



מבוא לקורוזיה

ציפויי הגנה ובקרת איכות

Shay Litani

שי ליטני

Shay Litani **שי ליטני**

Protective Coating Engineer

NACE Coating Inspector CIP-3

shay@iec.co.il ; 0523-995797

תאום ציפיות ...

לא

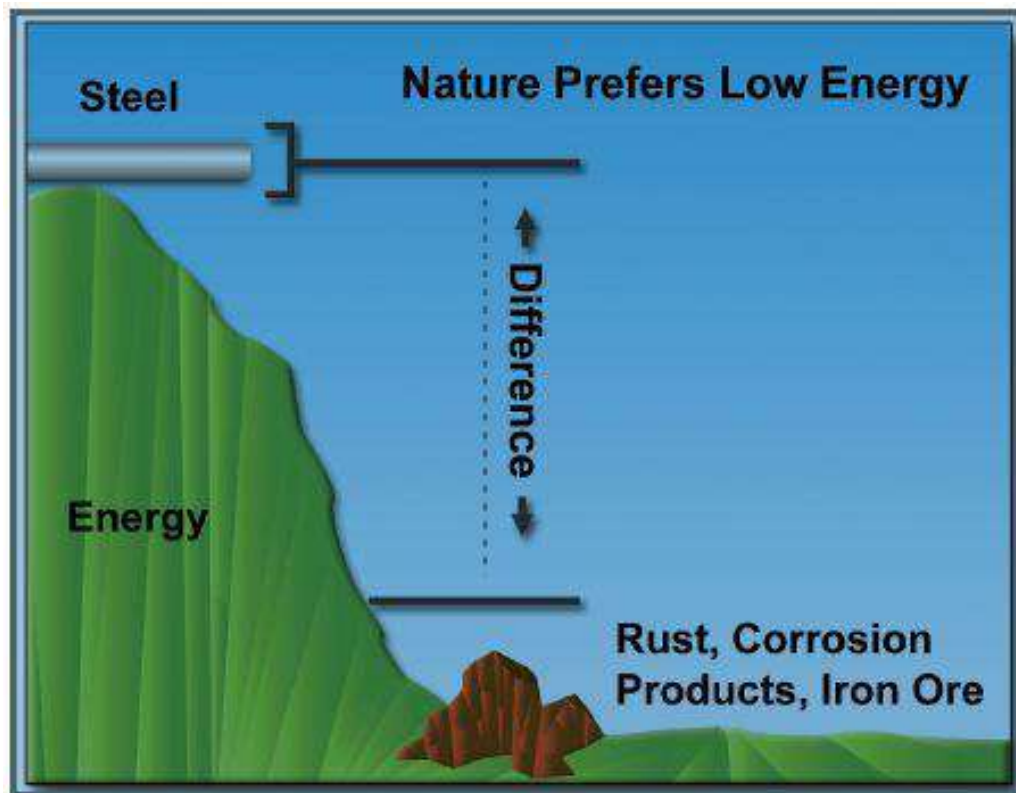
- לא נצא מומחים לצבע (נדרש המון ניסיון)
- לא נקבל תשובות לכל השאלות (אבל נשתדל)
- לא יהיה זמן מיותר. יש המון חומר ללמוד ...

כן

- נלמד מהם תהליכי הקורוזיה וכיצד להקטין את הנזקים.
- נלמד מהו צבע, כיצד מגן מפני קורוזיה.
- נלמד לבצע בקרת איכות על הצבע ועל תהליך הצביעה.
- נלמד מהי צביעה תעשייתית ומדוע מחייבת פיקוח צמוד.
- נלמד לשאול שאלות ... ואיפה לחפש תשובות ...

מעפרה לפלדה ולהיפך

השקעת
משאבים



בזבוז
משאבים



פלדה

סגסוגת על בסיס ברזל המכילה כמויות קטנות ומשתנות של פחמן, בהתאם לסוג הפלדה.

בנוסף לפחמן תתכן הימצאותם של יסודות נוספים כגון: מנגן, סיליקון, אלומיניום, כרום, ניקל, מוליבדן, וונדיום ועוד...

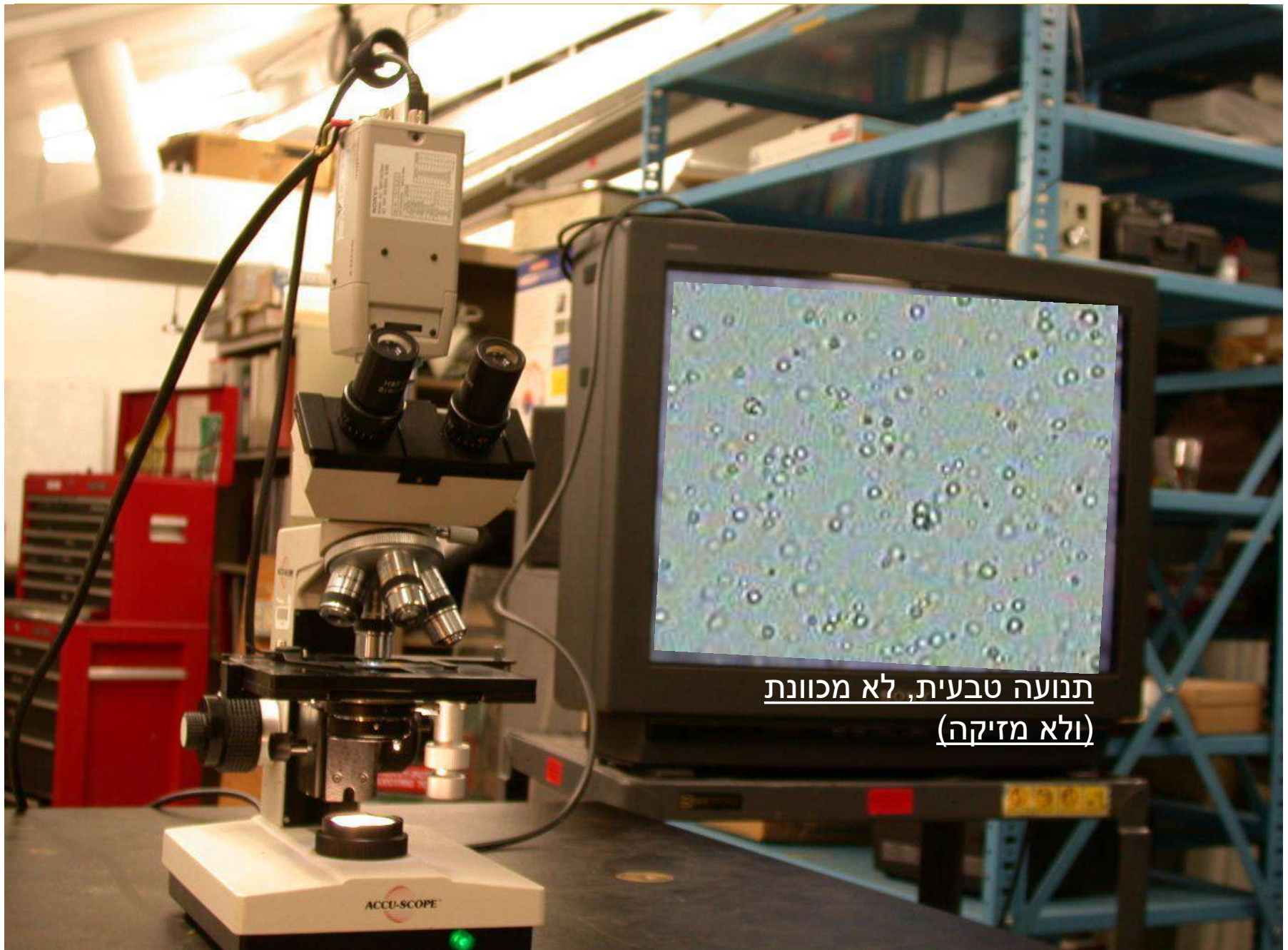
פלדות אל-חלד (פלבי"מ)

סגסוגות ברזל עם כרום (מעל 11%), ניקל (מעל 6%) ומנגן. כמות פחמן מינימלית.

עמידות פלדות אל-חלד בקורוזיה אינה תלויה רק בהרכב החומר, אלא גם בטיפולים התרמיים שהחומר עבר וכן במצב פני-השטח והאופן שבו החומר מיוצר.

מהי קורוזיה

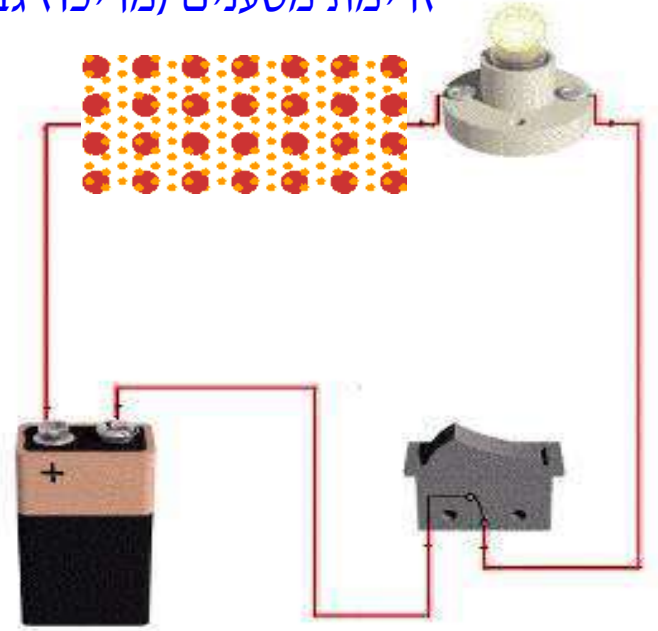
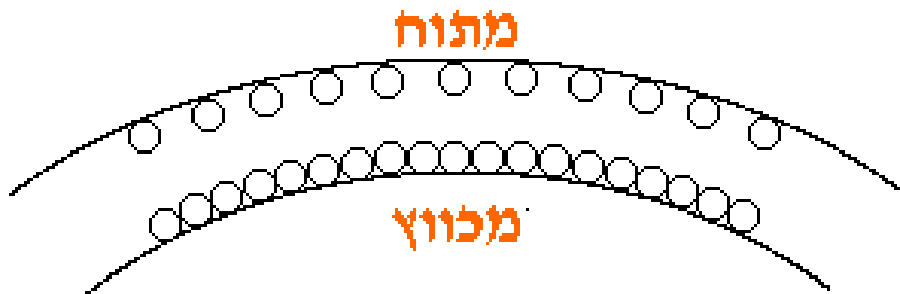
- **תהליך** אלקטרוכימי טבעי, שבו הברזל "נעלם" והופך ל"**תחמוצת ברזל**".
- מתקיים בפני השטח של מתכות/סגסוגות/פלדות.
- תהליך מזיק! מחליש את המתכת.
- נדרשים משאבים למניעה.
- **בד"כ התהליך ניתן לחיזוי !**
- כשאין "תחזוקה מונעת", "המחיר" לחוסר הטיפול - גבוה !

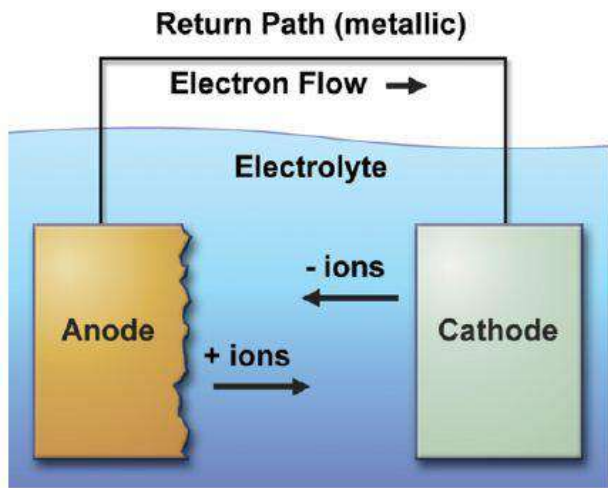


תנועה טבעית, לא מכוונת
(ולא מזיקה)

ריכוזי מטענים – מאולץ וטבעי

תנועה מכוונת – זרם חשמלי
זרימת מטענים (מריכוז גבוה לנמוך)

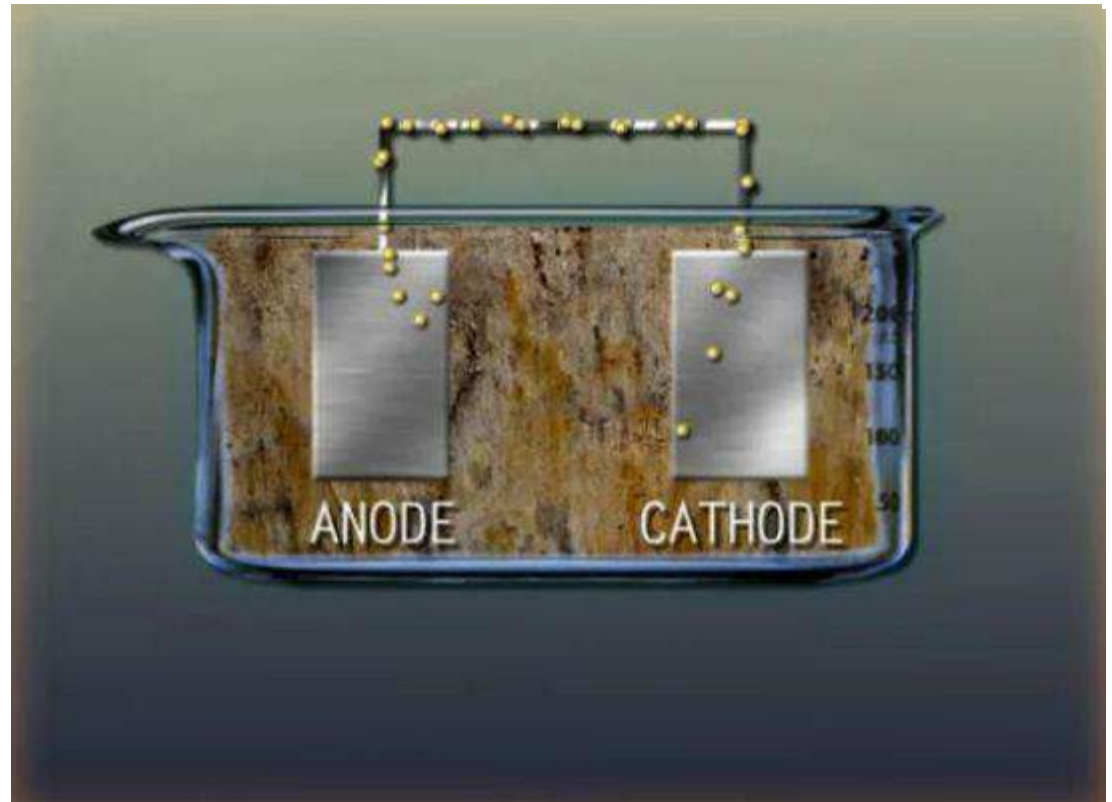




איך נוצרת קורוזיה (אטמוספרית)

ACME

- Anode
- Cathode
- Metal Pass way
- ~~Electrolyte~~



מים



קורוזיה היא תהליך טבעי !

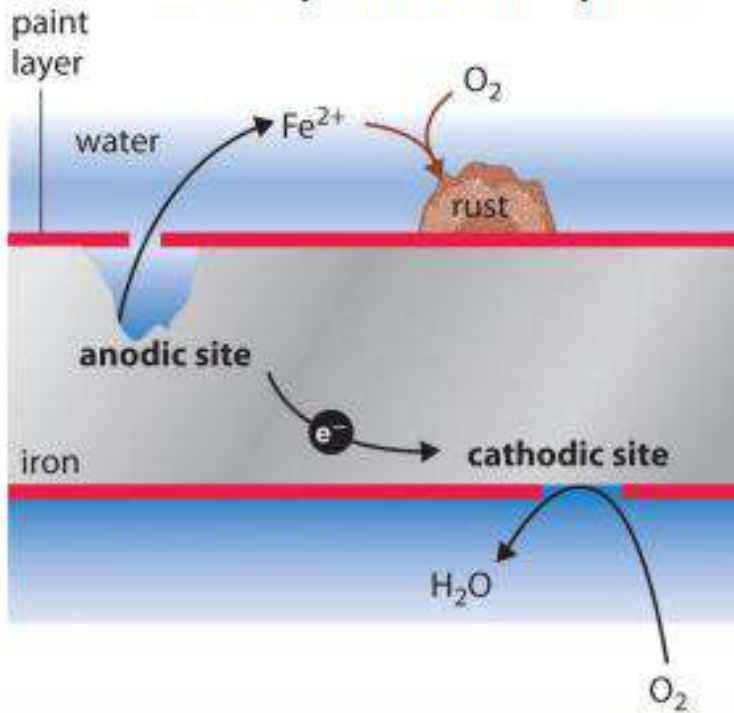
”כי מעפר באת ואל עפר תשוב”

”בראשית”, פרק ג'

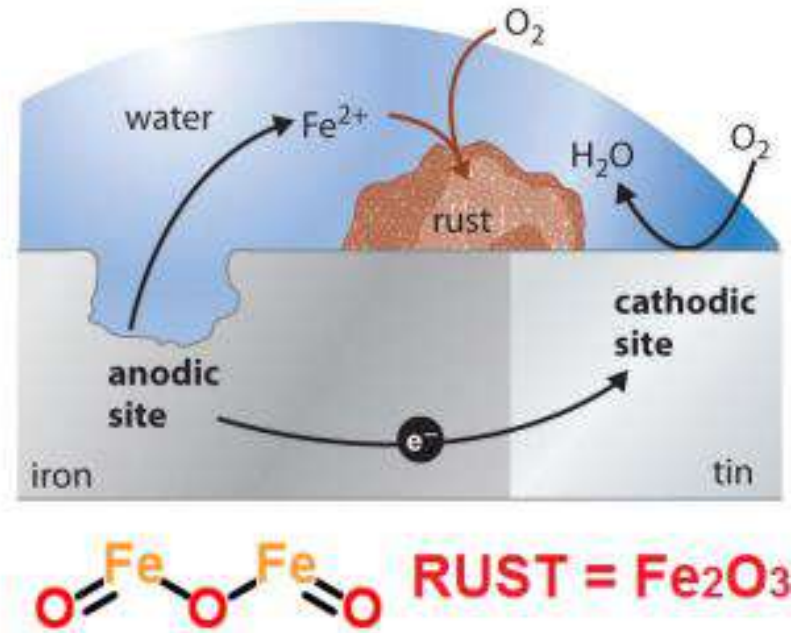


המרחק בין האנודה לקתודה

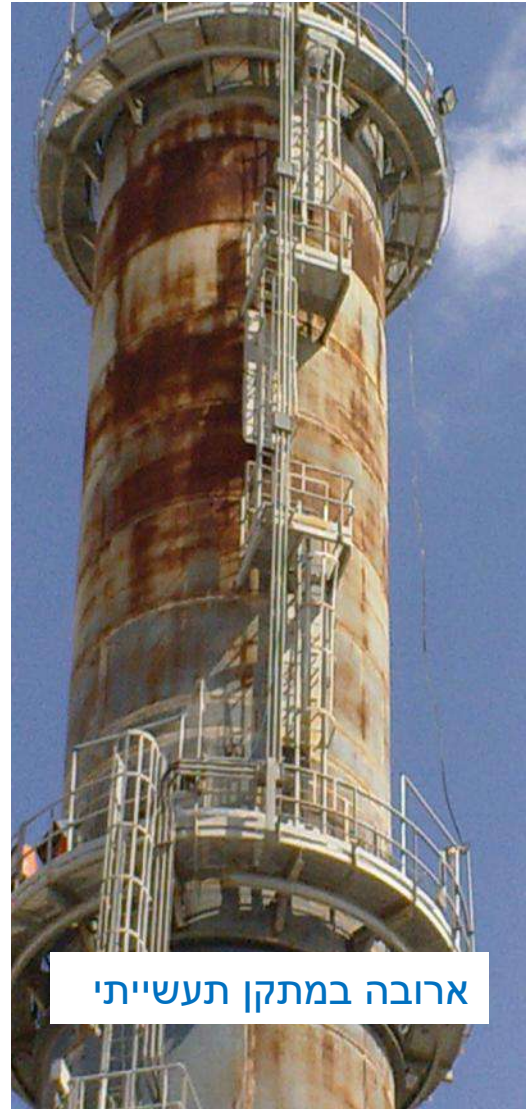
המרחק בין האנודה לקתודה יכול להיות **גדול**, למשל בין כלונסאות או בין יסוד לעמוד/קיר/רצפה



המרחק בין האנודה לקתודה יכול להיות **קטן**, למשל בתוך טיפת מים (עיבוי, טל, גשם, נזילה)



דוגמאות קורוזיה בתעשייה



קורוזיה במכלים (חיצוני)



קריסת גשר (2007) מינסוטה, USA



הסיבה:

קורוזיה בברזל הזיון שבעמודים
גרמה לכשל עמודי הבטון.

איטליה – גשר מורנדי - 2018

בעולם world

איטליה: מהנדס הגשר שקרס הזהיר כבר ב-1979 מקרוזיה



ריקרדו מורנדי, המהנדס
צילום: AFP / HO / STUDIO
LEONI

בדו"ח שחיבר המהנדס לפני ארבעה עשורים הוא הזהיר כי הגשר דורש תחזוקה מתמדת בשל קרוזיה שמקורה באוויר הים ובזיהום תעשייתי. ואולם, מאוחר יותר הוא אישר מחדש את יציבותו של הגשר



22:27, 19.08.18 פורסם: AP



Morandi Bridge – 2018

In years past, the towers were checked using only binoculars, even after earthquakes. But bridge officials decided to take a closer look as new federal regulations require assessment of 18,000 bridges across the country.



Engineers are taking the most detailed look at the Golden Gate Bridge since it opened

"The first time you go over you got a death grip on this rope," said Nick Clark, who is part of a team of engineers examining every inch of the iconic towers

קריסת עמוד כדור-סל, ישראל 2012

בן 17 נפצע קשה מקריסת עמוד תאורה בשבת צופים בת"א

העמוד שבסיסו היה חלוד קרס לאחר שהחניכים קשרו סביבו חבלים, במהלך הכנות לפעילות לחג. חצי שעה קודם לכן התקיים במקום ארוע לילדים קטנים

יניב קובוביץ | 08.03.2012 | 16:39 | 10 | הוסף תגובה

Send Send 7 people recommend this.

הורד עכשיו iPhone הורד עכשיו ללא תשלום הארץ

נער בן 17 נפצע בצהריים (חמישי) באורח קשה כשקרס עליו עמוד תאורה מברזל בשבת צופים בצפון תל אביב. המשטרה חוקרת.

מחקירה ראשונית עולה כי העמוד, שגובהו 15 מטר, קרס על הנער במגרש הכדורסל של שבט "אביב" בעת שהחניכים והמדריכים היו בעיצומו של הכנות לפעילות של התנועה לקראת החג. בסיס העמוד היה חלוד ורקוב. החניכים קשרו חבלים סביב מספר עמודים במקום, ומתחו ביניהם סכך מיוטה. כתוצאה מהרוח, הסכך נמשך, וגרם לקריסת העמוד. אנשים שהיו במקום סיפרו כי רק כחצי שעה לפני המקרה התקיים במקום ארוע לילדים



הורים מתלוננים: גינות שעשועים מוזנחות בר"ג

חלודה, צבע מתקלף, שברים, לכלוך, ונדליזם - זה מה שקורה בגינות בר"ג. אימהות טוענות שפניות לעירייה נענות בזלזול. העירייה: "נערוך בדיקה אל מול המפקח ששוחח עם התושבת. נבצע שדרוג משמעותי בגינה אחת ונקפיד הקפדה יתרה באחרות". גם בעיר שלכם יש הזנחה כזאת? כתבו לנו

Recommend 22

מירב קריסטל | פורסם: 16.11.16, 14:47

קורוזיה במטוסים

FAA מזהיר מפני קורוזיה בזנב בואינג 757



שלישי, 25 אוקטובר 2011 14:07

טייסים עלולים לאבד שליטה במטוסי בואינג 757, אם טיפול התחזוקה במייצבים האופקיים לא יהיה ראוי. FAA דורש מחברות התעופה לבדוק ביסודיות את המייצבים האופקיים בזנב מטוסי בואינג 757. לדברי מינהל התעופה הפדרלי, קורוזיה המתפתחת במייצבים עלולה לגרום לכך שטייסים יאבדו את השליטה במטוס.

לפני 11 שנים ארעה תקרית זהה במטוס MD-83 של חברת אלסקה איירליין, שבה יצא המטוס משליטה והתרסק. כל 88 האנשים שהיו בו נהרגו. החוקרים שחקרו את התאונה האשימו את החברה בתחזוקה עלובה, תכנון לקוי ופיקוח פדרלי מרושל.



עכשיו מתכוון ה-FAA להוציא הוראת בטיחות חובה (mandatory safety directive) בארה"ב, לבדוק את המייצבים ביותר מ-700 מטוסי 757, בתקווה שגם חברות תעופה בעקבותיהן.

מחברת בואינג נמסר, כי היא תומכת בהוראת בטיחות החובה, ושהיא כבר המליצה "לבדוק באופן קבוע ולגרז חלקים נעים".

צנרת ליד מגדל קירור (סביבה רטובה + רסס כימיקלים)



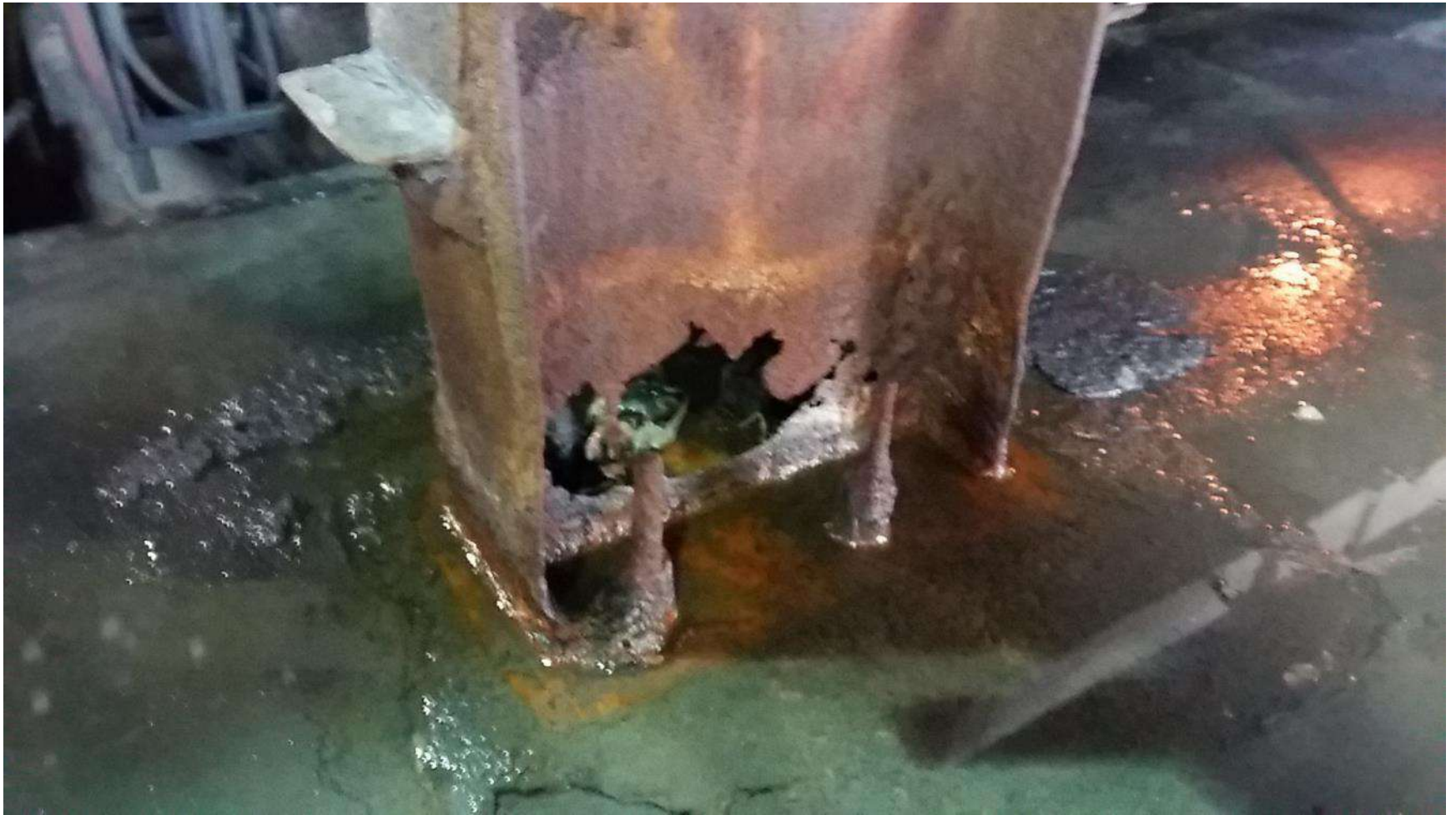
צנרת מי שתייה (סביבה ימית)



עמוד תאורה עירוני



עמוד ראשי במבנה פלדה



מתקן ימי - תמיכות מדפי כבלים



שנאי עומס – קורוזיה בצלעות קירור



מעקה בטיחות



קורוזיה אטמוספרית ימית.
קורוזיה ובטיחות !!!?



עמוד תמיכה לסוללת שסתומים
במתקן טיפול במי-תהליך



צינור החזרה לבריכת מגדלי הקירור.
הצינור בן 3 שנים בלבד !



קילוף שכבות קורוזיה – ירידה בעובי דופן של הצינור



קורוזיה במשטחי הליכה



קורוזיה בים – חיצונית ופנימית



...

NACE International

19 שעות ·



At the Puget Sound fishery, salt water caused the steel net pen systems to weaken and corrode over time.



More than 160,000 non-native Atlantic salmon escaped into Washington waters in fish farm accident

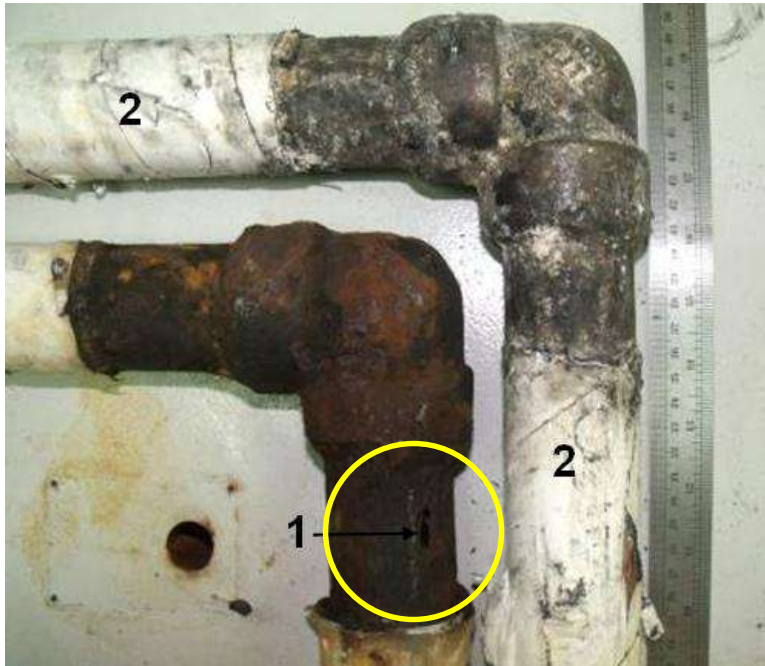
More than 160,000 Atlantic salmon escaped a fish farm and into Pacific waters, state records now show.



נזילה בצנרת דלק תת-קרקעית



קורוזיה – חור בצנרת תת קרקעית



סולר זלג לנחלי הסביבה : 16/02/2014
הדליפה הגיעה כבר אל מעבר לנחל
דובר המפעל : "האירוע בשליטה, הדליפה נחסמה".

צנרת כיבוי אש



מכל מים – כתר תחתון

מכל סולר – גג



ארובה בדרום
3 שנים אחרי הרכבה



גג פח בסביבה ימית/תעשייתית



איכות האלקטרוליט משפיעה על קצב הקורוזיה



NACE International



9 שעות ·

City workers recommended that dog owners steer their pooches toward fire hydrants instead, which are made of cast iron.



Lamp Post Corroded by Dog Urine Topples Over

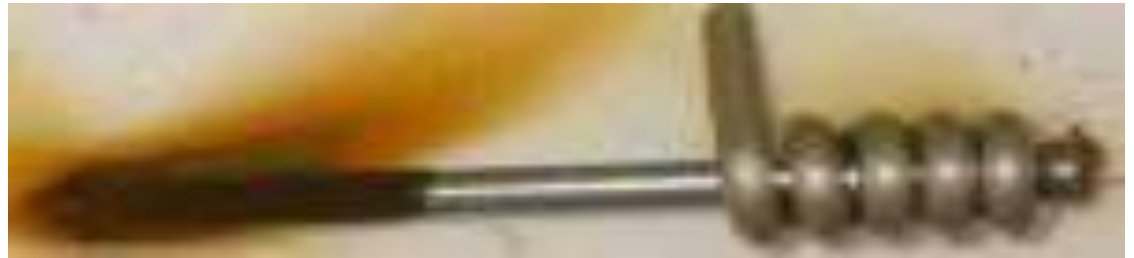
A lamp post toppled over in downtown San Diego, and city crews say dog urine was a contributing factor.

מתכות מחלידות במגע עם מים (מלוחים)

אלומיניום סביב ברזל



כסף סביב ברזל



נחושת סביב ברזל



נחושת סביב כסף



חלודה בפלב"מ - "פלדה בלתי מחלידה" !



פלב"מ בסביבה ימית:
זווית – SS 304
ברגים ואומים – SS 316

חלודה "יציבה" – פלדת קורטן



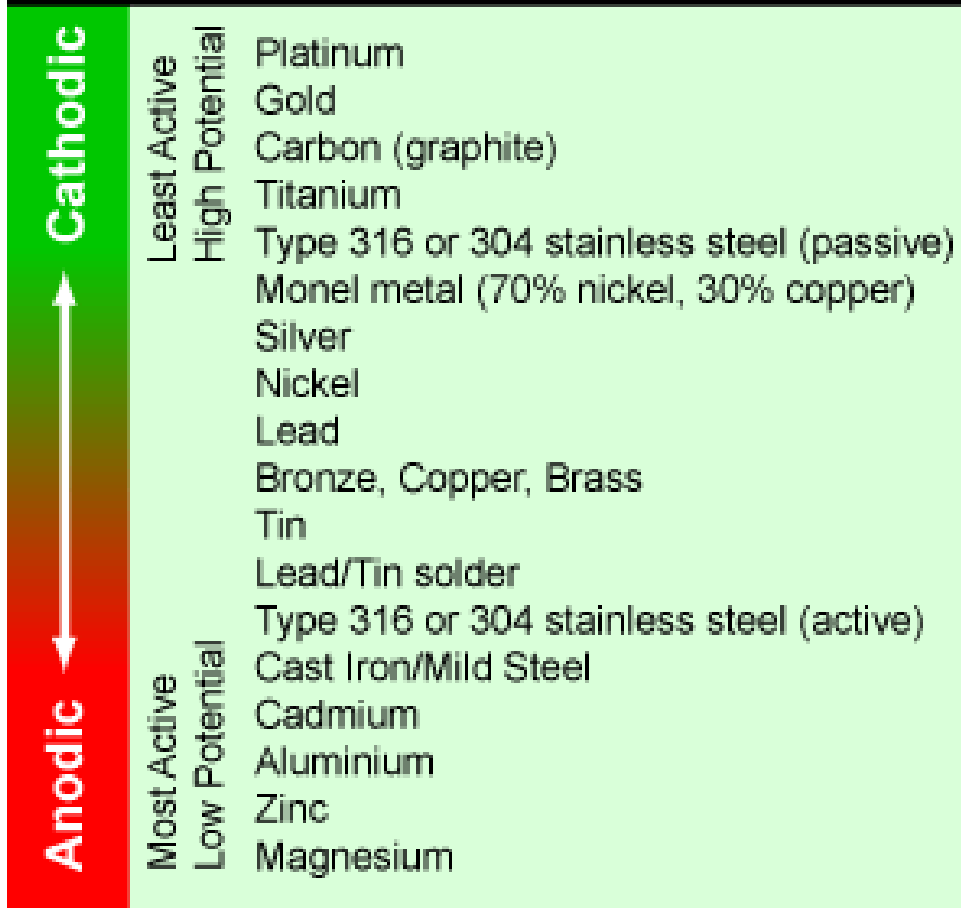
הודו, פלדה בת 1600 שנה ללא חלודה



The iron pillar at Qutub Minar in Delhi has remained rust-free for over 1,600 years.

סדרה גלוונית של מתכות

Table 1- The Galvanic Series of Metals



The diagram shows a vertical list of metals on a light green background. On the left, a vertical bar transitions from red at the bottom to green at the top, with a white double-headed arrow pointing both up and down. The word 'Cathodic' is written vertically in white on the green part, and 'Anodic' is written vertically in white on the red part. The metals are listed from top to bottom: Platinum, Gold, Carbon (graphite), Titanium, Type 316 or 304 stainless steel (passive), Monel metal (70% nickel, 30% copper), Silver, Nickel, Lead, Bronze, Copper, Brass, Tin, Lead/Tin solder, Type 316 or 304 stainless steel (active), Cast Iron/Mild Steel, Cadmium, Aluminium, Zinc, and Magnesium. The top three metals are grouped under 'Least Active High Potential' and the bottom five under 'Most Active Low Potential'.

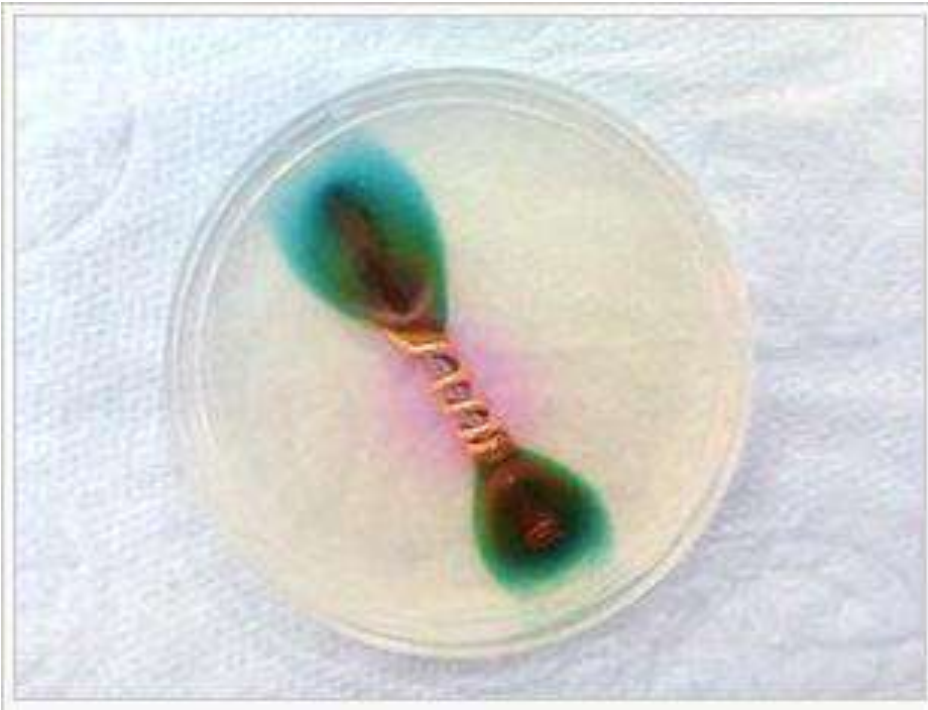
Least Active High Potential	Platinum
	Gold
	Carbon (graphite)
	Titanium
	Type 316 or 304 stainless steel (passive)
	Monel metal (70% nickel, 30% copper)
	Silver
	Nickel
	Lead
	Bronze, Copper, Brass
	Tin
	Lead/Tin solder
	Type 316 or 304 stainless steel (active)
Most Active Low Potential	Cast Iron/Mild Steel
	Cadmium
	Aluminium
	Zinc
	Magnesium

Galvanic corrosion

Wikipedia

Corrosion of an iron nail wrapped in bright copper wire, showing cathodic protection of copper

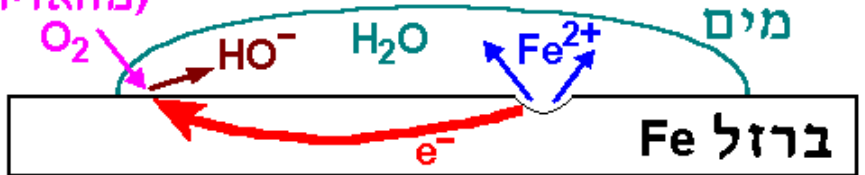
a ferroxyl indicator solution shows colored chemical indications of two types of ions diffusing.



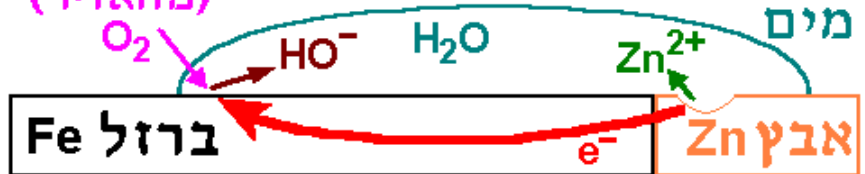
חומרים והחלודה



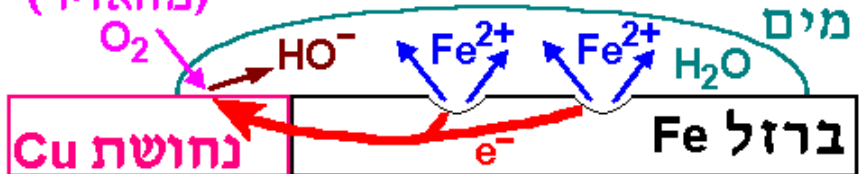
חמצן
(מהאוויר)



חמצן
(מהאוויר)



חמצן
(מהאוויר)



תהליך החלודה:

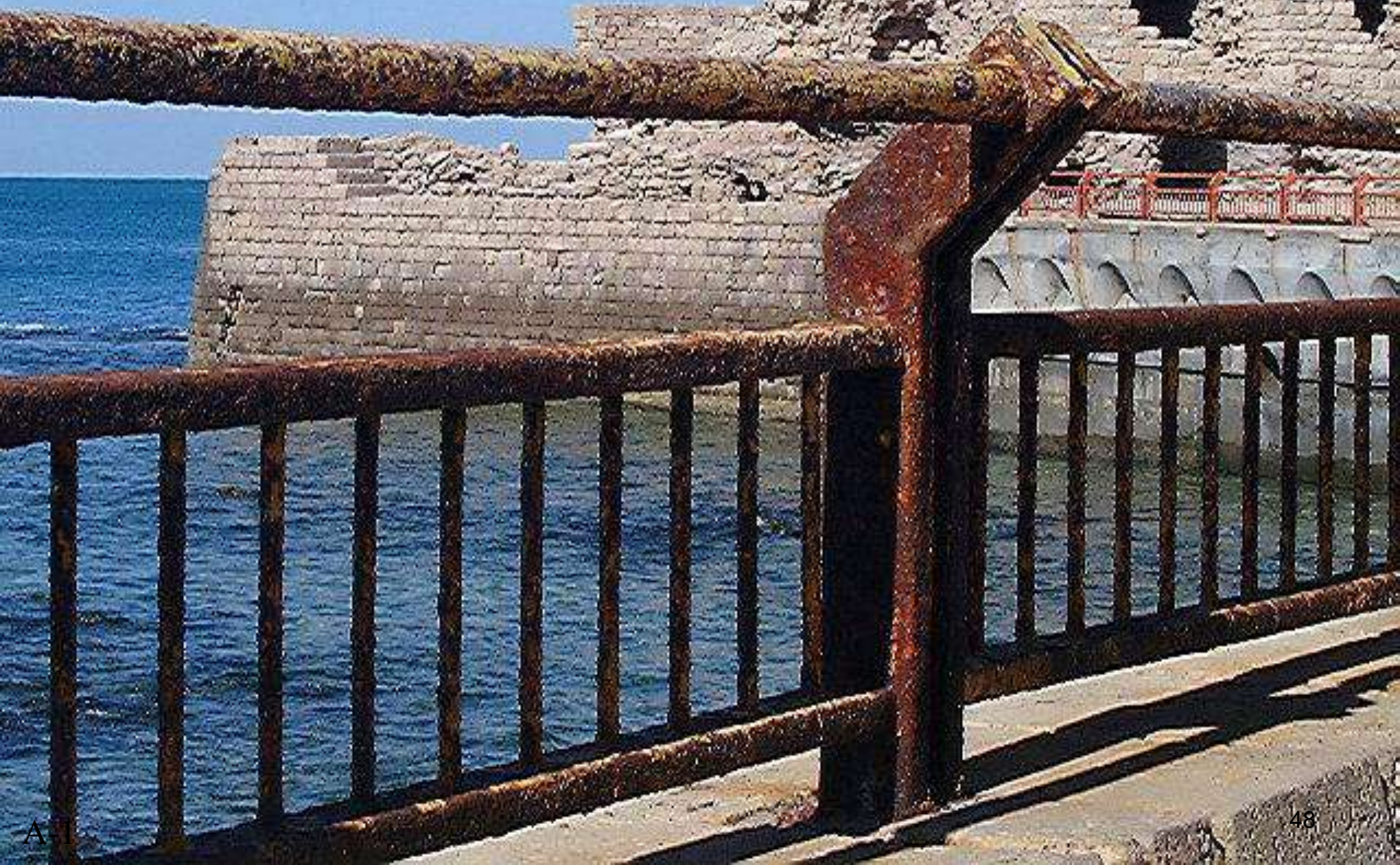
הגנה מפני החלודה:

הגברת החלודה:

סיכום ביניים

- קורוזיה מתפתחת בכל מקום בו יש פלדה/מתכת !
- קורוזיה הנה תהליך בלייה טבעי, היא לא באה בהפתעה.
- אמצעי המניעה – מעכבים את התהליך, אך לא מונעים לעד.
- קורוזיה זה לא רק לכלוך ואסתטיקה, הקורוזיה ה"מסוכנת" היא זו שלא רואים !

**קורוזיה –
תהליך בליה טבעי של מתכות !**





הנה עמנו
אלוהים נא קולנו

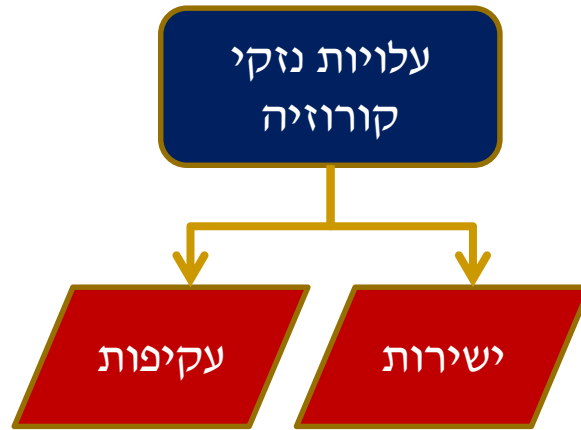
עלויות נזקי קורוזיה

1978 ארה"ב – סקר NACE ביוזמת הקונגרס עלויות הקורוזיה: 4.9% מהתל"ג

2002 ארה"ב - סקר ביוזמת (RD-01-156 - FHWA)

U.S. Federal Highway Administration (276 ביליון דולר)

עלויות הקורוזיה: 3.14% מהתל"ג



סקרים בעולם:
בריטניה (1969), גרמניה (1969),
שבדיה (1964), פינלנד (1965),
בריה"מ (1969, 1988),
אוסטרליה (1973), הודו (1960),
יפן (1976)
אחוזים דומים מהתמ"ג (וביפן רק 1.8%)
ועוד

כ- 4% מהתל"ג השנתי אובד רק בגלל נזקי קורוזיה !

- **עלויות ישירות** – תיקון/צביעה/החלפת ציוד ומבנים.
- **עלויות עקיפות** – הפסד תוצר, דלק חלופי, צורך בתמיכה טכנית, עלויות ביטוח.
- **עלויות תכנון מיוחד** – חומרים ומבנים, עובי מתוכנן להקרבה, עלות אחזקת מלאי חלפים.
- **עלויות שליטה** – תיקונים ואחזקה, בקרת תהליכים.
- **עלויות נוספות** – זיהומי סביבה ובטיחות, תדמית ציבורית ...

סכונים

כספיים



- נקיטת אמצעי מניעה – בחירת חומרים, צבעים, הגנה קטודית (אקטיבית/פסיבית), שליטה על תנאי הסביבה.
- תחזוקה - מונעת/שבר. חח"י/קבלן.

תפעוליים



- תקלות בצידוד, זמן מחוץ לשירות, דרישה לשיפוץ מוקדם מהמתוכנן.

בטיחות



- חוזק מבנים – שבר.
- תאונות/פציעות.

איכות הסביבה

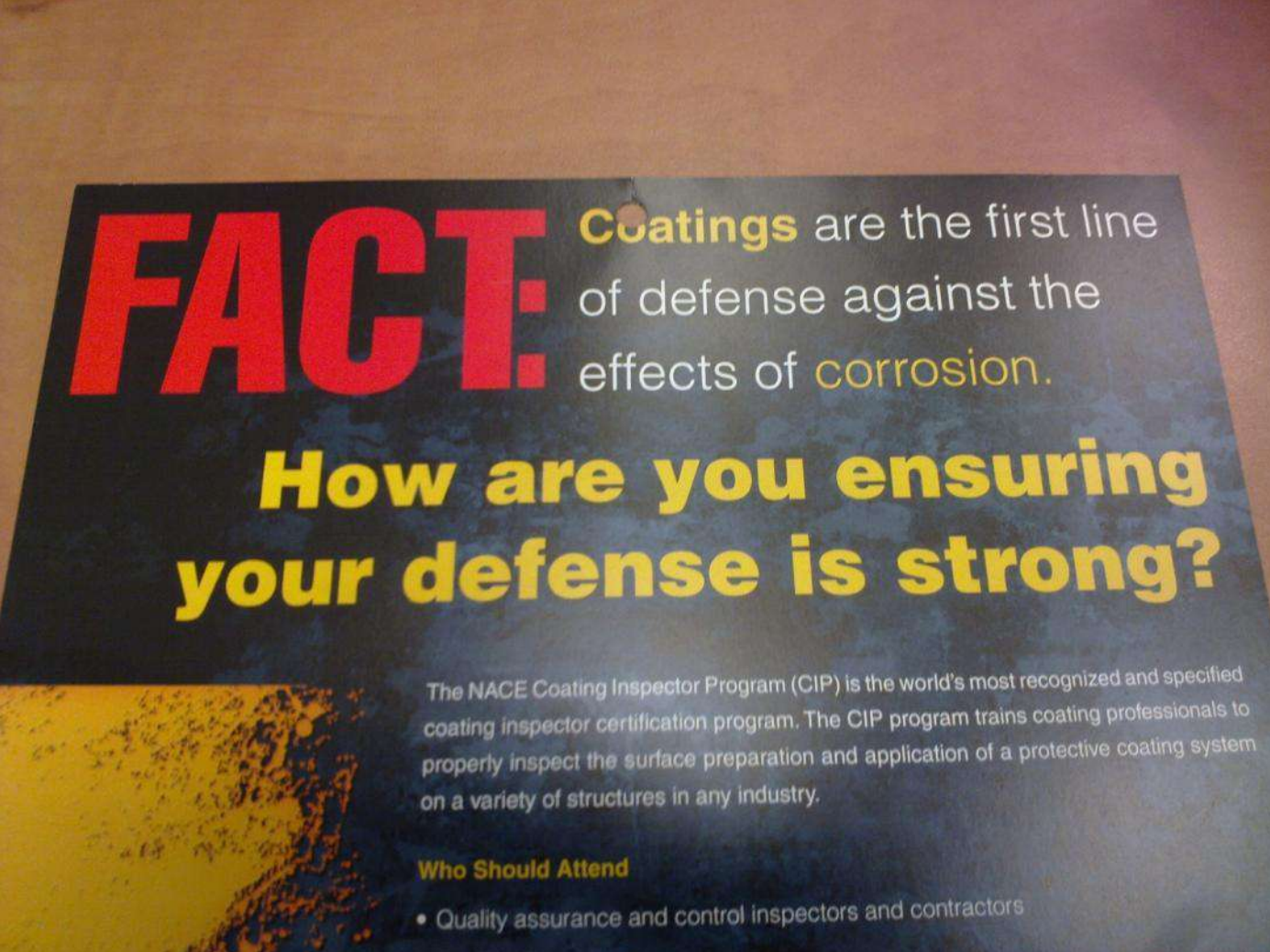


- לכלוך, אסתטיקה, תדמית.
- זיהום אמצעי טיפול (צבעים/מדללים).
- סכנת "הסתבכות" הארגון עם הרשויות ועם גורמי האכיפה.

שיטות ואמצעים למניעת קורוזיה

1. בחירת חומרים נבונה (ע"י המתכנן, הימנעות מצמדי מתכות)
2. מניעת הצטברות מים
3. שליטה על ריכוזי חמצן וחומציות
4. מניעת זרמים לא מבוקרים (זליגות חשמליות) זיהוי אנודה/קטודה (CP)
5. הרחקת חומרים תוקפניים (שליטה על תנאי הסביבה)
6. הגנה מהסביבה על ידי ציפוי או צבע

צבע = קו ההגנה הראשון להגנה מפני קורוזיה



FACT: Coatings are the first line of defense against the effects of corrosion.

How are you ensuring your defense is strong?

The NACE Coating Inspector Program (CIP) is the world's most recognized and specified coating inspector certification program. The CIP program trains coating professionals to properly inspect the surface preparation and application of a protective coating system on a variety of structures in any industry.

Who Should Attend

- Quality assurance and control inspectors and contractors

צבע – הדבר הראשון שרואים בעין - "הצהרה"



מהו צבע – כיצד מגן מפני קורוזיה

- חומר ציפוי (בד"כ פולימר, נוזל או אבקה) המיושם בשיטות שונות על מצע שהוכן מראש.
- לאחר ייבוש והתקשות הציפוי נדבק למצע ומהווה חיץ הפרדה בין המתכת לבין הסביבה.
- תפקידו – לבודד את הפלדה מהסביבה ולמנוע קורוזיה.

מים

צבע



פלדה

מנגנוני התייבשות והתקשות

- יבוש – התאדות המים או המדלל
- הקשיה – תהליך כימי של צילוב בין מולקולות, ראקציה עם חמצן או לחות.

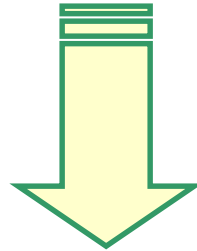
■ חימום

■ שיטות יישום

- הברשה, ריסוס, ריסוס Airless, צביעה בתנור (אלקטרוסטטית)

עובדות ומסקנות בסיסיות

לצבע אורך חיים מוגבל, ותלוי מאד באיכות הכנת השטח!
אחרי יישום הצבע בפועל - אי אפשר לבדוק את הכנת השטח!



**בקרת האיכות חייבת להיות תוך כדי תהליך הצביעה!
נדרש פיקוח מקצועי שוטף על היישום.**

קיים פער (יקר) בין הפיקוח הנדרש למפקח המצוי ! 😞



ויקיפדיה
האנציקלופדיה החופשית

צָבַע (מקצוע)

מתוך ויקיפדיה

צָבַע (קרוי לעתים בטעות צָבְעִי) הוא אדם ש**מקצועו סיווד** ו**צביעה** של **קירות** ו**דלתות**. מלאכתו של הצבע נעשית בשני הקשרים:

- במסגרת פעולות הגימור של **בניין** חדש, שבהן יש לצבוע את הקירות, המשקופים והדלתות בבניין זה.

- במסגרת ה**תחזוקה** השוטפת של בניינים קיימים.

חלק ניכר מהצבעים פועלים כ**עצמאיים**, המקבלים הזמנות מ**קבלני בניין** ומלקוחות פרטיים.

כלי העבודה העיקריים של הצבע הם ה**מברשות** המשמשות אותו לצביעה. בנוסף נעזר הצבע ב**סולם**, המאפשר לו להגיע לחלקים הגבוהים של הדירה או האולם.

ההכשרה למקצוע הצבע נעשית בדרך של **חניכה**.

אדם הרוצה להיות צבע מצטרף כ**שוליה** לצבע ותיק, ולומד ממנו את רזי המקצוע.

למה צבע נכשל ?

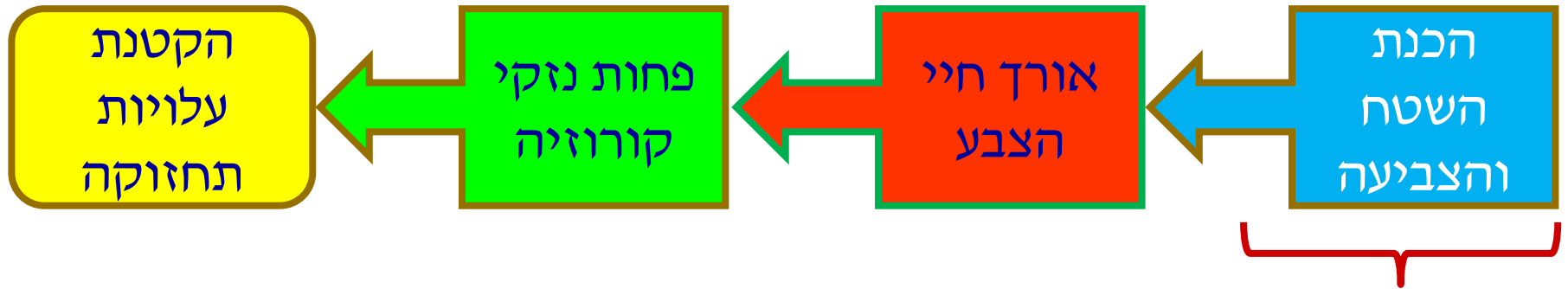


סיבות לכשל צבע

נתונים סטטיסטיים (NACE & SSPC)



שמירת איכות הצבע לאורך הזמן חוסכת כסף



If you don't inspect – Don't expect !

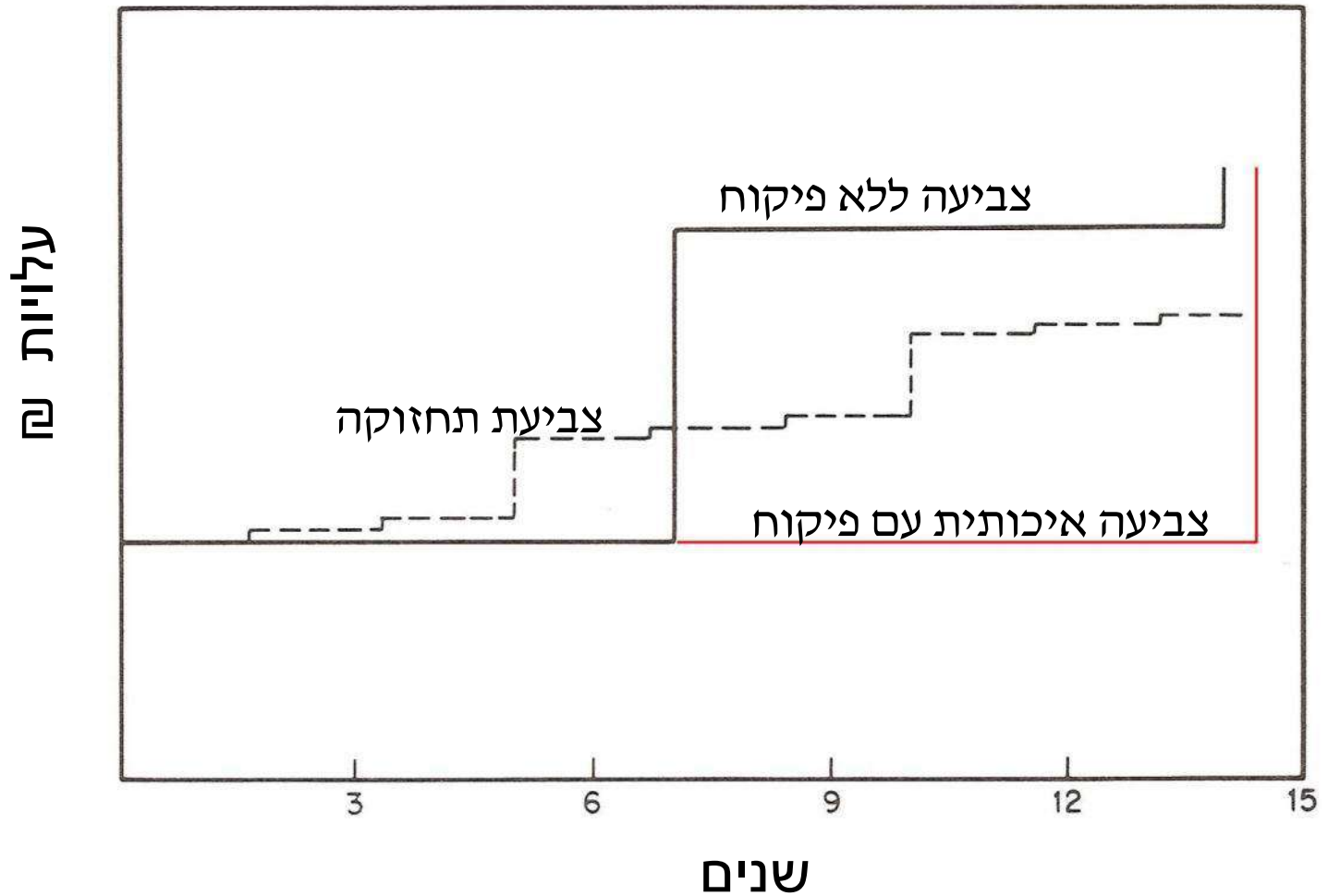
בקרת איכות
ופיקוח מקצועי צמוד

הזדמנות חד פעמית !

Durability

- a) low (L): 2 years to 5 years;
- b) medium (M): 5 years to 15 years;
- c) high (H): more than 15 years.

עלויות – מודל כללי

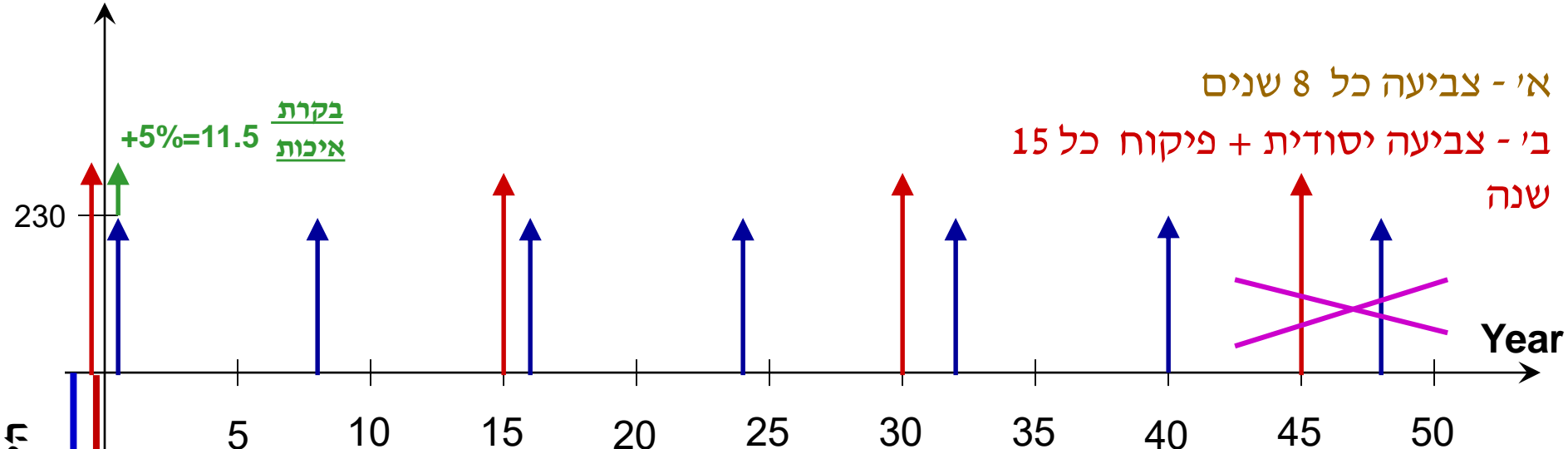


Maintenance Painting Economy

צבע עליון לארובת מחז"מ - מחיר חוזה 230 אש"ח

(2 שכבות סיליקון אקרילי, מעל יסוד קיים)

אש"ח



היוון ריבית 7%
 א
 538
 37
 2

הפרש	מתוקן	50 שנה	חלופה
168	529	538	א'
אש"ח	361	372	ב'

סך העלות (מהוונת, 7% שנתי)
 לחיי התחנה [אש"ח]:

החסכון (למשך חיי הציוד): 168 אש"ח לצביעת ארובה זו בלבד !

מה וכמה צובאים ? ...



dreamstime.com

*Just Do It !
Do It Now !*

מודעות !

ביצוע סקרים ותחזיות

יישום איכותי של הצבע כציפוי הגנה לזמן ממושך

נדרש פיקוח מקצועי שוטף

התייעצות עם מומחים מוסמכים בעלי ידע וניסיון מוכח

Pay now or pay later, You will pay anyway !

Try to make PAINLESS !