

Who's afraid of Cathodic Protection? Earth Potential Rise (EPR)

survey for mapping hazards of cathodic protection system

מי מפחד מהגנה קתודית?

מדידות מפל מתחים בקרקע למיפוי סכנת מתקני הגנה קתודית

תוכן

רקע והקדמה

- קצת על מערכת הגנה קתודית
- טבעות שוות פוטנציאל (מתח) וקווי זרם
- רכבות מונעות בזרם ישר
- מוקד ההגנה/ההפרעה העיקרי
- מה משפיע על קווי הפוטנציאל בקרקע?
- איך לבחון השפעות על מבנה מתוכנן?

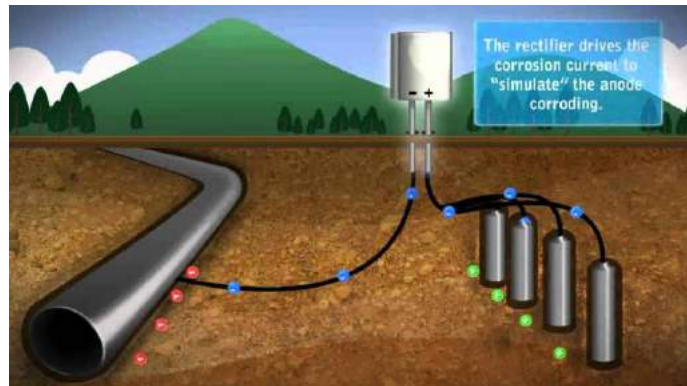
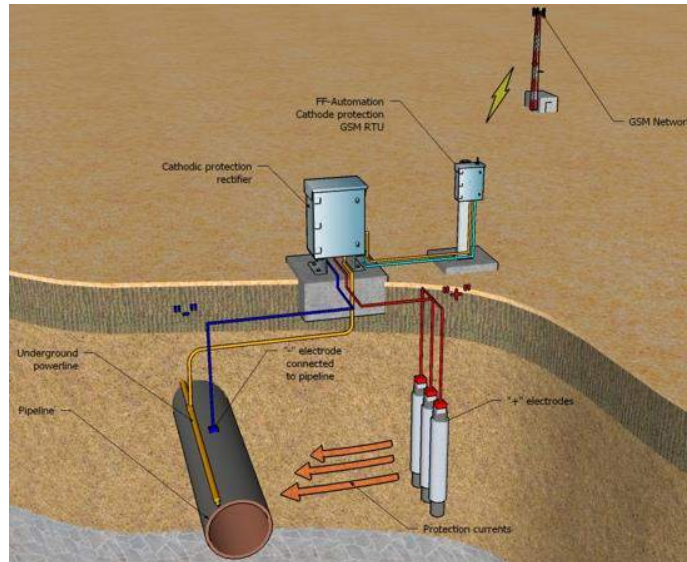
חישוב מתמטי

- תצורת שדה אנודות
- מדידות קרקע

סקר פיזי - שיטת המדידה

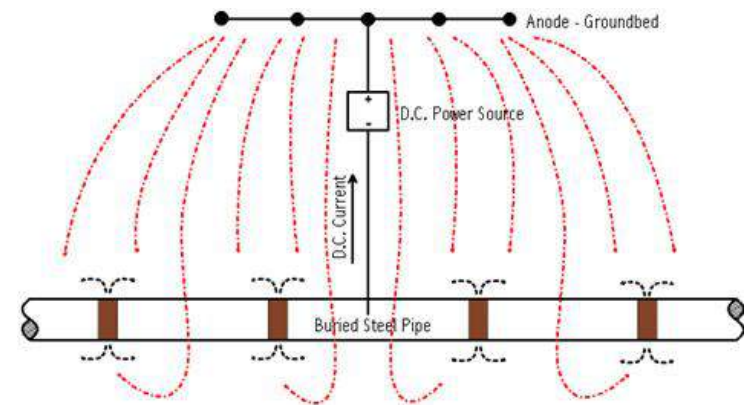
- חציית קו גז מתוכנן עם קווי קצא"א ובקרבת מתקן של קצא"א
- סקר מפל מתחים על מבנה מתוכנן בבסיס צבאי
- סקר מפל מתחים בשלב תכנון קיר אקוסטי
- סקר מפל מתחים בתכנון הרחבת אזה"ת נועם

קצת על מערכות הגנה קתודית

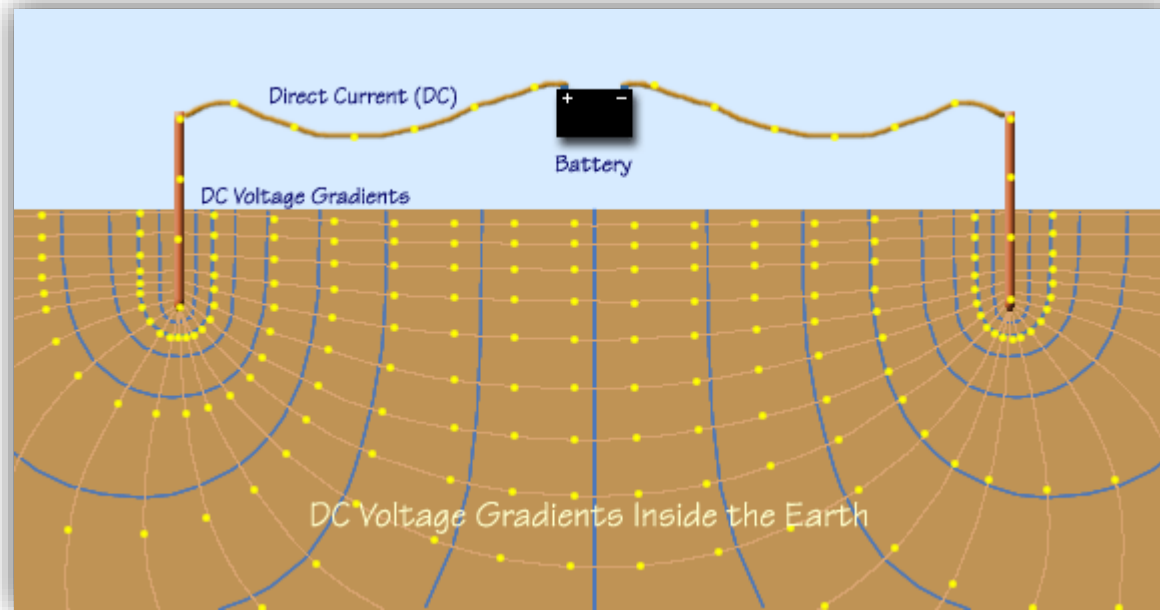


המערכת כוללת:

- ספק כוח (מיישר זרם).
- שדה אנודות.
- כבלים.
- אלקטרודת יחוס (אופציונלי).
- חיבור לתשתית המוגנת.



טבעות שוות פוטנציאל (מתח) וקווי זרם



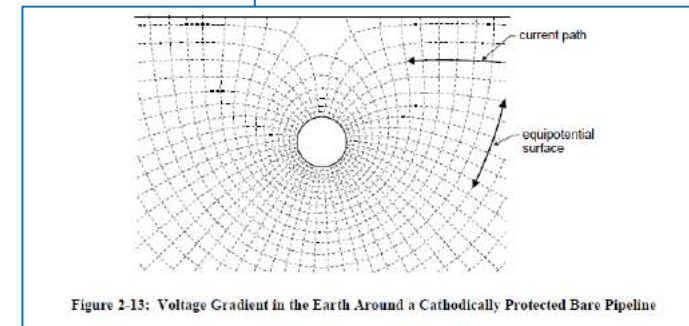
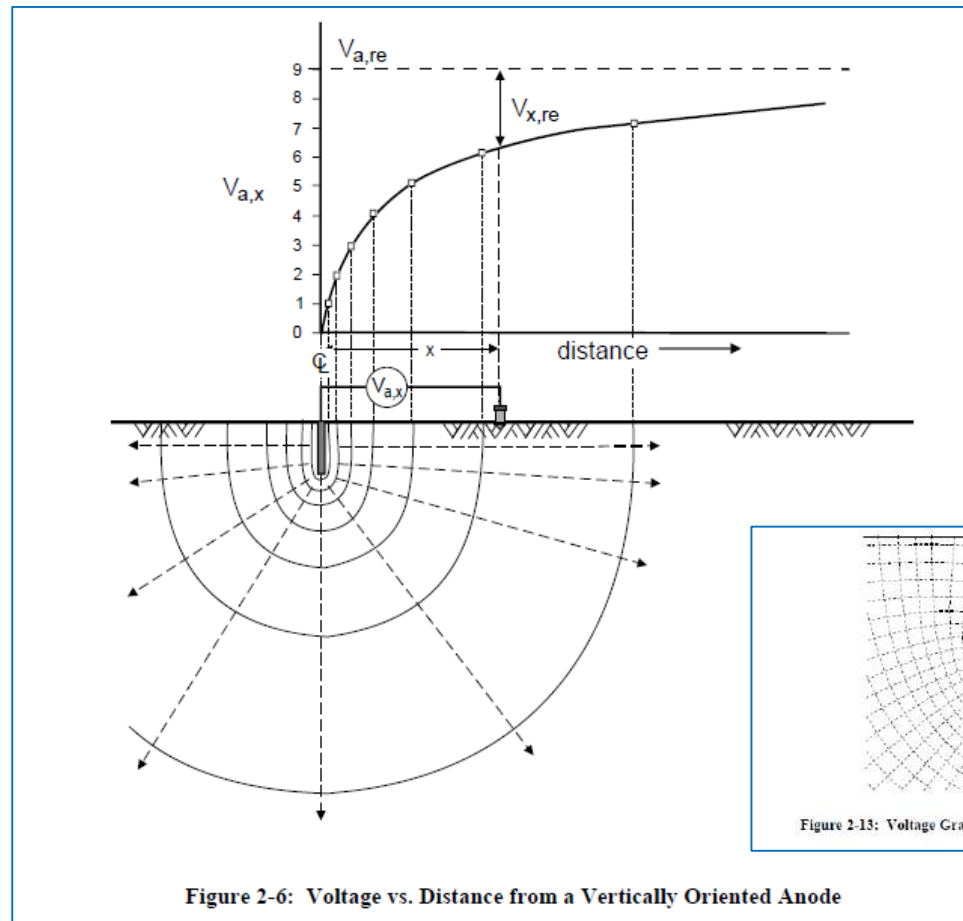
- טבעות שוות פוטנציאל סגורות.
- קווי זרם פתוחים - בעלי שתי נקודות קצה.
- קווי זרם ניצבים לקווי פוטנציאל.

רכבות המונעות בזרם ישר



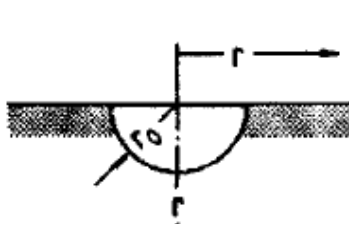
- קוטב פלוס – תיל עליון.
- קוטב מינוס – מסילה (חזרת הזרם אל ספק הכוח).
- זרמים תועים אפשריים לקרקע.

מוקד ההגנה/ההפרעה העיקרי



מה משפיע על קווי הפוטנציאל בקרקע?

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



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

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

אז מה הסיכון?

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

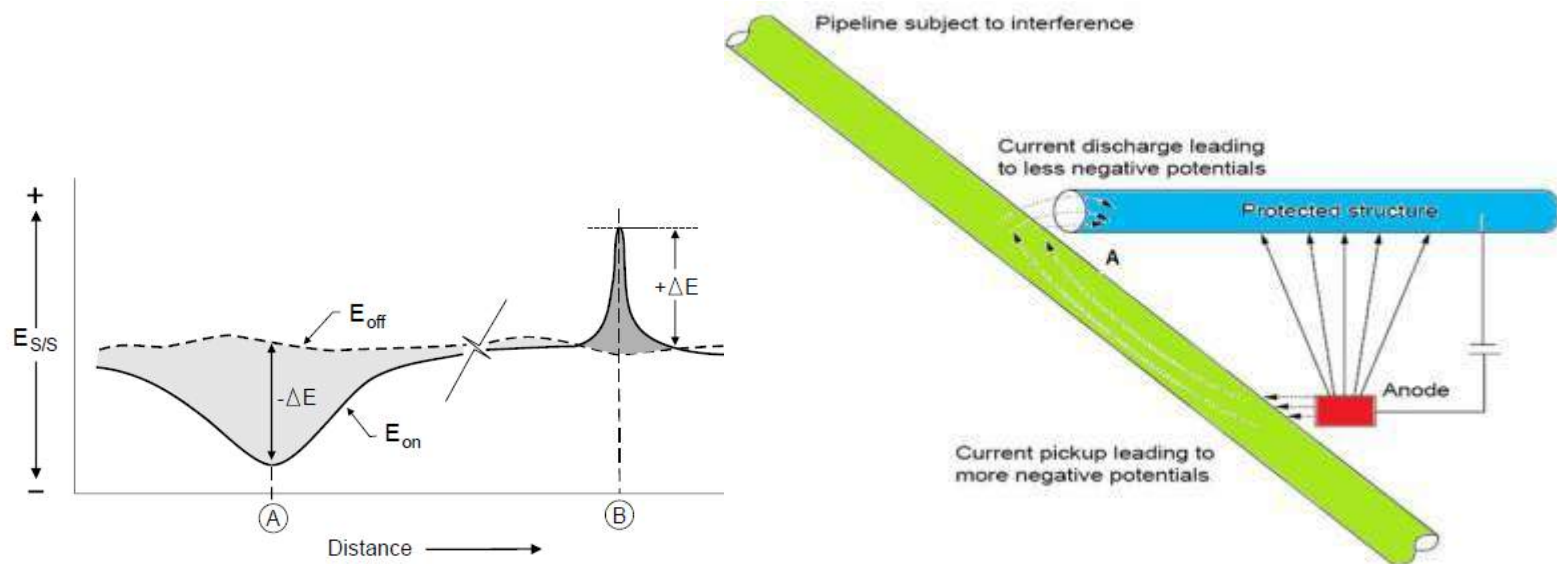
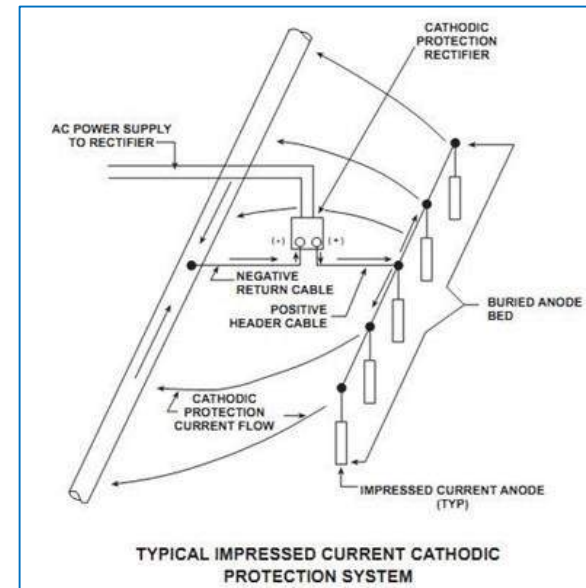
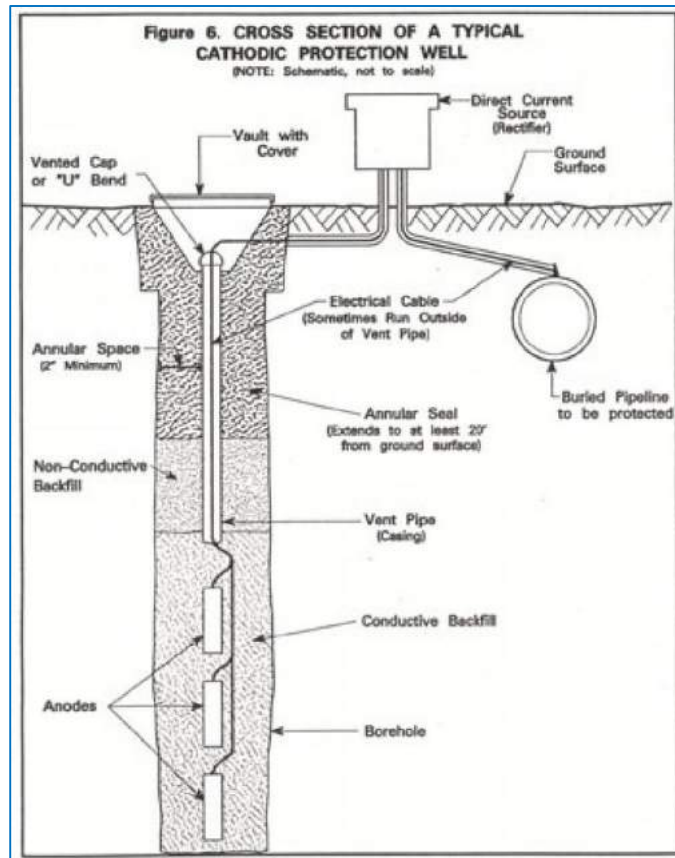


Figure 2-20: Typical Potential Profile on an Interfered-with Structure that Intersects both Anodic and Cathodic Voltage Gradient with the Current Source Interrupted

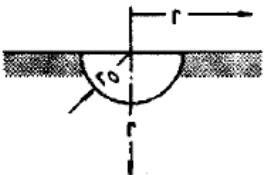
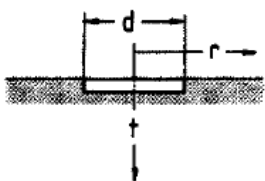
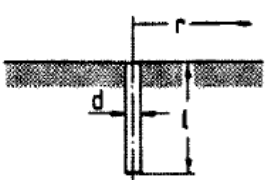
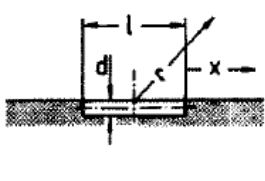
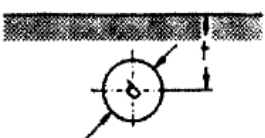
איך לבחון השפעות על מבנה מתוכנן?

- 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 ?
- **מי מפחד מהגנה קתודית?**
- לטפל כבר בשלב התכנון! קיימות שתי אפשרויות:
 - חישוב תאורטי והכנת מודל מתמטי וגרפי.
 - ביצוע סקר פיזי.

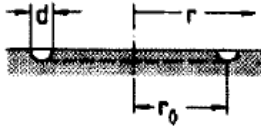
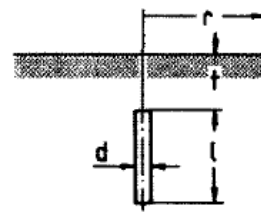
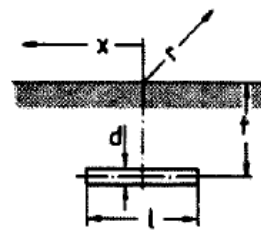
חישוב מתמטי - תצורת שדה אנודות



חישוב מתמטי - תצורות הארקה (אנודות) 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		$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}$	$l \gg d \quad U_r = \frac{I\rho}{2\pi l} \ln \left(\frac{l + \sqrt{l^2 + r^2}}{r} \right)$
4	Horizontal anode, length l , diameter d		$R = \frac{\rho}{\pi l} \ln \frac{2l}{d}$	$l \gg d \quad U_r = \frac{I\rho}{\pi l} \ln \left(\frac{l}{2r} + \sqrt{1 + \left(\frac{l}{2r}\right)^2} \right) \approx \frac{I\rho}{2\pi r}$ $U_x = \frac{I\rho}{2\pi l} \ln \left(\frac{2x+l}{2x-l} \right) \approx \frac{I\rho}{2\pi x}$ [the approximation holds for $(r, x) \gg l$]
5	Sphere, diameter d , depth below surface t		$R = \frac{\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{d} + \frac{1}{4t} \right)$	$t \gg d \quad U_r = \frac{I\rho}{2\pi \sqrt{t^2 + r^2}}$

חישוב מתמטי - תצורות הארקה (אנודות) בסיסיות

- | | | | | | |
|----|--|--|--|--|--|
| 6 | Ring-shaped ground,
band width b ,
radius r_0 |  | $R = \frac{\rho}{2\pi^2 r_0} \ln \left(\frac{16r_0}{d} \right)$ | $d = \frac{b}{2}$ | $U_r = \frac{I\rho}{\pi^2 (r_0 + r)} F \left(\frac{2\sqrt{r_0 r}}{r_0 + r} \right)^a$ |
| 7 | Vertical anode,
length l ,
diameter d ,
depth below surface t |  | $R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \left(\frac{2l}{d} \sqrt{\frac{4t+3l}{4t+l}} \right) \quad \begin{matrix} t \gg d \\ d \ll l \end{matrix}$ | | $U_r = \frac{I\rho}{2\pi l} \ln \left(\frac{t+l+\sqrt{r^2+(t+l)^2}}{t+\sqrt{r^2+t^2}} \right)$ |
| 8 | Vertical anode | | $R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \left(\frac{2l}{d} \right)$ | $t \gg l$ | $U_r = \frac{I\rho}{2\pi l} \ln \frac{\sqrt{t^2+r^2+\left(\frac{l}{2}\right)^2} + \frac{l}{2}}{\sqrt{t^2+r^2+\left(\frac{l}{2}\right)^2} - \frac{l}{2}}$ |
| 9 | Horizontal anode,
length l ,
diameter d ,
depth below surface t |  | $R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \left(\frac{l^2}{td} \right)$ | $\begin{matrix} d \ll l \\ t \ll l \end{matrix}$ | |
| 10 | Horizontal anode | | $R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \left(\frac{2l}{d} \right)$ | $t \gg l$ | |

חישוב מתמטי

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

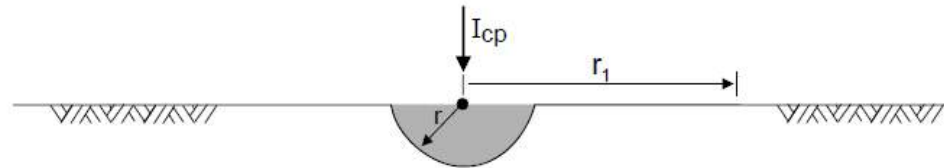


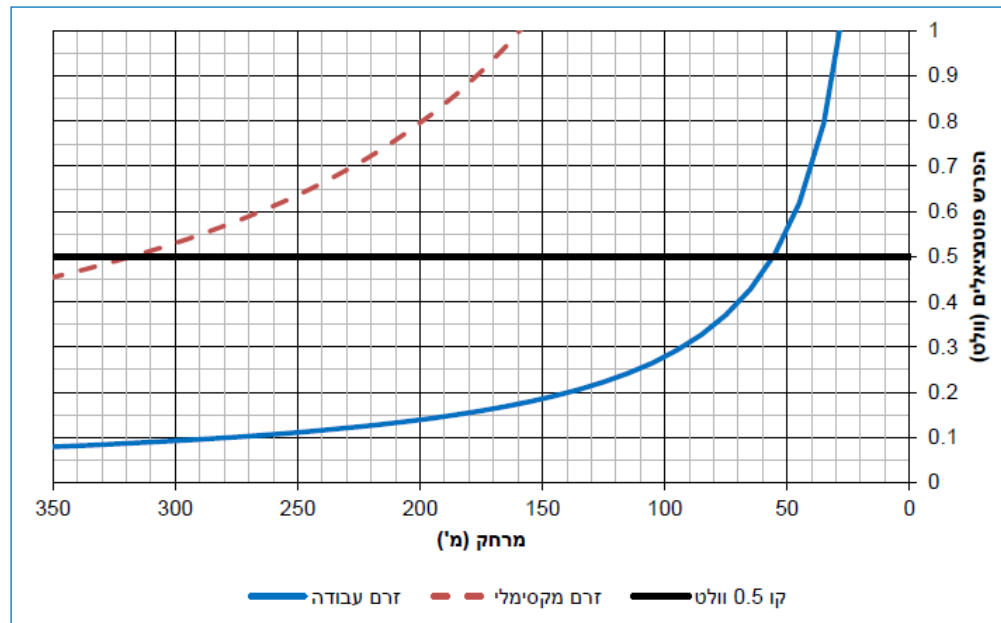
Figure 2-8: Hemispherical Electrode

- לדוגמא, חושבה ההתנגדות הכללית של שדה כלשהו: $R_n = 0.48\Omega$

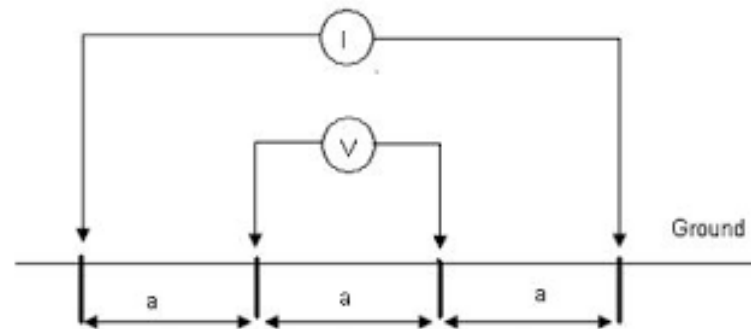
$$R_h = \frac{\rho}{2\pi r} \quad r = \frac{\rho}{2\pi R_h} = 7.7m$$

חישוב מתמטי

הערה	מפל מתח בזרם מקסימלי (V)	מפל מתח בזרם עבודה (V)	מפל מתח לאמפר (V/A)	מרחק ממרכז השדה (מ')
	3.18	0.56	0.080	50
	2.84	0.50	0.071	56
	1.59	0.28	0.040	100
	1.06	0.19	0.027	150
	0.64	0.11	0.016	250
	0.53	0.09	0.013	300



חישוב מתמטי - מדידות קרקע



- בשיטת ארבע פינים (וונר למשל).
- בשיטת תיבת מוליכות (soil box).
- תקן המדידה: ASTM G57

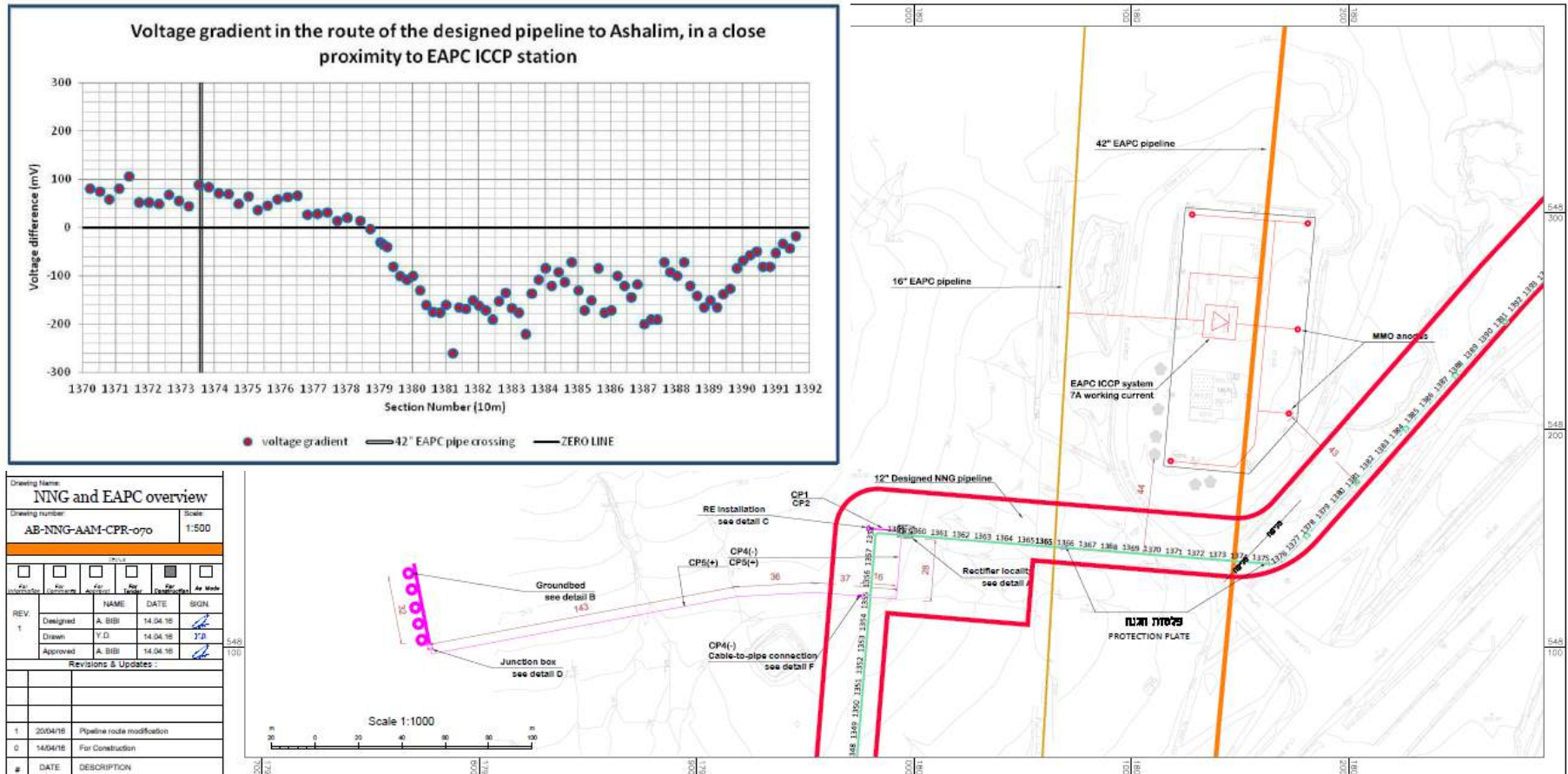
סקר פיזי - שיטת המדידה

- 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.



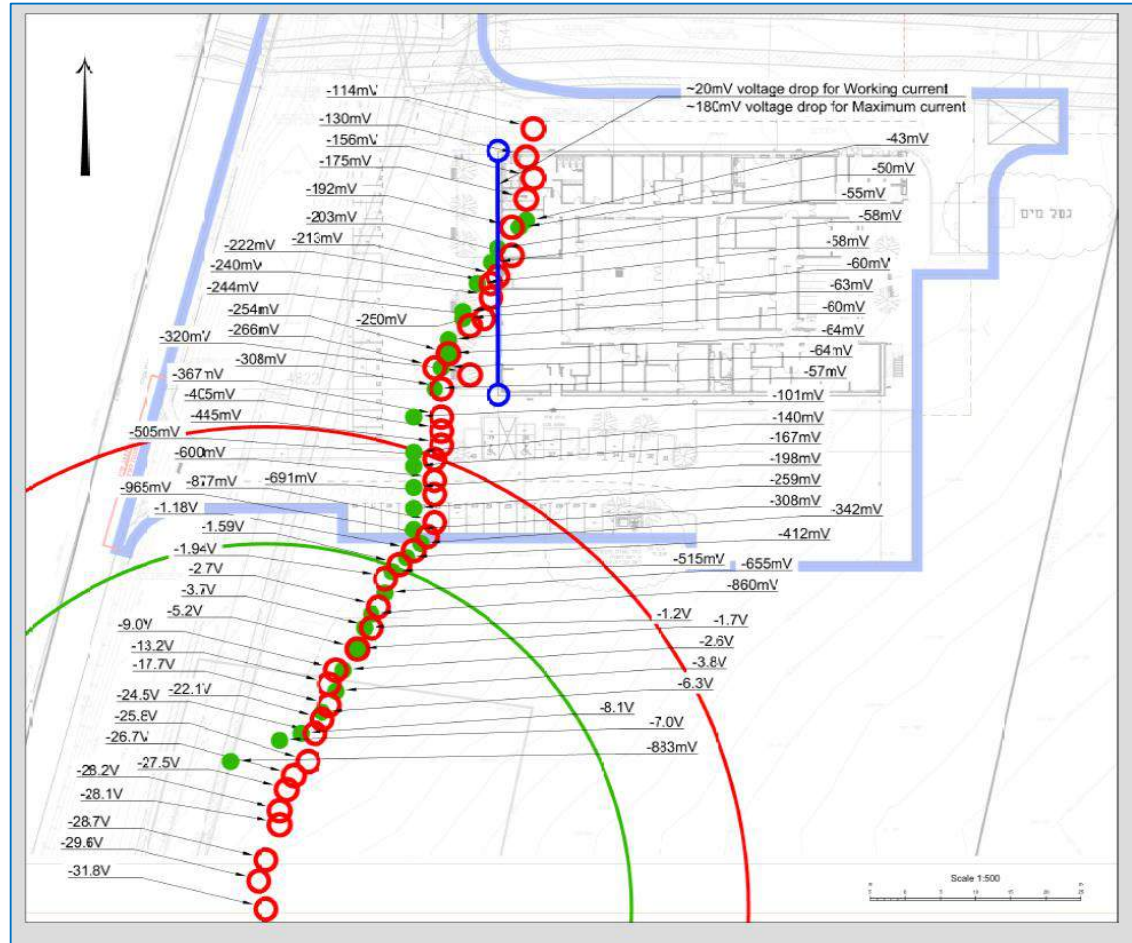
דוגמאות

חציית קו גז מתוכנן עם קווי קצא"א ובקרבת מתקן של קצא"א



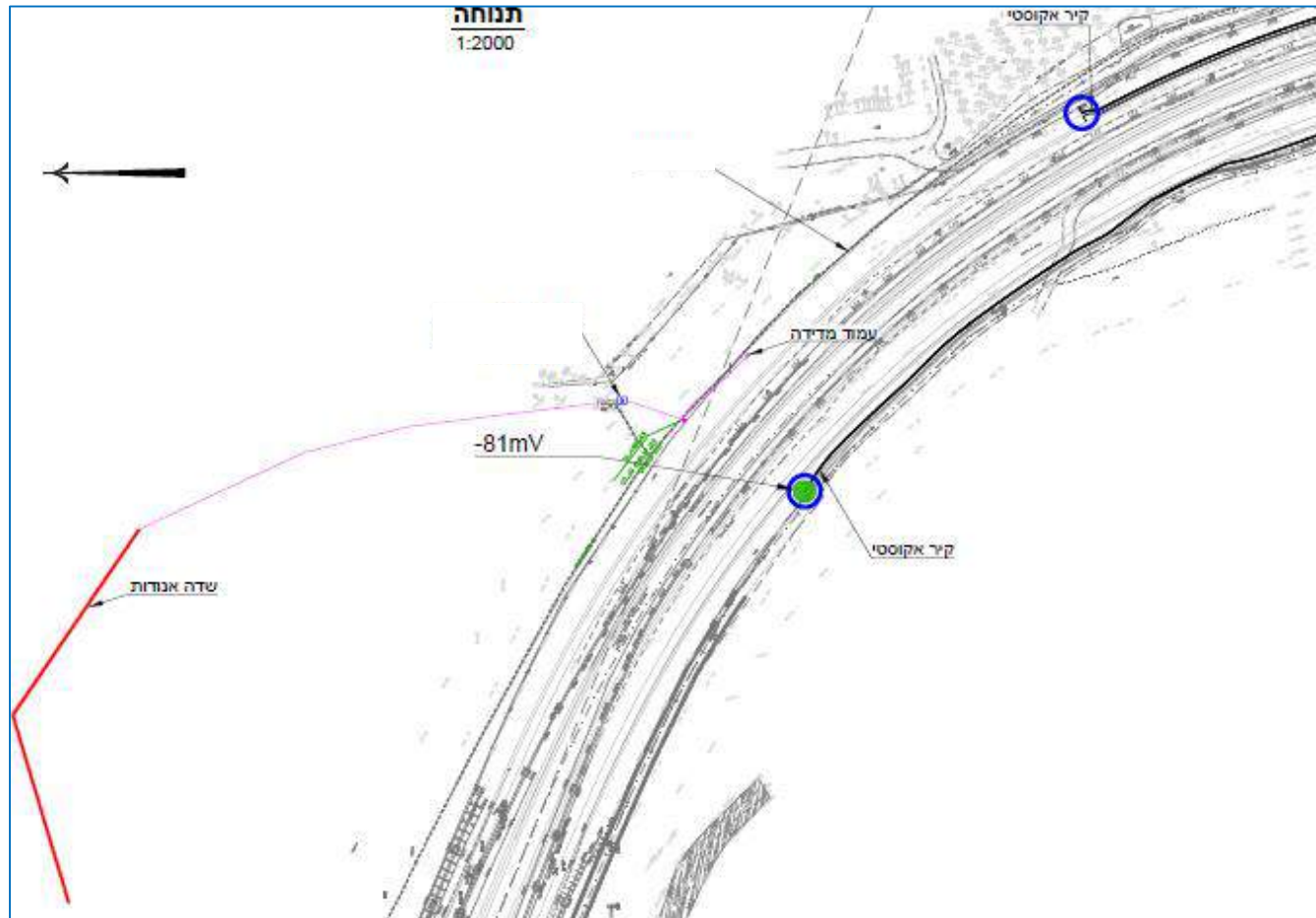
דוגמאות

סקר מפל מתחים על מבנה מתוכנן בבסיס צבאי



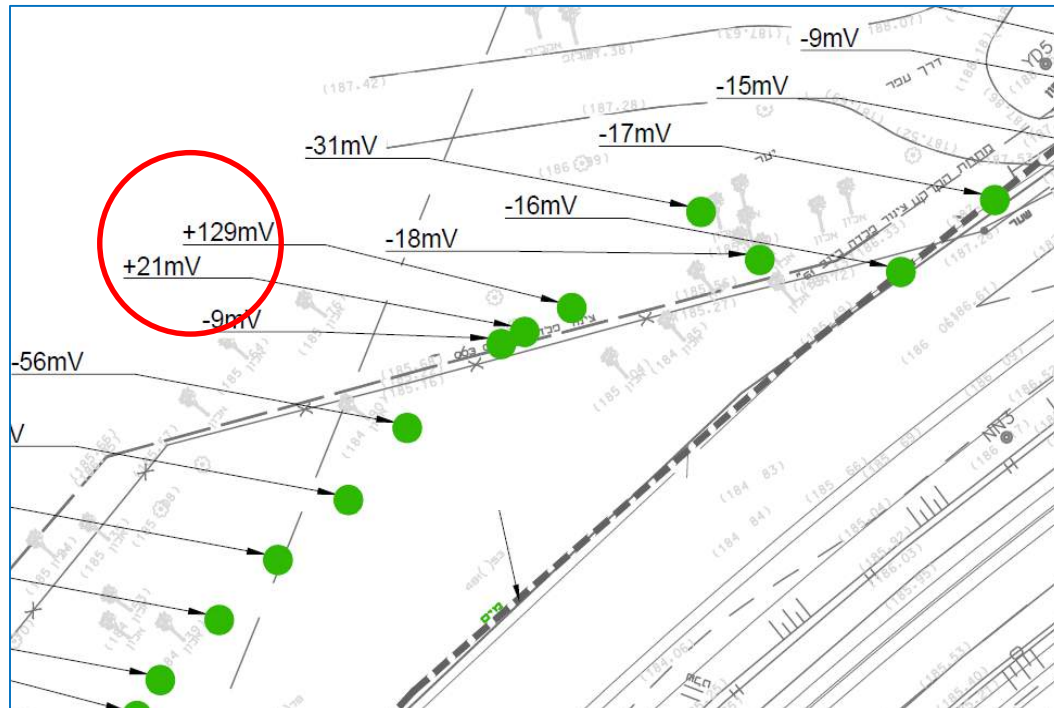
דוגמאות

סקר מפל מתחים בשלב תכנון קיר אקוסטי



דוגמאות

סקר מפל מתחים בשלב תכנון קיר אקוסטי



תודה על ההקשבה

