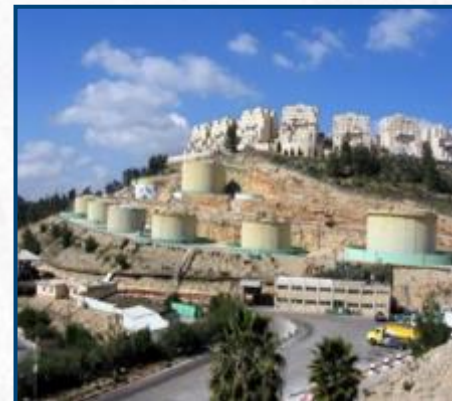
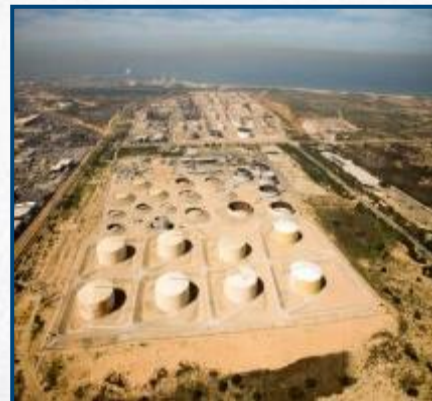


בדיקות חדשניות במיכלי דלק עיליים

גבי שואף בע"מ – צביקה איצקוביץ



כללי

○ סוגי מיכלים

○ דרישות רגולציה ותקינה

○ סוג ומועדי בדיקות

○ אזורים בהם קיים חשש להתפתחות כשלים

○ שיטות בדיקה

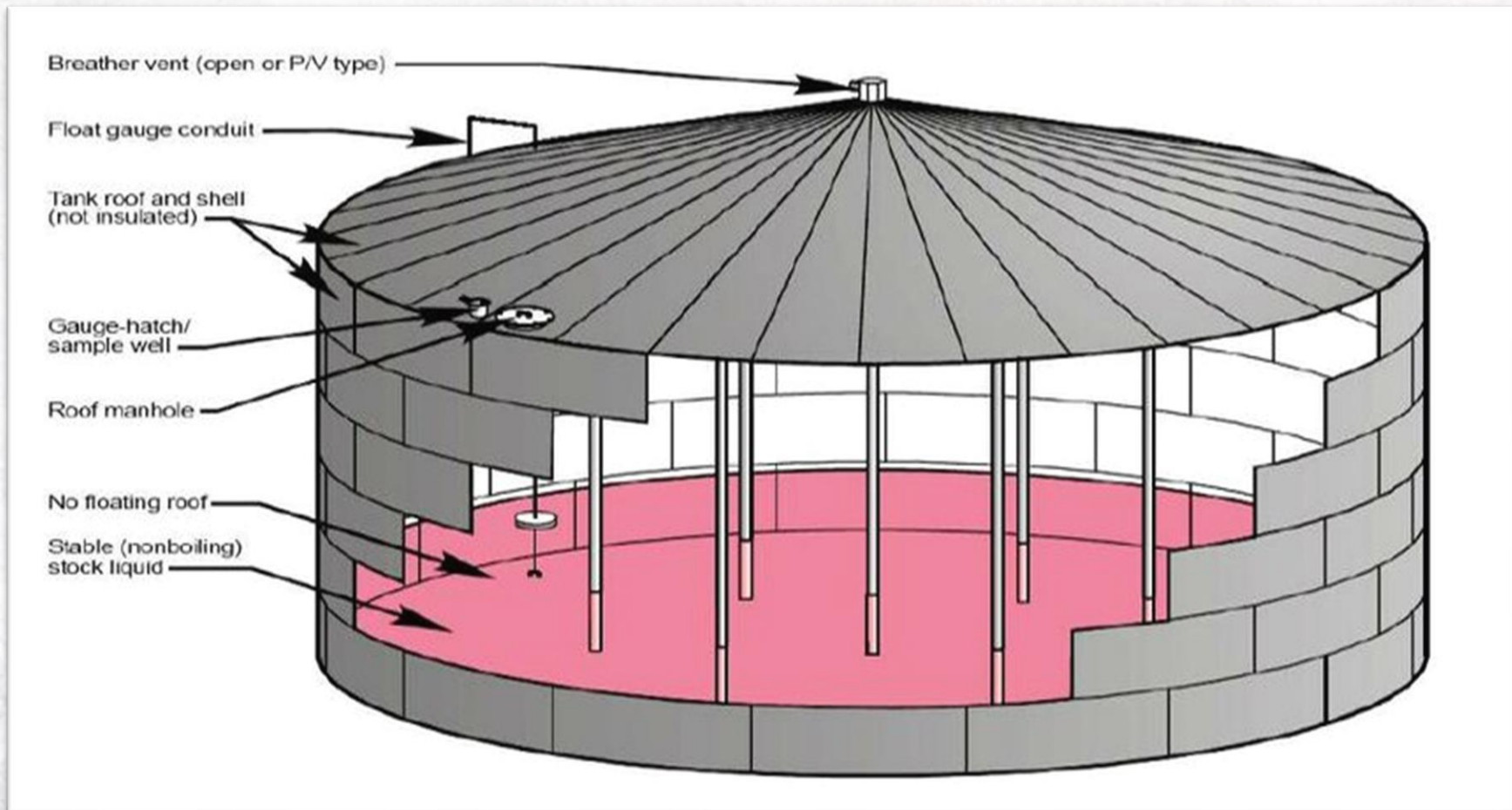


סוגי מיכלי אחסון

- מיכל עילי הינו גוף גלילי אנכי היושב על בסיס בטון או חגורת בטון היקפית, הבנוי מרצפה, מעטפת וגג אשר מורכבים מלוחות פלדה בגדלים שונים.
- כיום מירב המיכלים הינם מיכלים מרותכים אבל עדיין קיימים מיכלים משנות ה-20 של המאה הקודמת אשר מורכבים על ידי מסמרות.

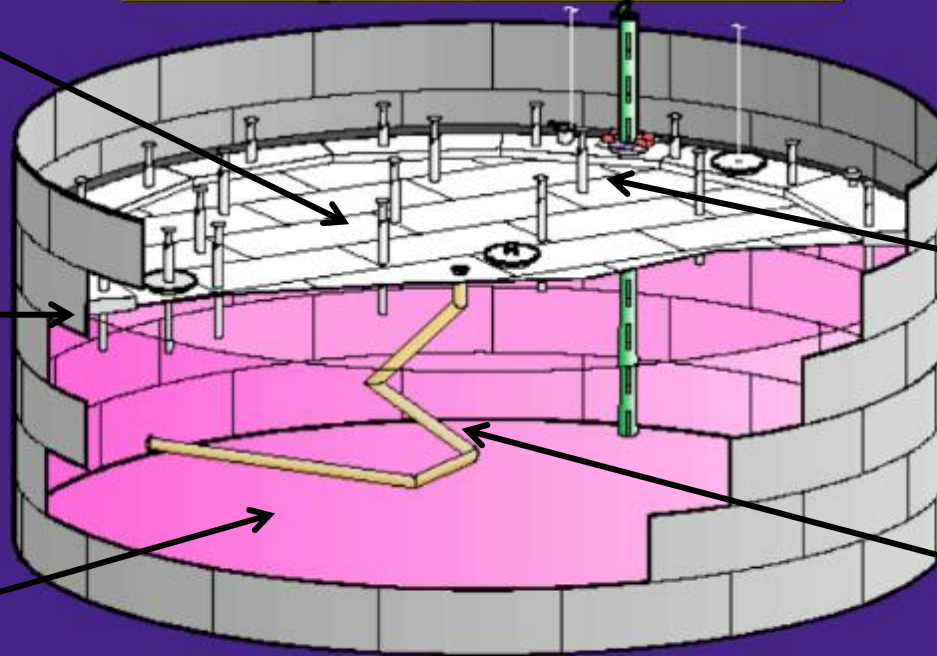


סוגי מיכלי אחסון



סוגי מיכלי אחסון

External Floating-Roof Tank (floating roof, no fixed roof)



גג צף
חיצוני

מעטפת

רצפה

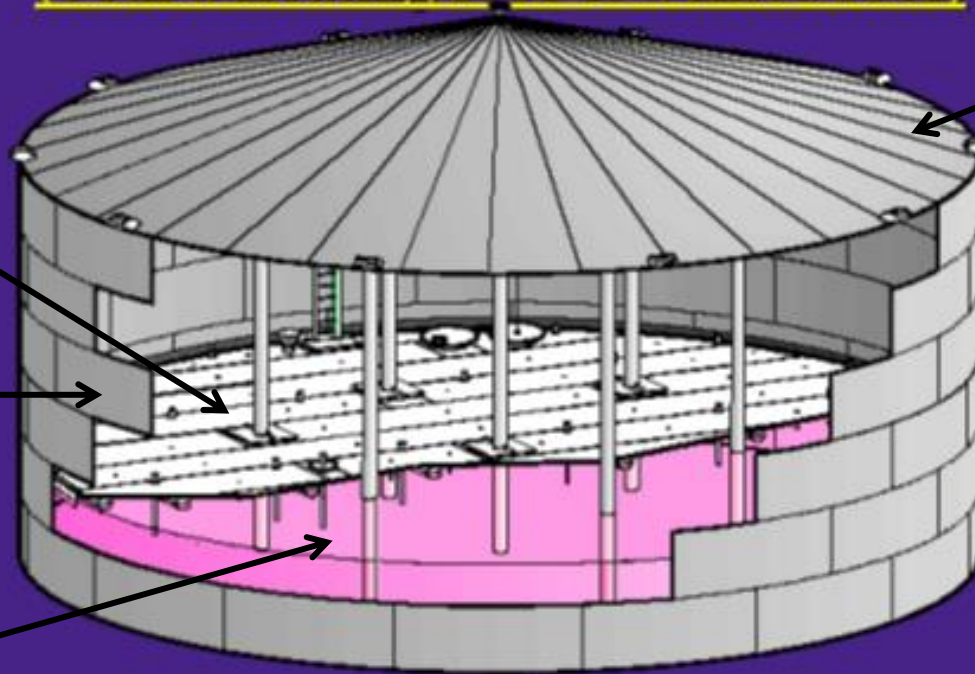
רגלי
הגג
צף

מערכת
ניקוז
מי
גשמים

17

סוגי מיכלי אחסון

Internal Floating-Roof Tank (both a floating roof & a fixed roof)



גג צף

מעטפת

רצפה

גג
קבוע

18

סוגי מיכלי אחסון



תהליך בנייה



תהליך בנייה



רגולציה ותקינה

- תקן API 650 עוסק בבניית מכלים עיליים
- תקן API 653 עוסק במכלי דלק עיליים לאחר הצבתם בשטח
- המשרד להגנת הסביבה, מאמץ את דרישות התקן האמריקאי, API 653 בכל הקשור לבדיקות תקופתיות במיכלי דלק עיליים
- היתר רעלים שניתן לחוות המכלים

סוג ומועד ביצוע הבדיקות

סוגי בדיקות

- בדיקות בשירות – In Service
- בדיקות בהשבתת המיכל – Out of Service

מועדי בדיקות

- בשירות – מקסימום 5 שנים בין בדיקה לבדיקה
- בהשבתה – מקסימום 20 שנה בין בדיקה לבדיקה

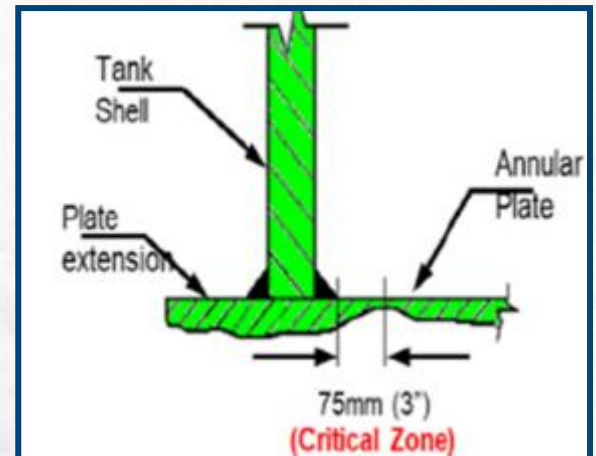
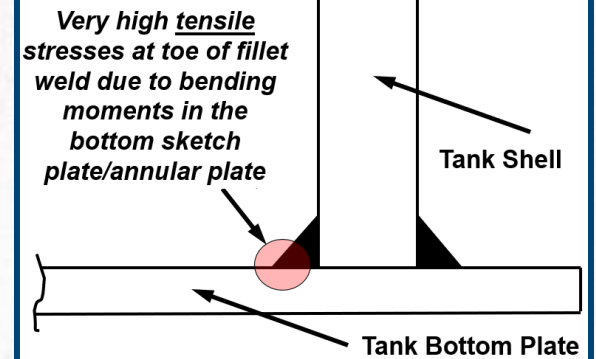
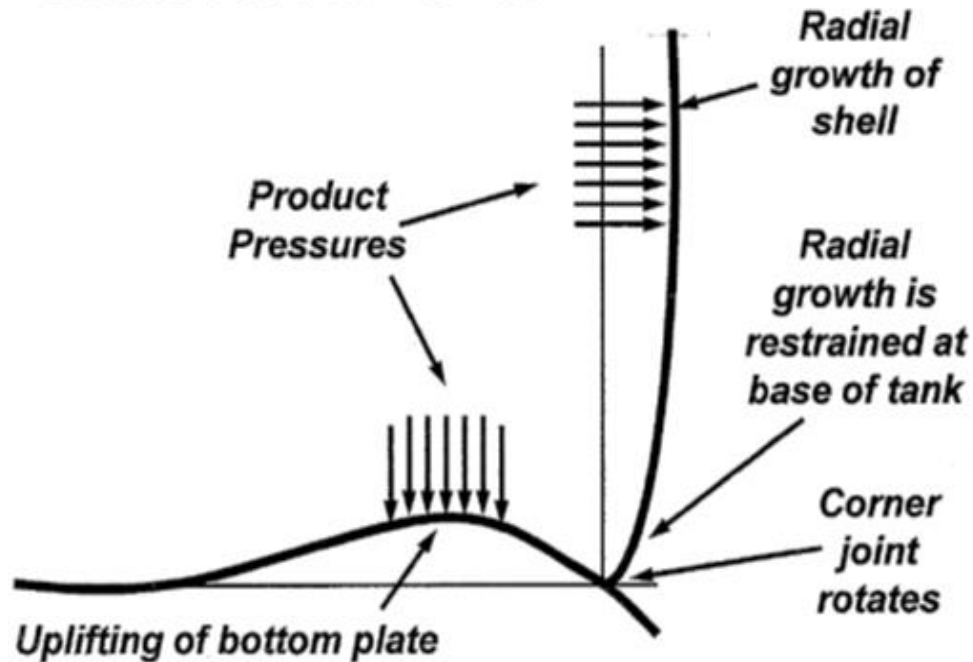
רגולציה – דרישות מיוחדות גוברות על התקן

כשלים נפוצים

- קורוזיה בחלק של הרצפה הבולט מהדופן בעיקר כתוצאה משקיעת המיכל, שיפועים וניקוז מי גשמים.
- רצפת המכל - קורוזיה גימומים המתפתחת מצד האדמה או בצד הפנימי.
- שקיעות הגורמות למאמצים על חיבורי צנרת.
- ריתוכים/ מסמרות - קורוזיה, הזעות
- גג קבוע – קורוזיה כתוצאה מחוסר הגנה על המתכת (צבע).
- גג צף – אטמים יבשים/קרועים, עיוותים, קורוזיה בפלטות הממברנה.

לחץ נוזל באזור הקריטי

Shell-to-Bottom Joint Movements



כשלים נפוצים - Chime



כשלים נפוצים - Chime



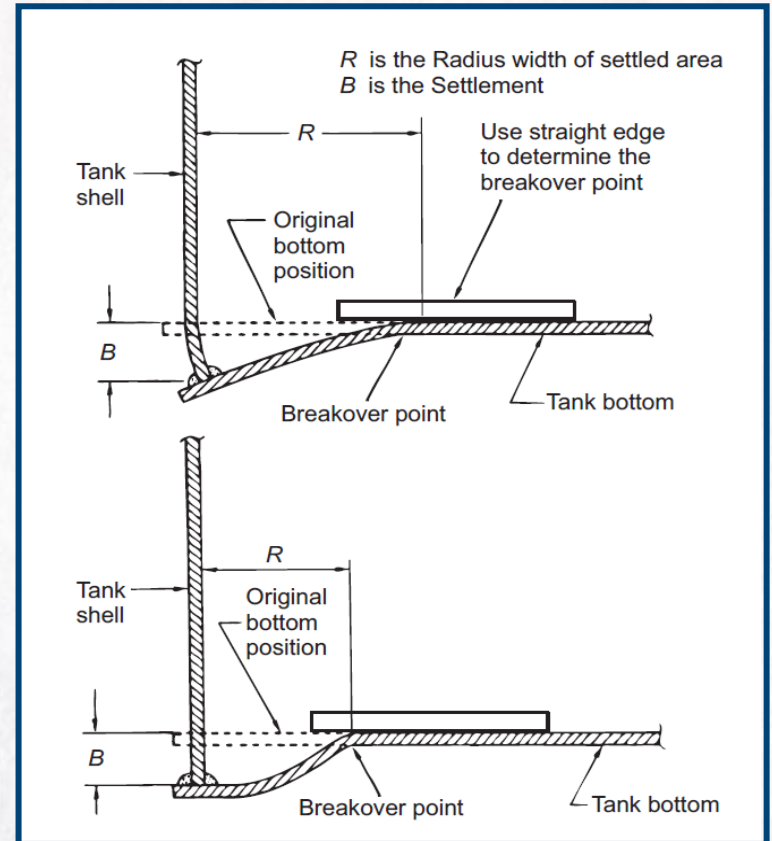
כשלים נפוצים - Chime



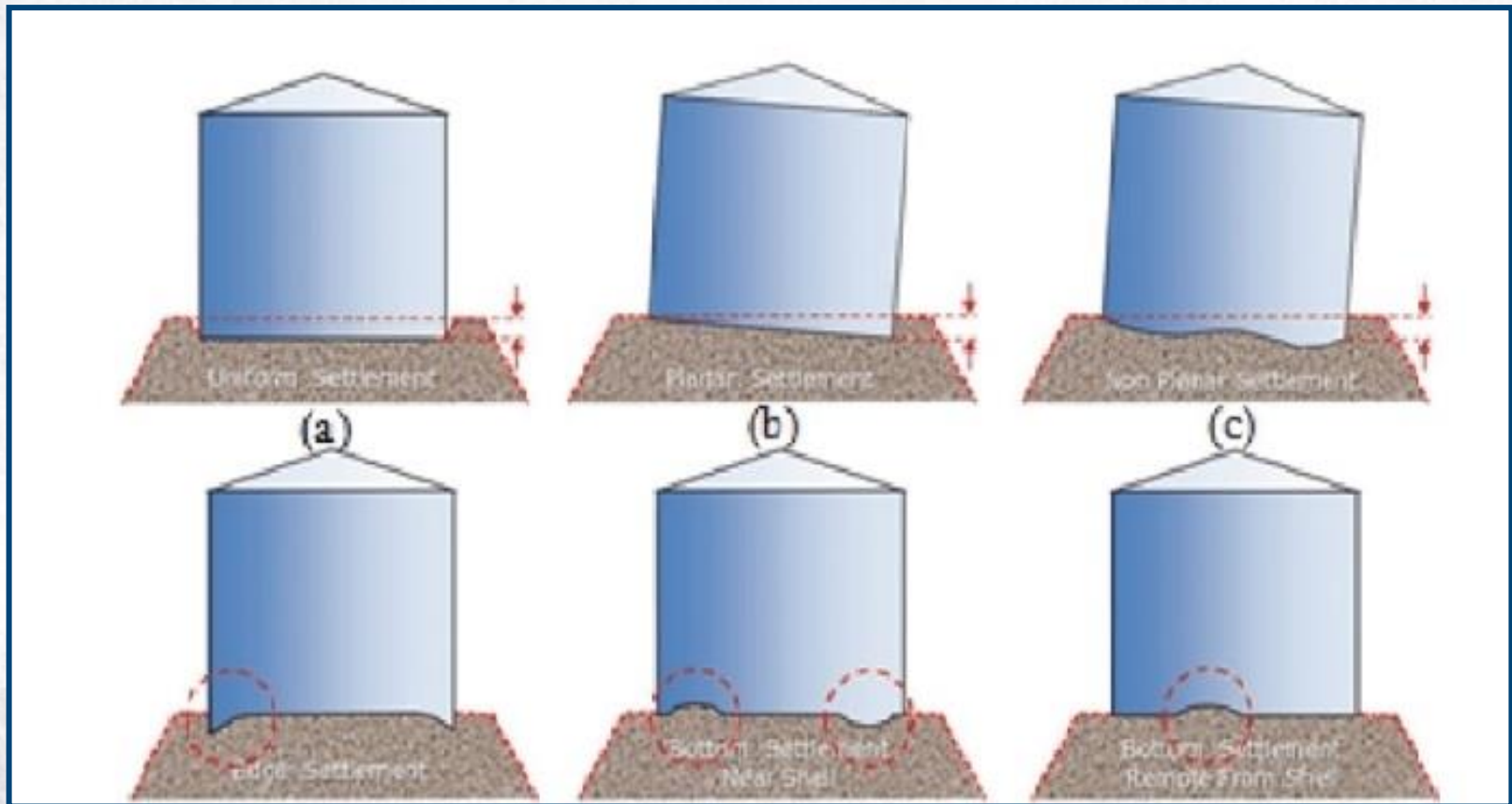
כשלים נפוצים - רצפה



כשלים נפוצים - שקיעות



כשלים נפוצים - שקיעות



כשלים נפוצים - דופן



שיטות בדיקות מסורתיות

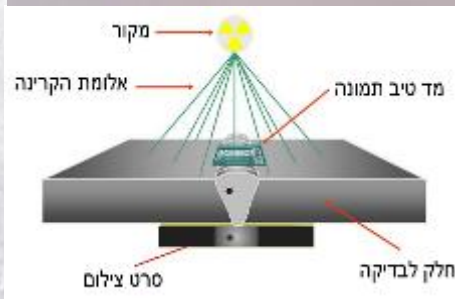
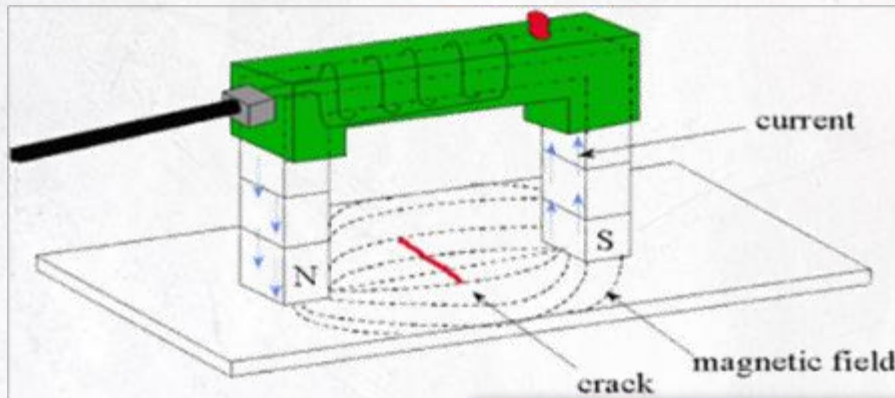
• ויזואלי

• אולטרסוני – עובי דופן בעיקר

• חלקיקים מגנטיים/ צבע חודר

• וואקום

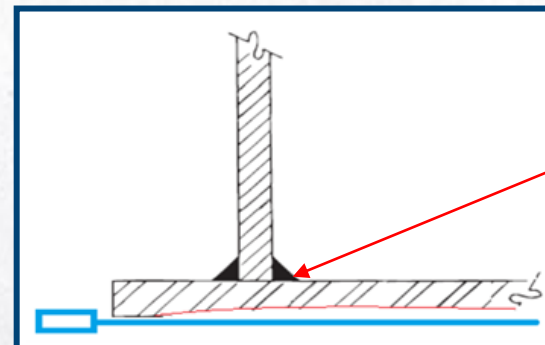
• צילום רדיוגרפי



בדיקת זר המיכל מבחוץ

Pulsed eddy currents (PEC)

- טכנולוגיה מתקדמת של בדיקות בזרמי ערבולת אשר באמצעותן ניתן למדוד איבוד של עובי דופן כתוצאה מקורוזיה (צינורות מבודדים)



אזור קריטי
7.5 ס"מ

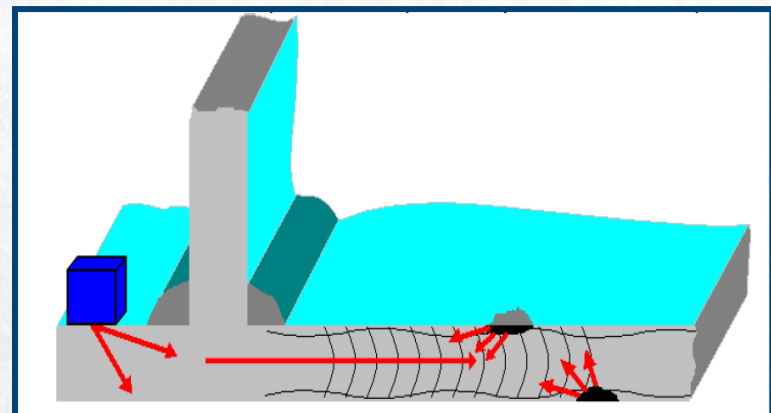
בדיקת זר המיכל מבחוץ

- הגשש הינו סרגל באורך 40 ס"מ ובעובי 4.8 מ"מ עשוי מטיטניום
- מאפשר בדיקה של זר המיכל באזור הקריטי ללא צורך בריקון וכניסה למיכל
- לא דורש הכנת פני השטח, יכול לבצע את המדידה דרך אוויר, אספלט, בטון, מים וקורוזיה
- יש צורך בחפירה קלה שתאפשר את החדרת הגשש מתחת לזר
- הגשש מבודד מפני השפעות של פרמביליות משתנה בחומר
- ניתן לבצע את הבדיקה על ידי בודק אחד
- המידע שמתקבל מקריאות המכשיר הינו באחוזים של ירידת עובי הדופן
- המידע ניתן בתצוגה של A-SCAN / B-SCAN

בדיקת זר המיכל מבחוץ

Long Rang Ultrasonic Testing (LRUT)

- בדיקה אולטרסונית לטווח רחוק לגילוי ירידות עובי דופן
- ניתן לזהות את מיקום הקורוזיה, צד האדמה או צד הנוזל
- דופן הזר חייב להיות אחיד (ללא קורוזיה)
- פני השטח חייבים להיות חלקים
- דורש הכנת דגם כיול ספציפי לכל בדיקה



בדיקות עובי בשיטה האולטרסונית



בדיקות עובי בשיטה האולטרסונית

בדיקות עובי דופן באמצעות רובוט המטפס על דופן המיכל -
רובוט מסוג - Scorpion 2

- גשש גלילי ללא צורך בחומר צימוד
- מאפשר מהירות סריקה 18 ס"מ בשנייה. (5 שניות למטר)
- איסוף נתוני מדידה כל מ"מ
- סריקה בקווים אנכיים בהיקף המיכל
- שיטת תצוגה A-SCAN / B-SCAN



movavi

בדיקות עובי בשיטה האולטרסונית

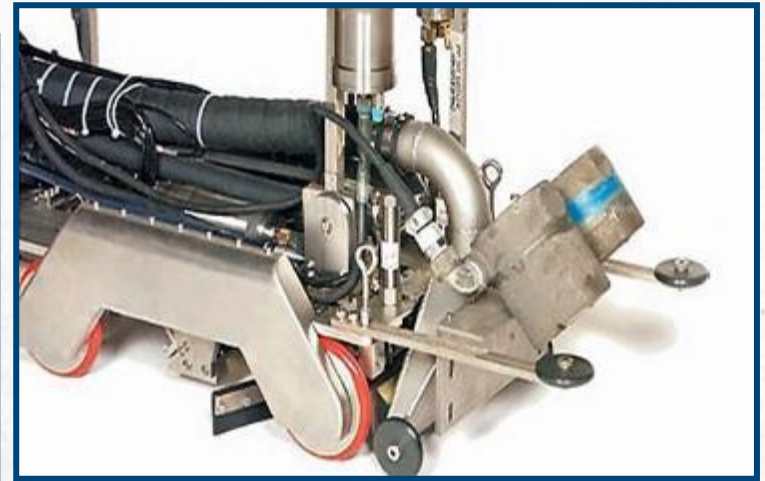
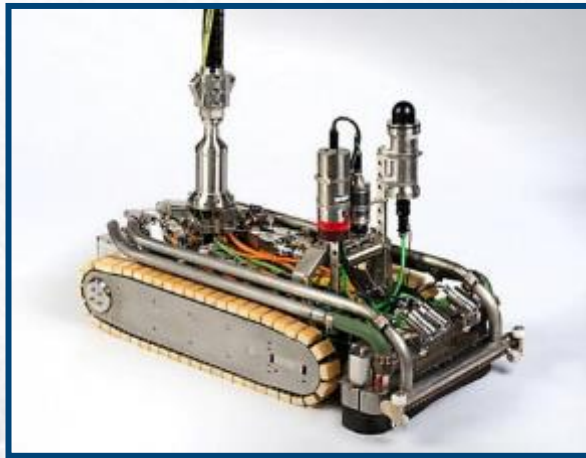
רובוט מרובה גששים - RUG – rapid ultrasonic gridding

- 4 עד 100 גששים שלוקחים קריאות עובי דופן בו זמנית – מרווח בין כל גשש 6מ"מ
- מהירות סריקה 30 ס"מ בשנייה (3.3 שניות למטר)
- כל גשש לוקח כ-250 נקודות מדידה כל 30 ס"מ (מדידה אחת כל שנייה)
- כיסוי שטח של 0.3 x 0.3m עד 6 x 6mm
- שיטת תצוגה A-SCAN / B- SCAN

 movavi

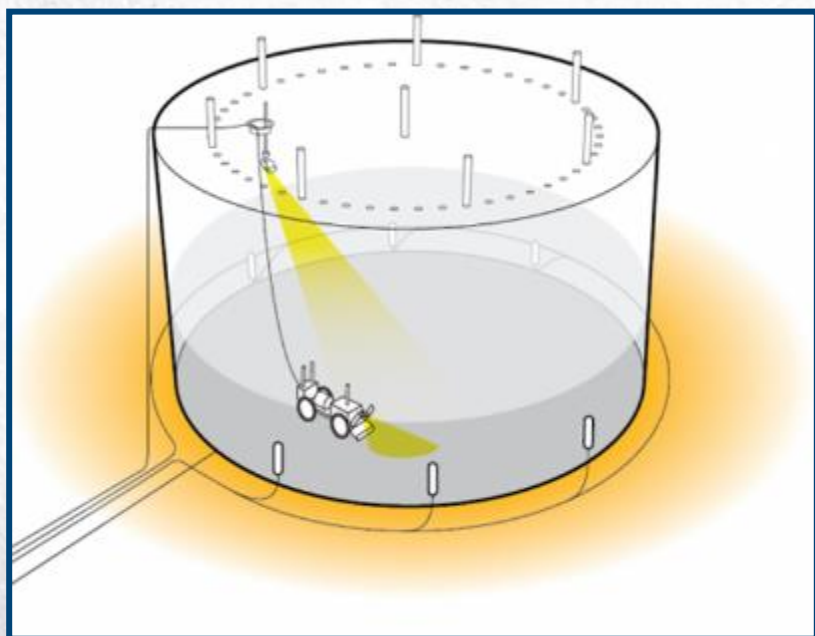
רובוטים לסריקת תחתית המיכל

- מאפשר בדיקה לרצפה בזמן שהמיכל נמצא בפעילות ומלא בנוזל
- רובוטים שמשלבים סוגי בדיקות כגון ויזואלי, MFL ובדיקות UT – עובי דופן ועובי ציפוי.



רובוטים לסריקת תחתית מיכלים

- מצויד עם לחץ מים ומברשות לניקוי המנקים את הרצפה מבוצה ומאפשרים את ביצוע המדידות.



- מהירות סריקה 18 מטר לדקה
- מיכל בקוטר 36 מ' – 20 שעות
- יכולת כיסוי – 60% מהרצפה
- הרובוט מוגן התפוצצות
- הרובוט מקושר עם כבל למערכת הפעלה שנמצאת מחוץ למיכל
- מערכת ניווט המאפשרת לדעת את מיקום הרובוט במרחב



for shells, roofs, and floors



רחפנים

- מאפשרים לבצע בדיקות בתוך חלל מוקף ללא צורך בכניסה
- מיכלים המכילים חומרים מסוכנים (מבודדים) שיש קושי לבצע גז פריי
- בדיקות ויזואליות ובדיקות אולטרסוניות לגילוי עובי דופן



רחפנים

יתרונות	חסרונות
בטיחות - רחפנים יכולים להיכנס לתוך מיכל שאינו הוכן לגז פרי	עלות - רחפנים וחיישנים מתקדמים יכולים להיות יקרים
גישה למקומות שאינם נגישים, רחפנים יכולים לגשת בקלות לאזורים שקשה או בלתי אפשרי לגשת אליהם (צורך בהקמת פיגומים)	מורכבות - הפעלת רחפנים דורשת הכשרה ומיומנות
תיעוד - רחפנים יכולים לצלם תמונות וסרטונים באיכות גבוהה, מה שיכול לשמש לתיעוד מצב המיכל ולצורך מעקב	מגבלות טווח - לרחפנים יש טווח טיסה מוגבל, מה שיכול להגביל את השטח שניתן לבדוק
	רגולציה - צורך באישורים מיוחדים להפעלת רחפנים, רישיון מטיס



רחפנים - לסיכום

שימוש ברחפנים במיכלים מציע יתרונות רבים, אך חשוב להיות מודעים גם לחסרונות. ההחלטה אם להשתמש ברחפנים צריכה להתבסס על מספר גורמים, ביניהם:

- גודל המיכל
- מורכבות המבנה
- תנאי הסביבה
- תקציב
- זמינות כוח אדם מיומן

שימוש ברחפנים במיכלים מחייב עמידה בכללים ובחוקים הרלוונטיים, כגון תקנות התעופה האזרחית

בדיקת MFL לרצפת המכל

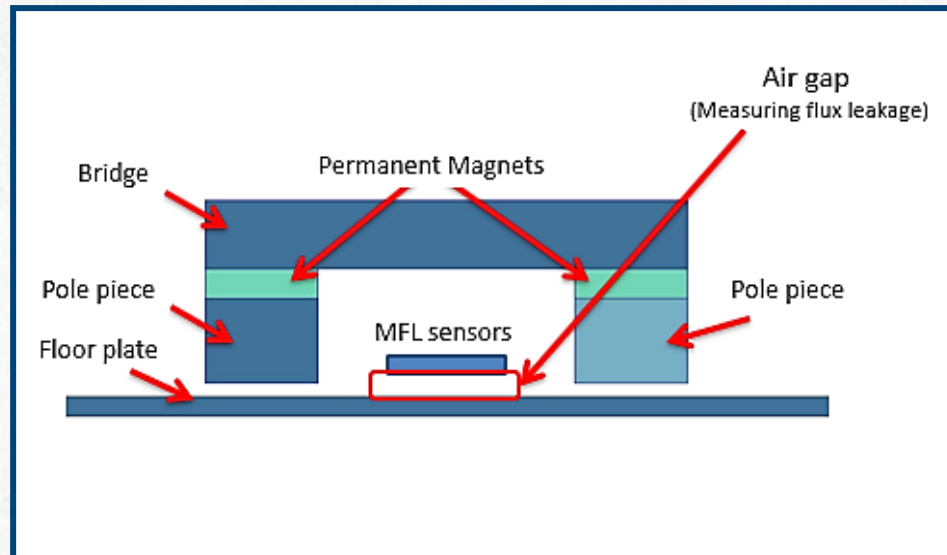
Magnetic Flux Leakage – MFL

- מכשיר לבדיקת רצפת מכלים.
- פועל בשיטה של השראת שדה מגנטי בתוך החומר.
- אינדיקציה גורמת לדליפה של השדה המגנטי ומזהה על ידי סנסורים של המכשיר.

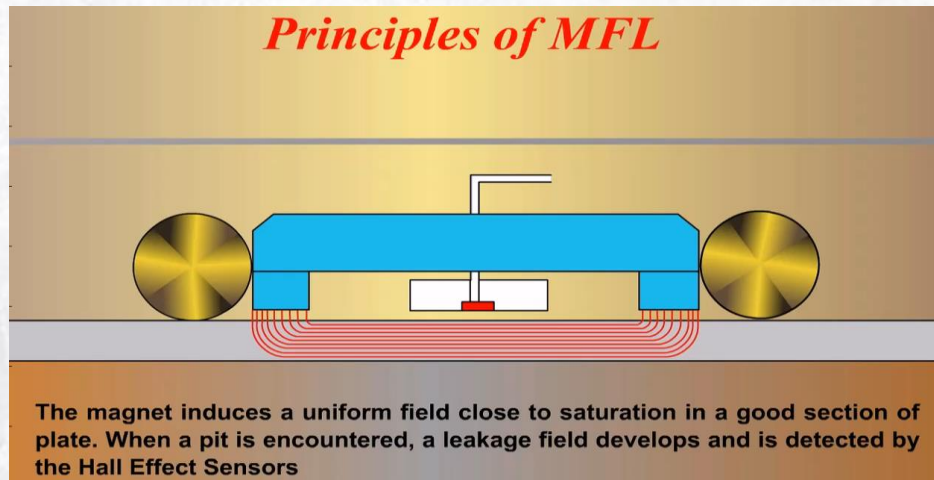
Pre 1992	1992	2000	2006	2008	2011/12	2014/15	2017
TFT 1	TFT 2	2000	VS2	VS2i	3D	3Di	3Di-R




בדיקת MFL לרצפת המכל



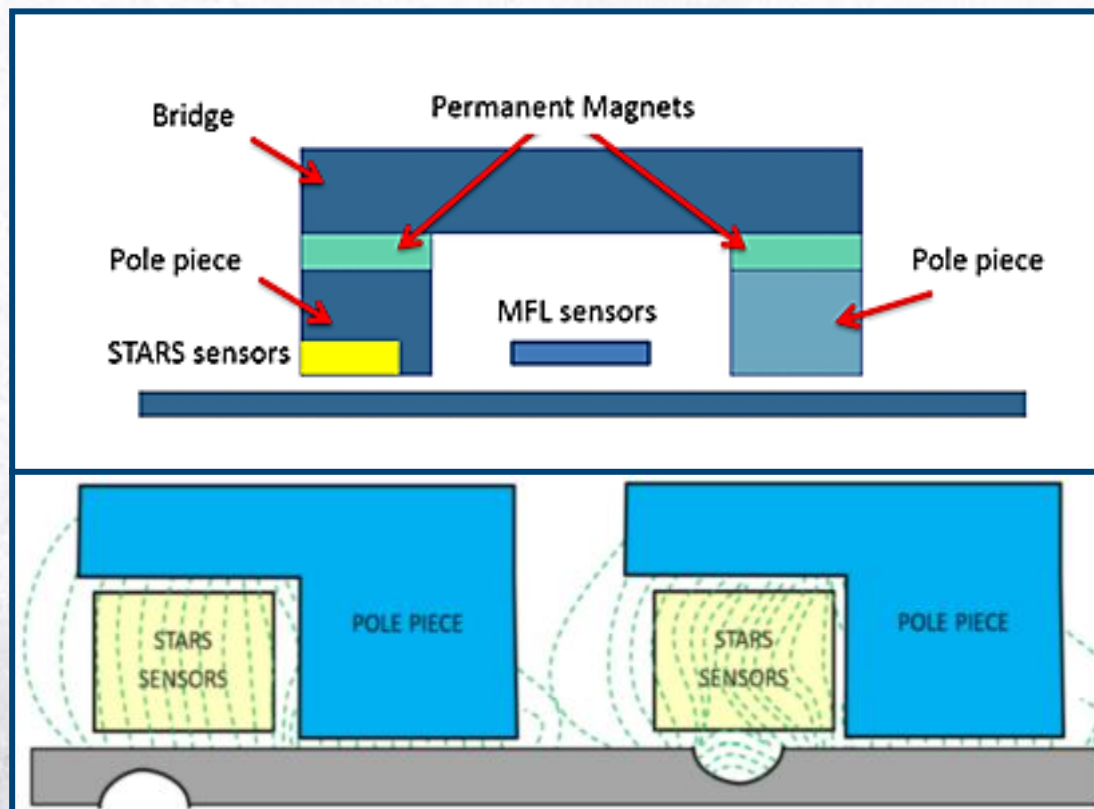
Principles of MFL



בדיקת MFL לרצפת המיכל

Surface Topology Air-gap Reluctance Sensors -STARS sensors

- סנסורים הממוקמים בחלקו האחורי מרגישים שינויים של השדה המגנטי שנוצרים על פני השטח בלבד



בדיקת MFL לרצפת המיכל

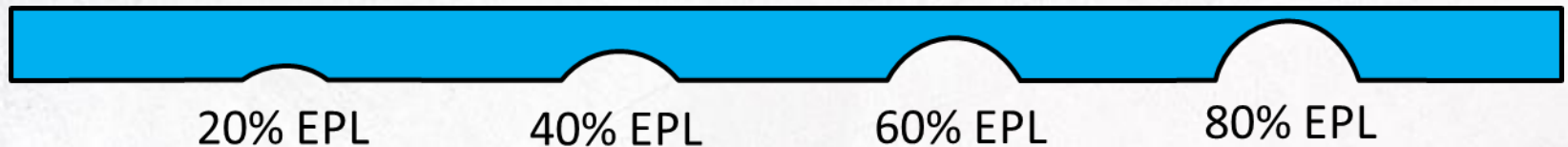
נתונים כללים

- ניתן לבדוק פלטות רצפה בעוביים של עד 20מ"מ וציפוי עד 6 מ"מ.
- מהירות סריקה משתנה: 500mm/sec עד 1000mm/sec
- כושר כיסוי: 260m²/hr

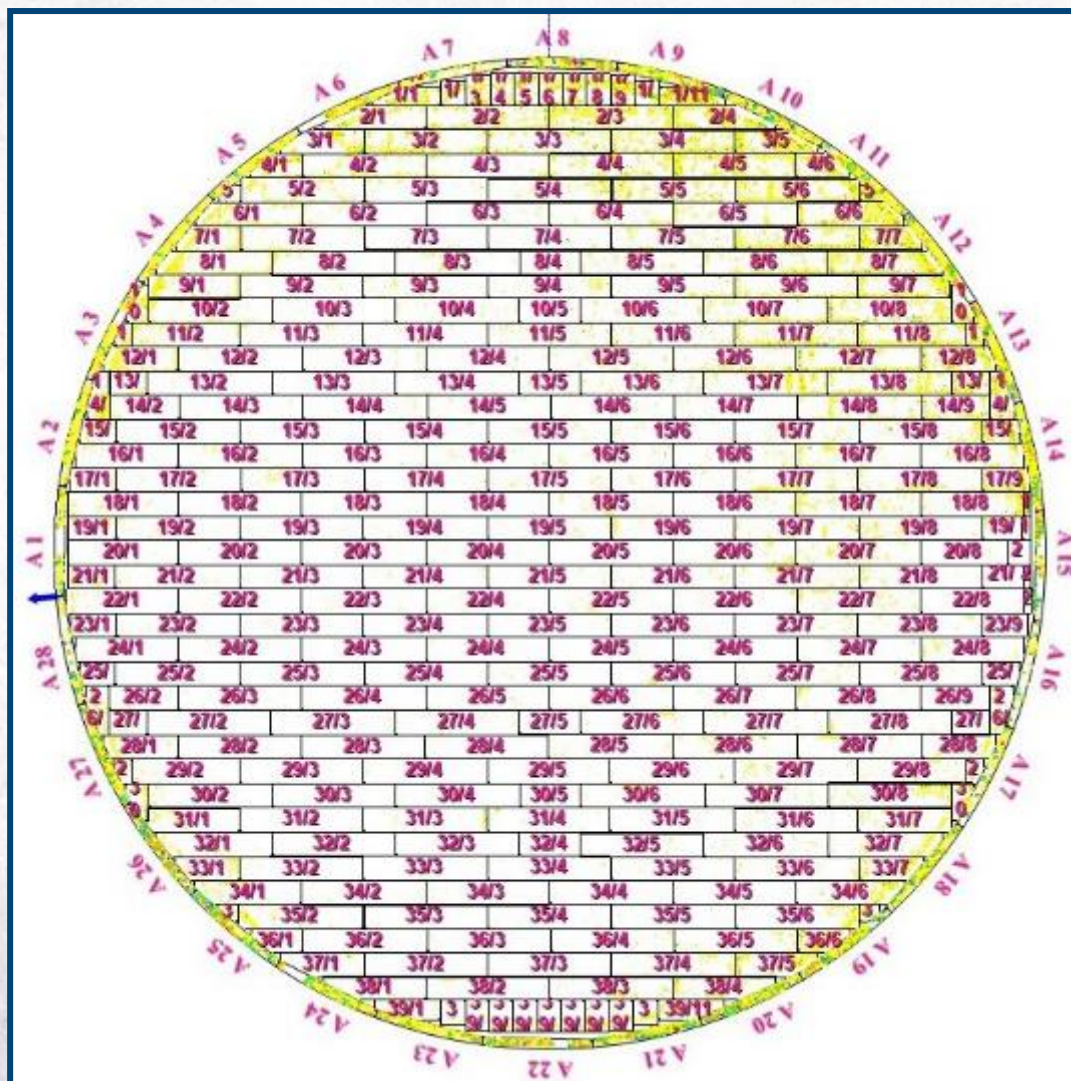


בדיקת MFL לרצפת המיכל

- כיול המכשיר נעשה על גבי פלטת ייחוס עם פגמים

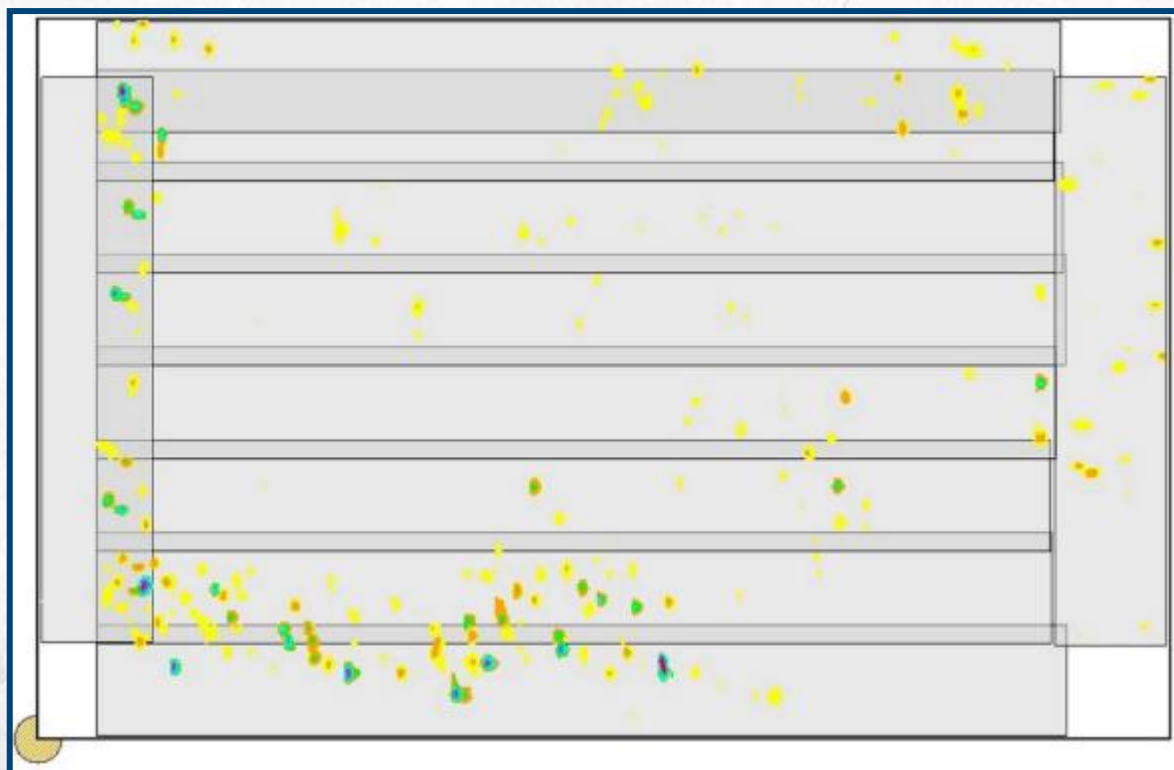


מפת רצפה



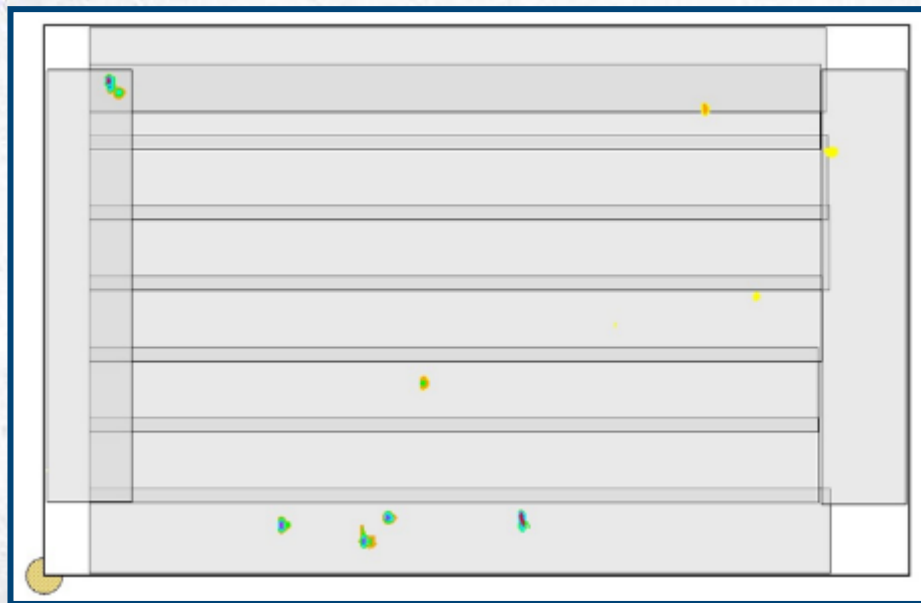
מיקום פגמים בפלטה

פגמים ב- 2 הצדדים

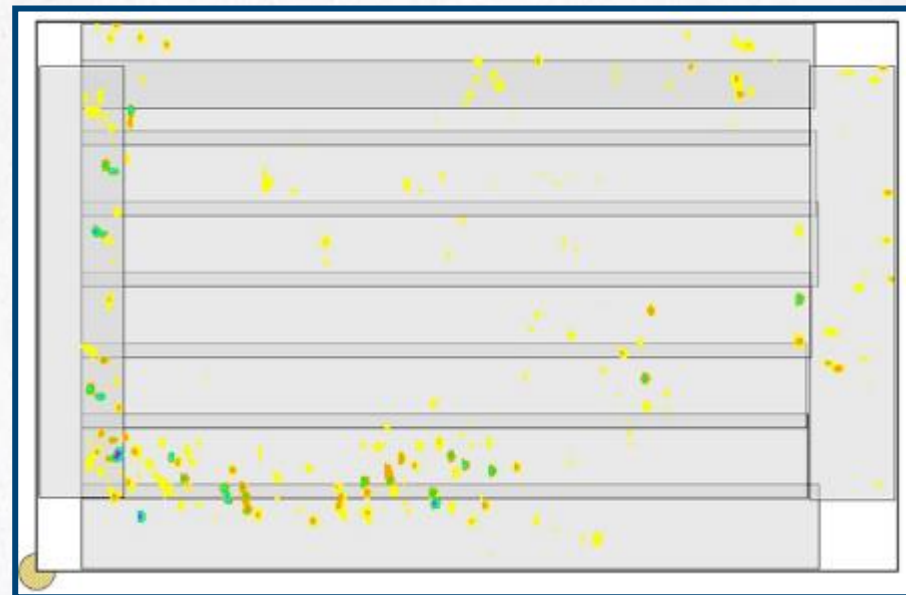


מיקום פגמים בפלטה

פגמים בצד עליון



פגמים בצד תחתון



FLOORMAP^X

The world-leading multi-technology MFL Array tank inspection solution

 **movavi**

ACFM – ריתוך דופן/ זר

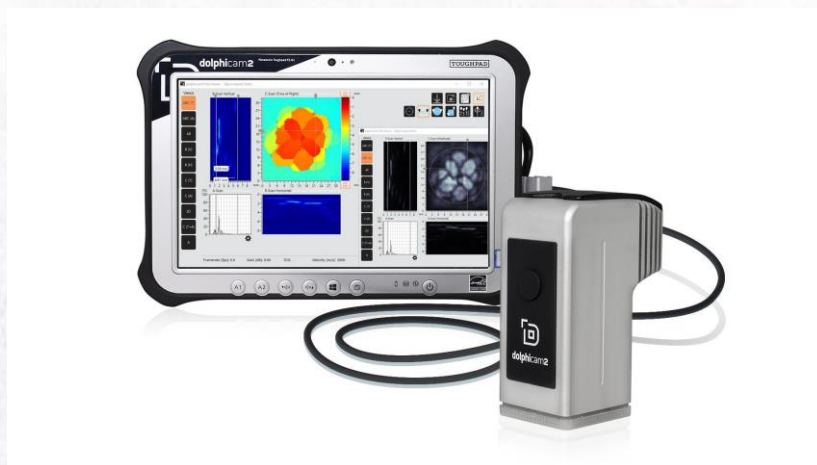
- ריתוך המילאת המחבר בין הדופן לזר הוא אזור קריטי במיכלי אחסון
- בדיקות מסורתיות – ויזואלי, וואקום, חלקיקים מגנטיים
- בשיטת ACFM ניתן בסריקה אחת לקבל מידע לגבי פגמים בתפיחת הריתוך, toes, heat affected zones or (HAZ)
- פיתוח חדש של גשש, מאפשר קבלת מידע לגבי אורך ועומק הפגמים ללא צורך באינקודר או סימון מיקום על גבי הריתוך



בדיקות עובי בשיטה האולטרסונית

MAUT - Matrix Array Ultrasonics

טכנולוגיה המאפשרת שידור גלי קול בזווית ישרה מגשש בעל מערך דו מימדי של 16,400 אלמנטים וקבלת תצוגת שיקוף וולומטרי בזמן אמת.



שיטות בדיקה מסורתיות/ מתקדמות

יתרונות

- דיוק גבוה יותר בזיהוי פגמים
- זיהוי מוקדם של פגמים, המאפשר תיקון מונע
- שמירת ממצאי הבדיקות לצורך מעקב על התפתחות פגמים בעתיד
- הפחתת עלויות תחזוקה
- שיפור בטיחות התפעול

חסרונות

- עלות גבוהה של ציוד וטכנולוגיות חדשות
- צורך במומחיות טכנית גבוהה

תודה על ההקשבה !

