

מפל מתחים בקרקע כתוצאה ממערכות זרם ישר



© כל הזכויות שמורות לאסף ביבי - הגנה קתודית וזרמים טועים.
אין להעתיק או לשכתב מסמך זה או חלק ממנו אם על-גבי נייר או
כקובץ אלקטרוני או בכל אמצעי אחר, ללא הרשאה מפורשת
מטעם 'אסף ביבי - הגנה קתודית וזרמים טועים'.

אודותינו



משרד תכנון וייעוץ העוסק בתחום ההגנה הקתודית והזרמים הטועים.
פעיל משנת 2014. ממוקם בנס ציונה.

אסף ביבי

פיזיקאי ומהנדס חומרים.

רקע – מהנדס הגנה קתודית במקורות (עד סוף 2013).

בעל ניסיון של כ-12 שנים (מתחילת 2008) בתחום ההגנה הקתודית והזרמים הטועים.

פועל כחברת ייעוץ ומהנדס חומרים - הגנה קתודית וזרמים טועים.
אין להעתיק או לשכתב מסמך זה או חלק ממנו אם על-גבי נייר או
כקובץ אלקטרוני או בכל אמצעי אחר, ללא הרשאה מפורשת
מטעם 'אסף ביבי' - הגנה קתודית וזרמים טועים'.

נשוי למארי ואבא לאמיתי ואביב.

תחומי פעילות

תכנון מערכות להגנה קתודית על קווי מים, גז, דלק ...

הגנה קתודית למיכלים ותשתיות נוספות

תכנון ניטור וביטול זרמים טועים

סקרים ומדידות

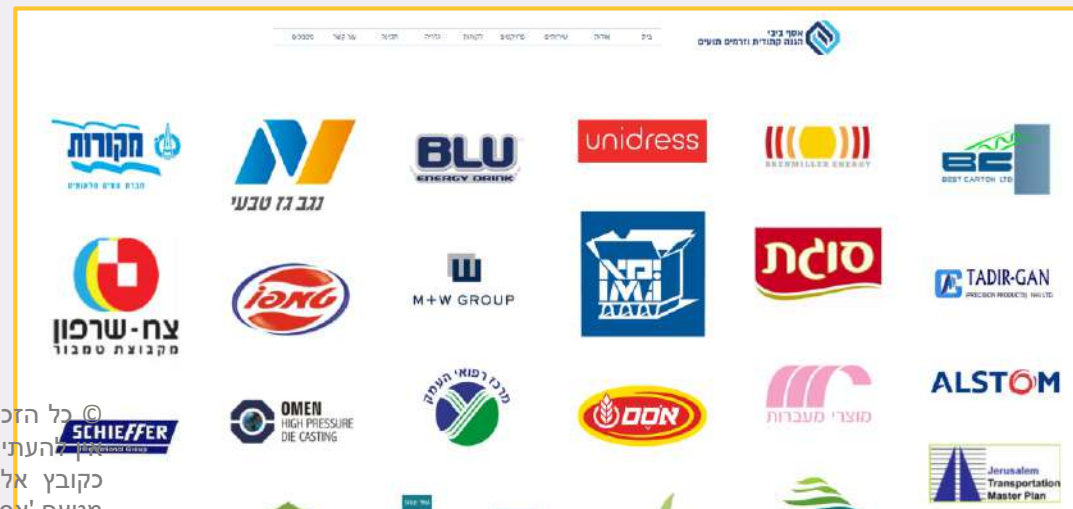
ועוד...

מבין לקוחותינו:



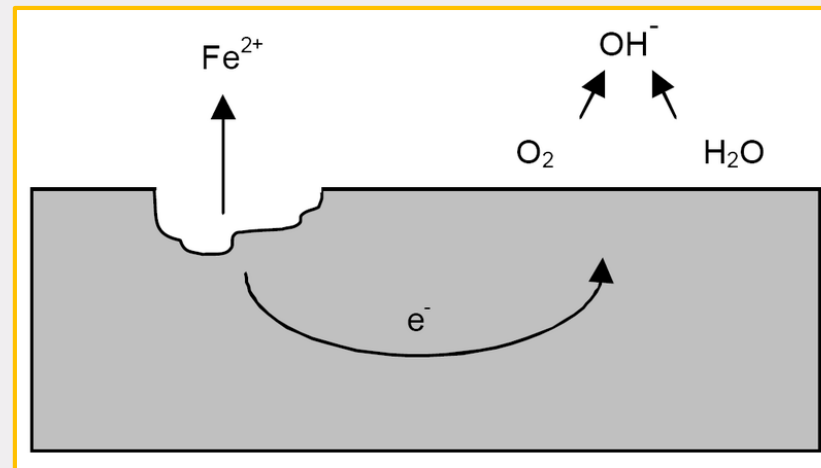
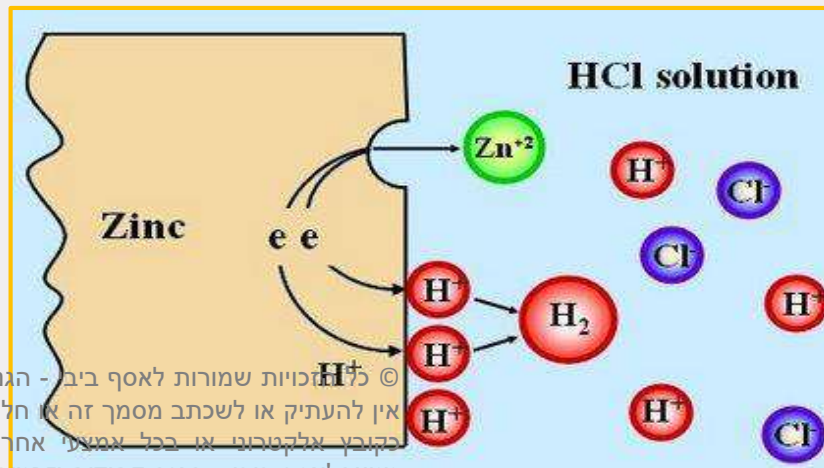
ספק מורשה של
משרד הביטחון

כל הזכויות שמורות לאסף ביבי - הגנה קתודית וזרמים טועים.
העתיק או לשכתב מסמך זה או חלק ממנו אם על-גבי נייר או
קובץ אלקטרוני או בכל אמצעי אחר, ללא הרשאה מפורשת
מטעם 'אסף ביבי' - הגנה קתודית וזרמים טועים.



קורוזיה

- קורוזיה – תהליך הרס המתכת ע"י פעולה כימית או אלקטרוכימית (החלדת המתכת).
- ברזל מתחמצן ע"י חמצן שבאוויר לתחמוצת ברזל.
- קורוזיה אלקטרוכימית במתכות מתרחשת כאשר המתכת טבולה בתמיסה והיא כרוכה בתהליכי חמצון וחילוץ.
- סוגי קורוזיה: שטחית, נקיקים, גבישית, מאמצים ועוד...



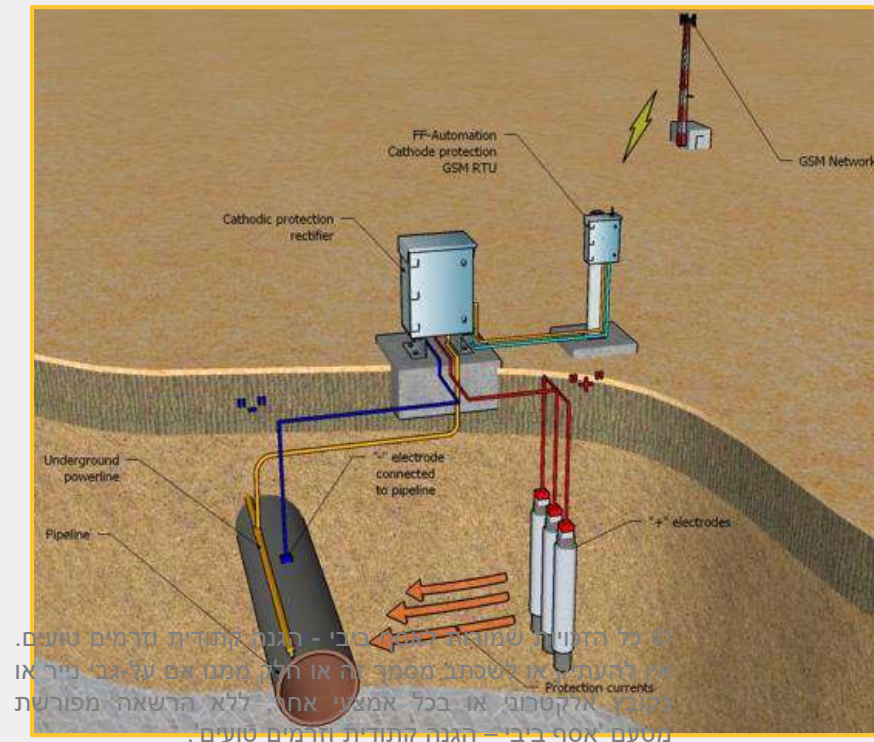
© כל הזכויות שמורות לאסף ביבי - הגנה קתודית וזרמים טועים.
אין להעתיק או לשכתב מסמך זה או חלק ממנו אם על-גבי נייר או
בקובץ אלקטרוני או בכל אמצעי אחר, ללא הרשאה מפורשת
מטעם 'אסף ביבי' - הגנה קתודית וזרמים טועים.

מתקן הגנה קתודית

$$V = IR$$

ניתן להבדיל בין שתי מערכות הגנה קתודית עיקריות:

- הגנה קתודית באמצעות אנודות הקרבה.
- הגנה קתודית באמצעות זרם מאולץ.



- בהגנה בזרם מאולץ קיים מקור אנרגיה המספק זרם הגנה קתודית ישר DC למערכת.
- לאנודות אלו איכול איטי ואין חשיבות שיהיו עם פוטנציאל שלילי יותר.
- אנודות נפוצות לשימוש – גרפיט, פחם, ברזל (גרוטאות), טיטניום.
- המערכת כוללת: מיישר זרם, שדה אנודות, כבלים, תא ייחוס וחיבור לתשתית המוגנת.

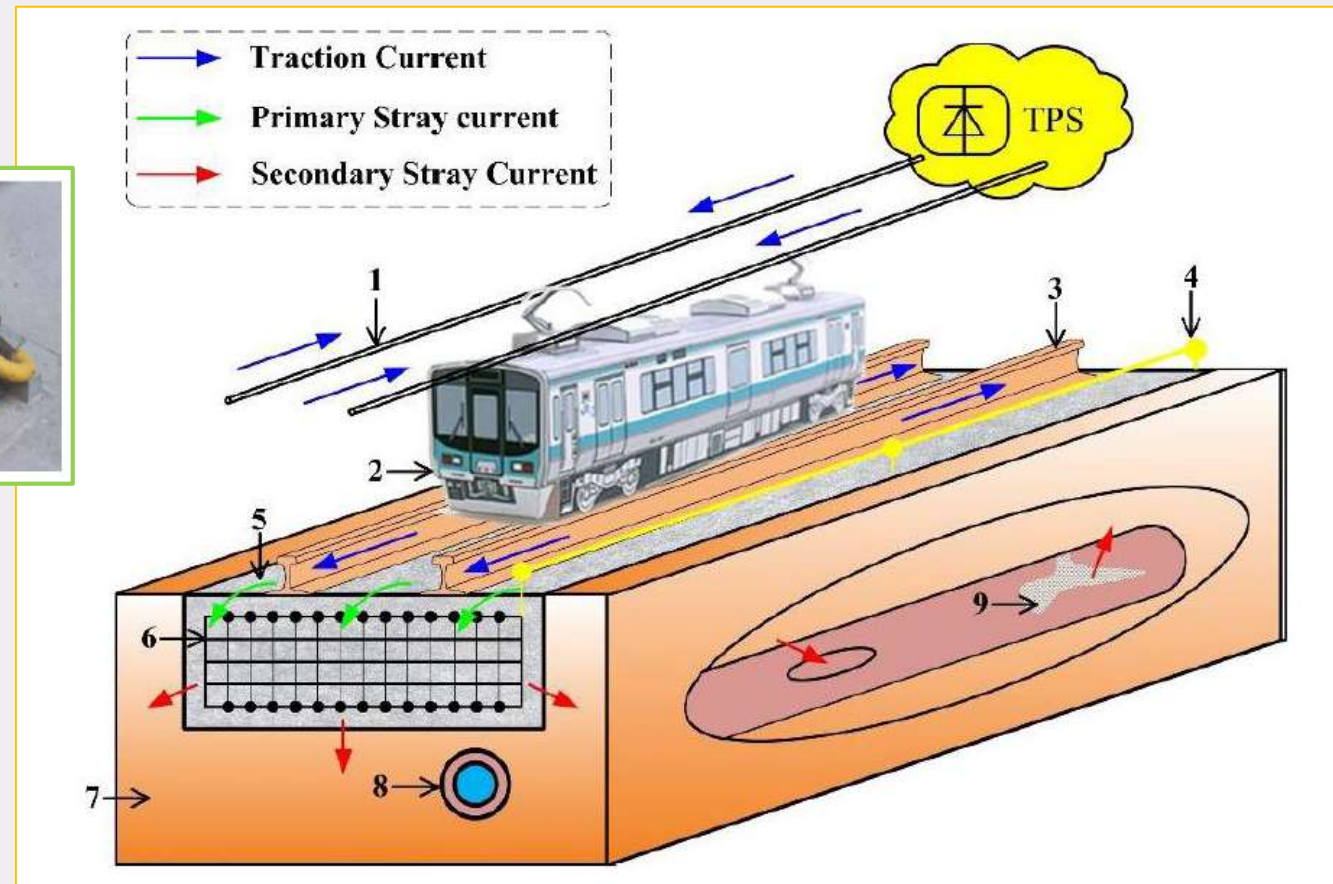
זרמים טועים מרכבות קלות



- קוטב פלוס – תיל עליון.
- קוטב מינוס – מסילה (חזרת הזרם אל ספק הכוח).
- זרמים טועים אפשריים לקרקע.

© כל הזכויות שמורות לאסף ביבי - הגנה קתודית וזרמים טועים.
אין להעתיק או לשכתב מסמך זה או חלק ממנו אם על-גבי נייר או
קובץ אלקטרוני או בכל אמצעי אחר, ללא הרשאה מפורשת
מטעם 'אסף ביבי - הגנה קתודית וזרמים טועים'.

זרמים תועים מרכבות קלות



© כל הזכויות שמורות לאסף ביבי - הגנה קתודית וזרמים תועים.
אין להעתיק או לשכתב מסמך זה או חלק ממנו אם על-גבי נייר או
כקובץ אלקטרוני או בכל אמצעי אחר, ללא הרשאה מפורשת
מטעם 'אסף ביבי' - הגנה קתודית וזרמים תועים.

כיצד הזרם התועה משפיע על הקורוזיה?

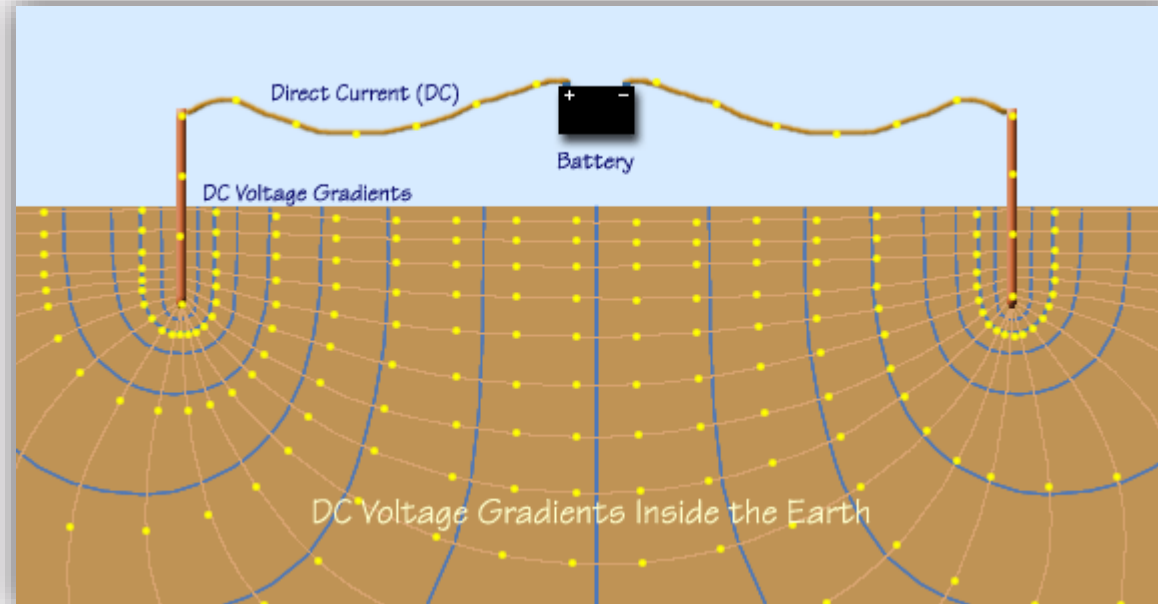
$$P = \frac{I \cdot t}{96500} \cdot \frac{M}{n}$$

איבוד משקלי של ברזל =
כ-9.3 ק"ג*אמפר לשנה

P	I	t	M	n	
משקל האיבוד בגרם	זרם באמפר	משך זמן בשניות	מסה אטומית	ערכיות	
253.50	253495.3	נצילות 0.9	228.15	228145.8	1
ק"ג	גרם	ק"ג	גרם	גרם	שנים
281.13	281132.2	נצילות 0.95	267.08	267075.6	1
ק"ג	גרם	ק"ג	גרם	גרם	שנים
91.84	91843.83	נצילות 0.8	73.48	73475.07	1
ק"ג	גרם	ק"ג	גרם	גרם	שנים
198.69	198693.1	נצילות 0.5	99.35	99346.57	1
ק"ג	גרם	ק"ג	גרם	גרם	שנים

© כל הזכויות שמורות לאסף ביבי - הגנה קתודית וזרמים טועים.
הערה: כל הנתונים הם תוצאות של חישובים והם אינם מהווים
הצהרה או אחריות. ללא הרשאה מפורשת.
הגנה קתודית וזרמים טועים.

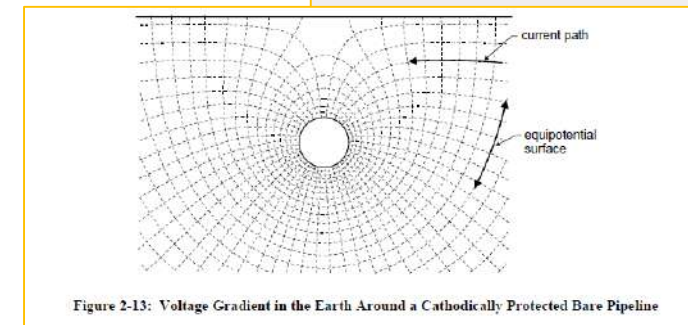
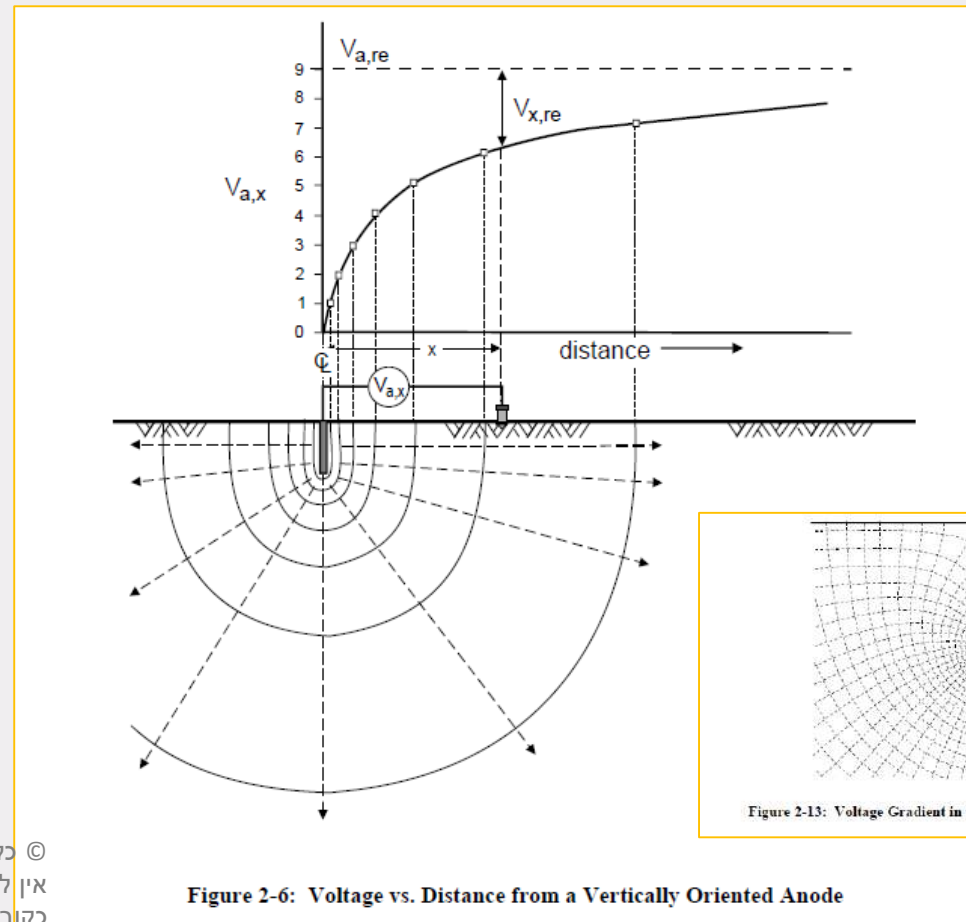
טבעות שוות פוטנציאל (מתח) וקווי זרם



- טבעות שוות פוטנציאל סגורות.
- קווי זרם פתוחים - בעלי שתי נקודות קצה.
- קווי זרם ניצבים לקווי פוטנציאל.

© כל הזכויות שמורות לאסף ביבי - הגנה קתודית וזרמים טועים.
אין להעתיק או לשכתב מסמך זה או חלק ממנו אם על-גבי נייר או
כקובץ אלקטרוני או בכל אמצעי אחר, ללא הרשאה מפורשת
מטעם 'אסף ביבי' - הגנה קתודית וזרמים טועים'.

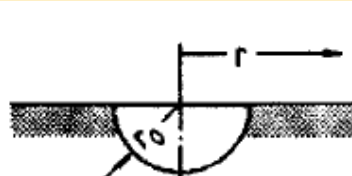
מוקד ההפרעה



© כל הזכויות שמורות לאסוף ביבי - הגנה קתודית וזרמים טועים.
אין להעתיק או לשכתב מסמך זה או חלק ממנו אם על-גבי נייר או
קובץ אלקטרוני או בכל אמצעי אחר, ללא הרשאה מפורשת
מטעם 'אסוף ביבי' - הגנה קתודית וזרמים טועים.

מה משפיע על קווי הפוטנציאל בקרקע?

- זרם המוצא/המערכת.
- התנגדות הקרקע.
- תצורת שדה האנודות/ההארקה/מסילת הרכבת.
- תצורת התשתית המוגנת.
- כל עצם/נוזל/חלל הקיימים בקרקע ופוגעים בהומוגניות שלה!



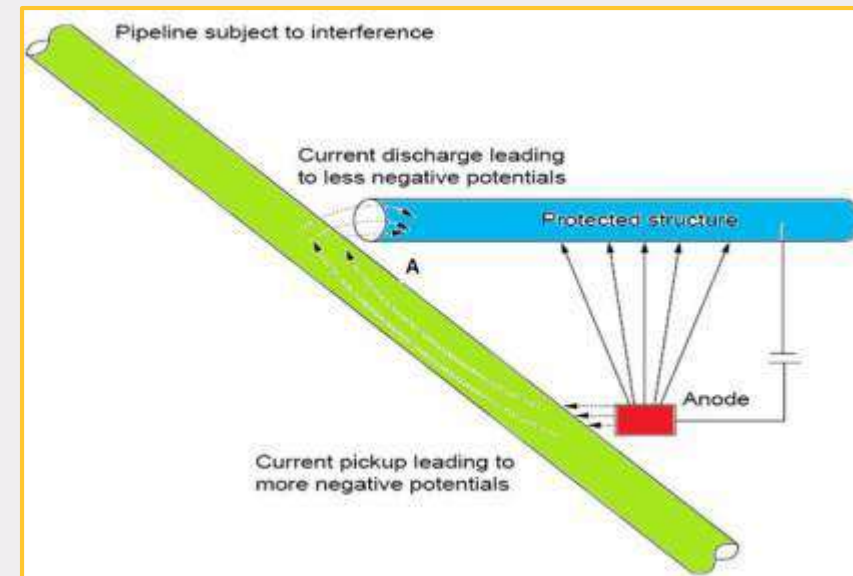
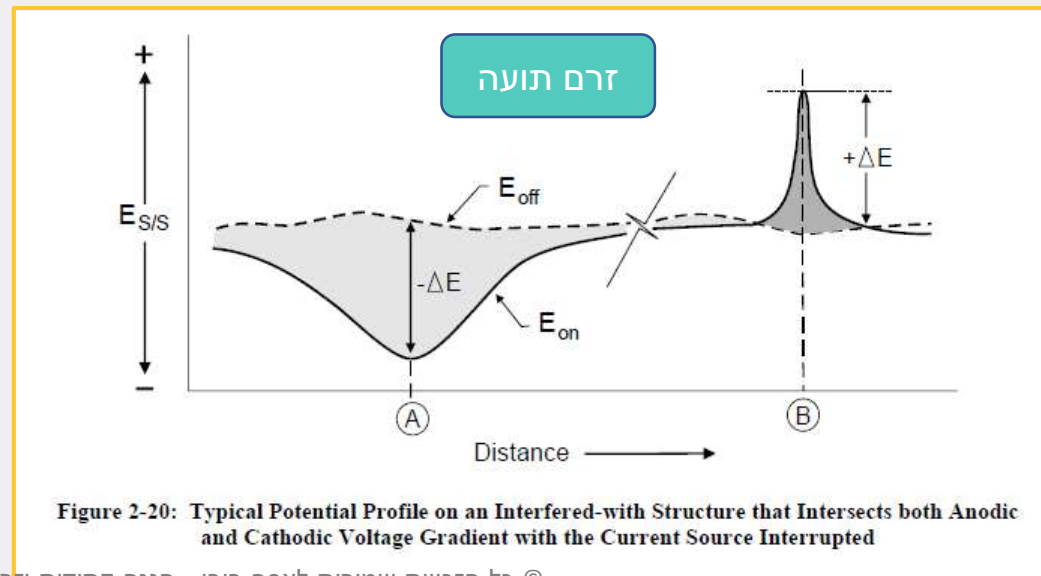
$$R = \frac{\rho}{\pi d}$$

Spherical field $U_r = U_0 \frac{r_0}{r} = \frac{I\rho}{2\pi r}$

© כל הזכויות שמורות לאסף ביבי - הגנה קתודית וזרמים טועים.
אין להעתיק או לשכנב מסמך זה או חלק ממנו אם על-גבי נייר או
קובץ אלקטרוני או בכל אמצעי אחר, ללא הרשאה מפורשת
מטעם 'אסף ביבי' - הגנה קתודית וזרמים טועים.

מה הסיכון?

זרמים לא מבוקרים הנכנסים לתשתיות זרות שאינן מחוברות למערכת.
נקודת פליטת הזרם מהם תהיה נקודה בעלת קורוזיה מואצת.



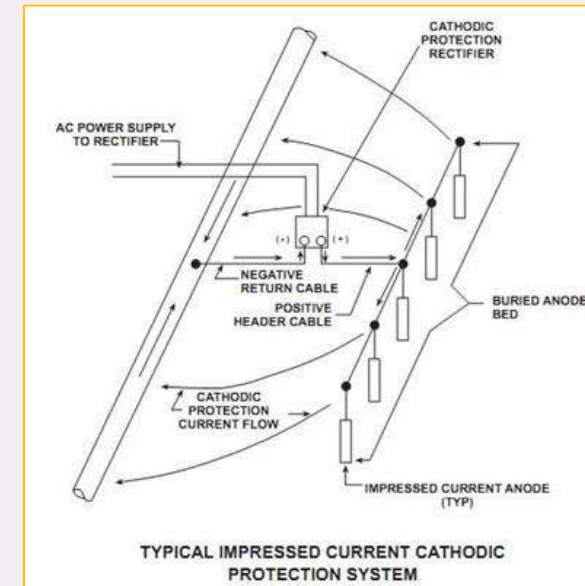
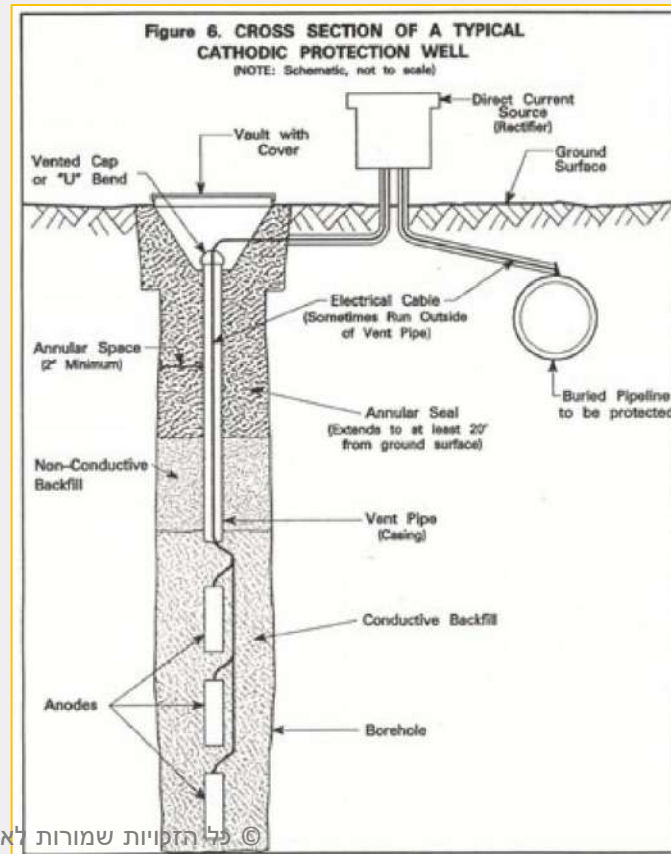
© כל הזכויות שמורות לאסף ביבי – הגנה קתודית וזרמים טועים.
אין להעתיק או לשכתב מסמך זה או חלק ממנו אם על-גבי נייר או
קובץ אלקטרוני או בכל אמצעי אחר, ללא הרשאה מפורשת
מטעם 'אסף ביבי' – הגנה קתודית וזרמים טועים.

איך לבחון השפעות על מבנה מתוכנן?

- כדי לבדוק השפעות שליליות על מבנה או תשתית קיימים ניתן לבצע בדיקות ישירות על התשתיות ולבדוק האם קיימת השפעה ולכמת אותה.
- אך מה עושים כשרוצים להקדים ולהימנע מבעיות עתידיות, לפני הקמת המבנה / תשתית ?
- לטפל כבר בשלב התכנון! קיימות שתי אפשרויות:
 - חישוב תאורטי והכנת מודל מתמטי וגרפי.
 - ביצוע סקר פיזי.

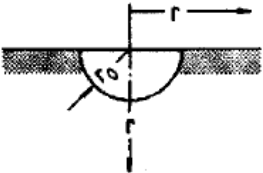
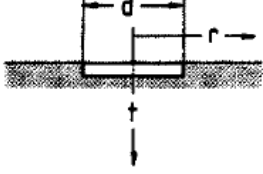
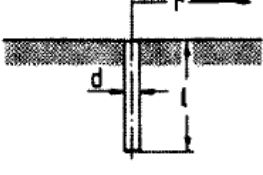
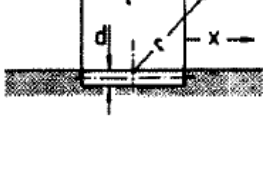
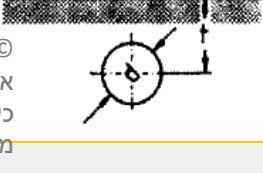
© כל הזכויות שמורות לאספ' ביבי - הגנה קתודית וזרמים טועים.
אין להעתיק או לשכתב מסמך זה או חלק ממנו אם על-גבי נייר או
כקובץ אלקטרוני או בכל אמצעי אחר, ללא הרשאה מפורשת
מטעם 'אספ' ביבי - הגנה קתודית וזרמים טועים'.

חישוב מתמטי – תצורת שדה אנודות



© כל הזכויות שמורות לאסף ביבי - הגנה קתודית וזרמים טועים.
אין להעתיק או לשכתב מסמך זה או חלק ממנו אם על-גבי נייר או
קובץ אלקטרוני או בכל אמצעי אחר, ללא הרשאה מפורשת
מטעם 'אסף ביבי' - הגנה קתודית וזרמים טועים.

חישוב מתמטי – תצורות הארקה בסיסיות

1	Hemisphere, radius r_0 , diameter d		$R = \frac{\rho}{\pi d}$	Spherical field	$U_r = U_0 \frac{r_0}{r} = \frac{I\rho}{2\pi r}$
2	Circular plate, diameter d , radius r_0		$R = \frac{\rho}{2d}$	Surface	$U_r = \frac{2}{\pi} U_0 \arcsin\left(\frac{r_0}{r}\right)$
				Depth	$U_t = \frac{2}{\pi} U_0 \arctan\left(\frac{r_0}{t}\right)$
3	Rod anode, length l , diameter d		$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}$	$l \gg d$	$U_r = \frac{I\rho}{2\pi l} \ln \left(\frac{l + \sqrt{l^2 + r^2}}{r} \right)$
4	Horizontal anode, length l , diameter d		$R = \frac{\rho}{\pi l} \ln \frac{2l}{d}$	$l \gg d$	$U_r = \frac{I\rho}{\pi l} \ln \left(\frac{l}{2r} + \sqrt{1 + \left(\frac{l}{2r}\right)^2} \right) \approx \frac{I\rho}{2\pi r}$
					$U_x = \frac{I\rho}{2\pi l} \ln \left(\frac{2x+l}{2x-l} \right) \approx \frac{I\rho}{2\pi x}$
					[the approximation holds for $(r, x) \gg l$]
5	Sphere, diameter d , depth below surface t		$R = \frac{\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{d} + \frac{1}{4t} \right)$	$t \gg d$	$U_r = \frac{I\rho}{2\pi \sqrt{t^2 + r^2}}$

© כל הזכויות שמורות לאסף ביבי - הגנה קתודית וזרמים טועים.
אין להעתיק או לשכפל מסמך זה או חלק ממנו אם על-גבי נייר או
קובץ אלקטרוני או בכל אמצעי אחר, ללא הרשאה מפורשת
מטעם 'אסף ביבי' - הגנה קתודית וזרמים טועים.

חישוב מתמטי

- חובה לבדוק את התנגדות הקרקע! ביחס לינארי למפל המתחים.
- התמרה למודל מתמטי מופשט – חצי כדור.
- ההנחה היא שבמרחק רב מספיק משדה האנודות, נוכל להתייחס אליו כמקור נקודתי, חצי כדורי בעל רדיוס כלשהו.
- ההנחה תהיה בתוקף במרחקים הגדולים משמעותית מרדיוס הכדור המתמטי.

$$R_h = \frac{\rho}{2\pi r}$$

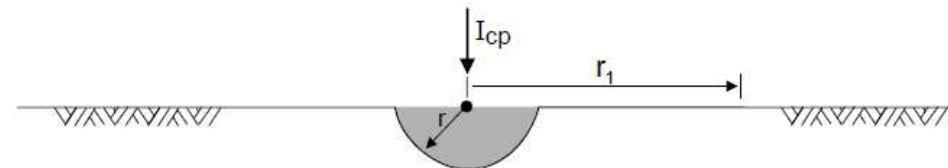


Figure 2-8: Hemispherical Electrode

$$r = \frac{\rho}{2\pi R_h}$$

רדיוס הכדור:

© כל הזכויות שמורות לאסף ביבי - הגנה קתודית וזרמים טועים.
אין להעתיק או לשכתב מסמך זה או חלק ממנו אם על-גבי נייר או
כקובץ אלקטרוני או בכל אמצעי אחר, ללא הרשאה מפורשת
מטעם 'אסף ביבי - הגנה קתודית וזרמים טועים'.

סקר פיזי – שיטת המדידה

- כיוון מיישר הזרם של המערכת (באם ניתן) בהתאם לנדרש.
- מדידת הפרש פוטנציאלים כנגד אלקטרודת ייחוס רחוקה (כלפי מסת אדמה).
- כיוול מכשירים חובה בתחילת העבודה!
- ניתוח ופענוח התוצאות.



© כל הזכויות שמורות לאסף ביבי - הגנה קתודית וזרמים טועים.
אין להעתיק או לשכתב מסמך זה או חלק ממנו אם על-גבי נייר או
קובץ אלקטרוני או בכל אמצעי אחר, ללא הרשאה מפורשת
מטעם 'אסף ביבי - הגנה קתודית וזרמים טועים'.

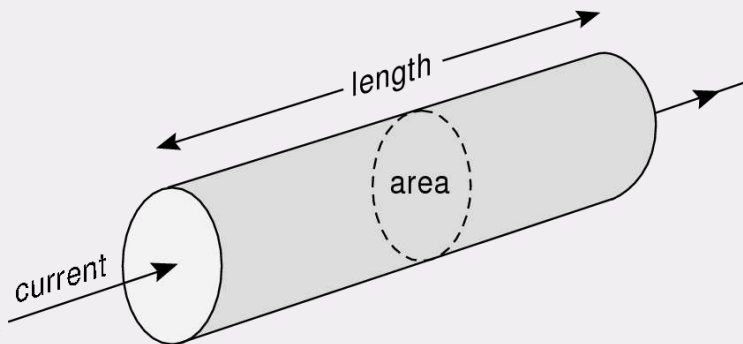
מדידות התנגדות הקרקע

התנגדות תלויה במס' גורמים:

- ההתנגדות הסגולית של החומר.
- טמפרטורה.
- גיאומטריית המוליך, לפי:

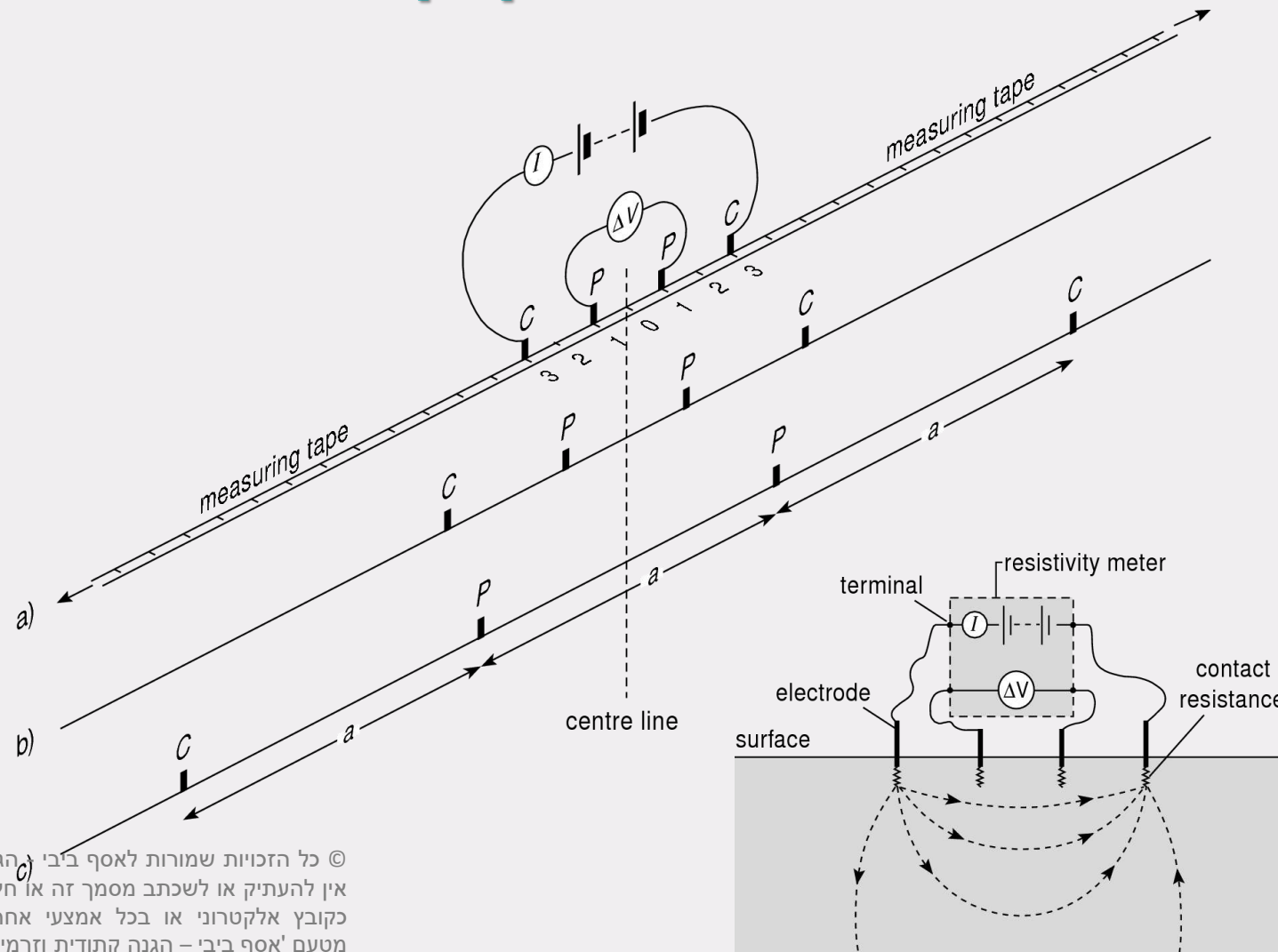
$$R = \rho \frac{l}{a} \quad \longrightarrow \quad \rho = R \frac{a}{l}$$

R = Resistance, a = cross sectional area, l = length,
 ρ = resistivity.



© כל הזכויות שמורות לאסף ביבי - הגנה קתודית וזרמים תועים.
אין להעתיק או לשכתב מסמך זה או חלק ממנו אם על-גבי נייר או
קובץ אלקטרוני או בכל אמצעי אחר, ללא הרשאה מפורשת
מטעם 'אסף ביבי - הגנה קתודית וזרמים תועים'.

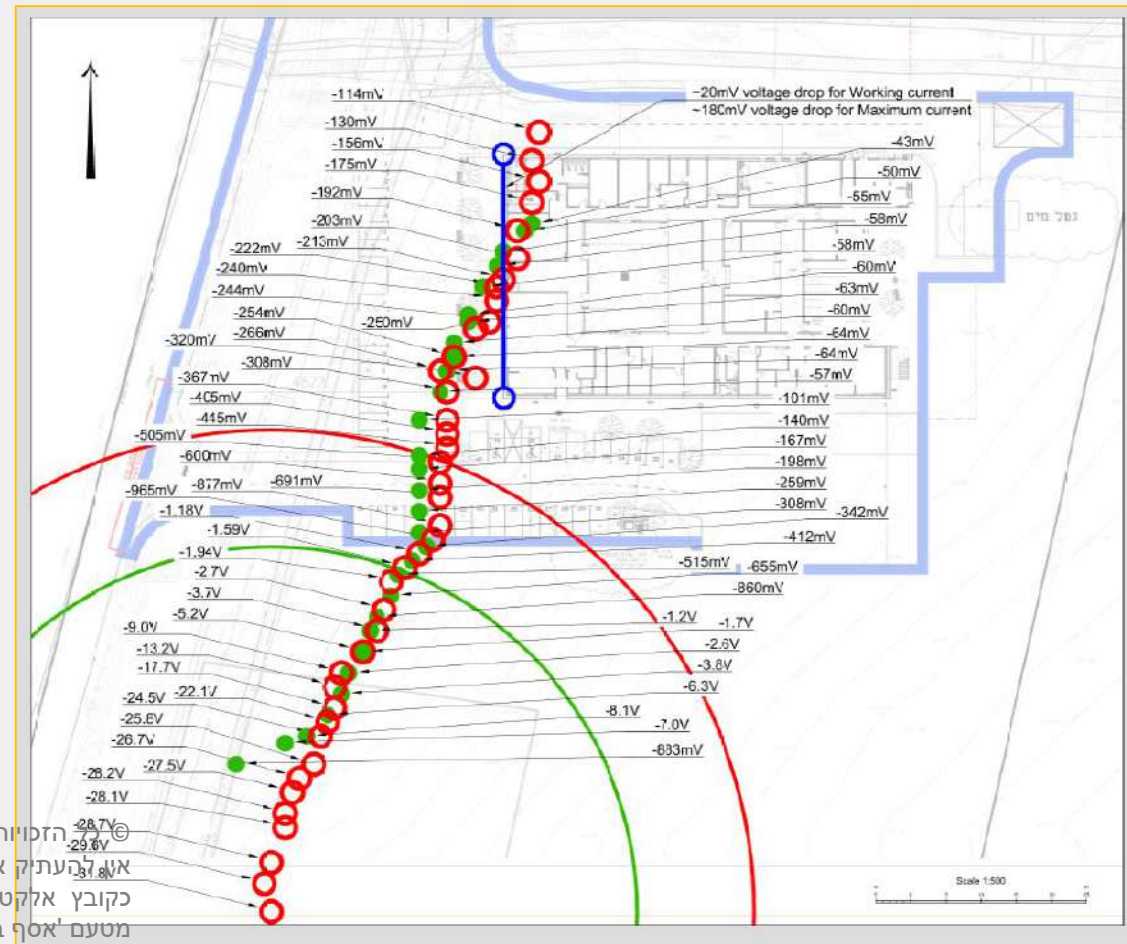
מידות התנגדות הקרקע



© כל הזכויות שמורות לאספ' ביבי, הגנה קתודית וזרמים טועים.
אין להעתיק או לשכתב מסמך זה או חלק ממנו אם על-גבי נייר או
כקובץ אלקטרוני או בכל אמצעי אחר, ללא הרשאה מפורשת
מטעם 'אספ' ביבי - הגנה קתודית וזרמים טועים'.

דוגמאות

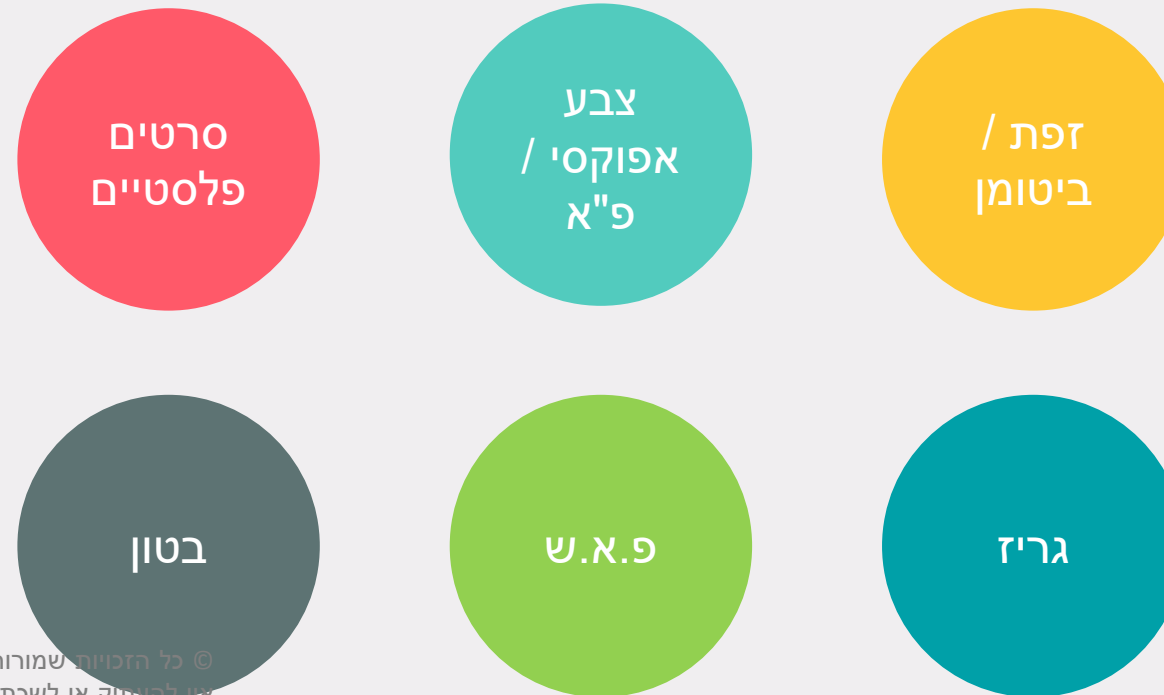
סקר מפל מתחים על מבנה מתוכנן בבסיס צבאי



הזרמים שמורות לאסף ביבי - הגנה קתודית וזרמים טועים.
אין להעתיק או לשכתב מסמך זה או חלק ממנו אם על-גבי נייר או
כקובץ אלקטרוני או בכל אמצעי אחר, ללא הרשאה מפורשת
מטעם 'אסף ביבי - הגנה קתודית וזרמים טועים'.

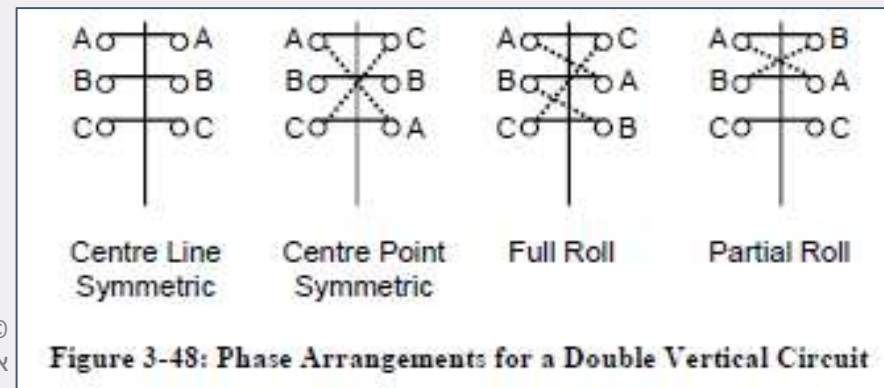
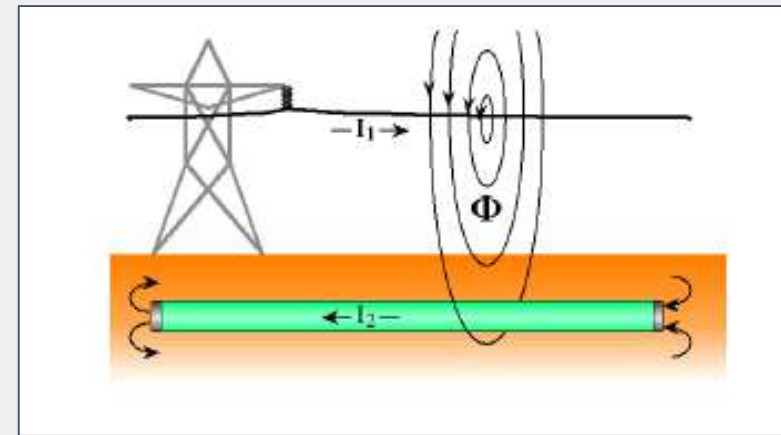
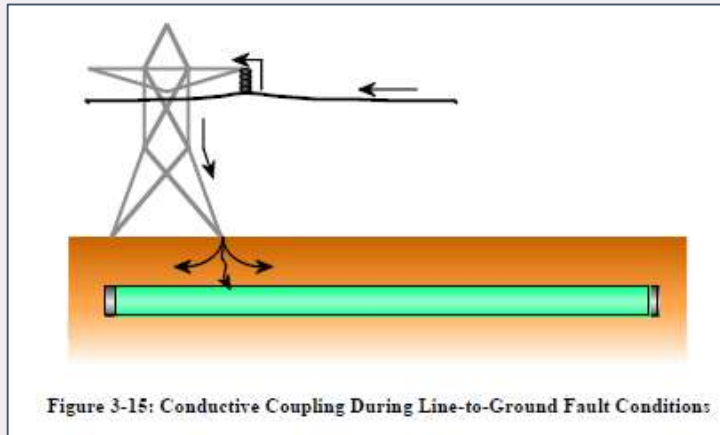
צבע וציפויים

- מערכת הצבע / הציפוי של התשתית היא מרכיב חשוב וקריטי אותו צריך לקחת בחשבון בעת הסקר ו/או החישוב.
- מערכות ציפוי קיימות:



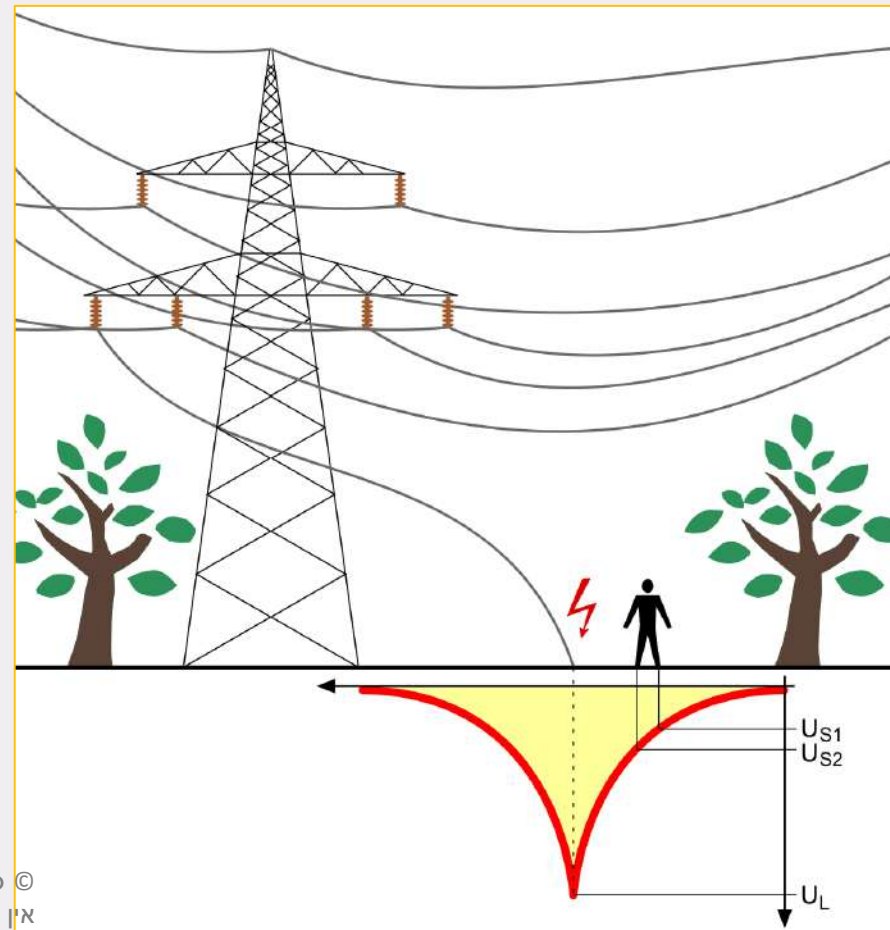
© כל הזכויות שמורות לאספ' ביבי - הגנה קתודית וזרמים טועים.
אין להעתיק או לשכתב מסמך זה או חלק ממנו אם על-גבי נייר או
כקובץ אלקטרוני או בכל אמצעי אחר, ללא הרשאה מפורשת
מטעם 'אספ' ביבי - הגנה קתודית וזרמים טועים'.

השפעות מתח מושרה



© כל הזכויות שמורות לאסף ביבי - הגנה קתודית וזרמים טועים.
אין להעתיק או לשכתב מסמך זה או חלק ממנו אם על-גבי נייר או
קובץ אלקטרוני או בכל אמצעי אחר, ללא הרשאה מפורשת
מטעם 'אסף ביבי' - הגנה קתודית וזרמים טועים.

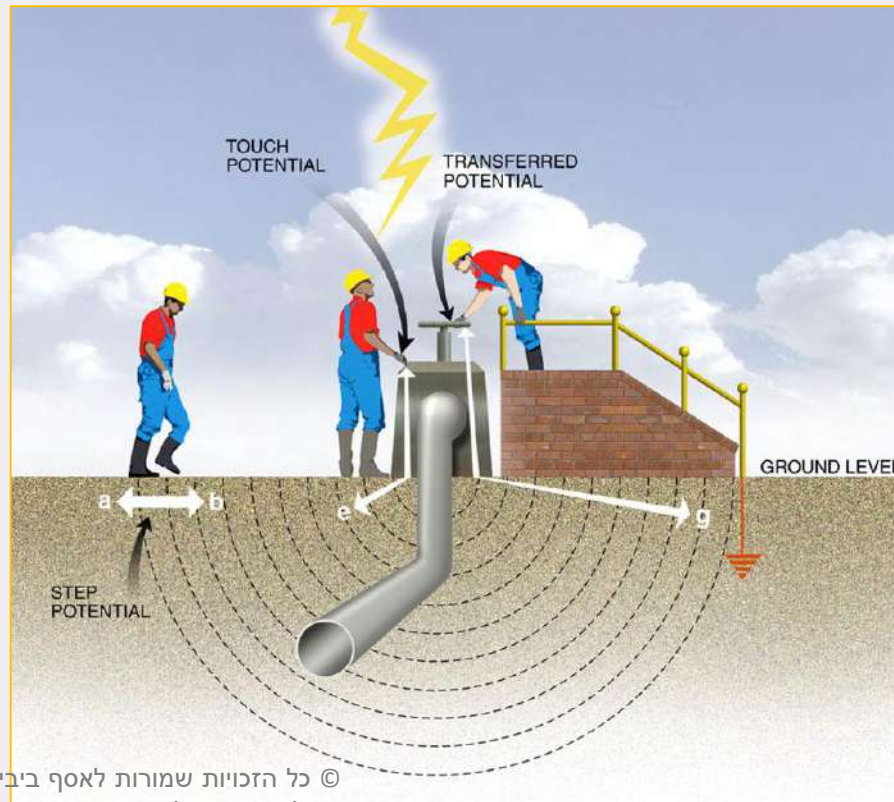
השפעות מתח מושרה



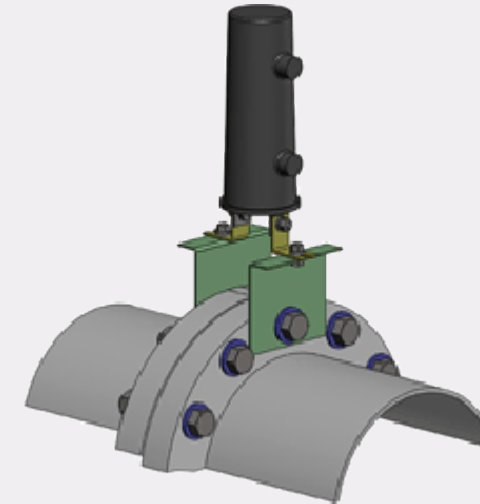
© כל הזכויות שמורות לאסוף ביבי - הגנה קתודית וזרמים טועים.
אין להעתיק או לשכתב מסמך זה או חלק ממנו אם על-גבי נייר או
קובץ אלקטרוני או בכל אמצעי אחר, ללא הרשאה מפורשת
מטעם 'אסוף ביבי' - הגנה קתודית וזרמים טועים.

השפעות מתח מושרה לאורך קו הגז לאשלים

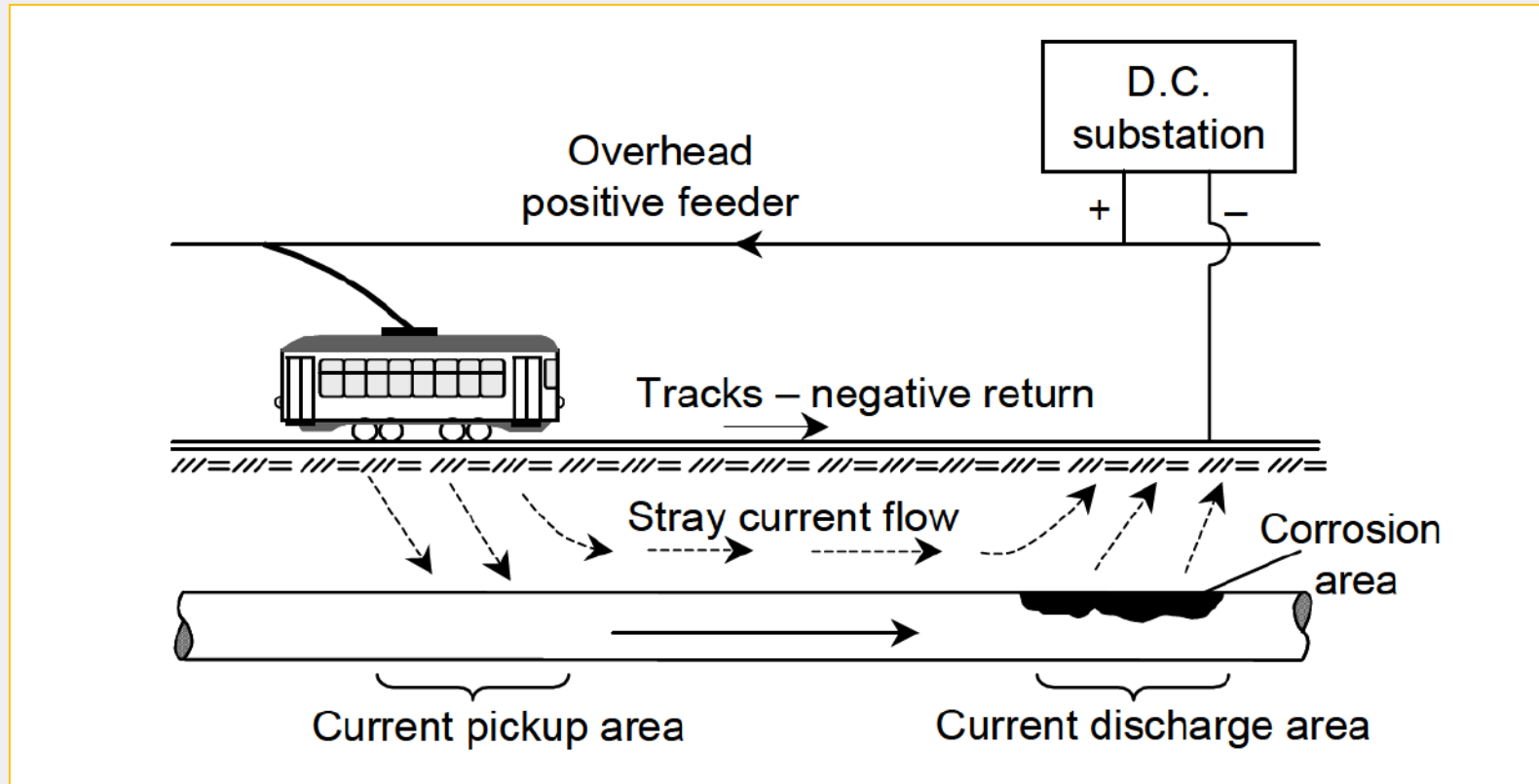
- משטחי השוואת פוטנציאלים.
- כפפות, נעליים מבודדות וכו'.
- עמודי מדידה בטוחים.
- התקנת הארקות.



© כל הזכויות שמורות לאסף ביבי - הגנה קתודית וזרמים טועים.
אין להעתיק או לשכתב מסמך זה או חלק ממנו אם על-גבי נייר או
קובץ אלקטרוני או בכל אמצעי אחר, ללא הרשאה מפורשת
מטעם 'אסף ביבי' - הגנה קתודית וזרמים טועים.



זרמים טועים מרכבות קלות



אינטרפרנציה - הפרעת זרם תועה הגורמת לשיתוך מבנים זרים על ידי זרם ישר שזולג ממתקני הגנה קתודית, רכבות חשמליות, או מכל מקור אחר של זרם ישר.

© כל הזכויות שמורות לאספ ביבי - הגנה קתודית וזרמים טועים.
אין להעתיק או לשכתב מסמך זה או חלק ממנו אם על-גבי נייר או
קובץ אלקטרוני או בכל אמצעי אחר, ללא הרשאה מפורשת
מטעם 'אספ ביבי - הגנה קתודית וזרמים טועים'.



תקינה עיקרית

- תקן ישראלי 62128 חלק 2: יישומי רכבת – מתקנים קבועים – בטיחות חשמל, הארקה ומעגלים חוזרים: אמצעי הגנה מפני תוצאי זרמים תועים שמקורם במערכות הנעה בזרם ישר.

- IEC 62128-1: RAILWAY APPLICATIONS – FIXED INSTALLATION – ELECTRICAL SAFETY, EARTHING AND THE RETURN CIRCUIT – PART 2: PROVISIONS AGAINST THE EFFECTS OF STRAY CURRENTS CAUSED BY D.C. TRACTION SYSTEMS.
- EN 50162: PROTECTION AGAINST CORROSION BY STRAY CURRENT FROM DIRECT CURRENT SYSTEMS.
- EN 50122-2: RAILWAY APPLICATIONS – FIXED INSTALLATIONS – ELECTRICAL SAFETY, EARTHING AND THE RETURN CIRCUIT - PART 2: PROVISIONS AGAINST THE EFFECTS OF STRAY CURRENTS CAUSED BY D.C. TRACTION SYSTEMS.

© כל הזכויות שמורות לאסף ביבי - הגנה קתודית וזרמים תועים.
אין להעתיק או לשכתב מסמך זה או חלק ממנו אם על-גבי נייר או
כקובץ אלקטרוני או בכל אמצעי אחר, ללא הרשאה מפורשת
מטעם 'אסף ביבי' - הגנה קתודית וזרמים תועים'.

קריטריונים

$$I'_{\max} = 2,5 \text{ mA/m}$$

the average value of the potential
does not exceed + 200 mV for
values depend on soil resistivity

1

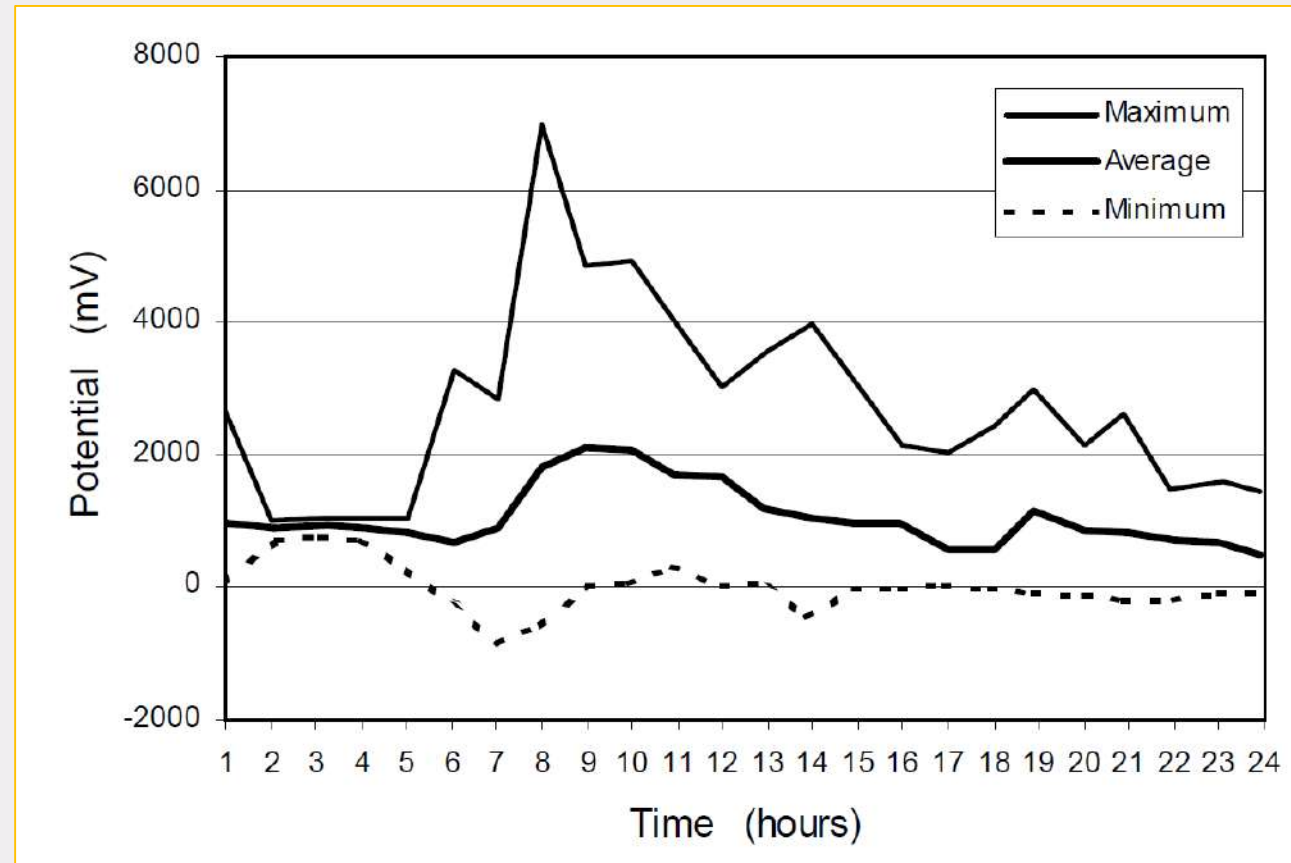
$$G'_{RE} = \frac{I}{U_{RE}}$$

$G'_{RE} \leq 0,5 \text{ S/km per track}$ and $U_{RE} \leq + 5 \text{ V}$ for open formation

$G'_{RE} \leq 2,5 \text{ S/km per track}$ and $U_{RE} \leq + 1 \text{ V}$ for closed formation

© כל הזכויות שמורות לאסף ביבי - הגנה קתודית וזרמים טועים.
אין להעתיק או לשכתב מסמך זה או חלק ממנו אם על-גבי נייר או
בקובץ אלקטרוני או בכל אמצעי אחר, ללא הרשאה מפורשת
מטעם 'אסף ביבי - הגנה קתודית וזרמים טועים'.

ניטור זרמים תועים

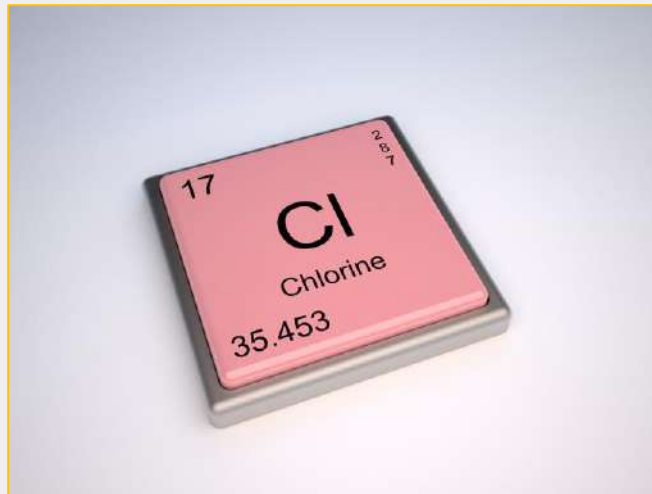


© כל הזכויות שמורות לאסף ביבי - הגנה קתודית וזרמים תועים.

אין להעתיק או לשכפל מסמך זה או חלק ממנו אף על גבי נייר או קולנוע אלקטרוני או יבטי אמצעי אחר בלי ההשגחה מפורשת מאת אסף ביבי - הגנה קתודית וזרמים תועים.

P. Galimberti, F. Gaddi, M. Albenizzi, L. Lazzari, "Corrosion Monitoring System for Reinforced Concrete Transit Tunnel," CORROSION/98, paper no 643 (Houston, TX: NACE, 1998).

כלורידים בבטון



- ריכוז כלורידים נמוך מגדיל את עמידות הבטון מפני זרמים תועים.
- כך גם היצמדות טובה של הבטון לזיון.
- כלורידים בבטון מקטינים את ההתנגדות ומעלים את הזרמים התועים.
- אפילו בריכוז כלורידים קטן של 0.1%-0.2% זרם תועה בצפיפות נמוכה של 1 אמפר למ"ר, עלול לגרום לקורוזיה.
- בנוסף, הזרם התועה "גורר" יוני כלור אל הברזל המגדילים את קצב הקורוזיה.

© כל הזכויות שמורות לאסף ביבי - הגנה קתודית וזרמים תועים.
אין להעתיק או לשכתב מסמך זה או חלק ממנו אם על-גבי נייר או
קובץ אלקטרוני או בכל אמצעי אחר, ללא הרשאה מפורשת
מטעם 'אסף ביבי' - הגנה קתודית וזרמים תועים.

L. Bertolini, M. Carsana, P. Pedferri, "Influence of Stray Currents on Corrosion of Steel in Concrete," European Federation of Corrosion (EFC) Publications, no. 38: *Corrosion of Reinforcement in Concrete Mechanisms, Monitoring, Inhibitors and Rehabilitation Techniques*, eds. M. Raupach et al., (Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited, 2007): pp. 105-119.

כלורידים בבטון – קריטריון הגנה

Parameters	Steel condition		Upper limit, V (CSE)	Lower limit, V (CSE)
Potential	Passive	Without chloride	+0.5	-1.1 ^(A)
		With chloride (%)	+0.5 – k×[Cl%] (k = constant)	-1.1 ^(A)
	Active		Not applicable	-1.1 ^(A)
Polarization	Active		0.05	None

^(A) The value becomes -0.95 V (CSE) for high-strength steels.

© כל הזכויות שמורות לאסף ביבי - הגנה קתודית וזרמים תועים.
אין להעתיק או לשכתב מסמך זה או חלק ממנו אם על-גבי נייר או
קובץ אלקטרוני או בכל אמצעי אחר, ללא הרשאה מפורשת
מטעם 'אסף ביבי - הגנה קתודית וזרמים תועים'.

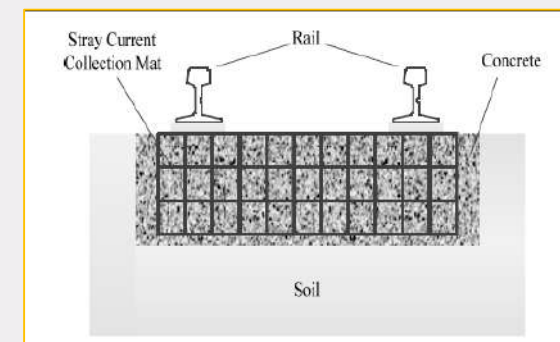
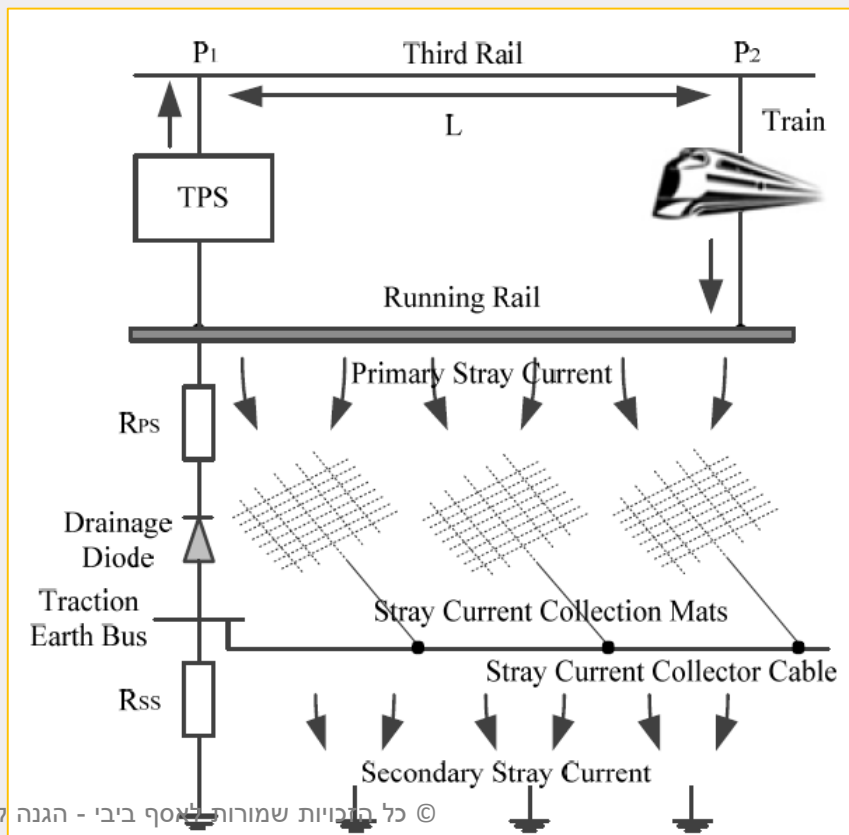
L. Bertolini, F. Bolzoni, T. Pastore, P. Pedeferra, "Stray Current Induced Corrosion in Reinforced Concrete Structures," in *Progress in the Understanding and Prevention of Corrosion*, eds. J.M. Costa and A.D. Mercer, Vol. 1 (London, UK: The Institute of Materials,⁽¹²⁾ 1993): pp. 658-664.

Abstract— In urban electric railway transit systems, rails are used to navigate trains as well as providing the returning path of train's electric current to the traction power substation (TPS). Due to electrical resistance of rails and the conductivity of rail-to-ground, a part of train's returning current to the TPS flows into the ground which is called stray current that causes different problems such as increase of rail's potential. In this regard, a model of an electric train with TPS, running rail and third rail is simulated in MATLAB/SIMULINK. In the simulated model, the amount of stray currents in different soil types with and without collection mats are compared. Afterwards in order to calculate the amount of stray current in the presence of stray current control method considering different rail types through finite

returns to the TPS negative feeder [4]. In DC-electrified railways, generally 95% of the returning traction current is returned back to the TPS through the rails and the remaining 5% constitutes the stray current. Electrical insulation from the returning current may cause stray current even up to 50% of the returning traction current which consequently leads to increase of stray current up to hundreds amperes [2]. One of the worst disadvantages of the stray current in electric railway systems is the corrosion of underground metallic structures. Corrosion processes occur on external surfaces of underground metallic structures which are disposed to the air. Stray current flow in the direction of negative pole of current source which is TPS. Such currents may flow through nearby

משטחי קליטה

- התקנת משטחי קליטה מתחת למסילה לקליטת זרמים תועים.
- קיים סיכון מזרמים תועים משניים.
- הוספת בידוד מתחת למשקל הקליטה תגדיל את יעילות המערכת.



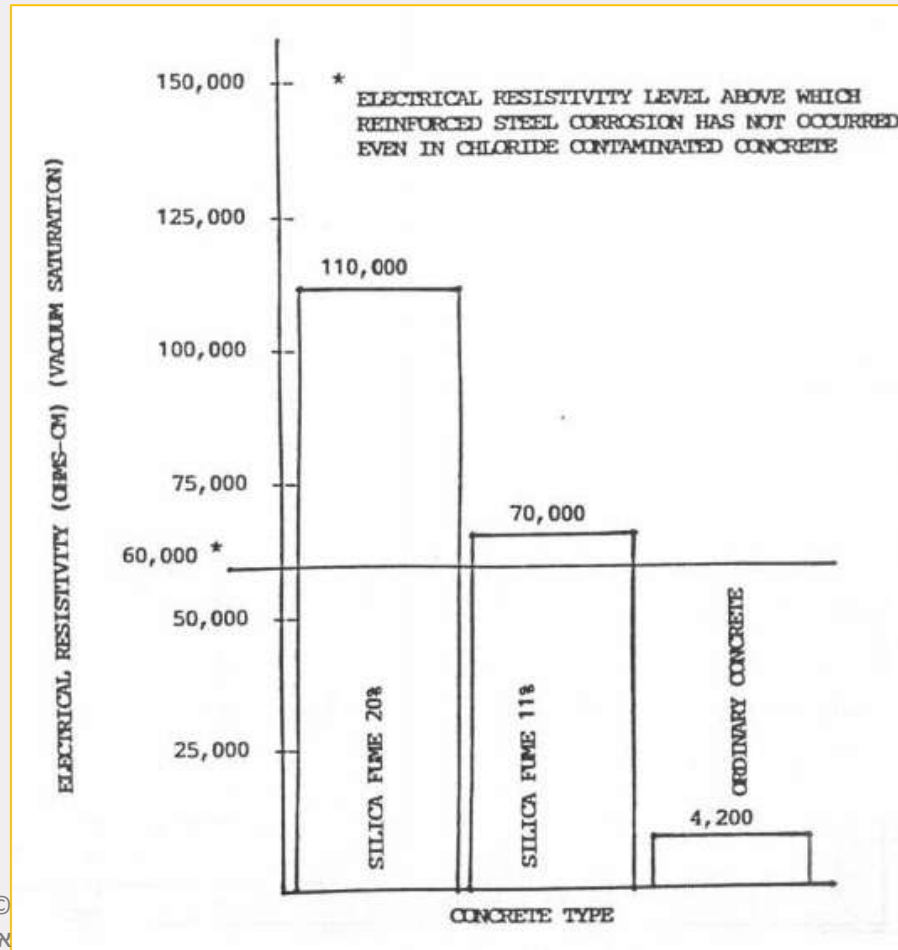
© כל הזכויות שמורות לאסף ביבי - הגנה קתודית וזרמים תועים.
אין להעתיק או לשכתב מסמך זה או חלק ממנו אם על-גבי נייר או
בקובץ אלקטרוני או בכל אמצעי אחר, ללא הרשאה מפורשת
מטעם 'אסף ביבי' - הגנה קתודית וזרמים תועים.

מיקרו-סיליקה בבטון

Silica Fume Concrete: a Solution to Steel Reinforcement Corrosion in Concrete

by J.T. Wolsiefer, Sr.

Abstract: This paper discusses the utilization of silica fume concrete admixture to prevent reinforcing steel corrosion. The mechanism of steel corrosion in salt impregnated concrete is described, along with laboratory test data showing how ordinary concrete's corrosion probe characteristics are altered by the use of silica fume. The mineral admixture significantly lowers the concrete permeability to prevent chloride ingress to the reinforcing steel level, while simultaneously increasing the concrete's electrical resistance to corrosion currents. Test data from the ASTM 90-day Chloride Penetration test indicates a 98% reduction in chloride penetration. ASTM C1277 Rapid Chloride Permeability test show a 10 times impermeability and 25 times resistivity improvement with the use of 12 percent silica fume. The Time-to Corrosion ASTM/NACE 244 Slab Test is a scaled down steel reinforced deck, from which macrocell corrosion current, AC resistance, half cell potential and chloride absorption is measured. Zero corrosion current was measured after NaCl was ponded in alternate week/day cycles for 48 weeks. The second phase test



© כל הזכויות שמורות לאסף ביבי - הגנה קתודית וזרמים טועים.
אין להעתיק או לשכתב מסמך זה או חלק ממנו אם על-גבי נייר או
קובץ אלקטרוני או בכל אמצעי אחר, ללא הרשאה מפורשת
מטעם 'אסף ביבי' - הגנה קתודית וזרמים טועים.