

לכבוד:

30.12.21

הפקולטה למדעי החיים,
אוניברסיטת תל אביב.

הנידון: דוח מדידת שדה מגנטי בתחום תדר רשת החשמל (ELF)
באולם 014 בניין בריטניה אוניברסיטת תל אביב

שם המבקש	עדי באואר – יחידת תכנון פרויקטים, אגף הנדסה ותחזוקה.
תאריך הבקשה	23.11.21 .
מספר טלפון	03-6407438 ,052-6886669
כתובת דוא"ל	adibauer@tauex.tau.ac.il
תאריך ביצוע המדידות	יום ראשון, 05.12.21, בין השעות 08:20 – 07:30.
כתובת מקום המדידות	רחוב חיים לבנון 55, תל אביב.
המדידות נערכו בנוכחות	עדי באואר, שלמה דואק (מנהל גוש מדעי החיים).
תנאי מזג אוויר	מעונן (15 מעלות).
סוג המדידות	מדידת עוצמת שדה מגנטי הנובע מרשת החשמל.

מבצע המדידות:

שם מבצע המדידות	ד"ר ישראל כהן.
מס' היתר למתן שירות למדידת קרינה בלתי מייננת בתחום תדרי רשת החשמל מטעם המשרד להגנת הסביבה	3004-02-4.
תוקף היתר	25.08.25

מיקום המדידה, מקורות השדה המגנטי ותנאי עומס חשמל:

תיאור מקום המדידה	אולם הרצאות / כיתת לימוד.
תנאי עומס חשמל	הצריכה היתה כשליש מצריכת החשמל המרבית שנתית.
מקורות שדה מגנטי	חדר חשמל ראשי של בניין בריטניה הממוקם בקומת הקרקע וגובל עם חדר 014 (נמצא מזרחית לחדר 014).

עמוד 1 מתוך 10

הקדמה:

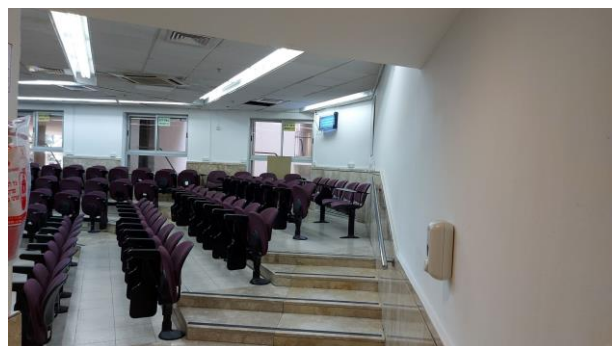
בוצעה בדיקה של עוצמת השדה המגנטי בתוך אולם הרצאות/ כיתת לימוד מספר 014 בבניין בריטניה (מדעי החיים) באוניברסיטת תל אביב.

האולם חולק קיר משותף (קיר מזרחי בחדר) עם חדר חשמל ראשי של בניין בריטניה. על מנת לבדוק את מידת ההשפעה המגנטית של חדר החשמל הראשי, נערכו מדידות שדה מגנטי בתדר נמוך באולם 014 ובוצע מיפוי שדה מגנטי בנקודות שונות באולם. תפוקת החשמל של מערכת החשמל הראשית (נתונים בעמוד הקודם) בעת המדידות היתה כשליש מהתפוקה המכסימלית אופיינית שנתית.

תמונות של אולם 014 בניין בריטניה. (צולמו מהכניסה לאולם).

תמונה צד ימין – מאחורי קיר בצד ימין באולם 014 נמצא חדר חשמל ראשי של בניין בריטניה.

תמונה צד שמאל – מבט רחב על אולם 014.



תוצאות הבדיקה:

מדידות בפועל - מדידות השדה מגנטי בוצעו באמצעות שני מכשירי מדידה: מכשיר מדידה איזוטרופי מדויק ומכיל מתוצרת חברת TENMARS ומכשיר מדידה איזוטרופי מדויק מתוצרת חברת מגני-טכנולוגיות. נתונים טכניים של מכשירי המדידה מצורפים בנספח ב'. המדידות בוצעו בגובה 1 מטר מהרצפה (התוצאות שנמדדו בגובה כסא - חצי מטר מהרצפה - אינן שונות מהותית מהתוצאות בגובה 1 מטר). בכל נקודה נערכו מספר מדידות. טווח ההשתנות של השדה המגנטי בעת המדידות היה כ - 10%.

תוצאות מנורמלות (הערכה של מה יקרה במצב של צריכת חשמל מרבית) - על סמך תוצאות המדידה בפועל, בוצעה הערכה/חישוב של עוצמת השדה המגנטי במצב בו מערכת החשמל הראשית תפעל בתפוקה מלאה (כשיופעלו כל המזגנים בקיץ). הערכה זאת מכונה: **תוצאות מנורמלות** והיא חושבת ע"י הכפלת תוצאות המדידה בפועל (הערך הממוצע בכל נקודת מדידה) בגורם נרמול (גורם הנרמול מבטא את היחס בין ערך הזרם בשיא צריכה שנתית לבין ערך ממוצע הזרם בעת הבדיקה). לפי נתוני האוניברסיטה, בקיץ תפוקת החשמל תהיה גדולה בערך פי 3 מאשר בעת ביצוע המדידות ולכן ההערכה היא שבקיץ בשיא התפוקה, רמת השדה המגנטי תהיה גבוהה פי 3 מהערכים שנמדדו בבדיקה זאת.

מיפוי שדה מגנטי: תוצאות מנורמלות של רמת השדה המגנטי (לאחר הכפלה בפקטור 3) מופיעות בעמוד הבא בצורת מיפוי עוצמת שדה מגנטי. המספרים בצבע **סגול** מייצגים את הערך הממוצע הצפוי של שדה מגנטי בעומס חשמל מכסימלי אופייני (עם טווח השתנות של כ - 10%).

את זמן שהייה המומלץ ע"י המשרד להגנת הסביבה באזור מסוים לפי ערך השדה המגנטי המנורמל ניתן לגזור מהטבלה הבאה (פירוט המלצות המשרד להגנת הסביבה מופיע בנספח א'):

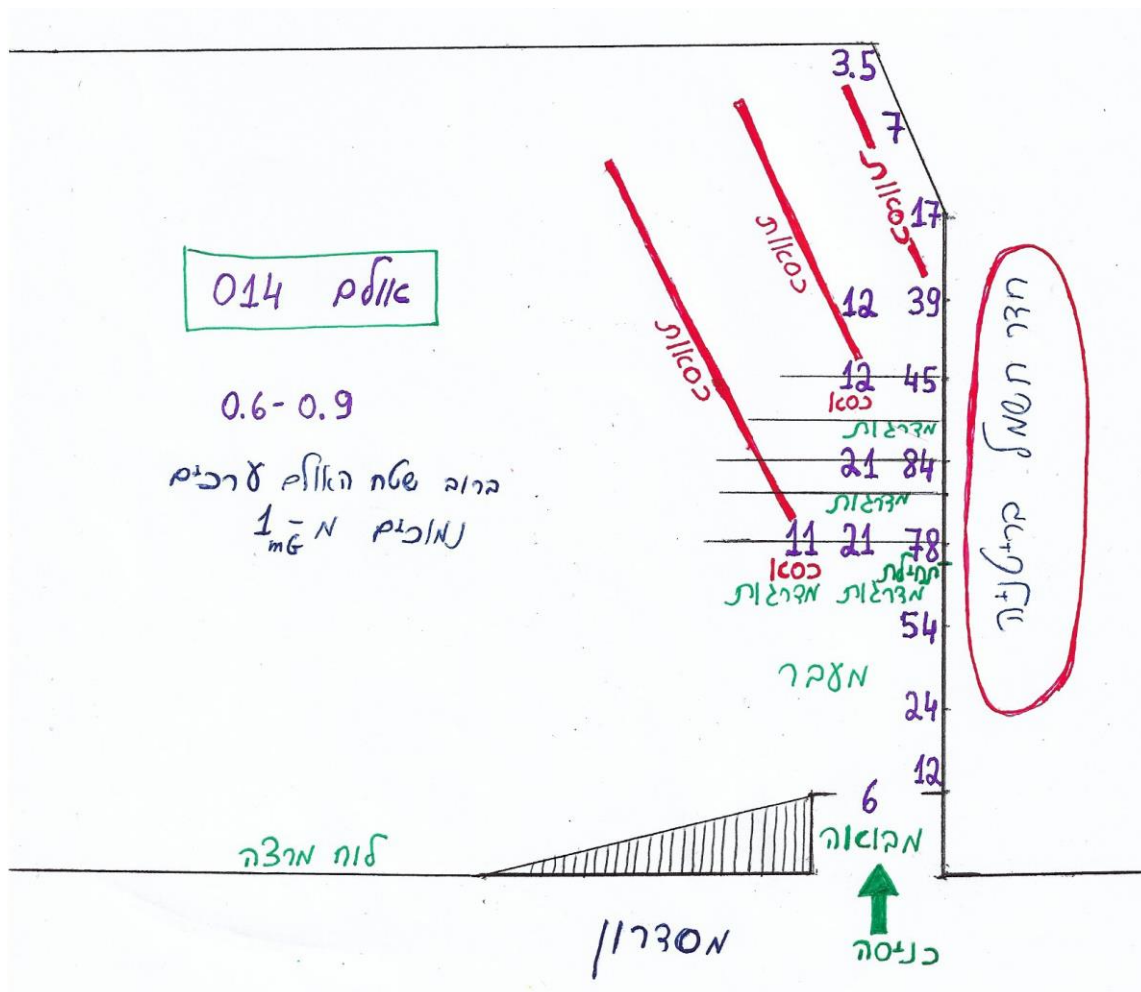
כמה זמן מותר לשהות באזור מסוים בהתאם לעוצמת השדה מגנטי - המלצות המשרד להגנת הסביבה									
רמת חשיפה לשדה מגנטי (מיליגאוס)	19	15.4	13	11.3	10	9	8.2	7.5	7
זמן שהייה מרבי מומלץ (שעות)	4	5	6	7	8	9	10	11	12

כשזמן שהייה קצר מ-4 שעות, המשרד להגנת הסביבה מאפשר חשיפה לערכים גבוהים בהרבה של שדה מגנטי (עד 2000 מיליגאוס. פירוט בעמוד סיכום דוח) וזאת מכיוון שמתחת ל-4 שעות האזור אינו מוגדר כאזור שהייה ממושכת (מדובר בהחלטה שרירותית).

עמוד 3 מתוך 10

A. תוצאות מיפוי שדה המגנטי (מילי-גאוס) – אולם 014 בניין בריטניה, אוניברסיטת ת"א

- המספרים בצבע **סגול** מייצגים **ערכים מנורמלים** של עוצמת שדה מגנטי (ערכים המתאימים לשיא צריכת חשמל) בגובה 1 מטר מהרצפה ביחידות של מיליגאוס.
- לאורך הקיר הגובל עם חדר חשמל נלקחו מדידות כל 1 מטר.



סיכום דוח

- נכון להיום אין בארץ תקנות מכוח חוק הקרינה הבלתי מייננת (2006) הקובעות סף לעוצמת השדה המגנטי מרשת החשמל, אלא קיימות המלצות בלבד. המלצות המשרד להגנת הסביבה מפורטות בנספח א'.
- **מדיניות המשרד להגנת הסביבה לגבי חשיפה ממושכת לשדה מגנטי** (חשיפה ממושכת מוגדרת כחשיפה של מינימום 4 שעות ביום במשך 5 ימים בשבוע) – משרד הבריאות והמשרד להגנת הסביבה בישראל הציעו ב - 2013 את הערך של 4 מיליגאוס (הכוונה ל**ממוצע** חשיפה יומי) כערך סף מרבי לחשיפת אנשים לשדה מגנטי בתנאים של צריכת חשמל מרבית אופיינית. ערך הסף של 4 מיליגאוס בתנאים של עומס חשמל מרבי הינו שווה ערך לממוצע חשיפה שנתית של 2 מיליגאוס.
- **לגבי חשיפה רגעית / שאינה מתמשכת** (חשיפה של פחות מ-4 שעות בכל יום לפי הגדרת המשרד להגנת הסביבה) – ההמלצה בארץ היא שרמת החשיפה תהיה קטנה מ-2000 מיליגאוס.
- **התייחסות לחשיפה מתמשכת של עובדים** - עבור עובדים נהוג להתייחס לערך ממוצע יומי שהוא שקלול של רמת החשיפה (לשדה מגנטי) בבית עם החשיפה בעבודה. מהשקלול בבית ובעבודה נובע שכדי להגיע לממוצע חשיפה יומי שלא עובר את הסף של 4 מיליגאוס (בהנחה שמערכת החשמל פעלה בתפוקה מרבית / בוצע נרמול של התוצאות), מי שעובד 8 שעות יומיות יכול להיחשף במקום עבודתו לשדה מגנטי בעוצמה של עד 10 מיליגאוס, ומי שעובד 10 שעות יומיות יכול להיחשף במקום העבודה לשדה מגנטי בעוצמה של עד 8.2 מיליגאוס. נוסחה לחישוב זמן שהייה לפי רמת השדה המגנטי מצורפת בסוף נספח א'. כדי להמחיש את המלצות המשרד להגנת הסביבה עבור עובדים מצורפת הטבלה הבאה:

כמה זמן מותר לשהות באזור מסוים בהתאם לעוצמת השדה מגנטי - המלצות המשרד להגנת הסביבה									
רמת חשיפה לשדה מגנטי (מיליגאוס)	19	15.4	13	11.3	10	9	8.2	7.5	7
זמן שהייה מרבי מומלץ (שעות)	4	5	6	7	8	9	10	11	12

עמוד 5 מתוך 10

המשך - סיכום דוח

המסקנות מהבדיקה הנוכחית:

- בבדיקה זאת בוצע מיפוי של עוצמת השדה המגנטי באולם 014 בקומת קרקע בניין בריטניה (מדעי החיים) באוניברסיטת תל אביב. הערכים המופיעים בתרשים המיפוי בעמוד 4 הם ערכים מנורמלים של השדה המגנטי, כלומר ערכים המתאימים לשיא צריכת חשמל.
- מתרשים המיפוי (עמ' 4) עולה שבאולם 014 קיימת השפעה מגנטית חזקה בצד הימני של האולם לאורך הקיר הימני הגובל עם חדר חשמל ראשי. הערכים הגבוהים ביותר באולם נמדדו בצמוד למרכז הקיר שגובל עם חדר חשמל, אולם באזור זה אין כסאות ישיבה. עדיין, קיימת השפעה מגנטית ניכרת בכסאות הישיבה הסמוכים לקיר הימני (ערכים הגבוהים מ – 10 מיליגאוס), כאשר במרחק של 1.5- 2.0 מטרים מהקיר, רמת השדה המגנטי יורדת לערכים הנמוכים מ – 10 מיליגאוס (ערכים המתאימים לשהייה של 8 שעות יומיות במקום עבודה לפי המלצות המשרד להגנת הסביבה). ברוב המוחלט של שטח האולם רמת השדה המגנטי נמוכה מ – 4 מיליגאוס (מה שמאפשר שהייה בלתי מוגבלת בזמן לפי המלצות המשרד להגנת הסביבה).
- סביר להניח שבאולם שנבדק לא מתקיימת שהייה ממושכת כפי שהיא מוגדרת ע"י המשרד להגנת הסביבה (חשיפה של מינימום 4 שעות ביום במשך 5 ימים בשבוע). יחד עם זאת, לאור הערכים הגבוהים שנמדדו בסמוך לקיר הגובל עם חדר חשמל, מומלץ לנסות ולהפחית את רמת החשיפה של התלמידים לשדה מגנטי באזור זה.

ד"ר ישראל כהן,
מומחה לקרינה אלקטרומגנטית
ובודק קרינה מוסמך.

י.כ.

מספר טלפון נייד	054-4571069
מספר פקס	077-4703381
כתובת דואר אלקטרוני	israel1492@gmail.com
מס' היתר למתן שירות למדידת קרינה בלתי מייננת בתחום תדרי רשת החשמל מטעם המשרד להגנת הסביבה	3004-02-4

עמוד 6 מתוך 10

נספחים נספח א': שדה מגנטי בתדר נמוך ELF – סיכונים, תקנות והמלצות

- **מדיניות לגבי חשיפה רגעית** - ארגון הבריאות העולמי (WHO) קבע כי רמת החשיפה הרגעית המרבית המותרת של בני-אדם לשדה מגנטי משתנה בתדר 50 הרץ הינה **2000 מיליגאוס**. קביעה זאת מסתמכת על המלצות ICNIRP (ועדה בינלאומית מקצועית להגנה מקרינה בלתי מייננת) משנת 2010 שקבעו ערכי סף לחשיפת הציבור לשדה מגנטי בתדר נמוך. ערך זה נועד למנוע אפקטים בריאותיים מחשיפות אקוטיות קצרות טווח. זוהי גם ההמלצה של המשרד להגנת הסביבה בישראל עבור חשיפה רגעית.
- הארגון הבינלאומי לחקר הסרטן (IARC) קבע בשנת 2001 כי מתקני חשמל החושפים את הציבור **לאורך זמן** (חשיפה ממושכת) לשדה מגנטי ממוצע גבוה הינם גורם אפשרי לסרטן (Possible Carcinogenic). קביעה זאת מבוססת על מחקרים שהראו כי בקרב ילדים החשופים **לאורך זמן** לשדה מגנטי שמעל 3-4 מיליגאוס, אחוז החולים בלוקמיה (סרטן הדם) היה גבוה פי אחד וחצי מאשר בקרב ילדים החשופים לשדה מגנטי בעוצמה נמוכה יותר.
- ממחקרים שבוצעו בנושא זה בעולם ומהניסיון שנצבר לאחר ביצוע מדידות ברחבי הארץ, ניתן ללמוד שהחשיפה הממוצעת בתוך מרבית בתי המגורים בארץ ובעולם, היא בין 0.4 מיליגאוס ל-1 מיליגאוס.
- המשרד להגנת הסביבה ממליץ כי מתקני חשמל יתוכננו ויופעלו בהתאם לעקרון הזהירות המונעת, לשם הפחתה ככל האפשר של השדות המגנטיים אליהם נחשף הציבור מהמרכיבים השונים של רשת החשמל.

מדיניות בארץ לגבי חשיפה מתמשכת לשדה מגנטי:

- משרד הבריאות בישראל קבע כי חשיפה ממושכת לשדה מגנטי שאינה עולה על ממוצע יומי של 4 מיליגאוס אינה מהווה סיכון בריאותי. ממוצע יומי זה מחושב על-פי המדידות ביום בו צריכת החשמל הינה צריכת שיא.
- חשיפה לשדה מגנטי של 4 מיליגאוס בממוצע יומי בו צריכת החשמל בשיאה הינה שוות ערך לחשיפה לשדה מגנטי של 2 מיליגאוס בממוצע שנתי (בגלל ההבדל בצריכת החשמל שממנו נובע השדה המגנטי).
- בתאריך 11 לספטמבר 2013 פרסם האגף למניעת רעש וקרינה במשרד להגנת הסביבה באתר האינטרנט הרשמי שלו מסמך בנוגע להגבלת החשיפה לשדה מגנטי כתלות בזמן החשיפה. במסמך זה מצוין שבהתחשב במידע הקיים בתחום במדינות מפותחות ובספים אליהם מתחייבות באופן וולונטארי חברות החשמל במדינות אלה, משרדי הבריאות והגנת הסביבה בישראל הציעו את הערך של 4 מיליגאוס כערך סף מרבי המתייחס לממוצע ביממה עם צריכת חשמל מרבית אופיינית. לגבי מצב שבו קיימת צריכת חשמל שאינה מרבית, אלא צריכה שקרובה יותר לממוצע שנתי, ממליץ המשרד להגנת הסביבה שערך הסף לחשיפה לשדה מגנטי יהיה 2 מיליגאוס. יש לזכור שערך הסף שאליו מתייחס המשרד להגנת הסביבה במקרה של חשיפה מתמשכת הוא ערך ממוצע חשיפה יומי.

המשך נספח א': שדה מגנטי בתדר נמוך ELF – סיכונים, תקנות והמלצות

▪ **חשיפה מתמשכת של עובדים** - עבור עובדים נהוג להתייחס לערך ממוצע יומי שהוא שקלול של החשיפה לשדה מגנטי בבית ובעבודה. מהשקלול בבית ובעבודה נובע שעבור 8 שעות עבודה, מותר לעובדים להיחשף במקום עבודתם לשדה מגנטי שעוצמתו הממוצעת גבוהה מ- 2 מיליגאוס (ביום עם צריכת חשמל אופיינית) או גבוהה מ- 4 מיליגאוס (ביום עם צריכת חשמל מרבית). הסבר על אופן השקלול ונוסחה המקשרת בין זמן שהייה של עובדים במקום עבודתם לפי רמת השדה המגנטי הקיימת במקום העבודה מופיעים בסעיפים הבאים בנספח זה.

▪ **אופן השקלול של רמת החשיפה של עובדים לשדה מגנטי לפי המלצת המשרד להגנת הסביבה:** אם נניח שמערכת החשמל הופעלה בהספק מרבי אופייני (הופעלו כל צרכני החשמל העיקריים במבנה, או שבוצע נרמול של התוצאות) במקום עבודה כלשהו, הרי שלפי הנחיות המשרד להגנת הסביבה נקבל שבמקומות בהם עובדים 8 שעות עבודה יומיות, מותר להיות חשופים לשדה מגנטי שעוצמתו (הממוצעת) אינה עולה על 10 מיליגאוס. המלצה זאת מתבססת על חישוב המניח חשיפה ל- 1 מיליגאוס כשנמצאים בבית (עבור חשיפה למשך 16 שעות), כך שבתוספת של חשיפה ל-10 מיליגאוס במשך 8 שעות במקום העבודה, מקבלים ממוצע יומי שהוא בדיוק 4 מיליגאוס שהוא סף החשיפה הממוצעת המומלצת [לפי החישוב הבא: $4 = (16 \cdot 1 + 8 \cdot 10) / 24$]. אם עובד נמצא במקום עבודתו יותר משמונה שעות, סף החשיפה המומלץ יהיה נמוך יותר מ-10 מיליגאוס. למשל, עבור מקומות שבהם עובדים 10 שעות בכל יום, סף החשיפה המכסימלי לפי המלצת המשרד להגנת הסביבה הוא 8.2 מיליגאוס. דרך החישוב של המספר 8.2 דומה למה שהוסבר כאן למעלה.

▪ **נוסחה לחישוב זמן חשיפה מומלץ של עובדים לשדה מגנטי / זמן שהייה בעמדת העבודה, כאשר מערכת החשמל פועלת בהספק גבוה,** מצורפת למטה. כדי להמחיש את המלצות המשרד להגנת הסביבה עבור עובדים, מצורפת הטבלה הבאה (מתחת ל- 4 מיליגאוס מתאפשרת שהייה בלתי מוגבלת בזמן לפי המלצות המשרד להגנת הסביבה):

כמה זמן מותר לשהות באזור מסוים בהתאם לעוצמת השדה מגנטי - המלצות המשרד להגנת הסביבה									
רמת חשיפה לשדה מגנטי (מיליגאוס)	13	11.3	10	9	8.2	7	6.1	5	4
זמן שהייה מרבי מומלץ (שעות)	6	7	8	9	10	12	13	18	24

▪ **חישוב זמן שהייה של עובדים במקומות בהם עוצמת השדה המגנטי גבוהה מ- 4 מיליגאוס במצב של צריכת שיא יומית אופיינית** (הפעלת כל הצרכנים העיקריים במבנה, כגון מערכת מיזוג האוויר, תהווה ייצוג מספק לקיום התנאי של עומס מרבי בעת המדידה). לפי ההמלצות החדשות של המשרד להגנת הסביבה נובע שאם ידועה רמת השדה המגנטי הממוצעת B_0 בעמדת העבודה, אז זמן שהייה המכסימלי (שעות עבודה יומיות) יהיה: $T_{max} = 72 / (B_0 - 1)$.

נספח ב': מכשירים למדידת שדה מגנטי מרשת החשמל

(1) מכשיר למדידת שדה מגנטי דגם TM 192 מתוצרת חברת TENMARS

מכשיר מדידה איזוטרופי מתוצרת חברת TENMARS טאיוואן מכשיר מדידה בעל רגישות גבוהה ויכולת למדוד את גודל וקטור השדה המגנטי וגם את גודל שלושת הרכיבים (X,Y,Z) של השדה המגנטי.



נתוני מכשיר TM 192:

SPECIFICATIONS	
TM 192	דגם המכשיר
190801369	מספר סידורי של המכשיר
01.11.2023	תוקף כיוול המכשיר
Frequency range	30Hz to 2,000Hz
Measurement range	0.01 mG to 2,000 mG
Sample rate	2.5 times per second.
Sensitivity	0.01 mG
Typical accuracy	2.5% + 5 dgt

המשך נספח ב': מכשירים למדידת שדה מגנטי מרשת החשמל

(2) מכשיר למדידת שדה מגנטי דגם DSP 523 מתוצרת חברת Magnii Technologies

מכשיר מדידה מתוצרת חברת מגני טכנולוגיות Magnii Technologies ארצות הברית. מכשיר מדויק בעל רגישות גבוהה המשתמש במעבד אותות דיגיטלי חזק. מודד בשלושה צירים את גודל וקטור השדה המגנטי (True RMS). בעל יכולת להבדיל בין שדה מגנטי שמקורו מרשת החשמל (50 Hz והרמוניות שלו) לבין שדה מגנטי שמגיע ממקורות אחרים.



נתוני מכשיר DSP 523:

SPECIFICATIONS	
DSP 523	דגם המכשיר
191104	מספר סידורי של המכשיר
Frequency range	30Hz to 300Hz
Measurement range	0.01 mG to 250.0 mG
Sensitivity	0.01 mG
Typical accuracy	4% + 4 dgt

עמוד 10 מתוך 10