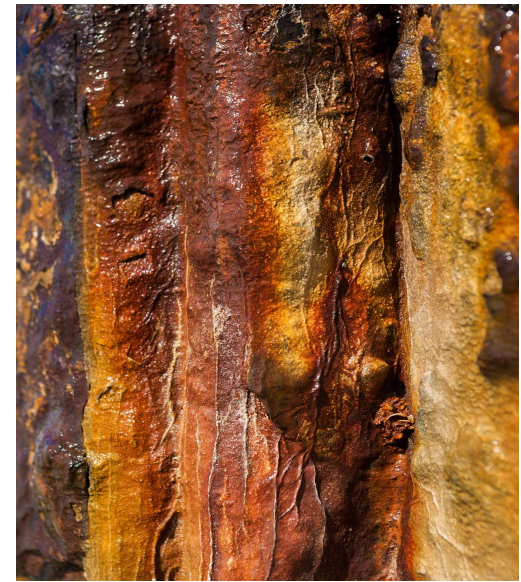


מסע מרתק אל עולם הקורוזיה:

ספר חדש "קורוזיה: ניטור, בקרה ומניעה"

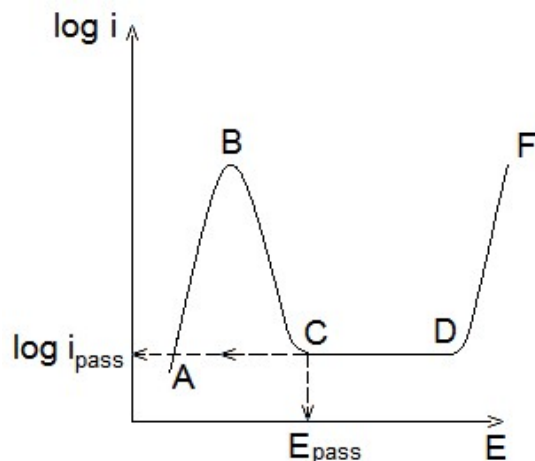


אליק גרויסמן

קרן גול, משה רבייב, רות בומרוולד, רומן לוין, אפרת גולן

Website: www.groysmanalec.com

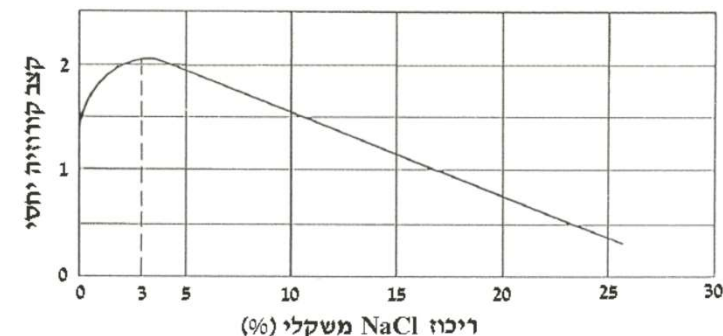
Email: alecgroysman@gmail.com



הכנס הישראלי לקורוזיה ה-14

כפר המכביה, רמת גן

5 באפריל 2022



מחסור בעתיד הקרוב:

אנרגיה ?



מים ?



מומחים בעלי ידע מיומן!



קורוזיוניסטים

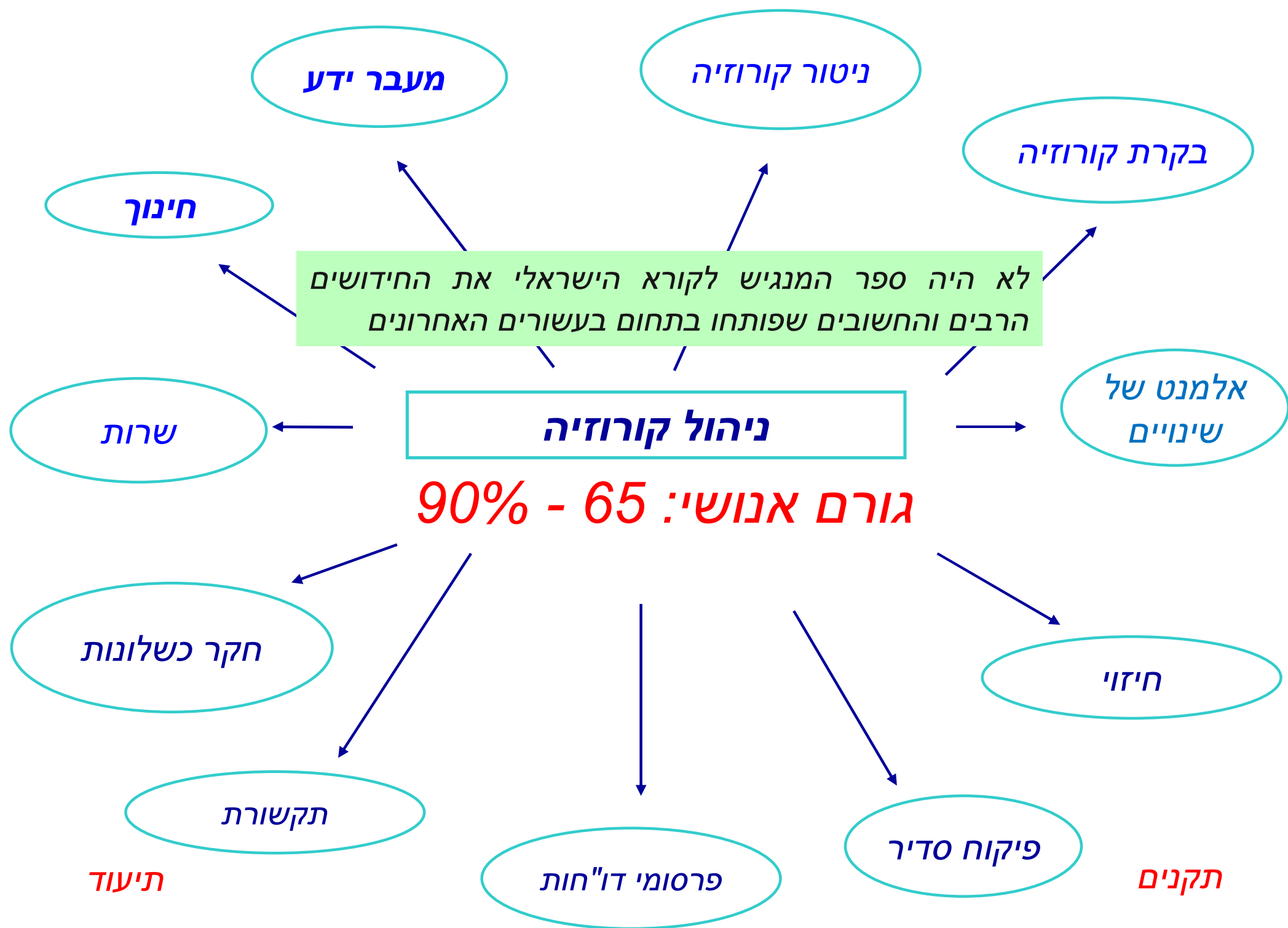


דלק ?

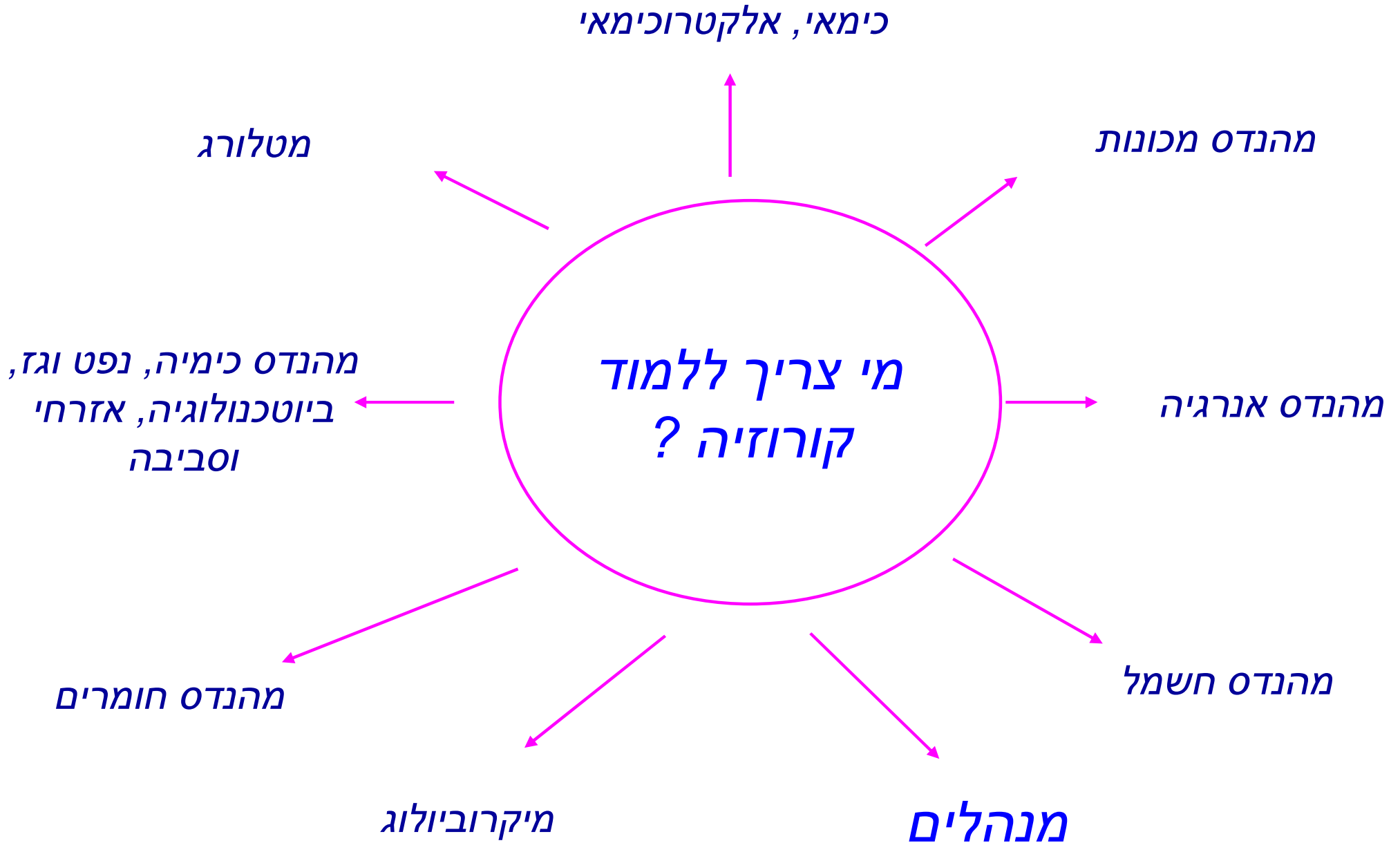


מזון ?

Alec Groysman



לימודים בין-תחומיים

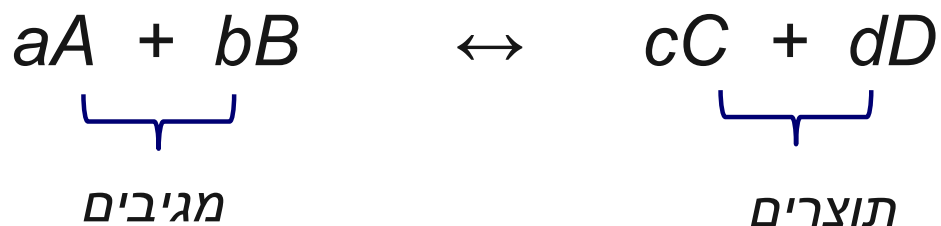


מה מיוחד בספר הזה?

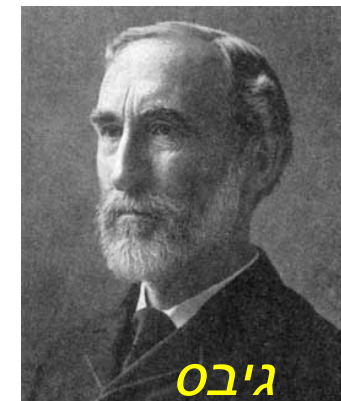
בצורה לוגית, הגיונית, נגישה, פשוטה, ברורה, אלמנטרית.

- הגדרות: שיתוך, פוטנציאל
- תרמודינמיקה וקינטיקה
- גורמים לקורוזיה: פנימיים וחיצוניים
- תופעות קורוזיה, דוגמאות, מניעה
- בקרת קורוזיה: ציפויים, שיטות אלקטרוכימיות, שינויי סביבה, חומרים בדגש על נירוסטה ואלומיניום. טיפולי פני שטח.
- ניטור קורוזיה
- ניהול קורוזיה

חיזוי קורוזיה של מתכות תרמודינמיקה וקינטיקה



אור ואמת
Yale University

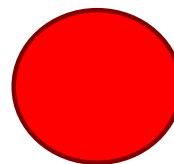


גיבס

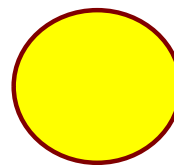
1876

$$\Delta G^\circ = \sum n_i \cdot \Delta G^\circ_{f(\text{products})} - \sum n_i \cdot \Delta G^\circ_{f(\text{reactants})}$$

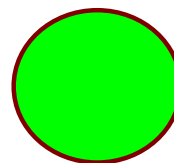
$$\Delta G^\circ_T, \text{ kJ/mol} > 0$$



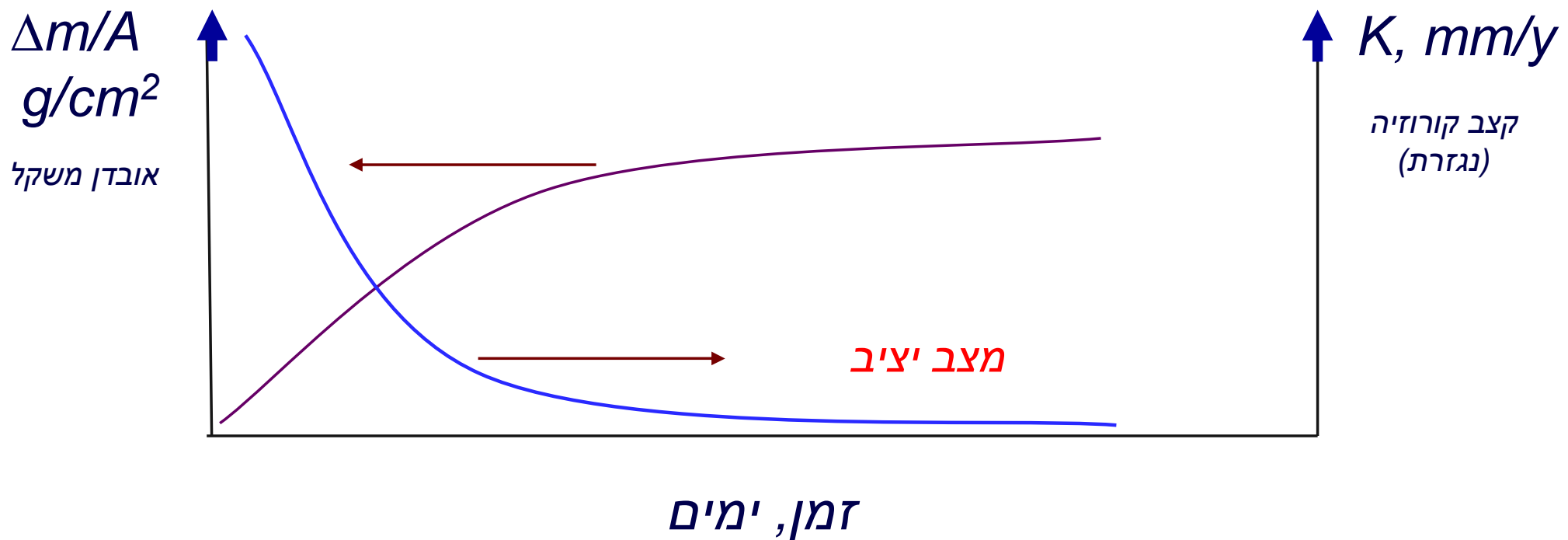
$$\Delta G^\circ_T, \text{ kJ/mol} = 0$$



$$\Delta G^\circ_T, \text{ kJ/mol} < 0$$



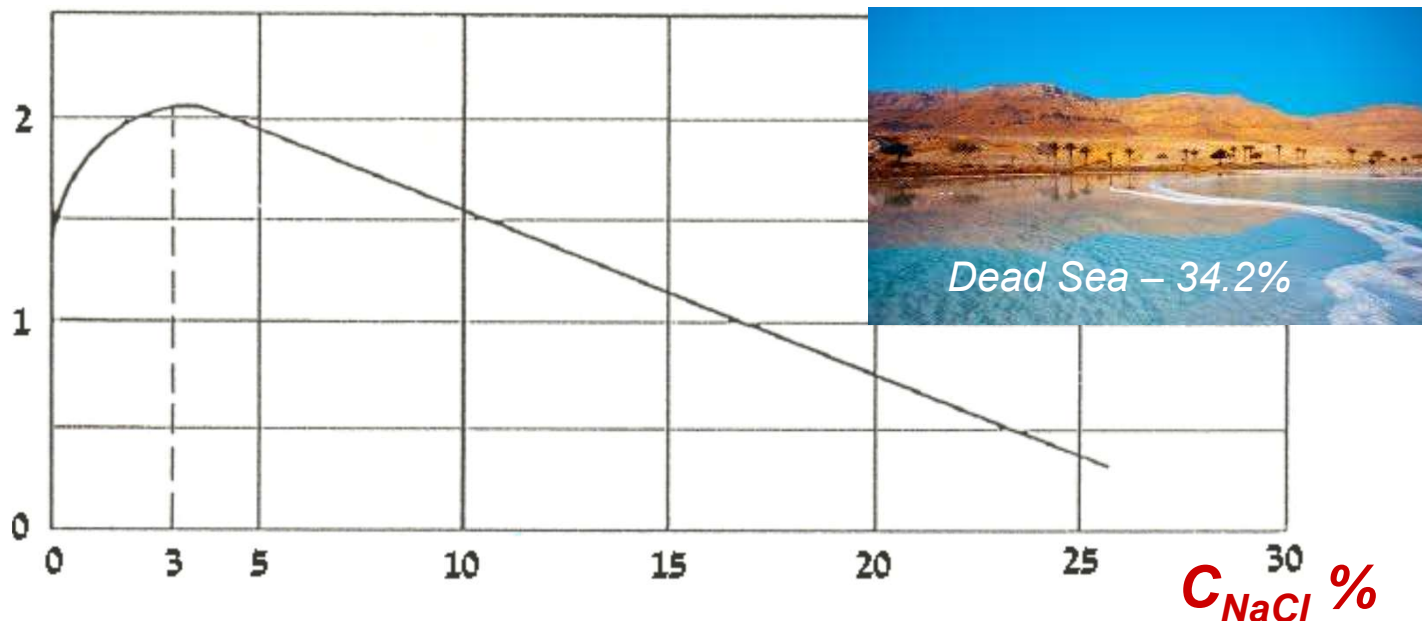
קביעה נכונה של תקופה להגדרת קצב קורוזיה



עקומות קינטיות של קורוזיה של ברזל במים, באטמוספירה ובאדמה

השפעת ריכוז ה- NaCl מומס במים על קורוזיה

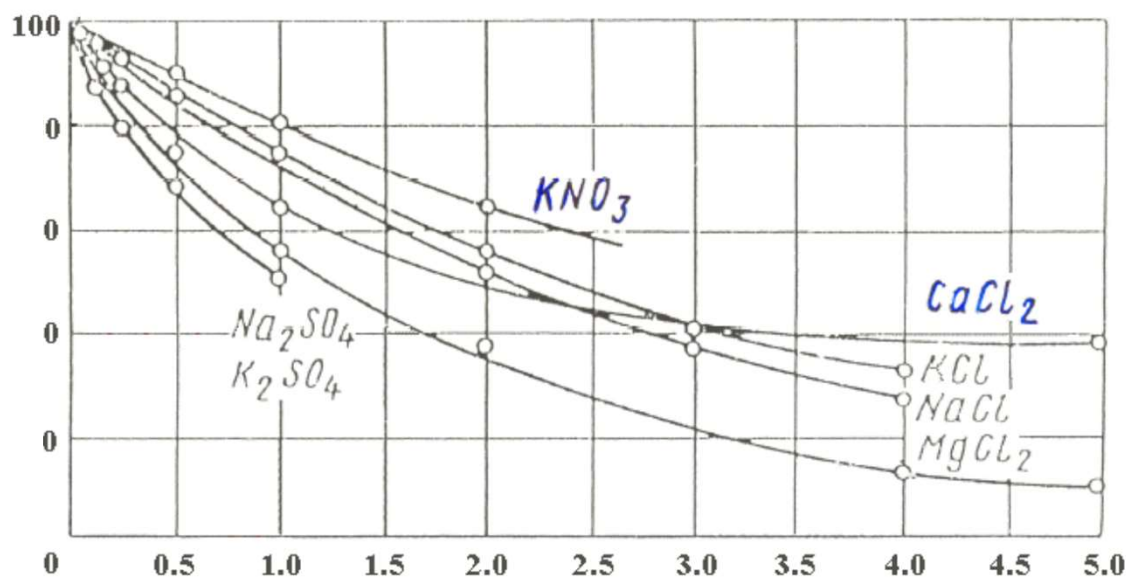
שיעור קורוזיה יחסי של
פלדת פחמן



מסיסות חמצן יחסית, %

Salting out – סילוק גזים

ללא קורוזיה וחיים!



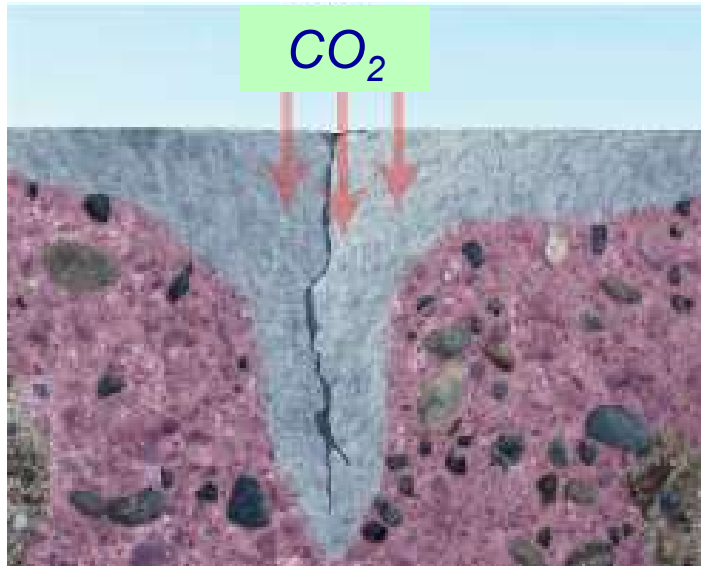
בירה

Alec Groysman

ריכוז מלחים

קורוזיה של בטון מזוין

חיתוך בטון לאחר קרבונציה. אפור-לבן - חלקים עברו קרבונציה ורוד-סגול - חלקים שלא עברו קרבונציה



קורוזיה בטון מזוין מואצת על ידי כלורידים



מניעת קורוזיה



מוטות פלדת פחמן עם גליון חם



מוטות פלדת פחמן עם ציפוי FBE
ציפוי אפוקסי מלוכד היתוך



מוטות SS 304
Alec Groysman



טיפול פני השטח עם חיידקי ברזל

ניתן להשתמש בחיידקים מחזרים ברזל בהמסה והסרה של חלודה .

הסרת חלודה ממשטח CS הושגה באמצעות חיידקים:

Geobacter sulfurreducens sp.

Shewanella oneidensis

שני המיקרואורגניזמים הרדוקטיביים משתמשים ביוני Fe^{3+} כמקבלי אלקטרוניו
ממקורות מסיסים וגם ממקורות גבישיים .



Photos by Dr. J.
Starosvetsky



חלוד – מקורי - רפרנס

לאחר טיפול ביוכימי

J. Starosvetsky et al., Corrosion Science, 2016, 102, 446–454. (Technion, Haifa, Israel)

I. Takamitsu, K. Haruo, U. Shoji, Rust removal by chemoautotrophic bacteria, Hakko Kogaku Zasshi 53 (1975) 347–353.

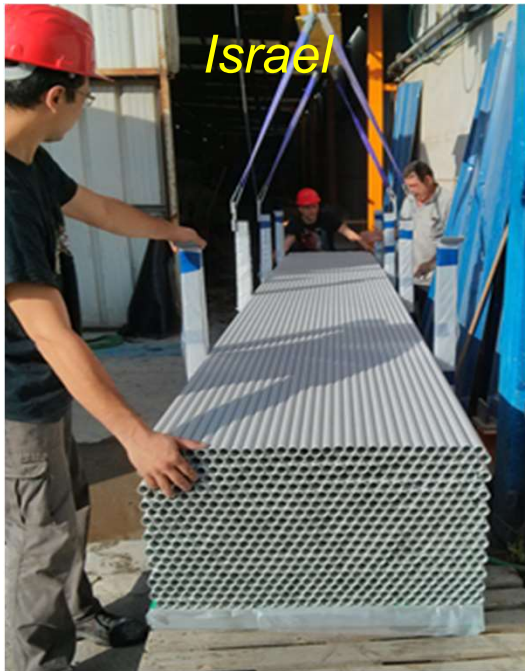
U.S.S.R. Patent 1985 A. Ciunis, Biochemical removal of corrosion from ferrous alloy

חמצון אלקטרוליטי בפלזמה (חמצון מיקרו-קשת)

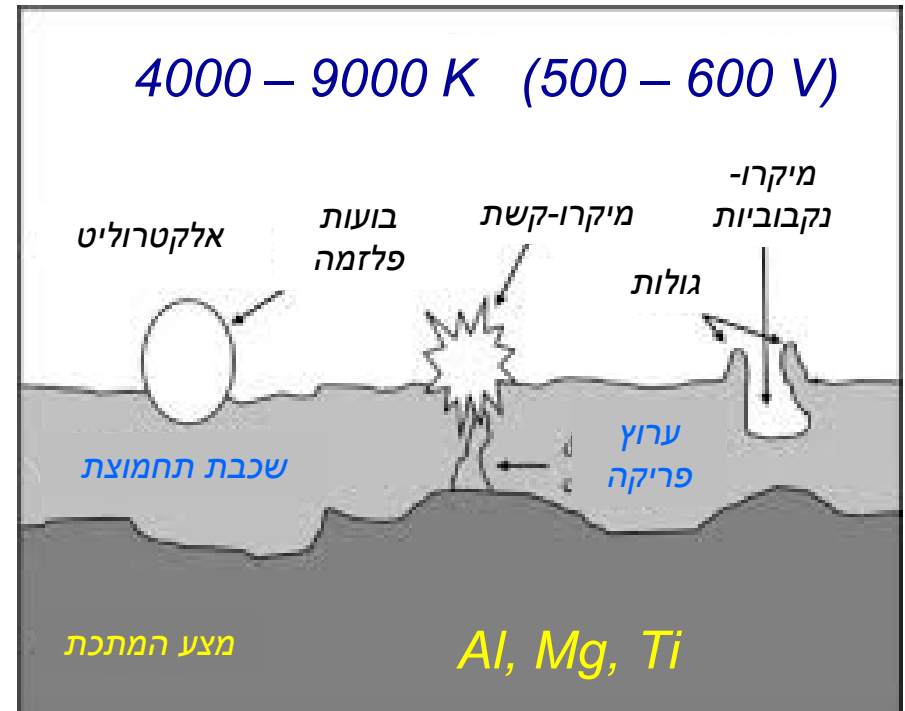
טיפול אלקטרוכימי של משטח לייצור ציפוי תחמוצת על מתכות -

מיקרו פריקות על פני השטח שקועים באלקטרוליט.

תמיסות אלקליות (2-3%) ומלחים מותכים.



הוא צומח פנימה לתוך המצע
ויש לו הידבקות מעולה.



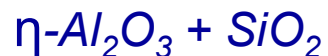
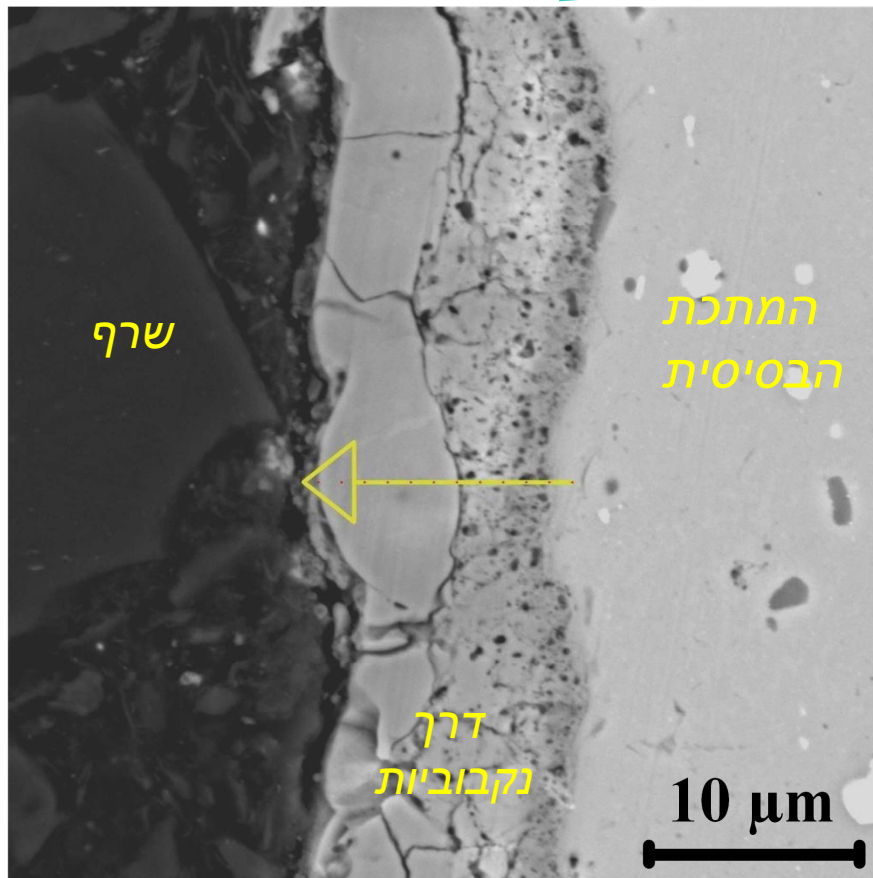
אגד צינורות במחליפי חום
מאלומיניום לאחר חמצון
אלקטרוליטי בפלזמה.
מיועד לשימוש במתקן
התפלת מים.

תכונות אנטי קורוזיביות, מכניות, בלאי, תרמיות ודיאלקטריות.

סכמת חמצון אלקטרוליטי בפלזמה

שיטה זו - לציפויי הגנה ודקורטיביים על רכבי אל וקונסטרוקציות.

השוואה של ציפויי חמצון אלקטרוליטי בפלזמה על סגסוגת Al 1050 נוצרו בתמיסה מימית
ובאלקטרוליטים של מלח מותר (280°C , $\text{KNO}_3 + \text{NaNO}_3$)



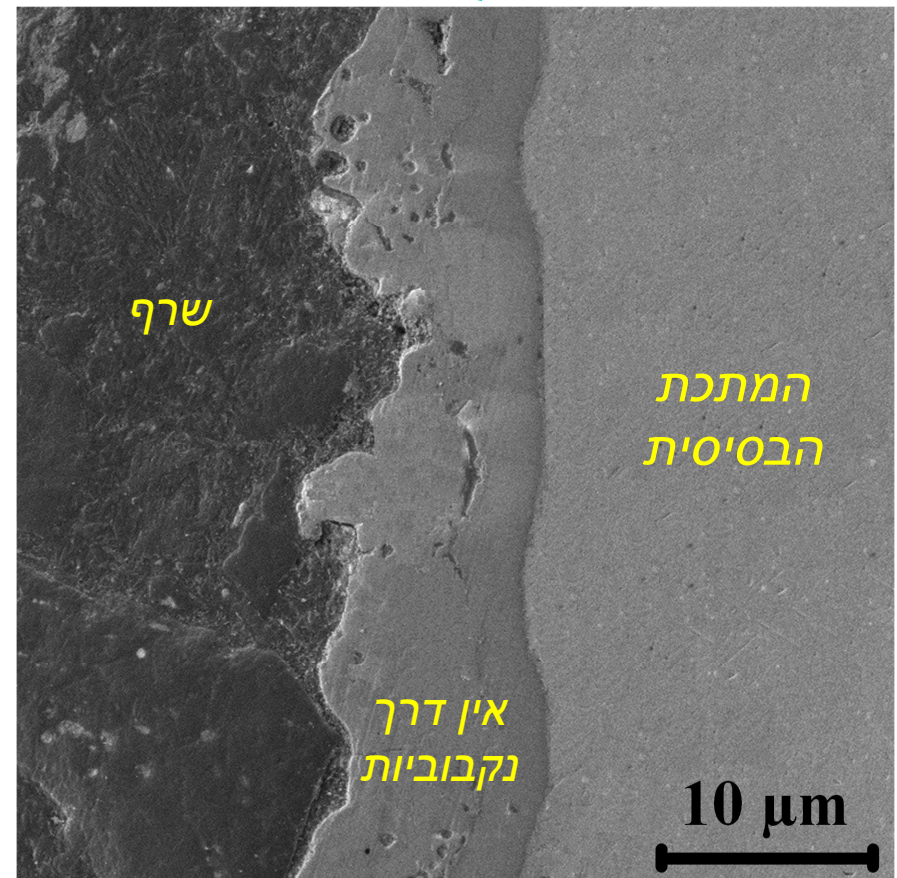
פאזה אורפית

מיקרו-קושיות, HV10

642

קצב שיתוך, מ"מ לשנה

0.03



פאזה קשה

1051

0.01

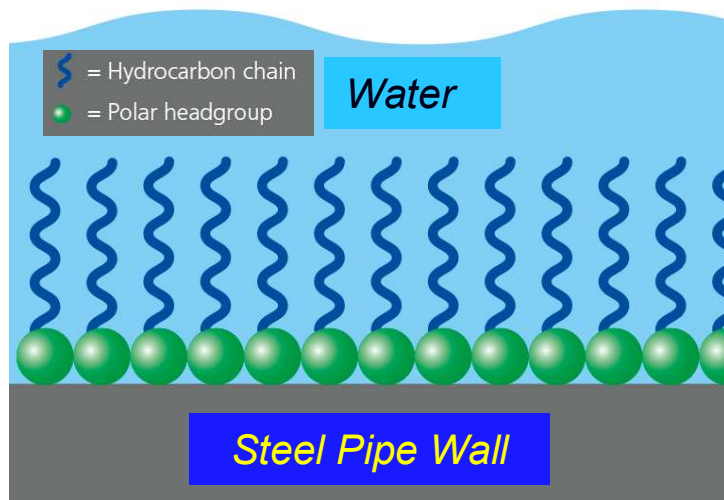
3% NaCl

[A. Sobolev et al., Surface & Coatings Technology 344 (2018) 590–595 Israel, Ariel University]

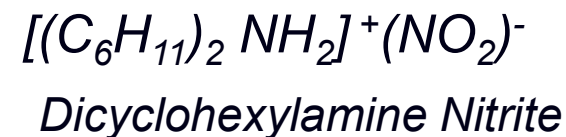
Alec Groysman

אינהיבטורים נדיפים (VCI)

תרכובות אורגניות הממריאות מפאזה מוצקה לפאזה גזית בתנאים רגילים



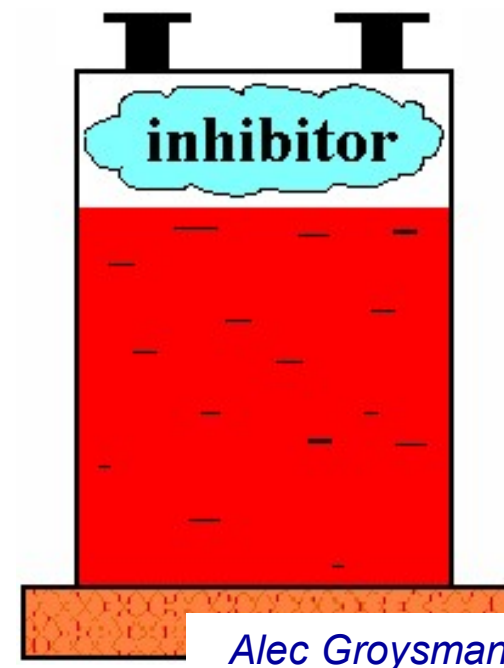
Phosphate, silicate,
borate, molybdate,
nitrite, nitrate,
benzotriazole,
amines, Zn salts,
phosphonates



Aaron Wachter (1943) Shell, US Navy – inner surface of cannons

יעילות של VCI:

לחץ אדים
הרמטיות
טמפרטורה
לחץ אדי מים



קורוזיה כאמנות



תערוכה
"שירת הברבור"
תל אביב, 2014



Yoram Reshef / Rafi Peled
The swan song 2014



רידינג, תל אביב

מזח חלוד
תל אביב
ים התיכון

Alec Groysman

מנעד צבעי חלודה



Brown
 $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{H}_3\text{PO}_4$



Yellow – Brown
 $\text{FePO}_4 + \text{H}_3\text{PO}_4$



Red – brick - brown
 $\text{Fe}(\text{OH})_3, \text{FeOOH}, \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}, \text{O}_2$



Blue - green
 $\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{H}_2$



Green
 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2, \text{FeSO}_4, \text{FeBr}_2, (\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 + \text{HNO}_3, \text{H}_2\text{SO}_4, \text{Br}_2, \text{HBr}, (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$



Yellow – Brown
 $\text{FePO}_4 + \text{H}_3\text{PO}_4$



Purple
גול



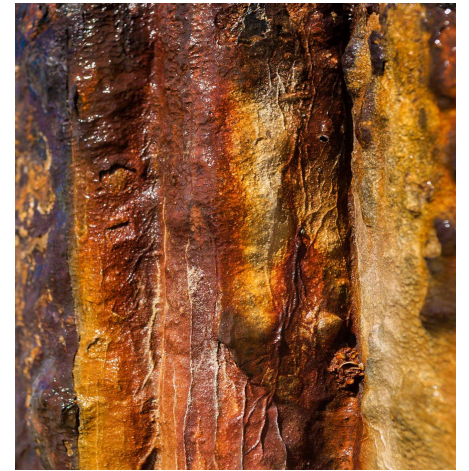
Grey - Black
 $\text{FeO} + \text{O}_2, \text{H}_2\text{O}$



Black
 $\text{FeCO}_3, \text{FeSiO}_3, \text{Fe}_2(\text{SiO}_3)_3 + \text{H}_2\text{CO}_3, \text{SiO}_3^{2-}$

מבט לעתיד ?

אני עוסק בנושא קורוזיה 45 שנה ועדיין איני רואה את סופו.



מודלים ?

הגיע הזמן שנסתכל על נושא הקורוזיה ממגוון של נקודות מבט
חדשות וחשובות, כגון איכות הסביבה, בטיחות תעשייתית ועוד...

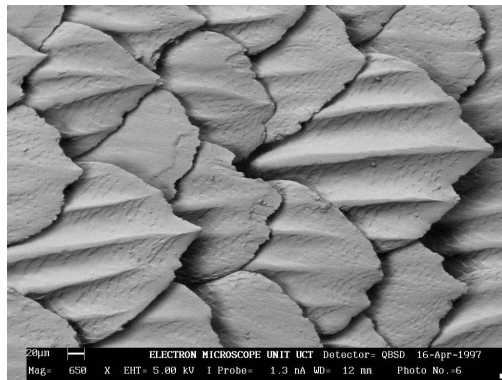
"אין נושא לא מעניין, יש אנשים שלא מתעניינים ולא רואים את היופי הקיים בו".

ביוציידים מיקרוביאליים (חיידקים קוטלי חיידקים)

בסוף המאה הקודמת ובתחילת שנות ה-2000 החלו בפיתוח חיידקים נוגדי MIC
קיימים שלושה מנגנונים אפשריים לעיכוב MIC בשיטה זו:

- טיפול בעזרת שדה חשמלי פועם

ציפויים ביומימטיים המונעים הצטברות של משקעים ביולוגיים



כרישים עמידים בפני הצטברות אורגניזמים רבים במים