

# חדשות אל הרס

ביטאון העמותה הישראלית הלאומית לבדיקות לא הורסות

2004 • תמוז תשס"ד, יולי 2004 • THE ISRAELI NATIONAL SOCIETY FOR NON DESTRUCTIVE TESTING • גיליון מס' 8 •



אגוד המהנדסים לבניה ותשתיות בישראל (ע.ר.)



הכינוס השישי של העמותה הישראלית הלאומית לבדיקות לא הורסות

ASNT ISRAEL & NDT 2004

בשיתוף עם אגוד המהנדסים לבניה ותשתיות

## הדשות דקטל NDT

חברת דקטל טכנולוגיות מתקדמות בע"מ מייצגת זה שנים רבות חברות מובילות בתחום של בדיקות אל-הרס, כולל שיווק מוצריהן ומתן שירותי תחזוקה ותיקונים למוצרים אלה. בין הנושאים והחברות, המיוצגים על ידי דקטל, נמצא את:

GEIT - SEIFERT – גרמניה: ציוד רנטגן לתעשייה, שיקוף בזמן אמת ופילם, ציוד נייד וקבוע וכן מערכות אוטומטיות משולבות עד 450KV.  
PANAMETRICS – ארה"ב: מגוון מכשירים אולטראסוניים לבדיקת פגמים ועובי דופן, מהמובילים מסוגם בעולם.  
PHYSICAL ACCUSTICS (PAC) – ארה"ב: מכשירים ממוחשבים ומתקדמים ביותר לבדיקת פליטה אקוסטית.  
R. WOLF – גרמניה: אנדוסקופים קשיחים וגמישים לתעשייה.  
INSTITUTE DR. FOERSTER – גרמניה/ארה"ב: מכשירים לבדיקת זרמי מערבולת ומגנטיות – ניידים לתחזוקה ואוטומטיים לגמרי לבדיקות ייצור.  
METOREX – פינלנד: אנליזרים לזיהוי חומרים ופלדות ללא הרס בשיטות XRF וכן בשיטות של פליטה אופטית, XMET ו-ARCMET.  
SEIKO – יפן: מכשירים לבדיקת עובי ציפויים בשיטות XRF.  
FEIN FOCUS – מערכות רנטגן מיקרופוקוס, שיקוף בזמן אמת ומערכות אוטומטיות משולבות עד 225Kv, מערכות CT מיקרופוקוס.

### מכשיר אולטרסוני דיגיטלי ומהיר לבדיקת פגמים – זגם EPOCH 4 PLUS

חברת GE PANAMETRICS מארה"ב מציעה מכשיר חדיש זה עם מסך צבעוני, המיועד בעיקר לגילוי פגמים במוצרים תעשייתיים, כגון: אי-הדבקה (דלמינציה) של שכבות, פורוזיות, סדקים או גופים זרים, ריתוכים וכן לבדיקת עובי דופן או תכונות אופייניות אחרות בהנדסת חומרים.  
המכשיר מתאים לביצוע סריקה ידנית או בטבילה. המכשיר דיגיטלי לגמרי עם רזולוציה גבוהה, שני שערים (GATES) וכן תחום עבודה שבין 100KHz ל-25MHz.  
המכשיר בעל קישוריות מלאה ויציאות למחשב RS232 ולמדפסת (USB).  
למכשיר יכולת כיוול אוטומטי לגששים וכן יכולת של שמירת תצורת הגל בכל ערוץ ובכל שער.  
למכשיר אופציות של B-SCAN, DAC, INTERFACE GATE (לטבילה) וכן גשש מגנטיות EMAT.



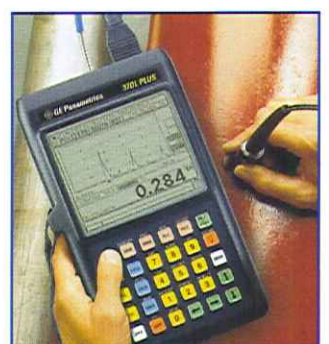
### מערכת רנטגן ניידת חדישה – ERESO 200MFR3

חברת GEIT - SEIFERT מגרמניה מייצרת סדרה חדשה של מכשירי רנטגן לשימושים תעשייתיים, שהנם בעלי מתח קבוע CP, קלי משקל וניידים.  
הסדרה כוללת מכשירים במתח מירבי של עד 300KV באספקה של מתח מיוצב, קבוע ומדויק. גודל הפוקוס הוא 0.5 מ"מ, והזרם במתח מירבי הוא 4.5A. שפופרת מסוג זה מאפשרת חדירה עד עובי של כ-65 מ"מ פלדה.  
למכשירים פיקוד דיגיטלי חדיש MF3, המאפשר דיוק בפרמטרים של הבדיקה והחיבור למחשב כדי לקבל ולשדר נתונים של מאות תוכניות צילום, כולל תוכניות לחימום מוקדם אוטומטי של השפופרת וכל ההגנות. לשפופרת הקרמיות אורך חיים גבוהה וצפיפות הקרנה מעולה. ביחידה של 200KV משקל יחידת הקרנה 23 ק"ג ומשקל הפיקוד 8 ק"ג. ניתן לקבל את השפופרת עם מצביע לייזר זעיר.



### מד עובי חומר אולטרסוני / רב שכבתי – B-SCAN עם 37DL PLUS

חברת PANAMETRICS מארה"ב פיתחה מד עובי אולטרסוני חדיש, לצד תצוגה דיגיטלית קונבנציונלית, ישנה גם תצוגה גרפית של הגל האולטרסוני בחומר (WAVE FORM) במסך 100X90 מ"מ (תצוגה רגילה וכן RF). תוספת זו מאפשרת לאמת את מקור קריאת העובי, למדוד עובי במבנה רב-שכבתי (עד 4 שכבות בו זמנית), לזהות מעבר בין שני חומרים, לבצע קריאת עובי מדויקת גם בטמפרטורות שונות ועוד.  
❖ המכשיר הוא המתקדם בעולם בתחום של מדידת עובי, בין הפונקציות המעניינות שלו:  
❖ רישום אלפא-נומרי של נקודות הבדיקה ❖ זיכרון עד 60,000 תוצאות ו/או 4,500 צורות גל וכן חיבור למחשב RS232  
❖ פונקציות של הקפאת תמונת הגל, זום ואפשרות לשינוי מקום ה- GATE ❖ אפשרות כיוון הגברה על ידי המפעיל בצעדים של 1.0db ❖ תאימות מלאה ל-WINDOWS XP.  
דיוק המדידה הוא 0.001 מ"מ בתחום מדידה של 0.2-635 מ"מ (בברזל). המכשיר כולל למעשה פונקציות רבות של מכשירים לבדיקת פגמים (FLAW DETECTORS) בתוספת עלות קטנה מעבר לעלות של מכשיר קונבנציונלי לבדיקת עובי דופן.



## דבר הנשיא:

צ'אריס וקוראיק וקריס.



אני שמח שהצלחנו להפיק את הביטאון הנוכחי לקראת הכנס השנתי שלנו ב-15 יולי 2004, וברצוני להביע את הוקרתי לעורך, אשר בהקפדתו על כל פרט הצליח להגיש חוברת אשר בעריכתה הנאה

עולה על קודמותיה. הכנת הכנס דרשה מאמץ ניכר ואני מודה לכל מי שטרם ותרם ממרצו ומזמנו לקיומו של הכנס ובמיוחד לד"ר יוסף שואף, יו"ר ועדת הכנס ולחברים בוועדה.

ההתרחבות האחרונה של האיחוד האירופאי, הנה צעד נוסף בתהליך הגלובליזציה. היום ברור שארגונים עסקיים השואפים להמשיך ולהתקיים, חייבים להתאים לדרישות של הגושים הגדולים המרכיבים את השוק הבינלאומי. במסגרת התהליך העולמי נעשות פעולות אשר מטרתן לאפשר סחר בינלאומי ענף והוזלת העלויות. מבחינתנו, יש לשים לב למאמץ הנעשה בכיוון של הרמוניזציה הדרישות המקצועיות כך, שמוצר אשר נבדק ואושר במדינה אחת יהיה מקובל במדינות האחרות ללא בדיקות נוספות. המאמץ מתבטא בעיקר בתקינה ובדרישות לידע מקיף יותר מצד האחראים על הבדיקות או הבחינות ומצד מפענחי התוצאות.

בנוסף לכך התחרות הגלובלית הובילה לשינויים ניכרים בתהליכי ייצור בתחומים התעשייתיים השונים ובפרטים ובמערכות המיוצרות. תרמו לכך ההתפתחויות הדרמטיות במעורר הגלאים, מקורות האנרגיה, האלקטרוניקה, מערכות הקלט/פלט והמחשוב. כיום יחידות ניטור ובדיקה מתוכננות ונבנות ישירות במערכות ובמבנים הפועלים בקו הייצור או בשרות והמידע המתקבל מהן נאסף, נאצר ומפוענח אוטומטית. במוצרים ובמערכות המיוצרות מותקנות יחידות לבדיקה עצמית הפועלות בעת מתן השרות והן מתריעות על ירידה בביצועים או על היווצרות של שינוי בחומר או בתנאי העבודה. דגש רב ניתן לשיטות בדיקה ללא מגע.

בנושא התקינה עובדים עתה על הוצאה מחודשת של תקנים, כאשר השאיפה היא שבמסמכים תהיינה הוראות לגבי כמות המדידות שיש לבצע והאפיון הנדרש ממערכות המדידה, וזאת בנוסף לצורך בבדיקה או בבחינה ולציון אמות המידה המשמשות לקבלה/דחייה.

הצורך בבדיקות נוספות, מעבר לשיטות הקלאסיות בבל"ה, גרמו להרחבה של הנושאים אותן מקיפות עמותות הבל"ה בעולם. ההרחבות הן מרשימות ביותר והן כוללות טווח של שיטות, החל מהדמיה במיפוי מיקרוסקופי

המבוסס על מיקרוסקופ אקוסטי (SAM), מיקרוסקופ מינהור, מיקרוסקופ של כוח אטומי (AFM), וכלה במיפוי מרחוק בטווח רחב של תדרים לצורך בדיקת מאפייני סביבה ושינויים גיאוגרפיים.

התפתחויות אלו מציבות בפני עובדי הבל"ה מציאות חדשה. המומחיות שלהם נדרשת לא רק בשלב בקרת האיכות (בבדיקת המוצר או המבנה) אלא כבר בשלב תכנון המוצר, בייצור ובשרות. בשלב התכנון ישנה חשיבות לסימולציה של מערכת הבדיקה כדי להגיע לאופטימיזציה של מדדי המערכת בהתאם למשימה אותה היא צריכה למלא. בולטת כאן חשיבותה של התוכנה הקולטת נתונים רבים בקצב גבוה ממערך הגילוי, מעבדת אותם ומשווה עם תוצאות המעבר. לאור זאת ניתן לצפות שאנשי הבל"ה ימלאו בעתיד תפקידים בצוותי התכנון של קווי ייצור, בצוותי פיתוח של תוכנות ייעודיות לסימולציה של מערכות מדידה ובתוכנות שליטה ועיבוד התוצאות, בצוותים המפקחים מרחוק על מערכי בדיקה אוטומטית וכד'.

התחלנו לחוש את ההשלכות של ההתפתחויות בנושא של גוף ההתעדה לעובדי בל"ה של העמותה ISACERT. מאחר שיצאו גרסאות חדשות של התקנים שלפיהם גוף ההתעדה חייב לפעול, הרי שישנם שינויים ושיפורים שיש לבצע במערכת הנהלים וההנחיות לנבחנים. במבדק שנערך במאי ע"י SINCERT, גוף ההסמכה האירופאי של ISACERT, נרשמו הערות בהתאם. עד כה טיפל במסירות אין-קץ במערכת האיכות וההסמכה של העמותה מר גדעון רונן ועתה יהיה צורך בסיוע. אני מבקש ממי שיש לו עניין, יכולת ופנאי לבוא ולעזור במבצע זה, כדי להבטיח המשכיות של מערכת ההסמכה שתאפשר התעדה של עובדי בל"ה בארץ. עלי לציין שמערכת ההתעדה בעמותה שלנו זכתה לאחר הסמכתה להכרה מטעם הגופים הבינלאומיים בתחום הבל"ה ולכן תעודה מ-ISACERT הנה קבילה בכל המדינות שהעמותות שלהן התומות על ההסמכים של האיגוד העולמי לבל"ה והאיגוד האירופאי לבל"ה.

אני מקווה שמתוך ההארה הקצרה שהצגתי הבנתם כי אנו נתונים בתהליך המשנה את אופי התחום המקצועי בו אנו פועלים וכי על מנת להמשיך ולהיות תחרותיים בו על כולנו להמשיך וללמוד.

בברכה

פרופ' עמוס נוטע

נשיא העמותה

## חדשות אל-הרס

ביטאון העמותה הישראלית  
הלאומית לבדיקות לא הורסות  
גיליון מס' 8 • יולי 2004

טל: 03-9604160, פקס: 03-9605559  
כתובת העמותה: ת.ד. 73, אזור  
E-mail: israndt@netvision.net.il

נשיא כבוד: גבי שואף

נשיא העמותה: פרופ' עמוס נוטע

חברי הוועד המנהל: חיים אלמוג, יהושע ויגודני,  
יואל וייל, יוסי וייספלד, אופיר מגל, יצחק סגל,  
גדעון סקופ, ראובן עצינו, גדעון רונן, יוסי שואף,  
דורון שלו

עורך ראשי: יהושע ויגודני

מערכת: ויקטור ביטון, אנה קדרי

הפקה



תירוש (1998) הוצאה לאור בע"מ

יהושע בן-נון 81, תל-אביב 62497,

טל: 03-6044959, פקס: 03-6053840

E-mail: tirosh-ab@bezeqint.net

## דבר העורך

קוראים יקרים

בגיליון מספר 8 תוכלו לקרוא על החידושים האחרונים בתחום הבדיקות הלא הורסות, לצורך זה הוקדש מדור החדשות אשר מהווה במה ליצרנים וליבואנים להצגת מוצרים חדשים וטכנולוגיות חדשות.

חלק גדול מהמאמרים דנים בנושאים אשר הוצגו בכנס השישי של העמותה ובהם דיווח על שיטות בדיקה חדשות, מחקרים, פיתוח טכנולוגיות חדשות ויישומן בארץ.

עוד בביטאון, דיווח על פעילות העמותה בשנה האחרונה.

תודתי לכותבי המאמרים, הידיעות והחדשות וכמובן למפרסמים אשר בזכותם הצלחנו להפיק ביטאון זה ואף להרחיבו.

כמו בכל שנה אני קורא לכל העוסקים בבדיקות לא הורסות, עובדים, מנהלים חוקרים וספקי ציוד וחומרים לשתף אותנו בפעילותכם וזאת כדי שנוכל להעשיר את כולם בביטאונו הבא.

יהושע ויגודני

עורך ראשי



**Sonotron NDT**



**Kodak**



# הכינוס השישי של העמותה הישראלית הלאומית לבדיקות לא הורסות ASNT ISRAEL 2004

בשיתוף איגוד המהנדסים לבניה ותשתיות  
הכנס התקיים בשפיים ב-15 יולי 2004 וכלל שני מושבי הרצאות

ברכות:

מר **עודד טירה**, נשיא התאחדות התעשיינים  
ד"ר **יואב סרנה**, נשיא אגודת המהנדסים  
פרופ' **עדין שטרן**, ראש אגודת מכונות בלשכת המהנדסים  
פרופ' **עמוס נוטע**, נשיא העמותה  
ד"ר **יוסי שואף**, נציג ASNT ישראל

**הרצאת הפתיחה:** בדיקות מתקדמות ככלי ב"בטחון המולדת" – ד"ר **ד. נבו**, קורל מערכות בטחון משולבות בע"מ

**הרצאות לכלל המשתתפים:**

יושבי ראש – ד"ר **דורון שלו**, **גבי שואף**  
"ניטור מבנים תחת עומס דינאמי" – ד"ר **ד. שלו**, דורון הנדסה  
"בדיקות בחומרים מרוכבים בתעשיית החלל" – ד"ר **ג. פאסי**, סומטרון NDT

הרצאות לפי מושבים:

**מושב ב' – בדיקות אל הרס בתעופה**

יושבי ראש – בן ציון פוקס, יוסי ויספלד
בדיקות לא הורסות בפרטים דינמיים – סא"ל <b>א. עצמוני</b> , ח"א מערכות חדשניות לרדיוגרפיה באנרגיה גבוהה – פרופ' <b>ע. נוטע</b> , טכניון
ישומי X-Ray באנרגיה נמוכה במבני כוורת של מזלטים – <b>ק. רודברג</b> , ח"א
יושבי ראש – סא"ל אריה עצמוני, ד"ר גרגורי קרוג
תרמוגרפיה בתעופה – <b>פ. בן ציון</b> , תע"א
בדיקה חזותית מרחוק והאפליקציות שלה – <b>Mr. N. Trobradovic</b> , נציג Everest Vit
מערכות ניידות לרדיוגרפיה ב-Real Time – <b>ל. פיק</b> , וידיסקו
יושבי ראש – ראובן עציוני, ד"ר גברי כהן
שיטות לאנליזת מתכות – <b>Todd Houlahan</b> , חב' Niton
בחירת טכניקות בל"ה לבדיקות שפורות של מחליפי חום – ד"ר <b>י. שואף</b> , <b>יגיל שואף</b> , גבי שואף בע"מ
אירועי קרינה חריגים 2003-2004 – <b>מ. קרן</b> , המשרד לאיכות הסביבה

**מושב א' – בדיקות בתשתיות**

יושבי ראש – פרפ' יצחק סגל, עדי עציץ
בדיקות איכות ו-NDT בפטי רכבת - ד"ר <b>ג. קרוג</b> , רכבת ישראל
בדיקות NDT לתשתיות – <b>ג. שואף</b> , גבי שואף בע"מ
ניטור בדיקות לגילוי דליפות במכלי וצנרת דלק – ד"ר <b>א. פיסטינר</b> וד"ר <b>ח. מיכלין</b> , המשרד לאיכות הסביבה והטכניון
יושבי ראש – ישראל דוד, אופיר מגל
כשלים במבנים – <b>י. דוד</b> , ישראל דוד מהנדסים
<b>שיטה לא הורסת להערכת מודול האלסטיות של חומר</b> – ד"ר <b>א. יחזקאל</b> , קמ"ג
בדיקות אטימות של מכלים הרמטיים – ד"ר <b>ט. בר כהני</b> , פרפ' <b>ע. שטרן</b> , אוניברסיטת הנגב
יושבי ראש – ד"ר גרי פאסי, ד"ר צבי לאופר
סריקת מחברים מולחמים עם מיקרוסקופ אקוסטי – <b>מ. קמלמן</b> , פרופ' <b>ע. שטרן</b> , אוני' בן גוריון, <b>צ. שמול</b> , <b>א. אזולאי</b> , מ"ג
מערכות רנטגן בננו-פוקוס ומולטי-פוקוס – <b>ז. ברטל</b> , דקטל
צילום מהיר, כלי לניתוח אירועים מהירים – <b>י. אברם</b> , נציג OLYMPUS INDUSTRIAL

בסיום הכנס הוגרל בין הנוכחים שעון יד שהוא גם מונה גייגר, דוזימטר וביפר המיובא לישראל על ידי VSR TECHNOLOGIES, מתנת חברת **י. וייספלד**, מכון לבדיקות לא הורסות

לאחר הכנס התקיימה אסיפת מליאת חברי העמותה



# הענקת התואר "עמית" ליקירי העמותה

בכנס השישי של העמותה הישראלית הלאומית לבדיקות לא הורסות, תוענק תעודת עמית העמותה לשני אישים אשר תרמו להקמת העמותה ולהישגיה, בעשייה ובפעילותם הנמרצת למען העמותה.

## רון גדעון

מנהל האיכות ומרכז הבחינה של  
ISIRACERT



רוני החל את פעילותו בתחום אבטחת האיכות במסגרת שירותו הצבאי כנציג חיל האוויר בתעשייה האווירית.

מאמצע שנות השבעים החל לעבוד בתעשייה האווירית כמבקר ראשי ומנהל המשרד הטכני, ובהמשך בניהול תקציבים במשרד פרויקט וסטיוונד בחטיבת הנדסה, כמנהל שיטות ונהלים במנהל אבטחת איכות חטיבת טכנולוגיות וראש יחידת סקירה ובקרה במנהל אבטחת איכות

חטיבה טכנולוגיות של התעשייה האווירית. במקביל עבר רוני השתלמויות בכל מקצועות הבדיקות הלא הורסות בארץ ובחול' וקורסים בנושא אבטחת איכות של משרד ההגנה האמריקאי.

בשנת 1988 פרש רוני מהתעשייה האווירית והחל לפעול באופן עצמאי כמפקח איכות בתעשייה הישראלית מטעם משרד הביטחון ומטעם משרד ההגנה של ארה"ב.

כחלק מפעילותו הקים מערכות איכות במפעלים בהתאם ל-ISO 9002 ו-ISO Guide 25, ומשמש כמנהל האיכות בחברת גבי שואף בע"מ ויועץ לאבטחת איכות של מחלקת בינוי בחברת סלקום ישראל.

בשנת 1999 ייסד את ISIRACERT - הגוף הלאומי להתעדת עובדי בדיקות לא הורסות (מסונף ל-ISIRANDT - העמותה הלאומית לבדיקות לא הורסות), אותו הוא מנהל עד היום.

במסגרת פעילותו זו השקיעה רוני שעות רבות בהכנת הנהלים ובניית הארגון וכל זאת בהתנדבות מתוך אמונה בחשיבות המשימה.

על פעילותו הציבורית בתחום הבדיקות הלא הורסות, הישגיו האישיים והקמת הגוף המסמיך של העמותה, מקבל רון גדעון את התואר עמית - Fellow של העמותה.

## גבי שואף

מקים העמותה  
ונשיאה הראשון



גבי החל את פעילותו בתחום הבדיקות הלא הורסות בתחילת שנות השישים במסגרת תפקידו כקצין בחיל האוויר, שם הקים את אבן הפינה לבדיקות הנעשות בחיל.

בשנת 1971, עם שחרורו משרות קבע ארוך, הקים עסק עצמאי לבדיקות לא הורסות ולפיקוח איכות והיום מנהל את חברת גבי שואף בע"מ.

גבי שימש לאורך השנים כמדריך להוראת מקצועות הבל"ה, כמומחה בוועדות ציבוריות וכרמה III של Pratt

& Whitney, מנהל התעופה האזרחי, התעשייה האווירית ומוסמך רמה III לפי ת"י 1031.

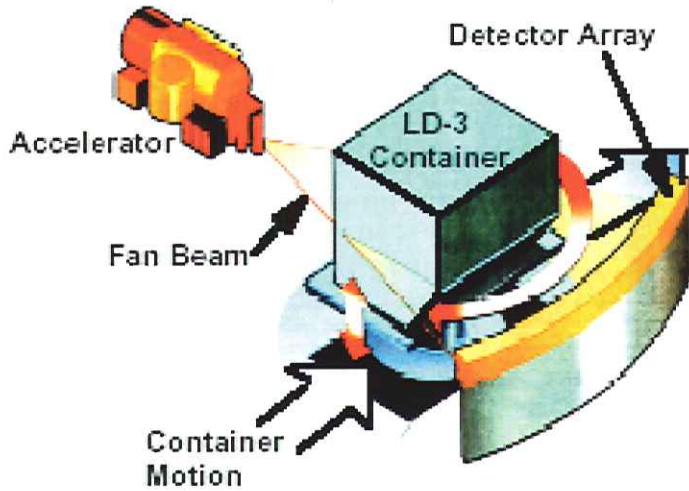
בשנת 1997 יזם והקים בשיתוף ותמיכת אנשי בל"ה בכירים מהארץ ומהעולם, את העמותה הישראלית הלאומית לבדיקות לא הורסות וכיהן כנשיאה הראשון. במשך ארבע שנות כהונתו, התמסר כל כולו לתפקיד, בתקופה זו קיימה העמותה כנסים שנתיים והשיגה הכרה בינלאומית, הן באירופה והן בארה"ב, הוציאה ביטאון שנתי והקימה את הגוף המסמיך של העמותה המוכר לפי ISO 9712 מטעם EFNDT, הפדרציה האירופאית לבדיקות לא הורסות.

גבי הוא Fellow של האגודה הבריטית לבדיקות לא הורסות משנת 1997, חבר כבוד של האגודה הבולגרית לבדיקות לא הורסות משנת 2000 ונשיא כבוד של העמותה הישראלית.

בשנת 2002 זכה בפרס להישג טכנולוגי בתחום הבל"ה של "כנפי זהב" - עמותת חיל האוויר, הפרס הוענק בהיכל התרבות במעמד שר הביטחון. על פעילותו הציבורית בתחום הבדיקות הלא הורסות, הישגיו הטכנולוגיים והקמת העמותה הישראלית הלאומית לבדיקות לא הורסות, מקבל גבי שואף את התואר עמית Fellow של העמותה.

כמו מטעני אוויר, ראה ציור 3[3]. עבור פריטים גדולים, כגון מכולה באורך של 10 עד 18 מ', 2 מ' גובה ו-2.5 מ' רוחב, דרוש מאמץ ניכר לשם ייצור של דמות טומוגרפית תלת מימדית מלאה, כלומר עם חתכים צפופים.

**זמינות:** המערכות מוצעות למכירה בשוק. המחיר לאנרגיה נמוכה הנו בסביבות \$850k עד \$1M ולאנרגיה גבוהה בסביבות ה-\$10M.



ציור 3: מערכת לבדיקה טומוגרפית של מטען אוויר LD-3 עם קרינת X באנרגיה גבוהה [3].

**4. טומוגרפיה ממוחשבת בשתי אנרגיות:**

מערכות מסוג זה פותחו עבור אבחון רפואי. לעת עתה לא מצאתי יצרן למערכות לבדיקת במסגרת "בטחון המולדת". המערכות בתחום הרפואי הן באנרגיות נמוכות. ניתן לייצר מערכות כאלו לבדיקת מזוודות, תיקים וכד' תוך ניצול קרינת X באנרגיות נמוכות, והעלות בודאי לא תהיה גבוהה בהרבה מזו של מערכת טומוגרפית עם אנרגיה אחת.

**יתרון:** ניתן להבחין בשלושה פרמטרים המאפיינים את תכולת הפריט: צורה, צפיפות והרכב אלמנטי. לכן האמינות בגילוי פריטים אסורים גבוהה יותר מאשר בשיטות שנוכרו קודם לכן.

**חסרון:** לא הוכחה הפעולה של מערכת מסוג זה עבור פריטים גדולים תוך הסתמכות על קרינת X באנרגיות גבוהות.

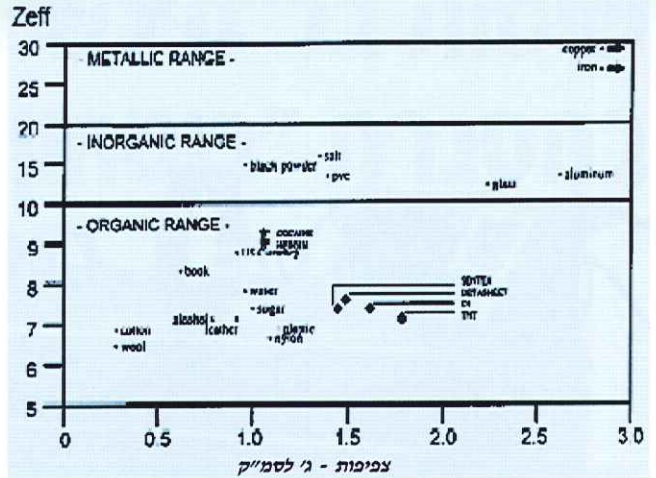
**זמינות:** בשוק מוצעות מערכות עם אנרגיה נמוכה בלבד.

**5. שיקוף עם שתי אלומות קרינה ניצבות ובשתי אנרגיות:**

עבור פריטים שהתוודך שלהם אינו מורכב ניתן לייצר את הדמות הטומוגרפית באמצעות מספר קטן של זוויות הקרנה (לפחות שלוש), כלומר משלושה היטלים רדיוגרפיים. ככל שמספר ההיטלים רב יותר יכולת ההבחנה המרחבית בדמות הטומוגרפית רבה יותר.

השיקוף בשתי אנרגיות, בתחום האנרגיה הנמוכה, מוסיף מידע לגבי ה-Z האפקטיבי, כפי שצוין לעיל. מתוך שני היטלים, אופקי ואנכי, ניתן לחשב דמות, כאשר נערכות הנחות שונות לגבי הרכב התכולה של הפריט הנבדק המתבטאים בקרובים מתמטיים. בכל מקרה יש לבחון את התקפות של הפתרון ותחומי השימוש האפשריים. שימושים המבוססים על מספר מועט של היטלים פותחו לצורך בדיקות של פריטים בתעשייה, כמו בדיקת אזורים חשודים בכנף כלי טייס.

**יתרון:** מידע אמין יותר מאשר בהיטל בודד. המערכת זולה יותר



ציור 2: חומרים שונים במפה של צפיפות ו-Z אפקטיבי [2].

**חסרון:** המידע על ההרכב מתייחס ל-Z האפקטיבי של החומר הנמצא בכיוון השלך הרדיוגרפי ומידע זה יכול להטעות מאחר שהוא מתייחס לכלל הפחתה שעוברת אלומת הקרינה בחומר. במידה שהקרינה עברה לדוגמה דרך אלומיניום ואחר דרך פוליאתילן עשוי להתקבל Z אפקטיבי הקרוב לזה של C4. במובן זה המידע המתקבל על Z אפקטיבי במערכות אלו דומה למידע המתקבל על הצפיפות. זוהי למעשה הצפיפות ליחידת שטח.

**זמינות:** בשוק ישנן מערכות מסחריות לאנרגיות נמוכות. המחיר הנו בסביבות \$500k.

**3. טומוגרפיה ממוחשבת:**

במערכות אלו נערכים שיקופים של הפריט הנבדק כאשר אלומת קרינת ה-X פוגעת בפריט מכיוונים רבים בטווח המכסה לפחות 180°. מתוך ההיטלים הרדיוגרפיים, המתקבלים בכל אחת מהזוויות, מחשבים דמות ממוחשבת של חתך בפריט. החתך מראה בעיקר את השינוי בצפיפות החומרים שבפריט (לא את ההרכב האלמנטי). אם מבצעים חתכים צפופים (זה ליד זה), ניתן לשחזר באמצעותם דמות תלת מימדית של תכולת הפריט. המודלים לחישוב ועיבוד הדמות הטומוגרפית פותחו במשך שנים רבות במסגרת הפיתוח של מערכת ה-CT לדיאגנוזה רפואית.

**יתרון:** הדמות המתקבלת מצביעה על שינויים בצפיפות (מסה ליחידת נפח) של החומרים בתוך הפריט. כך ניתן להבחין באובייקטים המוחבאים בתוך אחרים, במידה שהצפיפות שלהם שונה.

**חסרון:** אין יכולת הבחנה בהרכב האלמנטי. הפעלת ההתראה לפי הצפיפות יוצרת במקרים רבים התראות שווא מאחר שחמאת בוטנים או עוגה צפופה, למשל, עשויות לתת ערך של צפיפות הדומה לחומר נפץ. ישנם דוחות בהם נרשמו דיווחים על 30% התראות שווא, הגורמות להפסקות יקרות בזרימת הפריטים דרך המערכת. הזמן הדרוש ליצירת דמות תלת מימדית מחתכים במרחק של 0.5 עד 2 ס"מ זה הנו ארוך. אם מבצעים חתכים במרחקים של עשרות סנטימטרים זה מזה האמינות של הבדיקה נפגעת.

המערכת יקרה יחסית בעיקר בגלל מערכת הסובבת וזמן הבדיקה. אולם ישנן חברות שפיתחו מערכות כאלו גם עבור פריטים גדולים

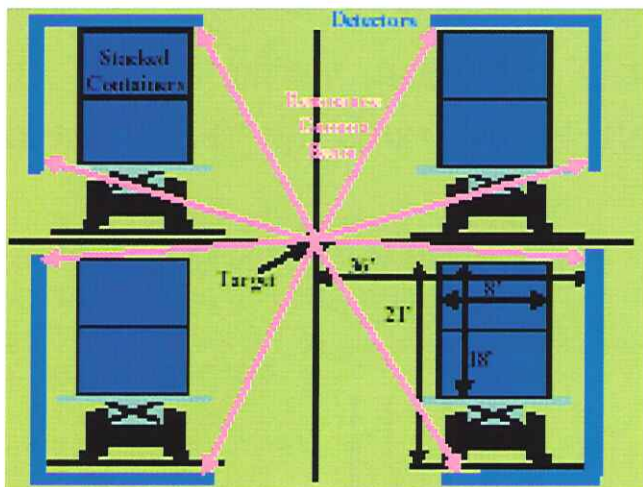
יתרון: עלות המערכות נמוכה יחסית.  
חסרון: עבודה עם מקור גאמא מחייבת מיגון והשגחה גם כאשר המערכת אינה בפעולה; במרבית המערכות זמן המדידה הדרוש ליצירת דמות הנו ארוך יחסית, הרזולוציה המרחבית נמוכה והדמות המתקבלת הנה דמות רדיוגרפית, בה ניתן להבחין בפרטים לפי צורת הפריט ומידת ההנחתה של הקרינה.  
זמינות: מערכות מוצעות בשוק. העלות בסביבות ה-500k עד \$12M.

### 8. הדמיה באמצעות גאמא רזוננס

המערכת מבוססת על מאיץ חלקיקים, לרוב מאיץ פרוטונים, עם מטרה מתאימה, בה פוגעים החלקיקים וגורמים ליצירת גאמא באנרגיה מסוימת (לדוגמה לגילוי חנקן משתמשים בגאמא בעלת אנרגיה של 9.17MeV). גאמא זו חודרת לפריט ונבלעת באופן מועדף ע"י החנקן. ירידה משמעותית בעוצמת קרינת גאמא המגיעה לגלאים מצביעה על נוכחות אפשרית של חומרי נפץ.

ניתן לבנות את המערכת כך שתקלוט את הקרינה העוברת דרך הפריט ולייצר דמות בדומה למערכת הטומוגרפיה הממוחשבת. כמו כן ניתן לקלוט את הקרינה המפוזרת וליצור דמות מהפיזור.  
יתרון: זיהוי חד משמעי של חומרי נפץ לפי דמות המראה את מיפוי החנקן בפריט. צפי קצב התראות שווא נמוך: 1% או פחות. לפי טענת המפתחים השיטה מתאימה למוזודות אשר תוכלנה להיבדק על פי ההערכה בקצב של 1600 בשעה, למטען אוויר LD-3 ולמכולות (בקצב של 24 בקרוב לשעה). הם מתכננים שארבעה מכולות ישוקפו בו זמנית, ראה ציור 5 [5].

חסרון: דרוש מאיץ חלקיקים בעוצמה גבוהה. מאיץ מסוג זה מפותח ע"י TRIUMF/Northrop Grumman.  
זמינות: המערכת נמצאת עתה בפיתוח, גרסה מסחרית צפויה בעוד שלוש שנים בקירוב במחיר של בסביבות \$4M.



ציור 5: הצעה לשיקוף בו זמנית של ארבעה מכולות [5].

### ג. קרינת ניוטרונים

#### 9. אנליזה עם ניוטרונים איטיים

קרינת ניוטרונים איטיים חודרת למוזודה או תיק. הניוטונים יוצרים ריאקציה עם הגרעינים המרכיבים את הפריט הנבדק ותוצאה ממנה נפלטת קרינת גאמא. מתגובה עם כל גרעין נפלטת קרינה גאמא

ממערכת טומוגרפית בה משתמשים באלומה אחת המקרינה את הפריט בטווח זוויות רחב.

חסרון: הבדיקות מתאימות לבדיקת פריטים פשוטים ו/או כאלו שיש מידע על המבנה הפנימי שלהם. יש צורך בשתי אלומות של קרינת X, כלומר שתי יחידות רנטגן כאשר מדובר על אנרגיה נמוכה, ובשני מאיצים, כאשר מדובר על אנרגיה גבוהה.  
זמינות: מוצעות בשוק מערכות באנרגיות נמוכות וישנן חברות המודיעות על פיתוח מערכות מסוג זה לאנרגיות גבוהות.

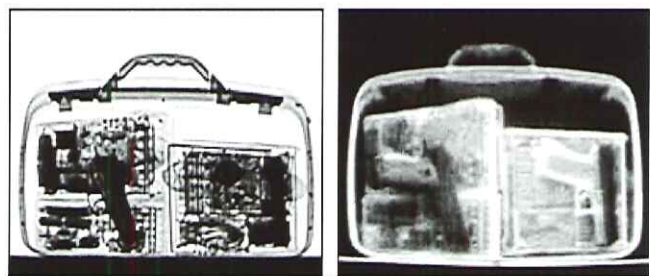
### 6. החזרה לאחור של קרינת X

קרינת ה-X המפוזרת מתוך הפריט, נקלטת במערך גלאים ומתוצאות אלו מיוצרת דמות ההחזרה לאחור. הפיזור של הקרינה רב יותר מאלמנטים קלים מאשר מהכבדים ולכן הדמות המתקבלת מבליטה חומרים אורגניים (כגון: חומרי נפץ). אולם אין בשיטה זו אפשרות להבחין בין חומרים אורגניים. בציור [4] נראות דמויות שהתקבלו מרדיוגרפיה (משמאל) ומהחזרה לאחור (מימין). התמונות הם של מזוודה בה נמצאים שני אקדחים, האחד עשוי ממתכת וחומר פלסטי והשני מחומר פלסטי בלבד. רק האקדח המתכתי נראה בדמות הרדיוגרפית ואילו בדמות שמימין נראים שניהם, כאשר באקדח המתכתי נראה גם החלק הפלסטי שבקת.

יתרון: הדמות המתקבלת הרבה יותר ברורה מהדמות המתקבלת משיקוף.

חסרון: החדירה של הקרינה המפוזרת הנה מועטת יחסית, ניתן להגיע לעשרות סנטימטרים בלבד (תלוי בהרכב הפריט). לכן השיטה מתאימה לבחינה של מזוודות ותיקים, אולם בדיקה של מטענים גדולים, מכולות וכלי רכב, הנה חלקית בלבד מאחר שהנפח המרכזי אינו נבדק.

זמינות: המערכות מוצעות למכירה בשוק. המחיר למערכות בחינה של מזוודות ותיקים הנו בסביבות ה-0.6M\$, מערכת ניידת על מכונית - \$2.5M, מערכת קבועה למכולות, משאיות, מיכליות וכד' - \$6M עד \$7M.



דמות רדיוגרפית

דמות מהחזרה לאחור

ציור 4: דמויות של תכולת מזוודה שהתקבלו משיקוף רדיוגרפי (משמאל) ומהחזרה לאחור (מימין). במזוודה נמצא אקדח גלוק 17 אוטומטי העשוי מחומר פלסטי ואקדח רגיל [4].

### 2. קרינת גאמא

#### 7. שיקוף עם מקורות גאמא

המערכות פותחו בימנו לאיתור מכוניות מוברחות וגנובות המוחבאות בתוך מכולות. המערכות מתאימות גם לבדיקת מכליות גז. יכולת הגילוי של חומרי נפץ או כלי נשק קטנים הנה מוגבלת ביותר.

הדמיה תלת ממדית של יחסי האלמנטים מימן, חמצן, חנקן ופחמן. בנוסף ליחסים מתקבל גם מידע על הצורה בה הפולט מפוזר במרחב. מספר התראות השווא בשיטה זו הנו הנמוך ביותר. ניתן להרחיב את היכולת ולגלות 91 מתוך 92 אלמנטים.

המערכת נבדקה ע"י DOD אך לא הועברה לשימוש בשדות התעופה בגלל המחיר, הגודל ובעיות בטיחות והפעלה. FAA ביצע בדיקה מוגבלת במערכת לבדיקת מזוודות ב-1993 ועתה החל בבדיקה מקיפה יותר. יתרון: המערכת יכולה לפעול באופן אוטומטי ולזהות על פי יחסים בין האלמנטים חומרי נפץ (או סמים). המערכת יכולה לזהות גם אקטינידים (אורניום, פלוטוניום).

חסרון: המערכת תופסת שטח גדול, יש צורך במיגון לניטרונים ולגאמא, יש צורך באישור של ה-FDA להקרנה של מזון והבדיקה ארוכה יחסית.

זמינות: מערכות עבור פריטים שונים מוצעות בשוק. מחיר מערכת לבדיקת מטען למטוסים הנו בסביבות \$10M.

#### מראי מקום:

1. MobileSearch TM X-ray Inspection System: <http://www.as-e.com/>
2. Gary F. Bowser, Richard C. Husemann. Full cargo inspection possible through recent technology advances: Port Technology International, Ed.11: section3: Container inspection. 69-72.
3. A.M.M.Todd, Emerging industrial applications of Linacs: <http://accelconf.web.cern.ch/AccelConf/198/PAPERS/FR1004.PDF>
4. [www.as-e.com](http://www.as-e.com)
5. L. Wielopolski, J.Alessi 1, P.Thieberger 1, J.Brondo 2, J.Sredniawski 3, and D.Vartky. Use of Gamma Resonance Imaging for Detection of EXplosives: <http://www.sc.doe.gov/production/henp/np/homeland/Posters/BNLWielopGamma.pdf>

שונה. קרינת הגאמא נקלטת ע"י צבר גלאים הממוקמים מסביב לפריט הנבדק. מהמידע הנקלט ע"י הגלאים מעובדת "מפה" המתארת את התכולה של הגרעין המסוים בפריט.

האלמנט החשוב ביותר הנו החנקן מאחר שהוא מצוי בתכולה גבוהה ברוב חומרי הנפץ. רגישות הגילוי לחנקן הנה גבוהה. יצרן אחד טוען שהמערכת שלו יכולה לגלות חומר נפץ נוזלי המעורב בקפה הנמצא בספל וכ-450 גי חומר נפץ פלסטי הנמצא המזוודה. יצרן אחר טוען שהמערכת שלו מגלה עשירית גרם של חומר נפץ, אולם הוא לא מציין את גודל הפריט אשר בתוכו נמצא החומר. מערכות לבדיקה של פריטים עם ניטרונים נבנו ונוסו מ-1989.

יתרון: זיהוי של חומרי נפץ באמינות גבוהה.

חסרון: קיימות התראות שווא הנגרמות ע"י חנקן המצוי לדוגמה בצמר או במוצרי בשר. השיטה אינה מתאימה לבחינה של פריטים גדולים: מטענים, מכולות, כלי רכב.

זמינות: מערכות נוסו ע"י ה-FAA מ-1989 ועתה ע"י ה-DOD. מחיר המערכת מעל \$1M.

#### 10. אנליזה עם פעימות של ניטרונים מהירים

ניטרונים מהירים חודרים לפריט ויוצרים אינטרקציות הפולטות קרינת גאמא אופיינית. השיטה מנצלת את זמן המעוף (בתחום הננו שניה), כדי לקבל את ההתפלגות המרחבית (תלת ממדית) בפריט של הגרעין המסוים הפולט את הגאמא. על מנת שהבדיקה תתאפשר יש לעבוד עם פעימות ניטרונים מונואנרגטיים בתדר של 5 עד 10 MHz וברוחב של 1 ננו שניה.

השיטה מתאימה גם לפריטים במימדים גדולים. ניתן לחשב ולהציג

# אלקומטר 456

הוא רק אחד מדגמי המכשירים, שחברת elcometer מציעה לך לבדיקה מושלמת של עובי צבעים וציפויים!



- ◆ המכשיר היחיד עם תפריט הפעלה בעברית!
- ◆ המדידה נעשית ללא כל פגיעה בציפוי!
- ◆ מבצע קריאה מהירה ומדויקת ב-100%!
- ◆ קל לאחזקה ולתפעול!
- ◆ מגוון רחב של אביזרים וגששים, המאפשרים להגיע למקומות נסתרים!

אחראי הפנאי והצילום  
הצילום והצילום  
הצילום והצילום

... ועוד מגוון רחב של מכשירים לבדיקת צבעים וציפויים!



מדינת היהודים 12, הרצליה, טל' 09-9560444, פקס' 09-9560202, Web site: [www.globus.co.il](http://www.globus.co.il), E-mail: [office@globus.co.il](mailto:office@globus.co.il)



# צילום X-RAY בזמן אמת באנרגיה נמוכה ככלי עזר לאיתור נזקים במבנים מרוכבים בכלי טיס בלתי מאוישים (כטב"מ)



אינג' קלאודיו רודברג

קלאודיו רודברג, חיים כהן, יוגב שרביט ומאיר מיארה  
יחידת אחזקה אווירית, חיל האוויר

ואפילו סוגים שונים של עץ (כגון עץ בלסה ועץ שכבתי).

חומרים אלה משולבים בצורות שונות על מנת לבנות רכיבי מבנה העונים לדרישות החוזק לכל אזור בכלי הטיס. חלק מהצירופים הנפוצים ביותר הם מבני כריך הבנויים ממעטי גרפיט/אפוקסי או פיברגלאס/אפוקסי עם ליבת כוורת נומקס, או מעטים מהחומרים הנ"ל בשילוב מילוי בקלקר או פוליאורטן מוקצף. בחלק מהמבנים מושגים חלקים מתכתיים בתוך החומרים המרוכבים (כגון חיבורי גוף/כנף, חיבורי כני סע וכד').

בשל גודלם הקטן יחסית של חלק מהמל"טים בשרות קיימת מגבלת גישה לחלק מהאזורים במבנה הפנימי של כלי טיס אלה.

## נזקי התרסקות במבנים מחומרים מרוכבים – מאפיינים

מבנים מחומרים מרוכבים העוברים התרסקות מאופיינים ע"י מגוון רחב של סוגי נזק, כתלות בסוג המבנה, במהירות ההתרסקות, זווית הפגיעה וכד'.

סוגי הנזק הנפוצים ביותר בהתרסקויות או תאונות של מל"טים הם:

- כשל קטסטרופאלי של רכיבי מבנה.
- סדקים.
- הפרדות בין שכבות.
- כשל בהדבקה בין רכיבים.
- כשל בהדבקה ליבת הכוורת למעטים.
- פגיעות חודרות במעטים ובליבת הכוורת.
- בנוסף, התרסקויות מל"טים במים מוסיפים את סוגי הנזקים הבאים:
- לכידת מים בליבת כוורת.
- ספיגת מים (ברכיבים עשויים מקוולאר, נומקס וקצפי מילוי מבניים).

תחזוקה ותיקון של כלי טיס בלתי מאוישים (כטב"מ - מוכרים גם כמל"טים - מטוס ללא טיס) הינה דיסציפלינה ההולכת ומתפתחת, בהתאם לפיתוח המואץ של כלי טיס מסוג זה בעשור האחרון. אחת מהבעיות העומדות בפני המהנדסים האחראים על ביצוע סקר נזקים לצורכי תחזוקה שוטפת, או לצורך תיקון תאונה של כלי טיס אלה, הינה הגדרה מדויקת של היקף הנזק. לצורך הגדרה זו קיים צורך בביצוע בדיקות לא הורסות (בל"ה) אשר יהוו כלי עזר לאיתור סוגי נזק שונים האופייניים לכטב"מ.

בשל העובדה שמבנה כלי טיס בלתי מאוישים בנוי ברובו מסוגים שונים של חומרים מרוכבים, חלק משיטות האל-הרס המקובלות בבדיקת מטוסים מאוישים (הבנויים בעיקר ממבנה מתכתי) אינן ישימות ליישום ספציפי זה. אי-לכך, היה על מחלקת אל-הרס של תחום הנדסה ביחידת אחזקה אווירית של ח"א לפתח שיטות אל-הרס מתאימות לכלים אלה. אחת מהשיטות שפותחו, ואשר הוכיחה את עצמה כאפקטיבית ביותר לגילוי נזקים מסוגים שונים היתה צילום רדיוגרפי בזמן אמת באנרגיה נמוכה (LOW ENERGY REAL TIME X-RAY). לשיטה זו פותחו ביחידת אחזקה אווירית יישומים רבים, והיא מהווה כיום את אחת מהשיטות העיקריות להערכת נזקים בכלי טיס אלו.

במאמר זה נדונים הצורך בפיתוח השיטה, קביעת הפרמטרים, וכן מובאות מספר דוגמאות לשימוש בשיטה זו.

## חומרים מרוכבים במבנה כלי טיס בלתי מאוישים (כטב"מ)

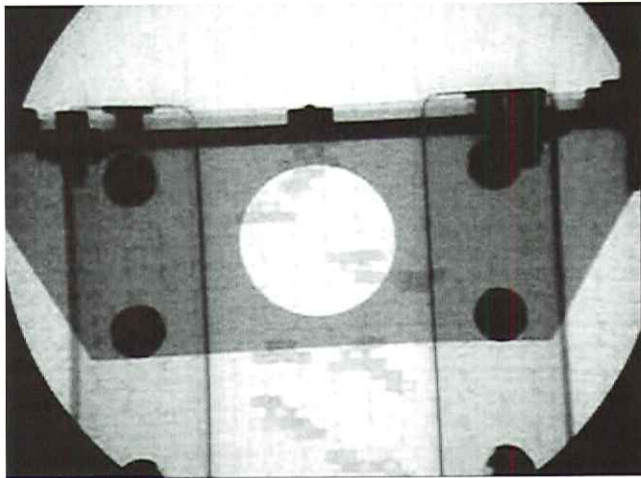
מבנה כלי טיס בלתי מאוישים (כטב"מ) עשוי מחומרים שונים. מבנים אלה כוללים שימוש בחומרים נפוצים בתעשיית התעופה (כגון מעטים של גרפיט/אפוקסי, פיברגלאס/אפוקסי וכוורת נומקס) וכן מגוון של חומרים אשר מוכרים פחות בתעשיית התעופה, כגון מילויי ליבה מחומרים מוקצפים שונים (קלקר, פוליאורטן מוקצף)

בעוצמות קרינה אלו לא ניתן לבדוק חומרים מרוכבים, שכן אחת מתכונותיהם של החומרים המרוכבים הינה שקיפות אלקטרומגנטית, ולכן היה צורך בהורדת עוצמת הקרינה לטווח מתחים שבין 30-50 kV.

כאשר נדרש לבדוק פריטי מתכת המוטמעים בתוך מבנה מחומר מרוכב, יש צורך ברמת מתח של 70 kV, ברמת אנרגיה זו ניתן לבדוק את החלק המתכתי ועדיין ניתן לקבל תמונה כללית של המבנה המרוכב שסביבו, אך ברזולוציה נמוכה יותר רמת מתח שבין 30-40 kV יצרה עוצמת קרינה שאפשרה רזולוציה גבוהה מספיק כדי לזהות תאי כוורת בודדות, וכן זיהוי לכידת מים באותם התאים.

רמה זו של קרינה אפשרה גם זיהוי רכיבי עץ בלסה ועץ שכבתי המהוים חלק ממכלולים כגון קורות כני נסע. השימוש בציוד רדיוגרפיה בזמן אמת המאפשר למפעיל לשנות את המתח ולקבל תמונה בזמן אמת, חוסך את הצורך בחישובי החשיפה ומרחק מוקד הנדרשים בשימוש ברדיוגרפיה עם פילם.

פיתוח שיטה זו מאפשר זיהוי מהיר והערכה של נזקים מכניים לתאי כוורת, לכידת מים בתאי כוורת, גילוי גופים זרים (גוויז) ושברים ברכיבים מלווחים. כמו כן השיטה מאפשרת איתור פגמי ייצור, כגון עודף שרף/דבק בהדבקת ליבת כוורת, אשר לא ניתן היה לאתר בשיטות אחרות.



תמונה מס' 1: לכידת מים בתאי מבנה כוורת

רוב הבדיקות הרדיוגרפיות בזמן אמת מבוצעות ע"י תחום הנדסה ביחידת אחזקה האווירית באמצעות מכשור נייד, אך במספר מקרים האילוצים הגאומטריים של המל"טים לא אפשרו את השימוש בציוד זה. ולכן הוחלט להשתמש בציוד XRAY בזמן אמת נייד, תוצרת חברת VIDISCO (מערכת מסוג FOXRAY II), הנמצא בשימוש בח"א. לציוד זה מקור בעל פוקוס קטן מהציוד הנייד, והדבר המאפשר צילום במקומות מוגבלים מבחינה גאומטרית.

דוגמה להערכת נזק של מל"ט אשר נפגע בתאונה ניתן לראות בתמונות 4, 5. בדוגמא זו חציץ מרוכב (מבנה כריך בנוי ממעטי גרפיט/אפוקסי וליבת כוורת) נמצא שבור בבדיקת ראייה בעת ביצוע סקר נזקים (תמונה 4).

• שיתוך בחלקים מתכתיים המהווים חלק מהמבנה (תלוי בזמן שהיה תחת מים).

כדי לקבוע האם ניתן לתקן את המל"ט ולהחזירו לשרות מבצעי. יש חשיבות לגילוי נזקים אלו ומכיוון שרובם לא ניתנים לגילוי בעין בלתי מזוינת, יש צורך לבצע בדיקות לא-הורסות והערכת נזק מדוייקת ומקיפה.

### שיטות אל-הרס בשימוש ח"א

למרות שקיימות שיטות אל-הרס רבות לגילוי פגמים במבנים מרוכבים, רק חלק קטן משיטות אלה ניתנות ליישום בשדה או בדרג ד', בעיקר בשל העלות הכספית הגבוהה של הציוד הנדרש, או בגלל גודלו של ציוד זה. אי-לכך, רק שיטות אל-הרס הקיימות ברמת השדה/דרג ד' נלקחו בחשבון כאפשריות לביצוע.

השיטות שנבחרו לצורך ביצוע סקרים אלה היו:

- בדיקות ראייה (עם וברי ציוד עזר).
- רדיוגרפיה (בעיקר רדיוגרפיה בזמן אמת).
- אולטרסוניקה.
- בדיקות הקשה.

במאמר זה נתרכז ביישום הרדיוגרפיה ובעיקר ברדיוגרפיה בזמן אמת.

### רדיוגרפיה - כללי

בתעשיית התעופה משתמשים בשיטה הרדיוגרפית לביצוע הערכה של נזקים מכניים למבנה כוורת, לכידת מים וגילוי גופים זרים. רדיוגרפיה תעשייתית, כמו הרדיוגרפיה הרפואית, מתבססת על עקרון השימוש בקרני X לצורך חשיפת פגמים הנסתרים מהעין הבלתי מזוינת. מקורות קרני X מספקים קרינה בעלת אנרגיה פוטונית בין 10<sup>7</sup> ל-10<sup>8</sup> אלקטרון-וולט (eV), כאשר התחום השימושי ביותר לבדיקת רכיבי מבנה תעופתי הינו בין 60 ל-160 קילו אלקטרון-וולט (keV), גבוה בהרבה מהנהוג ברפואה.

רדיוגרפיה תעשייתית מתחלקת לשני סוגים עיקריים:

1. רדיוגרפיה עם פילם - הצורה הקלאסית של בדיקת רדיוגרפיה, המייצרת תמונה דו-ממדית ע"י חשיפת החלק לקרני X. את התמונה מפתחים על מנת להפכה לראית.
2. רדיוגרפיה בזמן אמת - המוכרת גם כרדיוסקופיה, בה תמונה דו-ממדית של העצם הנבדק מוצגת באופן מיידי על מסך טלוויזיה בעת חשיפת החלק לקרינת X.

שני סוגי השיטות נמצאו מתאימים להערכת נזקים במבני מל"טים, כאשר ישנה עדיפות לרדיוגרפיה בזמן אמת וזאת בשל האפשרות לבצע עיבוד תמונה ולשפר את החדות והניגודיות, וגם בגלל היכולת לקבלת הערכת נזק בצורה מהירה וזולה (בלי הצורך להמתין לפיתוח הפילמים וללא ההוצאות הכרוכות בכך).

### פיתוח פרמטרים לצילום

הפרמטר החשוב ביותר לצילום הוא קביעת עוצמת הקרינה (מתח) יחידות המתח הינן הקילוולט (kV). טווחי מתח רגילים לאיתור פגמים במבנה מתכתי הינם בסדר גודל של בין 60-160 kV (כתלות בעובי וסוג המתכת הנדרשת לבדיקה).

# גבי שואף מציגים: איכות ומקצועניות ללא פשרות



צור

מעבדת גבי שואף בע"מ, המובילה בתחום הבדיקות הלא הורסות בישראל, ערוכה לבצע עבורך מגוון בדיקות מקיפות ויסודיות לכל צורך שיידרש על ידך:

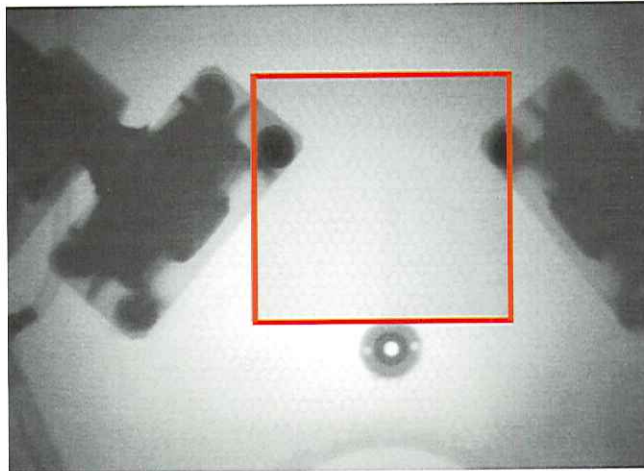
● בדיקות אטימות	● רדיוגרפיה ב - X וגמא
● בדיקות ויזואליות וגיאומטריות	● אולטרסוניק למתכת ובטון
● בדיקות צנרת במחליפי חום	● בדיקות עובי דופן
● בדיקות מיכלי דלק תת קרקעיים	● זרמי ערבולת
● בדיקות בורוסקופיות מתקדמות	● נוזלים חוזרים
● בדיקות פל קל ותשתיות	● חלקיקים מגנטיים
● ייעוץ וגיבוי רמה III	● פליטה אקוסטית

## גבי שואף בע"מ - בדיקות לא הורסות ופיקוח איכות

מעבדות ראשיות: משמר השבעה טל' 03-9605559. פקס, 03-9604160. [www.gabishoef.co.il](http://www.gabishoef.co.il)  
מעבדת צפון: חיפה טל' 04-8214826. מעבדת דרום: באר שבע טל' 08-6278465  
מעבדות גבי שואף בע"מ מוסמכות ומאושרות ע"י משרד התעשייה והמסחר



כבכל שיטות האל-הרס, גם לרדיוגרפיה יש מספר חסרונות. החסרון הבולט ביותר הינו המורכבות היחסית של השיטה, אשר דורשת ציוד מיוחד ויקר ומפעילים מיומנים. כמו כן, השיטה מחייבת הקפדה על כל כללי בטיחות הקרינה וזאת כדי למנוע חשיפה אפשרית של המפעיל לקרינה.



תמונה מס' 5: החציץ הנבדק, נראה ללא נזק לליבת הכוורת.

### סיכום

בין שיטות האל-הרס השונות בהם נעשה שימוש לצורך הערכת נזקים במבנים של מל"טים עשויים מחומרים מרוכבים, התגלתה הרדיוגרפיה בזמן אמת כשיטה ורסטילית וחשובה, המאפשרת איתור מגוון פגמים ונזקים רחב מאוד, תוך השקעה קטנה יחסית בזמן ובמשאבים.

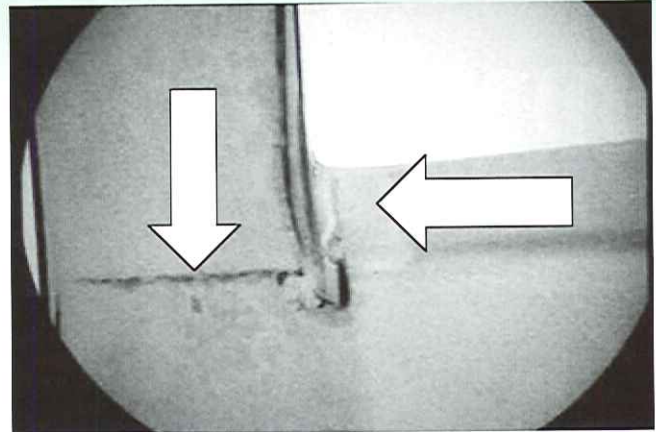
קביעת נתוני הצילום התגלתה כבעייתית במיוחד, לאור הצרופים השונים בין חומרים שונים, והשינויים בגאומטריה. השימוש בשיטה זו אפשר לתחום הנדסה ביחידת האחזקה האווירית לאתר נזקים ולוונטים ברכיבי מבנה במל"טים פגועים ולהחזירם לשרות, תוך כדי יישום השיטה על חומרים בהם טרם בוצעו בדיקות רדיוגרפיות בח"א.

### פעילות עתידית

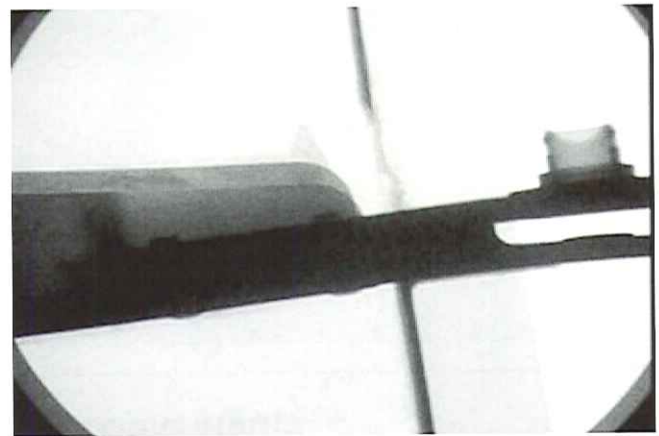
הכוונה להמשיך ולפתח יישום רדיוגרפיה כשיטת בדיקה של מבני כלי טיס בלתי מאוישים עשויים מחומרים מרוכבים. במשך השנה תבוצע אבולוציה לבחינת שימוש נרחב יותר של מכשור XRAY נייד לאפליקציה זו. כמו כן מתוכנן לבחון יישום שיטות אל-הרס נוספות לאיתור פגמים ונזקים במל"טים עשויים מחומרים מרוכבים, עם דגש על שיטות אקוסטיות (סוניות ואולטראסוניות).

### מקורות:

- [1] Claudio Rodberg, Vadim Leiderman & Shimon Buchnik - "Crash-Damaged Aircraft Repair Methodology" - proceedings of the Israeli Conference on Aerospace Sciences, February 2001.
- [2] ASM Handbook, Volume 17 - Nondestructive Evaluation and Quality Control, ASM International, September 1989.
- [3] foXray II Imaging System Operator Manual - Vidisco Inc. (Hebrew)

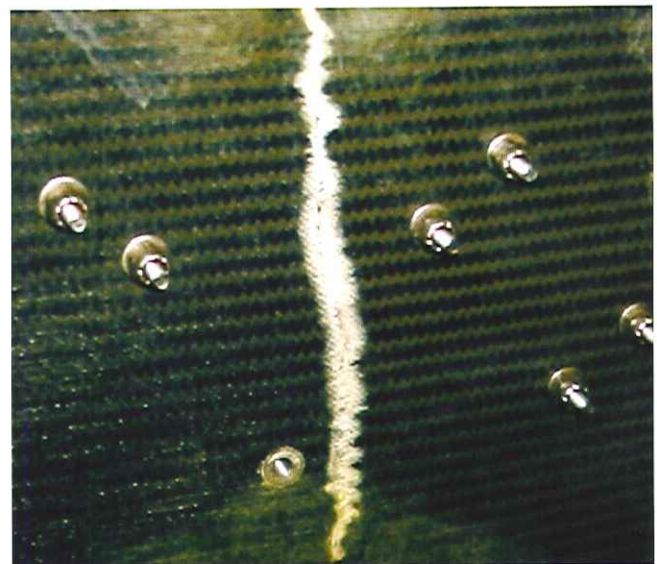


תמונה מס' 2: סדקים בקלקר ובפוליאורטן מוקצף



תמונה מס' 3: פגיעה חוזרת במעטה ומעיכת מילוי קלקר

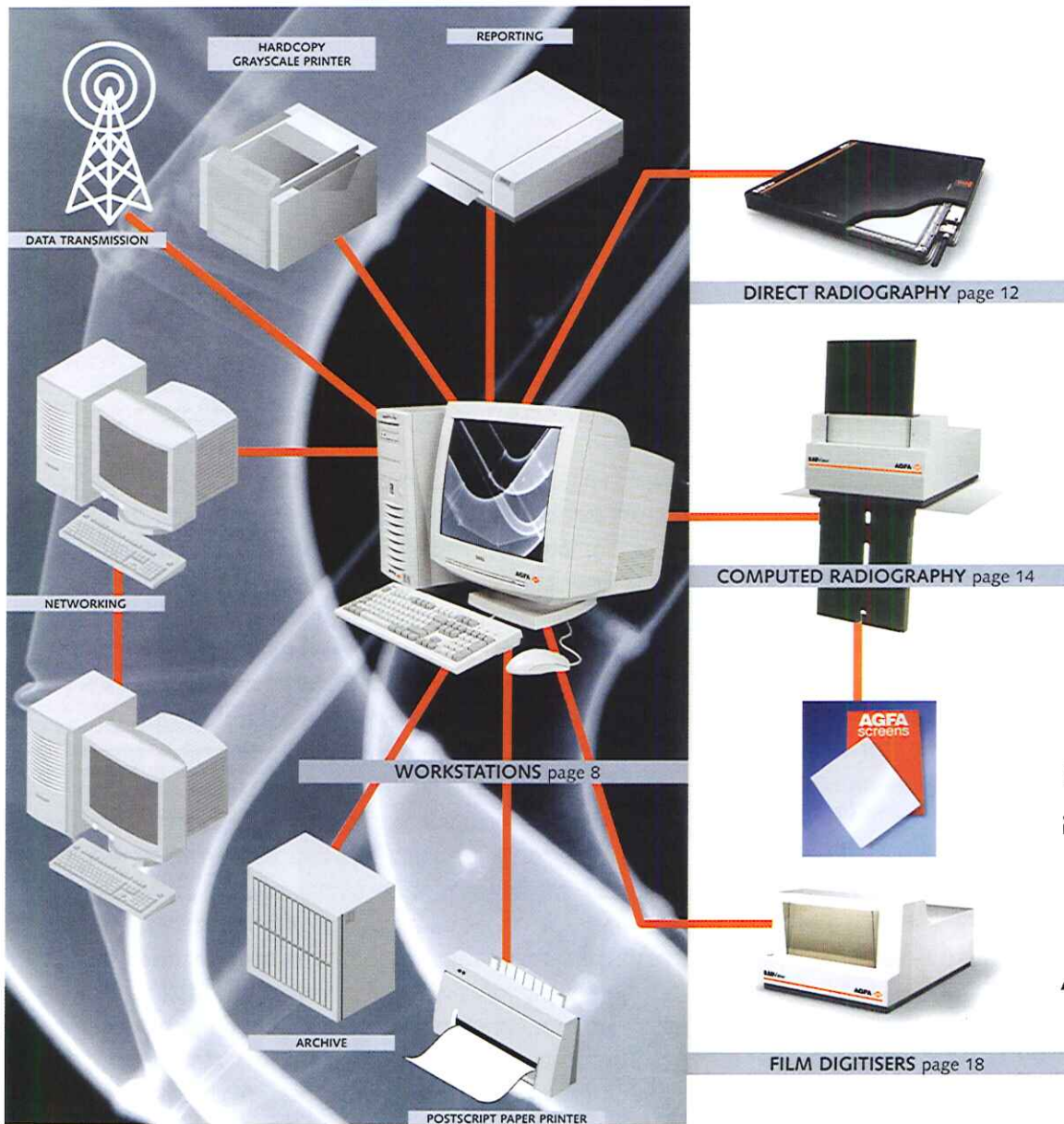
הייתה חשיבות רבה לקבוע, האם נפגע מבנה הכוורת שמתחת למעטה הפגוע. הדרך היחידה לבדוק את החציץ הייתה בבדיקה רדיוגרפית. ובצילום נראה באופן ברור שמבנה הכוורת לא נפגע, הדבר אפשר תיקון פשוט יחסית של המעטה בלבד.



תמונה מס' 4: סדק אופייני לנזקי התרסקות במעטה של חציץ גרפיט/אפוקסי - מבנה כוורת במל"ט.

# AGFA DIGITAL SYSTEMS

## TAKING YOU INTO 21ST CENTURY



מערכת הרדיוגרפיה הדיגיטלית החדשה של אגפא הינה טכנולוגיה מתקדמת ביותר, אמינה, חסכונית ומדוייקת. טכנולוגיה ממוחשבת זו מתפשטת בהדרגה ברחבי העולם ומחליפה את טכנולוגית העבר (מכונות פיתוח, סרטי צילום וכימיקלים).

בשיטה זו הטכנולוגיה מותאמת לצרכי הלקוח. כלומר בחירת תחנה מסוימת ואופן השימוש בה לצורך ביצוע, אבחון ובדיקה בלתי הרסנית, הרדיוגרפיה הדיגיטלית משתנה לפי דרישות מיוחדות של הלקוח, רגישות ואיכות התמונה, תנאי החשיפה, מהירות, כמות העבודה וכדומה.

**GETTER**  
PHOTO

לפרטים והזמנות 03-5761665  
גטר פוטו - נציגה בלעדית בישראל

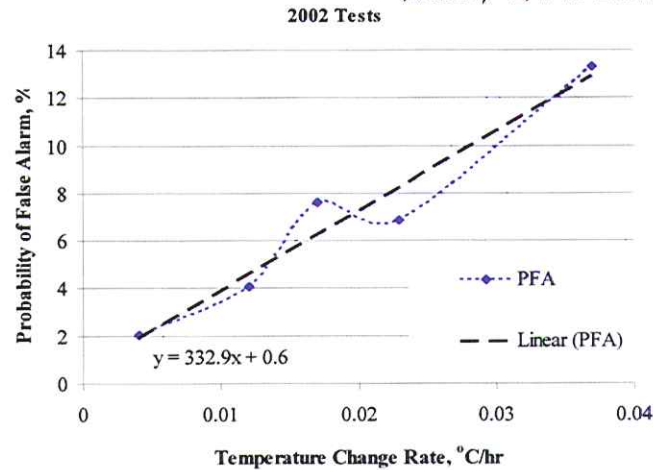
A WORLDWIDE RESPONSE

**AGFA** Agfa

# ניטור בדיקות לגילוי דליפות במיכלי וצנרת דלק

ד"ר חיים מיכלין\*, ד"ר אריה פיטינגר\*\*

ציור 1. תלות ההסתברות של אזעקת שוא בסטיית התקן של קצב שינוי הטמפרטורה (בדיקות 2002)



ו-4.1% ב-2003. רמת ה-PFA ב-2002 הייתה 4.3% בממוצע לעומת הסף המותר של 5%, אך עלתה עליו עבור חלק מסוגי הדלק, ונמצאה תלות חזקה (מקדם הקורלציה 0.97) בין ה-PFA וקצב השתנותה של טמפרטורת הדלק (ציור). לאור החריגות האלה הוצע לחברה להאריך את פסק-הזמן בין מילוי המיכל וראשית המדידה, ובכך להאיט את קצב השתנותה של הטמפרטורה ולמתן תופעות אחרות הקשורות להתייצבות מצבו של המיכל לאחר המילוי. כן הוצע להאריך את משך הבדיקות. בעקבות יישום של שינויים אלה ב-2003 נתקבלו התוצאות המובאות בטבלה. קצב השתנותה של הטמפרטורה הופחת בממוצע פי שלוש, וה-PFA הופחתה במידה משמעותית עבור כל סוגי הדלק ותואמת את הדרישות, למעט במיכלים מעל 100 מ"ק - שמשך הבדיקה, כפי שהתברר, היה קצר מדי עבורם. ללא קבוצה זו, ה-PFA היתה 0.2%, ממצא המעיד על איכותן הגבוהה של הבדיקות. הניסיון הוכיח שנוהל הניטור הנדון מאפשר לקיים בדיקות באיכות גבוהה ולקבל מידע על מצבה של אוכלוסיית מיכלי הדלק בישראל.



ד"ר אריה פיטינגר



ד"ר חיים מיכלין

מכלי הדלק התת-קרקעיים לאחסנת דלק הממוקמים בתחנות דלק, במפעלים, בבסיסי הצבא ועוד, הם אחד המקורות הראשונים במעלה לזיהום הקרקע ומי-התהום.

מספרם של מיכלים אלה בישראל מגיע לאלפים, חלקם נגוע בקורוזיה וסובל מבעיות אחרות המאפשרות דליפה של תכולתם. השיטה המקובלת בארץ לבדיקתם לאטימות מבוססת על זו שפותחה על-ידי הסוכנות להגנת הסביבה (Environmental Protection Agency-EPA) בארצות הברית, והציוד המשמש למטרה זו עובר בדיקות-דיוק על-ידי חברות שהוסמכו לכך על פי תקני הסוכנות הני"ל. דיוק זה מבוטא באמצעות ההסתברויות של גילוי סף דליפה נתון (380 מ"ל לשעה) ושל אזעקת שווא על דליפה שלא אירעה (POD ו-PFA בהתאמה). מאחר ובתנאי העבודה עלול להיות שונה מזה הנצפה בניסויים התקניים, נדרש מעקב תקופתי אחר סף הגילוי, והסתבר שמעקב זה מחייב מדידות בהיקף נרחב בתנאי העבודה וכרוך בהוצאות עצומות.

בישראל פותח ומופעל נוהל ניטור לפיו החברות הבודקות מעבירות מדי חודש, באמצעות הדואר האלקטרוני, דו"חות קצרים על בדיקותיהן למשרד לאיכות הסביבה. פורמט הדו"ח - שורה אחת של Excel לכל מיכל או צינור-חיבור, השורה כוללת את מספרה המזהה של הבדיקה; תאריך הבדיקה ושעת הבדיקה; אופי הבדיקה (ראשונית או חוזרת); מספר המיכל; נפחו ואחוז מילוי; סוג הדלק; טמפרטורת הדלק ושינוייה במהלך הבדיקה; משך הבדיקה; תוצאת-הבדיקה המספרית ומסקנה סופית (המיכל תקין או לא).

מטרתו של הנוהל הן: (א) בחינה תקופתית של תאימות ה-POD וה-PFA של הציוד הנדון לדרישות הסוכנות להגנת הסביבה; (ב) הערכת מצבה של אוכלוסיית המיכלים האלה בישראל בכללותה. יתר על כן, הוא מספק נתונים על תנאי הפעלתו של הציוד, מאפשר לקבוע את השפעותיהם של גורמים מסוימים על הדיוק, ולהציע את התחום המותר להשפעות אלה.

כדוגמה ניתן להביא תוצאות מסוימות של פעילות הניטור של חברת ג. שואף בע"מ. שיעור המיכלים הפסולים היה לפיה 3.5% בשנת 2002

טבלה 1: פרמטרים סטטיסטיים של הדליפות הנמדדות לפי סוגי הדלקים (בדיקות 2003).

2003	Leak Parameters According to Type of Fuel						Total	Total
	95	96	98	Jet Fuel <=100 m <sup>3</sup>	Jet Fuel >100 m <sup>3</sup>	Solar		
Fuel								
Number of tests	123	89	46	24	23	158	440	463
$P_{fa}$ , %	0.9	1.1	0.0	1.0	8.2	0.0	0.2	3.0
$\Delta T$ , °C/hr	0.006	0.004	0.006	0.002	0.003	0.004		0.005
Standard deviation								

\* אבטחת איכות ואמינות, הטכניון.

\*\* ממונה על מניעת זיהום מים מדלקים, המשרד לאיכות הסביבה.

# ר.ב.מ. בע"מ

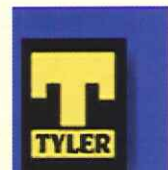
## בקרה ומיכון

### R.B.M. Ltd CONTROL & MECHANIZATION

ציוד מעבדתי ונייד לבקרת תהליכים וחומרים  
ומיכשור בקרה לתעשייה:  
ייעוץ, ייבוא, התקנה, שירות ותמיכה טכנית

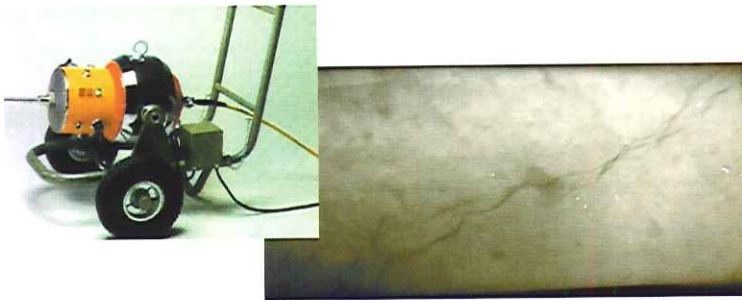


- מכשירים ניידים ומעבדתיים לאנאליזת מתכות בשיטות: XRF וספקטרומטריה.
- ציוד לניבוי כשל במתכות וחומרים קרמיים מבוסס Barkhausen noise ו- X-ray.
- אנאלייזרים לפחמן, גופרית, חמצן, חנקן ומימן במתכות, מחצבים, מינרלים ועוד...
- אביזרים ומכשירים מעבדתיים וניידים: למדידה, ניטור ובקרה של pH, מוליכות, יונים, לחץ, טמפרטורה, זרימת אויר, Data Loggers, תצוגות ועוד...
- ציוד נייד ממוחשב לבדיקות פרמטרים שונים של איכות-הסביבה.
- מדי קושי.
- וויסקומטרים מעבדתיים ו- Online.
- משאבות ובקרים ל-HPLC.
- משאבות מסוגים שונים, גם לחומצות ובסיסים.
- פרובים לדגימות גזים, אבקות ומוצקים.
- מכשירי אנאליזה לגזים, גם לגזים רעילים.
- מאזניים ומשקלות.
- ציוד הרעדה וניפוי.
- TGA (Thermogravimetric Analyzers) מתמרי אות (כולל מוגני פיצוץ).
- תאי כוח (Load Cell) ו- Data Acquisition.
- ג'לים לאולטראסאונד (תעשייתי).
- ציוד מעבדתי ונייד לבדיקות אל-הרס בחומרי בנייה.
- שירותי מעבדה.



דואר: ת.ד. 3008, הוד-השרון 45241  
[www.rbmltd.co.il](http://www.rbmltd.co.il)  
[rbmltd@rbmltd.co.il](mailto:rbmltd@rbmltd.co.il)

משרדים: עתיר-ידע 21, כפר-סבא 44643  
טלפון: 09-7674431  
פקס: 09-7676898



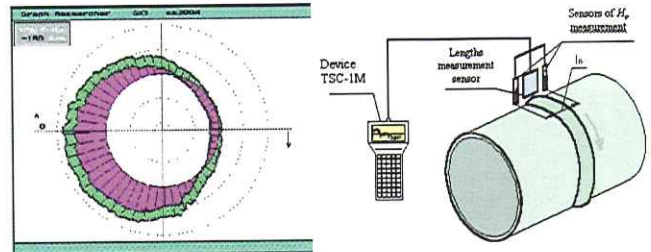
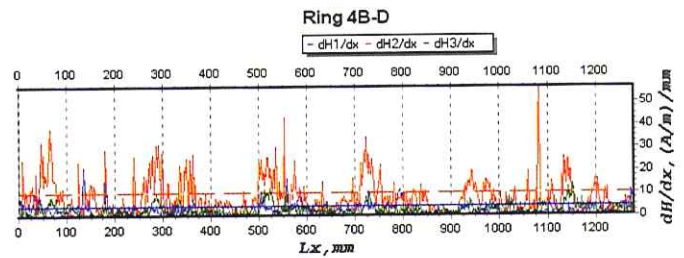
למעלה: צילום רדיוגרפי של בטון. ניתן לראות סדק גזירה. משמאל: מצודה של מקור קובלט 60

ענפי התשתיות והבניין פועלים בארץ על פי המסורת המקובלת, של ביצוע מספר מינימלי של בדיקות מקובלות, כגון בדיקת כלונסאות, הוצאת גלילים ובדיקת חוזקם ובדיקות אחרות, אשר מבוצעות במכון התקנים, איזוטופ בע"מ, איזוטסט וכיו. למרות שקיימות בארץ מעבדות בעלות ידע וציוד רב ומתקדם שיכול לשרת את ענף התשתיות והבניין, נעשה שימוש מועט ביכולות אלו, וזאת מהסיבות הבאות:

- עלות הבדיקות
- חוסר מודעות לתועלת מהן
- שמרנות של הקונסטרוקטורים

עלות הבדיקות הלא הורסות בתשתיות ובבנין עשויות להגיע ל-0.5%-1.0% מעלות הפרוייקט, אך המידע המתקבל עשוי לחסוך בחומר, בעבודה ובתיקונים חוזרים ולהעלות את רמת הבטיחות. נראה שמהנדסי הבניין צריכים להשתחרר משמרנותם ולהיפתח לחידושים הטכנולוגיים העומדים לרשותם.

בגיליון זה הצגנו את חלקו הראשון של המאמר, חלקו השני יפורסם בגיליון הבא.



בדיקת זיכרון מגנט, י אופן הבדיקה ושיטות תצוגה

### צילומים רדיוגרפיים

צילומים הנותנים תמונה נגיבית בדומה לצילום רנטגן של מבנה הבטון וברזלי הזיון, חישוקים, סדקים, דלמינציות, סגרגציות ועוד. הצילומים נעשים עם מקורות רדיואקטיביים כגון האיזוטופ  $Ir^{192}$  לעובי של עד 20 ס"מ בטון ובאיזוטופ  $Co^{60}$  בעובי של עד 50 ס"מ בטון. באנרגיות גבוהות יותר של עד 10MEV, ניתן לחדור עד 1.5 מטר בטון. ניתן לשקף עמודי גשרים, מנשאים של גשרים, צנרת מתכתית מבלי לרוקן אותה מנוזלים, לבצע עיקור מקומות מזוהמים בשפכים וכדומה.

### סיכום

תוכנית אירופאית הנקראת EU Smartrad עוסקת בפיתוח תוכנה מיוחדת שתספק תוצאות ואינטרפרטציה משופרות המבוססות על שילוב שיטות הבדיקה השונות.

## 16<sup>th</sup> wcnndt



# הכנס הבינלאומי לבדיקות לא הורסות במונטריאול - קנדה

לנרשמים הזכות להשתתף בטקסים של פתיחת הכנס וסיומו, בכל ההרצאות, הפגישות, הכיבודים, קבלת חומר הכנס ומתנות. המתלווים יוכלו להשתתף בטקסי פתיחה וסיום, בנסיעה לטיולים במונטריאול ובקבלת מתנות.

פניות להרשמה:

C/O Events International Meeting Planners  
759 Victoria Square, Suite 300, Montreal, Quebec, CANADA H2Y 2J7  
Tel: (514) 286-0855, Fax (514) 286-6066  
E-mail: wcnndt2004@eventsintl.com, www.wcnndt2004.com

העמותה הישראלית הלאומית לבדיקות לא הורסות שוקלת פניה למזכירות הכנס לבקשת מחיר השתתפות מיוחד, דבר שניתן לעשות במידה והיו מספיק משתתפים. המעוניינים להשתתף בכנס, נא לפנות למזכירות העמותה לפי הכתובת: ת.ד. 73, אזור, טל. 03-9605559, פקס. 03-9604160. israndt@netvision.net.il

החל מ-30 לאוגוסט ועד ל-3 ספטמבר 2004 יתקיים במונטריאול קנדה הכנס ה-16 הבינלאומי לבדיקות לא הורסות. מארגן הכנס הינו המכון הקנדי לבדיקות לא הורסות. הנושאים בהם ידונו בכנס יכללו את התחומים הבאים: תעופה וחלל, רכב, תעשיית הפלדה, אומנות וארכיטקטורה, נפט וגז, מבני פלדה ואלומיניום, בניה, צנרת, כימיה, פטרוכימיה, תחנות כח, תעשיות גרעיניות ועוד.

בכנס יתקיימו דיונים והרצאות בכל שיטות הבדיקה ובכלל זה פליטה אקוסטית, ביקורת ויזואלית, זרמי ערבולת, בדיקות תרמוגרפיות, אולטרסוניות, נוזלים חודרים, רדיוגרפיה, יישום מחשבים ופיקוח, גלים מיקרוניים, הדרכה הסמכה ותקינה.

מחירי ההרשמה (ב-):

מחיר הרשמה	המשתתפים
725	משתתף
325	סטודנט
175	מתלווה





# מגוון רחב של מכשירי ביקורת ומדידה לבדיקות אל הרס

## מד עובי דופן מגנטי, סדרה MiniTest FH



\* המדידה מתבצעת באמצעות גשש מגנטי וכדורית פלדה שנמצאת מצדו הפנימי של המוצר שנבדק.  
\* מתאים לכל החומרים הלא מגנטיים כמו מתכות אל ברזיליות, פלסטיק, זכוכית, חומרים קרמיים וכו'.  
\* ניתן למדוד את עובי הדופן בצורה רציפה באמצעות החלקת הגשש או המוצר לאורך הפרופיל הנמדד.  
\* פתרון אידיאלי לחלקים שהגישה אליהם קשה כמו בקבוקים, חומרים קרמיים צינורות פחיות וכו'.



## ElektroPhysik

חברה גרמנית עם 50 שנות מוניטין בייצור מכשירי מדידה

## מדי עובי ציפוי וצבע דיגיטליים סדרה MiniTest 1100-4100



\* מדי עובי ציפוי עם גששים מתחלפים למדידת ציפויים על מתכות ברזליות ואל-ברזליות.  
\* מעל 20 גששים שונים לאפליקציות שונות ניתנים לחיבור. בין היתר קיימים גששים למקומות צרים וקשים לגישה, גששים לצינורות, גששים לטווחים גדולים, גששים לטמפרטורות גבוהות וכו'.  
\* אפשרות לבדיקה רציפה של עובי הציפוי.

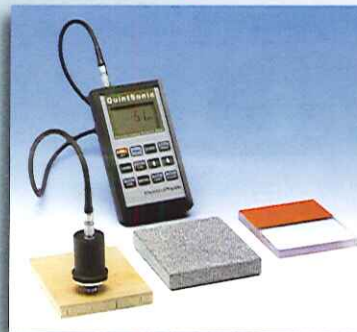
## מד עובי ציפוי וצבע דיגיטלי, דגם eXacto

**!032M**



הדור הבא של מכשירים לבדיקת עובי ציפוי וצבע המבצע את הבדיקה בצורה מהירה ומדויקת ביותר. בעל ניתוח סטטיסטי, סט כיוול פנימי ויציאת אינפרא אדום להעברת נתונים בצורה הטובה והמהירה ביותר למחשב או למדפסת.  
קיימים דגמים עם גשש אינטגרלי פנימי או גשש חיצוני המחובר באמצעות כבל למכשיר.

## מד עובי אולטרא-סוני רב שכבתי דיגיטלי דגם QuintSonic



\* מכשיר ייחודי שמאפשר מדידת ציפויים חד רב-שכבתיים כמו צבע, פלסטיק, אמייל, לכה וכו' על עץ, פלסטיק, זכוכית, חומרים קרמיים מתכות וכו'. כמו כן מאפשר המכשיר מדידת ציפויים פולימרים על בסיס מתכת.  
\* מדידת ציפויים רב-שכבתיים עד 3 שכבות בתהליך מדידה אחד.  
\* בנוסף מאפשר המכשיר בדיקת עובי דופן חומר הבסיס הנבדק.  
\* המכשיר מאפשר מדידה של עד 3 שכבות בו זמנית.

## מגוון רחב של בורוסקופים, אינדאוסקופים ווידאוסקופים קשיחים וגמישים



מכשירים איכותיים המאפשרים מגוון רחב של בדיקות אל הרס אופטיות לבדיקת חללים נסתרים שהגישה אליהם קשה כמו צנרת, מנגנונים מכניים, מכלים, בוכנות רכב וכו'.



## מד עובי דופן אולטרא-סוני דיגיטלי דגם TT300 תוצרת חברת TIME GROUP

**!032M**

\* למדידת עובי דופן של מתכות ואל מתכות כמו: פלדה, אלומיניום, טיטאניום, פלסטיק, חומרים קרמיים, זכוכית וכו'.



\* כולל Datalogger פנימי לשמירת 500 מדידות בעד 5 קבצים שונים.  
\* רזולוציה: 0.01/0.1 מ"מ.

\* ממשק RS232 לחיבור למדפסת או מחשב.  
\* אופציה לגששים נוספים למותאמים לטמפרטורות גבוהות, חלקים בעלי קוטר קטן ועוד.



**שמח איתנו להצגים ולפגישות בציווה מצוינה שגיור**

המרכבה 19 ת.ד. 1730, א.ת. חולון 58117, טל. 03-5599222, פקס. 03-5598777

E-mail: office@streng.co.il

# בדיקות דליפה לא הורסות מחללים אטומים - שיקולים תיאורטיים ומעשיים



טלי בר-כהני  
אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

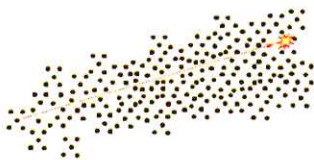
עיקריים. האבחנה מתבצעת באמצעות מספר Knudsen. מספר Kn מייצג את היחס בין המהלך החופשי הממוצע ( $\lambda$ ) בין מולקולות הגז ובין מימד האורך האופייני של התעלה בה זורם הגז (1).

$$(1) \quad Kn \equiv \frac{\lambda}{a} \quad \lambda - \text{mean free path}; a - \text{characteristic length, perpendicular to the flow}$$

$$(1) \quad \lambda = \frac{1}{\sqrt{2} \pi \sigma^2 \cdot n} = \frac{k_B \cdot T}{\sqrt{2} \pi \sigma^2 \cdot p} \quad n - \text{no. of molecules per unit volume}; \sigma - \text{diameter of a molecule};$$

$$k_B = \frac{\bar{R}}{N_A} = 1.38 \cdot 10^{-23} [J / K] = 1.38 \cdot 10^{-16} [erg / K] \quad k_B - \text{Boltzmann constant}$$

בזרימה מולקולרית (איור 1) מתקיימת בלחצים נמוכים, ובה המהלך החופשי הממוצע של המולקולות גדול ביחס למימד האופייני של התעלה (White 1991, Dushman 1962) ( $Kn \geq 1$ ).



איור 1: זרימה מולקולרית

בזרימה למינרית (איור 2) המהלך החופשי הממוצע של המולקולות קטן ביחס למימד האופייני של התעלה ( $Kn \sim 0.01$ ), כך שההתנגשויות הבין-מולקולריות מתרחשות בתדירות גבוהה יותר מאשר התנגשויות בין המולקולות ובין דפנות התעלה. לפיכך, תכונות הזורם לא משתנות במידה ניכרת לאורך מהלך חופשי ממוצע אחד, כך שניתן להתייחס לגז כאל תווך רציף בעל תכונות ממוצעות (Dushman 1962). זרימה למינרית מתוארת בזרימה צמיגה מסודרת שכבתית, בה מחליקות שכבות הזורם זו על-גבי זו. בזרימה בצינור, מספר Reynolds לא עולה על 2400, בניגוד לזרימה טורבולנטית, המאופיינת באמצעות ערבולים ומספרי Re גבוהים (Shames, 1982). (ראה איור 2)

$$Re \equiv \frac{U \cdot 2a}{\nu} \quad U - \text{Velocity}; a - \text{radius of the cylindrical path}; \nu - \text{kinematic viscosity}$$

לאחר שנקבע משטר הזרימה, ניתן לבצע המרה מדליפה נמדדת לדליפה אקוויוולנטית סטנדרטית. בזרימה מולקולרית במשקל  $(R_i < 10^{-7} \text{ atm-cc/s})$ , הדליפה הנמדדת קטנה עם העליה במשקל המולקולרי, היות שזה קורלטיבי לגודל המולקולה.

$$(4) \quad \frac{R_i}{L} = \sqrt{\frac{M_{Air}}{M}} \quad M_{Air} = 29 [\text{kg/kmol}], M_{He} = 4 [\text{kg/kmol}], \quad R_i - \text{leakage rates}$$

חלל אטום לחלוטין איננו בר-קיימא, היות שעל-פי האקסיומה הראשונה של Mordfin, כל חומר הוא בעל פגמים. אולם, פגמים אלו אינם הופכים את החומר לבלתי-שמיש, וזאת על-פי האקסיומה השנייה של Mordfin.

על מנת לוודא כי חלק כלשהו עונה על דרישות האטימות של המערכת, תחילה, יש להגדיר את דרישות האיטום של המערכת, ולבצע בדיקות דליפה (LT) כדי לוודא שאין חריגות מהדרישות שהוגדרו. בדיקות אלו עשויות למנוע זיהום סביבתי והפסדים כספיים.

יתרון של בדיקות דליפה לא-הורסות הוא בכך שהן מאפשרות לאשר את תקינותם של חלקים שיהיו בשימוש בפועל, מבלי לפגוע בהם. אולם, חסרונן הוא בכך שלרוב הן מורכבות ויקרות יותר.

## 1. סוגי דליפות

המחלקה לאנרגיה (DOE) מגדירה מספר סוגים של דליפה:

**דליפה סטנדרטית** - כמות האוויר היבש ב-25°C וב-1atm הזורמת לשניה דרך פתחים כלשהם, מלחץ של 760 mmHg (1atm) ללחץ של 1 mmHg (~0atm). כלומר, לא די בהפרש של 1atm אלא בלחצים אבסולוטים של 1atm ו-0atm.

**דליפה נמדדת ( $R_i$ )** - כמות החומר הזורם לשניה דרך פתחים כלשהם, מאריזה ובתנאים כלשהם.

לצורך השוואה בין דליפות מדודות שונות, יש להמיר את הדליפות הנמדדות לדליפות סטנדרטיות אקוויוולנטיות.

**דליפה אקוויוולנטית סטנדרטית (L)** - שיעור הדליפה מאריזה מסויימת, שהיה מתקיים תחת תנאים סטנדרטיים.

## 2. משטרי זרימה

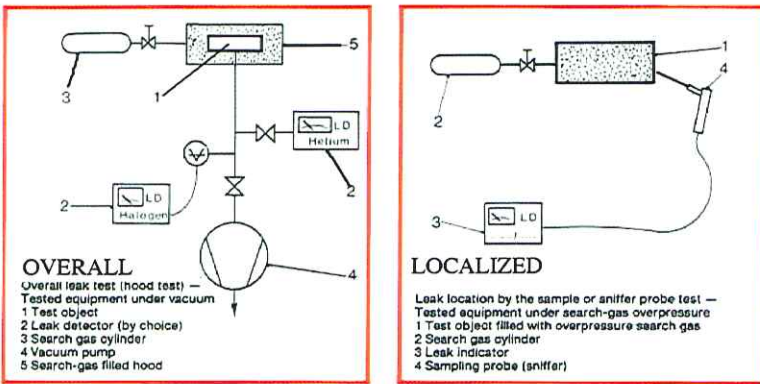
על-מנת לבצע המרה בין דליפה נמדדת לדליפה אקוויוולנטית סטנדרטית, יש לקבוע את משטר הזרימה. נבחין בין 2 משטרי זרימה

silicon). הגזים המתאימים ביותר (לפי סדר ההתאמה) הם:  $N_2O$ ,  $SF_6$ ,  $OCS$ ,  $HCl$  and  $H_2S$  (המתאים ביותר  $N_2O$ ), אולם רק  $N_2O$  ו- $SF_6$  הם אינם רעילים.

השיטות הללו מוגבלות על-ידי גלאי הדליפה, כך שאם יש צורך לבצע בדיקת דליפה ברגישות גבוהה מרגישותו של הגלאי, יש צורך להתאים אותן לדרישות המחמירות יותר. ניתן לבצע צבירה הן בשיטת לחץ-היתר והן בשיטת ה-FTIR.

#### 4. גלאים

בביצוע בדיקת דליפה יש להתאים את גלאי הדליפה לסוג השיטה. כמו כן, יש להגדיר האם יש חשיבות למיקום הדליפה או רק לשיעור הדליפה הכולל. איור 4 מציג באופן סכמטי מערכת לגילוי בדיקה כוללת (overall) ומערכת לגילוי דליפה מקומית (localized-sniffer).



איור 3: גלאי דליפה מקומית וגלאי דליפה כוללת (Leibold-Heraeus GMBH)

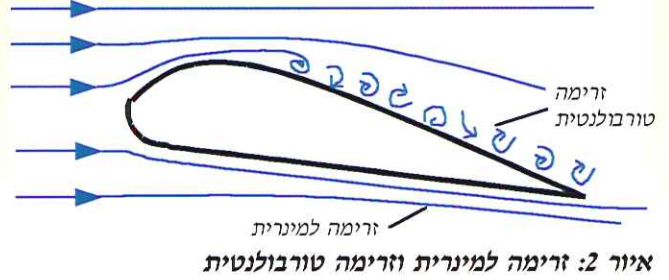
בשימוש ברחרחן, sniffer, יש להביא בחשבון את מגבלותיו:

- מרחקו של הרחרחן מהאריזה הנבדקת, זווית ההפעלה שלו וזרמי האוויר בקרבת האריזה הם גורמים המשפיעים על תוצאת הבדיקה. לפיכך, בדיקה באמצעות רחרחן איננה בדיקה אבסולוטית, היות שהיא תלויה במפעיל ובסביבת הבדיקה.
- אוויר אטמוספרי מכיל  $He$   $7 \cdot 10^{-5}\%$  (משקלי או נפחי), כך שרגישות הרחרחן אינה יכולה לעלות על  $7 \cdot 10^{-5}\%$  std-cc/s. לפיכך, אין לאחסן אריזות דולפות בתא בו קיים סחרור של אוויר חוזר (כגון מיזוג).

לסיכום, יש לחזור ולומר, כי אין בנמצא חותם אטום לחלוטין. אולם, קיומה של דליפה לא בהכרח פוגם בתקינותה של המערכת. יש להגדיר את רמת הדליפה המותרת, ובהתאם לכך לבצע בדיקות לגילוי דליפות עדינות וגסות עם תחום חפיפה ביניהן. יש להתאים את הגלאים ואת שיטות הבדיקה לשיעור הדליפה הנבדק, בהתאם למגבלות שלהם. ■

#### 5. רשימת סימוכין

1. A. Stern and T. Bar-Kohan (2002), "Thoria-Urania Nuclear Fuel Manufacturing and NDE of Blanket Fuel Rods", Report Prepared for Israel Atomic Energy Commission.
2. I. Shai, Y. Weiss and E. David, NRCN, Private communication.
3. F.M. White, *Viscous fluid Flow*, McGraw-Hill, 1991.
4. I.H. Shames, *Mechanics of Fluid*, McGraw-Hill, 1982.
5. S. Dushman, *Scientific foundations of vacuum technique*; revised by members of the research staff, General Electric Research Laboratory; J.M. Lafferty, editor, 1962.



עבור זרימה למינרית ( $R_L < 10^{-3}$  atm-cc/s):

$$(5) \frac{R_L}{L} = \sqrt{\frac{\mu_{Air}}{\mu}} \quad \mu - \text{dynamic viscosity}$$

#### טבלה 1: מקדמי המרה עבור גזים ומשטרי זרימה שונים

$R_L / L$	R-12	Air	Ar	He	H2
Molecular flow	0.49	1	1.27	2.69	3.81
Laminar flow at 20°C	0.68	0.93	0.90	1.14	0.25

#### 3. שיטות לבדיקות דליפה

במהלך השנים פותחו שיטות רבות למדידת הדליפה. שיטות אלו נחלקות למספר קטגוריות. אנו מסווגלים לגלות באמצעות אוזנו דליפות מסדר גודל של  $10^{-1}$  atm-cc/s או גדולות מזה. חשוב לדעת כי יש לבצע בדיקות הן לדליפה עדינה והן לדליפה גסה, עם תחומי חפיפה בין הדליפות.

ישנן שתי שיטות עיקריות למדידת דליפה עדינה:

- **Vacuum Method** - בשיטה זו יוצרים ואקום באריזה הנבדקת ואחר-כך מרססים עליו את גז החיפוש, שהוא גז אינרטי, ומקובל להשתמש ב- $Fr$ ,  $He$ ,  $Kr$ , או  $Fr$ . גז החיפוש נכנס דרך סדקים כלשהם לתוך המתקן ומתגלה באמצעות גלאי, כגון ספקטרומטר המחובר למיכל.
- **Overpressure Method** - בשיטה זו ממלאים את האריזה הנבדקת בגז חיפוש בלחץ מסויים לזמן מסויים (Exposure time, Exposure pressure), וזה מתגלה כאשר הוא יוצא מהאריזה, או באמצעות גלאי כללי או באמצעות sniffer.

רגישותן של השיטות שהוצגו לעיל נקבעת על-פי רגישותו של הספקטרומטר ( $10^{-11}$  atm-cc/s).

בשיטה הבאה הדליפה לא נמדדת, אלא מתקבלת כתוצאה מהמרה של אות IR. לרוב, משתמשים בשיטה זו במדע הביולוגיה, אולם Nese et al. הראו כי ניתן לעשות בה שימוש גם בבדיקות דליפה.

- **Fourier Transform Infrared spectroscopy - FTIR** (Nese 1995) - בשיטה זו מודדים בליעה של אורכי-גל של אור אינפרא-אדום (IR). מידת הבליעה מעידה על ריכוזו של הגז בחלל הנבדק. רגישותה של השיטה דומה לרגישותן של שתי השיטות שהוצגו לעיל ( $10^{-11}$  atm-cc/s).

חסרונותיה העיקריים של השיטה הם:

- האריזה הנבדקת צריכה להיות שקופה לקרינת IR.
- הבדיקה עלולה להיות מושפעת מגיאומטריית האריזה עקב השתקפויות פנימיות.
- הגז הנמצא באריזה צריך להיות בעל "קווי בליעה" (absorption lines) בתחום המתאים לספקטרום של האריזה (לרוב, צורן

# ISONIC 2001

## Smallest Size and Lightest Weight Ultrasonic Testing and Imaging Unit in the World

- A-,B-,C-,D-Scan and TOFD
- Mechanics-Free
- Weld Inspection
- Corrosion Mapping
- Inspection of Composites
- Mapping of Coatings
- Guided Waves Long Range Inspection and Imaging of Large Inaccessible Areas
- 3-D Data Presentation
- Comprehensive Postprocessing and Inspection Report
- Battery Operation



**Sonotron NDT**

The Original Designer and Manufacturer of the Smart Inspection and Imaging Equipment  
4, Pekeris Str., Rabin Science Park, Rehovot, 76702, Israel  
Phone: ++972-(0)89311000 Fax: ++972-(0)8-9477712

A number of smart inspection systems in one portable unit

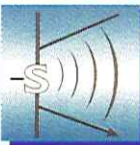
# **Krautkramer** *Ultrasonic Systems*



Represented in Israel by

**Sonotron NDT**

4, Pekeris Str., Rabin Science Park, Rehovot, 76702, Israel  
Phone: ++972-(0)89311000 Fax: ++972-(0)8-9477712





דוגמה לקטע צינור ניבדק

לשם ביצוע בדיקת הפגמים המלאכותיים השתמשו בשיטות הרדיוגרפיה הבאות:

1. בשיטה הקונבנציונאלית - על גבי סרט צילום נבחר הצילוד הקונבנציונאלי לבדיקות מסוג זה:

- א. מקור רנטגן מסוג: Pantak 160 kV CP Tube with 3.0 mm Focal spot.
- ב. בשיטת דופן אחת (Single wall) 5 מבטים 150kV, 19mA, זמן חשיפה 55 שניות מרחק מהמקור כ-60".
- ג. בשיטת דופן כפולה (Double Wall) 2 מבטים (90°&90°), 140kV, 19mA, זמן חשיפה 80 שניות, מרחק מהמקור 60".
- ד. שימוש בפילם מסוג Kodak MX125 ו-Kodak M100.
- ה. כל חלק שוקף כ 3 פעמים על ידי כל משתמש כלומר 12 הזדמנויות לגלות כל פגם.
- ו. דרישת האיכות IT הושגה באופן חלקי בלבד. סה"כ שוקפו כ-1440 סרטי צילום.

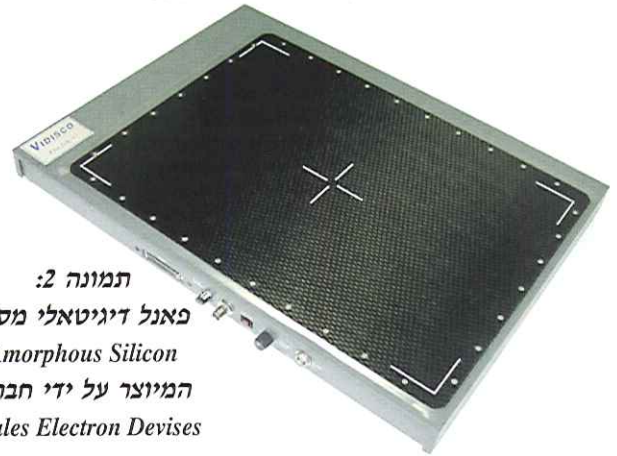
2. Real Time Image intensifier NAI 9"

- א. מקור מסוג Pantak 225 kV microfocus tube.
- ב. הגדלה פי 6 (14 מבטים לכל ריתוך).
- ג. 180Kv, 3mA.



Inconel Ducting: Class A welds (100% inspection required) Controlling Specification BAC5975. Single-wall exposure setup.

פאנל מסוג Amorphous Silicon (ראה תמונה 2) הנו בעל תחום דינאמי גבוה במיוחד הנע בין 12Bit-14Bit כלומר 16,384-4096 רמות אפור ורזולוציה של עד 4lp/mm כלומר פי 64 תחום דינמי ורזולוציה הגבוהה פי 10 מאשר מערכות מבוססות CCD!



תמונה 2:

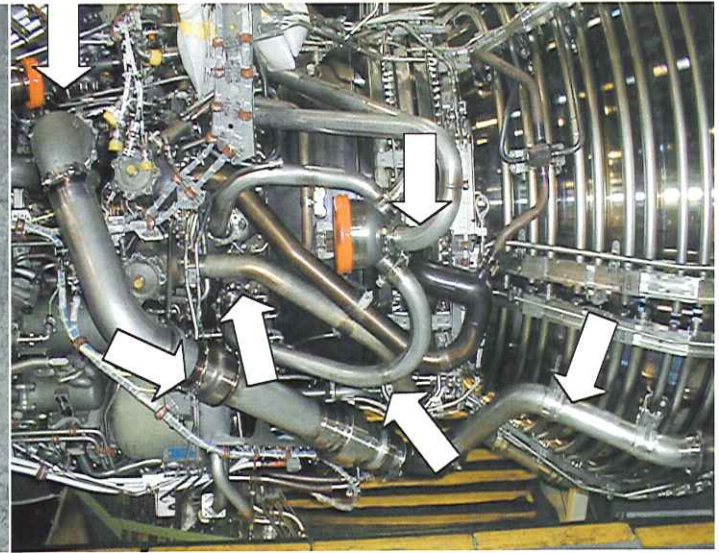
פאנל דיגיטאלי מסוג Amorphous Silicon המיוצר על ידי חברת Thales Electron Devices

לשם בירור ובחינת אמינות טכנולוגיית ה-DR לעומת סרטי הצילום הקונבנציונאליים בוצע מחקר בחסות חברת בואינג על ידי Bill Meade, בעל רמה 3 ומומחה לחומרים בחטיבת המטוסים המסחריים בחברת בואינג.

לשם ביצוע המחקר נבחר צינור מורכב המצוי במנוע סילון, בצינור שישה אזורים קריטיים הדורשים בדיקה רדיוגרפית לזיהוי פגמים. לשם הדמיית הפגמים הוכנו פגמים מלאכותיים בריתוכי הצינור בעזרת EDM על מדגם של-20 צינורות. הצינור בקוטר 4 אינטש בעל עובי דופן 0.078 אינטש עשוי Inconel.

להלן נתוני הפגמים המלאכותיים:

- \* פגמים בשישה אורכים שונים "0.05", "0.010", "0.020", "0.040", "0.080", "0.160"
- \* ב-3 עומקים שונים "0.005", "0.010", "0.020"
- \* 4 פגמים לכל אורך נתון בכל נקודת ריתוך סה"כ כ-72 פגמים.



מקור: ASNT Digital Imaging Topical VI July 28, 2003. Bill Meade. Clay Kidwell. Greg Warren.

למרות תוצאות המחקר המוצגות על ידי בואינג קיימות מספר מגבלות בקונפיגורציה המוצגת במאמרו של Bill Meade לעבודה אמיתית מחוץ למעבדה (לעבודת שטח) והן:

1. שימוש במחשב שולחני עם כרטיס לוחד תמונה ייעודי.
2. שימוש בתוכנה חיצונית יקרה.
3. מרחק הפאנל (האובייקט) מהמחשב מוגבל באורכו (כ 9 מטר).
4. המערכת דורשת ספק כוח מיוחד גדול וכבד הדורש כניסת AC למערכת.

מכל האמור במחקר עולה שוב המסקנה כי בקונפיגורציה שתיארנו לא ניתן לעבוד בשטח עם מערכת כדוגמת זו שהוצגה. ולכן, האתגר שנתר לפיצוח הוא, כיצד להעביר טכנולוגיה זו, על כל יתרונותיה, אל השטח כלומר אל מחוץ למעבדות.

### פתרונות מבית וידיסקו

● חברת וידיסקו הציגה לראשונה בשנת 2001 פתרון כולל, אשר מאפשר שימוש ביתרונות הטכנולוגיה והעתקתה לעבודה בשטח ללא איבוד איכות התמונה או הרזולוציה.

בתצורה החדשה מופעלת המערכת על ידי מחשב נייד. עם יכולת של עבודה ממרחק, באמצעות כבל שאורכו בין חמישים למאה מטר או באמצעות תקשורת אלחוטית. ליד הפאנל הדיגיטלי מוצבת קופסא אלקטרונית אשר פותחה על ידי החברה, המאפשרת עבודה רצופה באמצעות סוללות למשך שעתיים עד חמש שעות.

כמו כן, מאפשרת התוכנה הגדלה של 800 אחוז ללא דיגיטיזציה, Window Leveling להבחנה בין רמות האפור, מסד נתונים חכם המאפשר לה שמירה וניהול של אלפי תמונות ועוד. ולראשונה בעולם מערכת ניידת המסוגלת לבצע Dual Energy המבחין בין חומרים אורגניים ללא אורגניים.

● לאחרונה ובשיתוף עם חברת Thales Electron Devises פיתחה



Vidisco Flat-foX-17



Vidisco foXrayzor

חברת וידיסקו, פאנל דק שאין כדוגמתו בעולם. עוביו 13 מ"מ דק יותר מקסטת פילם! הדבר מאפשר החדרתו למקומות צרים במיוחד. הפאנל בעל תחום דינאמי של 14Bit ורזולוציה של עד 3.5 lp/mm מותאם באופן מלא לעבודה בשטח. יכולת עבודה: עד 5 שעות על ידי סוללות.

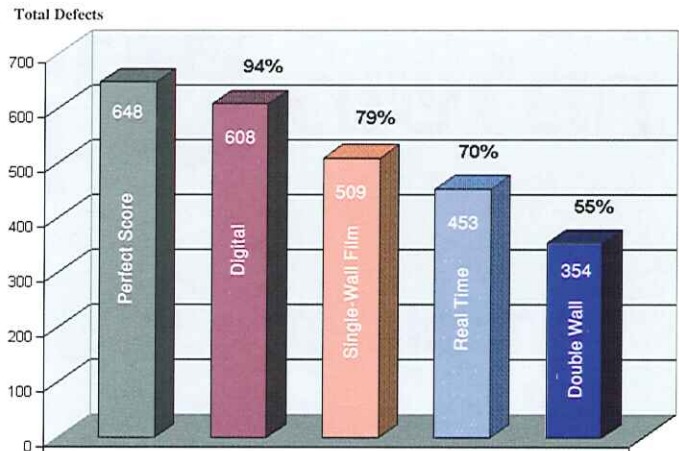
### 3. DR - פאנל דיגיטלי מסוג מסוג Amorphous Silicon FS35

המיוצר על ידי חברת Thales Electron Devises. בעל תחום דינמי של 127 Bit, 14Bit, 127µm גודל פיקסל. שימוש בטכניקה של דופן כפולה (Double wall).

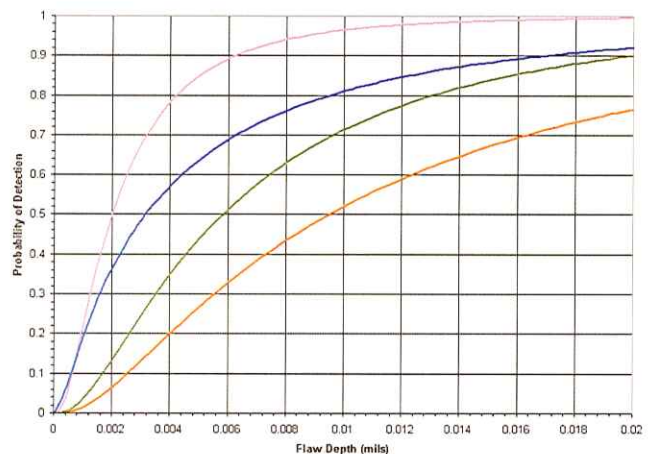
- א. מקור רנטגן מסוג Feinfocus microfocus 167 kV, 1.15 mA.
- ב. הגדלה פי 3.5.
- ג. ביצוע של 8 חשיפות.
- ד. איכות תמונה של IT הושגה בקלות.

מסקנות המחקר רוכזו בטבלה להלן:

DR	Real Time	פילם		זמן תהליך עבודה
		דופן אחת	דופן כפול	
12 דקות	35-40 דקות	79%	55%	2-3 שעות
94%	70%	5	6	אחוז גילוי פגמים מספר מבטים לכל צילום ריתוך קוטר "4 מספר מבטים לכל צילום ריתוך קוטר "6"
8	22	7	8	



Digital DW Film, SW Film, & RTX Comparison by Flaw Depth



## סיכום:



Flat foX-17 בשימוש ח"א האמריקאי

פיתוח הפאנלים הדיגיטליים והעתקת השימוש בהם מתחום הרפואה לתחום הבדיקות הלא הורסות, פותח אפיקים חדשים לתחום זה בו לא הייתה כל התפתחות שנים רבות. ההתפתחות מתבטאת בעיקר ביכולת זיהוי פגמים, וזאת בזכות התחום הדינאמי הרחב והרזולוציה הגבוהה, נוחות השימוש, וכן הצדקה הכלכלית, הכרת יתרונותיה הרבים של טכנולוגיה זו, הוביל חברות רבות מהגדולות בתחום לבחון את הטכנולוגיה ואף להשקיע בפיתוחים להגברת היכולת תוך הבנת הפוטנציאל הרב הגלום בה. לאחרונה עם התקדמות הטכנולוגיה ויישום השימוש בטכנולוגיה זו בשטח, צפויים אנו, בטווח הארוך, לאפליקציות רבות אשר יביאו לפיתוחים נוספים ולהעלמות השימוש בפילם הסטנדרטי.

# בדיקת סדקים מושלמת

## אפשרית רק עם SONATEST

### מכשירים חכמים לגילוי ומיפוי סדקים ושברים



- מגוון דגמים למטרות שונות
- מגוון גששים לגילוי סדקים
- נוזלי הצמדה מותאמים לחומרים שונים
- בלוקים לכיול
- שפע של אביזרי עזר להבטחת בדיקות מדויקות

מדינת היהודים 12, הרצליה, טל' 09-9560444, פקס' 09-9560202  
Web site: [www.globus.co.il](http://www.globus.co.il), E-mail: [office@globus.co.il](mailto:office@globus.co.il)

**גלובוס**  
ציוד טכני בע"מ



# בחירת טכניקות NDT לבדיקת שפופרת של מחליפי חום\*

תורגם על ידי ד"ר יוסי שואף, גבי שואף בע"מ

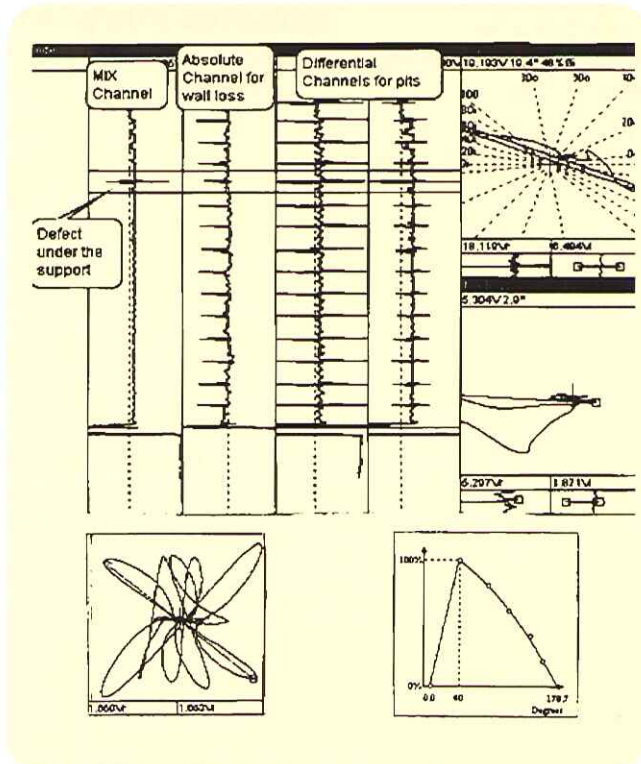
## זרמי ערבולת רגילים

השיטה מבוססת על מדידת האימפדנס של סליל אשר משתנה כתלות בשדה האלקטרומגנטי. מתחילה, מוכנס הסליל לתוך השפופרת הנבדקת והמכשיר מיוצב לקבלת קריאה (Balance). הסליל נמשך החוצה ונמדדים השינויים באמפדנס. שינויים אלו תלויים בסוג וגודל הפגם בצינור.

בדיקה כזו יכול להתבצע במהירות של כ-2 מטר/שניה. השיטה מוגבלת לבדיקת חומרים שאינם פרומגנטיים. ניתן לבצע בדיקה משולבת באופני בדיקה הפרשיים Differential ומחולטים Absolute. הראשונה, יכולה לגלות פגמים קטנים כמו Pitting וסדקים והשנייה ירידת עובי דופן.

טכניקה מיוחדת של שימוש במערבל Mixer יכולה לבטל את השפעת ה-Baffle התומך את הצינורות ולבדוק גם אזור קריטי זה הנתון לויברציות. תוצאות הבדיקה יוכלו לאפיין גם את עומק הפגם ומיקומו (חוץ או פנים).

## תצוגת מכשיר לבדיקות זרמי ערבולת רגילות



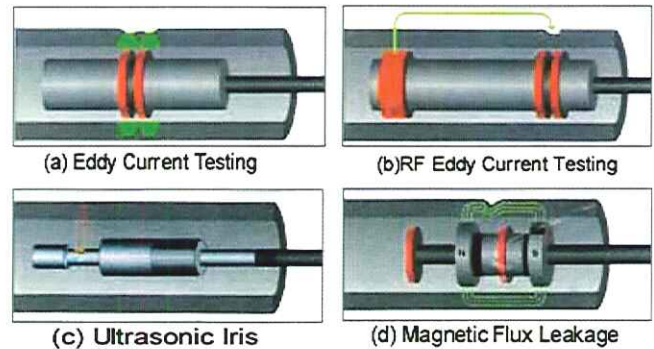
במפעלים פטרוכימיים ובתחנות כח קיימים מאות מחליפי חום ומצנני אויר, כאשר בכל אחד מהם קיימים בין עשרות למאות צינורות בהם זורם נוזל, פריצה של אחד מהם יכולה לגרום לנזק ולהשבתה של מתקנים חשובים.

מגוון רחב של חומרים משמש ליצור שפופרת במחליפי חום במפעלים פטרוכימיים וביניהם ניתן לכלול את פלדות אל חלד מסדרת 300, טיטניום פלדת אל חלד פריטיות, נתכי נחושת-ניקל, פלדות פחמן עם ובלי צלעות קירור (FINS) ואחרות.

פותחו מספר שיטות בלייה לגילוי פגמים או ירידת עובי הדופן בצינורות או שפופרות של מחליפי החום, אך למעשה אין שיטה יחידה שיכולה לבדוק את כל סוגי החומרים.

בחירת השיטה תלויה בסוג החומר ובאופי הפגמים הצפויים. שיטות אלו כוללות את שיטת זרמי ערבולת הרגילה, שיטת זרמי ערבולת ברוויה, Remote Field Eddy Current, דליפת שטף מגנטי, IRIS אולטרסוני ואופטיקת לייזר. לכל שיטה יש יתרונות וחסרונות. לדוגמה: שיטת זרמי הערבולת הרגילה רגישה מאד לגילוי פטינג וסדקים אך מוגבלת לחומרים לא ברזליים בלבד. בשיטת ה-IRIS ניתן למדוד עובי דופן אך לא ניתן לגלות פגמים קטנים כמו חורי סיכה (Pin Holes) וסדקים. טכניקות אופטיות מוגבלות לפגמים פנימיים.

בחירה נכונה של טכניקת הבדיקה תהיה מפתח לבדיקת מחליפי חום. להלן תיאור סכמטי של 4 שיטות עיקריות של בדיקות:



- (א) זרמי ערבולת
- (ב) זרמי ערבולת בשדה רחוק
- (ג) IRIS אולטרסוניק
- (ד) דליפת שדה מגנטי

\* המאמר פורסם בעיתון האגודה האמריקאית ASNT ואושר לתרגום על ידי Mr. Anmol NDE Associates S. Birring

שיטה זו אינה יכולה להעריך את גודל אי הרציפות ולפיכך מ-Pitt (חור סיכה) בקוטר קטן ובעומק 25% מעובי הדופן נקבל אינדיקציה גודלה יותר מאשר Pitt בקוטר גדול ובעומק של 75% אך שרידת העומק שלו היא הדרגתית.

גשש ה-Hall Effect יצליח לזהות ירידת עובי דופן. גשש זה רגיש לאוריינטציה שלו וכמו כן יהיה רגיש יותר לירידת עובי דופן פנימית (קרובה יותר לגשש) מאשר חיצונית.

### IRIS אולטרסוני

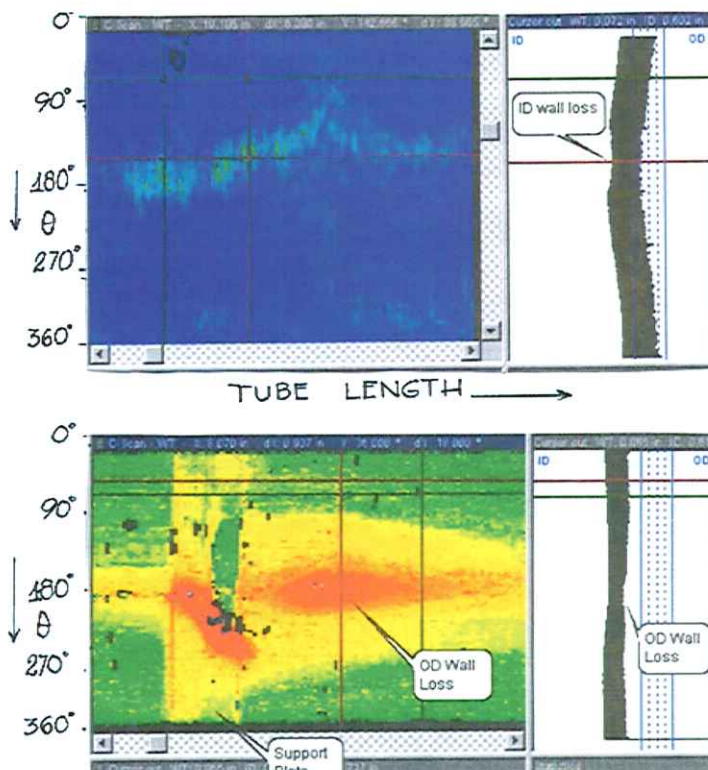
מבוסס על שיגור אלומת גלי קול אולטרסוניים בתוך חלל השפופרת המלא במים והטייתו ב-90° כלפי הדופן באמצעות מראה אקוסטית מסתובבת על ידי מנוע. המנוע מסתובב בכח זרימת הנוזל. תצוגת הבדיקה נותנת את חתך דופן הצינור ואת היקף הצינור ב-C-Scan. בשיטה זו משתמשים לבדיקת צינורות פרומגנטיים ולעיתים גם לצינורות לא פרומגנטיים לצורך אימות ממצאים.

השיטה מדויקת מאד למדידת עובי דופן וכן גילוי פגמים פנימיים וחיצוניים, אך בכל אופן אינה מגלה סדקים וחורי סיכה אשר אינם מהווים רפלקטור לגלי הקול.

מהירות הבדיקה איטית ומוגבלת ל-75 מ"מ לשניה. לא ניתן להבטיח 100% צימוד מים לאורך הבדיקה ועלולים לקבל כיסוי חלקי של היקף הצינור. הכיסוי תלוי בטיב ניקוי הצינור לפני הבדיקה.

בעובי דופן קטנים הציוד אינו מצליח להפריד בין הדופן הפנימית והחיצונית והערך המינימאלי של הדופן תלוי בחומר הצינור (מהירות הגל) ומידת חספוס הדופן. עבור צינורות במתקנים כימיים העובי המינימאלי למדידה הוא 0.9 מ"מ.

תצוגת בדיקת IRIS אולטרסוני



רובים מיוחדים מסוג Bobbin יכולים לשלב סלילים היקפיים לגילוי סדקים היקפיים וסליל בצורת טורמאיד אשר יבדוק סדקים אורכיים העלולים להיגרם כתוצאה ממצב רגעי של הלם מים.

### זרמי ערבולת ברוויה מלאה

שיטה זו ישימה לחומרים עם פרמאביליות חלקית כמו monel, ניקל, פלדת אל חלד פריטית וחומרים פריטיים דקי עובי. עקרון הבדיקה בשיטה זו דומה לבדיקה בזרמי ערבולת רגילים אך במקרה זה משתמשים במגנט אשר גורם לרוויה של החומר הפרומגנטי הנבדק באופן חלקי. בזמן שהחומר רווי מגנטית, הפרמאביליות שלו יורדת ל-1 ומפסיקה להשפיע על זרמי הערבולת. הפרמאביליות שגורמת לתנודות חזקות בקריאות נעלמת והבדיקה הופכת להיות אמינה. בשיטה זו יש לוודא שהחומר אכן רווי מגנטית וזאת מכיוון שהפרמאביליות משתנה מצינור לצינור ומיצרן אחד למשנהו. עוצמת המגנט הנדרש תלויה גם בקוטר הצינור, בעובי הדופן והחומר. קביעת מדידות הפגמים אמינה עבור פגמים בדופן החיצונית ויכולה להתבצע על פי האמפליטודה והפאזה בה מגיע הסיגנל. עבור פגמים פנימיים המדידה היא על פי האמפליטודה בלבד.

### זרמי ערבולת ברוויה חלקית

שיטה זו מיושמת עבור צינורות פרומגנטיים, שעוביים גדול מדי, כך שלא ניתן למגנטם עד לרוויה. במקרה זה המכשיר מודד שינויים בפרמאביליות ומגלה ירידה בעובי הדופן. ירידה של עובי הדופן גורמת להתחזקות מהמגנט החלקי באותו איזור. התחזקות זו מביאה לירידה בערך הפרמאביליות דבר הנמדד בצורה יעילה. השיטה אפקטיבית לגילוי ירידה בעובי דופן אך לא תהיה רגישה לגילוי פגמים קטנים כמו Pitting.

### זרמי ערבולת בשדה רחוק

השיטה מתבססת על העברת שדה אלקטרומגנטי דרך חומר השפופרת. סליל העירור יוצר את השדה, השדה עובר דרך החומר ונקלט על ידי סליל קליטה במרחק כזה, שהקליטה אינה מושפעת מהשדה המעורר. המרחק בין שני הסלילים הינו 2 עד 5 מפעמים הקוטר הפנימי של השפופרת.

השיטה יעילה ביותר לבדיקת שפופרת מפלדת פחמן, ומוגבלת לגילוי ירידת עובי דופן. רעשים הנוצרים בשל קורוזיה דומים לאינדיקציות המופקות מ-Pitting ולכן שיטה זו נחשבת כלא קבילה לגילוי פגמים. מהירות הבדיקה נמוכה משמעותית בהשוואה לבדיקה רגילה ועמדת על 25 ס"מ לשניה.

### דליפת שטף מגנטי

השיטה ישימה לחומרים פרומגנטיים ומתבססת על ההשפעה שיש לפגמים על השטף המגנטי. הפרוב מורכב משני מלקטים מגנטיים - מסליל ומסנסור Hall Effect. הסליל קולט את קצב שינוי השטף וה-Hall Effect את השטף האבסולוטי. הסליל מזהה אי רציפויות קטנות אשר גורמות לשינוי השטף, אך מכיוון שקצב משיכת הגשש משנה את השטף יש לקדם את הגשש בתוך הצינור בקצב אחיד. שינויים חדים (סדקים למשל) יהיו מודגשים יותר ביחס לשינויים הדרגתיים כמו ירידת עובי דופן.

## אופטיקת לייזר

קרן לייזר מסתובבת בתוך הצינור ומופקת על ידי גשש אשר נמשך לאורך הצינור. גלאי מזהה את הקרבה של פני השטח הפנימיים לציר הגלאי. דרישות הניקוי הגבוהות ומהירות הבדיקה הנמוכה דומות לאלו של ה-IRIS אולטרסוני. שיטה זו משמשת בנוסף לשיטת בדיקה אחרת כמו זרמי ערבולת. ניתן לבחור את השיטה הטובה ביותר לכל מקרה ומקרה על פי הטבלה הבאה:



מכון המחקר האמריקאי ליצור חשמל ערך מחקר להערכת הסתברות הגילוי של פגמים כפונקציה של השיטה והחומר הנבדק. השתתפו במחקר זה 7 יצרניות ציוד. להלן תוצאות המחקר:



## מסקנות:

אין שיטה בודדת שיכולה להיות ישימה לכל המקרים ולכל הפגמים. הבדק צריך להיות מיומן ומוסמך כדי לקבל הערכת מצב נכונה.

רצוי להשתמש בשתי שיטות כדי לאמת ממצאים ולהגדיל את אמינות הגילוי.

חומר הצינור	סוג אי הרציפות (הפגם)	השיטה
לא פרומגנטי (SS, Cu-Ni, Ti, Brass)	סדקים, ירידת עובי דופן, חורים (Pits)	זרמי ערבולת קונבנציונאליים
חומר פרומגנטי חלקי או פרומגנטי דק (מונל, נתך 2205)	סדקים בצניורות עם צלעות, סדקים באזורי ההפשלה של הצינורות	זרמי ערבולת במספר תדרים, או עם גשש מסתובב
חומר פרומגנטי עבה (פלדת פחמן)	סדקים, ירידת עובי דופן, חורים	זרמי ערבולת ברוויה מלאה
כל החומרים	ירידת עובי דופן	זרמי ערבולת בשדה רחוק זרמי ערבולת ברוויה חלקית
	חורים וירידת עובי דופן	דליפת שטף מגנטי
	ירידת עובי וחורים גדולים	IRIS אולטרסוני
	אי רציפויות בקוטר הפנימי	לייזר

טכניקה	פלדת פחמן	פלדת 304	טיטניום	Cu-Ni	Admiralty Brass
זרמי ערבולת	91%	98%	91%	92%	91%
זרמי ערבולת בשדה רחוק	77%				
IRIS אולטרסוני	83%	28%	68%		



# ינדאוסקופים של viZaar

## בקרה ויזואלית עם תכונות ייחודיות

- **בלעדי:** מנוע בקצה הגשש מאפשר להטות אותו לכל כיוון ובכל מהירות, כולל 360° סביב צירו!
- תצוגה ויזואלית צבעונית ואיכותית
- שפע של אביזרים להנעת הגשש בתוך החלל הנבדק
- יעיל לבדיקת צנרת, דוודים, מכלים וחללים נסתרים




להזמנת הפגמות והצגות לחיי הגשש אלינו כבר היום!

מדינת היהודים 12, הרצליה, טל' 09-9560444, פקס' 09-9560202

Web site: [www.globus.co.il](http://www.globus.co.il), E-mail: [office@globus.co.il](mailto:office@globus.co.il)

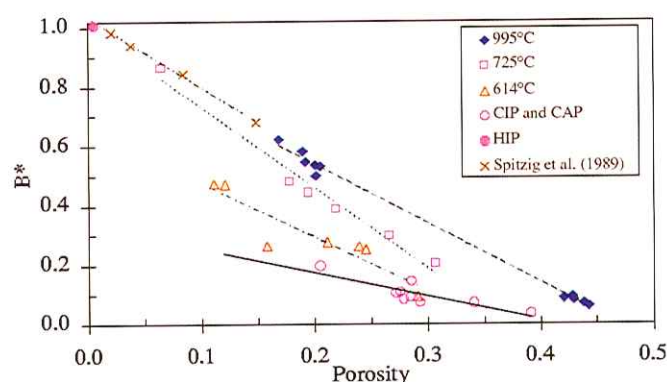


**ציוד טכני בע"מ**

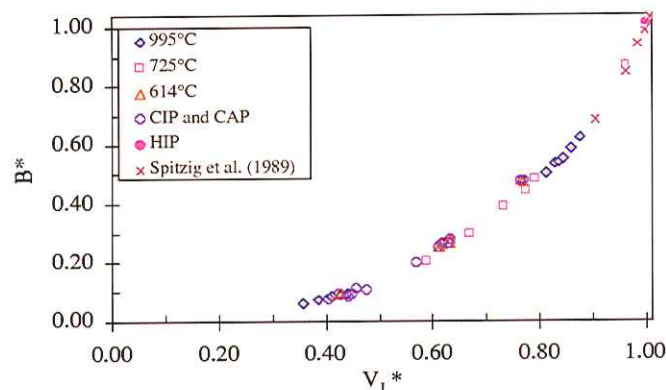
# הערכה בלתי הרסנית של המודולים האלסטיים בדגמי ברזל נקבוביים

## חקירת הקשר בין מהירות הגל האולטרסוני כתלות באיכות הסינטור

ד"ר אורי יחזקאל - קמ"ג



איור 1: תלות מודול הנפח היחסי של דגמי ברזל בחרירות, עבור דגמים שעברו סינטור בתנאים מגוונים [1].



איור 2: תלות מודול הנפח היחסי, במהירות היחסית של גל הקול האורכי בדגמי הברזל המתוארים באיור 1 [1].

נחקרו המודולים האלסטיים הדינמיים של דגמי ברזל שהוכנו מאבקה בעלת גרגרים כדוריים. הדגמים נכבשו בטמפרטורת החדר בכבישה איזוסטטית (CIP) ובכבישה חד צירית (CAP). הדגמים סונטרו בטמפרטורות 725, 995°C, 614 לפרקי זמן שונים. תהליך הסינטור גורם להדבקות הגרגרים ולהקשחת המבנה של אוסף הגרגרים. נמצא כי המודולים האלסטיים תלויים מלבד בצפיפות גם בטמפרטורת הסינטור (איור 1).

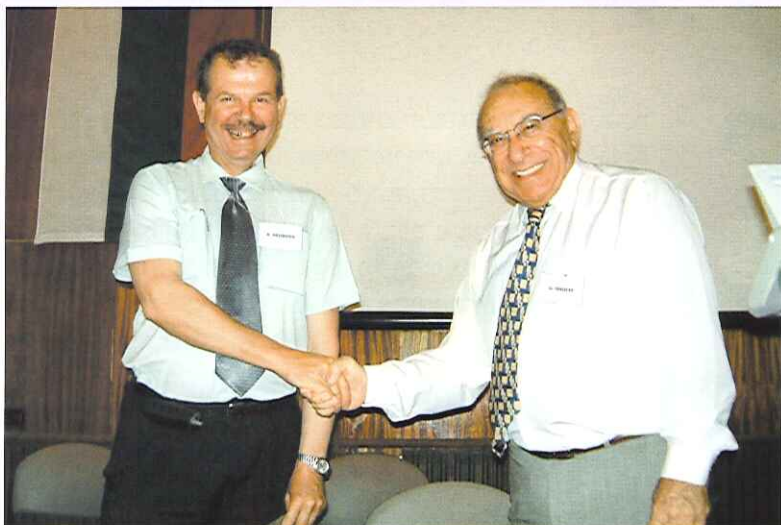
הקשר התיאורטי בין המודולים האלסטיים לצפיפות ולמהירויות גלי הקול ידוע. בהרצאה נראה כי ניתן לתאר את תלות מהירות גלי הקול בצפיפות או בשטח המגע המחושב בין הגרגרים. נמצא כי מהירות הקול, ולכן גם המודולים האלסטיים תלויים בשטח המגע בין הגרגרים ובטיבו, ושני אלה תלויים בתנאי הסינטור. היות ומהירות הקול והמודולים האלסטיים תלויים בתנאי הסינטור, הוצע לתאר את השינוי במודולים האלסטיים בתלות במהירות קול אחת. המהירות היחסית של גל הקול האורכי,  $V_L^*$  היא יחס מהירות הקול בחומר הנבדק,  $V_L$ , לזו שבחומר בצפיפות תיאורטית,  $V_{L0}$ .  $V_L^* = V_L / V_{L0}$ . מודול הנפח היחסי,  $B^*$ , מוגדר באופן דומה, באיור 1 נראית תלות  $B^*$  בחרירות שהיא הנפח היחסי של החריצים (porosity). באיור 2 נראות אותן התוצאות בתלות במהירות היחסית, מבחינים כי כל התוצאות נופלות לאורך קו אחד. בהרצאה תפורט הדרך בה הגענו לביטוי בו ניתן להשתמש במהירות קול להערכה בלתי הרסנית של מודול אלסטי בחומרים מחוררים. בהרצאה נראה את ההתאמה בין תוצאות של חוקרים אחרים לבין הביטוי המוצע.



# פעילות העמותה בשנים 2003-2004



## על הכנס בבולגריה



מר גבי שואף מעניק חברות כבוד של העמותה לפרופסור סקורדב, הנשיא היוצא של האגודה הבולגרית.



פרופסור מיחובסקי, הנשיא הנכנס של האגודה הבולגרית לבדיקות לא הורסות, מעניק תעודת חברות כבוד לפרופסור עמוס נוטע, נשיא העמותה הישראלית.

בחודש יוני 2003 התקיים בבולגריה הכנס של מדינות מזרח אירופה הבלקן והים התיכון, בכנס השתתפו כמאתיים חמישים משתתפים בעיקר מבולגריה.

נציגי האגודה הישראלית בכנס זה, היו פרופ' עמוס נוטע נשיא האגודה הישראלית, ומר גבי שואף נשיא העמותה היוצא.

בין המברכים בתחילת הכנס היה פרופ' נוטע, אשר קיבל תעודת חברות כבוד של העמותה הבולגרית, בהמשך הגיש מר שואף תעודת חברות כבוד של העמותה הישראלית לנשיא היוצא של העמותה הבולגרית פרופ' סקורדב.

במהלך היום הראשון של הכנס נשא פרופ' נוטע הרצאה בנושא "מערכות חדשניות לרדיוגרפיה באנרגיה גבוהה".

ביום השני של הכנס הרצה מר שואף שתי הרצאות האחת בנושא "בדיקות לא הורסות לבטון" והשנייה במסגרת דיון "השולחן העגול" בנושא "בדיקות לא הורסות בתשתיות", בין משתתפי הדיון היו פרופ' מרקוב, ד"ר דימוב, ד"ר דונציב ואחרים.

בדיון זה הושם דגש על הצורך בפיתוח שיטות בדיקה נוספות הכוללות שימוש בגלאים וחומרים "חכמים" לניטור במבנים ובגשרים, עם פיקוד חכם ואוטומטי.

היום השלישי הוקדש לנושא התעדה והסמכת כוח אדם לבדיקות לא הורסות, הגוף הבולגרי קיבל אקדמיטציה, והחל לפעול בבחינת והתעדת כוח האדם בבולגריה. הפעילות בוצעה תחת ניהולו של הגוף המסמיך בראשות הגבי אנטואנה זקודה.

העמותה הישראלית הלאומית לבדיקות לא הורסות

מודה למר מאיר וידל ולמשרדו - נ. מ. חשבונאים,

על פעילותם ההתנדבותית בניהול חשבונות ומאזני העמותה מאז הקמתה



# פעילות העמותה בשנים 2003-2004



## על הכנס ביוון

בחודש אוקטובר 2003 התקיים בכרתים, הכנס הבינלאומי השלישי של האגודה ההלניסטית (היוונית) לבדיקות לא הורסות. בכנס השתתפו מאתיים וחמישים מדענים ומהנדסים מעשרים מדינות, כולל חברי העמותה הישראלית פרופי עמוס נוטע ומר גבי שואף. הכנס התקיים במבנה אבן עתיק בנמל הונציאני של העיר חאניה. במושב הפתיחה נשאו דברים פרופי פראסיאנאקיס, נשיא העמותה הלנית וד"ר פרלי, נשיא הפדרציה האירופאית לבל"ה BFNDT. פרופי פראסיאנאקיס הדגיש את חשיבות הבל"ה לאנושות מהתקופה העתיקה ועד עתה וציין שהעמותה ההלנית הצטרפה ל-SEEBM, ארגון העמותות של דרום מזרח אירופה ומזרח הים התיכון (בארגון זה חברה גם ISRANDT).

המטרה המרכזית של הכנס היתה לזמן יחדיו מדענים ומהנדסים לצורך החלפת ניסיון חדשני על מחקר ופיתוח בנושאי בל"ה. המטרה המשנית הייתה להצביע על כך ששיטות בל"ה היו בשימוש בעולם העתיק עוד לפני אלפי שנים.

בכנס הוצגו 90 הרצאות ופוסטרים במסגרת 14 מושבים אשר הוקדשו לבחינה ויזואלית ואופטית, שיטות אולטראסוניות ואקוסטיות, איפיון חומרים, חומרים מרוכבים ותעופה, עבודות אומנות והנדסה אזרחית, שיטות רדיוגרפיות, אלקטרומגנטיות ואינפרא אדום, שיטות ייחודיות, תקינה-הסמכה-התעדה.

פרופי עמוס נוטע נשיא העמותה הישראלית הלאומית לבדיקות לא הורסות הציג הרצאה מוזמנת על ההגדרה מחדש של רזולוציה במערכות טומוגרפיות.

בסיום הוכרו על הכנס הרביעי של העמותה ההלניסטית - אוקטובר 2006 בחאניה.

מידע נוסף ב- [www.hsnt.gr](http://www.hsnt.gr)



**איקא** **אי קא**  
 חומרים והבטחת איכות

**יש לך בליה באולמריק?**

**פנה לאיקא!!**

אנו נבצע עבורכם את בדיקות המעבדה שדורשים המפרטים השונים:

- תכונות מכניות
- בדיקות מטלוגרפיות
- אנליזות של חומרי גלם
- בדיקות קורוזיה (תא מלח)
- חקר כשלונות
- כיול תנורים ומכשור בקרה

**ביוצא להיכר ביוגר!**  
**אישורן להכרה וציווג להנצוסים לנוסה ביוגר**  
**סיסויץ לך בכפריון בליווג בגהאיכו ויוצו**  
**ובאיכר אולמריק.**

שד' יצחק, 5 חיפה 34482 טל' 04-8379972, פקס: 04-8380782  
 E-Mail: [ikal@netvision.net.il](mailto:ikal@netvision.net.il)

העמותה הישראלית הלאומית לבדיקות לא הורסות מברכת את הנבחנים שעמדו בהצלחה במבחני ההסמכה של הוועדה הלאומית לריתוך בלשכת המהנדסים והוסמכו כמפקחי ריתוך.

- ★ אלי בן אריה
- ★ צבי ויקינסקי
- ★ צבי איצקוביץ
- ★ ירון גואטה
- ★ איגור שפירו



# פעילות העמותה בשנים 2003-2004

## הצעה לבדיקות לא הורסות במתחם הר הבית

המאמר תורגם ע"י ארבל ויגודני

שגיב טוען כי ניתוח של השרטוטים הארכיטקטוניים של המסגד מראים כי יסודות המסגד אינם מחוברים לעמודי "אל אקצה" המקוריים בשלבים הנמוכים יותר של הרחבה. העמוד המקורי המרכזי של "אל אקצה" נמצא כבר עתה במצב של קריסה, ובינתיים נתמך בעזרת ארבעה עמודי בטון. חוות דעתו המקצועית היא: "התמיכה היא חיצונית למבנה ועלולה לסכן את יציבותו. בחומה הדרומית ישנה בליטה בקירות שעלולה לגרום לקריסת החומה, שגם תוביל להתמוטטות המסגד. יותר מכך, חפירות תת קרקעיות באתר עלולות לשנות את יציבות מבנה הבסיס ולגרום להתמוטטות".

שגיב מוסיף כי באר מספר 8, ששטחה עולה על 1000 מ"ר, נתמכת בעזרת שני קירות עבים וארבעה עמודים שגובהם 14 מטר, וכל אלה בסכנת התמוטטות, מאחר והעמודים נמצאים בסביבה מימית. אם עמודים אלה יתמוטטו, מזהיר שגיב, כל הרחבה שבין כיפת הסלע ומסגד אל אקצה עלולה להתמוטט.

הוא מזהיר כי שילוב של מאות אלפי אנשים על הרחבה (כמו בזמן הרמדאן), גשמים כבדים, הידרדרות המצב של היסודות, מצבן של כמה בארות, וחפירות בשנים האחרונות, עלול להצטבר ל"אסון בפרופורציות מעבר לכל דמיון".

לפני יותר מעשור שגיב השתמש בטכנולוגיה של בדיקות לא הורסות לבדיקה של האתר הקדוש, אך מאז, לא בוצע שום סקר נרחב באתר...

**לפני כשנה וחצי התפרסם מאמר באנגלית באתר האינטרנט של עיתון הארץ, המאמר מתאר את פעילותם של פרופ' חצור, האדריכל טוביה שגיב והעמותה הישראלית לבדיקות לא הורסות לביצוע סקר מקיף שיקבע את עמידותו של המסגד בהר הבית.**

הפדרציה האירופאית לבדיקות לא הורסות, המתמחה בבדיקות באמצעות מכשור מתקדם כגון מכשירי לייזר, רדאר, רנטגן ואולטראקוליות ואחרות, נתבקשה על ידי העמותה הישראלית לבדיקות לא הורסות, לבדוק את מצבו של הר הבית (חרם א-שריף).

בליטה בחומה הדרומית ומספר תומכים תת קרקעיים דקים מתחת לרחבה מדאיגים את המומחים באשר להתמוטטות אפשרית, שעלולה לעלות בחיי אדם.

בינתיים, הווקף המוסלמי הוציא אזהרה שהאתר בסכנת התמוטטות קרובה, וזאת מכיוון שלדבריו ישראל עצרה תיקונים של החומה הדרומית. המנהל הבכיר של הווקף, אדנן אל חוסייני, אמר לעיתון "קול פלסטין" שישראל שייבשה את עבודות התיקונים שהווקף ביצע בחומה הדרומית. כמו כן הוסיף כי כעשרים אחוזים מהיקף העבודה כבר הושלמו, אך כתוצאה מפעילותם של הישראלים (אותם לא פירט), הווקף נאלץ להפסיק את התיקונים.

הפדרציה האירופאית לבדיקות לא הורסות דנה בבקשה של העמותה הישראלית לבדוק את האתר, אך סירבה. לעומת זאת, גבי שואף, יושב הראש לשעבר של האגודה הישראלית לבדיקות לא הורסות, מאמין שמינוי יושב ראש חדש לקבוצה האירופאית יוכל לסלול את הדרך לאישורה של סקירה של האתר. שואף הציע כי קבוצה של מומחים ממרוקו, ישראל, בריטניה וגרמניה תבצע את הסקר.

בקשתו של שואף מהפדרציה האירופאית לבדיקות לא הורסות נתמכה על ידי פרופסור יוסי חצור מאוניברסיטת בן גוריון, פרופסור עמוס נוטע מהטכניון (יושב הראש הנוכחי של האגודה הישראלית) והאדריכל טוביה שגיב הלומד מזה זמן רב את הארכיטקטורה של החומה.

ישראל סירבה להצעת ה-UNESCO לסקירה של האתר באמצעות בדיקות לא הורסות, מכיוון שאגודה זו נחשבת עוינת מבחינה פוליטית לישראל. שואף מאמין כי אגודה לא פוליטית כמו הפדרציה האירופאית לבדיקות לא הורסות תתקבל מבחינה פוליטית גם על ידי ישראל וגם על ידי הווקף, לבדיקות חומרת המצב של המבנה.

שגיב כתב לשר לביטחון פנים דאז עוזי לנדאו, וציין בפניו כי מלבד הבליטה בחומה הדרומית, יש עוד כמה סיבות לדאגה בקשר ליציבות הקומפלקס.

### זכון הפעילות

**בעקבות התעוררות הנושא והוויכוח עם הווקף המוסלמי, הסכימה ישראל לביקורה של משלחת מהנדסים ירדנית, אשר בדקה את האתר וקבעה כי לא קיימת סכנה ממשית לאתר ונדרשים רק מספר תיקונים קלים.**

**למרות זאת חידשה העמותה את בקשתה להקמת קבוצת עבודה שתדון בנושא. הבקשה הועלתה בדיון של הוועד המנהל של הפדרציה האירופאית לבדיקות לא הורסות שהתקיים בכנס שנערך בספטמבר 2003 בברלין. הבקשה נדחתה בטענה שקבוצת עבודה, ניתן להקים עבור נושאים הקשורים לכלל האנושות ולא לאתרים ספציפיים, בעלי חשיבות מקומית בלבד. בשלב זה לא חודשו הדיונים ואף במסגרת של שיחות פרטיות מורגשת רתיעתם של גורמים רבים מהעיסוק בקודה פוליטית רגישה זו.**

**למרות זאת, בעקבות דרישת העמותה יעלה הנושא לדיון מחדש בכנס במונטריאול באוגוסט 2004, בנימוק שהאתר בעל חשיבות ארכיאולוגית רב לאומית.**

# מדיוני האיחוד האירופאי לבדיקות לא הורסות EFNDT בפראג - אוקטובר 2003

## עמוס נוטע

אבטחת איכות ואמינות, טכניון

של עובדי בל"ה והן מכירות ב-17 תוכניות התעדה. בהסכם יכולות להשתתף אף עמותות של מדינות מחוץ לאירופה בתנאי שיעמדו בדרישות. מערך ההתעדה של העמותה שלנו ISRACERT עמד בדרישות, נבדק והוכר ע"י EFNDT במסגרת זו.

מאמץ רב מוקדש עתה להרמוניזציה בהתעדה בתחומי הפעילות השונים בהם עוסקים עובדי הבל"ה, ובמיוחד להשגת אחידות ברמת הבחינות. לשם כך מפותח בנק שאלות משותף שעל פיו גופי ההתעדה של העמותות החברות להסכם חייבים יהיו לבחון על פיו.

הצלחת הרמוניזציה עד כה כוללת את האישור של עובדי בל"ה כנדרש בדירקטיבה האירופאית לציוד לחץ, ההכרה של ASME בתוכנית ההתעדה המבוססת על EN473/ISO9712 והרחבה של הסעיף ב-EN473 הדן בהתעדה מחדש.

הכנס הבא של EFNDT יתקיים בברלין, מ-25 עד ה-29 בספטמבר 2006, ראה [www.ECNDT2006.INFO](http://www.ECNDT2006.INFO)

## סקר האסטרטגיה של EFNDT

במפגש הקודם של האספה הכללית הוסכם שמועצת המנהלים תכין תוכנית אסטרטגית לשלוש השנים הבאות. לצורך זה בוצע סיקור של יעדי האיחוד במגמה להבין כיצד השינויים הגלובליים שאירעו בשנים האחרונות משפיעים על ה-EFNDT. הסיקור מורכב מניתוח מצב; ניתוח של עוצמות, חולשות, הזדמנויות ואיומים (SWOT). הניתוח איתר פערים בפעילויות הארגון וזיהה הזדמנויות שעל בסיסן ניתן להמליץ לגבי נושאים שיש להוסיף או לשנות באסטרטגיה של הארגון.

**ניתוח המצב** הצביע על שינויים חשובים בסביבה בה פועלים ה-EFNDT והעמותות החברות בו:

א. החשיבות המיוחסת היום לנושא הבטיחות (אישית וסביבתית) חייבת לדרבן את העוסקים בתחום לפתח שיטות בדיקה וטכנולוגיות אשר ישמשו בשירות ובייצור. ברור שיהיה

## הצגה קצרה של ה-EFNDT

הארגון הוקם ב-1996 כיישות חוקית ללא מטרת רווח. הארגון רשום בבריטלי. המטרה שנקבעה הייתה הגדלת ההשפעה של בל"ה ב"רמה האירופאית". הארגון כולל 27 עמותות לבדיקות לא הורסות מהמדינות החברות באיחוד האירופאי ו-5 עמותות נלוות ממדינות שאינן שייכות לאיחוד (ISRANDT הנה אחת מהן). נשיא ה-EFNDT הנו מייק פרלי מאנגליה.

היעדים של הארגון הנם:

- קידום המדע של בדיקות לא הורסות (בל"ה) ואת יכולתן המעשית של השיטות.
- שיפור האיכות של טכנולוגיות הבל"ה ואת אמינותן.
- הסרת מחסומים טכניים לסחר.
- לפעול כדובר בל"ה באירופה.
- אירגון כנסים, סמינרים ומפגשים.
- קידום הרמוניזציה בכשירות עובדי הבל"ה ובהתעדתם וזאת על מנת לאפשר הכרה הדדית בין המדינות.

העמותות החברות משתתפות ב"אספה הכללית". גוף זה בוחר את "מועצת המנהלים" (עשרה חברים ומזכיר). המועצה מאשרת את "קבוצות העבודה" המורכבות ממומחים הבאים בעיקר מהעמותות.

הקבוצות הפועלות היום דנות בנושאים הבאים:

- כשירות והתעדה.
  - בטיחות קרינה והעברה של מקורות.
  - תהליך ההתעדה האירופאי של עובדי בל"ה.
  - הסמכה של מעבדות וגופי בחינה.
  - מוקשים נגד אדם.
- ISRANDT הגישה הצעה להקים קבוצת עבודה לבדיקות בל"ה של הר הבית שהנו אתר בעל חשיבות דתית והיסטורית רבים בעולם. אולם הנושא נראה לאיגוד כבעייתי מדי לנוכח המצב הפוליטי. (ראה נספח א).

שלושים עמותות שותפות היום בהסכם להכרה ההדדית בהתעדה



- הקדשת מאמץ להגדלת השימוש באינטרנט לתקשורת פנימית בין חברות ה-EFNDT וקיום דיונים באינטרנט.
- ב. הגדלת המעורבות הפעילה של EFNDT בגופים אחרים והמשך קיום קשר הדוק עם עמותות בלי"ה שמחוץ לאירופה.
- ג. התמקדות במערכות איכות בבל"ה; הקניית הבנה מעמיקה יותר לתפקיד ההסמכה, ההתעדה וההכשרה המקצועית לתחומים מיוחדים; הכרה בטכנולוגיות חדשות המעשירות את תחום הבל"ה.
- ד. קידום ופיתוח שיטות הבל"ה ליישומי בטיחות והבאת המידע על כך לגופים בינלאומיים, ממשלתיים ולציבור הרחב. בנוסף יש להגדיל את המודעות לתחומים החדשים שנוספו לבל"ה הכוללים: בחינה בשירות, ניטור מצב, אבחון רפואי, אבחון נגד טרור, אבחון איכות ובטיחות סביבה, אלקטרומטריה, ויברומטריה, נזקי התעייפות, קורוזיה וכד'.

### קבוצות משימה

- הוקמו ארבעה קבוצות משימה לנושאים הבאים:
- א. אינטרנט. מרכז: R. Link מגרמניה - lk@dgzfp
- ב. גופים חיצוניים.
- מרכז: R. Roche מצרפת - cofrend@cofrend.asso.fr
- ג. מערכת איכות מקיפה לבל"ה.
- מרכז: G. Aufricht מאוסטריה - aufricht@mittli.at
- ד. קידום של בלי"ה (במיוחד בהקשר לבטיחות).
- מרכז: V. Krstelj מקרואטיה - vjera.krstelj@fsb.hr

### סיכום

ארגון עמותות הבל"ה האירופאי הצליח במשימותיו והגיע להישגים. העמותות החברות תמשכנה במאמץ המשותף להגשמת היעדים שנקבעו לאור ההתפתחויות החדשות בעולם. הכוונה היא להגדיל את ההכרה בארגון הבל"ה ולהביא את הנושא למודעות רחבה. היקף הטכנולוגיות של בלי"ה יורחב מעבר לשיטות המסורתיות וכתוצאה מכך יגדל מספר העובדים במסגרת של בלי"ה. אתר הארגון יעודכן ויפותח כך שניתן יהיה למצוא בו בסיס מידע שימושי לעובדים בשיטות בלי"ה ולמתעניינים בנושא. העמותה שלנו ממלאת אחר כל הדרישות המוצבות ע"י הארגון האירופאי על מנת שההתעדות שלה תמשכנה להיות מוכרות והיא אף נקטה באמצעים (ראה הסבר בעיתון הקודם) על מנת שתהא לה גישה לבנק השאלות המפותח לבחינת התעדה של עובדי בלי"ה.

### מראי מקומות

1. EFNDT - European Federation for Non-Destructive Testing; www.efndt.org
2. EFNDT Board meeting, 9 and 10 May, 2003; <http://www.efndt.org/?page=showNews&nid=41>
3. SWOT Analysis - Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats; [http://www.mindtools.com/pages/article/newTMC\\_05.htm](http://www.mindtools.com/pages/article/newTMC_05.htm)
4. NADCAP - National Aerospace and Defense Contractors Accreditation Program; www.pri.sae.org

- צורך להסביר ולהראות את היתרונות העולים מיישום של שיטות אלו.
- ב. עסקי הבל"ה, על כל היבטיהם, נוטים להיות גלובליים וכפופים לתקנים, דירקטיבות וחוקים, הנקבעים ע"י גורמים שמחוץ לכל אחת מהמדינות. בין גורמים אלו מצויים האיחוד האירופאי, ארגונים של מגזרים תעשייתיים (לדוגמה NADCAP) או גופים בינלאומיים (לדוגמה: IAF, IAEA, ISO).
- ג. טכנולוגיות הבל"ה התרחבו למגזרי פעילויות חדשים ורבות מהעמותות החברות כוללות היום בנוסף לשיטות הבל"ה המסורתיות, גם את התחומים הקשורים בניטור מצב וטכנולוגיות אבחון.
- ד. הגידול במספר המדינות החברות באיחוד האירופאי.

### עוצמות וחולשות של EFNDT שצוינו הן:

- א. EFNDT רכש מוניטין ולכן יוכל לשמש נציג אפקטיבי יותר של עמותות הבל"ה החברות בו.
- ב. EFNDT נדרש לחזק את קשריו עם העמותות בארצות מזרח אירופה. יש להגדיל את מעורבות הארגון בועדות תקינה, ברשויות ובגופים רגולטוריים של כל המגזרים הדנים בבטיחות.
- ג. ה-EFNDT משלימה את הפעילויות שהעמותות החברות ממלאות. בנושאים שבהם אין הסכמה בין העמותות ה-EFNDT מספק מידע, מארגן פגישות לויכוח ודיון, כך שלעמותות החברות יהיה את מלוא המידע.

### הזדמנויות חדשות ל-EFNDT

- יצירת אתר אינטרנט אחד המקושר לכל האתרים של העמותות החברות בארגון. בדרך זו תהיה גישה נוחה למידע לקהילת המתעניינים בבל"ה. בנוסף נדונו האפשרויות הבאות:
- א. יצירת בסיס מידע אירופאי לבל"ה, הכולל ספרים וקורסי הכשרה בכל הרמות, בשפות האירופאיות השונות.
- ב. קידום מערכת EFNDT לאישור גופי התעדה של העובדים בבל"ה. צוין שכיום טכנולוגיות הבל"ה מבוססות יותר ויותר על אמצעים דיגיטליים ועל אוטומטיזציה ולכך ישנן השלכות על ההכשרה וההתעדה של עובדי הבל"ה. נשקלת האפשרות ש-EFNDT יפרסם הנחיות שיעסקו בנושא זה. מובן שהעמותה שלנו עוקבת אחר התפתחויות אלו על מנת לבצען אצלנו כך שההכרה בגוף ההתעדה ISRACERT לא תפגע.
- ג. הכנה של מסמכים מנחים מטעם ה-EFNDT אשר יפורסמו באתר. המסמכים יקיפו נושאים כגון: בחינה בשירות, קווים מנחים להכשרה בטכנולוגיות בלי"ה חדשות.

### אסטרטגיה

- מהניתוח עלו הנושאים הבאים שיש להחליט על הכללתם באסטרטגיה:
- א. שימוש משופר ורחב יותר באינטרנט. כולל הקמת פורטל מידע, בסיס מידע - ספריה לספרי הכשרה בבל"ה ולקורסים;

Prepared for the Conference of Presidents of Major American Jewish Organizations in association with the Fairness Project by the Jerusalem Center for Public Affairs

**DAILY ALERT** October 2, 2002

**Israel Wants to Protect the Al Aqsa Mosque**

The Israeli Society for Non-Destructive Testing has asked its European counterpart to examine the condition of the Temple Mount. According to architect Tuvia Sagiv, the foundations of the Al Aqsa mosque are not connected to the original Al Aqsa columns in the lower levels of the plaza. "In the southern wall there is a bulging in the walls that could result in a collapse of the wall and that would drag down the mosque." The entire plaza between the Dome of the Rock and the Al Aqsa mosque could collapse.



חדשות ASNT

**What is ASNT?**

ה-ASNT, American Society for Non Destructive testing, הוא הארגון הטכני הגדול ביותר בעולם לבדיקות לא הורסות. ארגון זה הוא מרכז בינלאומי המקשר בין אנשי NDT מכל העולם, מרכז פורומים להחלפת מידע טכני בין אנשי המקצוע, מנהל מרכזי למידה והסמכה של עובדים בתחום, עורך תקנים להסמכת עובדי NDT המוכרים בכל העולם, מוציא לאור ספרות מקצועית ועוד.

הארגון, אשר פועל ללא מטרות רווח, נוסד בשנת 1941 ונקרא בעבר האגודה האמריקאית לרדיום וקרנית X. בזמן הקמתו מנה כ-10,000 חברים מ-400 חברות שונות.

כיום הארגון מכיל 87 סקציות מקומיות המייצגות מדינות שונות בארה"ב ובשאר העולם. הארגון מורכב ממועצת מנהלים ומועצות אזוריות המנוהלות מהמטה הראשי בקולומביה אוהיו. מועצות אלה מטפלות בנושאים טכניים, בהדרכה ובהסמכה, במחקר ובהתעדה.

בכנסים של ה-ASNT משתתפים כ-2000 אנשי מקצוע המגיעים מכל קצוות העולם.

**מה חדש ב-ASNT?**

- עיצוב חדש ונוח של החנות הוירטואלית לרכישה של ספרות מקצועית ומוצרים נלווים, כתובת האינטרנט של החנות: <http://www.asnt.org/shop/index.html>
- בבחירות האחרונות למנהל אזורי הממונה גם על סקציית ה-ASNT הישראלית נבחר מר סטיב לוונדר מבריטניה לקדנציה נוספת.
- לאזור 18, לו שייכת הסקציה הישראלית, משתייכות גם סקציית North Atlantic מבריטניה, סקציית כנען מישראל וסקציית דרום אפריקה.

**ASNT Fall Conference 2003 Overview**

כנס הסתיו של ה-ASNT נערך בין ה-13 ל-17 לאוקטובר 2003 בפיטסבורג פנסילבניה. נכחו בו 1420 אנשי NDT. 93 הרצאות הוצגו לפני הקהל בנושאי בדיקות בתעופה, תעשיות הפטרוכימיות, בדיקות בהנדסה אזרחית ושיטות בדיקה חדשות.

הרצאת הפתיחה ניתנה על ידי John Dukk בנושא "מחזור החיים של סדק". בכנס הציגו 117 יצרנים את מיטב חידושי הציוד לבדיקות. בין המציגים היו חברת "Vidisco" הישראלית וחברת "Scan Master" שלה שורשים ישראליים.

מישראל השתתפו בכנס ד"ר יוסי שואף, משה ברמן ואריה רוזן. במהלך הכנס בטקס חגיגי התמנה הנשיא החדש Mr. Joseph Mackin כאשר הנשיא היוצא Mr. Nat Faransco התמנה ליו"ר האגודה.



Mr. Joseph Mackin  
נשיא החדש של האגודה האמריקאית

**ASNT Meetings 2004**

- The Digital Imaging VII topical conference will be held in Mashantucket, Connecticut, 26-28 July 2004.
- Structural Materials Technology (SMT): NDE/NDT For Highways and Bridges, Buffalo Hyatt Regency, Buffalo, New York.
- The ASNT Fall Conference and Quality Testing Show will be held in Las Vegas, Nevada, 15-19 November 2004.

# פרס חברת Frost & Sullivan לחידושים טכנולוגיים מקוריים - מוענק לראשונה לחברה ישראלית

המסקנות העיקריות של מחקר זה, הוא שאמינותה של הבדיקה האולטראסונית תלויה בצורה משמעותית לא רק באמינות הציוד או ברגישות הטכנולוגיה לגלות פגמים, אלא גם בכישורי הבודק. בנוסף מצאו כי למערכות האוטומטיות הקיימות, ישנן חסרונות ספציפיים וביניהם חוסר יכולת לסרוק אזורים קשים לבדיקה או עצמים בעלי גיאומטריה מורכבת והזמן הרב הנדרש לכייל את המערכת לבדיקה.

בשנת 1995 פיתחה חברת Sonotron NDT, מערכת אוטומטית המשלבת בין היתרונות של המערכות הניידות, עם היתרונות של מערכות אוטומטיות מבחינת יכולת רישום, עקיבות ובחינה אוטומטית של הצימוד בין הגשיש לאובייקט הנבדק. הגרסה הראשונה של המוצר הוצגה כמכשיר בדיקה אולטרסוני סטנדרטי, המשולב עם מערכת רישום. המוצר זכה להצלחה גדולה, אך השימוש במכשיר רגיל ובמערכת רישום נפרדים הכביד על הבודקים.

בכדי לפתור בעיה זו, פיתחה החברה מכשיר משולב המבוסס על מערכת מחשב אחת, מכשיר ששימש חברות רבות בעולם העוסקות בתחום התעופה, ייצור מכלי לחץ ובמספנות. המגבלה של מוצר זה הייתה, שלשם שימוש נייד במוצר, נדרשו מחשבים ניידים חזקים, שהיו יקרים באותה תקופה.

על בסיס ציוד זה פיתחה Sonotron NDT את ה-ISONIC2001.

יחידה זו מעוצבת כמכשיר בדיקה אולטרסוני נייד, בעל מסך מחשב ומקלדת, וכוללת בתוכה את מערכת הבדיקה האולטרסונית, כאשר האביזרים הנלווים הם מערכת המיקום ובדיקת טיב ההצמדה, למערכת חבילת תוכנות בדיקה ליישומים שונים.

למערכת ה-ISONIC2001 חיבור לאינטרנט, המאפשר גישה מרחוק למידע המופק בתהליך הבדיקה ומאפשר העברת המידע בזמן אמת לצורך התייעצות או כדי לספק את המידע ללקוח.

המכשיר נבנה בצורה גמישה המאפשרת שימושים שונים על גבי אותה פלטפורמה, קיימות תוכנות שונות לאפליקציות שונות בהתאם לאופי הבדיקה או לקונפיגורציית החלק הנבדק.

הפרס הוענק לחברת Sonotron NDT על פיתוח מכשיר ISONIC2001 ומגוון היישומים שלו.

חברת פרוסט את סאליבן (Frost & Sullivan) היא החברה המובילה בעולם, העוסקת בייעוץ ובהכשרת חברות. חברה זו רכשה מוניטין עולמי בפרסום דוחות איכותיים בעשרים תעשיות מובילות.

פרוסט את סאליבן מפרסמת חברות המגיעות להישגים תעשייתיים מרשימים על ידי חלוקת פרסי פרוסט את סאליבן לחברות-על בשוקים אזוריים ועולמיים.

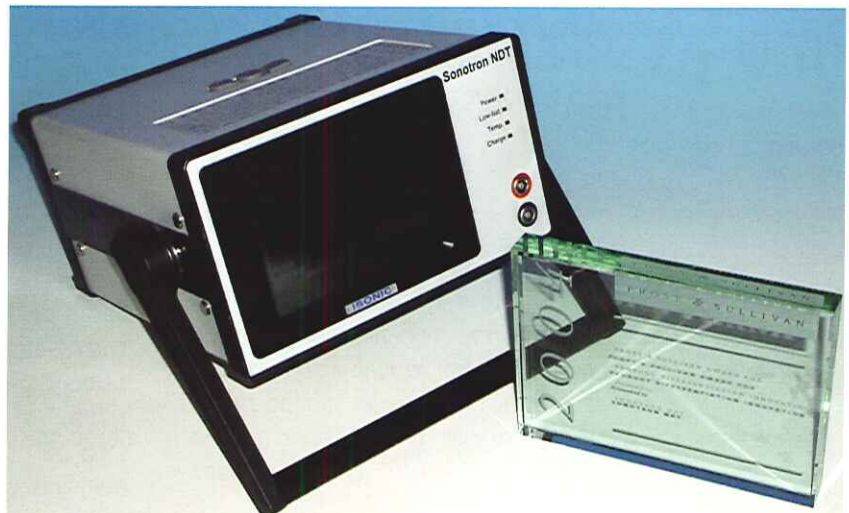
חברת פרוסט את סאליבן בוחנת את המוצרים שהוצגו בפניה במהלך כל השנה ובוחרת את אלו שהתבלטו בצורה הטובה ביותר ביכולת פיתוח וקידמה בהשוואה למוצרים של חברות מתחרות.

פרס זה מכיר ביכולת החברה לאמץ למוצריה טכנולוגיות חדשות או קיימות, ולכלול מוצרים אלה בין מוצרי החברה המובילים.

כמו כן נבחנת היכולת לתרום בצורה משמעותית לתעשייה בביצועים וברמת השינוי הטכני.

מאז הקמתה, בערך לפני כעשור, שאפה חברת Sonotron NDT. לפעול בתחומים ייחודיים בענף הבדיקות הלא הורסות. החברה מבוססת על היכולת המדעית של מייסדיה, בתחום הבדיקות הלא הורסות.

בזמן פיתוח יוזמה עסקית חדשה הזו, ערכה Sonotron NDT מחקר מקיף לגבי שימושי ודרישותיו של המשתמש הסופי במוצר. אחת



## מכונה לשטיפת חלקים כהכנה לבדיקות בצבע חודר



תהליכי הניקוי המקובלים, כהכנה לבדיקה בצבעים חודרים, מבוססים בדרך כלל על ממיסים אורגניים נדיפים וזאת כדי להבטיח במידת האפשר שפני השטח יתייבשו לחלוטין, בזמן קצר וללא אמצעים מיוחדים. הבעייתיות של חומרים אלו, בנוסף לעלותם הגבוהה, שהם בדרך כלל מסוכנים לנשימה ועלולים להיות דליקים ונפיצים.

לעומתם חומרי הניקוי על בסיס מימי, שאופן

פעולתם הוא הוספת דטרגנט מסיס במים הנקשר לזיהום האורגני ומסירו מפני החומר, זולים יותר וידידותיים לעובדים ולסביבה.

הקושי שבשימוש בחומרים על בסיס מימי הוא הצורך בחימום המים והצורך בשטיפת הדטרגנט מפני השטח. יש לציין, כי ניקוי יסודי אמור להתבצע גם לאחר הבדיקה, להסרת כל שאריות הצבע מפני השטח. הניקוי המימי ניתן לביצוע, כאשר נוכל להבטיח חדירה טובה של חומר הניקוי ומי השטיפה לתוך הסדקים. אחת הדרכים היעילות להשגת מטרה זו הוא שימוש במכונה מסוג מדיח תעשייתי בלחץ גבוה.

פעולת מכונת הניקוי כוללת שלושה שלבים: ניקוי במים חמים ודטרגנט בלחץ גבוה עד 50 אטמוספירות, שטיפה ע"י מים בלחץ גבוה עד 50 אטמוספירות, יבוש ע"י אוויר חם לאידוי כל שאריות המים מפני השטח ומסדקים.

מכונות אלו מיובאות ע"י FISHER M.A. INTERNATIONAL TRADERS (1986).

## סורק צילומים רדיוגראפים LUMISCAN 85 -



דרישות התקנים לשימור התשלילים של סרטי הצילום הרדיוגרפיים, למשך חמש שנים או יותר, גורמת לבזוז משאבים רבים בהקמת ארכיונים וצורך בפיקוח ושליטה על חומר רב.

בנוסף לכך, בעולם הדיגיטלי בו אנו חיים ישנה ציפייה לזמינות גבוהה של מסמכים ויכולת העברתם ברשת מחשבים.

תשלילים אלו לא ניתנים לסריקה בסורקים רגילים בעיקר בגלל דרגת ההשחרה הגבוהה. לצורך זה פיתחה חברת VMI סורק מיוחד שבעזרתו מועבר המידע האנלוגי שעל גבי התשליל למידע דיגיטלי.

המידע הדיגיטלי יכול להישמר לזמן בלתי מוגבל ותופס שטח אחסון מינימלי. מעבר לכך, ניהול הארכיון פשוט יותר וקל לשלוף את המידע הרצוי ולהפיצו.

רזולוציית הסריקה יכולה להגיע ל-50 מיקרון וניתן לסרוק בכל תחומי ההשחרה המקובלים בבדיקות לא הורסות, בין 0.03 ועד מעל 4. גודל הסרט הניתן לסריקה הוא 17"X14" (43x35 ס"מ).

היבואן: VSR Technologies

## מכשיר לבדיקת מאמצים במתכות מתוצרת חברת Barkhausen בשיטת STRESS-TECH

לאחר ולנבא הופעת נזקים במתכת כתוצאה מחימום ("כוויות") בתהליכי הייצור והשימוש במוצר.

המערכת נרכשה בארץ על ידי חברה העוסקת בבדיקה ושיפוץ מכלולים תעופתיים למגזר הצבאי והאזרחי. עד עתה נבדקו מכלולים אלו בשיטת Nital Etching, דבר שסרבול, האריך וייקר את תהליך הבדיקה, חלק מהמכלולים שנבדקו מצופים בצפוי כרום. אשר יש להסירו לפני הצריבה, דבר שאילץ את החברה לבצע עבודת הכנה ממושכת ולהשתמש בכימיקלים מסוכנים.

במכשיר ROLLSCAN ניתן לבצע את הבדיקות תוך מספר שניות, ללא צורך בהכנה של החלקים הנבדקים וללא כל שימוש בכימיקלים. התוצאות המתקבלות הן אובייקטיביות ומדויקות. המערכת מאפשרת קבלת תיעוד מדויק של הבדיקה ותוצאותיה באמצעות תוכנת מחשב ידידותית. המערכת ניתנת להתקנה בתוך מתקני בדיקה ללא צורך בהכנת תשתית מיוחדת. משקלה הנמוך של המערכת ואפשרות הפעלתה מתוך סוללה פנימית, מאפשרים ניידות וביצוע בדיקות בכל אתר. המערכת מסוגלת לעבוד כ- Stand Alone.

בתחום התעופה. משתמשות בציוד חברת STRESS-TECH חברות ידועות שם כגון: McDonnell, Sikorsky Aircraft, General Electric, Boeing, Douglas, Air Bus, Bell, Messler Hispano ועוד.



לאחרונה הוכנסה לשימוש בארץ מערכת בדיקה מדגם ROLLSCAN200 הפועל על עקרון שיטת Barkhausen Noise מתוצרת חברת STRESSTECH - פינלנד, המיוצגת בלעדית ע"י חברת ר.ב.מ. בע"מ בקרה ומיכון.

Barkhausen Noise Analysis היא שיטת בדיקה אל-הרס המיועדת

## מכשיר שליפה הידראולי - DYNA



חברת PROCEQ - שווייץ, המיוצגת בישראל על ידי חברת ר.ב.מ. בע"מ בקרה ומיכון שדרגה את מכשיר השליפה ההידראולי הנייד מדגם DYNA.

המכשיר נייד, המיועד לבדיקות חוזק שליפה של עוגנים, יתדות, ברגים ומסמרות. למכשיר נוספו אפשרויות ויכולות נוספות: כושר איסוף נתונים של יותר מ-450 מדידות, ממשק מהיר עבור "Windows 95, 98, Me,"

XP" להעברת הנתונים למחשב, קריאת peak, ממוצע, קצב (כוח/זמן), ועוד. המכשיר בעל דיוק גבוה של +/- 0.5% ודיוק של משדר ה-displacement הוא +/- 0.1 מ"מ.

DYNA משווקת בארבעה תחומי כוח לשליפה: 0-6 KN עד 16 KN25 ותחום של עד 50 KN, הטווחים הללו נקבעו לאחר בדיקת צרכי הלקוחות. למכשיר קיימות שלוש גרסאות:

- דגם FS המכיל תא כוח ומשדר displacement המאפשר בדיקת כוח תלויה ביחידות מרחק.
- דגם SE בעל תכנות דומות לדגם FS אך אינו מכיל משדר displacement.
- דגם S דגם חסכוני שבו אין יחידת איסוף נתונים וניתן לקבל בו רק תוצאה אחרונה וערך peak.

מעתה תוכל לבצע כבר באתר בדיקות אותן יכולת לבצע עד היום רק על-ידי ציוד קבוע - מעבדתי או בדגמים מוקטנים, במעבדה.

מכשיר נעשה שימוש בטכנולוגיה חדשנית של מערך גלאים (8192) אשר מאפשרים כיסוי מלא של הספקטרום בין 175 עד 370 ננומטר. כל התחום מכוסה בו זמנית, כך שאין צורך בכיול עבור כל ערוץ לאחר כל מדידה. פעולת המכשיר מבוססת על הפעלת קשת חשמלית בנקודות הבדיקה אשר גורמת לניצוץ, התחום האופטי של ניצוץ זה נמדד על ידי מערך הגלאים אשר נמצאים בראש המדידה המוצמד לחומר הנבדק. בסיום הבדיקה, האורכת מספר שניות, ניתן לקבל אנליזה של היסודות הנמצאים בחומר הנבדק וכן את ריכוזם, ניתן לבצע מדידה של כל יסוד בדיוק רב ביותר (לדוגמה 0.001% פחמן בריכוז פחמן של 0.04%), וכן להציג זיהוי של הסגסוגת הנבדקת. לאחר הבדיקה, יישאר סימן זעיר על גבי המוצר/הדגם הנבדק.

## ספקטרומטר אופטי נייד - ARC-MET 8000XP



חברת METOREX INTERNATIONAL המיוצגת בלעדית על-ידי חברת דקטל טכנולוגיות מתקדמות בע"מ, פיתחה ספקטרומטר אופטי חדש לזיהוי מתכות (OES) ולביצוע אנליזה ליסודות, דגם ARC-MET8000XP.

המכשיר נייד (10 ק"ג) ומאפשר ביצוע בדיקות בשדה על המוצרים הסופיים ללא צורך בהכנת דגמים. קלות ההפעלה מאפשרת שימוש יום יומי במכשיר לביצוע אנליזות בבדיקות קבלה, באולם היצור ועל מוצרים מוגמרים.

מכשיר נעשה שימוש בטכנולוגיה חדשנית של מערך גלאים (8192) אשר מאפשרים כיסוי מלא של הספקטרום בין 175 עד 370 ננומטר. כל התחום מכוסה בו זמנית, כך שאין צורך בכיול עבור כל ערוץ לאחר כל מדידה.

פעולת המכשיר מבוססת על הפעלת קשת חשמלית בנקודות הבדיקה אשר גורמת לניצוץ, התחום האופטי של ניצוץ זה נמדד על ידי מערך הגלאים אשר נמצאים בראש המדידה המוצמד לחומר הנבדק. בסיום הבדיקה, האורכת מספר שניות, ניתן לקבל אנליזה של היסודות הנמצאים בחומר הנבדק וכן את ריכוזם, ניתן לבצע מדידה של כל יסוד בדיוק רב ביותר (לדוגמה 0.001% פחמן בריכוז פחמן של 0.04%), וכן להציג זיהוי של הסגסוגת הנבדקת. לאחר הבדיקה, יישאר סימן זעיר על גבי המוצר/הדגם הנבדק.

המכשיר ורסטילי וניתן לעבוד עמו באווירת ארגון או באוויר רגיל, כאשר המעבר כרוך בהחלפה מהירה של המתאם. ראש המדידה נוח במיוחד וכולל מתאמים לכניסה למקומות צרים וכן תצוגת הזיהוי והאנליזה על ראש המדידה (הידית).

המכשיר כולל תוכנה מתוחכמת, אך פשוטה להפעלה, אשר מאפשרת את הזיהוי המהיר של היסודות וכן זיהוי של הסגסוגת הנבדקת (עד 22 יסודות מוצגים בו זמנית). בזיכרון המכשיר קיימת ספריית זיכרונות בה ניתן לאגור עד 600 סגסוגות שונות, שאותן יוכל המכשיר לזהות על ידי השוואה לדגם הנמדד, הוספת כיולים ו/או חומרים נוספים ניתנת לביצוע על ידי המפעיל בקלות רבה. למכשיר ישנה אפשרות חיבור למחשב RS232 ו/או מדפסת לקבלת נתונים, תוצאות וספקטרום.

## מערכת דנטגן ניידת חדישה - GIET-SEIFERT



חברת GEIT-SEIFERT מגרמניה, המיוצגת בלעדית על ידי חברת דקטל טכנולוגיות מתקדמות בע"מ, מייצרת סדרה חדשה של מכשירי דנטגן לשימושים תעשייתיים מדגמי ERESO

MF3, המכשירים בעלי מתח קבוע CP, קלי משקל וניידים.

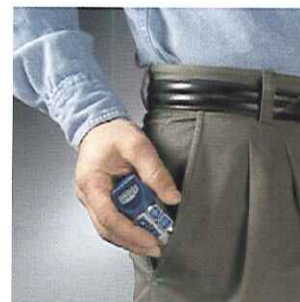
הסדרה כוללת מכשירים במתח מכסימלי של 300kV באספקה של מתח מיוצב קבוע ומדויק. גודל הפוקוס 1.5 מ"מ או 0.5 מ"מ וזרם במתח מקסימלי של 4.5mA. שפופרת מסוג זה מסוגלת לצלם חלקים של עד למעלה מ-60 מ"מ עובי פלדה.

פיקוד דיגיטלי וחדש MP3 במשקל 8 ק"ג, מאפשר דיוק בפרמטרי ההקרנה, חיבור למחשב לקבלת ושידור נתונים וכן ביצוע תכניות הפעלה שונות. הפיקוד כולל בתוכו תכנית חמום מוקדם אוטומטי של השפופרת וכל ההגנות.

השפופרת הקרמיות בעלות אורך חיים גבוה וכן צפיפות הקרנה מעולה. ניתן לקבל שפופרות כיווניות או פנורמיות עם אפשרות לקירור אוויר או לקירור מים.

משקל יחידת ההקרנה - 23 ק"ג, משקל הפיקוד - 8 ק"ג.

## POCKET מד עובי קטן במיוחד מבית קראוטקרמר



חברת GE - קראוטקרמר מציגה: מד עובי דופן מתקדם קטן במיוחד שמשקלו 150 גרם בלבד, המכשיר כולל גשיש 5Mhz משווק על ידי Sonotron NDT נציגות בלעדית של חברת GE Inspection Technologies - Krautkramer.

## חידושים באולטרסאונד - EPOCH4 PLUS - PANAMETRICS

חברת PANAMETRICS (R/D TECH) מארה"ב, המיוצגת בלעדית על ידי חברת דקטל טכנולוגיות מתקדמות בע"מ, ואשר הינה מהחברות המובילות בעולם בתחום מכשירים וגששים לבדיקות אולטרסוניות, פיתחה לאחרונה מכשיר חדיש לבדיקת פגמים EPOCH4PLUS - המכשיר הינו הדור הבא של מכשירי בדיקה אולטרסוניות (דור המשך של EPOCH4) וכולל מסך צבעוני ותכונות מתקדמות כגון:



- משקל נמוך (2.6 ק"ג) כולל סוללה,
- רזולוציה גבוהה (1μ),
- מסך צבעוני מואר גדול LCD (1/4 VGA),
- כיול אוטומטי לגששים,
- זיכרון רחב לתצוגה ולתוצאות,
- אפשרות לחבור גשש בשיטת מגנטיות EMAT,
- בדיקת SPOT-WELD - כולל קריטריוני החלטה לטיב.

## מערכת foX-Rayzor - פאנל דיגיטלי תוצרת ישראל



המערכת מיוצרת על ידי חברת וידיסקו בע"מ המפתחת, מייצרת ומשווקת מערכות X-ray ניידות החל משנת 1988. לחברה שני קווי מוצרים, האחד מבוסס על טכנולוגיית CCD (Near to real time) והשני על פאנלים דיגיטליים שטוחים. לאחרונה חשפה החברה לשוק את מוצרה החדש מערכת - foX-Rayzor הכוללת פאנל דיגיטלי שטוח מסוג Amorphous Silicon. המערכת מופעלת בעזרת מחשב נייד. המערכת כוללת את הפאנל הדיגיטלי הדק ביותר בעולם בעל עובי של 13 מ"מ דק יותר מקסטת פילם". הפאנל הדיגיטלי בעל תחום דינאמי של 14Bit כלומר 16,384 רמות אפור ורזולוציה של עד 3.5lp/mm. שטח שיקוף של 22.3 cm x 21.6 cm בין מגוון הכלים המצויים ב תוכנת ה-foX-Rayzor ניתן לראות 800% Zoom ללא דיגיטיזציה, Window Leveling, להבחנה בין רמות אפור, מסד נתונים חכם המאפשר שמירה של אלפי תמונות ועוד. המערכת כולה ניתנת לעבודה במתח חימוני של 110/220V או עבודה של עד 5 שעות באמצעות סוללות.

## USM 35 מבשיר בדיקה חדש המבנים צבע לכל בדיקה



מסך צבעוני מהיר TFT-LCD בעל שטח גדול ב-38 אחוז. סוללה פנימית נטענת מסוג lithium-ion המאפשרת 10 שעות עבודה או 6 סוללות בגודל C. יציאות VGA להעברת התצוגה לצג מחשב חימוני או מקרן שקופיות. פטנט ייחודי - הצגת ה-LEG בבדיקה בגשיש זוויתי. הערכה בשיטת הד לפי קריטריונים של תקן AWS D1.1 (בדיקת ריתוכים) משווק על ידי Sonotron NDT נציגות בלעדית של חברת GE Inspection Technologies - Krautkramer.

## מד קושי אופטי חדש



ה-TIV (Through Indenter Viewing), מד קושי הפועל בשיטה אופטית מהפכנית, הצפייה בשקע, מדידת האלכסון ומדידת ערך הקשיות מבוצעים תוך צפייה דרך היהלום. שיטת ה-TIV מבוססת על

עיקרון הוויקס, אך ייחודה של מכשיר נייד זה, היא המערכת האופטית המאפשרת צפייה בשקע ומדידה אוטומטית תוך כדי לחיצת היהלום. משווק על ידי Sonotron NDT נציגות בלעדית של חברת GE Inspection Technologies - Krautkramer.

## מערכת סריקה אולטרסונית באוויר - ללא חומר צימוד



לאחרונה הותקנה במפעל ביטחוני בארץ, מערכת חדשה לסריקה אולטרסונית אוטומטית ללא חומר צימוד (Ultrasonic Air-Coupled Inspection). המערכת מיועדת לבדיקת חומרים מוקצפים כגון Rheosell עד עובי של חמישה אינש, בעזרת המערכת ניתן לגלות חללים, סדקים, אי הדבקה ואי רציפויות אחרות. המערכת המיוצרת בארצות הברית על ידי QMI ומיובאת לישראל על ידי מ.נ. הנדסה.

15 Years R&D and Production of Portable X-ray Systems  
Sales in over 60 Countries

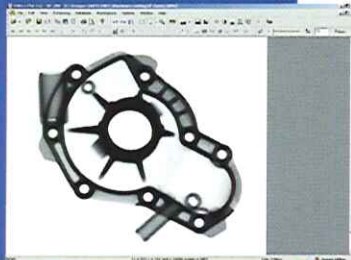
## Lightweight Field Operated DR Flat Panel NDE Systems



Flat foX -17 Flat Panel System



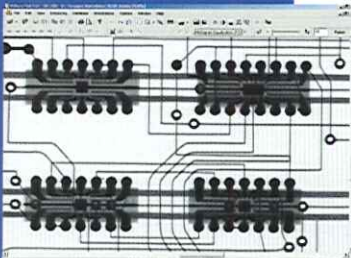
foX-Rayzor Flat Panel System



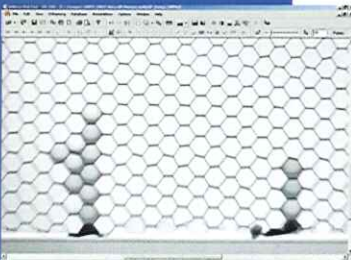
Aluminum Casting



Electronic Circuit Board



Control Valve



Water Penetration in  
F-15 Honeycomb

The **Flat foX -17** and **foX-Rayzor** Amorphous Silicon Portable Flat Panel Systems are truly 100% portable, contained in one case (including the X-ray Source) which is easily carried by a single operator and deployed in minutes anywhere in the field. These panels have the optimum combination of portability, superb dynamic range and excellent resolution.

### DR Flat Panel System Benefits

- Fast Setup & Immediate Results, No Repositioning
- No Processing or Development Time
- "Cost Free" Imaging, Infinite "Reshoots"
- **Flat foX -17** Large Panel Imaging Area of 28 x 40cm"
- **foX-Rayzor** Super Thin Imager - just 13mm - **Thinnest Digital Imager Produced!**

### Highest Quality X-ray Images

- Superb Dynamic Range - up to 14 Bit
- Excellent Resolution - up to 4 lp/mm
- 127 micron pixel size

### Lightning Fast Software

- Multilingual Program
- Data Base & Visual Library Capabilities
- Export/Import & Data Backup Functions
- Automatic Window Leveling
- Zoom up to 800% digitization free

### Portable Field Operation

- Lightweight & Small - One Hand-carried Case!
- Fully Battery Operated
- Laptop Driven Flat Panel System (No PCI Cards)
- 50m of lightweight cable on Reel connecting between Flat Panel and Laptop
- No AC Power and Cumbersome Cables
- 150kV or 270kV Portable Battery Operated Pulsed X-ray Source
- Wireless X-ray and Data Operation

### Experience, Quality & Service

17 Yechiel Dresner St. Petach Tikva 49277 Israel  
Tel. +972-3-930-8022, Fax. +972-3-930-8033  
E-mail. sales@vidisco.com, [www.vidisco.com](http://www.vidisco.com)

הוא לראותנו הביתן חס' 4  
הכנס הלאומי  
להזיקות לא הורטות



**VIDISCO LTD.**  
R&D VIDEO & COMPUTER SYSTEMS



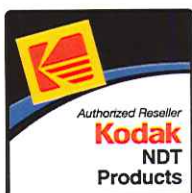
מפיצי קודאק בישראל



## נציגות של החברות:



- ★ מערכות רנטגן דיגיטליות DR
- ★ המרה של צילום לקובץ דיגיטלי CR
- ★ מערכות מחשב לאחסנה דיגיטלית ולהפניה לשלוחות
- ★ סורקי רדיוגרמות באיכות תעשייתית גבוהה



- ★ סרטי צילום לרנטגן
- ★ מכונות פיתוח כימיכלים
- ★ חומרי ניקוי

**POLIMASTER**



- ציוד ניטור קרינה המתקדם בעולם**
- ★ ניטור אישי
  - ★ ניטור סביבתי
  - ★ ציוד אלחוטי

**Colenta**

- ★ ציוד רנטגן רפואי
- ★ מכונות פיתוח המתקדמות בעולם
- ★ ציוד מתכלה



- מצלמות דיגיטליות לבדיקות אולטרסוניות C SCAN

**DIMART S.r.l.**

- ציוד נלווה לבדיקות לא הורסות**
- ★ אילומינטורים
  - ★ דנסיטומטרים
  - ★ אותיות עופרת
  - ★ קסטות PVC ועוד