

קורוזיה במערכות גז טבעי: ניטור, בקרה ומניעה

1821 – אמריקה

1999 – גילוי גז בישראל

2011 – תוכנית אנרגיה, טכניון



2009
2013

אליק גרויסמן

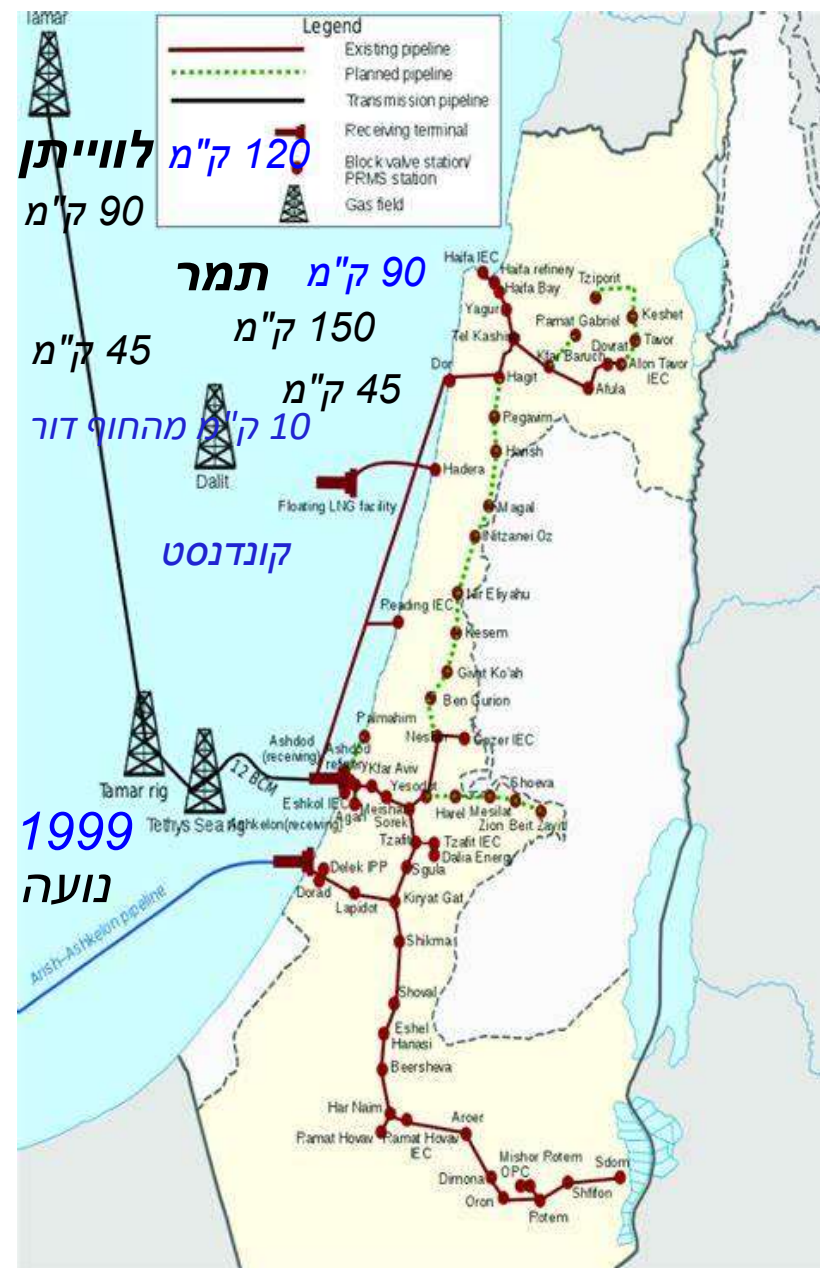
Website: www.groysmanalec.com

Email: alecgroysman@gmail.com

הכנס הישראלי לקורוזיה ה-14

כפר המכביה, רמת גן

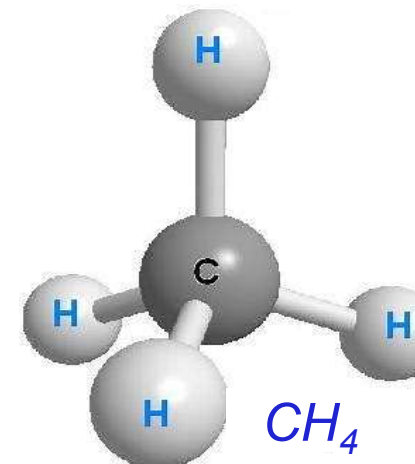
5 באפריל 2022



קורוזיה במערכות גז טבעי

הרכב כימי של גז טבעי וקורוזיביותו

מתאן	CH_4	70-99%
אתאן	C_2H_6	0 - 20%
פרופאן	C_3H_8	
בוטאן	C_4H_{10}	
פחמן דו-חמצני	CO_2	0-8%
חמצן	O_2	0-0.2%
חנקן	N_2	0-5%
מימן גופרי	H_2S	0-5%
גזים אצילים	He, Ne, Ar, Xe	עקבות



גז "מתוק"
קורוזיה "מתוקה"

בעיות קורוזיה מתחילות
[O₂] > 50 ppmv

קורוזיה "חמוצה"
[H₂S] > 4 ppmv



← H_2O

Benzene, toluene, ethylbenzene,
and xylene (BTEX)



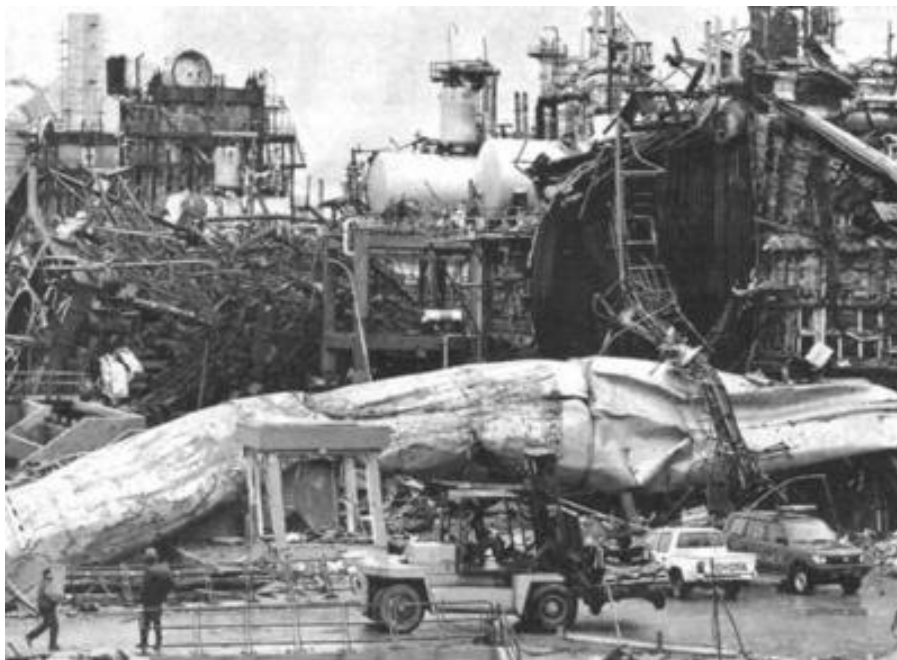
חומרים פולימרים



$$\leq 0.01 \mu g/m^3$$

AI - פריכות מתכת נוזלית - סוג של סידוק קורוזיית מאמצים

מפעל גז טבעי נוזלי (LNG) – **27 נהרגו**



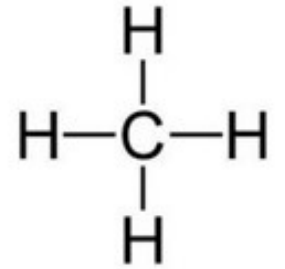
שריפה ופיצוץ בסקיקדה (Skikda)
שבאלג'יריה, 2004



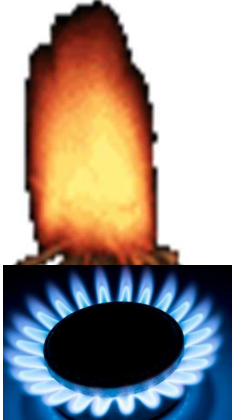
שריפה במומבה (Moomba), אוסטרליה, 2004

Alec Groysman

שימוש בגז טבעי



מתאן



שריפה

חומר גלם

ייצור
חשמל

דלקים לרכבים
(200 אוטובוסים
בישראל)

שירותים:

אספקת ערים (חימום)
תעשיות עתירות אנרגיה

תחליף לפחם, מזוט וסולר

תעשייה כימית:
מתנול, אמוניה, מימן,
תרכובות אורגניות,
פולימרים, דלקים וכו'.



משה רבינו

גורמים סביבתיים עבור צינורות

אטמוספירה



חוק הגז בישראל לא
מאפשר צנרת עילית!
רק קרקעית!

בקנדה, ארה"ב
וברוסיה - עילית

קרקע



מים



סביבה תהליכית



Alec Groysman

תאונות צנרת עם גז טבעי

1959 - 2014

7058 הרוגים; יותר מ-3000 פצועים

כשלי בצידוד

סיבות:

טעות אנוש! (65-95%)

כשלי קורוזיה: דליפות או קרעים; אובדן מוצר, זיהום הסביבה, שריפות ופיצוצים.

דליפות מקו **נוזל** מזהמות את הקרקע, מי תהום או פני השטח.

דליפות מצינורות **גז** בורחות לאטמוספירה.

קרעים בצינור גז עלולים לגרום לשריפה ולפיצוץ, ולגרום ליותר הרוגים ופצועים.



כשלים מתרחשים ב-1-10% מאורך הצינור.

ישראל – קווי גז "חדשים"

קצא"א, תש"ן, בזן

35,000-350,000 ק"מ

3.5 מיליון ק"מ ברחבי העולם

קורוזיה בצינורות הולכת גז

מהחוף - 97% בשל
קורוזיה פנימית

בתוך הים - Offshore



ביבשה - 77% בשל
קורוזיה חיצונית

Onshore



קורוזיה חיצונית: מים, אדמה, אטמוספירה

קורוזיה פנימית בקווי צנרת

מהווה בעיה משמעותית במערכות הולכת וגז.

מערכות נפט, הן פחות קורוזיביות מאשר מערכות גז טבעי הנושאות אדי מים בפאזה גזית.

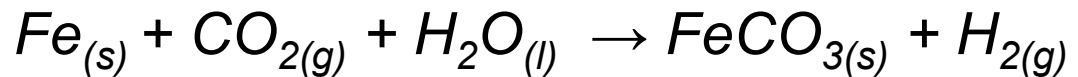
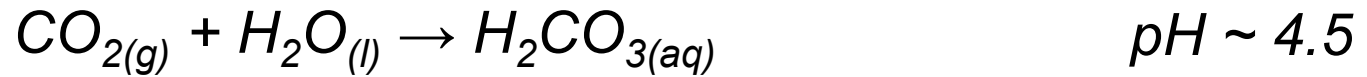


צינורות הולכת גז נושאים גז תת-רווי המעובד על ידי יחידות התייבשות במעלה הזרם.

צינורות אלו מופעלים בדרך כלל ללא הגנה או אינהיביטורים ומסתמכים על הביצועים של יחידות ההתייבשות לעיבוד גז יבש בסטנדרטים מקובלים.

CO₂ corrosion

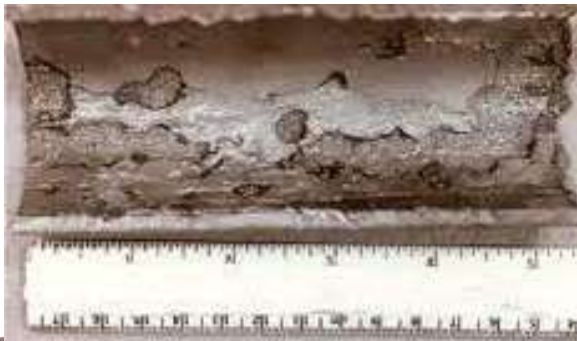
CO₂ is not corrosive provided it stays dry.



CaCO₃ and FeCO₃ scale may be protective !

Mesa corrosion

"Sweet" corrosion



Mesa corrosion looks like the United States` Mesa Mountains, California

H_2S corrosion

Gas that contains sulfur is termed sour gas, and the most form of sulfur is H_2S .

H_2S is very toxic.
Its release can cause death within seconds !



H_2S attacks also Cu, Zn, Ni, and their alloys; cement, polymers.

FeS

CuS

NiS



Organic acids $\longrightarrow$ gas condensate

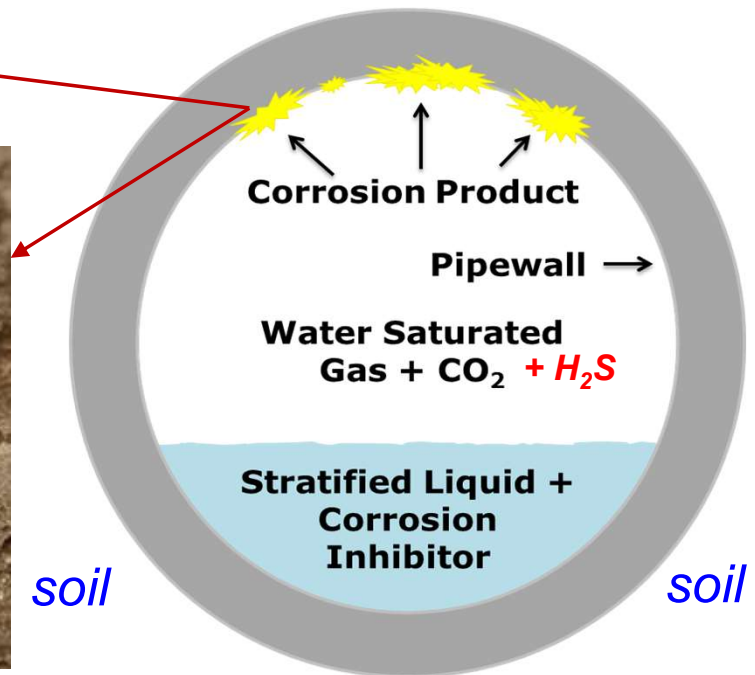
HCOOH , CH_3COOH – weak acids

Their presence is most important at high pressures in gas condensate.

Acetic acid may dissolve protective FeCO_3 layer and accelerate corrosion.

*Acetic acid is a weak acid, but stronger than carbonic acid (H_2CO_3) and participates in the occurrence of the **Top-of-Line corrosion**.*

עיבוי מתרחש בחלק עליון של הקו

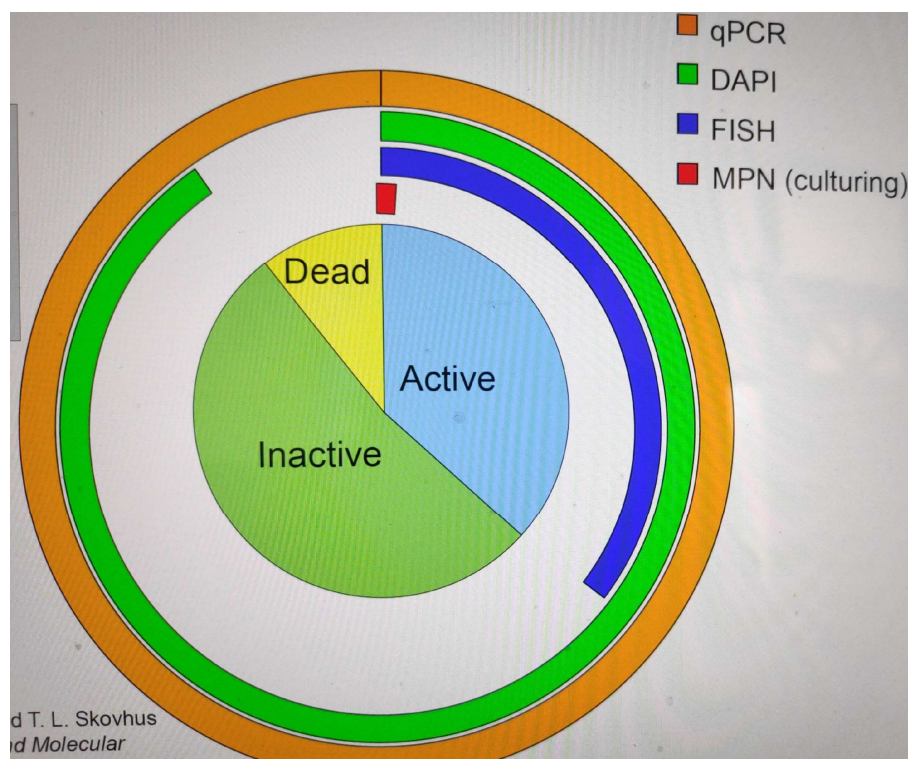


קורוזיה מיקרוביאלית במערכות גז טבעי

- קורוזיה תחת משקעים
- ארוזיה-קורוזיה
- שיתוך גומות
- שיתוך נקיקים
- סידוק קורוזיית מאמצים



ספירת מיקרואורגניזמים - מה כלול?



בדיקת נוזל – קורלציה חלשה עם סיכון ל- MIC
בדיקת משקע – קורלציה גבוהה עם סיכון ל- MIC

NACE-TM0212-2012

Detection, Testing, And Evaluation Of
Microbiologically Influenced Corrosion On
Internal Surfaces Of Pipelines

סוג הדגימות:

- מים
- מוצקים
- קופונים

קרום (אבנית) ומשקעים

מוצקים בהפקת נפט וגז:

חול, מלחים קשי-תמס, תוצרי קורוזיה, מיקרואורגניזמים.

מוצקים אלו יכולים להופיע בשתי דרכים:

- נשיאה יחד עם זרם של גז טבעי.
- היווצרות בתהליכים פיזיקוכימיים (למשל, קורוזיה).

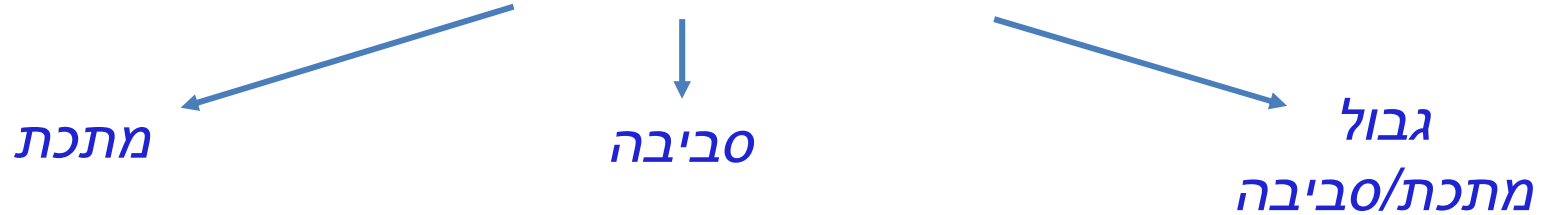


הצטברות משקעים מקטינה ביעילות את קוטר הצינור ומקטינה את קצב הזרימה

צינורות, מכלים, משאבות, מדחסים, מסננים, עלולים להינזק ממשקעים.

מעכבי היווצרות משקעים הם כימיקלים שמתווספים למערכות הפקת גז ונפט כדי לעכב, להפחית ו/או למנוע שיקועם.

בקרת קורוזיה (שיטות מניעה)



- **תכנון הנדסי:** שימוש בתקנים, מפרטים, נהלים; מניעת חדירת אוויר, רגליים "מתות".

- **בחירת חומרים** (כולל תוספת איכול). צינורות ראשונים היו מעץ. פלדת פחמן - עד שנות ה-1980. ואז בנוסף לפלדות - סגסוגות עמידות מפני שיתוך.

- **ציפויים.** שנות ה-1930-1950: זפת פחם. שנות ה-1960-1980: אפוקסי. 1990 – FBE – ציפוי אפוקסי מלוכד היתוך

- **הגנה קתודית** - מאז שנות ה-1920. תכנון ל-50 שנה – אנודות הקרבה - צמידים! (בחוף – חול אינרטי)



- **טיפול בסביבה:**

סילוק H_2O (ייבוש גז), מרכיבים אגרסיביים, אינהיביטורים.

- **שיטות טכנולוגיות:**

שמירה על תנאי התהליך (טמפרטורה, לחץ, קצב ומשטר זרימה).

ניטור קורוזיה

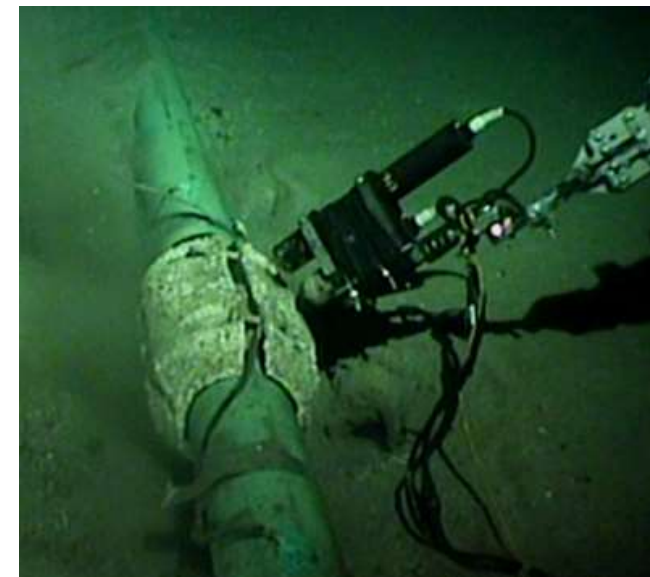
- מעקב אחר מצב קורוזיה של ציוד מתכתי
- אגרסיביות של הסביבה
- יעילות אמצעי בקרת קורוזיה



ניטור קורוזיה: מקוון, תקופתי, תחזוקה מתוכננת ובדיקה



רחפנים (Drone)



מערכת סקר תת-ימית בזמן אמת



ניהול קורוזיה

ציפויים: אורגניים
ואנאורגניים

שינויי סביבה:
אינהיביטורים; סילוק
חמצן

סילוק מימן גופרי

חיזוי קורוזיה -
בטיחות תהליך

שיטות אלקטרוכימית

חומרים: פלב"מ
ואלומיניום

טיפול פני שטח



קורוזיה: ניטור, בקרה ומניעה

2022