

# גז כרומטוגרף נייד ZNOSE

אנלייזר לזיהוי סמים חומרי נפץ וגזים  
The need for speed



## הקדמה

חברת USA EST פיתחה ומייצרת 2 דגמים של אנלייזרים 4200 נייד (3,5 ק"ג) ו- 7100 (16 ק"ג) מעבדתי. האנלייזר הנייד פותח בעקבות דרישות רבות שהגיעו מהשטח לאפשרות זיהוי מהיר וקל עד כמה שאפשר של חומרים כגון: חומרי נפץ מסוגים שונים, סמים, גזים וכימיקלים.

עד היום, במטרה לזהות חומר נפץ גזים סמים או כימיקלים היה צורך לקחת דיגום ולהביא אותו למעבדה, לחכות בין 2-6 שעות על מנת לקבל תוצאות או זיהוי וודאי. עד היום גם זיהוי של חומרים אלה, בכניסות למדינת ישראל מבוצע על ידי כלבים המאומנים בזיהוי עפ"י ריח. אלא שיש לזכור כי גם כלב מאומן היטב לא יכול לזהות בזמן ארוך מעל 30 דקות רצוף לכן פותח האנלייזר הנייד שיכול לעבוד במשך 20 שעות רצופות בין טעינות הסוללה.



## תחומי השימוש

שלושה תחומי שימוש עיקריים יש לדגמים 4200 / 7100 :

1. בקרה גילוי וזיהוי דליפות של מזהמים ו/או שאריות של חומרים רעילים במים אויר וקרקע כגון עופרת כספית וניקל, גילוי דליפות של דלק כימיקלים או גז המאוחסנים תחת הקרקע. זיהוי חומרים מסוכנים או סמים שנמצאים בתוך מכולות, משאיות מטען או מחסני אוניות ללא צורך בפריקת כל המטען.
2. בקרת תהליכים תוך כדי ייצור של כימיקלים, גזים, מזון, תרופות, בירה ויין. בעזרת האנלייזר. ניתן לבקר תערובות או תרכובות של המוצרים השונים לצורך בקרת איכות ועמידה בדרישות הסטנדרד.
3. בטחון ואכיפת החוק. גילוי וזיהוי גזים או גזי עצבים כגון סרין חומרי נפץ כגון RDX TNT ואחרים. סמים חשיש, מריחואנה קוקאין.

עד היום נמצאו וזהו 463 ריחות שונים הנמצאים בתחום C 25 - C 4. ZNOSE (GC) מבוסס על טכנולוגיית (SAW) גלי קול הפוגעים בפני השטח. ה-ZNOSE הנו GC ללא סנסור מוגדר ספציפית. הוא תוכנן לזהות כל חומר שיש בו ריח, גם מטבעות ושטרות כסף.

## כיצד עובד ה-ZNOSE

המערכת מורכבת מ-2 מכלולים. החלק הראשון כולל צינור נימי (קפילרי) גז הליום וגלאי SOLID STATE. החלק השני כולל כניסה מחוממת ומשאבה השואבת אויר לתוך המכלול. החיבור בין 2 המכלולים נעשה בעזרת מלכודת במעגל סגור הפועלת כ- PRECONCENTRATOR בזמן הכנסת האוויר לתוך עמדת הדיגום (SAMPLE POSITION) וכאינג'קטור (INJECT POSITION) בזמן הכנסת הליום לתוך עמדת הדיגום.

הפעולה מתבצעת ב-2 שלבים. ריח מהסביבה הנבדקת נדגם ונאסף בתוך מלכודת המכילה אדים אורגניים (PRECONCENTRATED). אחרי דגימת המלכודת הריח מועבר לתוך אזור ההליום היכן שמוכנסת לתוך הריח תערובת אורגנית. התערובת האורגנית זורמת דרך עמודת גז כרומטוגרף במהירויות שונות ויוצאת מעמדת ה-GC במהירות מאופיינת בזמן היציאה מעמודת GC הדגימה נמדדת ומזוהה על ידי גלאי SOLID STATE, שכויל לחומרים אותם רוצים לזהות.

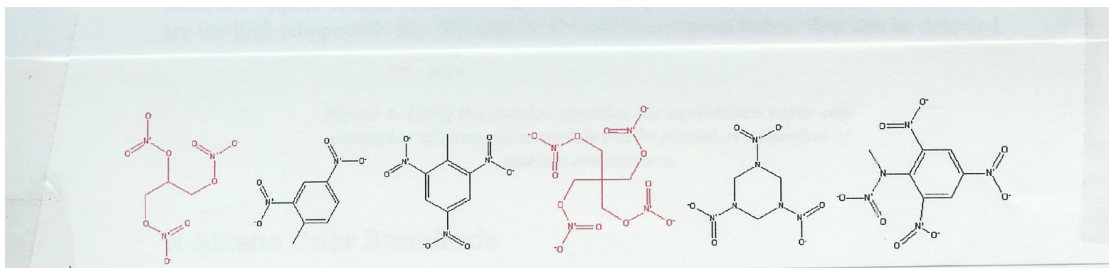
כל הפעולה מתבצעת על ידי מעבד מהיר המבקר ושולט על כל תהליך דגימת הריחות וכולל בקר זרימה ומד זמן אלקטרוני, הזרקה אלקטרונית, בקרת טמפרטורה על עמודת GC ובקרת כניסה. ממשק הפעלה יכול להיות LAPTOP או כל מחשב עם קישור אלחוטי למודם. התוכנה מאפשרת למשתמש לבחור כל צורת מדידה וזיהוי ספציפית המתאימה לתערובת שנדגמה ובהשוואה לאינדקס הספרייה כפי שמופיע למשל בחומרים אנרגטיים.

## תערובות אנרגטיות

בכימיה של חומרי נפץ שונים מעורב מונח שנקראה אנרגיית התערובת שבזמן התפרקותם הם גורמים לזעזוע או חום. איפיון של מספר חומרי נפץ חשובים נמצאים בטבלה המצורפת.

Explosive	Cas No	Formula	Molecular Weight	Density	Vapor pressure	Decompose
NG	55-63-0	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> N <sub>3</sub> O <sub>9</sub>	227.0872	1.6	4X10 <sup>-3</sup>	120° C
DNT	121-14-2	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	182.1354	1.521	1.47x10	300° C
TNT	118-96-7	C <sub>7</sub> H <sub>5</sub> N <sub>3</sub> O <sub>6</sub>	227.133	1.654	5.5x10	240° C
PETN	78-11-5	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> N <sub>4</sub> O <sub>12</sub>	316.1378	1.77	1.2x10	141° C
RDX	121-82-4	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>6</sub>	222.117	1.82	4.1x10	170° C
Tetryl	479-45-8	C <sub>7</sub> H <sub>5</sub> N <sub>5</sub> O <sub>6</sub>	287.1452	1.73	4x10	220° C

המבנה המולקולרי של ששת התרכובות מפורט מטה. המבנה ניתן לפתיחה או סגירה ארומטית. המשקל המולקולרי הטיפוסי הוא מעל 200. לצורך גילוי וזיהוי הנתון החשוב ביותר הוא לחץ האדים וטמפרטורת ההתפרקות. לחץ אדים נמוך של התערובות נוטה לדבוק למשטחים קרים ודורשת מערכת בקרה מוקפדת על טמפרטורת הגלאי. אם טמפרטורת התערובת של חומרים כגון NG או PETN תהיה גבוהה מדי היא עלולה להתפרק לפני שהגלאי יוכל לגלות או לזהות את החומר.



NG      DNT      TNT      PETN      RDX      TETRY

לחץ האדים הנמוך של תערובות אלו אומר שהריכוז של החומר באויר יהיה גם הוא נמוך. אם חומר נפץ נמצא במגע עם משטח קר ריכוז האדים עלול להיות נמוך מערכי רוויה עקב אפקט החלוקה.

בטמפרטורת החדר יש בערך 100 פיקוגרם (PG) של TNT למיליליטר זמין לגילוי.

בחומרים כגון NG או TNT יש ריכוז יותר גבוה לגילוי בכל אופן.

בכל אופן חומרים כגון PETN ו-RDX מייצרים פחות מ-1 פיקוגרם (PG) למיליליטר ולפיכך קשים הרבה יותר לגילוי כאדים. לתערובות אלו קל יותר לנגב את שאריות החומר מפני השטח ואחר בשיטת הגזה טרמית להריח את הטיפות בעזרת הגלאי.

## כיוול המכשיר 7100 / 4200

כדי לכייל את המכשיר נדרשת כמות ידועה של הידרו קרבון המוכנסת לתוך המכשיר. שפופרת זכוכית מחוברת לכניסת המכשיר וכמות ידועה של של ALKANES ממוססת במטנול מוזרקת פנימה ותוך זמן קצר מיבשת ומסלקת אדי סולבנטים נדיפים ומש'אירה את ההידרו קרבון שדבוק לדפנות שפופרת הזכוכית. הצעד האחרון הוא לחמם את השפופרת ולנדף את החומר מדפנות השפופרת ולאסוף אותו לתוך מלכודת PRECONCENTRATOR של ZNOSE בתהליך זה ניתן לכייל את 4200/7100 לכל אחד מ- 463 מהריחות הידועים.



מודל 7100



מודל 4200

## גז כרומטוגרף מהיר - נתונים טכניים

GC מעבדתי 7100 SAW

GC נייד 4200 SAW

36 ס"מ  
36 ס"מ  
18 ס"מ  
16 ק"ג

מידות  
עומק 30 ס"מ  
רוחב 12.7  
גובה 18 ס"מ  
משקל 3.2 ק"ג

0 – 125 °C  
2 X 10  
30-40 CCM  
1 – 60 שניות  
0 - 95%

גלאי טמפרטורה  
מתוכנתת  
0 - 125 °C  
תחום דינמי 2 X 10  
דגימה שניה/  
זמן מתוכנת 1 – 300 שניות  
לחות 0 - 95%  
רמת זיהום הנמוכה ביותר  
שניתנת לזיהוי 20 פיקו/גרם  
רגישות:  
רוב החומרים עד לרמת  
PPB תוך 10 שניות  
כניסה:  
צינור פלב"מ

----  
לרמת PPB  
לרוב החומרים

מלכודת

35 – 200 °C  
10 – 60 שניות  
10-60 שניות  
50 – 200 °C  
5% RSD  
הליום  
משאבה  
LAPTOP  
קולית עם שם  
החומר שזוהה

LIBRARY OF KOVATS

SOFTWARE INCLUDED  
SNAGLT WINZIP WITH  
EST SOFTWARE

*הזכויות שמורות לחברת EST*

טמפ' 50 – 200 °C  
זמן אנליזה מינימלי 10 שניות  
זמן אנליזה מקסימלי 60 שניות  
טמפ' כניסה 50 – 200 °C  
דרגת דיוק סטנדרד חריגה < 2%  
גז נושא הליום  
צורת דגימה משאבה  
תצוגה LAPTOP  
צורת תצוגה : קולית עם שם  
החומר שזוהה

זיהוי ריח :

LIBRARY OF KOVATS

מערכת הפעלה :  
MICROSENSE תוכנת

*הזכויות שמורות לחברת EST*

### שמושי החרחון האלקטרוני לבדיקות סביבתיות

מכיוון שהסנסור של הגלאי אינו מצופה הוא יציב ומאד רגיש. מינימום דרגת רגישות עבור 10 תערובות אורגניות נדיפות נפוצות במים ואויר שנדגמו מפורטות מטה.

חומרים שזוהו	דרגת רגישות מינמילית	
	PPB אוויר	PPB מים
CHLOROFORM	45	0.65
CIS 1.2 DICHLOROETHENE	47	1.75
BENZENE	42	0.96
CARBON TETRACHLORIDE	130	16.49
TRICHLOROETHYLENE	6.3	0.40
TOLVENE	11	0.15
TETRACHLOROETHYLENE	5.7	0.57
ETHYLBENZENE	2.7	0.07
O-XYLENE	2.5	0.11
1,1,2,2, TETRACHLOROETHANE	3.6	0.56

מכשיר GC SAW הנייד רגיש מספיק כדי לחשב ולקבוע את דרגות ניקיון המים על ידי הרחת פני שטח ודיגום אדי הריח מעל המים. זמן דיגום עד לתוצאות זיהוי סופית 30 שניות

תמונה צבעונית ב-1

זיהום מים לא מוגבל לנהרות ונחלים ניתן להרחיבו גם לימים (אוקיינוסים). כדוגמא זיהום הנובע משפיכת מי ביוב לים ממערכת הביוב העירונית. או זיהום הנובע מביצוע פעולות קידוח ימיות, ישנה אופציה לחבר את הגלאי למערכת GPS ולאכן את גודל הזיהום.

שימוש נוסף ל- ZNOSE הוא לאפיין ולבקר את הרמה של מי שפכים המסולקים מתוך מיכל בוצה או אגני איחסון. כתוצאה מתהליך סינון, טיהור והפרדה האדים נידגמו ממכל הבוצה בתוך שקית טידלר. האדים בכל שקית עברו אנליזה. כפי שרואים בדיאגרמה שלושת הגרפים העוקבים העליונים נלקחו מבוצה שלא עברה תהליך סינון והם מראים על כמות גדולה של חומרים אורגניים נדיפים שנמצאו והריכוז של כל אחד מהחומרים ניתן למדידה.

## תמונה ב-2

3 הגרפים התחתונים נידגמו מהבוצה שעברה תהליך סינון ולכן המדידה של דרגת הניקיון ה קלה יש להחסיר את הנתון BEFORE AND AFTER CONCENTRATIONS כל מדידה נמשכה במרווח של דקה אחת.

GC מעבדתי נייד מאפשר זיהוי ואיתור תוך שניות של מגוון חומרים שונים הכלולים בתוך רשימת 463 סוגי הריח הידועים. הזיהוי נעשה בשטח ולא מחייב לקחת את הדגימה למעבדה לזיהוי בעזרת GC דבר שלוקח זמן רב ועלול להיות קריטי במידה והדליפה מסכנת חיי אדם כגון גזי עצבים מסוג סארין שלא ניתן לאתר באויר.

מערכת כזאת היתה יכולה להציל חיי רבים ביפן בשנת 1995 על יד זיהוי מידי של גז עצבים שהוזרם למנהרת הרכבת התחתית על ידי טרוריסטים.

המכשירים הסטנדרטיים שקיימים עד היום יכולים לזהות רק ברגישות לא גבוהה של חלק 1 לביליון בזמן שגלאי ZNOSE יכול לזהות ברגישות גבוהה מאד של חלק 1 לטריליון (1 PICOGRAM).

דבר זה עושה את הגלאי לאחד הגלאים הרגישים ביותר הקיימים בעולם ובמחיר לא יקר.

מערכת ZNOSE פותחה עבור הסוכנות האמריקאית לאיכות הסביבה (EPA) שחיפשה מכשיר נייד רגיש ומדויק לזיהוי מהיר של זיהומי מים אויר ואדמה.

ZNOSE קיבל אישור תקן מהמשרד הלאומי לזיהוי סמים וחומרים נרקוטיים (ONDCP) למערכת יש אישורי תקן של חיל הים וחיל האוויר. בין הלקוחות נמצאים מעבדות לזיהוי פלילי של משטרת ניו-יורק, לוס-אנג'לס שיקגו, חברות כגון פפסיקו, יונילבר ודאו כימיקלים, רשות הנמלים ניו יורק.

מקורות:

H.T. NAGLES, S. SCHIFFMAN AND R. GUITIERREZ- OSUNA "THE HOW AND WHY OF ELECTRONIC NOSE" IEEE SPECTRUM. PG 22-33 9/98.

G.W. WATSON. W.HORTON, AND E.J. STAPLES, "GAS CHROMATOGRAPHY UTILIZING SAW SENSOR" PROCEEDINGS OF THE 1991 ULTRASONICS SYMPOSIUM PP. 305-309

כותב המאמר הוא הנציג הבלעדי של חב' EST בישראל - [WWW.SPT3000.COM](http://WWW.SPT3000.COM)