

V. Évfolyam 4. szám - 2010. december

Vágföldi Zoltán
vagfoldi@hotmail.com

Földi László
foldi.laszlo@zmne.hu

KORSZERŰ TELEPÍTHETŐ LABORATÓRIUMOK ÉS ANALITIKAI MÓDSZEREK MÉRGEZŐ HARCANYAGOK ÉS VESZÉLYES IPARI ANYAGOK AZONOSÍTÁSÁRA

Absztrakt

A cikkben ismertetjük a telepíthető laboratóriumok kialakítására és működtetésére vonatkozó NATO szabványt (STANAG 4632), röviden bemutatjuk néhány NATO tagország telepíthető vegyi laboratóriumát. Ezen alapokra támaszkodva áttekintjük a magyarországi fejlesztési elképzeléseket. Elemezzük a laboratóriumi szabványos konténerbe építhető analitikai berendezések (műszerek) alkalmazhatóságát, mobilitását és meghatározzuk a szabványos analitikai azonosítási szintekhez tartozó megfelelő laboratóriumi kiépítést/műszerezettséget.

In this paper we make an overview on the NATO STANAG 4632 related to deployable laboratories and we analyse briefly existing deployable laboratories of some other NATO member states. Based on this we also overview the ongoing Hungarian research and development (R&D) projects for establishing a deployable laboratory. We investigate the suitability and mobility of different analytical equipment (instruments) can be mounted into a standard laboratory container, and determine the adequate instrumental equipment configuration needed to fulfil the standardized levels of analytical identification.

Kulcsszavak: *telepíthető laboratórium, mérgező harcanyag, kromatográfia, veszélyes ipari anyagok ~ deployable analytical laboratory, chemical warfare agents, chromatography, toxic industrial chemicals*

BEVEZETÉS

A címben megjelölt témával kapcsolatos angol szakirodalom viszonylag kevés, magyar nyelvű tudományos publikációt nem találtunk, ezért a telepíthető laboratóriumokra vonatkozó NATO STANAG és személyes tapasztalataink alapján, - főként tanulmányok, telepíthető laboratóriumokat bemutató szakmai előadásokon elhangzottak alapján - hiánypótlásként állítottuk össze a cikket.

A mérgező harcanyagok körét és fogalmát a Vegyifegyver Tilalmi Egyezmény (angolul: Chemical Weapons Convention, CWC) és a NATO AAP-21 (B verzió) is definiálja. [1] Az AAP-21 definíciója szerint „*mérgező harcanyag (chemical warfare agent): olyan mérgező anyag, melyeket katonai műveletekben használnak azzal a céllal, hogy halált, súlyos sérülést, vagy harcképtelenséget okozzon sajátos fiziológiai hatásai miatt. Nem tartoznak a mérgező harcanyagok közé az ingerlő anyagok, ha azt rendfenntartó céllal alkalmaznak, a növényzetpusztítók (herbicidok), a ködanyagok és a gyújtóanyagok*”. A Vegyifegyver Tilalmi Egyezmény (a továbbiakban Egyezmény) az anyagokat listákba sorolja és a potenciálisan mérgező harcanyagok alkalmas vegyületeket részletesen felsorolja. [2]

Vegyifegyverrel történt csapás („vegyi hadviselés”) vagy terrortámadás (pl. a tokiói metróban 1995-ben szarinnal végrehajtott támadás) esetén az elsődleges beavatkozás, a mentesítés, a sérültek ellátása és a további jogi lépések szempontjából alapvető fontosságú az anyagok gyors minőségi (esetlegesen mennyiségi) azonosítása. A Vegyifegyver Tilalmi Szervezet (angolul: Organization for the Prohibition of Chemical Weapons, OPCW) ellenőrei az Egyezmény felhatalmazása alapján rendszeresen ellenőrzik a részes országok létesítményeit és laboratóriumi összehasonlító körméréseket (OPCW Proficiency Test) rendeznek, melynek célja az egyes laboratóriumok felkészültségének minősítése. A követelményeknek megfelelő laboratóriumokból stabil laboratóriumi hálózatot hoztak létre a mérgező harcanyagok, prekursoraik (a mérgező harcanyagok gyártásának kiindulási vegyületei) és bomlástermékeik egyértelmű azonosítása érdekében. Ezeket nevezzük kijelölt OPCW referencia laboratóriumoknak.

Megjegyezzük, hogy a NATO tagországok védelmi céllal fenntartott és az OPCW kijelölt stabil laboratóriumai között jelentős az átfedés, amely érthető is, hiszen a cél (illetve eszközpark, szaktudás) azonos: a mérgező harcanyagok azonosítása.

Másrészről a NATO 2002-es prágai csúcstalálkozóján döntés született a NATO Reagáló Erők felállításáról (továbbiakban: NRF), amelyben váltásban komplett vegyivédelmi képesség és többnemzetiségű erők is kijelölésre kerültek. A többnemzetű vegyivédelmi zászlóalj állományában ABV¹ felderítő és mentesítő képesség, telepíthető ABV laboratóriumok (benne SIBCRA² mintavevő csoport, vegyi-, biológiai-, radiológiai laboratóriumok, vegyivédelmi-tűzszerező csoport és parancsnoki csoport) és a parancsnoki döntéstámogatást biztosító Hadműveleti Értékelő Csoport (Joint Assessment Team, JAT) is megtalálható. Az NRF váltásokban nemzeti felajánlás alapján folyamatosan tevékenykednek a telepíthető VBR laboratóriumok, a Magyar Köztársaság a Mobil Biológiai Laboratóriumi Komplexum (továbbiakban MH MBLK), ABV felderítő képesség és a JAT állományának felajánlásával vesz részt. A következő fejezetekben bemutatjuk a mérgező harcanyagok azonosítására kifejlesztett telepíthető vegyi laboratóriumokat és a fejlesztés magyarországi előzményeit. Az MH MBLK-ról a későbbiekben teszünk említést.

¹ ABV: atom-, biológiai- és vegyi (angol szakirodalomban: CBRN)

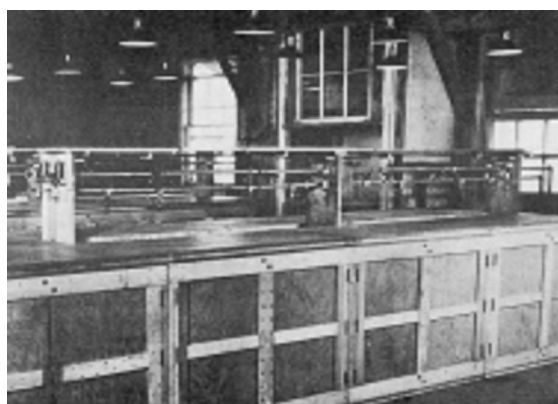
² SIBCRA: Sampling and Identification of Biological, Chemical and Radiological Agents (Biológiai, vegyi és radiológiai harcanyagok mintavételezése és azonosítása) – NATO ABV védelmi munkacsoport.

TELEPÍTHETŐ VEGYI LABORATÓRIUMOK

Napjainkban az elsőrendű fenyegetést a terrorizmus eszközeiként is könnyen alkalmazható vegyi fegyverek, valamint a potenciális vegyi fegyverekként számon tartott veszélyes ipari mérgező anyagok (angolul: TIC - toxic industrial chemicals) jelentik. Ebből fakadóan mind a mérgező harcanyagok, mind a veszélyes (mérgező) ipari anyagok esetében fontos, hogy olyan analitikai képességekkel rendelkezünk, melyek birtokában a lehető legrövidebb időn belül képesek vagyunk megfelelő választ adni egy felmerült fenyegetésre. Kiemelendő, hogy ilyen esetekben az azonosítás feladata messze túlmutat a vegyifelderítő szervezetek által alkalmazott kimutató eszközök képességein, így a helyszíni mintavétel és a mielőbbi azonosítás szükségessége vitathatatlan. Emiatt rendkívül fontos, hogy vegyi szennyezettség gyanúja esetén a műveleti területhez a lehető legközelebb elérhető legyen egy megfelelő képességekkel rendelkező laboratórium. Ehhez mobil-, szállítható- és telepíthető kémiai analitikai laboratóriumokat lehet igénybe venni.

A telepíthető és mobil kémiai analitikai laboratóriumok története több mint hatvan éves múltra tekint vissza. Fejlődését elsősorban az Amerikai Egyesült Államok hadseregében rendszeresített eszközökön keresztül mutatjuk be.

Az Egyesült Államokban az első telepíthető kémiai analitikai labort, az M2-es Kémiai Laboratórium Bázist [1. ábra] a második világháború idején 1944-ben fejlesztették ki. Mintegy 10 tonna súlyú, 65 csomagolási egységből álló szállítmányként érkezett a műveleti területre, majd került összeszerelésre. A 60-as években módosított új változata az M2A1 – mely idegmérgek, és radioaktív anyagok detektálására, és biológiai harcanyagok mintavételezésére is képes volt – 1986-ig állt szolgálatban. [3] [4]



1. ábra. M2 kémiai laboratórium bázis



2. ábra. M3 mobil kémiai laboratórium

Még szintén 1944-ben került kifejlesztésre az M3-as Mobil Kémiai Laboratórium, [2. ábra] amely az M2-eshez képest csökkentett képességű volt, viszont standard tehergépjárműveken szállíthatták. [5] Az M3-ast a koreai háború alatt váltotta le az E4-es Mobil Kémiai Laboratórium [3. ábra], mely már képes volt a teljes önellátásra, a kémiai és radiológiai anyagok, majd később – a megfelelő technológia kifejlesztését követően – biológiai ágensek kimutatására is. Mobilitását 27 láb hosszú, 8 láb széles alumínium falú konténerben szállítva biztosították.



3. ábra. E4 mobil kémiai laboratórium



4. ábra. XM93 felderítő rendszer

A következő lépés a mobil kémiai laboratóriumok fejlődésében a komplex XM87-es Felderítő Rendszer volt, melynek három féle járműre – pl. M113 páncélozott gyalogsági harcjárműre – való telepíthetőségével 1987-ig kísérleteztek, azonban 1988-ban a hadsereg vezetői inkább a német FUCHS páncélozott vegyifelderítő gépjármű megvásárlása mellett döntöttek. [6]

Ezt követően 1990-ben állították szolgálatba az első XM93-asokat a Sivatagi Pajzs ideje alatt [4. ábra]. Rendkívül gyors és mobil volt, valamint a szennyezett területen keresztül haladva, menet közben is képes volt az ABV kimutató, riasztó és mintavevő felszerelése révén a hadszíntéren a vegyi szennyezés lokalizálására és megjelölésére. A négy fős személyzetet túlnyomós fedélzeti kollektív védelmi berendezés védte. 1998-ban – az első 24 jármű kivételével – az összes XM93-ast átterveztek és felújították.

1996-ban állították rendszerbe az M93A1-et [5. ábra], melyek első éles bevetésére valójában már 1995-ben Boszniában sor került. Ez már rendelkezett M21-es mérgezőharcanyag távfelderítő készülékkel is. A különböző szenzorokról érkező jeleket a jármű riasztás esetén azonnal integrálta a fedélzeti navigációs jelekkel (GPS koordinátákkal), valamint meteorológiai paraméterekkel és továbbküldte a műveletirányító központba. [7] [8] [9] [10] [11]



5. ábra. M93A1 NBC felderítő rendszer (FUCHS/FOX)



6. ábra. JSLNBCRS

A jövő fejlesztési iránya a JSLNBCRS (Joint Service Lightweight NBC Reconnaissance System) rendszer felé mutat [6. ábra], mely a járműre szerelve, fejlett szoftvere révén, képes lesz felismerni, illetve megjelölni a vegyi és mérgező anyagokat és ABV veszély esetén valós idejű terepi felderítési adatokkal kiegészítve továbbküldeni az információkat a műveleti központ felé. Két hordozó járműhöz teszik alkalmassá – egyfelől könnyű páncélozott harcjárműre, másfelől nagy mozgékonyaságú gumikerekes járműre –, melyek ugyanazt a felszerelést fogják hordozni.

A nem is oly távoli jövőre tekintve az amerikai fejlesztők további célja egy olyan ABV felderítő, megfigyelő, detektáló és azonosító rendszer létrehozása, mely tovább fogja növelni a bevetett erők harcértékét és minimalizálja az erők harcértékének csökkenését ABV környezetben. A rendszert úgy tervezik, hogy még különböző kiegészítő elemeket tudjon befogadni, mely révén képes lesz például levegő minták vegyi összetételének menet közbeni mérésére, integrált vegyi-biológiai detektálására, valamint menet közbeni mikro-meteorológiai adatok mérésére. Ezen adatok birtokában pedig képes lesz a parancsnoki vezetési rendszert teljes mértékben kiszolgálni.

A mobil laboratóriumok történetének magyar vonatkozását tekintve a VLG-66 vegyivédelmi laboratórium-gépkocsit emeljük ki, mely rendeltetése a különféle haditechnikai eszközökről, fegyverzetről és felszerelésről vett minták, valamint levegő- és talajminták mérgező anyag tartalmának és radiológiai szennyezettségének vizsgálata volt. Továbbfejlesztett változatai (VLG-71 és VLG-71 CS vegyivédelmi laboratórium gépkocsik) [7. ábra] már idegmérgek automata kimutatására is képesek voltak (Automata Vegyi Jelző, Folyamatos Vegyi Jelző és Gyorsműködésű Vegyi Jelző berendezésekkel és klasszikus analitikai vizsgálatokkal). [12]

A laboratóriumi járművek hazai fejlesztése során a Haditechnikai Intézet (HTI) az 1990-es évek elején elkészített egy Rába alvázon futó kísérleti vegyi laboratóriumi (konténeres) gépkocsit (a hozzá kapcsolt utánfutóban pedig radiológiai labort) VLG-90-es névvel, de az eszköz nem jutott túl a csapatpróba fázisán. Az említett eszközöket kivonták a rendszerből, hasonló képességű eszköz jelenleg nincs a Magyar Honvédségben. Korlátozott ABV felderítő képességeivel a vegyivédelmi zászlóaljnál szolgálatot teljesítő VSBRDM-2 vegyi-sugár felderítő járművek [8. ábra], illetve a napjainkban ezeket leváltó, BTR-80 típusú harcjármű alvázára épített vegyi-sugár felderítő jármű (VSBTR) és a MH Havária Laboratórium készenléti szolgálatának vonuló gépjárműve (málházott eszközei) jöhetnek számításba.



7. ábra. VLG-71 és VLG-71 CS vegyivédelmi laboratórium [12]



8. ábra. VS BRDM-2 vegyi- és sugárfelderítő harcjármű [12]

Telepíthető Vegyi Laboratóriummal (NATO terminológiával Deployable Analytical Laboratory, D-Al) több NATO és PfP³ tagország rendelkezik. Eddigi ismereteink szerint abc sorrendben: Amerikai Egyesült Államok, Cseh Köztársaság, Finnország, Franciaország, Kanada, Nagy-Britannia, Németország, Olaszország, Szlovákia, Szlovénia, Svédország. Ezek közül NRF váltásba eddig csak a cseh, német és olasz laboratóriumokat ajánlották fel. A telepíthető laboratóriumok képességeinek, felszereltségének egységesítése érdekében 2005-

³ PfP: Partnership for Peace (Partnerség a Békéért)

ben kiadták a „Telepíthető ABV Analitikai Laboratórium” szabványt, a 4632-es STANAG-et⁴. [13]

A finn hadsereg laboratóriuma megfelel a NATO AEP-49 (SIRA)⁵, valamint a NATO AEP-10 (SICA) Kézikönyv⁶ előírásainak, a laboratórium képes analizálni vegyi anyagokat, biológiai ágenseket, toxinokat, valamint ipari mérgező anyagokat (Toxic Industrial Compounds, TIC). A svéd haderő külön járművekre szerelten működtet radiológiai, kémiai, illetve biológiai laborokat. A kémiai analízisekhez gázkromatográfjal (rövidítve: GC) kapcsolt tömegspektrométert használnak (rövidítve: GC-MS), valamint Fourier Transzformációs infravörös spektrométert (FT-IR) és Raman spektrométert. A folyadékminták – különösen a víz minták – analizálásához UV-VIS spektrofotométert használnak, és CMS analízis szettet (Chip Measurement System, Dräger, Németország) alkalmaznak a gőzök és az ipari toxikus vegyületek beazonosításához. A kanadai hadsereg mobil laboratóriuma GC-MS-el (EI/CI ionizációs módban is alkalmazható) és folyadékkromatográfjal kapcsolt tömegspektrométerrel (HPLC-MS) van felszerelve, valamint infravörös spektrométert alkalmaz. A britek Bagdadban 3 db ‘Silver Standard’ ISO konténerben működő laboratórium komplexumot üzemeltettek 2003-2004-ben, mely laboratóriumokból (vegyi, biológiai- és radiológiai), irodából és raktárból állt. A laborok többek közt GC-MS-t, infravörös spektrométert (IR), Dräger csöveket, gyors tesztek és radiológiai szennyezettséget jelző képességgel is rendelkeztek.

A szlovén telepíthető laboratórium alapműszere egy Agilent gyártmányú GC-MS, míg a szlovák vegyi konténerben 2 db GC-MS (Bruker Daltonics gyártmányú EM-640 és Inficon gyártmányú HAPSITE), egy HPLC-ESI-MS⁷ van elhelyezve a mintaelőkészítéshez és elemzéshez szükséges eszközökkel, vegyszerekkel és műszerekkel. [14]

Magyarországon is van elképzelés a meglévő biológiai mellett (MH MBLK) külön vegyi- és radiológiai laboratóriumi konténer kialakítására, de jelenleg forráshiány miatt ez eddig még nem került megvalósításra.

A hazai vegyi konténer tervezésnél és beépítésénél körültekintően figyelembe kell venni a már meglévő telepíthető laboratóriumokat, azok előnyeit és hátrányait. Egy ilyen telepíthető, konténeres kialakítású vegyi laboratórium beszerzése, üzemben tartása komoly szakmai (személyzet) és anyagi erőforrást igényel (éves üzemeltetése mintegy. 20-50 millió Ft-ba kerül). A telepíthető laboratóriumhoz célszerűnek látjuk stabil laboratóriumot hozzárendelni, amelyben a személyzet kiképzése, módszerek és eljárások fejlesztése, a konténer tárolása (illetve egy komplexummá történő összekapcsolása) történhetne.

Hazai példaként említenénk a MH MBLK-t, amely maga nemében világszínvonalat képvisel és létrehozása pillanatában a NATO-n belül egyedi képesség volt, ez jó példája az igényeket megelőző hazai fejlesztéseknek. Azonban, míg ez a komplexum korábban a MH Pápa Bázisrepülőtéren hangárban volt elhelyezve, később az MH Dr. Radó György Honvéd Egészségügyi Központ Tünde utcában lévő raktárbázisára költözött Budapestre, ahol szabad égen található egész évben jelenleg is. Az MH MBLK-nál további gondnak ítéljük meg azt, hogy a konténer, személyzet és műszerpark rendelkezésre áll ugyan, de a hozzá optimális infrastruktúra csak részben van kiépítve (konténernek fűtött-fedett tároló stb.). A tervezésnél és megvalósításnál a kapcsolódó infrastruktúra „kimaradt”. Ez sajnos rossz példa arra, hogy egy világszínvonalat képviselő fejlesztés hogyan válhat a rövidlátó, kizárólag költségvetési, de a szakmai szempontokat nélkülöző szemlélet „áldozatává”.

⁴ STANAG: Standardization Agreement (Szabványosítási Megállapodás)

⁵ Sampling and Identification of Radiological Agents (SIRA) Handbook -AEP-49

⁶ Sampling and Identification of Chemical Agents (SICA), Handbook - AEP-10

⁷ High performance liquid chromatograph-electrospray ionization-mass spectrometer

Telepíthető laboratóriumokkal szemben támasztott követelmények a STANAG 4632 előírásai alapján

Már az atom-, biológiai- és vegyvédelmi felszerelésekről (a minimális ellátás követelményei) szóló STANAG 2352 meghatározza a telepíthető kémiai analitikai laboratórium rendeltetését és fogalmát, mely szerint a laboratóriumnak képesnek kell lennie a mérgező harcanyagok kimutatására, és az anyagok azonosítására is. [15]

2005-ben kiadásra került a 4632-es STANAG, melynek célja a telepíthető laboratóriumokra vonatkozó képesség alapkövetelmények rögzítése. A fejezetben kizárólag a telepíthető vegyi laboratóriummal foglalkozunk.

A telepíthető vegyi analitikai laboratórium (angolul rövidítve: D-AL, magyar rövidítése: T-AL) rendeltetése, hogy a világ bármely pontján álljon készen mintavételi és analitikai feladatok magas szintű végrehajtására, vegyen részt a hadműveleti szintű vegyi fenyegetés felmérésében annak érdekében, hogy a műveleti parancsnokok képesek legyenek a szükséges intézkedések időbeni meghozatalára.

A szabvány alapján a laboratóriumnak az alábbi általános képességekkel kell rendelkeznie:

- Legyen alkalmazható a katonai földi-, légi- és tengeri műveletek teljes skáláján.
- Minden eleme légi úton is szállítható legyen.
- Az analitikai labor legyen alkalmazható a várható vegyi fenyegetéshez igazított feladat végrehajtására.
- 5 nap alatt érje el a készenlélet⁸.
- A vegyi analitikai labor minden eleme független áramellátással (aggregátor) rendelkezzen.
- Legyen képes 72 órán keresztül utánpótlás nélkül önállóan végrehajtani feladatát, miután eljuttatták a feladat végrehajtásának helyére.

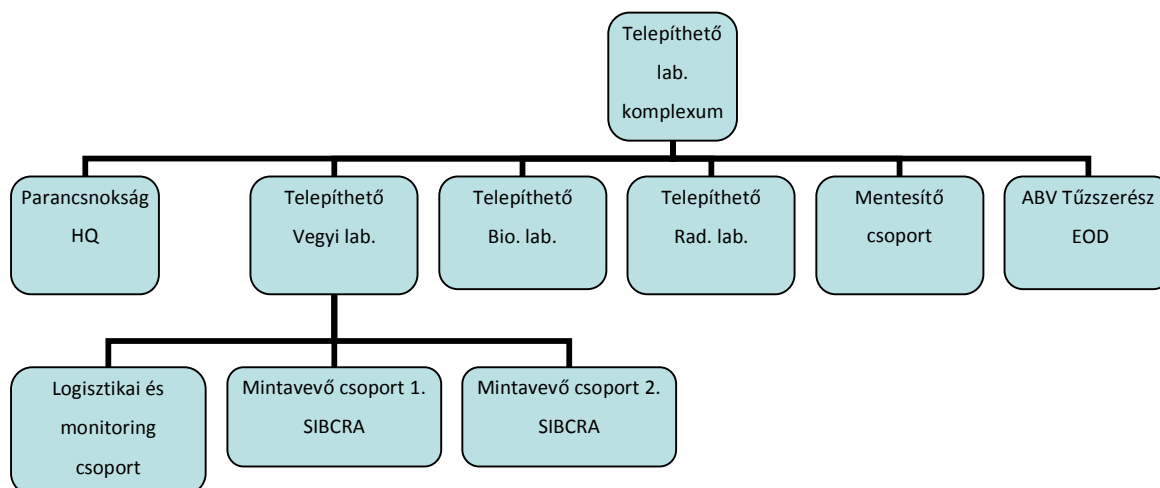
A telepíthető analitikai labor felépítését tekintve a következő elemekből kell, hogy álljon:

- Laboratórium parancsnoki elem (HQ), amely a parancsnoki (vezetési) elemmel együtt települ, műveleti kapcsolattartó rendszere a JAT (Joint Assessment Team). A parancsnoki (vezetési) elem koordinálja az T-AL egyedi műveleti (operatív) és logisztikai ellátási igényeinek biztosítását.
- Telepíthető vegyi laboratórium műszereivel azonosítja a potenciális veszélyt, továbbá hitelesen megállapítja, vagy kizárja vegyi anyagok, illetve a vizsgálandó (kijelölt) veszélyes ipari anyagok jelenlétét. Minimális követelmény, hogy a labor legyen képesek kimutatni és azonosítani a STANAG 4632 „A” és „D” mellékletében felsorolt valamennyi vegyületet. A labor hajtja végre a környezetből vett minták vizsgálatát (emberi eredetű mintákat nem kell elemezniük). A laboratóriumi elemzést és azonosítást gyors módszerekkel kell végrehajtani (4–6 órát nem meghaladó idő alatt). A feladat fontossága magasán képzett személyzetet és jó állapotban levő felszerelést követel meg. A laboratóriumi eljárásoknak és a felszerelésnek meg kell felelniük az AEP-10-ben és az AEP-49-ben foglaltaknak. Szükség esetén a labor elkülöníti és előkészíti a mintákat a nemzetek által biztosított referencia laborban történő ellenőrző (pl. OPCW referencia laboratóriumok) azonosításhoz.
- ABV tűzszerész/robbanószerkezet és aknamentesítő csoport (CBRN EOD/IEDD), mely egy vegyi fegyverekre kiképzett (specializálódott) tűzszerész szakértő csoport.

⁸ a riasztástól 5 nap alatt legyen kész feladat végrehajtásra (kijelölt gyülekezési helyen vagy alkalmazás helyén az NRF készenléti állapotnak megfelelően).

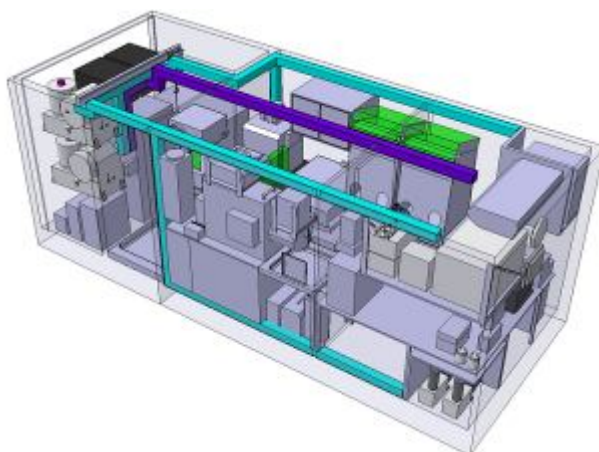
- Az ABV tűzserész csoport tűzserész támogatást biztosít valamennyi laboratóriumi SIBCRA mintavevő csoport⁹ részére. A feladatuk, hogy megtisztítsák a robbanószerkezetektől a területet, ahol a mintavevő csoportok mintákat vesznek és segítsék a mintavevő csoportokat az aknákból és más robbanószerkezetekből történő mintavétel végrehajtásában.
- A SIBCRA mintavevő csoportoknak képeseknek kell lenniük a SIBCRA szabványnak megfelelő mintavétel végrehajtására. A mintavevő csoport(ok) fogja végrehajtani a minták biztonságos beszállítását a telepíthető laboratóriumba. A mintavevő csoportnak szigorúan be kell tartani a hiteles (törvényszéki) mintavételre vonatkozó szabványokat és eljárásokat a mintavétel, a szállítás és a minták őrzése folyamán.
- Mentésítő csoport (laboratórium részére), amely felelős a laboratórium minden részlege személyzetének, anyagainak és felszerelésének mentesítéséért.

A fentiekből látható, hogy a NATO követelmény sokkal több, mint „pusztán” egy jól felszerelt vegyi laboratórium, a megfelelő működés érdekében a labor speciális támogató képességeket is megkövetel. A SIBCRA Kézikönyv szerint a vegyi laboratórium minimális létszáma (mintavevő csoport nélkül minimum 10 fő). A szlovák telepíthető laboratóriumi komplexum (ABV-AL) felépítését a 9. ábrán, látványtervét a 10. ábrán szeretnénk példaként bemutatni (létszám 32 fő!):



9. ábra. A szlovák hadsereg telepíthető laboratóriumainak szervezeti felépítése [15]

⁹ A „SIBCRA szabvány” és elfogadott azonosítási eljárás részletes leírása az AEP-10-ben és az AEP-49-ben található, melyet az AEP-66 fog felváltani



10. ábra. A Szlovák vegyi konténer látványterve [15]

A telepíthető laboratórium egyéb követelményei a következőkben kerülnek bemutatásra.

A laboratórium személyi állományának képesnek kell lennie minden alkalmazott védőeszköz használatára (beleértve az egyéni védőeszközöket, védőoltások és egyéb megelőző módszerek alkalmazását is, ahogy azt a feladat kívánja).

A személyzet és a felszerelés alkalmas kell, hogy legyen extrém időjárási körülmények között is tevékenységének ellátására (hideg, meleg, párás környezet). Ehhez légkondicionált munkahelyek kialakítása szükséges.

A környezet védelme érdekében a veszélyes hulladékok gyűjtése, kezelése során be kell tartani az érvényben levő jogi szabályozást.

Kommunikáció vonatkozásában is szigorúak a követelmények. Például a laboratórium parancsnokságának képesnek kell lenni kapcsolódni a települt és az állandó kommunikációs rendszerekhez (védett kommunikációs csatornán is). Hozzáférhetőnek kell, hogy legyenek a nyílt információforrások (az Internet) és az adott téma szakértői. A labor részlegein és csoportjain belüli kommunikáció nemzeti felelősség alá tartozik (így a mintavevő csoport tagjai közti kapcsolattartás).

A NATO műveletekben alkalmazott hivatalos nyelv az angol, ezért minden dokumentumot és jelentést angol nyelven kell elkészíteni (mérési eredményeket is angolul kell megadni). A nemzeteknek biztosítaniuk kell, hogy a csoporttagok megfelelő angol nyelvtudással bírjanak.

A téma szempontjából a STANAG 4632 szabványban két fő mellékletet kell megemlíteni. Az „A” mellékletében a telepíthető analitikai laboratórium alapképességébe tartozó mérgező harcanyagok és toxinok felsorolása található, míg a „D” mellékletében azok a veszélyes ipari anyagok (TIC) és a hozzájuk tartozó kimutatási eljárások, amelyeket a laboratóriumnak ki kell tudnia mutatni. [13]

A foszfént (fojtó mérgező harcanyag) és hidrogén-cianidot (általános hatású mérgező harcanyag, „vérméreg”) a veszélyes ipari anyagok (TIC) közé sorolja és a „D” mellékletében sorolja fel.

| <i>NATO rövidítés</i> | <i>Típus/ megnevezés(ek)</i> | <i>Kimutatási módszer</i> |
|-----------------------|--|---------------------------|
| Hólyaghúzó | | |
| H | HD, Kénmustár, Bisz(2-klóretil)szulfid | GC-MS |
| Q | Seszkvimustár, Bisz-(2-chloroethylthio)ethane, | GC-MS |
| T | O-mustár, Bisz-(2 klóretil-tioetil-éter) | GC-MS |
| N1 | HN1, Nitrogénmustár, Bisz-(2-klóretil etil-amin) | GC-MS |

| <i>NATO rövidítés</i> | <i>Típus/ megnevezés(ek)</i> | <i>Kimutatási módszer</i> |
|-------------------------------|--|---------------------------|
| Hólyaghúzó (folytatás) | | |
| N2 | HN2, nitrogénmustár, bisz(2 klóretil)-metil-amin | GC-MS |
| N3 | HN3, nitrogénmustár, trisz(2 triklór-etil)-amin | GC-MS |
| L1 | Lewisite I, 2-klórvinil-diklór-arzin | származékképzés, GC-MS |
| L2 | Lewisite II, 2 klórvinil-klór-arzin | származékképzés, GC-MS |
| L3 | Lewisite III, trisz(2-klórvinil)-arzin, | GC-MS |
| Idegmérgek | | |
| DFP | diizopropil-foszforofluoridát | GC-MS |
| GA | Tabun | GC-MS |
| GB | Szarin, o-izopropil-metil-foszfono-fluoridát | GC-MS |
| GD | Szomán, o-pinakolil-metil-foszfono-fluoridát | GC-MS |
| GF | Cikloszarin, o-ciklohexil-metilfoszfono-fluoridát | GC-MS |
| VX | VX, o-etil S-2-diizopropil-aminoetil-metilfoszfonotiolát | GC-MS |

1. táblázat. T-VAL¹⁰ alapképességébe tartozó MHA-ok felsorolása „A” melléklet [13]

Az AEP-66 (SIBCRA Kézikönyv) tervezet „E” mellékletében is megtalálhatóak a fenti táblázatban megnevezett vegyi anyagok, kissé más csoportosításban. A kézikönyv a vegyi anyagokat három listába sorolja (1. lista mérgező harcanyagok, 2. lista prekursorok, 3. lista veszélyes ipari anyagok). [16]

Telepíthető vegyi laboratóriumban alkalmazható kémiai analitikai módszerek

Az olyan minták vizsgálata, amelyeknél felmerül a gyanú, hogy mérgező harcanyagot tartalmaznak, különösen, ha a harcanyag bonyolult mátrixban található, csak jól felkészült és ilyen téren komoly gyakorlattal rendelkező laboratóriumban végezhető el. A NATO AEP-10 (SICA) szerint három olyan analitikai eljárásrendszert ismerünk és alkalmazunk a laboratóriumi gyakorlatban, amelyek kielégítik a mérgező harcanyagok egyértelmű azonosításának kritériumát. Ezek a következők: [17]

- Tömegspektrometria (MS)
- Infravörös (IR) spektrometria
- Mágneses magrezonancia spektroszkópia (NMR)

A mérgező harcanyagok elválasztására, kimutatására és azonosítására jelenleg használt legalkalmasabb kapcsolt technika a GC-MS és a HPLC-MS, az NMR készülék nem mobilizálható és alkalmazható telepíthető laboratóriumban.

Az azonosításnak három szintje definiált a növekvő bizonyosság sorrendjében, amely alapvetően meghatározza a szükséges műszerezettséget.

Előzetes azonosítás (első szint, detektálás):

A mérgező harcanyag előzetesen azonosítottnak tekintendő az alábbi kritériumok valamelyikének teljesülése esetén:

- A mérgező harcanyagról két különböző kísérleti körülmények között felvett kromatográfiás retenció adatok megegyeznek egy ismert mérgező harcanyaggal (pl. GC-FID¹¹.)

¹⁰ T-VAL: telepíthető vegyi analitikai laboratórium

- A mérgező harcanyagról specifikus detektorral felvett retenciós adatok megegyeznek egy ismert mérgező harcanyagával (pl. GC-ECD, NPD detektorral).

Bizonyított azonosítás (kettes szint, mennyiségi vagy minőségi analízis):

A mérgező harcanyag bizonyítottan azonosítottak tekintendő az alábbi kritériumok valamelyikének teljesülése esetén:

- A harcanyagról egyedi spektroszkópiás módszerrel felvett teljes spektruma (TIC) megegyezik egy ismert mérgező harcanyag adatbázisban található referencia spektrumával. A gyakorlatban pl. GC-MS esetében ez azt jelenti, hogy ha a molekulaion nincs jelen a tömegspektrumban, akkor újabb mérést kell végrehajtani (például kémiai ionizációs technikával -CI, hogy a vegyület molekulatömegét meghatározzuk).
- A mérgező harcanyagról GC-MS-el SIM¹² üzemmódban (legalább 3 tömegű ion) felvett kromatográfiás retenciós adatok megegyeznek egy ismert mérgező harcanyagával. A három ion arányának a referencia spektrumban található ionarányokkal 10%-on belül meg kell egyeznie. Az ionoknak a referenciával egybeeső maximumuk legyen, ugyanolyan félérték-szélességük, valamint a jel-zaj (Signal/Noise) arányuknak háromnál nagyobbak kell lennie. Ez a feltétel csak kvadrupol tömeganalizátorú, elektron ütközéses (EI) ionizáció esetén biztosított.

Egyértelmű azonosítás (háromas szint):

A mérgező harcanyag egyértelműen azonosítottak tekinthetjük az alábbi kritérium teljesülése esetén:

- A harcanyagról felvett kromatográfiás retenciós adatok és legalább két független spektrometriás módszerrel (MS, IR vagy NMR) felvett teljes spektrum megegyezik egy ismert mérgező harcanyag ugyanolyan körülmények között felvett, adatbázisban található referencia standardjával. Ha a molekula-ion nincs jelen a tömegspektrumban, akkor újabb mérést kell elvégezni például kémiai ionizációs technikával, hogy a vegyület molekulatömegét meghatározzuk.

Az AEP-66 szerint adott minta két kapcsolt kromatográfiás módszer egyidejű alkalmazásával kapott tömegspektrumának referencia anyaggal történő összehasonlítása is egyértelmű eredményt szolgáltat (GC-MS és HPLC-MS). [16]

A tervezett magyar telepíthető vegyi laboratórium főbb elemei

A HM Fejlesztési és Logisztikai Ügynökség Technológiai Igazgatóság telepíthető vegyi laboratórium megvalósítási tanulmányánál a cél az volt, hogy a laboratórium legalább kettes szintű azonosítást legyen képes elvégezni. Az azonosítási módszerek (MS, IR, NMR) közül a mágneses magrezonancia spektrometria nem mobilizálható, így a hármasszint elérése csak azon anyagok esetében várható, amelyek az MS és IR módszerekkel, főként pedig a hozzájuk kapcsolt elválasztási technikákkal (kromatográfia) megbízhatóan mérhetők.

A mobil rendszerekkel szemben támasztható követelmények alapján a kromatográfiás módszerek egyeduralgok, kiemelve a GC-MS technikát. Az alapvető követelmény az analitikai eljárásokkal szemben az, hogy a települést követően rövid időn belül (max. 6 óra) meg lehessen kezdeni a tevékenységet.

¹¹ FID: lángionizációs detektor (Flame Ionization Detector)

¹² SIM: Szelektív ionkövetés (Selective Ion Monitoring)

Másfelől a konténerbe telepíthető eljárások ne igényeljenek bonyolult anyag, eszköz és időigényes mintaelőkészítési eljárásokat.

Az optimális GC-MS konfigurációt különböző típusú kolonnákkal (méret, filmvastagság, legalább 3 féle polaritás), kvadrupol tömegszelektív detektorral EI ionforrással, turbómolekuláris vákuumszivattyúval, CI opcióval célszerű választani.

Mivel a telepíthető laboratóriumban megvalósítható eljárások alapvetően a gyors adatszolgáltatás igényeit tartják szem előtt, a kalibrálásuk és a mérések reprodukálhatósága esetenként körülményesebb, ezért a specifikusságuk és érzékenyséjük általában nem éri el a laboratóriumban fixen telepített készülékekét. Az elválasztás és a mintaelőkészítés követelményei sem teljesíthetők maradéktalanul, így a nyomszennyezéseket tartalmazó minták detektálása sok esetben nem valósítható meg.

A telepíthető laboratórium működésének alapvetően a következőket kell biztosítani:

1. Mérgező harcanyagok és ipari veszélyes anyagok terepi mintavételezése,
2. Mintakonzerválás és szállítás a laborba, mintafogadás;
3. Laboratóriumi mintaelőkészítés;
4. Nagyműszeres analitikai mérés;
5. A mért adatok kiértékelése, interpretálása, jegyzőkönyv és jelentéskészítés;
6. A mérési eredmények továbbítása, nagytávolságú kommunikáció;
7. A feladatok végrehajtásához szükséges feltételek biztosítása az állomány részére:
 - Egyéni és kollektív védelem,
 - Mentésítő kapacitás,
 - Informatikai eszközök és kommunikáció (helyszíni és távolsági),
 - Egyéb vezetésbiztosító eszközök, laborkonténer infrastruktúra,
 - Szociális feltételek (WC, étkező, pihenő, stb.)

A vegyi laboratóriumi konténer fixen telepített 2 db C20-as konténerben tervezzük megvalósítani, a rendszer telepítése daruzó gépkocsival történne. A szállítás megvalósítható közúton, vízi vagy légi úton. A telepíthető laboratóriumot konténerek és sátrakból összeállított komplexumként való építését javasolták. A szlovének megoldása szerint a konténerre szerelték a 4 db. hidraulikus emelőt, amely önmagát képes szintezni és a teherautóról leemelni, véleményünk szerint ez egy ötletes megoldás.

A veszélyes hulladékok gyűjtése elkülönítetten kell megoldani. Az elképzelések szerint a létesítmény minden eleme saját klíma és szellőzőrendszerrel rendelkezne, mindegyik szellőztetés befűvason alapulna. A konténerben helyet kapnak elszívó berendezések is. Ezeket az elszívó rendszereket egy ABV szűrőn keresztül vezetnék ki, így biztosítva, hogy a veszélyes anyagok, amelyek a vizsgálati mintákból, keletkeznek, ne kerülhessenek vissza a környezetbe.

A mobil laboratórium feladatának ellátásához a következő műszerezettség képzelhető el:

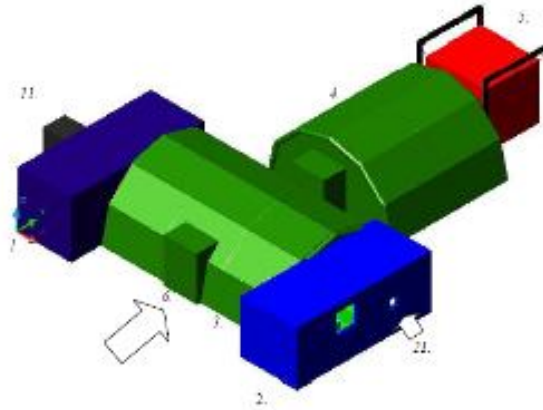
1. GC-MS hozzácsatolt FID detektorral.
2. GC-MS és NPD valamint EC detektorral.
3. GC-MS és HPLC-ESI-MS

Az LC/MS-MS-sel valamennyi kijelölt vegyület származékképzés nélkül vizsgálható, a mintaelőkészítés egyszerűbb, kevesebb lépésből áll. Hátránya, hogy a spektrumkönyvtár csak részben van meg a mérgező harcanyagokra és metabolitjaira (bomlástermékeire). A beüzemelés során ezért azt ki kell alakítani (le kell mérni).

A rendszer részletes képe a 11. ábrán látható. Kialakítását tekintve 5 fő egységből épül fel:

1. A: konténer (MHA)

2. B: konténer (TIC)
3. C: folyosó sátor
4. D: lakósátor
5. E: mentesítő sátor



11. ábra. T-VAL konténer látványterve

A konténerben alkalmazandó főbb mintaelőkészítési megoldások:

- szilárd fázisú extrakció (SPE C8, C18, PCX töltetű oszlopokkal) és szilárd fázisú mikroextrakció (SPME) különféle polaritású szállal;
- Mintakonzentrálás inert (nitrogén) gázzal, származékképzés (elsősorban szililezéssel).

A biztonság és független működés érdekében a konténerben ki kell alakítani az alábbiakat:

- izolációs és lamináris elszívó boxok/fülkék;
- mentesítő kamra a konténerben a ki-bejáratnál;
- hulladékgyűjtés;
- labor légtér monitoring (mérgező anyagokra);
- szellőzés, légkondicionálás;
- független levegős csatlakozási lehetőség (izolációs védőruha esetén).

A T-VAL tényleges megvalósításáig még számos részfeladatot meg kell oldani, a szükséges költségvetést biztosítani kell, de bízunk benne, hogy a fejlesztés a közeljövőben elkezdődhet.

ÖSSZEFOGLALÁS

A harctérre illetve kárhelyre telepíthető vagy mobil vegyi laboratóriumok tervezése és gyakorlati megvalósítása mintegy 40 éves múlttal rendelkezik. A NATO tagországainak a hidegháborút (1989-et) követő megváltozott biztonsági környezetben és fenyegetésekkel kell szembenéznük, számolni kell – elsősorban terrorista csoportok általi- mérgező harcanyag vagy veszélyes ipari anyagok alkalmazásával. A 2002-ben felállított NATO Reagáló Erők (NRF) és telepíthető laboratórium koncepciójának 2005-ös (STANAG 4632 szabványának) elfogadásával a tagországok rendszerbe állították korábbi tapasztalataikra alapozva a telepíthető laboratóriumukat.

Véleményünk szerint olyan „kis” országnak, mint Magyarország, a még meglévő szakmai és kutatás-fejlesztési alapokra támaszkodva olyan képességeket kell továbbfejlesztenie, ami

nagy hozzáadott hazai szellemi értéket képvisel és versenyképes nemzetközi viszonylatban is, mind a NATO, mind az EU keretein belül. Ilyen magas fokú szakmai tudást igényel például az egészségügy illetve a vegyivédelem.

A cikkben bemutatjuk a telepíthető laboratóriumokra vonatkozó 4632-es NATO szabványt és a megvalósításra tervezett magyar tanulmányt, ismertettük a beépítésre tervezett műszereket a kettes szintű azonosítási követelménynek megfelelően. A magyar fejlesztésű vegyi konténer tervezésénél és felszerelésénél véleményünk szerint körültekintően figyelembe kell venni a már meglévő telepíthető laboratóriumok kialakítását, máskülönben a tényleges beépítésnél sok buktatóval kell majd számolni. A piacon sok gyártótól széles választékban kapható analitikai műszerek többségében alkalmasak a telepíthető laboratóriumokba való beépítésre, célszerű magyarországi szerviz háttérrel és referenciával rendelkező készülék típus kiválasztása.

A tervekben szereplő telepíthető vegyi konténer (konténerek) beszerzése, üzemben tartása (műszerek karbantartása, fogyóeszközök beszerzése) komoly szakmai (felkészült személyzet) és anyagi erőforrást igényel, melyet a jelenlegi költségvetési helyzetben is célszerű finanszírozni. A telepíthető vegyi laboratórium olyan, akár NRF-be is felajánlható képességet teremt, amely költséghatékonyság szempontjából az egyik ígéretes fejlesztés lehet hazánkban. A fejlesztés és a későbbi alkalmazás, illetve közös gyakorlatok során a szomszédos országokkal két vagy többoldalú nemzetközi katonai együttműködés keretében biztosítani lehet a külföldi tapasztalatok építő jellegű felhasználását és beépítését a laboratórium eljárásrendjébe.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] AAP-21 (B): ABV védelmi terminológia és definíciók (STANAG 2367 NBC, NATO Glossary of NBC Terms and Definitions), a HM Hadművelleti és Kiképzési Főosztály kiadványa, (2009), p. 32.
- [2] Vegyifegyver Tilalmi Egyezmény, A Vegyifegyverek kifejlesztésének, gyártásának, felhalmozásának és használatának tilalmáról, valamint megsemmisítéséről szóló, Párizsban, 1993. január 13-án aláírt egyezmény, 1997. évi CIV. törvény által kihirdetve
- [3] Information Paper, CWTC Item 945, 17 Mar 1944
- [4] Information Paper, AMCTC Item 3400, 22 Apr 1965
- [5] Information Paper, CWTC Item 1120, 31 Aug 1944
- [6] Michael J. J. Eddy, New Developments in Chemical-Biological Materiel, CRDEC-SP-86013, April 1986, 36; CRDEC, Annual Historical Review, FY88, 60-61.;
- [7] U.S. Army Chemical and Biological Defense Command. AMC Accomplishments During General Ross' Period of Command. undated; "NBCRS Headed for Production," The Catalyst 1, no. 2 (1995);
- [8] Michael H. J. Eddy, New Developments in Chemical-Biological Materiel, CRDEC-SP-88014, 34; Information Sheet, M93A1 Fox NBC Reconnaissance System, 10 Nov 1998

- [9] Information Paper, The Fox NBC Reconnaissance Vehicle, 29 Jul 1997
- [10] Information Paper, M93A1E2 Block Modification Fox Nuclear, Biological, Chemical Reconnaissance System (NBCRS), January 1999
- [11] Information Paper, The Fox NBC Reconnaissance Vehicle, 29 Jul 97; “The Fox Goes to Bosnia,” Edgewood Quarterly, No. 8, June 1996
- [12] Erdős József, Pintér István, Solymosi József: Magyar ABV védelmi technikai almanach, ZMNE, 2003., 142-147.o.
- [13] STANAG 4632: Deployable NBC analytical laboratory (Telepíthető ABV Analitikai Laboratórium, NATO Standardization Agency (NSA), (2005)
- [14] Ľuboš TRUDIČ szds., Milan BOŽOK hdgy.: MOBILE IDENTIFICATION CHEMICAL LABORATORY, Internatonal CBRN Worksop in the Slovak Republic előadás (2009.05.19)
- [15] STANAG 2352 Nuclear, biological and chemical (NBC) defence equipment – operational guidelines (Atom-, biológiai- és vegyivédelmi felszerelések -a minimális ellátás követelményei), NATO Standardization Agency (NSA), (2006)
- [16] Sampling and Identification of Chemical, Biological and Radiological Agents (SIBCRA), Handbook - AEP-66 (2009, ratification draft) E melléklet, 245-247. o.
- [17] STANAG 4359 (LG/7) Sampling and Identification of Chemical Agents (SICA), Handbook – (AEP-10)