גז של 40-50 מסל הדלקים של חברת החשמל, מנקודת המבט שלנו היא נקודה מקסימאלית, לאור סיכונים אסטרטגיים ואחרים שיכולים להיות למשקל גדול יותר של הגז הטבעי בסל הדלקים, שישפיעו על אי אמינות האספקה. מכאן התמיכה שלנו בתכניות התייעלות, הכנסת אנרגיות מתחדשות וגם בהקמה של תחנת כוח פחמית נוספת. מערכות קו-גנרציה הן פיתרון מצוי אבל לא יתכן שכל מפעל יקים מתקן כזה בחצרו.

שמשון ברוקמן: אמינות אספקה עולה כסף. המצב היום הוא שאם לבתי הזיקוק יש מתקן המונע על גז, ותתרחש הפסקה של זרימת גז לכמה שעות בים תטיס בגלל שדרוגים או טיפולים – בתי הזיקוק יבקשו מחברת חשמל לוותר על הגז שלה לטובתם, כי לבתי הזיקוק אין חלופה, בעוד שלחברת חשמל יש חלופה. במדינת ישראל יש הרבה רגולטורים. יש רשות לחשמל ורשות לגז, אבל אין תאום ביניהם. יש שדה גז לא מפותח בנועה, ועכשיו מפתחים את תמר מבלי שימצו מלוא הפוטנציאל מנועה. בנוווגיה לא היו נותנים לפתח שדה חדש בלי שמיצו את המקסימום מהשדות הקיימים כבר.

איתן פופר: הייתי מוסיף לנושא האמינות – להציע אופציה של יבוא חשמל. אני לא יודע אם זה קיים היום. לדעתי לא צריך לשלול את זה, והאפשרות צריכה להיות על השולחן.

גרשון גרוסמן: לנושא יבוא החשמל חשוב לזכור כי אנו מוקפים במדינות שכנות אשר גם כושר הייצור שלהן עבור עצמן הוא מועט מאוד.

איתן פופר: לגבי השאלות האחרות ליעקב מימרן – מה לגבי אחסון גז? מה בדיוק אומר החוק לגבי השימוש במאגר ים תטיס? נושא הבטיחות, לדעתי, מקבל תשומת לב ראויה. הייתי רוצה לדעת איך רשות הגז מתכוונת לפקח על כל חיבור וחיבור בחצר האחורית של כל מפעל. לגבי שיווק וחלוקה – למיטב ידיעתי יש מדיניות מוגדרת של רשות הגז והמשרד אבל היא אינה מגובה בחקיקה. מדובר על האפשרות של ספק גז לעסוק במקביל גם בשיווק וחלוקה. האם זה יכול להשתנות? מי שרוצה להיכנס לתחום היה רוצה להבין עד כמה זה מהווה סיכון אם בעוד שנה יגידו שהנושא הופך לדואופול.

שוקי שטרן: אני שמח כי הדיון היום מתקיים מתוך הבנה שהמשק כבר מבוסס על גז טבעי והתשתית קיימת. השלמת מערכות התשתית השונות תיקח עוד זמן רב ולא תסתיים בשנתיים הקרובות. מול משק החשמל אנחנו במצב טוב – מרבית התשתית כבר במקומה. יש תחנות כוח בהיקף של כ- 4500MW שמסוגלות לצרוך גז טבעי, ועוד כ-1500MW בדרך. תחנות הכוח הקיימות מסוגלות לצרוך פי שתיים מכל הגז הטבעי שאנו מספקים.

למרבה הפלא הסוגיות שעומדות בפני היום הן בעיות של אמינות האספקה בטווח הקצר. בטווח הארוך אנו בטוחים שיהיה בסדר. על פי התכניות היום, אני רוצה להבהיר כי בשלב זה לא נגיע לשום נקודה עם יותר מצינור אחד. עדיין לא השלימו את הצינור לחיפה. לאחר מכן ידאגו לגיבויים. תקלה במערכת הולכת הגז ביבשה תתוקן תוך לא יותר מיומיים-שלושה וזה זמן שבו תחנת כוח יכולה לעבוד על דלק חליפי. שילוב של תשתית יותרת, ריבוי ספקים וגיבוי יכפרו גם על תקלה שעלולה לקרות בצינור הימי, שבו התיקון בעייתי יותר.

אנו מכינים תכנית אב חדשה למערכת התשתית של הגז הטבעי ורכשנו ניסיון, אבל במקרים רבים עדיין אין לנו מושג מהם הפרמטרים לתכנון כי יש הרבה הנחות ותכניות שאינן סגורות ולא ניתן לחזות הכול. מתי תהיה תחנה פחמית? מתי יהיה החיסכון המדובר של 1 TW כתוצאה מהתייעלות? האם תהיה תחנה גרעינית, ואם כן מתי?

חברת החשמל השכילה לנהל את המצב עם ריבוי ספקים ולהביא לתחרות ביניהם ולהשיג מחירים מעולים. בנוגע לביטחון באספקה, אני רוצה לציין כי שנים קנינו דלקים מארצות זרות, בשנים קשות, לפעמים במחיר יקר יותר אבל מעולם לא היינו במצב של אין מאין להביא.

לעניין רישוי CNG יש הסדרה בחוק שספק יכול להיות גם חברת חלוקה ומשווק, ואני שמח לומר שבנושא רגולציה אנו נמצאים במצב לא אופייני אבל בהחלט מדברים ומתאמים, ונדמה לי שלפחות בגז הטבעי יש מגמה חיובית ועד כה עובדים בתיאום והיטב. אני מרגיש כי נושא האספקה בטווח הקצר בעייתי יותר, ואינני חרד כלל לטווח הארוך. אני מרגיש כי קפצנו מהר מדי ל- 40% חשמל מגז, הרבה לפני המועד.

יעקב מימרן: הבהרה בנוגע לחוק והבעלות על משאבי הטבע: הגז הטבעי שנמצא הוא רכוש המדינה. חוק הנפט מאפשר לשר התשתיות לדרוש רכישה של הגז או הנפט במחיר השוק אם הוא סבור שזה נדרש למדינת ישראל. למדינה יש זכות ראשונים. מבחינת סכומי הכסף המדוברים, השאלה איך במשרד האוצר נערכים לרכישה כזו. המדינה רשאית לקנות גם כמות מוגבלת של BCM, ולא את כל המאגר. באשר לקצב ההפקה - על פי החוק ניתן לדרוש מיזם שגילה גז או נפט להפיק אותו בשקידה ראויה, כדי למנוע מצב שיחליט משיקוליו להשאיר אותו באדמה. אם היזם רוצה להגדיל את התפוקה, יש לזכור כי הוא אינו רשאי למכור כל כמות שירצה משום שלמדינה עומדת זכות הראשונים - המדינה מגדירה מהי הכמות הנדרשת לה ומתירה לו למכור לאחרים מעבר לכמות מסוימת זו.

לגבי האחסון של גז בשדות גז טבעי שהתרוקנו - כבר כשהוענקו רישיונות להפקת גז נאמר במפורש כי הרישיונות הם על מנת להפיק ולא על מנת לאחסן במאגר. חברת נובל שהיא המפעילה מודעת היטב למגבלה וברור היום לחברת נובל שבמידה ותרצה לאחסן במאגר הריק יידרש הסדר נוסף, הנובע בעיקר מחוק מקורות הגז הטבעי. זה מחייב להכיר לאשורו את המאגר של מרי B ואת מצבו, בתאום עם נובל ועם רשות הגז. השימוש בשדה שהתרוקן כמאגר הוא אינטרס של כולם וישמש למדינה כגיבוי נוסף. זיכיון הפקה ניתן ל-30 שנה ואם יש עוד מה להפיק מוסיפים עוד 20 שנה. אין שיקול דעת לאף אחד להאריך מעבר ל-50 שנה.

פרי לב-און: ברצוני רק להפנות את תשומת הלב להתייחסות לנושא אבטחת זמינות האנרגיה בישראל. אנו דנים בנושא ממקום של עושר - יש לנו נכס ואנו צריכים להשתמש בו בתבונה וביעילות. זו נקודת מבט משמחת, שלצערי איננה נפוצה במדינת ישראל.

מרים לב-און: אני רוצה למנות את מה שבעיני מהווה היום צוואר בקבוק לזירוז החדרת גז טבעי למשק האנרגיה. כפי שאימצו את תקן ISO לבטיחות מתקני הגז רצוי היה שיהיה תקן ישראלי גם לטיב הגז, כמו שיש תקן לתכולת הבנוין והדיזל. תקן כזה צריך לפרט מה מותר ומה אסור שיהיה בגז, ובאילו ריכוזים. חברת החשמל יכולה להתאים את הטורבינות שלהם ליצור חשמל מגז באיכות משתנה, אבל במפעלים קטנים זו בעיה.

חשובה מאד גם הכשרת כוח אדם מקצועי והסמכתו לתפעול ותחזוקה של התקני גז בלחצים שונים.

אורן הרמבם: אנו, במסגרת התאחדות התעשיינים, עומדים בקשר עם מה"ט (מרכז הכשרות טכנולוגיות) השייך למשרד התמ"ת בדבר הכשרת הנדסאי אנרגיה, שבין השאר תהיה להם ההכשרה המתאימה בטכנולוגית גז.

אדי בית הזבדי: ראוי שהמדינה תיתן הטבה לצרכנים לעבור ולרכוש גז טבעי או לפחות למימון ההסבה, וזאת במקום להשקיע את הכסף בבנייה של תחנות כוח מרוכזות.

גרשון גרוסמן: ברצוני לתאר כדוגמה לשימוש מבוזר בגז פרויקט שנעשה בארה"ב בשנות ה-80 וה-90 ביזמה של DOE (Department of Energy). בארה"ב יש מערכת אספקת גז המגיעה אל בתי צרכנים פרטיים. באזורים נרחבים, כגון המערב התיכון (Mid West), נעשה חימום מבנים בחורף ע"י גז, ומיזוג אוויר בקיץ על חשמל. וכך נוצר מצב שבו בקיץ תשתית צינורות הגז עומדת ללא שימוש ולחשמל יש עומס יתר ושיאי ביקוש. בעקבות כך יזם DOE פרויקט לפיתוח משאבת חום ביתית על עקרון הספיגה, המופעלת בגז כל השנה – למיזוג בקיץ ולחימום בחורף. לפרויקט הייתה הצלחה טכנולוגית – נבנה אב-טיפוס המבוסס על אמוניה-מים בכושר קירור של כ-3 טון (כ-10 קילוואט) המתאים לבית מגורים. הייתה התעניינות רבה אך לבסוף לא יצא המוצר לשוק, מסיבות של עלות.

פרק 5: סיכום והמלצות

משק האנרגיה בישראל עבר תמורה משמעותית ביותר בתקופה האחרונה – בעיקר הפחתה מסיבית בצריכת תזקי נפט ועליה משמעותית בצריכת הגז הטבעי. תרמו לכך לא מעט התגליות של שדות הגז ים תטיס ונועה מול חופי ישראל. כיום גז טבעי מגיע ממצרים, וכמובן קיימים מרבצי הגז תמר ודלית שנתגלו לאחרונה. היום, למעלה מ-40% מייצור החשמל במדינת ישראל מבוסס על גז טבעי - זהו שיעור גדול בהשוואה לרוב מדינות העולם המפותחות. מערכת ההולכה מתפרשת מים המלח ועד תחנת הכוח חגית, ובימים אלו עובדים על קו חיפה ואלון תבור, הצפוי להשלמה עד 2011. לקראת 2013 אמור להיות גם קו מזרחי ולירושלים. כן מתבצע הליך של תכנון מתקן גז טבעי מנוזל (LNG) ובמקביל הליך מכרזי, אשר יסייע לגשר על פערים, אם יהיו, בין ביקוש להיצע. קיים הליך מכרזי גם לזכייה חלוקה לצרכנים קטנים ובינוניים, אשר יהיו מחויבים בהקמת צינורות ומערכות חלוקה אשר יגיעו עד לחצרות הצרכן. משק הגז הטבעי במדינת ישראל מנוהל על פי חוק. הגוף הממונה הוא רשות הגז הטבעי, האחראית בין השאר על בטיחות, תכנון אסטרטגי לטווח ארוך במטרה להבטיח בטחון אספקה, הענקת רישיונות ופיקוח על בעלי הרישיונות, קביעת תעריפים ואמות מידה למתן שירות, ועוד. קיים תהליך מסודר להענקת רישיונות חיפוש, במסגרתו מעמיד משרד התשתיות לרשות המשקיעים מפה של המבנים הגיאולוגיים הימיים בעלי פוטנציאל, אשר שברשותו.

מעבר לשימוש בגז לייצור חשמל - התעשייה בישראל משוועת להגעה של גז טבעי בצורה משמעותית לכל רחבי הארץ. הגז הטבעי אמור להביא עימו הוזלת עלויות ושיפור התחרות בארץ ובעולם, לצד הפחתה משמעותית בפליטות חלקיקים ומוזהמים אחרים, כולל גזי חממה. כיום, מעטים מאוד הצרכנים התעשייתיים המחוברים למערכת ההולכה, ואין כלל חיבורים למערכות חלוקה.

הגז הטבעי שנמצא הוא רכוש המדינה וחוק הנפט מעניק למדינה זכות ראשוניים ברכישתו. שאלה קריטית היא באיזה קצב לפתח את שדות הגז - האם לשווק את מלוא המשאב מהר, או לשמר אותו לדורות העתיד? ברור שקיים ניגוד עניינים - החברה היזמית בעלת הזיכיון רוצה למכור ולהרוויח מיד, ולמדינה יש עניין להבטיח אספקה סדירה לטווח ארוך. בנושא זה אין תמימות דעים בין משתתפי הפורום: קיימת דעה שגז טבעי יהיה קיים בשפע בשוק העולמי ומחירו ירד, עקב היצע ממקור בעל פוטנציאל אדיר - Gas Hydrates - ולכן יש למכור את הגז הישראלי בהקדם; ולעומתה דעה אחרת הגורסת כי ישראל עד שנת 2050 אינה יכולה להניח ירידה של מחירי הגז וחייבת לשמור לעצמה עודפים על מנת לשמר את מרחב הביטחון שלה. שאלה זו תעלה לדיון ללא ספק בזמן הקרוב ביותר. העתודות המוכחות שנמצאו המספיקות לצרכי המדינה ל-25 שנה מחזקות את הגישה הראשונה. המידע הגיאולוגי שהתבסס במהלך קידוחי תמר ודלית בשנה האחרונה נותן מקום לאופטימיות זהירה שצפויים גילוי מאגרים נוספים.

המלצות:

1. יש ללמוד לעמק את נושא תמהיל הדלקים הרצוי למדינת ישראל ולקיים דיון בצוות חשיבה של מומחים מה צריך להיות חלקו של הגז הטבעי. ייצור חשמל המבוסס על 50% גז בעייתי מבחינת בטחון האספקה, לפחות כל עוד אין יתירות (redundancy) וגיבוי בצנרת האספקה, ופגיעה בצינור בודד עלולה לגרום להפסקת חשמל כללית ולנזק רב. כפי שנמסר, בקליפורניה קיימת מסגרת של דיון שקוף לציבור

- לגבי עתיד משק האנרגיה (IEPR – Integrated Energy Planning Report), מה שמסייע להבטיח שמפעילים את השיקולים הנדרשים.
2. יש לקיים דיון בייצוא הגז ובזכויות החברה בעלת הזיכיון לעומת השיקול הלאומי להבטחת אספקת גז סדירה לטווח ארוך.
3. יש לטפל בבעיה הנובעת מהעובדה שזכייני החלוקה לצרכנים קטנים ובינוניים מוכרים לצרכן הסופי תשתית בלבד ואספקת הגז אמורה להגיע ממקור אחר. זה מקשה מאוד על סגירת עסקאות מול הצרכן, אשר אינו רגיל לקנות תשתית ולהאמין שאת המוצר עצמו יקנה ממישהו אחר.
4. הגז הטבעי צריך לשרת לא רק צרכנים גדולים, כגון חברת החשמל. הצרכן הזעיר של מגהוואטים בודדים יכול להשתמש בגז לקוגנרציה (בנצילות כוללת של 80-85%), להוריד את העומס מחברת החשמל, ולסייע רבות באתגר של הורדת 20% מפליטות גזי החממה עד שנת 2020.
5. יש לטפל בחסמים הקשורים לצרכנים קטנים ובינוניים, בעיקר מפעלי תעשייה: להבטיח מגוון ספקים ומקורות אספקה, להסיר אי-ודאות ברגולציה וצווארי בקבוק תכנוניים, להבטיח הוזלת מחיר האנרגיה לצרכן שיעבור לגז טבעי, להסביר ולהגדיל מודעות. כפי שנמסר - יש כוונה של משרד האוצר לתת סבסוד לעלויות הסבה לגז טבעי, מה שיקדם את הנושא מאוד.
6. עם בניית תשתית הגז יש להקדיש תשומת לב להפחתת פליטות הגז, שיתרונותיה ברורים: פחות אובדן מוצר, פחות סיכונים ופחות פליטת גזי חממה. בנושא זה ניתן ללמוד מניסיונם של אחרים, שטיפלו בבעיה בדיעבד (ראה התכנית שתוארה במסגרת הפורום - International Natural Gas STAR).
7. כפי שאימצו את תקן ISO לבטיחות בגז רצוי היה שיהיה תקן ישראלי גם לטיב הגז - מה מותר ומה אסור שיהיה בו, ובאילו ריכוזים. חברת החשמל יכולה להתאים את הגנראטורים שלהם לכל איכות של גז; תקן כזה יקל גם על צרכנים קטנים לעבור לשימוש בגז.
8. חשובה מאד הכשרת כוח אדם מקצועי והסמכתו בכל הקשור בנושא הגז הטבעי.

נספח 1 – תכנית פורום אנרגיה: השלכות חדירת גז טבעי למשק האנרגיה בישראל

	פתיחה	13:00-13:10
	מר שוקי שטרן, מנהל רשות הגז בישראל	13:10-13:20
	התפתחות משק הגז הטבעי בישראל	
	ד"ר יעקב מימרן, משרד התשתיות הלאומיות, מינהל רישוי אוצרות טבע	13:20-13:30
	חיפושי גז בים – מדיניות, פעילות וציפיות	
	מר אורן הרמבם, התאחדות התעשיינים	13:30-13:40
	גז טבעי בתעשייה: פוטנציאל וחסמים	
	ד"ר מרים לב-און, The Levon Group LLC	13:40-13:50
International Natural Gas STAR: Best Management Practices for Methane Emission Reductions		
	פרופ' דניאל צ'מנסקי, הטכניון	13:50-14:00
	קצב הפקה אופטימלי של גז טבעי – נקודת ראות פרטית לעומת נקודת ראות לאומית	
	הפסקה	14:00-14:30
		14:30-17:00
דיון פתוח, תוך התמקדות בשאלות הבאות:		
	<ul style="list-style-type: none"> • מהם הצעדים שעל הממשלה לנקוט כדי לזרז החדרת גז טבעי למשק האנרגיה בישראל? • מהם צווארי הבקבוק בתהליך הקמת משק הגז? • מה צריך להיות חלקו של הגז הטבעי בתמהיל הדלקים לייצור חשמל ולשימושים אחרים? • מה צריכה להיות מדיניות הממשלה בנושא הענקת זכויות לאור תגליות הגז האחרונות והעתודות המוכחות? • ה דרוש בתחום תכנון לאומי לאמינות האספקה לתעשייה ולייצור החשמל? • מה דרוש בתחום הכשרת כוח אדם מקצועי והסמכתו? 	
	סיום	17:00

Extracted from Wikipedia, the free encyclopedia

Introduction

Methane clathrate, also called **methane hydrate**, **methane ice** or "fire ice" is a solid clathrate compound in which a large amount of methane is trapped within a crystal structure of water, forming a solid similar to ice [1]. Originally thought to occur only in the outer regions of the Solar System where temperatures are low and water ice is common, significant deposits of methane clathrate have been found under sediments on the ocean floors of Earth [2].

Methane clathrates are common constituents of the shallow marine geosphere, and they occur both in deep sedimentary structures, and as outcrops on the ocean floor. Methane hydrates are believed to form by migration of gas from depth along geological faults, followed by precipitation, or crystallization, on contact of the rising gas stream with cold sea water. Methane clathrates are also present in deep Antarctic ice cores, and record a history of atmospheric methane concentrations, dating to 800,000 years ago [3]. The ice-core methane clathrate record is a primary source of data for global warming research, along with oxygen and carbon dioxide.

While it is stable at a temperature of up to around 0°C, at higher pressures methane clathrates remain stable up to 18 °C. The average methane clathrate hydrate composition is 1 mole of methane for every 5.75 moles of water, though this is dependent on how many methane molecules "fit" into the various cage structures of the water lattice. The observed density is around 0.9 g/cm³. One liter of methane clathrate solid would therefore contain, on average, 168 liters of methane gas (at STP).

Natural deposits

Methane clathrates are restricted to the shallow lithosphere (i.e. < 2000 m depth). Furthermore, necessary conditions are found only either in polar continental sedimentary rocks where surface temperatures are less than 0 °C; or in oceanic sediment at water depths greater than 300 m where the bottom water temperature is around 2 °C. In addition, deep lakes may host gas hydrates as well, e.g. the freshwater Lake Baikal, Siberia [4]. Continental deposits have been located in Siberia and Alaska in sandstone and siltstone beds at less than 800 m depth. Oceanic deposits seem to be widespread in the continental shelf and can occur within the sediments at depth or close to the sediment-water interface. They may cap even larger deposits of gaseous methane [5].

Oceanic

There are two distinct types of oceanic deposit. The most common is dominated (> 99%) by methane contained in a structure I clathrate and generally found at depth in the sediment. Here, the methane is isotopically light ($\delta^{13}\text{C} < -60\text{‰}$) which indicates that it is derived from the microbial reduction of CO₂. The clathrates in these deep deposits are thought to have formed in-situ from the microbially-produced methane, as the $\delta^{13}\text{C}$ values of clathrate and surrounding dissolved methane are similar [5].

These deposits are located within a mid-depth zone around 300-500 m thick in the sediments (the Gas Hydrate Stability Zone, or GHSZ) where they coexist with methane dissolved in the pore-waters. Above this zone methane is only present in its dissolved form at concentrations that decrease towards the sediment surface. Below it, methane is gaseous. At Blake Ridge on the Atlantic continental rise, the GHSZ started at 190 m depth and continued to 450 m, where it reached equilibrium with the gaseous phase. Measurements indicated that methane occupied 0-9% by volume in the GHSZ, and ~12% in the gaseous zone [6].

In the less common second type found near the sediment surface some samples have a higher proportion of longer-chain hydrocarbons (<99% methane) contained in a structure II clathrate. Carbon from this type of clathrate is isotopically heavier ($\delta^{13}\text{C}$ is -29 to -57 ‰) and is thought to have migrated upwards from deep sediments, where methane was formed by thermal decomposition of organic matter. Examples of this type of deposit have been found in the Gulf of Mexico and the Caspian Sea [5].

Some deposits have characteristics intermediate between the microbially- and thermally-sourced types and are considered to be formed from a mixture of the two.

The methane in gas hydrates is dominantly generated by bacterial degradation of organic matter in low oxygen environments. Organic matter in the uppermost few centimetres of sediments is first attacked by aerobic bacteria, generating CO_2 , which escapes from the sediments into the water column. In this region of aerobic bacterial activity sulfates are reduced to sulfides. If the sedimentation rate is low (about 1 cm/kyr), the organic carbon content is low (about 1%), and oxygen is abundant, aerobic bacteria use up all the organic matter in the sediments. But where sedimentation rates and the organic carbon content are high, the pore waters in the sediments are anoxic at depths of only a few cm, and methane is produced by anaerobic bacteria. This production of methane is a rather complicated process, requires the activity of several varieties of bacteria, a reducing environment (Eh -350 to -450 mV), and a pH between 6 and 8. In some regions (e.g., Gulf of Mexico) methane in clathrates may be at least partially derived from thermal degradation of organic matter, dominantly in petroleum. The methane in clathrates typically has a bacterial isotopic signature and highly variable $\delta^{13}\text{C}$ (-40 to -100‰), with an approximate average of about -65 ‰ [7]. Below the zone of solid clathrates, large volumes of methane may occur as bubbles of free gas in the sediments [8].

The presence of clathrates at a given site can often be determined by observation of a "Bottom Simulating Reflector" (BSR), which is a seismic reflection at the sediment to clathrate stability zone interface caused by the unequal densities of normal sediments and those laced with clathrates.

Reservoir size

The size of the oceanic methane clathrate reservoir is poorly known, and estimates of its size decreased by roughly an order of magnitude per decade since it was first recognized that clathrates could exist in the oceans during the 1960s and 70s [9]. The highest estimates (e.g. 3×10^{18} m³) [10] were based on the assumption that fully dense clathrates could litter the entire floor of the deep ocean. However, improvements in our understanding of clathrate chemistry and sedimentology have revealed that hydrates only form in a narrow range of depths (continental shelves), only at some locations in the range of depths where

they could occur (10-30% of the GHSZ), and typically are found at low concentrations (0.9-1.5% by volume) at sites where they do occur. Recent estimates constrained by direct sampling suggest the global inventory occupies between one and five million cubic kilometres (0.24 to 1.2 million cubic miles) [9]. This estimate, corresponding to 500-2500 gigatonnes carbon (Gt C), is smaller than the 5000 Gt C estimated for all other fossil fuel reserves but substantially larger than the ~230 Gt C estimated for other natural gas sources [9][11]. The permafrost reservoir has been estimated at about 400 Gt C in the Arctic, but no estimates have been made of possible Antarctic reservoirs. These are large amounts. For comparison the total carbon in the atmosphere is around 700 gigatons.

These modern estimates are notably smaller than the 10,000 to 11,000 Gt C (2×10^{16} m³) proposed [12] by previous workers as a motivation considering clathrates as a fossil fuel resource (MacDonald 1990, Kvenvolden 1998). Lower abundances of clathrates do not rule out their economic potential, but a lower total volume and apparently low concentration at most sites [9] does suggest that only a limited percentage of clathrates deposits may provide an economically viable resource.

Continental

Methane clathrates in continental rocks are trapped in beds of sandstone or siltstone at depths of less than 800 m. Sampling indicates they are formed from a mix of thermally and microbially derived gas from which the heavier hydrocarbons were later selectively removed. These occur in Alaska, Siberia as well as Northern Canada.

In 2008, Canadian and Japanese researchers extracted a constant stream of natural gas from a test project at the Mallik gas hydrate field in the Mackenzie River delta. This was the second such drilling at Mallik: the first took place in 2002 and used heat to release methane. In the 2008 experiment, researchers were able to extract gas by lowering the pressure, without heating, requiring significantly less energy [13]. The Mallik gas hydrate field was first discovered by Imperial Oil in 1971-1972 [14].

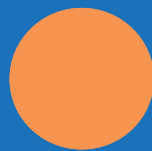
Commercial use

The sedimentary methane hydrate reservoir probably contains 2–10 times the currently known reserves of conventional natural gas. This represents a potentially important future source of hydrocarbon fuel. However, in the majority of sites deposits are likely to be too dispersed for economic extraction [9]. Other problems facing commercial exploitation are detection of viable reserves; and development of the technology for extracting methane gas from the hydrate deposits. To date, there has only been one field commercially produced where some of the gas is thought to have been from methane clathrates, Messoyakha Gas Field, supplying the nearby Russian city of Norilsk.

A research and development project in Japan is aiming for commercial-scale extraction by 2016. In August 2006, China announced plans to spend 800 million yuan (US\$100 million) over the next 10 years to study natural gas hydrates. A potentially economic reserve in the Gulf of Mexico may contain $\sim 10^{10}$ m³ of gas [9]. Bjørn Kvamme and Arne Graue at the Institute for Physics and technology at the University of Bergen have developed a method for injecting CO₂ into hydrates and reversing the process; thereby extracting CH₄ by direct exchange.

References

1. US Geological Survey, Gas hydrate: What is it?, <http://woodshole.er.usgs.gov/project-pages/hydrates/what.html>. accessed 27 February 2010.
2. Roald Hoffmann (2006). "Old Gas, New Gas". *American Scientist* **94** (1): 16–18.
3. Lüthi, D; Le Floch, M; Bereiter, B; Blunier, T; Barnola, JM; Siegenthaler, U; Raynaud, D; Jouzel, J *et al.* (2008). "High resolution carbon dioxide concentration record 650,000–800,000 years before present". *Nature* **453** (7193): 379–382.
4. Vanneste, M. et al. (2001). "Multi-frequency seismic study of gas hydrate-bearing sediments in Lake Baikal, Siberia". *Marine Geology* **172**: 1–21.
5. Kvenvolden, K. (1995). "A review of the geochemistry of methane in natural gas hydrate". *Organic Geochemistry* **23** (11-12): 997–1008.
6. Dickens, GR; Paull CK, Wallace P (1997). "Direct measurement of in situ methane quantities in a large gas-hydrate reservoir". *Nature* **385** (6615): 426–428.
7. Matsumoto, R. (1995). "Causes of the $\delta^{13}\text{C}$ anomalies of carbonates and a new paradigm 'Gas Hydrate Hypothesis'". *Jour. Geol. Soc. Japan* **101**: 902–924.
8. Matsumoto, R.; Watanabe, Y., Satoh, M., Okada, H., Hiroki, Y., Kawasaki, M., and ODP Leg 164 Shipboard Scientific Party (1996). "Distribution and occurrence of marine gas hydrates - preliminary results of ODP Leg 164: Blake Ridge Drilling". *J. Geol. Soc. Japan* **102**: 932–944.
9. Milkov, AV (2004). "Global estimates of hydrate-bound gas in marine sediments: how much is really out there?". *Earth-Sci Rev* **66** (3-4): 183–197.
10. Trofimuk, A. A.; N. V. Cherskiy and V. P. Tsarev (1973). "[Accumulation of natural gases in zones of hydrate—formation in the hydrosphere]" (in Russian). *Doklady Akademii Nauk SSSR* **212**: 931–934.
11. USGS World Energy Assessment Team, 2000. US Geological Survey world petroleum assessment 2000—description and results. USGS Digital Data Series DDS-60.
12. Buffett, Bruce; David Archer (15 November 2004). "Global inventory of methane clathrate: sensitivity to changes in the deep ocean". *Earth and Planetary Science Letters* **227** (3-4): 185.
<http://geosci.uchicago.edu/~archer/reprints/buffett.2004.clathrates.pdf>. "Preferred ... global estimate of 3^{18} g ... Estimates of the global inventory of methane clathrate may exceed 10^{19} g of carbon".
13. Thomas, Brodie (2008-04-31). "Researchers extract methane gas from under permafrost". *Northern News Services*. http://www.nnsl.com/northern-news-services/stories/papers/mar31_08ma.html. Retrieved 2008-06-16.
14. "Geological Survey of Canada, Mallik 2002". *Natural Resources Canada*. 2007-12-20. http://gsc.nrcan.gc.ca/gashydrates/mallik2002/index_e.php. Retrieved 2008-06-16.



מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע ומכנולוגיה
הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל
טל. 04-8292329, פקס 04-8231889
קרית הטכניון, חיפה 32000
www.neaman.org.il