



כימות פליטות מתאן משרשרת ההפקה והאספקה של גז מחצבים בישראל

ספטמבר 2022

הוכן על ידי :

עידן טננבאום ואילן אוחיון - חברת DHVMED, ד"ר רותי קירו - המשרד להגנת הסביבה

סיוע בהכנת הדו"ח:

ד"ר גיל פרואקטור, אלון סטמלר, אורי שלהב, שולי נזר, גיא לסט, ד"ר צור גלין - המשרד להגנת הסביבה

תוכן עניינים

1	תקציר	5
2	רקע	6
3	מטרות	7
4	מתודולוגיה	7
4.1	סקירת המדריך לכימות פליטות מהפאנל הבין-ממשלתי לשינויי אקלים (IPCC)	8
4.1.1	מיפוי ואפיון מקורות הפליטה	9
4.2	סקירת מצאי פליטות גזי חממה לאומיים של מדינות אחרות	9
4.3	בחירת מתודולוגיה ה- IPCC	10
4.3.1	חשוב לפי רמות (Tiers)	10
4.3.3	חלוקה למקטעי הפקה ואספקת הגז	13
5	סקירת המקטעים בישראל, השיטות בעולם וכימות הפליטות	16
5.1	חיפוש (Exploration)	16
5.1.1	כימות הפליטות ממקטע החיפוש - IPCC	16
5.1.2	כימות הפליטות ממקטע החיפוש - מדינות אחרות	16
5.1.3	כימות הפליטות ממקטע החיפוש - מדינת ישראל	17
5.2	הפקה ואיסוף (Production and Gathering)	17
5.2.1	כימות הפליטות ממקטע ההפקה והאיסוף - IPCC	18
5.2.2	כימות הפליטות ממקטע ההפקה והאיסוף - מדינות אחרות	18
5.2.1	כימות הפליטות ממקטע ההפקה והאיסוף - מדינת ישראל	21
5.2.2	בארות הפקה ימיות פעילות וצנרת ימית	23
5.3	עיבוד (Processing)	25
5.3.1	כימות הפליטות ממקטע העיבוד - IPCC	26
5.3.1	כימות הפליטות ממקטע העיבוד - מדינות אחרות	27
5.3.2	כימות הפליטות ממקטע העיבוד - מדינת ישראל	28
5.4	הולכה ואחסון (Transmission and Storage)	29
5.4.1	כימות הפליטות ממקטע ההולכה והאחסון - IPCC	30
5.4.2	כימות הפליטות ממקטע ההולכה והאחסון - מדינות אחרות	32

33.....	כימות הפליטות ממקטע ההולכה והאחסון – מדינת ישראל	5.4.3
35	חלוקה (Distribution)	5.5
36.....	כימות הפליטות ממקטע החלוקה - IPCC	5.5.1
37.....	כימות הפליטות ממקטע החלוקה – מדינות אחרות	5.5.2
38.....	כימות הפליטות ממקטע החלוקה – מדינת ישראל	5.5.1
38	צרכני קצה (Post-Meter)	5.6
39.....	כימות הפליטות ממקטע צרכני קצה - IPCC	5.6.1
40.....	כימות הפליטות ממקטע צרכני קצה – מדינות אחרות	5.6.1
40.....	כימות הפליטות ממקטע צרכני הקצה – מדינת ישראל	5.6.2
41	פליטות אחרות (Other)	5.7
41.....	כימות פליטות אחרות - IPCC	5.7.1
41.....	כימות פליטות אחרות – מדינות אחרות	5.7.2
42.....	כימות פליטות אחרות – מדינת ישראל	5.7.3
42	בארות גז נטושות (Abandoned Gas Wells)	5.8
42.....	כימות הפליטות מבארות נטושות - IPCC	5.8.1
43.....	כימות הפליטות מבארות נטושות -מדינות אחרות	5.8.2
43.....	כימות הפליטות מבארות נטושות - ישראל	5.8.3
43	סיכום הערכת הפליטות ופעולות לשיפור האומדן	6
7	נספח 1 – הרגולציה הפדרלית בארה"ב לניטור ודיווח על פליטות גזי חממה ממערכות הולכה	
48	וחלוקה	

קיצורים

AOT – Ashdod Onshore Terminal

API - American Petroleum Institute

BCM – Billion Cubic Meter

BOEM - Bureau of Ocean Energy Management

CNG - Compressed Natural Gas

EPA - Environmental Protection Agency

GWP - Global Warming Potential

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change

LDAR – Leak Detection and Repair

LNG - Liquefied Natural Gas

OGI – Optical Gas Imaging

PRMS - Pressure Reduction and Metering Station

PRV – Pressure Release Valve

PSI - Pounds per Square Inch

1 תקציר

גז החממה מתאן הוא המרכיב העיקרי בגז המצבים ונפלט לאטמוספירה באופן מוקדי ולא מוקדי לאורך תהליך הפקת הגז מהבאר עד צרכן הקצה. בדו"ח האחרון של הפאנל הבין ממשלתי לשינוי אקלים - ה IPCC, צוין כי מתאן לבדו, אשר הוא בעל פוטנציאל התחממות גלובלית גבוה מאוד, אחראי להתחממות של כ- 0.5°C , בהשוואה לפחמן דו-חמצני האחראי לעלייה של כ- 0.8°C , וכי נדרשת הפחתה מהירה בפליטות המתאן בכדי לעכב את קצב ההתחממות הגלובלית. לפיכך, קיימת חשיבות רבה בצמצום השימוש בגז והימנעות מהקמת תשתיות גז חדשות והרחבתן. פיתוח גז ותשתיותיו הנלוות מסכן ומייקר את יכולת המשק ליישם את היעדים למעבר לכלכלה דלת פחמן, בהתאם להצהרת ראש הממשלה בנובמבר 2021 ובהתאם לנתיב שמדינות העולם המפותחות פועלות להגיע לאיפוס נטו של פליטות בשנת 2050.

עבודה להערכת פליטות מתאן ממשק הגז בישראל בוצעה בעבר עבור המשרד להגנת הסביבה על ידי מוסד שמואל נאמן. מהעבודה עולה כי ישנה שונות גדולה באומדנים של פליטות מתאן ממערכות גז בעולם, וזו נאמדת במרבית המדינות בטווח שבין 0.5% ל-3% מכמות הגז המופקת. מטרת עבודה זו היא לדייק את כימות הפליטות השנתיות של מתאן מכלל שרשרת ההפקה והאספקה של גז מחצבים במדינת ישראל (באר - צרכן קצה) ופעולות נדרשות לשיפור כימות הפליטות, ע"י בחינת הגישות הנהוגות במצאי פליטות גזי חממה לאומיים של מדינות מובילות אחרות ובחירת מתודולוגיה לביצועה.

בהתאם לכך, כימות הפליטות מכל מקטע לאורך שרשרת ההפקה (מהבאר עד צרכן הקצה) בוצע בהתאם למתודולוגיה המפורטת במדריך של הפאנל הבין-ממשלתי לשינוי אקלים (IPCC), בדומה למדינות רבות. כאשר על פי מדריך ככל ויש ממצאי ניטור ודיגום, העדיפות לכימות פליטות ניתנה להערכות חישוב פרטניות מאתרים ספציפיים כעדיפות ראשונה, שנייה שימוש במקדמי פליטה המותאמים ספציפית למדינה, ביתר המקרים שימוש במקדמי בררת מחדל. בהסתמך על מתודולוגיה זו כימות הפליטות שבוצע בעבודה זו מסך המקטעים השונים עבור שנת 2020 בישראל, מוערך ב- 8,863 טון מתאן, כ- 0.3% מסך פליטות גזי החממה CO_2eq .

2 רקע

מתאן הוא גז חממה חשוב ובעל פוטנציאל גבוה להתחממות גלובלית (GWP) ומקדם ההתחממות שלו לאופק של 100 שנה הוא 29.8 ולאופק של 20 שנה הוא 182¹, לעומת פחמן דו חמצני שמקדם ההתחממות הגלובלית שלו הוא 1.

מתאן מהווה את המרכיב העיקרי בגז מחצבים, נפלט לאטמוספירה מכלל שרשרת ההפקה והאספקה של גז מחצבים, לרבות באופן לא-מוקדי כתוצאה מדליפות, נישובים ושריפה בלפידים במתקנים המשמשים להפקתו ולאספקתו לצרכני הקצה. בשנים האחרונות התפרסמו ידיעות ומאמרים רבים על כך שפליטות אלה הן למעשה גבוהות יותר מההערכות⁵⁴³².

בדו"ח האחרון של הפאנל הבין-ממשלתי לשינויי אקלים (IPCC AR6)⁶ צוין כי גז מתאן לבדו אחראי להתחממות של כ- 0.5 °C (בהשוואה לפחמן דו-חמצני האחראי לעלייה של כ- 0.8 °C) וכי נדרשת הפחתה מהירה בפליטות המתאן בכדי לעכב את קצב ההתחממות הגלובלית.

המשרד להגנת הסביבה, בהתאם למדיניות העולמית, רואה חשיבות רבה בצמצום השימוש בגז והימנעות מהקמת תשתיות גז חדשות כחלק מהמאמץ האסטרטגי אשר מוביל המשרד למעבר לישראל דלת פחמן ומשגשגת. הקמה והרחבה של תשתיות פוסיליות כחלק מפיתוח משק הגז מסכנת ומייקרת את יכולת המשק ליישם את היעדים למעבר לכלכלה דלת פחמן. זאת בנוסף לפעולות הרגולטוריות שהמשרד מיישם לצמצום והפחתה בפליטות ובזיהום ממערך הגז.

עבודה להערכת פליטות מתאן ממשק הגז בישראל בוצעה עבור המשרד להגנת הסביבה על ידי מוסד שמואל נאמן בשנת 2016⁷. מהעבודה עולה כי ישנה שונות גדולה באומדנים של פליטת מתאן ממערכות גז בעולם, וזו נאמדת במרבית המדינות בטווח שבין 0.5% ל-3% מכמות הגז המופקת.

השונות הרבה בהערכות נובעת, בין השאר, ממאפיינים שונים של מערכי ההפקה והשינוע של גז במדינות שונות, לדוגמא, אורך צנרת, לחצי עבודה, עומק הבארות, טכנולוגיות ורגולציה להפחתת

¹ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2021, The Physical Science Basis, Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/#FullReport>

² <https://science.sciencemag.org/content/361/6398/186.full>

³ <https://www.pnas.org/content/109/17/6435#ref-1>

⁴ <https://www.nytimes.com/2019/12/16/climate/methane-leak-satellite.html?auth=login-google>

⁵ <https://www.nature.com/articles/d41586-018-05517-y#ref-CR1>

⁶ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2021, The Physical Science Basis, Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/#FullReport>

⁷ מוסד שמואל נאמן למחקר מדיניות לאומית, מאי 2016 - פליטות מתאן ממגזר הנפט והגז הטבעי ושיטות מיטביות לכימות:

https://www.neaman.org.il/Files/Global%20Estimates%20Of%20Methane%20Emissions%20from%20Off-Shore%20Drilling%20Plants%20and%20Their%20Importance_20171122175809.456.pdf

הפליטות מאסדות ההפקה והטיפול והזמן שחלף מאז שהונחו התשתיות. לישראל מאפיינים שונים אשר משפיעים על אומדן הפליטות, לדוגמא הצנרת בישראל צעירה יחסית וקצרה לעומת תשתיות גז בים הצפוני או במפרץ מקסיקו.

בנוסף, מדריך ה-IPCC עודכן וכן באסדות הגז לוותן ותמר בוצעו מדידות. מטרת העבודה הנוכחית היא להעריך באופן מדויק יותר את היקף הפליטות לאוויר של גז החממה מתאן לכל אורך שרשרת ההפקה והאספקה של גז מחצבים בישראל, ולהציג פעולות לשיפור הערכת הפליטות מהמקטעים השונים.

העבודה מתבססת על המדריך העדכני ביותר של IPCC משנת 2019 (שפורסם לאחר העבודה הקודמת), ובוחנת את הגישות הנהוגות במצאי פליטות גזי חממה לאומיים של מדינות מובילות אחרות. כמו כן, עבודה זו מתייחסת ומציגה אומדן פליטות ממקטעים ותתי-מקטעים נוספים בשרשרת כגון בארות נטושות, בארות פעילות ימיות וצנרת הולכה ימית, אחסון וייבוא LNG וצרכני קצה. העבודה מתבססת גם על מידע קיים עבור פליטות ממקטעי שרשרת ההפקה (אסדות הגז) המדווח במסגרת דוחות שנתיים ודיווחי מפל"ס אשר נבדק ומאושר ע"י המשרד להגנת הסביבה, המאפשר, בהתאם להמלצות העבודה הקודמת, לדייק את כימות הפליטות ממקטע זה.

3 מטרות

- א. כימות הפליטות השנתיות של מתאן מכלל שרשרת ההפקה והאספקה של גז מחצבים במדינת ישראל (באר – צרכן קצה),
- ב. פעולות לשיפור כימות הפליטות בישראל.

4 מתודולוגיה

לצורך קביעת שיטת ביצוע כימות פליטות המתאן מכלל שרשרת ההפקה והאספקה, בוצעה סקירה של שיטות כימות פליטות מקובלות, בהן נעשה שימוש בגופים ובמדינות שונות בעולם. לאור הסקירה, כפי שיפורט בעבודה, מצאנו כי השיטה המתאימה לביצוע כימות פליטות מתאן היא

בהתאם להנחיות הפאנל הבין-ממשלתי לשינוי אקלים IPCC אשר פרסם שורה של הנחיות לפיתוח מצאי פליטות עבור מדינות הכוללות שיטות חישוב מיטביות. המתודולוגיה של ה-IPCC כוללת: (א) חישוב לפי רמות (Tiers) דיוק שונות, כאשר העדיפות הגבוהה ביותר ניתנה להערכות חישוב פרטניות מאתרים ספציפיים, עבורם קיימים ממצאי ניטור בפועל (מדידות) - Tier 3, כעדיפות שנייה יישום Tier 2 הכוללת שימוש במקדמי פליטה המותאמים ספציפית למדינה. במקרים בהם אין הערכות חישוב פרטניות או שההערכות הפרטניות אינן שלמות ואינן מגובות בממצאי ניטור בפועל, נעשה שימוש במקדמי Tier 1 (הרמה הפשוטה ביותר) הכוללת שימוש במקדמי ברירת מחדל אוניברסליות לחישוב הפליטות עבור כל מקטע ותת-מקטע. (ב) חלוקה לפי מקטעי הפקה ואספקת הגז.

4.1 סקירת המדריך לכימות פליטות מהפאנל הבין-ממשלתי לשינוי אקלים (IPCC)

בוצעה בחינה של מתודולוגית כימות הפליטות במדריך העדכני ביותר של הפאנל הבין-ממשלתי לשינוי אקלים (IPCC), אשר המדריך של סוכנות הסביבה האירופית (EEA)⁸, מפנה אליו לצורך הערכת פליטות מתאן. בשנת 2019 פורסם ע"י IPCC מדריך עדכני להכנת מצאי פליטות גזי חממה לאומיים (עדכון למדריך הקודם שפורסם בשנת 2006)⁹. כך 2 במדריך עוסק במגזר האנרגיה, ובתוכו פרק 4 עוסק בפליטות לא-מוקדיות (Fugitive Emissions) ממגזר זה, לרבות ממערכות נפט וגז מחצבים.

המונח פליטות לא-מוקדיות במדריך כולל את כל הפליטות הנובעות מנישובים, מדליפות ומשריפת גז בלפיד, אך לא כולל פליטות משריפת דלקים (אלה מדווחות בקטגוריה נפרדת).

⁸ EEA report No 13/2019, EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019, Technical guidance to prepare national emission inventories: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019>

⁹ 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2 Energy, Chapter 4 – Fugitive Emissions: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/2_Volume2/19R_V2_4_Ch04_Fugitive_Emissions.pdf

4.1.1 מיפוי ואפיון מקורות הפליטה

מיפוי ואפיון מקורות הפליטה הפוטנציאליים של מתאן לאוויר בכל מקטע ומקטע בוצעו בהתבסס על הפירוט במדריך של IPCC ובמצאי פליטות גזי החממה הלאומיים של המדינות האחרות שנסקרו. הטכנולוגיות והאמצעים השונים הקיימים בתעשיית הגז והנפט, ובהתאם לכך גם הפליטות, עשויות להשתנות מאוד בין מדינות שונות ולאורך זמן.

כאמור, המונח פליטות לא-מוקדיות במדריך IPCC כולל את כל הפליטות הנובעות מנישובים, מדליפות ומשריפה בלפיד, אך איננו כולל פליטות משריפת דלקים (אלה מדווחות בקטגוריה נפרדת):

נישובים (Venting) כוללים את כל השחרורים המכוונים של זרמי גז שונים לאטמוספירה (ללא שריפה או טיפול), לרבות פורקי לחץ ושחרור בזמן חירום. שחרורים אלה עשויים להתבצע באופן רציף או לא רציף;

שריפה בלפיד (Flaring) משמעה כל הבערה של גז ופחמימנים באמצעות לפיד או מתקן שריפה במטרה לסלקם, ולא למטרת ייצור של חום או אנרגיה מועילים. ההחלטה האם לנשב או לשרוף בלפיד תלויה בתכולת האנרגיה בזרם הגז המסולק ובתנאים הספציפיים באתר (למשל סוגיות הנוגעות לציבור, לסביבה ולבטיחות, ובדרישות הרגולציה);

דליפות (Leaking) מתרחשות בכל המקטעים של מערכות גז והן כוללות פליטות לא מכוונות (כלומר – שאינן כתוצאה מנישובים או משריפה בלפיד) מרכיבי ציוד כגון מדחסים, מגופים, מחברים אוגנים וכיוב'.¹⁰

4.2 סקירת מצאי פליטות גזי חממה לאומיים של מדינות אחרות

סקירת שיטת כימות פליטות מתאן במדינות מפותחות אחרות, בהן תעשיית גז ונפט ענפה, לרבות אופן הערכת פליטות בכל מקטע משרשרת אספקת הגז. המדינות שנבחנו הן:

- מצאי פליטות גזי החממה של ארה"ב¹⁰;
- מצאי פליטות גזי החממה של אוסטרליה¹¹;

¹⁰ USEPA, April 2021 - Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2019: <https://www.epa.gov/ghgemissions/inventory-us-greenhouse-gas-emissions-and-sinks-1990-2019>

¹¹ Australian Government, Department of Industry, Science, Energy and Resources, April 2021 – National Inventory Report 2019, The Australian Government Submission to the United Nations Framework Convention on Climate Change, Australian National Greenhouse Accounts: <https://unfccc.int/documents/273478>

- מצאי פליטות גזי החממה של בריטניה¹²;
- מצאי פליטות גזי החממה של נורבגיה¹³.

כל דוחות המצאי של המדינות הנ"ל פורסמו בחודש אפריל 2021 עבור השנים 1990-2019.

4.3 בחירת מתודולוגיה ה- IPCC

המתודולוגיה של ה- IPCC כוללת:

4.3.1 חישוב לפי רמות (Tiers)

שיטות החישוב במדרג מחולקות ל- 3 רמות (Tiers) שונות של חישוב, כאשר ניתן ורצוי ליישם רמות חישוב שונות בעבור מקטעים ותתי-מקטעים שונים, ויתרה מכך, אף לכלול מדידות או תוצאות ניטור אמיתיות למקורות הפליטה המשמעותיים:

רמת Tier 1 היא הרמה הפשוטה ביותר והיא כוללת שימוש במקדמי ברירת מחדל לחישוב הפליטות עבור כל מקטע ותת-מקטע. לפי התיעדוף המפורט בהמשך, יש להשתמש בה אך ורק כמוצא אחרון למקרה שהמקטע אינו משמעותי, ורק אם המידע הנדרש לרמות החישוב הגבוהות יותר איננו זמין. רמת חישוב זו נתונה לאי דיוקים משמעותיים, והיא עלולה להוביל להערכות שגויות בסדר גודל אחד או יותר (למעלה ולמטה). לפחות אחד ממקדמי הפליטה בכל מקטע מתייחס לתפוקת הגז מכיוון שבחלק מהמדינות היא הנתון הסטטיסטי היחיד הזמין, אך יחד עם זאת, פליטות לא-מוקדיות עשויות להיות תלויות יותר בגורמים אחרים. בחלק מהמקטעים נתונים מספר מקדמי פליטה שונים כתלות בטכנולוגיה או באמצעים כאלה ואחרים, ולכן יש לבחון אילו מהם המתאימים ביותר לשימוש, ואף לשקול מקורות נוספים או שימוש חלקי בהם אם הם צפויים להשתנות משמעותית מהתנאים המתקיימים במדינה.

רמת Tier 2 כוללת שימוש במקדמי פליטה המותאמים ספציפית למדינה במקום שימוש במקדמי ברירת המחדל. יש להשתמש ברמת חישוב זו למקטעים משמעותיים כאשר לא ישים להשתמש

¹² Peter Brown, Ricardo Energy & Environment, April 2021 - UK Greenhouse Gas Inventory, 1990 to 2019: Annual Report for Submission under the Framework Convention on Climate Change: https://uk-air.defra.gov.uk/assets/documents/reports/cat09/2105061125_ukghgi-90-19_Main_Issue_1.pdf

¹³ Norwegian Environment Agency, April 2021 - Greenhouse Gas Emissions 1990-2019: National Inventory Report: <https://www.miljodirektoratet.no/sharepoint/downloaditem?id=01FM3LD2QQ6HHS3WHQUJFISEZTTULJ47WJ>

ברמת Tier 3. את ערכי מקדמי הפליטה המותאמים ספציפית למדינה מסוימת ניתן לפתח בהתבסס על מחקרים ומדידות, או באמצעות גזירה לאחר לאחר יישום רמת החישוב Tier 3.

רמת Tier 3 כוללת הערכה מדוקדקת של כלל מקורות הפליטה ברמת המתקן או האתר הספציפי. יש ליישם רמת חישוב זו לקטגוריות הפליטה המשמעותיות (key categories) כאשר המידע הנדרש על הפעילות והתשתיות זמינים או כאשר סביר להשיגם.

הערכות פליטות המבוססות על דיווחים של חברות גז ונפט נחשבות לרמות Tier 2 או Tier 3, כתלות בגישה שננקטה על ידן בפועל, אך בכל מקרה יש לוודא שאין הערכות חסר או יתר בפליטות.

המדריך לא מפרט מקדמי פליטה עבור רמות חישוב Tier 2-3 מכיוון שמדובר במידע רב, ומכיוון שהמידע עובר עדכונים רצופים כך שיכלול תוצאות מדידה נוספות וכדי שישקף הטמעה של טכנולוגיות בקרה חדשות ודרישות רגולטוריות חדשות. עבור רמות חישוב אלה מפנה המדריך למקורות אחרים, כגון:

- (1) מאגר מידע מקוון ומתעדכן של מקדמי פליטה (EFDB)¹⁴. מאגר זה משמש כספרייה מוכרת שבה משתמשים יכולים למצוא מקדמי פליטה ופרמטרים אחרים עם תיעוד רקע או הפניות טכניות שניתן להשתמש בהם להערכת פליטת גזי חממה;
- (2) מסמך של מכון הנפט האמריקאי (API) משנת 2009 המקבץ מגוון רחב של שיטות לחישוב פליטות גזי חממה לתעשיית הנפט והגז¹⁵ (בחודש נובמבר 2021 פורסמה ע"י API מהדורה עדכנית יותר של המסמך¹⁶) - ניכר כי רבים ממקדמי הפליטה של API משמשים במצאי פליטות גזי החממה של ארה"ב;
- (3) מסמך הנחיות של מספר התאחדויות של תעשיית הנפט והגז משנת 2011 - שבו עקרונות לחישוב פליטות גזי חממה¹⁷.

¹⁴ <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php>

¹⁵ American Petroleum Institute, August 2009 - Compendium of Greenhouse Gas Emissions Methodologies for the Oil and Natural Gas Industry: https://www.api.org/~media/files/ehs/climate-change/2009_ghg_compendium.ashx

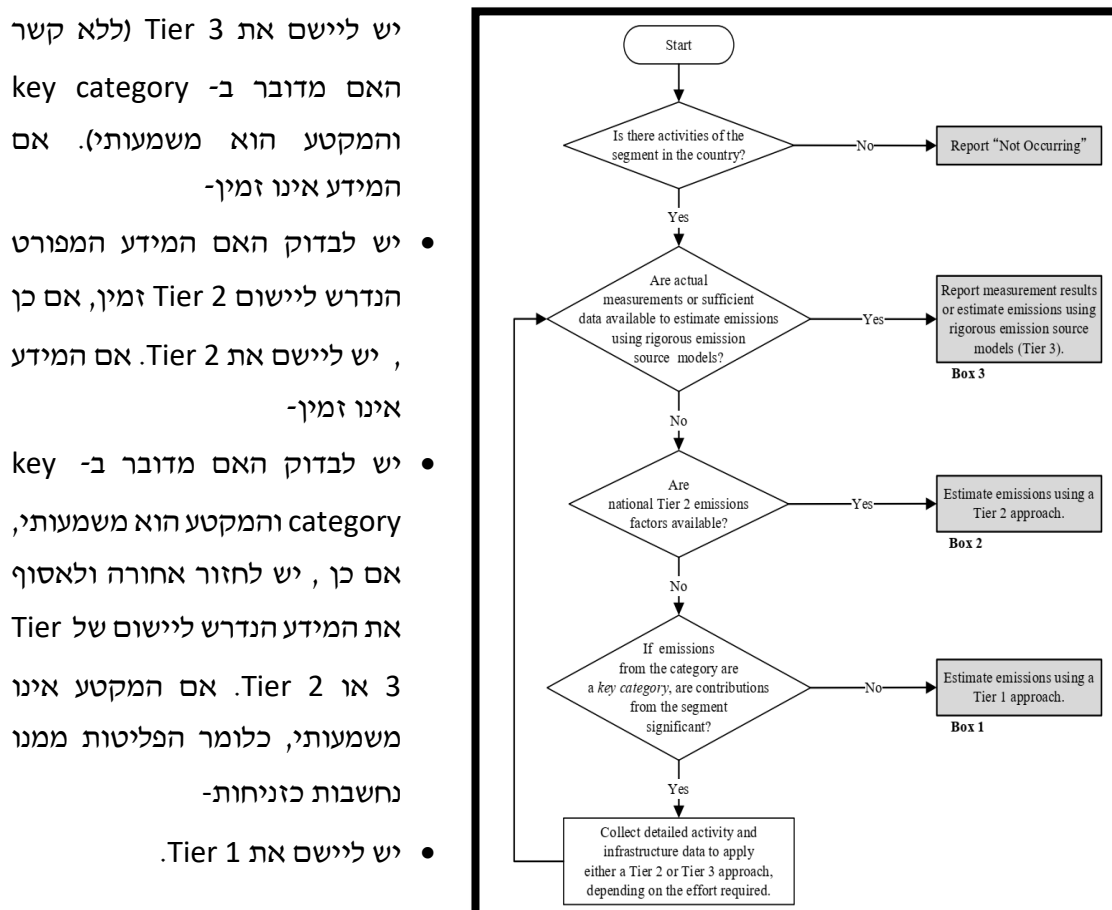
¹⁶ American Petroleum Institute, November 2021 - Compendium of Greenhouse Gas Emissions Methodologies for the Natural Gas and Oil Industry: <https://www.api.org/~media/Files/Policy/ESG/GHG/2021-API-GHG-Compendium-110921.pdf>

¹⁷ International Petroleum Industry Environmental Conservation Association (IPIECA), American Petroleum Institute (API) & and International Association of Oil and Gas Producers (OGP), 2011 - Petroleum industry guidelines for reporting greenhouse gas emissions: https://www.api.org/~media/Files/EHS/climate-change/GHG_industry-guidelines-IPIECA.pdf

4.3.2 תיעדוף רמות החישוב:

העיקרון הבסיסי לתיעדוף בין רמות החישוב השונות, מוצג **איור 1** ומפורט להלן:

איור 1: קבלת החלטות על פי ה- IPCC בתיעדוף רמות החישוב¹⁸



בהתאם למתודולוגיה ה- IPCC להערכה וכימות פליטות של גז מתאן מהמקטעים השונים, הבחירה בין רמות החישוב בכימות פליטות המתאן של ישראל בוצעה בהתאם לתיעדוף המפורט לעיל, קרי - העדיפות הגבוהה ביותר ניתנה להערכות חישוב פרטניות מאתרים ספציפיים, המגובות גם בממצאי ניטור בפועל (Tier 3); כעדיפות שנייה יישום Tier 2 אם רלוונטי; במקרים בהם אין

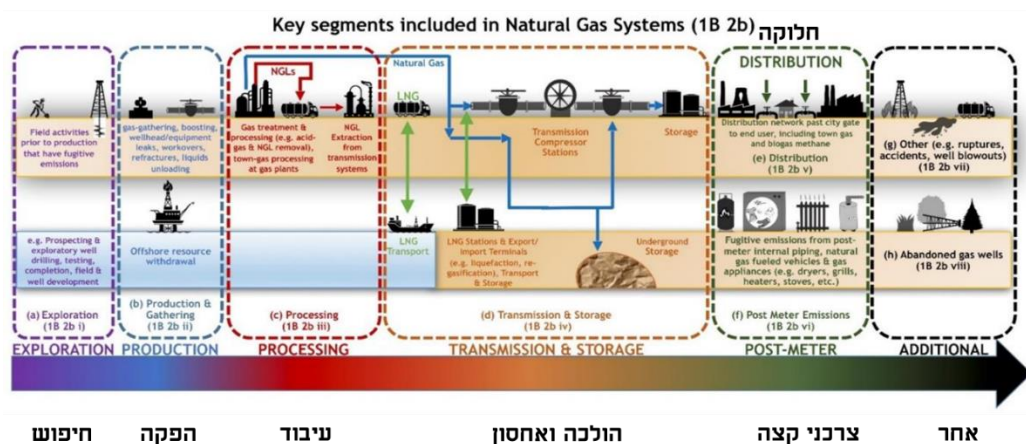
¹⁸ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2021, The Physical Science Basis, Working Group

הערכות חישוב פרטניות או שההערכות הפרטניות אינן שלמות ואינן מגובות בממצאי ניטור בפועל, נעשה שימוש במקדמי Tier 1.

4.3.3 חלוקה למקטעי הפקה ואספקת הגז

המתודולוגיה המפורטת במדריך של הפאנל הבין-ממשלתי לשינויי אקלים (IPCC) מציגה חלוקה של שרשרת ההפקה והאספקה של גז מחצבים למקטעים השונים. זאת בהתאם למתואר במדריך של IPCC, כפי שניתן לראות באיור 2.

איור 2: מקטעים עיקריים על פי ה-IPCC, בשרשרת ההפקה והאספקה של גז מחצבים¹⁹



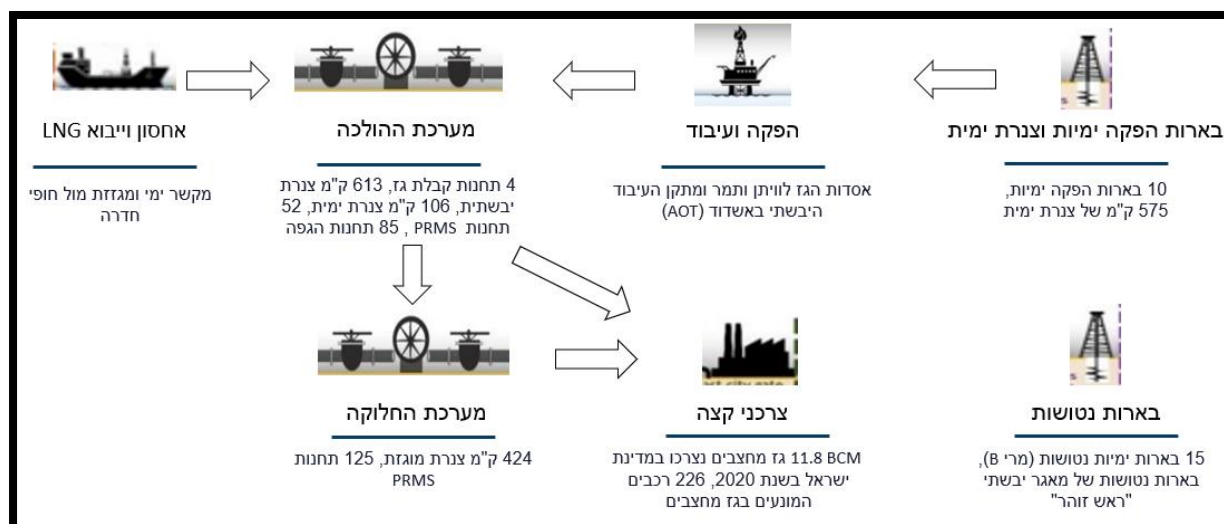
מתודולוגית מדריך ה-IPCC, קובעת גם כי בעת הערכת הפליטות הלא-מוקדיות משרשרת הפקת ואספקת הגז יש ליישם חלוקה מפורטת יותר מהמתואר באיור 1, וזאת בכדי להתחשב טוב יותר בגורמים מקומיים המשפיעים על הפליטות, כגון: תנאי המאגר, תהליכי העיבוד והטיפול הנדרשים, תנאי התכנון והתפעול, גיל התשתיות, הדרישות הרגולטוריות ורמת הפיקוח הרגולטורי. תרומתו של כל אחד מהמקטעים לכלל הפליטות הלא-מוקדיות משתנה הן בהתאם להיקף הפעילות בו (למשל כמות הגז המופקת, הנצרכת, המיובאת והמיוצאת), והן בהתאם לטכנולוגיות ולאמצעים הקיימים בכל מקטע, העשויים להגדיל או להקטין את הפליטות.

בהתאם לכך, ההתייחסות לחלוקה למקטעים השונים משרשרת ההפקה והאספקה של גז המתאן למקטעים השונים בישראל, בוצעו בהתבסס על מקורות מידע המצויים בידי המשרד להגנ"ס, היתרי פליטה, דיווחי מפל"ס, דוחות שנתיים, מידע ודוחות המפורסמים ע"י משרד האנרגיה, רשות הגז

¹⁹ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2021, The Physical Science Basis, Working Group

ונתגייז. מקטעי שרשרת ההפקה והאספקה, ושיוך מרכיבים הרלוונטיים לכל מקטע מפורטים איור 3 וטבלה 1.

איור 3 : מקטעים במערכות גז מחצבים במדינת ישראל



טבלה 1 : חלוקה למקטעים ושיוך מרכיבים רלוונטיים בישראל

מקטע	מרכיבים רלוונטיים בישראל	הערות
חיפוש (Exploration)	פעילויות חיפוש והכנה להפקה מסחרית בים וביבשה	בחודש מאי 2022, הוחלט במשרד האנרגיה לצאת להליך תחרותי הרביעי לחיפוש גז במים הכלכליים של ישראל.
הפקה ואיסוף (Production and Gathering)	- בארות הפקה ימיות פעילות בשדות תמר ולווייתן; - צנרת ימית בין הבארות הימיות לאסדות ההפקה הימיות; - אסדות ההפקה הימיות תמר ולווייתן; - צנרת ימית בין אסדות ההפקה הימיות לחוף.	לקראת סוף 2022 יכלול מקטע זה גם את אסדת כריש על בארותיה וצנרותיה הימיות.

מקטע	מרכיבים רלוונטיים בישראל	הערות
עיבוד (Processing)	מתקן הקבלה היבשתי באשדוד (AOT - Ashdod Onshore Terminal)	תהליכי עיבוד המבוצעים באסדות ההפקה בים, נכללים במסגרת אומדן זה תחת מקטע ההפקה.
הולכה ואחסון (Transmission and Storage)	- מערכת ההולכה הארצית בלחץ גבוה, לרבות תחנות קבלה, צנרת הולכה יבשתית וימית, תחנות PRMS ותחנות הגפה; - המסוף לייבוא LNG מול חופי חדרה, לרבות המקשר הימי והאונייה המגוזת.	- בישראל קיימת חברה אחת ממשלתית (נתג"ז) האחראית על קווי ההולכה. - האונייה המגוזת משמשת לאחסון והגזת LNG כגיבוי, היא צפויה להפסיק את פעילותה בחודש אוקטובר 2022.
חלוקה (Distribution)	מערכת החלוקה בלחץ נמוך, לרבות קווי צנרת חלוקה יבשתיים ראשיים ומשניים, תחנות PRMS ומונים של צרכני קצה.	בישראל 6 בעלי רישיונות חלוקה אזוריים.
צרכני קצה (Post-Meter)	- מפעלי תעשייה, תחנות כוח, וצרכנים ביתיים הצורכים גז מחצבים; - תדלוק רכבים המונעים בגז מחצבים.	
פליטות אחרות (Other)	כל אחד מהמקטעים	פליטות לא שגרתיות שאינן מחושבות במסגרת המקטעים האחרים, כגון התפרצות של בארות, התבקעות של צנרות או פגיעה בהן במהלך חפירות, תאונות ושחרורי לחץ בחירום.
בארות גז נטושות (Abandoned Gas Wells)	- הבארות הימיות של אסדת מרי-B; - הבארות היבשתיות של מאגר "ראש זוהר" באזור ערד	

לאחר סקירת שיטות כימות פליטות המתאן במדינות אחרות, בחרנו להשתמש במתודולוגית של ה-IPCC, המתייחסת לכימות פליטות מתאן לפי מקטעי הפקה ואספקה בישראל, בהתבסס על מקדמי פליטה, הערכות הנדסיות ומדידות בפועל.

5 סקירת המקטעים בישראל, השיטות בעולם וכימות הפליטות

5.1 חיפוש (Exploration)

השלב הראשון במחזור החיים של מאגרי גז ונפט הוא שלב החיפוש. המטרה העיקרית של קידוחי החיפוש היא להוכיח שיש נפט ו/או גז במאגר, ולקבוע את טיבו ואת הרכבו במידה ונמצא גז. בהמשך מבוצעים גם קידוחים להערכת הפוטנציאל של השדה, ולבסוף פיתוח השדה והכנתו להפקה מסחרית.

חיפושי גז אינטנסיביים החלו בישראל מסוף שנות ה-90 של המאה העשרים, בעיקר בים התיכון. בשנת 2012 נקדחו 7 קידוחי חיפוש בשטח הימי של ישראל, אך החל משנת 2013 נקדחו שלושה קידוחי חיפוש – 2 מהם בשנת 2013 וקידוח 1 נוסף בשנת 2019²⁰.

5.1.1 כימות הפליטות ממקטע החיפוש - IPCC

לפי המדריך של IPCC מקטע החיפוש כולל פליטות לא מוקדיות (לרבות דליפות מרכיבי ציוד, נישובים ושריפה בלפיד) מפעילויות בשדות גז המתרחשות לפני ההפקה. במדריך מפורטים מקדמי פליטה ברמת חישוב Tier 1 עבור חיפושי גז ביבשה בלבד. המדריך לא מפרט מקדמי פליטה עבור חיפושי גז בים, מכיוון שהמידע אינו זמין. לרוב פליטות ממקטע החיפוש מתרחשות בשלב בו מבוצעים מבחני הפקה. במידה ומתגלה גז בשלב זה, הגז מנותב לשריפה בלפיד. ניתן להעריך כי הפליטות מפעילות חיפוש בים הינן זניחות.

5.1.2 כימות הפליטות ממקטע החיפוש – מדינות אחרות

במצאי פליטות גזי החממה של בריטניה ושל נורבגיה, כמות הפליטות מפעילויות חיפוש מבוססת על דיווחי פליטות המתקבלים מהמפעילים לרשויות הרלוונטיות, לפי הנחיתם:

- **בריטניה** – דיווחים למערכת לדיווח פליטות סביבתית – EEMS;

²⁰ דו"ח הצוות המקצועי לבחינה תקופתית שנייה של מדיניות הממשלה בנושא משק הגז הטבעי, טיוטה להערות הציבור, יוני 2021: https://www.gov.il/BlobFolder/rfp/ng_210621/he/ng_report_2_draft.pdf

- **בנורבגיה** – דיווחים לסוכנות הסביבה הנורבגית. נישובים מקידוחי חיפוש מחושבים לפי מקדם פליטה אחיד ביחס לכמות הבארות שהושלמו. פליטות משריפה בלפיד מחושבות לפי מקדם פליטה של IPCC משנת 1997 ביחס לכמות הגז שנותבה לשריפה בלפיד.
- **ארה"ב** – במצאי פליטות גזי החממה של ארה"ב מפורטים מספר מקדמי פליטה לחישוב פליטות מנישובים ומשריפה בלפיד עבור מספר פעילויות כגון – אירועי בדיקת בארות שהושלמו, אירועי בדיקת בארות שלא הושלמו ועבור מספר הבארות שנקדחו. בנוסף, מפורטים מקדמי פליטה גם להשלמת בארות בטכנולוגיית סדיקה הידראולית שאינם רלוונטיים לישראל. המקדמים מבוססים על מידע המדווח מהמפעילים ל-EPA במסגרת התוכנית לדיווח על גזי חממה בארה"ב (GHGRP) ועל מסמך משנת 1992 של מכון הנפט האמריקאי (API).
- **אוסטרליה** – במצאי פליטות גזי החממה של אוסטרליה מפורטים מספר מקדמי פליטה: לשריפה בלפיד באירועי בדיקת בארות (לפי מקדם המבוסס על דיווחי מפעילים), לקידוחים (לפי מקדם של API) ולהשלמת בארות (לפי מחקר אוסטרלי, ועבור טכנולוגיית סדיקה הידראולית אומצו מקדמים מהמצאי של ארה"ב משנת 2016).

5.1.3 כימות הפליטות ממקטע החיפוש – מדינת ישראל

עד היום לא בוצעה הערכת פליטות פרטנית עבור פעילות החיפוש בישראל. כאמור, על פי מדריך ה- IPCC הפליטות ממקטע החיפוש הן זניחות.

5.2 הפקה ואיסוף (Production and Gathering)

פליטות לא מוקדיות במקטע ההפקה והאיסוף מתרחשות החל מראש הבאר ועד לכניסה למתקני עיבוד הגז, או עד לנקודת הכניסה למערכת ההולכה כאשר לא מבוצע עיבוד. הפקת הגז בישראל מתבצעת כיום אך ורק בים (offshore) באמצעות אסדות ההפקה הימיות תמר ולוויתן, ובשנת 2020 הופקו בהן יחד BCM 15.44 גז מחצבים (BCM 8.2 בתמר ו- BCM 7.24 בלוויתן)²¹. אסדת מרי-B הפסיקה את הפקת הגז בשנת 2019, והפקת הגז במתקן ה-FPSO העתידי כריש צפויה להתחיל בסוף שנת 2022.

²¹ משרד האנרגיה, רשות הגז הטבעי – סקירת ההתפתחויות במשק הגז הטבעי, סיכום לשנת 2020: https://www.gov.il/BlobFolder/reports/ng_2020/he/ng_2020.pdf

במערך ההפקה פועלות כיום 10 בארות הפקה ימיות: 6 בארות בשדה תמר ו- 4 בארות בשדה לווייתן²². למערך זה אמורות להתווסף בקרוב 3 בארות ההפקה הימיות של שדה כריש.

הזרם היוצא מהבארות (גז גולמי ונוזלים נוספים) מנוהל ומבוקר בשליטה מרחוק באמצעות מכלול מגופים המורכב על ראש כל באר (Christmas tree), מוזרם דרך רכזת (Manifold) הנמצאת במרכז השדה ומחוברת לצנרת ימית המוליכה אותו עד לאסדות ההפקה. אורכה הכולל של הצנרת הימית שבין שדות ההפקה לאסדות עומד כיום על כ- 540 ק"מ (שתי צנרות באורך של כ- 150 ק"מ כל אחת בין שדה תמר לבין אסדת תמר, ושתי צנרות באורך של כ- 120 ק"מ בין שדה לווייתן לבין אסדת לווייתן). לתת-מקטע צנרת זה תתווסף בקרוב הצנרת שבין בארות שדה כריש למתקן ה-FPSO כריש.

לאחר תהליכי הטיפול באסדות מוזרם הגז בצנרת ימית אל תחנות הקבלה היבשתיות. אורכה הכולל של הצנרת הימית שבין האסדות לתחנות הקבלה היבשתיות עומד כיום על כ- 50 ק"מ (כ- 40 ק"מ בין אסדת תמר לתחנת הקבלה באשדוד – AOT, וכ- 10 ק"מ בין אסדת לווייתן לתחנת הקבלה בדור). לתת-מקטע צנרת זה יתווספו בקרוב כ- 156 ק"מ שבין מתקן ה-FPSO העתידי כריש לתחנת הקבלה בדור (שתי צנרות באורך של כ- 78 ק"מ כל אחת).

האורך הכולל של תת-מקטעי הצנרת הימית המפורטים לעיל מסתכם כיום בכ- 575 ק"מ.

5.2.1 כימות הפליטות ממקטע ההפקה והאיסוף – IPCC

מדריך של IPCC מפנה למקדם פליטה יחיד ברמת חישוב Tier 1 המהווה את ברירת המחדל היחידה לחישוב פליטות מתאן עבור הפקת גז בים (Gas Production – Offshore) – העומד על 2.94 טון מתאן/מיליון מ"ק גז שהופק. לפי מקדם פליטה זה, הערכת הפליטות השנתיות עבור כלל כמות הגז שהופקה בישראל בשנת 2020 באסדות תמר ולווייתן יחד (BCM 15.44) – עומדת על 45,394 טון מתאן/שנה.

5.2.2 כימות הפליטות ממקטע ההפקה ואיסוף – מדינות אחרות

מצאי פליטות גזי החממה של בריטניה ושל נורבגיה, כמות הפליטות ממתקני ההפקה (בעיקר מתקני הפקה ימיים בים הצפוני) מבוססת על דיווחי פליטות שנתיים המתקבלים ממפעילי המתקנים לרשויות הרלוונטיות, לפי הנחיותם.

²² דו"ח הצוות המקצועי לבחינה תקופתית שנייה של מדיניות הממשלה בנושא משק הגז הטבעי, טיוטה להערות הציבור, יוני 2021: https://www.gov.il/BlobFolder/rfp/ng_210621/he/ng_report_2_draft.pdf

- **בבריטניה** – דיווחים למערכת לדיווח פליטות סביבתית – EEMS מהמתקנים הימיים שבהם מבוצעת כמעט כל הפקת הגז בבריטניה, ודיווחי PRTR (בדומה למפל"ס) מהמתקנים היבשתיים;

בנורבגיה – דיווחים לסוכנות הסביבה הנורבגית. הפליטות המדווחות מוערכות באופן פרטני ומותאם לכל אתר, לפי מקורות הפליטה הרלוונטיים עבורו בהתבסס על ממצאי ניטור ו/או חישובים. דליפות מרכיבי ציוד מכומתות על בסיס סריקה שנתית או דו-שנתית באמצעות מצלמה תרמית (OGI), בשילוב מקדמי פליטה לרכיבים דולפים ולא-דולפים (Leak/No-Leak).

לשם השוואה, להלן דיווח פליטות ממספר אסדות בנורווגיה המדווחות למערכת ה PRTR הנורווגית²³. המחשת הפערים בכמות הפליטות לפי שיטות החישוב השונות, מוצגת בטבלה הערכה של הפליטות הצפויות מאסדות אלו, אילו הכימות היה מתבסס על שימוש במקדמי ה IPCC (Tier 1). לצורך השוואה מוצגות גם הפליטות של אסדות הגז תמר ולוויתן (פליטות עבור שנת 2020).

טבלה 2: דיווח פליטות מאסדות בנורווגיה

שם המתקן	מפעיל	כמות הפליטה המדווחת לשנת 2019 TON/Year	נפח ייצור BCM/Year	פליטה סגולית מדווחת TON/BCM	פליטה לפי מקדם IPCC TON/Year
Troll	EQUINOR ENERGY AS	472	35	14	102,172
Oseberg	EQUINOR ENERGY AS	401	14	28	42,036
Åsgard	EQUINOR ENERGY AS	1,586	13	124	37,611
Gullfaks	EQUINOR ENERGY AS	1,403	10	139	29,718
(2020)Tamar	Chevron	61	8	7	24,108
(2020)Leviatan	Chevron	309	7	43	21,286
Visund	EQUINOR ENERGY AS	115	6	19	17,787
Skarv	AKER BP ASA	259	6	43	17,555
מקדם פליטה (IPCC) הינו TON/BCM 2,940					

אסדת Troll למשל ממחישה את ההבדל בין מקדם ה IPCC לבין דיווח פליטות במדינה, בהתאם לטבלה האסדה היא בעלת מקדם סגולי של 14 טון פליטת מתאן ל BCM לפי הדיווח הנורבגי ואילו הייתה מדווחת לפי מקדם ה- IPCC מקדם הפליטה הסגולי שלה היה 2,940 טון מתאן ל BCM. כלומר, הבדל הגבוה ביותר משני סדרי גודל, בדומה למצב בישראל.

²³ <https://www.norskeutslipp.no/en/Lists/Overview-facility/?SectorID=700>

- **ארה"ב** – במצאי פליטות גזי החממה של ארה"ב מוערכות הפליטות באמצעות 3 סטים שונים של מקדמי פליטה, כאשר כל אחד מהם מיועד לאחד מ- 3 אזורים ימיים שונים בהם מופק גז בארה"ב^{25,24};

- תחום המים הפדרליים במפרץ מקסיקו²⁶ - אזור בו מתבצעת מרבית ההפקה הימית של גז בארה"ב (כ- 70%). פליטות שמקורן בדליפות ובנישובים מחושבות באמצעות מקדמי פליטה ביחס למספר הקומפלקסים (אסדות הפקה ימיות) הגדולים והקטנים²⁷. פליטות שמקורן בשריפה בלפיד מחושבות ביחס לכמות הגז שנותבה אליהם. מקדמי הפליטה מבוססים על דיווחי פליטות שנתיים ממפעילי האסדות ל- BOEM, לפי הנחיותיו. מתקני הפקה ימיים הנמצאים תחת אחריותו של BOEM מדווחים את אותן הפליטות השנתיות גם לתוכנית הפדרלית לדיווח על פליטות גזי חממה בארה"ב (GHGRP);

- תחום המים שאינם פדרליים במפרץ מקסיקו (של המדינות אלבמה, לואיזיאנה וטקסס)²⁸ – כל הפליטות (דליפות, נישובים ולפידים) מחושבות באמצעות מקדמי פליטה ביחס לכמות הגז שהופקה. מקדמי הפליטה מבוססים על אותם הנתונים שדווחו בתחום המים הפדרליים במפרץ מקסיקו, לאחר נירמול לתפוקת הגז;

- תחום המים של מדינת אלסקה- כל הפליטות (דליפות, נישובים ולפידים) מחושבות באמצעות מקדמי פליטה ביחס לכמות הגז שהופקה. מקדמי הפליטה מבוססים על דיווחי פליטות שהתקבלו ממפעילי האסדות באזור זה לתוכנית הפדרלית GHGRP, המחייבת בדיווח רק מתקנים הפולטים למעלה מ- 25,000 מיליון טון שווה ערך פד"ח (CO₂-eq) בשנה. מתקנים אלה משקפים פחות מ- 10% מכלל מתקני ההפקה הימית בארה"ב.

- **אוסטרליה**- הערכת הפליטות במצאי פליטות גזי החממה של אוסטרליה, מקורן בדליפות מאסדות הפקת גז ימיות (לא כולל נישובים או שריפה בלפיד) ומבוססת על שני מקדמי פליטה שנלקחו ממצאי פליטות גזי החממה של ארה"ב משנת 2016, הנבדלים זה מזה לפי עומק המים בהן ממוקמות האסדות, מעל או מתחת ל- 200 מטרים עומק²⁹. חשוב לציין כפי שמפורט לעיל,

²⁴ Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks 1990-2018: Updates for Offshore Production Emissions, April 2020: https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-04/documents/2020_ghgi_update_-_offshore_production_final.pdf

²⁵ מתקני הפקה ימיים הנמצאים באזור האוקיינוס השקט מוגדרים כמתקני הפקת נפט, ולכן הפליטות מהן מדווחות בקטגוריה נפרדת

²⁶ תחום המים הפדרליים בארה"ב מוגדר כאזור שמחוץ למדף היבשת

²⁷ קומפלקס "גדול" מורכב מ- 6 בארות לפחות או שיש בו למעלה מ- 2 יחידות של ציוד הפקה, אחרת הוא מוגדר "קטן"

²⁸ תחום המים שבאחריות המדינות הוא עד 3 מייל ימי מהחוף, ובחלק מהמדינות עד 9 או 12 מייל ימי מהחוף

²⁹ 656 feet, as described in: USEPA, April 2015 - Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks 1990-2013: Revision to Offshore Platform Emissions Estimate:

כי ה- EPA כבר עדכן את המתודולוגיה הזו, ומקדמי פליטה אלה כבר אינם בשימוש כיום במצאי פליטות גזי החממה העדכני של ארה"ב (לפי ה- EPA עומק המים בו ממוקמות האסדות איננו מדד טוב לייצוג הפליטות). בנוסף לדליפות, כמות הפליטות שמקורן בנישבים מבוססת על הדיווחים המתקבלים במערכת האוסטרלית הלאומית לדיווח על גזי חממה ואנרגיה (NGERS), ופליטות שמקורן בשריפה בלפיד מחושבות באמצעות מקדם פליטה של ההתאחדות האוסטרלית להפקה וחיפוש נפט (APPEA).

5.2.3 כימות הפליטות ממקטע ההפקה והאיסוף – מדינת ישראל

בישראל – אסדות תמר ולויתן מדווחות מדי שנה על כמויות המתאן הנפלטות מהן למפל"ס, בהתאם להנחיות הממונה לכימות פליטות מתאן. את הפליטות המדווחות למפל"ס ניתן לסווג כרמת חישוב Tier 3 מכיוון שהן מבוצעות באופן פרטני עבור כלל מקורות הפליטה באתרים ספציפיים. הנתונים המדווחים למפל"ס, לרבות אופן חישוב הפליטות מכל מקורות הפליטה הרלוונטיים באסדות, עוברים בקרת איכות ע"י המשרד להגנת הסביבה, ושיטות החישוב מתבססות בין היתר על ממצאי ניטור ותיקון דליפות מרכיבי ציוד (LDAR לקווי הקונדנסט, OGI לקווי הגז, בשילוב מקדמי פליטה לרכיבים דולפים ולא-דולפים (Leak /No-Leak), על מדי ספיקה של הגז המנושב ושל הגז המנובת לשריפה בלפיד, יעילות השריפה בלפיד ועל תוצאות דיגום ארובות ושל הרכב הגז. דרישות אלו מוטמעות בהתרי הפליטה של האסדות.

בשנים קודמות כמות המתאן שנפלטה מאסדת תמר הייתה גבוהה יותר לעומת שנת 2020. בשנת 2018 דווח על פליטה של כ- 3,430 טון ובשנת 2019 דווח על פליטה של כ- 1,038 טון. הירידה עד לכמות שדווחה בשנת 2020 נובעת מהתקנה של מערכת השבת פליטות והפעלת הלפידים בחודש מרץ 2019 לפי דרישות היתר הפליטה לאוויר של האסדה. שנת 2020 הייתה שנת הדיווח הראשונה למפל"ס של אסדת לויתן.

כמות המתאן שנפלטה לאוויר כפי שדווחה למפל"ס עבור שנת 2020 מאסדות ההפקה תמר ולויתן יחד עומדת על כ- 370 טון מתאן/שנה (כ- 61 טון/שנה מתמר וכ- 309 טון/שנה מלויתן), או כ- 359 טון מתאן/שנה ללא פליטות שמקורן בשריפת דלקים (לפי IPCC על פליטות משריפת דלקים יש לדווח כקטגוריה נפרדת).

לצורך הבהרת הבדלים בין המקדם של ה-IPCC לכימות הפליטות בישראל עבור מקטע הפקה זה, ושימוש במקדם הפליטה של ה-IPCC, נבחר כי מקדם של IPCC מבוסס על נתוני מנהל האנרגיה באוקיינוסים של ארה"ב (BOEM), כפי שהוטמעו במצאי גזי החממה של ארה"ב שפורסם בשנת 2018 (עבור השנים 1990-2016). במצאי גזי החממה העדכני של ארה"ב (החל מהמצאי שפורסם בשנת 2020) נערך שינוי מתודולוגי עבור מקטע ההפקה על בסיס מידע חדש ועדכני יותר^{30,31}. ניכר כי מקדם ברירת המחל אינו מתאים בכדי לשקף בצורה נכונה את הפליטות ממקטע זה בישראל, וזאת מהסיבות הבאות:

- אמצעי הפחתת הפליטות המותקנים באסדות תמר ולויתן, כגון שריפה של גזים עודפים בלפידים הן בשגרה והן בחרום המביאה להפחתה של כ- 98% מהפליטות ביחס לשחרור גזים ללא שריפה, שימוש באוויר דחוס כגז מכשירים (instrument gas), קיום מערכות להשבת גזים, שימוש ברכיבי ציוד מועטי פליטות, בשילוב של שגרת ניטור פליטות מתאן מרכיבי הציוד (OGI), וביצוע מדידות שגרתיות של הפליטות, מאפשרות העדפה לכימות הפליטות לפי חלופת Tier 3.
- בשונה ממקטעים אחרים, מקדם הפליטה היחיד של IPCC עבור הפקה בים לא מתייחס לקיומן של תכניות לזיהוי ותיקון דליפות מרכיבי ציוד. דרישות הרגולציה המיושמות בישראל מחייבות צמצום דליפות מרכיבי ציוד באמצעות ניטור שוטף ותיקון של רכיבים דולפים (ביצוע LDAR לקווי הקונדנסט ו- OGI לקווי הגז). מנתונים שקיימים בידנו אודות הפחתות של פליטות מרכיבי ציוד בתעשייה, יישום שגרה לאורך זמן של תוכניות לזיהוי ותיקון דליפות מרכיבי ציוד (LDAR) וביצוע ניטור באמצעות OGI, מביא להפחתה מתמשכת של כ- 85% בפליטות ממקור זה.
- מקדמי הפליטה בהם נעשה שימוש בעבר במצאי של ארה"ב, ושעליהם, כאמור, מבוסס המקדם של IPCC, מתייחסים במקור למספר האסדות (ק"ג מתאן/אסדה), אך במדריך של IPCC הם מנורמלים לתפוקת הגז (טון מתאן/מיליון מ"ק גז מופק). מכיוון שתפוקת הגז השנתית לאסדה ימית המוגדרת כמפיקה גז בארה"ב נמוכה יחסית לישראל³², מתקבל מקדם פליטת מתאן גבוה כאשר הוא מנורמל לתפוקה.

³⁰ תכתובת דוא"ל מיום 20/9/2021 עם Melissa Weitz מה-USEPA, החברה בצוות עורכי מצאי פליטות גזי החממה של ארה"ב ובצוות עורכי מדריך ה-IPCC.

³¹ Tables 7 & 9 in: Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks 1990-2018: Updates for Offshore Production Emissions, April 2020: https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-04/documents/2020_ghgi_update_-_offshore_production_final.pdf

³² תפוקות הגז במפרץ מקסיקו בשנת 2011 שעל בסיסה מחושב המקדם של IPCC: כ- 0.04 BCM/שנה לאסדה בממוצע, וכ- 1.65 BCM/שנה לאסדה שהפיקה את הכמות המרבית. הנתונים נלקחו מתוך:

- כפי שמצוין במדריך של IPCC עבור מקדמי Tier 1, פליטות לא-מוקדיות עשויות להיות תלויות יותר בגורמים אחרים מלבד תפוקת הגז (קיום/אי קיום מערכות להשבת גזים, שריפת גזים בלפידים מול שחרור גזים ללא שריפה, רמת תחזוקת רכיבי הציוד, סוג הרכיבים, כמות הרכיבים ועוד). עם זאת במדריך ה IPCC נתון מקדם פליטה אחד לפחות עבור כל מקטע המתייחס לתפוקת הגז, מכיוון שבחלק מהמדינות זהו הנתון הסטטיסטי היחידי הזמין;
- המקדם של IPCC לא מתחשב בדרישות הרגולציה המחמירות המיושמות באסדות ההפקה בישראל עבור מקורות הפליטה המשמעותיים. כאשר בוחנים את התפלגות פליטות המתאן ממקורות הפליטה השונים באסדות ימיות בארה"ב, שעליהן כאמור מבוסס המקדם של IPCC, עולה כי נישובים מתהליך ייבוש הגז באמצעות גליקול והפעלה פנאומטית של מכשירים באמצעות גז מחצבים דחוס, אחראיים לכ- 65-73% מהפליטות (בשנת 2011 שעליה מבוסס מקדם הפליטה)³³. לפי IPCC, כ- 77% מכלל פליטות המתאן המחושבות לפי מקדם הפליטה מיוחסות לנישובים³⁴. בישראל מיושמות דרישות רגולציה מחמירות עבור מקורות אלה, לרבות איסור על נישובים, השבת גזים עודפים מתהליך ייבוש הגז, שריפתם בלפיד במקרים של תקלה/חירום ושימוש באוויר דחוס להפעלת מכשירים במקום בגז מחצבים;

5.2.4 בארות הפקה ימיות פעילות וצנרת ימית

הפליטות המדווחות מאסדות ההפקה למפלי"ס אינן כוללות דליפות אופציונליות מבארות ההפקה הימיות ומהצנרת הימית המוליכה בין הבארות לאסדות ובין האסדות לתחנות הקבלה היבשתיות בחוף.

5.2.4.1 התייחסות בעולם

במדריך של IPCC אין מקדמי פליטה או התייחסות ספציפית לבארות הפקה ימיות פעילות או לצנרת ימית. גם במצאי פליטות גזי החממה של ארה"ב, אוסטרליה ונורבגיה, וגם במסמך העדכני ביותר של API משנת 2021 המקבץ מגוון שיטות חישוב - אין התייחסות ספציפית להערכת פליטות מתאן מבארות הפקה ימיות פעילות או מצנרת ימית. לפי מצאי פליטות גזי החממה של בריטניה, פליטות

BOEM Data Center, Production Data Online Query for 2011: <https://www.data.boem.gov/Production/ProductionData/Default.aspx>

³³ Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks 1990-2018: Updates for Offshore Production Emissions, April 2020: https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-04/documents/2020_ghgi_update_-_offshore_production_final.pdf

³⁴ טבלה 4A.2.5 במדריך העדכני של IPCC

שמקורן בקרקעית הים אינן כלולות בהערכות המצאי, מתוך הנחה שפליטות אלה יתמוססו בעמודת המים ללא פליטה לאטמוספירה³⁵.

במסגרת בירור שנערך עם רגולטורים מארה"ב³⁶ לגבי דליפות פוטנציאליות מבארות ומצנרת תת ימית, הובהר כי לא ידוע על בדיקות שבוצעו לכימות דליפות מבארות הפקה ומצנרות תת ימיות (להבדיל מיבשתיות), ולכן מבחינתם כרגולטורים אין מהם דליפות שגרתיות שיש להעריך עבורן פליטות. יוצאים מן הכלל הם מקרים חריגים/קטסטרופליים שיידרשו בטיפול מיד. עם זאת לטובת עריכת אומדן פליטות שמרני, הערכת הפליטות מהציוד התת-ימי לאוויר בוצעה על בסיס הנחה שהפליטות המגיעות לאטמוספירה מהוות רק אחוזים בודדים ביחס למקדם פליטה יבשתי מקביל. עקרון זה מיושם הלכה למעשה גם במדריך של IPCC עבור פליטות מבארות ימיות נטושות (ראה סעיף 5.8 בהמשך).

במסגרת בירור נוסף בנושא זה עם חוקר מאוניברסיטת פרינסטון שעסק בין היתר במדידת דליפות מתאן מאסדות הפקה פעילות בים הצפוני³⁷, צוין כי למיטב ידיעתו עד היום לא נערכו מדידות לכימות פליטות מבארות או מצנרות תת ימיות, וכי להבנתו אין דליפות מצנרת תת ימית, למרות שאין כיום מידע אחר שיוכיח או יסתור זאת.

5.2.4.2 התייחסות בישראל

לפי התייחסות אגף סביבה במשרד האנרגיה והיחידה הארצית להגנת הסביבה הימית במשרד להגני"ס לנושא זה³⁸, עולה כי כל הציוד התת ימי בישראל לרבות בשדות ההפקה ולכל אורך הצנרת עד לאסדות ההפקה מנוטר לפי תוכנית תחזוקה בתיאום, אישור ופיקוח של המחלקה ההנדסית של משרד האנרגיה ובהתאם לתקנים המקובלים בתעשייה. תוכנית התחזוקה כוללת ביצוע סקר ויזואלי באמצעות ROV (Remote Operated Vehicle), בדיקת הגנה קתודית אחת לשלוש שנים, ובדיקה של פנים הצנרת באמצעות העברת מולוך (Pig) בהתאם לצורך. עד עתה לא נצפו דליפות גז מהציוד התת ימי.

בחודשים מרץ-אפריל 2021 התגלתה הופעה מקוטעת של בועות כתמי שמן בפני המים בקרבת אסדת לויתן שמקורה בדליפה איטית מאוד מאוגן על הצינור. בעקבות הדליפה בוצעו בדיקות

³⁵ Citation from the UK Greenhouse Gas Inventory, 1990 to 2019, Section 3.4, MS 18: "Emissions released at the seabed are not included in estimates; it is assumed that any such releases will dissolve in the water column without subsequent release to the atmosphere"

³⁶ פגישת MS TEAMS מיום 29/6/2021 עם נציגי ה-EPA (Melissa Weitz, Mark DeFigueiredo) ו-BOEM (Holli Ensz, Cholena Ran, Margaret Metcalf, Timothy McCune)

³⁷ תכתובת דוא"ל עם Stuart Riddick מתאריכים 12/6/2021 ו-14/6/2021

³⁸ תכתובת דוא"ל מיום 19/8/2021 מערן ברוקוביץ', מרכז בכיר אגף סביבה, מינהל אוצרות טבע, משרד האנרגיה; תכתובת דוא"ל מיום 23/8/2021 מיבגני מלכין, ראש תחום משאבי אנרגיה בים, היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית, המשרד להגני"ס

שונויות ע"י חיא"ל, חברת CSA, וכן בדיקות של קווים ואביזרים בתדירות גבוהה יותר. כיום התופעה פסקה וההנחה היא שמדובר בנוזלים ולא בגז.

5.2.4.3 הערכת פליטות

אף על פי שבכל המקורות הספרותיים שנסקרו לא נמצאה התייחסות פרטנית להערכת פליטות מבארות ימיות פעילות ומצנרת ימית, על מנת להתייחס אליהן כמקור פליטה פוטנציאלי במסגרת אומדן זה, הוערכו מהן פליטות מתאן לפי העקרון המתואר במדריך IPCC עבור בארות ימיות נטושות (ראה סעיף 5.8 בהמשך), וכפי שגם הוצע ע"י רגולטורים מארה"ב, באופן הבא:

- עבור בארות הפקה ימיות – נלקח מקדם פליטה המיועד לבארות הפקה יבשתיות מתוך מצאי גזי החממה של ארה"ב - העומד על 86.4 ק"ג מתאן/באר (בארות ללא סדיקה הידראולית). מבין המסמכים שנסקרו מקדם פליטה זה הוא היחיד שמתייחס לדליפה מהבאר עצמה בלבד (המקדם במדריך של IPCC המחשב את הפליטות ביחס לכמות הבארות היבשתיות כולל גם פליטות שמקורן בציוד הפקה נוסף הנמצא באתר הבאר היבשתית כגון מכשור פנאומטי, מייבשים ומפרידים);
- עבור צנרת ימית - נלקח מקדם פליטה המיועד לדליפות מצנרת איסוף ודחיסה (Gathering and boosting pipeline) יבשתית מתוך מצאי גזי החממה של ארה"ב - העומד על 295.6 ק"ג מתאן/מייל צנרת. מבין המסמכים שנסקרו מקדם פליטה זה הוא היחיד שמתייחס לדליפה מהצנרת עצמה בלבד (המקדם במדריך של IPCC המחשב את הפליטות ביחס לכמות הגז המופקת ונאספת במערכות האיסוף היבשתיות, כולל גם פליטות שמקורן בתחנות איסוף והעלאת לחץ כגון מדחסים, מכשור פנאומטי ומכלים);
- על מנת להתחשב בעובדה שהפליטה, במידה והיא אכן מתרחשת, היא תת ימית ולא ישירות לאטמוספירה, הוכפל כל אחד ממקדמי פליטה אלה במקדם הפחתה של 0.02, כפי שמתואר גם במדריך של IPCC עבור פליטת מתאן מבארות ימיות נטושות (ראה סעיף 5.8 בהמשך).

כמות הפליטה המוערכת לפי חישוב זה עבור 10 הבארות הימיות הפעילות כיום בישראל עומדת על כ- **0.02 טון מתאן/שנה**, ועבור הצנרת הימית באורך כולל של 575 ק"מ כ- **2.11 טון מתאן/שנה**.

בסה"כ, הערכת הפליטות הפוטנציאליות מבארות ההפקה הימיות הפעילות ומהצנרת הימית מסתכמת ב- **2.13 טון מתאן/שנה** בלבד.

5.3 עיבוד (Processing)

פליטות לא-מוקדיות במקטע העיבוד מתרחשות במתקנים לעיבוד גז מחצבים, שתפקידם להרחיק נוזלים ומרכיבים אחרים על מנת להביא את הגז לאיכות הנדרשת להזרמה למערכת ההולכה.

במתקן הקבלה היבשתי באשדוד (AOT - Ashdod Onshore Terminal) מבוצע המשך עיבוד הגז והקונדנסט המופקים באסדת תמר. בשנת 2020 עובדו ב- AOT כ- BCM 8.2 גז שהופק באסדת תמר³⁹. הגז והקונדנסט המופקים באסדת לווייתן ושיופקו בעתיד במתקן ה- FPSO כריש עוברים את כל תהליכי העיבוד הנדרשים בים, ולכן הם אינם מצריכים את המשך עיבודם בחוף. הגז המופק בישראל לא נחשב גז "חמוץ"⁴⁰ ולכן הוא לא עובר תהליך "המתקה" כחלק מתהליכי העיבוד.

5.3.1 כימות הפליטות ממקטע העיבוד - IPCC

לפי המדריך של IPCC, ניתן להעריך את הפליטות ממקטע העיבוד לפי מקדמי רמת החישוב Tier 1 ביחס לכמות הגז שהופקה או ביחס לכמות הגז שעובדה בפועל, אך ע"פ המדריך החישוב ביחס לכמות הגז שעובדה בפועל משקף בצורה טובה יותר את הפליטות, כפי שניתן לראות בטבלה 2. בנוסף, נציין כי מקדם הפליטה לעיבוד גז חמוץ אינו רלוונטי לישראל.

המדריך מבחין בין מקדמי הפליטה לפי ביצוע תכניות LDAR ולפי שימוש במדחסים, לרבות התייחסות לטכנולוגיית האיטום של המדחסים:

טבלה 2: מקדמי Tier 1 של IPCC לפליטת מתאן ממקטע העיבוד

מקדם פליטת מתאן	ייעוד מקדם הפליטה
1.83 טון/מיליון מ"ק גז מעובד	תהליכי עיבוד שבהם לא מבוצע LDAR או מבוצע LDAR באופן מוגבל, <u>או</u> שפחות מ- 50% מהמדחסים הצנטריפוגליים הינם בעלי איטום יבש (dry seal)
1.65 טון/מיליון מ"ק גז מופק	
0.75 טון/מיליון מ"ק גז מעובד	תהליכי עיבוד שבהם מבוצעת תוכנית LDAR מקיפה, ובמרבית המדחסים הצנטריפוגליים קיים איטום יבש (dry seal)
0.57 טון/מיליון מ"ק גז מופק	

במתקן AOT מבוצעת תוכנית LDAR שנתית לקווי הקונדנסט ובדיקה שנתית באמצעות OGI לקווי הגז. בנוסף, שלושת מדחסי הגז הגדולים (BGC – Booster Gas Compressors), שהם רכיבי הציוד

³⁹ משרד האנרגיה, רשות הגז הטבעי – סקירת ההתפתחויות במשק הגז הטבעי, סיכום לשנת 2020: https://www.gov.il/BlobFolder/reports/ng_2020/he/ng_2020.pdf

⁴⁰ גז נחשב "חמוץ" (Sour) כאשר ריכוז ה- H₂S בו גבוה מ- 5.7 מ"ג/מק"ט (AP42, Chapter 5.3 – Natural Gas Processing). הפחתת ריכוזי ה- H₂S מתבצעת בתהליך הנקרא "המתקה".

בעלי קצבי הדליפה הגבוהים ביותר (המדריך אף מתייחס לטכנולוגיית האיטום שלהם לצורך הבחירה בין המקדמים), מושבתים ב-AOT⁴¹. לכן מבין מקדמי Tier 1 של IPCC למקטע זה, מקדם הפליטה המתאים ביותר עומד על 0.75 טון מתאן/מיליון מ"ק גז מעובד, וכמות הפליטות המתקבלת לפיו עבור כמות הגז שעובדה בשנת 2020 ב-AOT (BCM 8.2) עומדת על 6,150 טון מתאן/שנה.

מקדם פליטה זה מבוסס על המידע המדווח מהמפעילים ל-EPA במסגרת התוכנית לדיווח על גזי חממה בארה"ב (GHGRP) ועל מידע ממסמך משנת 1996 של מכון אמריקאי למחקרי גז. מידע זה הוטמע במצאי גזי החממה של ארה"ב שפורסם בשנת 2018 (עבור השנים 2016-1990) לצורך הערכת הפליטות לשנת 2016. מעיון במקורות הפליטה מהם מורכב המקדם האמריקאי בשנת 2016, ניכר כי דליפות ממדחסים וגזי פליטה ממנועי מדחסים מהווים מקור משמעותי לפליטות מתאן במתקני עיבוד, אך אלה כאמור מושבתים ב-AOT.

5.3.2 כימות הפליטות ממקטע העיבוד - מדינות אחרות

במצאי פליטות גזי החממה של בריטניה ושל נורבגיה, כמות הפליטות ממתקני עיבוד (טרמינלים יבשתיים לקבלת גז) מבוססת על דיווחי פליטות שנתיים המתקבלים ממפעילי המתקנים לרשויות הרלוונטיות, לפי הנחייתם:

- **בבריטניה** - דיווחים למערכת לדיווח פליטות סביבתית – EEMS, או דיווחי PRTR;
- **נורבגיה** – דיווחים לסוכנות הסביבה הנורבגית. הפליטות המדווחות לסוכנות הסביבה הנורבגית מוערכות בהתבסס על ממצאי ניטור ו/או חישובים. דליפות מרכיבי ציוד מכומתות על בסיס סריקה שנתית או דו-שנתית באמצעות מצלמה תרמית (OGI), בשילוב מקדמי פליטה לרכיבים דולפים ולא-דולפים (Leak/No-Leak).
- **ארה"ב** - במצאי פליטות גזי החממה של ארה"ב מפורטים מספר מקדמי פליטה המיועדים למקורות פליטה שונים במתקני עיבוד. כאמור לעיל, המקדמים מבוססים על מידע המדווח מהמפעילים ל-EPA במסגרת התוכנית לדיווח על גזי חממה בארה"ב (GHGRP) ועל מידע ממסמך משנת 1996 של מכון אמריקאי למחקרי גז. למעט דליפות ממדחסים וגזי פליטה ממנועי מדחסים המחושבים ביחס לכמות המדחסים או ביחס להספקם, שאר מקדמי הפליטה מחושבים ביחס למספר מתקני העיבוד (ק"ג מתאן/מתקן עיבוד).

⁴¹ המדחסים שכן פעילים ב-AOT הם מדחסי flash gas בהספק נמוך שאינם מיועדים לדחיסת גז מחצבים (המורכב כאמור בעיקר ממתאן), אלא לדחיסת פחמימנים קלים (כמעט ללא מתאן כלל) מתהליך ייצוב הקונדנסט

- **אוסטרליה** - במצאי פליטות גזי החממה של אוסטרליה הערכת הפליטות ממקטע העיבוד מבוצעת באמצעות נוסחת חישוב המבוססת על מחקר אוסטרלי, לפיה קיים יחס לא-לינארי הפוך בין כמות הפליטות לבין כמות הגז המעובדת (כלומר, פליטות גבוהות יותר ממתקנים בהם מעובדות כמויות גז נמוכות יותר).

5.3.3 כימות הפליטות ממקטע העיבוד – מדינת ישראל

בישראל - מתקן העיבוד AOT מדווח מדי שנה על כמויות המתאן הנפלטות ממנו למפל"ס. את הפליטות המדווחות למפל"ס ניתן לסווג כרמת חישוב Tier 3 מכיוון שהן מבוצעות באופן פרטני עבור כלל מקורות הפליטה באתר ספציפי. הנתונים המדווחים למפל"ס לרבות אופן חישוב הפליטות מכל מקורות הפליטה הרלוונטיים ב-AOT, שיטות החישוב מתבססות בין היתר על ממצאי ניטור ותיקון דליפות מרכיבי ציוד (LDAR לקווי הקונדנסט, OGI לקווי הגז, בשילוב מקדמי פליטה לרכיבים דולפים ולא-דולפים (Leak/No-Leak), על הערכות הנדסיות של כמויות הגז המנושבות בהתאם לגודלם הפיזי של יחידות הציוד ומקטעי הצנרת שבהם הופחת הלחץ באופן יזום בפועל, על מפרטי יצרן ועל תוצאות דיגום של הרכב הגז. יחד עם זאת, ראינו שניתן לשפר את דיוק החישובים על בסיס TIER-3 ובכוונת המשרד לדרוש ביצוע מדידות נוספות בחידוש היתר הפליטה למתקן.

כלל כמות המתאן שנפלטת לאוויר כפי שדווחה למפל"ס עבור שנת 2020 ממתקן AOT עומדת על 81.5 טון מתאן/שנה, או כ- 80 טון מתאן/שנה ללא פליטות שמקורן בשריפת דלקים (לפי IPCC על פליטות משריפת דלקים יש לדווח כקטגוריה נפרדת). יצוין, כי במתקן נעשו פעולות להפחתה במקור של פליטות מתאן, בין השאר, הסבה לשימוש בחנקן כ-purge במקום מתאן, והפסקת השימוש במתאן כגז מכשירים.

בדיווח למפל"ס עבור שנת 2019 כמות המתאן שנפלטת מ-AOT הייתה יותר מכפולה (196.7 טון/שנה בסה"כ), אך רוב הפער בין 2 הדיווחים (כ- 96 טון מתאן) נבע מנישוב יזום של כלל המתקן בעקבות מצב ביטחוני באזור הדרום בשנת 2019, וזאת בעקבות דרישה של הרשויות.

5.4 הולכה ואחסון (Transmission and Storage)

פליטות לא-מוקדיות מתרחשות במקטע ההולכה והאחסון ממערכות המשמשות להולכת הגז המעובד לשיווק (לצרכנים תעשייתיים גדולים כגון תחנות כוח ומפעלי כימיה, ולמערכות החלוקה), לרבות מערכות לאחסון הגז. הולכת הגז מתבצעת באמצעות צנרת רחבת קוטר הפועלת בלחץ גבוה לאורך מרחק רב, לעתים בשילוב תחנות דחיסה להעלאת הלחץ. בנוסף להולכת הגז, מקטע זה כולל גם תחנות לאחסון ומסופים לייבוא ולייצוא של LNG.

הגז המתקבל מהספקים בישראל מוזרם בלחץ גבוה (עד 80 בר) בצינורות רחבים המרכיבים את מערכת ההולכה הארצית, שהוקמה ומנוהלת על ידי חברת נתיבי הגז הטבעי לישראל (נתג"ז) ומשמשת כעורק ראשי לזרימת הגז. הגז מגיע לצמתים מרכזיים ברחבי הארץ שבהם פועלים מתקני מנייה והפחתת לחץ (PRMS) ומעבירים אותו לרשת החלוקה. חברת נתג"ז מוליכה את הגז לכל צרכני לחץ גבוה (מעל 16 בר), לצרכני לחץ נמוך (עד 16 בר) הצורכים מעל 2,000 מ"ק לשעה ו- 12 מיליון מ"ק לשנה, ולבעלי רישיונות חלוקה. מערכת ההולכה כוללת קווי צינורות להולכת גז ביבשה ובים, ואת המתקנים הקשורים אליהם, לרבות מתקני ה- PRMS ותחנות ההגפה⁴².

מערכת ההולכה הארצית כוללת ארבעה מרכיבים עיקריים^{43,44,45}:

1. 4 תחנות לקבלת גז מהספקים:

- באשדוד - תחנה בה מתקבל הגז המופק בשדה תמר ומעובד ב- AOT;
- באשקלון - תחנה בה התקבל גז ממצרים בין השנים 2008 ל- 2012, וכיום משמשת לייצוא;
- בדור - תחנה בה מתקבל הגז המופק בשדה לויתן, ובעתיד גם בשדה כריש-תנין;
- המסוף לייבוא LNG מול חופי חדרה - המשמש כגיבוי להשלמת פערי ביקוש בתקופות צריכת שיא או בעת תקלה במאגרי/מתקני הפקת הגז. האונייה המגוזת עצמה מוכרת ע"י חברת החשמל לישראל והיא איננה נמצאת תחת אחריות חברת נתג"ז.

⁴² משרד האנרגיה, גז טבעי, מערכת ההולכה והחלוקה, רשת ההולכה הארצית:

⁴³ אתר נתג"ז – מערכת ההולכה: https://www.gov.il/he/departments/guides/distribution_area?chapterIndex=1
<https://www.ingl.co.il/%d7%a0%d7%aa%d7%95%d7%a0%d7%99-%d7%94%d7%9e%d7%a2%d7%a8%d7%9b%d7%aa>

⁴⁴ המכון הישראלי לאנרגיה ולסביבה, 2017, גז טבעי, הוצאת הוד-עמי, שרה עמיהוד

⁴⁵ מידע משהתקבל משלומי זעירא, סמנכ"ל תפעול בחברת נתג"ז, במהלך סיור עם נציגי המשרד להגנ"ס בתחנת PRMS
נשר ב- 13/1/2022

2. צנרת הולכה יבשתית באורך כולל של 613 ק"מ המורכבת מ- 4 מקטעים (מרכזי, דרומי, צפוני ומזרחי), וצנרת הולכה ימית באורך כולל של 106 ק"מ (98 ק"מ בין אשדוד לחוף דור, ו- 8 ק"מ בין מסוף ה- LNG לקו צנרת ההולכה הימי בחדרה);
 3. 52 תחנות PRMS (Pressure Reduction and Metering Station) למנייה והפחתת לחץ. מטרת תחנות ה- PRMS היא להבטיח את אספקת הגז ללקוח באיכות, בלחץ ובטמפרטורה הנדרשים לו, והן מורכבות ממערכת סינון, מערכת מנייה, מערכת חימום הגז והפחתת לחץ ומערכת חימום מים. שחרורי לחץ באופן יזום מבוצעים במהלך פעולות תחזוקה, וכל פריקות הלחץ שאינן יזומות דרך שסתומי הבטיחות (PSVs) ידועות ומחושבות לפי מדי הפרש לחצים המחוברים למערכת הבקרה. כיום לא נעשה שימוש בגז מחצבים להפעלה פנאומטית של מכשירים, למעט בתחנת ה- PRMS ברידינג. בתחנות מותקנים גלאי דליפות אקוסטיים;
 4. 85 תחנות הגפה (Block Valve Station). תחנות ההגפה פזורות לאורך מקטעי המערכת במרווחים של כ- 10 ק"מ, ומשמשות לתפעול ולבקרת המערכת, לבידוד מקטעי צנרת בעת חירום, ומתן מענה בעת חירום באמצעות שחרור לחץ דרך שסתום ריקון. פריקת לחץ בתחנות ההגפה מבוצעת באופן יזום בלבד.
- מערכת ההולכה הוקמה בשנת 2003 (וממשיכה להתפתח גם כיום) לפי התקן ההולנדי -NEN 3650 1 ומתופעלת לפי תקן DVGW של ההתאחדות הגרמנית לגז ומים.
- כל צנרת ההולכה מרוחקת ומוטמנת בקרקע, נבדקת בלחץ של 150% מלחץ העבודה והריתוכים עצמם נבדקים במהלך שלב ההקמה, כך שלא אמורות להיות דליפות מהצנרת עצמה, אלא במקרי חבלה שעליהם יתקבל חיווי מידי במערכת הבקרה.
- בשנת 2020 הוזרם דרך מערכת ההולכה גז בכמות של כ- 16 BCM⁴⁶.

5.4.1 כימות הפליטות ממקטע ההולכה והאחסון - IPCC

לפי המדריך של IPCC, כפי שניתן לראות בטבלה 3, ניתן להעריך את הפליטות ממערכות הולכה לפי מקדמי רמת החישוב Tier 1 ביחס לכמות הגז שנצרכה או ביחס לאורך הצנרת, אך מצוין כי אורך הצנרת משקף בצורה טובה יותר את הפליטות. המדריך מבחין בין מקדמי פליטה המיועדים

⁴⁶ משרד האנרגיה, רשות הגז הטבעי – סקירת ההתפתחויות במשק הגז הטבעי, סיכום לשנת 2020: https://www.gov.il/BlobFolder/reports/ng_2020/he/ng_2020.pdf

למערכות הולכה שונות לפי ביצוע תוכניות LDAR ולפי שימוש במדחסים לאורכן, לרבות התייחסות לטכנולוגיית האיטום של המדחסים. בנוסף, ישנם מקדמי פליטה למסופי ייבוא/ייצוא LNG ולאחסון LNG המעריכים את הפליטות ביחס למספר התחנות.

טבלה 3: מקדמי Tier 1 של IPCC לפליטת מתאן ממקטע ההולכה והאחסון

מקדם פליטת מתאן	ייעוד מקדם הפליטה
3.36 טון/מיליון מ"ק גז נצרך	מערכת הולכה שבהן לא מבוצע LDAR או מבוצע LDAR באופן מוגבל, <u>א</u> ן שפחות מ- 50% מהמדחסים הצנטריפוגליים הינם בעלי איטום יבש (dry seal)
4.1 טון/ק"מ צנרת	
1.29 טון/מיליון מ"ק גז נצרך	מערכת הולכה שבהן מבוצעת תוכנית LDAR מקיפה, ובמרבית המדחסים הצנטריפוגליים קיים איטום יבש (dry seal)
2.08 טון/ק"מ צנרת	
1,660 טון/תחנה	ייבוא/ייצוא LNG
22 טון/תחנה	אחסון LNG

בישראל, כל תחנות ה- PRMS ותחנות ההגפה במערכת ההולכה עוברות בדיקה לאיתור דליפות אחת ל- 6-8 שבועות באמצעות התזת מי סבון על גבי כל האוגנים (פלאנגיים) והתברגים⁴⁷. שיטה זו לניטור דליפות באמצעות מי סבון מהווה שיטה חלופית מקובלת לשיטה 21 של ה- EPA לצורך זיהוי ראשוני של רכיבים דולפים⁴⁸. כמו כן, לאורכה של מערכת ההולכה בישראל אין כיום כלל תחנות דחיסה. לכן מבין מקדמי Tier 1 של IPCC למערכות הולכה, מקדם הפליטה המתאים ביותר הוא זה העומד על 2.08 טון מתאן/ק"מ צנרת, וכמות הפליטות המתקבלת לפיו עבור אורך הצנרת בישראל (719 ק"מ בסה"כ) עומדת על **1,496 טון מתאן/שנה**.

מקדם פליטה זה מבוסס על המידע המדווח ממפעילי מערכות ההולכה ל- EPA במסגרת התוכנית לדיווח על גזי חממה בארה"ב (GHGRP) ועל מידע ממסמך משנת 1996 של מכון אמריקאי למחקרי גז. מידע זה הוטמע במצאי גזי החממה של ארה"ב שפורסם בשנת 2018 (עבור השנים 1990-2016)

⁴⁷ מידע משהתקבל משלומי זעירא, סמנכ"ל תפעול בחברת נתג"ז, במהלך סיור עם נציגי המשרד להגנ"ס בתחנת PRMS נשר ב- 13/1/2022

⁴⁸ USEPA, November 1995, Protocol for Equipment Leak Emission Estimates: https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-09/documents/protocol_for_equipment_leak_emission_estimates.pdf

לצורך הערכת הפליטות לשנת 2016. מעיון במקדמי הפליטה המפורטים עבור מקטע זה במצאי האמריקאי, ניכר כי חלק ממקורות הפליטה אינם רלוונטיים לישראל (למשל תחנות דחיסה, וונטים לייבוש גז), או רלוונטיים באופן חלקי בלבד (הפעלה פניאומטית עם גז מכשירים המבוצעת כיום בתחנת PRMS רידינג בלבד). מנגד, מקטע זה במצאי של ארה"ב אינו כולל את תחנות ה-PRMS בגבול שבין מערכות ההולכה והחלוקה (למעט תחנות PRMS למכירה ישירה לצרכנים גדולים) מכיוון שהן משויכות בארה"ב למערכת החלוקה, אך בישראל הן משויכות למערכת ההולכה⁴⁹.

ייבוא LNG - מכיוון שהאונייה המגוזת מול חופי חדרה משמשת כגיבוי להשלמת פערי ביקוש, נתייחס אליה גם כאמצעי לאחסון וגם כמסוף לייבוא LNG. לפיכך כמות הפליטות השנתית המתקבלת לפי רמת החישוב Tier 1 עומדת על 1,682 טון מתאן/שנה. מקדמי הפליטה של IPCC מבוססים על מידע שדווח מהמפעילים ל- EPA במסגרת התוכנית לדיווח על גזי חממה בארה"ב (GHGRP) בשנים 2015-2016.

עבור רמות החישוב Tier 2 ו- Tier 3, מפנה IPCC למסמך של API משנת 2015⁵⁰ שבו מפורטים מקורות הפליטה השונים ושיטות חישוב שונות לפעילויות הכוללות LNG.

5.4.2 כימות הפליטות ממקטע ההולכה והאחסון – מדינות אחרות

- **בריטניה** - במצאי פליטות גזי החממה של בריטניה- הערכת הפליטות ממערכת ההולכה מבוצעת ע"י החברה המפעילה את מערכת ההולכה הבריטית בלחץ גבוה (National Grid Gas) בהתבסס על: (1) סקרים תקופתיים לאיתור פליטות לא-מוקדיות (ממערכת ההולכה, מתחנות הדחיסה וממסופי ה-LNG); ו- (2) תיעוד של פעולות נישוב מכוונות שבוצעו במערכת.
- **נורווגיה** - במצאי פליטות גזי החממה של נורבגיה- הערכת הפליטות ממקטע ההולכה מבוססת על מקדמי ברירת המחדל מהמדריך הקודם של IPCC שפורסם בשנת 2006, לפני העדכון שנערך בשנת 2019.

⁴⁹ לפי הגדרת "מערכת ההולכה" בחוק משק הגז הטבעי, תשס"ב-2002: "קווי צינורות להולכה של גז טבעי בלחץ גבוה, ביבשה ובמימי החופין, ומיתקני הגז הקשורים אליהם, לרבות מיתקנים להפחתת הלחץ ללחץ נמוך לצורך חיבור רשת חלוקה או מיתקן גז של אחר אליהם, והכל עד למונה כאמור בסעיף 37(א), לרבות המונה עצמו, למעט צינורות איסוף כאמור בסעיף 35(ב) לחוק הנפט"

⁵⁰ American Petroleum Institute (API), 2015 - Liquified Natural Gas (LNG) Operations: Consistent Methodology for Estimating Greenhouse Gas Emissions: <https://www.api.org/~media/Files/EHS/climate-change/api-lng-ghg-emissions-guidelines-05-2015.pdf>

- **ארה"ב** - במצאי פליטות גזי החממה של ארה"ב - מפורטים מגוון מקדמי פליטה למקורות פליטה שונים במקטע ההולכה והאחסון. המקדמים מבוססים על מידע המדווח מהמפעילים ל- EPA במסגרת התוכנית לדיווח על גזי חממה בארה"ב (GHGRP), על מידע ממסמך משנת 1996 של מכון אמריקאי למחקרי גז ועל מחקר אמריקאי משנת 2015 הכולל בין היתר מדידות בפועל במערכת ההולכה בארה"ב.
- **אוסטרליה** - במצאי פליטות גזי החממה של אוסטרליה - מוערכות הפליטות ממקטע ההולכה על בסיס עבודה שבוצעה ע"י הרשות האוסטרלית האחראית על מערכת ההולכה, שבה נקבע כי איבודי הגז מהווים 0.005% מכלל כמות הגז העוברת דרך צנרת הולכה טיפוסית באוסטרליה. עבור מסופי LNG מאמץ המצאי האוסטרלי את מקדם הפליטה מהמצאי של ארה"ב לשנת 2016.

5.4.3 כימות הפליטות ממקטע ההולכה והאחסון – מדינת ישראל

בישראל - לאחרונה בוצעה למערכת ההולכה הערכת פליטות פרטנית בדו"ח של חברת Wood שהוכן עבור חברת נתג"ז⁵¹. לפי הדו"ח, כמות הגז הנפלטת לסביבה ממערכת ההולכה הארצית מוערכת ב- 77,575 מ"ק/שנה, שהיא כ- 53.5 טון מתאן/שנה⁵². הפליטות מיוחסות לשחרור גז לאטמוספירה כתוצאה מ:

- פעולות תחזוקה מתוכננות במתקני PRMS (53% מהפליטות, כ- 28.1 טון/שנה);
- בדיקות של מקטעי צנרת ומתקני PRMS חדשים (28% מהפליטות, כ- 14.7 טון/שנה);
- דליפות קטנות ממחברים ומפעולות תחזוקה נוספות (15% מהפליטות, כ- 7.8 טון/שנה); ו-
- בדיקות פנימיות של צנרת (4% מהפליטות, כ- 2.3 טון/שנה).

הערכת הפליטות כתוצאה מדליפות מבוססת על קצב ידוע של דליפה ידועה אחת בלבד מקו צנרת ימי באזור פלמחים, כפי שנקבע ע"י נתג"ז.

כמות הפליטות המפורטת בדו"ח של חברת Wood מבוססת בעיקר על חישובי הערכות הנדסיות לפי תוכנית התחזוקה השנתית ופעולות ההגזה הצפויות של קווים ותחנות חדשות. בהתאם לכך, ניתן לסווג הערכות אלה כרמת חישוב Tier 2 מכיוון שהן מותאמות לישראל אך אינן מבוצעות מדי שנה.

⁵¹ Wood 2020, INGL Estimated Annual Gas Release to the Environment

⁵² לפי צפיפות גז מחצבים של 0.0006894 ק"ג/ליטר: https://www.gov.il/he/Departments/Guides/natural_gas_conecting?chapterIndex=4

לפי משרד האנרגיה⁵³, הפער בין הערכות נתג'ז לבין ההערכות לפי מקדמי IPCC מיוחס לעובדה שהצנרת בישראל נבנתה לפני כעשור בלבד ובהתאם לתקנים סביבתיים מחמירים שאינם מאפשרים פליטות לא-מוקדיות משמעותיות.

יחד עם זאת בהסתמך על הבאים, ייתכן וכמות הפליטות ממערכת ההולכה הוערכה בחסר:

(1) הכמויות שהוערכו עבור דליפות מרכיבי ציוד לא בוצעו לפי מתודולוגיית הכימות המקובלת על המשרד להגנ"ס (כפי שהיא נדרשת ומבוצעת גם באתרי ההפקה והעיבוד) - לפיה יש להתבסס על ספירה של כלל רכיבי הציוד (הדולפים ושאינם דולפים), ולהפעיל מקדמי פליטה גם על רכיבי הציוד שלא זוהו כדולפים במסגרת ממצאי ניטור הדליפות (leak/No-leak).

(2) חסרה התייחסות לפליטות משימוש בגז מחצבים להפעלה פניאומטית של מכשירים בתחנת ה-PRMS ברידינג;

(3) חסרה הערכה של פליטות מנישוף לצורך הפחתת לחץ.

(4) פערי מדידה - לפי דו"ח מסכם לשנת 2020 של רשות הגז הטבעי⁵⁴, קיים פער של BCM 0.06 (כ-41,364 טון מתאן⁵⁵) בין כמות הגז הכוללת שסופקה למשק הישראלי לבין הכמות שנצרכה, הנגרם בשל "איבודים" (המירכאות במקור) ופערי מנייה ומדידה בתהליכי הולכת וחלוקת הגז. לפי דו"חות הפרשי המדידה המפורסמים ע"י נתג'ז⁵⁶, "פער המדידה" (UFG – Unaccounted For Gas) הוא הפרש חיובי או שלילי בין כל מוני הכניסה למערכת לבין כל מוני היציאה ממנה, לאחר שההפסדים והגז לצריכה עצמית (תחזוקה והגזה) של נתג'ז מקוזזים מהחישוב. כלומר, פערי המדידה אמורים לנבוע אך ורק מדיוק המונים ($\pm 1\%$ לפי הדו"חות). עם זאת, כמעט בכל החודשים (35 מתוך 36 חודשים) שעבורם פורסמו הפרשי המדידה עד עתה (ינואר-דצמבר בין השנים 2019-2021) - הפרש המדידה היה חיובי. מבחינה סטטיסטית, הציפייה היא שלאורך זמן ההפרשים יהיו מאוזנים, כך שבחלק גדול יותר מהחודשים יתקבל גם הפרש מדידה שלילי.

⁵³ משרד האנרגיה ינואר 2021 - תרומת פליטות לא מוקדיות של מתאן לאפקט החממה / ד"ר עינת מגל: https://www.gov.il/BlobFolder/reports/methane_fugitive_emissions/he/methane_fugitive_emissions.pdf

⁵⁴ משרד האנרגיה, רשות הגז הטבעי - סקירת ההתפתחויות במשק הגז הטבעי, סיכום לשנת 2020: https://www.gov.il/BlobFolder/reports/ng_2020/he/ng_2020.pdf

⁵⁵ לפי צפיפות גז מחצבים של 0.0006894 ק"ג/ליטר: https://www.gov.il/he/Departments/Guides/natural_gas_conecting?chapterIndex=4

⁵⁶ אתר נתג'ז - צריכה בפועל, ביקושים והפרשי מדידה של גז טבעי: <https://www.ingl.co.il/%d7%a0%d7%aa%d7%95%d7%a0%d7%99-%d7%94%d7%9e%d7%a2%d7%a8%d7%9b%d7%aa/%d7%9e%d7%a2%d7%a8%d7%9b%d7%aa-%d7%94%d7%94%d7%95%d7%9c%d7%9b%d7%94>

לפיכך, כימות הפליטות עבור מקטע זה בוצע לפי מקדמי Tier 1 של IPCC למערכות הולכה. כאמור, מקדם הפליטה המתאים ביותר הוא זה העומד על 2.08 טון מתאן/ק"מ צנרת, וכמות הפליטות המתקבלת לפיו עבור אורך הצנרת בישראל (719 ק"מ בסה"כ) עומדת על 1,496 טון מתאן/שנה.

מסוף לייבוא LNG

ככל הידוע, נכון להיום לא בוצעה הערכת פליטות פרטנית עבור האוניה המגוזת והמסוף לייבוא LNG מול חופי חדרה. הערכות חברת נת"ז אינן כוללות התייחסות לכך מכיוון שהאונייה המגוזת אינה נמצאת תחת אחריותה אלא מוכרת ע"י חברת החשמל לישראל, וחברת החשמל לישראל אינה מדווחת על פליטות מפעילות זו למפלי"ס מכיוון שלא מדובר בסוג פעילות הנדרש בדיווח.

האונייה המגוזת צפויה להפסיק את פעילותה בשנת 2022 (לאחר תחילת אספקת הגז גם ממאגר כריש, שתייתר את הצורך בגיבוי ע"י האוניה), אך המקשר הימי עצמו (המסוף לייבוא) ימשיך לשמש תשתית חיונית למקרה הצורך בעתיד⁵⁷.

5.5 חלוקה (Distribution)

פליטות לא-מוקדיות מתרחשות במקטע זה ממערכות המשמשות לחלוקת הגז בלחץ נמוך (עד 16 בר) באמצעות קווי צנרת תת-קרקעיים ראשיים (mains) ומשניים (service) עד לצרכני הקצה. מקורות הפליטה כוללים דליפות מהצנרת, תחנות PRMS/PRS ומונים.

מערכת החלוקה בישראל מוזנת ע"י מערכת ההולכה ומספקת גז בלחץ נמוך לצרכנים תעשייתיים קטנים ולצרכנים ביתיים. המערכת מתוכננת, מוקמת ומתופעלת על ידי 6 בעלי רישיונות החלוקה והיא מצויה בבעלותם ובאחריותם, באזורים - חיפה והגליל, חדרה והעמקים, מרכז, נגב, דרום וירושלים. המערכת נבנתה על פי תקן ישראלי המבוסס על התקן האירופי EN-12007⁵⁸.

נכון לשנת 2020, אורך צנרת החלוקה בישראל עומד על כ- 554 ק"מ, מתוכם 424 ק"מ מוגזים, ומחוברים אליה 110 צרכנים תעשייתיים. למערכת החלוקה מחוברים גם צרכניים ביתיים בדימונה, ערד, באר שבע ואופקים, ובמהלך שלוש השנים הקרובות מתוכננת לחיבור עוד למעלה מ- 31 אלף יחידות דיור (מספר יחידות הדיור המחוברות כיום אינו ידוע). כמו כן, חלק ממפעלי התעשייה

⁵⁷ משרד האנרגיה, רשות הגז הטבעי – סקירת ההתפתחויות במשק הגז הטבעי, סיכום לשנת 2020: https://www.gov.il/BlobFolder/reports/ng_2020/he/ng_2020.pdf

⁵⁸ משרד האנרגיה, גז טבעי, מערכת ההולכה והחלוקה, רשת החלוקה: https://www.gov.il/he/departments/guides/distribution_area?chapterIndex=2

צורכים גז מחצבים דחוס (CNG) המשונע במשאיות. כמות הגז הכוללת שסופקה לצרכנים דרך מערכת החלוקה בשנת 2020 עמדה על 0.25 BCM בלבד⁵⁹.

במערכת החלוקה יש 125 תחנות PRMS/PRS⁶⁰ (כולל תחנות בצרכני הקצה), ובנוסף להן קיימות כ-100 תחנות הגפה של חברות החלוקה הכוללות ברזי וויסות ואמצעים להוספת ריחן (מולקולה בעלת ריח אך לא נחשבת כרעילה) לגז (THT).

5.5.1 כימות הפליטות ממקטע החלוקה - IPCC

לפי המדריך של IPCC, ניתן להעריך את הפליטות ממקטע החלוקה לפי מקדמי רמת החישוב Tier 1, וכפי שניתן לראות בטבלה 4, ביחס לכמות הגז שנצרכה או ביחס לאורך הצנרת, אך מצוין כי אורך הצנרת משקף בצורה טובה יותר את הפליטות. המדריך מבחין בין מקדמי פליטה המיועדים למערכות חלוקה שונות לפי חומרי המבנה של הצנרת (צנרת העשויה ברובה מפלסטיק או לא) ולפי ביצוע תוכניות LDAR. מקדמי הפליטה עבור אחסון גז לטווח קצר⁶¹ ועבור חלוקה של גז עירוני⁶² אינם רלוונטיים לישראל.

טבלה 4: מקדמי Tier 1 של IPCC לפליטת מתאן ממערכות חלוקה

מקדם פליטת מתאן	ייעוד מקדם הפליטה
2.92 טון/מיליון מ"ק גז נצרך	מע' חלוקה שבהן פחות ממחצית מהצנרת עשויה מפלסטיק, <u>או</u> שמבוצע עבורן LDAR מוגבל או לא מבוצע LDAR כלל
1.17 טון/ק"מ צנרת	
0.62 טון/מיליון מ"ק גז נצרך	מע' חלוקה שבהן מרבית הצנרת עשויה מפלסטיק, <u>ושמבוצעת</u> עבורן תוכנית LDAR
0.23 טון/ק"מ צנרת	

⁵⁹ משרד האנרגיה, רשות הגז הטבעי – סקירת ההתפתחויות במשק הגז הטבעי, סיכום לשנת 2020: https://www.gov.il/BlobFolder/reports/ng_2020/he/ng_2020.pdf

⁶⁰ משרד האנרגיה ינואר 2021 - תרומת פליטות לא מוקדיות של מתאן לאפקט החממה / ד"ר עינת מגל: https://www.gov.il/BlobFolder/reports/methane_fugitive_emissions/he/methane_fugitive_emissions.pdf

⁶¹ Short term surface storage - a man-made above-ground storage facilities, for storage of medium-sized quantities of natural gas, help meet and balance rapid fluctuations in demand. Spherical and pipe storage tanks, and other types of low-pressure containers, are used for this purpose

⁶² The composition of town gas differs from natural gas and therefore emissions are estimated for town gas using distinct emission factors

ככל הידוע במערכת החלוקה בישראל לא מבוצעת כיום תכנית LDAR, וחומרי המבנה אינם ידועים. לכן מבין מקדמי Tier 1 של IPCC למקטע זה, מקדם הפליטה המתאים ביותר הוא זה העומד על 1.17 טון מתאן/ק"מ צנרת, וכמות הפליטות המתקבלת לפיו עבור אורך הצנרת המוגזת בישראל (424 ק"מ בסה"כ) עומדת על 496 טון מתאן/שנה.

מקדם פליטה זה מבוסס על מידע ממסמך משנת 1996 של מכון אמריקאי למחקרי גז, כפי שהוטמע במצאי גזי החממה של ארה"ב שפורסם בשנת 2018 (עבור השנים 1990-2016) לצורך הערכת הפליטות לשנת 1992. כאמור לעיל, מקטע החלוקה במצאי האמריקאי כולל גם את תחנות ה-PRMS בגבול שבין מערכות ההולכה והחלוקה (תחנות PRMS בלחץ כניסה גבוה מ-300 psi שהם כ-20 bar), אך בישראל הן משויכות למערכת ההולכה.

5.5.2 כימות הפליטות ממקטע החלוקה – מדינות אחרות

- **בריטניה** - במצאי פליטות גזי החממה של בריטניה הערכת הפליטות ממערכת החלוקה מתבצעת כיום ע"י החברות הפרטיות המפעילות את 14 אזורי החלוקה השונים של גז בלחץ נמוך ובינוני בבריטניה, בהתבסס על מודל אחיד לחישוב דליפות (UK Gas Network Leakage Model). המודל פותח ע"י חברת British Gas שתפעלה בעבר את כל מערכת החלוקה בבריטניה. המודל עושה שימוש במקדמים ובהנחות שונות לגבי קצבי דליפה מקווים ומסוגי ציוד שונים, בהתבסס על מדידות וסקרים שנערכו בשנים 1992 ו-2002, והוא עובר עדכונים שנתיים בהתאם לשינויים שבוצעו בתשתיות החלוקה בבריטניה.
- **נורבגיה** - במצאי פליטות גזי החממה של נורבגיה הערכת הפליטות ממקטע החלוקה מבוססת על מקדם ברירת מחדל יחיד מהמדריך הקודם של IPCC שפורסם בשנת 2006, לפני העדכון שנערך בשנת 2019.
- **ארה"ב** - במצאי פליטות גזי החממה של ארה"ב מפורטים מגוון מקדמי פליטה למקורות פליטה ולסוגי ציוד שונים במקטע החלוקה: (1) לדליפות מהצנרת בחלוקה לפי קווים ראשיים ומשניים ולפי חומרי המבנה; (2) לתחנות ה-PRMS בחלוקה לפי לחץ הגז בכניסה לתחנה; (3) למונים של צרכני הקצה בחלוקה לפי צרכנים ביתיים, מסחריים או תעשייתיים; (4) לתחזוקה שוטפת; ו- (5) לתקלות. המקדמים מבוססים על מידע ממסמך משנת 1996 של מכון אמריקאי למחקרי גז ועל מחקר אמריקאי משנת 2015 הכולל בין היתר מדידות בפועל במערכת החלוקה בארה"ב.
- **אוסטרליה** - במצאי פליטות גזי החממה של אוסטרליה- הפליטות ממקטע החלוקה אינן נמדדות באופן ישיר, אך חייבות להתבסס על הערכות פערי המדידה בין מוני הכניסה ליציאה מהמערכת. החל משנת 2018 ועד עתה ההנחה היא ש-37.3% מהפרשי המדידה במערכת החלוקה מיוחסים לדליפות (בשנים קודמות יוחסו אחוזים גבוהים יותר). פערי המדידה

במערכות החלוקה השונות באוסטרליה שונים מאוד זה מזה: החל מ- 0.2% בטזמניה ועד ל- 4.9% בדרום אוסטרליה⁶³.

5.5.3 כימות הפליטות ממקטע החלוקה – מדינת ישראל

בישראל, למערכת החלוקה בוצעה לאחרונה הערכת פליטות פרטנית בדו"ח של משרד האנרגיה⁶⁴. לפי הדו"ח, היקף הפליטות הלא מוקדיות ממקטע החלוקה בישראל עומד על **1.1 טון מתאן/שנה** בלבד, על בסיס הנחה כי לא קיימות דליפות מהותיות מקווי הגז בשגרה, וכי מקור הגז הנפלט הוא בפעולות תחזוקה בתחנות ה- PRMS/PRS ובפעולות הגזה של קווים בלבד.

הפער בין הערכות משרד האנרגיה לבין ההערכות המתקבלות לפי IPCC מיוחס בדו"ח לעובדה שהתשתית בישראל קצרה, חדשה מאוד והרבה פחות מסועפת בהשוואה לעולם.

כמויות הפליטות המפורטות בדו"ח של משרד האנרגיה מבוססות בעיקר על חישובי הערכות הנדסיות לפי תוכנית התחזוקה השנתית ופעולות ההגזה הצפויות. בהתאם לכך, ניתן לסווג הערכות אלה כרמת חישוב Tier 2 מכיוון שהן מותאמות לישראל אך אינן מבוצעות מדי שנה. הערכות אלה אינן כוללות כלל התייחסות לדליפות מרכיבי ציוד, למרות שככל הידוע כיום לא מבוצעות כלל תוכניות LDAR.

לפיכך, כימות הפליטות עבור מקטע זה בוצע לפי מקדמי Tier 1 של IPCC למערכות חלוקה. כאמור, מקדם הפליטה המתאים ביותר הוא זה העומד 1.17 טון מתאן/ק"מ צנרת, וכמות הפליטות המתקבלת לפיו עבור אורך הצנרת המוגזת בישראל (424 ק"מ בסה"כ) עומדת על **496 טון מתאן/שנה**. ככל הידוע נכון להיום, הפרשי המדידה במערכת החלוקה בישראל אינם ידועים.

5.6 צרכני קצה (Post-Meter)

מקטע צרכני הקצה כולל פליטות המתרחשות: (1) לאחר מונה הגז של צרכני הקצה כתוצאה מדליפות מהצנרת הפנימית וממכשירים הפועלים על גז מחצבים (במפעלי תעשייה, בתחנות כוח ובמגזר הבייתי); ו- (2) מרכבים המונעים בגז מחצבים כתוצאה מתדלוק, ריקון צילינדרים

⁶³ Australian Government, Department of Industry, Science, Energy and Resources – National Greenhouse Accounts Factors, October 2020: <https://www.industry.gov.au/sites/default/files/2020-10/national-greenhouse-accounts-factors-2020.pdf>

⁶⁴ משרד האנרגיה ינואר 2021 - תרומת פליטות לא מוקדיות של מתאן לאפקט החממה / ד"ר עינת מגל: https://www.gov.il/BlobFolder/reports/methane_fugitive_emissions/he/methane_fugitive_emissions.pdf

המשמשים לאחסון הגז בלחץ גבוה, בדיקות לחץ ושחרורי לחץ מכלי הרכב. פליטות כתוצאה מהתנעות והדממות של מכשירים ומתקני שריפת גז אינן כלולות.

5.6.1 כימות הפליטות ממקטע צרכני קצה - IPCC

לפי המדריך של IPCC, וכפי שניתן לראות בטבלה 5, ברמת החישוב Tier 1 למקטע זה מפורטים 3 מקדמי פליטה המתייחסים למקורות הפליטה השונים. להלן פירוט מקדמי הפליטה וכמות הפליטות המתקבלת לפיהם בישראל:

טבלה 5: מקדמי Tier 1 של IPCC לפליטת מתאן ממקטע צרכני הקצה והערכת הפליטות

ייעוד הפליטה	מקדם	מקדם פליטת מתאן	הערכת פליטות מתאן (טון/שנה)	הנחות חישוב
רכבים המונעים בגז מחצבים	0.0003	טון/רכב	0.1	226 רכבים בישראל ⁶⁵
מכשירים הפועלים על גז מחצבים במגזר המסחרי והבייתי	0.004	טון/מכשיר	28	כ- 7,000 צרכני קצה במגזר המסחרי והבייתי ⁶⁶ . בכל אחד מכשיר אחד הפועל על גז מחצבים (הנחיית IPCC למדינות חמות)
דליפות פנימית תעשייה ובתחנות כוח	0.4	טון/מיליון מ"ק גז נצרך	4,720	בשנת 2020 נצרכו BCM 11.8 גז במשק המקומי ⁶⁷
סה"כ -			4,748	

מקטע צרכני הקצה מופיע לראשונה רק במדריך העדכני של IPCC משנת 2019, בעוד במדריך הקודם משנת 2006 השלב האחרון בשרשרת הוא נקודת המכירה האחרונה לצרכן. סביר להניח שזו הסיבה לכך שההתייחסות למקטע זה במצאי הפליטות של מדינות אחרות היא חלקית או חסרה, כפי שמפורט להלן:

⁶⁵ נתוני אגף תחבורה במשרד להגנ"ס נכון לחודש יולי 2021

⁶⁶ משרד האנרגיה, רשות הגז הטבעי, דו"ח השפעת רגולציה חדשה (RIA) תיקון חוק הגז (בטיחות ורישוי), התשמ"ט-1989

מקטע –

<https://www.tazkirim.gov.il/sfc/servlet.shepherd/version/download/0683Y00000CDeF9QAL>

⁶⁷ משרד האנרגיה, רשות הגז הטבעי – סקירת ההתפתחויות במשק הגז הטבעי, סיכום לשנת 2020: https://www.gov.il/BlobFolder/reports/ng_2020/he/ng_2020.pdf

5.6.2 כימות הפליטות ממקטע צרכני קצה – מדינות אחרות

- **בריטניה** - במצאי פליטות גזי החממה של בריטניה, פליטות המתרחשות בנקודה בה נצרך הגז מדווחות כיום תחת מקטע החלוקה ולא כמקטע נפרד. המצאי הבריטי מתייחס רק לפליטות שמקורן בשימוש בייתי ומסחרי בגז לצרכי חימום ובישול המתרחשות בטרם ההצתה, לפי מקדם פליטה בריטי ביחס לכמות הגז שנצרכה. המצאי הבריטי מניח שלא מתרחשות פליטות כתוצאה משימוש בגז כדלק בדוודים תעשייתיים, מכיוון שהם פועלים כמעט ברציפות ללא עצירות והתנעות, ומכיוון ששחרור גז שאינו נשרף מבוקר בקפידה במתקנים תעשייתיים מסיבות בטיחותיות. במצאי הבריטי אין כלל התייחסות לדליפות מהצנרת הפנים מפעלית, וגם לא לפליטות שמקורן בתדלוק רכבים המונעים בגז מחצבים.
- **נורבגיה** - במצאי פליטות גזי החממה של נורבגיה אין כלל התייחסות למקטע זה.
- **ארה"ב** - במצאי פליטות גזי החממה של ארה"ב אין כיום התייחסות נפרדת למקטע זה, אך מצוין כי ה-EPA שוקל לעדכן את המצאי עבורו החל מהשנה הבאה על מנת שיתאים למדריך העדכני של IPCC. בחודש ספטמבר 2021 פורסם מסמך המתאר את שיקולי ה-EPA לגבי הכללת המקטע במצאי של ארה"ב⁶⁸.
- **אוסטרליה** - במצאי פליטות גזי החממה של אוסטרליה מוערכות פליטות ממכשירים ביתיים ומסחריים הפועלים על גז מחצבים לפי מקדמי פליטה שפותחו עבור סוגי מכשירים שונים בהתבסס על מדידות. דליפות מהצנרת הפנימית במפעלים ובתחנות כוח ופליטות מרכבים המונעים בגז מחצבים מחושבות לפי מקדמי Tier 1 של IPCC משנת 2019.

5.6.3 כימות הפליטות ממקטע צרכני הקצה – מדינת ישראל

בישראל, למקטע צרכני הקצה אין כיום הערכת פליטות פרטנית ברמת חישוב גבוהה יותר (Tier 2, Tier 3). פליטות כתוצאה משימוש בגז מחצבים כדלק במפעלים ובתחנות הכוח המדווחים למפל"ס מחושבות באמצעות מחשבון שריפת דלקים המבוסס על מקדמי פליטת מתאן מתוך מדריך קודם של IPCC⁶⁹. מקדמים אלה מחשבים למעשה רק את פרקציית הגז שאיננה נשרפת במלואה במתקן השריפה. נוהל LDAR הנוכחי⁷⁰ של המשרד להגני"ס אינו מבוצע בפועל על צנרת גז המחצבים

⁶⁸ USEPA, September 2021 - Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks 1990-2020: Updates Under Consideration for Post-Meter Emissions: https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-09/2022-ghgi-update-post-meter_sept-2021.pdf

⁶⁹ גרסת מדריך IPCC שפורסמה בשנת 2006, אך המקדמים לפליטת מתאן משריפת דלקים לא עברו עדכון בגרסת 2019

⁷⁰ המשרד להגני"ס, אגף איכות אוויר ושינוי אקלים, 2008 - נוהל ביצוע תוכנית לאיתור וטיפול בדליפות מרכיבי ציוד (LDAR):

הפנימית במפעלים ובתחנות כוח, ולכן בנתונים המדווחים למפל"ס אין כרגע התייחסות לדליפות אפשריות מהצנרת הפנים מפעלית שבין המונים למתקני השריפה. פליטות מצריכת גז במגזר המסחרי והבייתי או מרכבים המונעים בגז מחצבים אינן מדווחות.

כימות הפליטות עבור מקטע זה בוצע לפי מקדמי Tier 1 של IPCC לצרכני קצה וכמות הפליטות המתקבלת עומדת על 4,748 טון מתאן/שנה.

5.7 פליטות אחרות (Other)

פליטות אחרות ממערכות גז מחצבים הן כאלה שאינן מחושבות במסגרת המקטעים האחרים, והן עשויות לכלול התפרצות של בארות, התבקעות של צנרות או פגיעה בהן במהלך חפירות, תאונות ושחרורי לחץ בחירום.

5.7.1 כימות פליטות אחרות - IPCC

לפי המדריך של IPCC, למקרים אלה לא מפורטים מקדמי Tier 1 מכיוון שהערכת הפליטות מהם צריכה להתבצע לגופו של מקרה, לעתים תוך שילוב מקדמי פליטה והערכות הנדסיות.

5.7.2 כימות פליטות אחרות – מדינות אחרות

- **בריטניה ונורבגיה** - במצאי פליטות גזי החממה של בריטניה ושל נורבגיה אין התייחסות לפליטות אחרות כמקטע נפרד. יחד עם זאת, במצאי הבריטי מצוין כי כיום אין מידע זמין להערכת פליטות מהתפרצויות של בארות גז ונפט, למעט הערכות שבוצעו עבור ההתפרצות שהתרחשה באסדת Elgin בשנת 2012, ומבוססות על תצפיות של קצב זרימת המתאן במשך 5 ימים לפי דגימות אוויר ואנליזות מטיסות מחקר.
- **ארה"ב** - במצאי פליטות גזי החממה של ארה"ב אין כיום התייחסות נפרדת למקטע זה, אך מצוין כי בשנים האחרונות נערכו מספר מחקרים בנושא שבחלקם כומתו פליטות מאירועי התפרצות בארות, ושה-EPA שוקל לעדכן את המצאי עבורו החל מהשנה הבאה.
- **אוסטרליה** - במצאי פליטות גזי החממה של אוסטרליה נכללות תחת מקטע זה פליטות מבארות גז נטושות (ראה סעיף 5.8 בהמשך) ומצרכני קצה (ראה סעיף 5.6 לעיל).

5.7.3 כימות פליטות אחרות – מדינת ישראל

בישראל, ככל הידוע כיום אין פליטות מסוג זה ולכן בשלב זה אין הערכת פליטות.

5.8 בארות גז נטושות (Abandoned Gas Wells)

נטישה של שדה נפט או גז כרוכה על פי רוב באטימה של בארות מפיקות, בניקוי וסילוק מתקנים ובהשבת סביבת הפיתוח לקדמותה.

בישראל, אסדת מרי-B הפסיקה את הפקת הגז בשנת 2019, וכיום 15 בארותיה הימיות אינן פעילות. לפי ההערכות אטימת בארות אלה צפויה להסתיים במהלך שנת 2022.

יש לציין גם את מאגר הגז היבשתי "ראש זוהר" באזור ערד שסיפק בעבר גז לשכונות מסוימות בערד ובדימונה והידלדל באופן משמעותי⁷¹. מספר בארותיו הנטושות וסטטוס אטימתן אינו ידוע.

5.8.1 כימות הפליטות מבארות נטושות - IPCC

לפי המדריך של IPCC, וכפי שניתן לראות בטבלה 6, המידע הקיים לגבי בארות נטושות איננו מאפשר להבחין בין פליטות מבארות נפט או גז נטושות, ולכן עבור בארות גז נטושות מפנה המדריך לסעיף העוסק בבארות נפט נטושות. במדריך נתונים 6 מקדמי פליטה שונים ברמת חישוב Tier 1 עבור בארות נטושות – בחלוקה ליבשתיות ולימיות, ובחלוקה נוספת לכאלה שנאטמו, שלא נאטמו ושלא ידוע (שנאטמו או שלא).

המקדמים לבארות הימיות הנטושות מבוססים על מקדמי פליטה המיועדים לבארות יבשתיות לאחר הכפלה במקדם הפחתה של 0.02, המשקף את העובדה שרוב המתאן הנפלט בקרקעית הים (כ- 98%) מומס במי הים, ולכן אינו מגיע לאטמוספירה.

טבלה 6 : מקדמי Tier 1 של IPCC לפליטת מתאן מבארות נטושות

מקדם פליטת מתאן (טון/באר)	ייעוד מקדם הפליטה
2.5E-05	בארות יבשתיות נטושות שנאטמו
8.8E-02	בארות יבשתיות נטושות שלא נאטמו

⁷¹ משרד האנרגיה, רשות הגז הטבעי, דו"ח השפעת רגולציה חדשה (RIA) תיקון חוק הגז (בטיחות ורישוי), התשמ"ט-1989 – מקטע ביתי:

<https://www.tazkirim.gov.il/sfc/servlet.shepherd/version/download/0683Y000000CDeF9QAL>

מקדם פליטת מתאן (טון/באר)	ייעוד מקדם הפליטה
1.2E-02	כל הבארות היבשתיות הנטושות (שנאטמו או לא)
3.5E-07	בארות ימיות נטושות שנאטמו
1.8E-03	בארות ימיות נטושות שלא נאטמו
2.4E-04	כל הבארות הימיות הנטושות (שנאטמו או לא)

בהנחה שאטימית בארות מרי-B טרם הושלמה במלואה, מקדם הפליטה המתאים ביותר הוא זה העומד על $2.4E-04$ טון מתאן/באר, וכמות הפליטות המתקבלת לפיו עבור 15 בארות עומדת על כ- **0.004 טון מתאן/שנה**.

לגבי הבארות היבשתיות הנטושות של מאגר "ראש זוהר" – בשלב זה המידע חסר אך הן לא צפויות להוות מקור פליטה משמעותי ביחס לכלל השרשרת.

גם מקטע זה (בדומה למקטע צרכני הקצה) מופיע לראשונה רק במדריך העדכני של IPCC משנת 2019, ולכן גם כאן סביר להניח שזו הסיבה לכך שההתייחסות אליו במצאי הפליטות של מדינות אחרות היא חלקית או חסרה, כפי שמפורט להלן:

5.8.2 כימות הפליטות מבארות נטושות - מדינות אחרות

- **בריטניה ונורבגיה** - במצאי פליטות גזי החממה של בריטניה ושל נורבגיה אין כלל התייחסות לבארות נטושות.
- **ארה"ב** - במצאי פליטות גזי החממה של ארה"ב אין התייחסות ספציפית לבארות ימיות נטושות, אלא ליבשתיות בלבד.
- **אוסטרליה** - במצאי פליטות גזי החממה של אוסטרליה מחושבות הפליטות לפי מקדמי Tier 1 של IPCC.

5.8.3 כימות הפליטות מבארות נטושות - ישראל

בישראל, ככל הידוע כיום לא בוצעה הערכת פליטות פרטנית לבארות הנטושות.

6 סיכום הערכת הפליטות ופעולות לשיפור האומדן

טבלה 7 מסכמת את הערכת פליטות המתאן מהמקטעים השונים בהתאם לתיעדוף רמות החישוב של IPCC, קרי – העדיפות הגבוהה ביותר להערכות חישוב פרטניות מאתרים ספציפיים (Tier 3) המגובות בממצאי ניטור ומדידה בפועל (הפקה, עיבוד); כעדיפות שנייה יישום Tier 2 אם רלוונטי; במקרים בהם אין הערכות חישוב פרטניות (אחסון וייבוא LNG, צרכני קצה, בארות נטושות) או שההערכות הפרטניות אינן שלמות ואינן מגובות בממצאי ניטור בפועל (הולכה, חלוקה) נעשה שימוש במקדמי Tier 1.

טבלה 7: סיכום הערכת פליטות מתאן במקטעים השונים (טון/שנה)

מקטע	מקדמי Tier 1 של IPCC - כל הטווח	מקדם Tier 1 של IPCC - מתאים	הערכות פרטניות מקומיות קיימות	כימות הפליטות באומדן זה	רמת חישוב (Tier)	הערות
חיפוש	-	-	-	-	-	
הפקה (אסדות)	45,394	45,394	359	359	Tier 3	דיווחי מפל"ס לשנת 2020 מאסדות תמר ולוויתן (ללא שריפת דלקים).
בארות הפקה ימיות וצנרת ימית (חלק ממקטע ההפקה)	-	-	-	2	משולב	ללא התייחסות פרטנית בעולם, מוערך ע"פ המלצת רגולטורים מארה"ב והעקרון המתואר במדריך של IPCC
עיבוד (AOT)	6,150 – 15,006	6,150	80	*80	Tier 3	דיווחי מפל"ס לשנת 2020 ממתקן AOT (ללא שריפת דלקים). יחד עם זאת, ראינו שניתן לשפר את דיוק החישובים על בסיס TIER-3 ובכוונת המשרד לדרוש ביצוע מדידות נוספות בחידוש היתר הפליטה למתקן
מערכת ההולכה	1,496 – 53,760	1,496	53.5	1,496	Tier 1	בהערכה הפרטנית שבוצעה ע"י נתג"ז, אין כימות דליפות לפי מתודולוגיה המקובלת על המשרד עבור דליפות מהצנרת. באומדן זה נעשה שימוש במקדם המתאים לאורך צנרת.
אחסון וייבוא LNG (חלק ממקטע ההולכה)	1,682	1,682	-	1,682	Tier 1	המקשר הימי (נתג"ז) והמגוזות מול חופי חדרה (חח"י)
חלוקה	98 – 730	496	1.1	496	Tier 1	ההערכה הפרטנית המקומית (משרד האנרגיה) הקיימת מניחה כי אין דליפות
צרכני קצה	4,748	4,748	-	4,748	Tier 1	הרוב המוחלט מיוחס לדליפות מצנרת פנימית במפעלים ותחנות כוח
פליטות אחרות	-	-	-	-	-	אירועים לא שגרתיים שאינם כלולים במקטעים אחרים
בארות נטושות	0.00001 – 0.03	0.004	-	0.004	Tier 1	15 בארות מרי-B בלבד, לא כולל הבארות היבשתיות של מאגר "ראש זוהר"
סה"כ פליטות מכלל המקטעים במדינת ישראל	59,568 – 121,320	59,966	496	8,863		

כימות הפליטות בעבודה זו מתייחס לכך, שעבור מקטע ההפקה והעיבוד נעשה שימוש ברמת החישוב Tier 3 בהתאם להנחיות ה IPCC. עבור יתר המקטעים רמת החישוב היתה נמוכה יותר, Tier 1. בהתאם לממצאי עבודה זו, סך הפליטות בישראל לשנת 2020 מוערכת ב- 8,863 טון מתאן, שהן כ- 0.3% מסך פליטות גזי החממה (CO₂eq) שדווחו בישראל בשנת 2020.

לאורך הדו"ח ניכר כי מקדמי Tier 1 של IPCC מובילים להערכת פליטות גבוהה יותר משמעותית ביחס להערכות הפרטניות (אם קיימות), בד"כ בכ- 2 סדרי גודל. הערכות הפליטות הגבוהות שחושבו לפי מקדמי Tier 1 מתבטאות גם בהיקף איבודי הגז לאורך המקטע (החלק היחסי של הפליטות מכלל כמות הגז המוזרמת). כפי שמצוין גם במדריך של IPCC, מקדמי Tier 1 עלולים להוביל בקלות לשגיאה של סדר גודל אחד או יותר, ולכן יש להשתמש בהם כמוצא אחרון.

להלן סיכום פעולות לשיפור האומדן לפי מקטעים:

(1) **חיפוש** - הטמעת דרישות תחת היתר הרעלים של מבצעי פעולות חיפוש שיתקיימו בעתיד, לביצוע מדידה ודיווח על כמויות המתאן הנפלטות במהלך פעולות חיפוש חדשים.

(2) הפקה ועיבוד

- הטמעת דרישות נוספות בחידוש היתר הפליטה של מתקן AOT לביצוע מדידות, שיפור ודיוק החישובים על בסיס Tier 3 ;
- שימוש במצלמה תרמית ע"י פקחי המשרד להגנ"ס במהלך סיורי פיקוח לצורך איתור דליפות מרכיבי ציוד, זיהוי נישובים מכוונים ואירועים בהם לא מופעלים לפידים ;

(3) מערכת ההולכה

- הטמעת דרישות תחת היתר הרעלים לביצוע ניטור דליפות מתחנות ההגפה ומתחנות ה-PRMS באמצעות שיטות מקובלות (למשל מצלמה תרמית, והערכות הנדסיות לכימות פליטות מארועים בלתי שגרתיים, שחרורי לחץ וכו'). דרישות אלה יביאו לדיוק האומדן לרמת Tier 3 ;
- הטמעת דרישות תחת היתר הרעלים לביצוע בקרה וכיול של מכשירי המנייה והמדידה בתהליכי הולכת הגז, לצורך דיוק הפערים וקבלת תמונת מצב מדויקת על איבודים במערכת ;
- הטמעת דרישות תחת היתר הרעלים להוספת קו הצנרת הימית של מערכת ההולכה לתוכנית הניטור התקופתי המבוצע לתשתיות הימיות.

(4) **חלוקה** – הטמעת דרישות תחת היתר הרעלים לביצוע ניטור וכימות דליפות מרכיבי ציוד, או לחילופין לבצע סקרים מדגמיים תקופתיים לצורך קביעת קצבי פליטה המאפיינים את

המערכת המקומית על סמך מדידות בפועל והערכות הנדסיות לכימות פליטות מארועים בלתי שגרתיים, שחרורי לחץ וכו'. דרישות אלה יביאו לדיוק האומדן לרמת Tier 3.

(5) **צרכני קצה** – הטמעת דרישות תחת היתרי פליטה עבור צרכני גז גדולים (תעשייה ותחנות כוח)

לביצוע כימות פליטות מתחנות PRMS/PRS ומצנרת גז המחצבים הפנימית באמצעות OGI LDAR. דרישות אלה יביאו לדיוק האומדן לרמת Tier 3.

7 נספח 1 – הרגולציה הפדרלית בארה"ב לניטור ודיווח על פליטות גזי

חממה ממערכות הולכה וחלוקה

לפי החלק העוסק בחובות הדיווח על גזי חממה ממערכות נפט וגז מחצבים ברגולציה הפדרלית בארה"ב⁷², יש לדווח על פליטות של גזי חממה במידה והן גבוהות מ- 25,000 טון שווה ערך פד"ח (CO₂-e) לשנה ממקורות הפליטה הרלוונטיים למקטע:

מערכות הולכה:

במערכת הולכה יבשתית שאינה כוללת דחיסה onshore natural gas - 98.232(m) [transmission pipeline], מקור הפליטות שעליהן יש לדווח הוא נישובים כתוצאה מהפחתת לחץ בצנרת בלבד (pipeline blowdown CO₂ and CH₄ emissions from blowdown vent stacks).

את הנישובים ניתן לחשב באמצעות אחת או יותר משתי שיטות המפורטות ברגולציה עצמה בסעיף 98.233(i) (הערכת נפח הגז המנושב כתוצאה מפעולות שונות, או מד ספיקה).

במערכת הולכה הכוללת גם דחיסה onshore natural gas transmission - 98.232(e) [compression], יש לדווח בין היתר גם על דליפות מרכיבי ציוד.

כלומר, ניטור ודיווח על דליפות מרכיבי ציוד נדרש רק כאשר יש תחנות דחיסה.

עם זאת, כן נדרש ניטור ודיווח על דליפות מרכיבי ציוד המשויכים בארה"ב למקטע החלוקה, אך משויכים בישראל למערכת ההולכה – בתחנות ה- PRMS הנמצאות מעל לגובה פני הקרקע בגבול שבין מערכת ההולכה לחלוקה (ראה פירוט בטבלה 8 בהמשך תחת מערכות חלוקה).

מערכות חלוקה:

בטבלה 8 מפורטים מקורות הפליטה השונים במקטע החלוקה [סעיף 98.232(i) ברגולציה], אופן הערכת הפליטות הנדרש מהם [סעיפים (z), (r), (q) 98.233 ברגולציה] ושיטות הניטור הנדרשות [סעיפים 98.234(a)(1-5) ברגולציה]:

⁷² Code of Federal Regulations Title 40 (40 CFR), Chapter I, Subchapter C, Part 98 (Mandatory Greenhouse Gas Reporting), Subpart W (Petroleum and Natural Gas Systems): https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?node=sp40.23.98.w&rgn=div6#se40.23.98_1234

טבלה 8: מקורות פליטה, אופן הערכת הפליטות ושיטות הניטור הנדרשות במערכת החלוקה לפי הרגולציה הפדרלית בארה"ב

מקור פליטה במערכת החלוקה	אופן הערכת הפליטות ושיטות הניטור
1. דליפות מרכיבי ציוד כגון מחברים, מגופים, ברזי שליטה, PRV's, מדי ספיקה, ווסתים וקווים פתוחים (open-ended lines) בתחנות PRMS הנמצאות מעל לגובה פני הקרקע בגבול שבין מערכת ההולכה לחלוקה (above grade transmission-distribution transfer stations ⁷³)	ניטור אחת לשנה באמצעות אחת מהשיטות הבאות: א. מצלמה תרמית (OGI); ב. שיטה 21 (גלאי VOC); ג. מכשיר קרן לייזר אינפרא-אדום; ד. מכשיר אקוסטי לגילוי דליפות
2. דליפות מרכיבי ציוד בחלק שמתחת לגובה פני הקרקע בתחנות ההשקה שבין מערכת ההולכה לחלוקה	אין חובה לבצע ניטור בפועל. הערכת פליטות באמצעות נוסחת חישוב המפורטת ברגולציה עצמה, המבוססת על ספירה של רכיבי ציוד והכפלתם במקדמי פליטה ובשעות הפעילות שלהם. מערכות צנרת שקוטרן שווה או קטן מ- 0.5" מוחרגות
3. דליפות מרכיבי ציוד בחלק שמעל לגובה פני הקרקע של תחנות מדידה והפחתת לחץ, שאינן תחנות השקה	
4. דליפות מרכיבי ציוד בחלק שמתחת לגובה פני הקרקע של תחנות מדידה והפחתת לחץ	
5. דליפות מרכיבי ציוד בקווי חלוקה ראשיים (Distribution main)	
6. דליפות מרכיבי ציוד בקווי חלוקה משניים (Distribution services)	
7. מתקני שריפת דלקים	במידה ורלוונטי, יש להגיש נתונים המפורטים ברגולציה עצמה (לא מפורט במסגרת דו"ח זה)

⁷³ Transmission-distribution (T-D) transfer station means a metering-regulating station where a local distribution company takes part or all of the natural gas from a transmission pipeline and puts it into a distribution pipeline

