

## A HAJDÚSZOBOSZLÓI TARTÁLYFELSZAKÍTÁSI AKUSZTIKUS EMISSZIÓS MÉRÉSEK

(Tanulságok a Hajdúszoboszlón végzett tartály-felszakítási kísérletek alapján)

Pór Gábor<sup>1</sup>, Geréb János<sup>2</sup>, Zsoldos Zsuzsa<sup>3</sup>, Szabó Szebasztián<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ECOTECH Nonprofit Zrt, Dunaújváros

<sup>2</sup>Geréb és Társa kft, Budapest

<sup>3</sup>ÁEF, Budapest

<sup>4</sup>Dunaújvárosi Alkalmazott Tudományok Egyeteme

### Kivonat

A 2010 óta már több alkalommal végzett tartályfelszakítási vizsgálatok közül elsősorban a legutóbb a Hajdúszoboszlón a PÉBÉ-COOP Kft és a kezdeményező BME ATT jóvoltából végzett kísérletek tanulságára koncentrálnak, áttekintjük a hazai és nemzetközi gyakorlatot. Mindegyik mérés igen értékes tapasztalatokkal gazdagította az akusztikus emisszióval foglalkozók fegyvertárát. Összefoglalónkban elsősorban a szerzett extra tudásokról akarunk beszámolni, némi nemzetközi kitekintéssel. Ebben benne van, az osztrák és ukrán résztvevők sikeres detektálása, de bemutatjuk a második méréssorozat feldolgozása során az AED-40 konfigurálható szűrővel szerzett jobb lokalizációs tapasztalatainkat is, amelyek elsősorban a hasonló feladatokon dolgozó fejlesztők érdeklődésére tarthat számot. Bizonyítjuk, hogy lehet tovább javítani a lokalizációt, ami a felhasználások előrejelzésére is használható.

### 1. Bevezetés

A PÉBÉ-COOP Hajdúszoboszlói telepén két év különbséggel végrehajtott, 5 köbméteres tartályokon végzett tartály-felszakítási kísérletek egyik célja az volt, hogy az üzemeltető egy olcsóbb tartályminősítési módra térhessen át. Ennek lényege, a bevezetendő új szabvány [1] szerint az, hogy egyszerű falvastagság méréssel, és az adott anyagok anyagismereti tudására támaszkodva is lehessen minősíteni a tartályokat a továbbüzemelés szempontjából, elkerülve a költséges, és a tartály élettartama szempontjából, egyes vélemények szerint, nem kívánatos nyomásterheléses méréseket. Ehhez, kiegészítőként, két alkalommal akusztikus emissziós (AE) méréseket is szerveztek, korlátozott számú résztvevővel, meghívásos alapon. A résztvevő akusztikus emissziós mérőcsapatok szívesen vettek részt a mérésekben, hogy fejlesszék ismereteiket a tartályok tönkremenetelének AE mérésekre alapozott értékelésére. Az egyes mérőcsoportok elég különböző gyakorlatossággal rendelkeztek. AE terén igen kevés lehetőség van összehasonlító mérésekre, hiszen

nincs, aki finanszírozza. Márpedig az ilyen mérések-ből nagyon sokat lehet tanulni: lehet a módszereket továbbfejleszteni, össze lehet vetni a már ismert és használt esemény- és lokalizációs eljárások eredményével. Ez még az azonos gépet használók esetében is igen érdekes és értékes, hátha még az osztrák és ukrán műszerekkel mértekkel is össze lehet vetni! És nyertünk! Mit is nyertünk? Tapasztalatokat! Módszereket. Bepillantást a másik munkájába. Nyugodtan tekinthetnénk akár körvizsgálatnak is, ha mindenki részt vehetett volna a mérésekben, és a körvizsgálat egyéb előírásai is teljesültek volna.

A Dunaújvárosi (akkor még) Főiskolán Fodor Olivér aktív segítségével (és már akkor is a PÉBÉ-Coop-tól leselejtezett tartályokon) 2009 és 2011-ben rendeztünk két tartály-felszakítási kísérletet bevallottan módszertani összehasonlítás céllal [2,3]. A második - Fücsök Ferenc jóvoltából - valódi körvizsgálatná nevesedett. Most Dobránszky Jánosnak kell köszönetet mondanunk, hogy a BME tanszék és a PÉBÉ-Coop érdekében és jóvoltából összehozott tartály-felszakítási kísérletekbe bevont minket [4], még akkor is, ha a meghívás nem volt teljes körű, amit többen fáj-laltak. A 2019. évi RAKK konferencián mutattuk be a legutóbbi mérések néhány eredményét, és az ott leadott cikk alapján kaptunk felkérést az Anyagvizsgálók Lapjában (AVI Lap) való publikálásra. De ez a cikk nem annak az egyszerű ismétlése. Azóta megkaptuk az egyik szerző (GJ) ukránokkal publikált részletes eredményeit [5], amire nem egyszerűen csak hivatkozunk, hanem több eredményt beillesztünk ebbe a cikkbe, mivel az eredetileg orosz nyelven íródott, és nem mindenki tudja könnyen olvasni. Hivatkozni szeretnénk Pál Csabának az AVI Lap előző számában megjelent cikkére is [11], amelyben bemutatta, hogy ők milyen módszereket használnak a hazai AE tartályminősítési gyakorlatban.

Ennyi bevezető után pedig fogjunk hozzá, mit is mértünk, és mit is tanultunk a két alkalomból, hozzátéve, hogy az első, a gazdagabb alkalomról már beszámoltunk az előző RAKK konferencián [6]. Itt most a nagyobb hangsúlyt az új eljárásokra, tapasztalatokra helyezzük.

## 2. Tartályok, résztvevők, mérések leírása

### 2.1 Tartályok

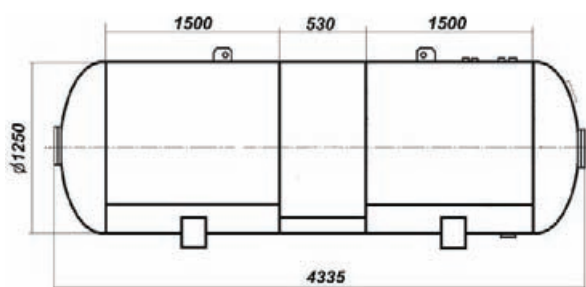
Az összes vizsgált tartály valamennyi paraméterét nem írjuk itt le, azok megtalálhatók a hivatkozott jelentésekben [5,7,9]. Bár az 5 köbméteres tartályok fő méretei azonosak, de a hegesztési varratok elrendezése nem (lásd az 1. ábrát).

A Hajdúszoboszlón végzett kísérletekben csak egyetlen tartály, a 24344. számú került előpreparálásra. A 2. ábrán látható helyen köszörüléssel elvékonyították a falát. A felszakadás természetesen itt következett be. Viszont például a 24452-es tartály többször megemelték, modellezve ezzel az esetleges durvább szállítást és helyre emelést. A daruzás része volt kb. 0,4 m magasságból a lábakra történt leejtés.

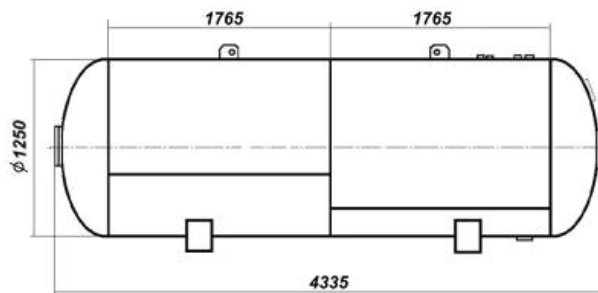
A második szakaszban (II.) 2017-ben négy másik tartály került vizsgálatra és felszakításra (v.ö. 1. Táblázattal). A tipikusan 15 bar nyomáson üzemelő tartályok a gyártás végén 20 bar-os próbanyomást

kaptak, (ami fontos az AE szempontjából). Látható, hogy a megfolyás 27-36 bar-on következett be, kivéve a 3mm-es falvastagságra gyengített tartályon (folyáshatár: 16,5bar). A felszakadás még a gyengített tartályon is csak 36 bar-nál következett be, míg a többi tartály több, mint 45 bar-ig bírta a túlnyomást. Tehát jelentős tartalék van ezekben a tartályokban. Fontosnak tartjuk, hogy a folyáshatár és a felszakadás között is csaknem 20 bar a különbség. A folyás megindulása jelentős AE eseménysorral jár, így elég tartalékunk lehet az előrejelzésre.

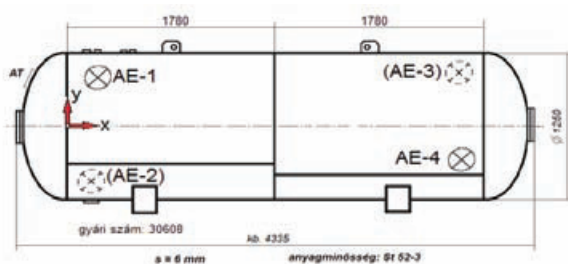
A 3-5. ábrán néhány felszakadási képet mutatunk be. Az esetek többségében nem a hegesztési varrat adta meg magát. A 20. ábrán egy érdekes jelenség figyelhető meg. A felszakadás előtt a tartály falára nehezítő nagy belső nyomás kötözött szalámi módjára felfújta a tartályt, amely - amint a belső nyomás elérte a folyáshatárt - az alkotói mentén jelentősen tágult, de a hegesztési varratok merevebbek lévén kisebb alakváltozással reagáltak, és ezért abroncsként tartották össze a tartályt.



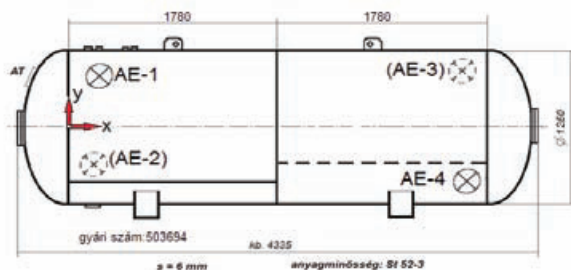
I/1 tartály (gyengítésre került)



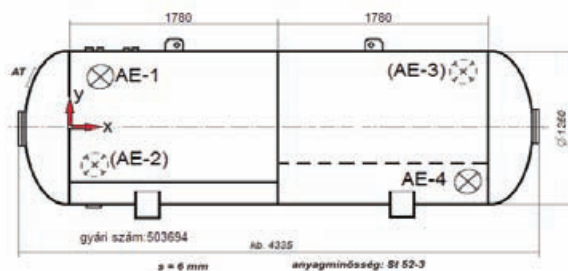
I/2 tartály



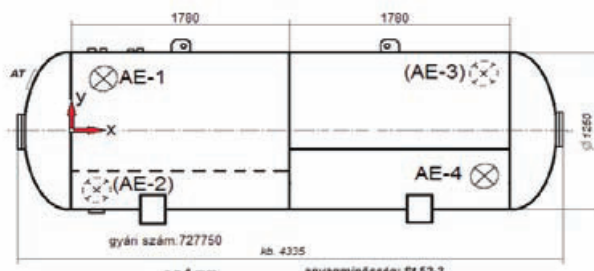
II/1 tartály



II/2 tartály



II/4 tartály



II/3 tartály

1. ábra: A tartályok fő méretei

**1. Táblázat**

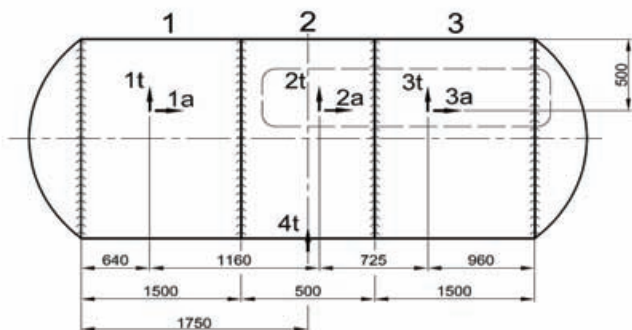
tartály	gyártási szám	gyári próbany.	gyártó	gyártás éve	felszakadás	folyáshatás *bélyegalapján **becslés	anyaga
I/1	24344	19,6 bar	FMF	1995	gyengített 36 bar	**16-*17 bar	St52-3N.
I/2	24452	19,6 bar	FMF	1996		*27 bar	St52-3N.
II/1	30608	20 bar	W.Krämer GmbH	1995	46,6 bar	*35 bar	acél, St52-3
II/2	503694	20 bar	Vasipari és Tartálygyártó Kiszövetkezet	1994	53,1 bar	*28 bar	acél, St52-3
II/3	727750	20,3 bar	ERMERT GmbH	1993	46,5 bar	**36 bar	acél, St52-3
II/4	961450	20 bar	Gönczi és Fia Kft	1996	47 bar	*34 bar	acél, St52-3

**3. Elsődleges eredmények (összehasonlítás)**

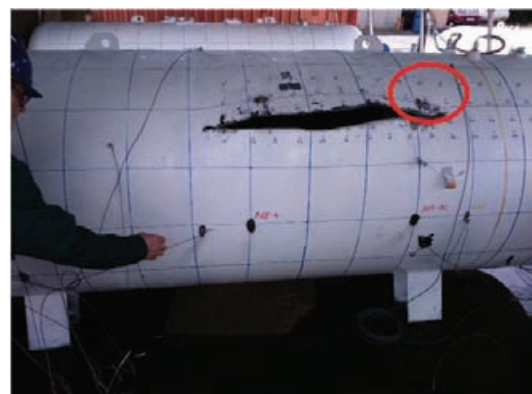
**3.1 Hasonlóságok a Real-Time mért eseményezőkben**

A több száz oldalra rúgó, több résztvevő által produkált mérési görbéket nincs módunkban ebben a limitált hosszúságú cikkben megjelentetni. De választottunk néhányat az egyezések és eltérések demonstrálására.

A 7. és 8. ábrán a DUE és ÁEF által a 2015-ös kísérletekben regisztrált AE események amplitúdói igen jó egyezést mutatnak, különösen a 7. ábrán látható Kaiser effektusban. A 9. ábrán a sum of hit függése a két mérésben sokban hasonlít egymásra (megint különösen a Kaiser effektusban), de az ÁEF exponenciálisan növekvő függvénye sokkal jobban mutatja a szokásos kádgörbe jelleget, azaz tönkremenetel alakot.



**2. ábra: A 3mm-re vékonyítás helye**



**3. ábra: A gyengített tartály felrepedés után**

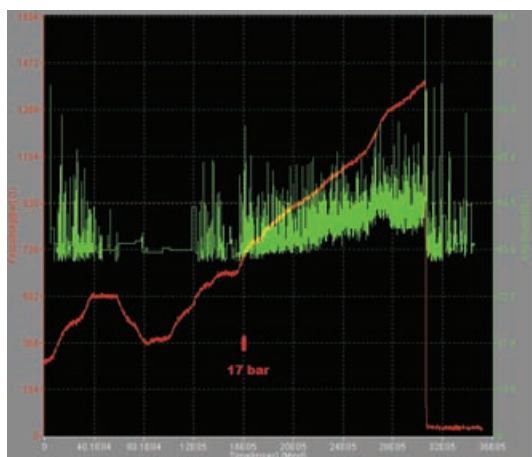


**4. ábra: A II/1sz. tartály felszakadása (30608)**

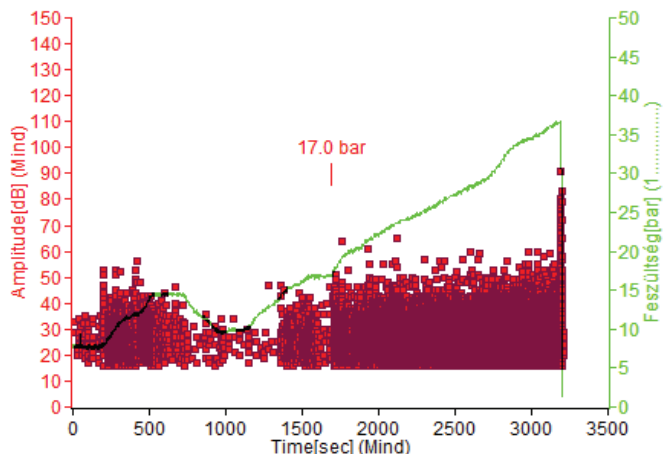


**5. ábra: A II/2 sz. tartály (503694). Alul látható a felrepedés**

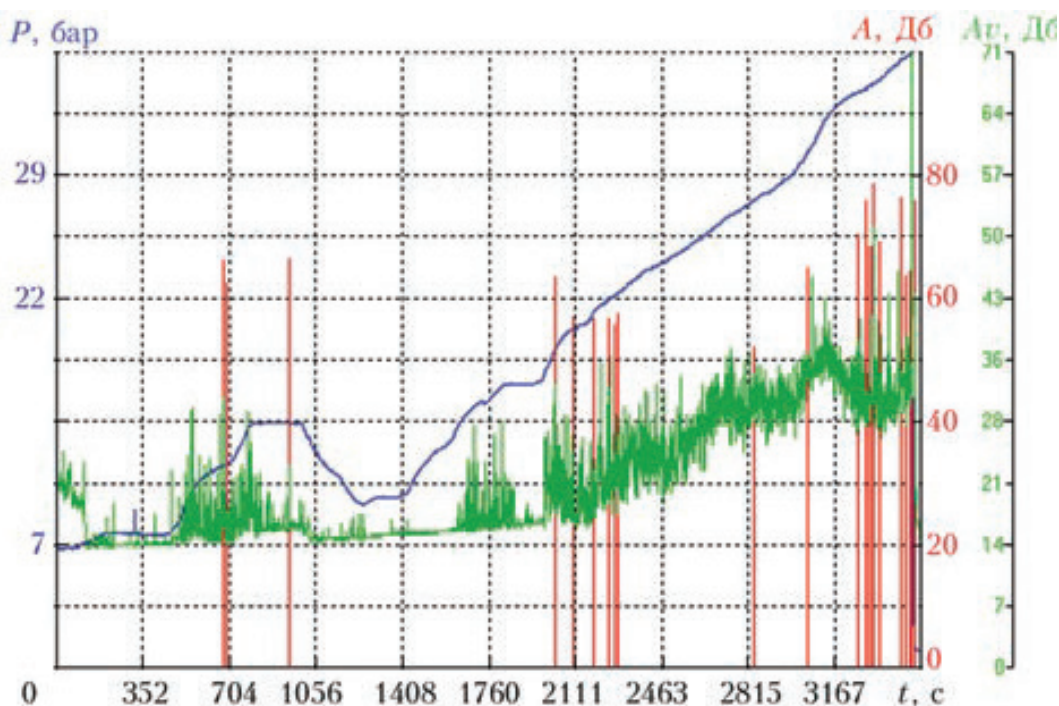




a)

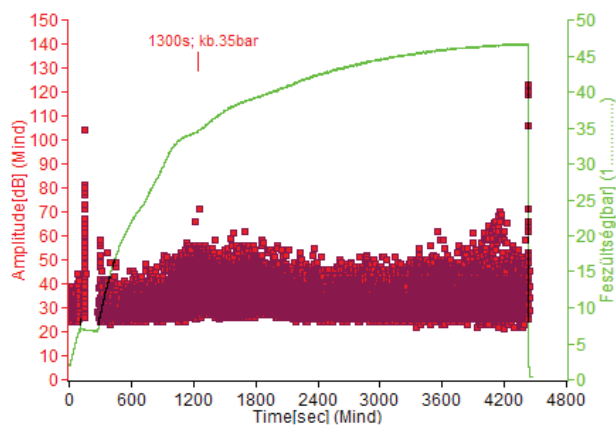
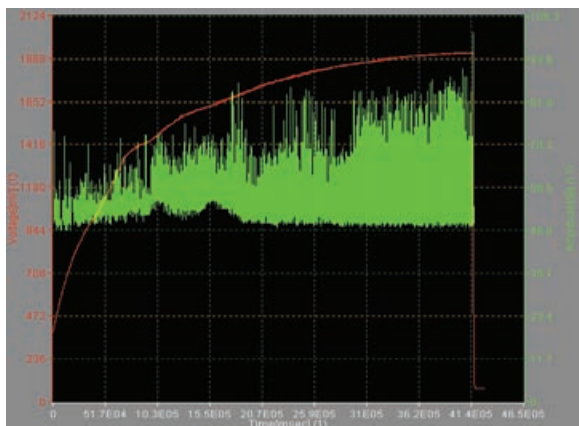


b)

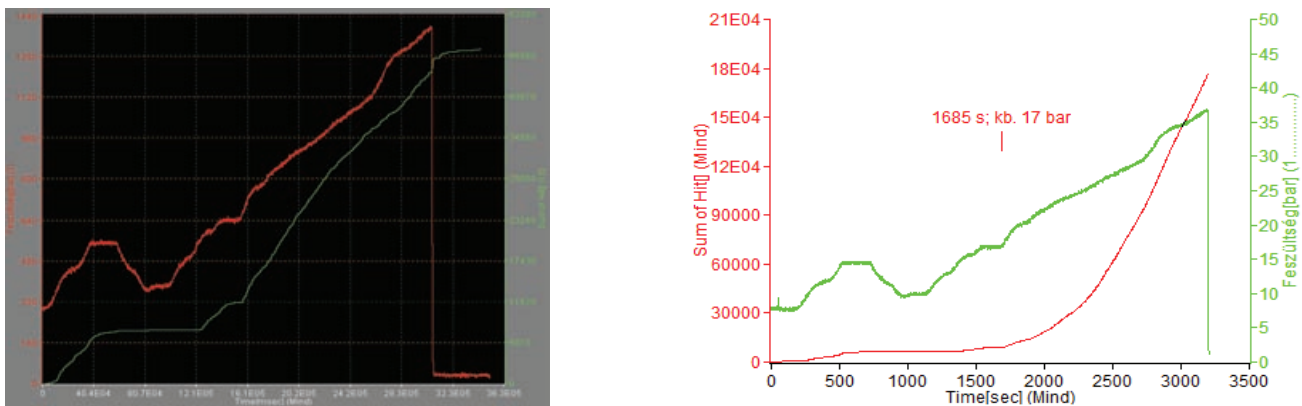


c)

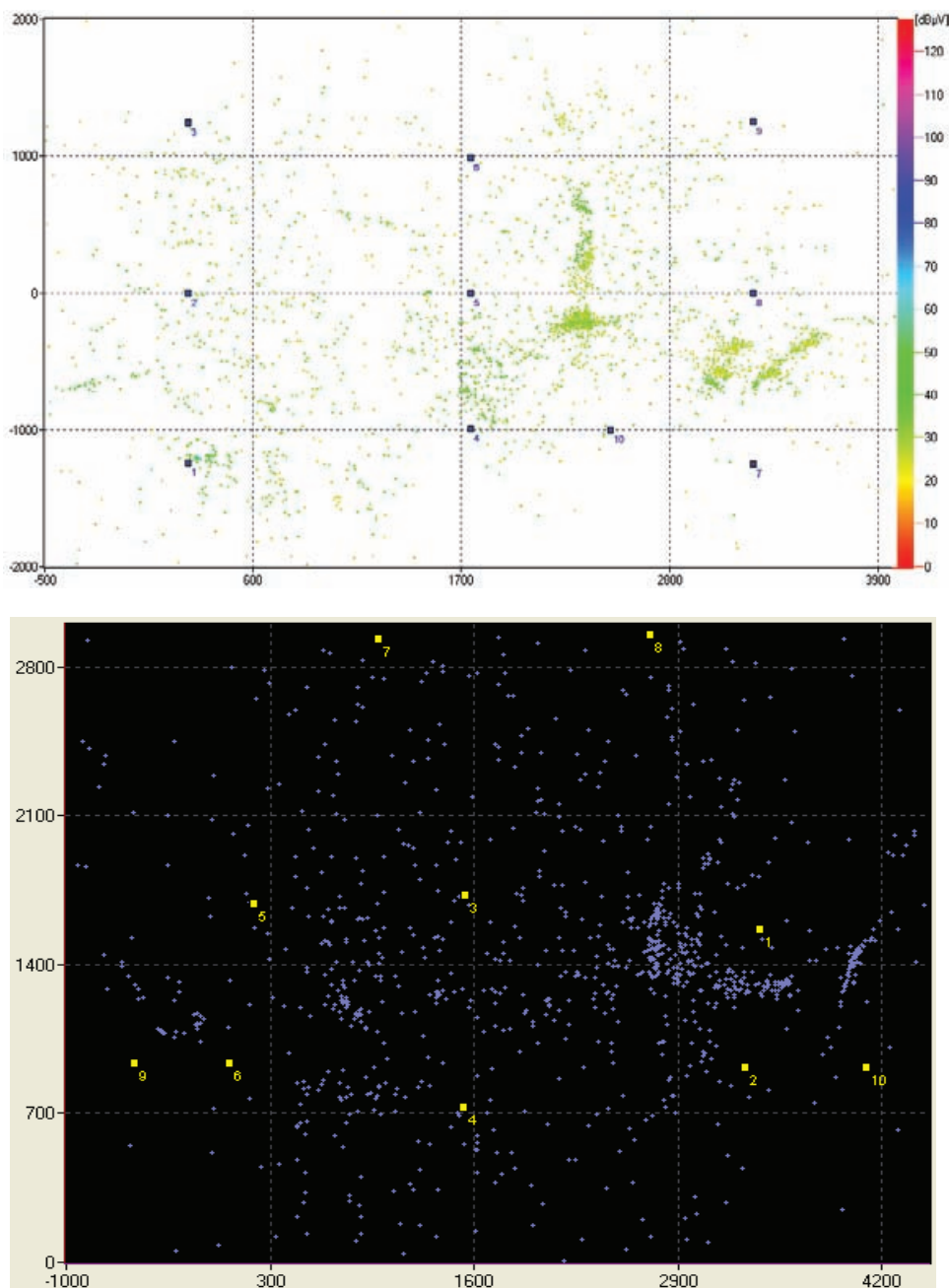
7. ábra A DUE csapat (a) és az ÁEF csapat (b) által rögzített események amplitúdó és average változásai jó egyezést mutatnak a gyengített tartály felszakítási folyamatában és igen jó egyezést az ukrán feldolgozással (c)



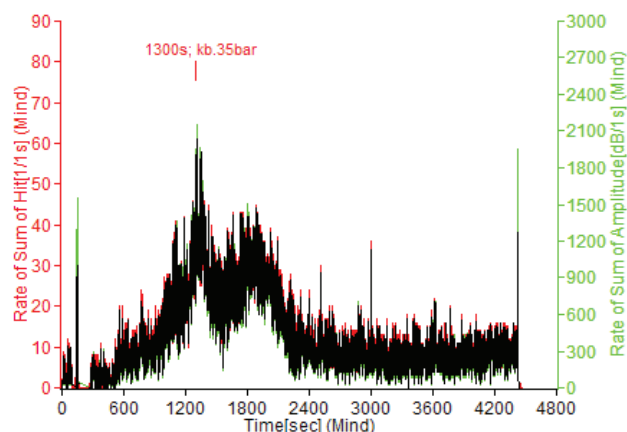
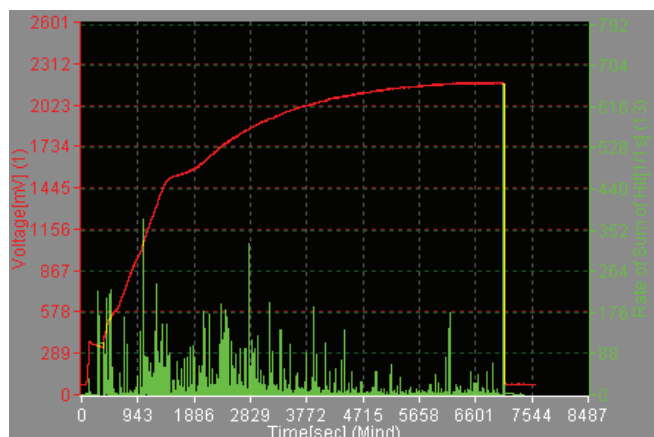
8. ábra A DUE és az ÁEF által mért AE amplitúdók a 24452-es tartályon



9. ábra Hasonlóságok és eltérések a DUE és ÁEF által mért sum of hits görbéken



10. ábra Az ÁEF által (fenti kép) és a DUE által lokalizált AE források sűrűsödési göcai is hasonlóságot mutatnak



**11. ábra A regisztrált AE események amplitúdó és gyakorisági görbéi az időben igen hasonlóak a DUE(bal oldal) és az ÁEF (jobb oldal) alapkiértékelésében**

A 10. ábrán látható hasonlóság az ÁEF és a DUE által végzett lokalizációs helyekről igazán meggyőző. A két csapat a saját érzékelőit használta, amelyeket ráadásul nem is tudott ugyanoda elhelyezni. Mégis, mind a felszakadás helyén lévő sűrűsödés, mind a többi sűrűsödési helyek igen hasonlóak.

### 2017-es mérés 1 tartály[4]

A 2017-es összemérésnél is igaz, hogy a mért görbék igen hasonlóak egymáshoz. Ez további bizonyítéka annak, hogy a két résztvevő csapat már elég jól tud AE eseményeket mérni, és hogy mérési eredményeik valóságosak, a következtetések megalapozottak.

Tehát az elsődleges mérési eredmények összegzésésként megállapíthatjuk, hogy a különböző cégek különböző eszközeivel végzett mérések jellemző alapvető görbéi igen hasonlóak, ami alapján az összemérést sikeresnek is tekinthetjük. Egy körvizsgálatnál elsősorban ezt szokás vizsgálni és nem a következtetéseket.

### 3.2 A különböző résztvevők általi értékelések

Természetesen fontos kérdés, hogy sikerült-e AE módszerrel megnyugtató módon előre jelezni a tartály felszakadását? Azt kell mondanunk, hogy ez egy rosszul feltett kérdés. Az első tartály esetében, ahol a 6 mm-es falvastagságot egy jelentős területen 3 mm-re csökkentettük, mindenki előre tudta, hogy hol fog felszakadni. Bár a résztvevők, becsületből, igyekeztek a megszokott elrendezést követni az érzékelők felhelyezésénél, mégis érezhetően koncentráltak a felszakadó részre. A 10. ábrán jól látható, hogy az AE források erősen sűrűsödtek a felszakadás helyén (az alsó ábrán az 1 és 2 érzékelők közötti részen). Azt is bemutattuk már az előző RAKK 2017 konferencián egy animációban (pon-

tok megjelenésének időbeni mozijával), hogy ezek nem a szakadáskor, hanem már azt megelőzően is megjelentek (és erre még visszatérünk az a 2017-es eredmények szűrésénél a következő fejezetben). De joggal felvethető, hogy vannak más sűrűsödési pontok is. Azokkal mit csináljon az elemző? A gondot némileg csökkenti, hogy látható módon mindkét csapat ugyanott lokalizált sűrűsödést. Az egyik ilyen sűrűsödés a 10. ábrán az alsó képen, jobboldalon, a 10sz. érzékelő feletti ív. Erről hamar be lehet látni, hogy az a hegesztési varratra esik (a mérési bizonytalanságon belül), mind a két csapatnál. Tehát ez a varrat „zenélt”. Van egy másik, kevésbé feltűnő sűrűsödési hely is, (a 10. ábrán az alsó képen) a 3-4-5-6 érzékelők között. Valójában az ÁEF lokalizációs ábrán is megjelent ugyanez. De persze nem itt történt a felszakadás, ahol 6mm volt a falvastagság. Viszont a tapasztalatok alapján elmondható, hogy nem is a felszakadás (képlekeny esetben) a fontos, amit látunk és látni szeretnénk, hanem már az azt megelőző állapot, vagyis a megfolyás (ami amúgy is időben elhúzódó folyamat és lényegében az edény tönkremenetelét jelenti). Különböző vélhetőleg többek között a deformációk miatti festékpattogzások és alakváltozások miatt is van olyan nagyszámú esemény a lokalizációs térképen.

Az ukrán kiértékelő program sokkal határozottabban fogalmaz. Olyan szoftvert alkalmaznak (EMA [10]), amely rögtön figyelmeztető jelzést ad, amikor úgy véli, hogy a jelek alapján prognosztizálni lehet a felszakadás veszélyét, és prognózist is biztosít [5]. Idézzük: „Az első, „Figyelmet fordítani!” figyelmeztetés 14,56 bar terhelésnél lett kiadva. 19,02 bar nyomásnál szintén az 1-es szintű figyelmeztetés – „Figyelmet fordítani” – lett kiadva a tartály tönkremenetelének előrejelzésével 31,71–38,05 bar nyomásértékre. A figyelmeztetés második szintje – „Fokozni a figyelmet”



№ п/п	Время, с	Тип	Кластер	События АЭ	Текущее значение НДС, б/р	№ предупреждений	Прогноз минимума, б/р	Прогноз максимума, б/р
1	943,767	Уровень опасности	1 (X-710 мм, Y-950 мм)	3	14,553	1		
2	2031,205	Прогноз ИЧ	1 (X-710 мм, Y-950 мм)	4	19,076	1	31,71	30,052
3	2161,381	Уровень опасности	1 (X-710 мм, Y-950 мм)	5	20,16	2		
4	2185,281	Уровень опасности	1 (X-710 мм, Y-950 мм)	6	21,358	2		
5	3477,9	Максимум ИЧ			36,683			

12. ábra Az EMA-4 rendszer 1-es, 2-es és 3-as szintjére vonatkozó figyelmeztetési listája a elszakadási nyomás prognózisával (PO EMA-3.91)

– 20,16 bar-nál lett kiadva. Emellett a prognosztizált felszakadási nyomás értéke változatlan maradt. A figyelmeztetés harmadik szintje – „Veszély” – 21,16 bar-nál lett kiadva. Emellett a prognosztizált felszakadási nyomás értéke szintén változatlan maradt.” (vö. 12. ábrával)

A TPA-KSS GmbH [7] sem csak AE beütéseket és eseményeket regisztrál. Ők döntést hoznak az AE események amplitúdója alapján. Érdemes észrevenni, hogy a jelentésük csupán néhány érzékelőn alapul, de nagy súlyt fektetnek az AE hullámok csillapodási tényezőjének kimérésére, mivel ez fontos, ha a forrás amplitúdót akarjuk hasznosítani a döntés meghozatalára.

Érdekes a méréshez fűzött szakmai megjegyzésük is. Állításuk szerint a falelvékonyítás természetesen

képes lehet imitálni a korróziós folyamatok miatti elvékonyodást, azonban, ha ilyen a valóságban előfordul, akkor annak megtalálása AE módszerrel igen könnyű, mivel a korrózió általi elvékonyodás helyén a korróziós termékek leválása miatt az AE aktivitás igen jelentős lesz, így ki lehet jelölni az AE segítségével, hogy hol kell falvastagságot mérni. Az AE pedig ott is jelezni fog, ahol nem korrózió miatti elvékonyodás, hanem kezdeti repedésnövekedés és/vagy szivárgás váltja ki a későbbi meghibásodást. Szerintük az ő gyakorlatukban ez sokkal gyakoribb, mint a tartálykorrózió!

E fejezet végén megállapíthatjuk, hogy igenis lehetséges AE segítségével előrejelzést adni, ami ugyan nem 100%-os biztonságú, de figyelembe veendő. A hazai gyakorlatban, mint látható [11] a hagyomá-

**Result:**

Specification for review:

A1 = 90dB<sub>AE</sub>      N1 = 3  
 A2 = 75dB<sub>AE</sub>      N2 = 10      N3 = 2

**The measurement revealed critical active sources at a test pressure of 12,5bar. Source severity classification: 3 (critical active sources)**

Reaching the termination criteria at 12.5 bar:  
 3x <100dB<sub>AE</sub> source amplitude, max. absolute energy: 9475aJ

From 23 bar carried a significant increase in absolute energy and the amplitudes, which continues to the break. In the area of the rear longitudinal seam to be located over the entire course of the pressure test AE-events with high source amplitudes (at 15bar cluster with source amplitudes up 107dB<sub>AE</sub>) were detected.

13. ábra A TPA-KSS osztrák Kft által korai szakasz amplitúdói alapján hozott döntés

nyos AE eseményjellemzőket használják. A hivatkozott cikkben az értékeléshez elsősorban a következő paramétereket használták: „folyamatos AE aktivitás 70 dB felett, összegzett jellemzők exponenciális emelkedése, a beütések száma elérte a  $11 \times 10^3$  Hit értéket, a lokalizált események max. AE aktivitása elérte a 90 dB értéket, rezgésszám növekedés értéke 2100 RateofSumofCounts/18sec volt”. Ezután, elsősorban a kiértékelő szakember megfelelő képzettségén és tapasztalatán múlik, hogy milyen értékelést tud adni. Látható, hogy a külföldi gyakorlatban korszerűbb algoritmusokat is alkalmaznak.

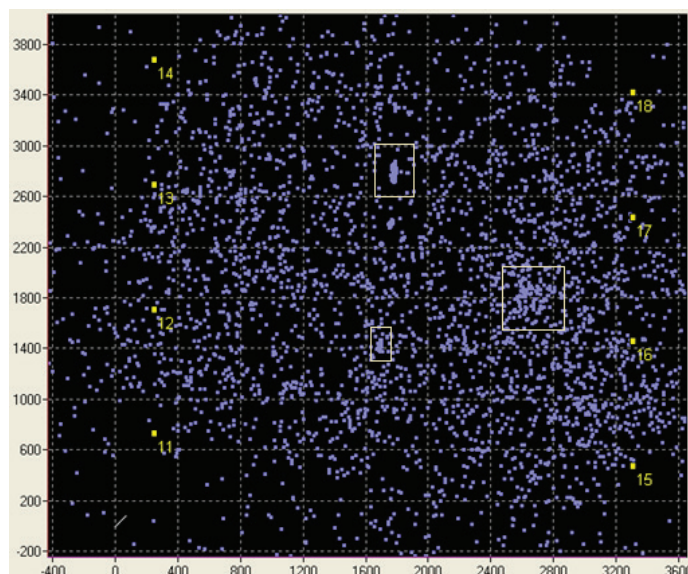
#### 4. Utófeldolgozások néhány új módszertani eredménye

Ebben a fejezetben az AE hagyományos értékelési eljárásain túlmutató, új fejlesztéseket mutatunk be, amelyek alkalmazásával jelentősen javíthatóknak véljük a jövőben az AE hatékonyságát a tartályokon végzett AE mérések értékelésében. Nem ismételjük itt meg, de emlékeztetünk arra, hogy már a 2015-ös felszakítás RAKK 2017-en történt bemutatásánál [6] egy új módszer, az animáció jelent meg, ami megkönnyítheti a mérési eredmények utóértékelését.

##### 4.1 Utólagos elemzések az AED\_40 szűrési lehetőségeivel [8]

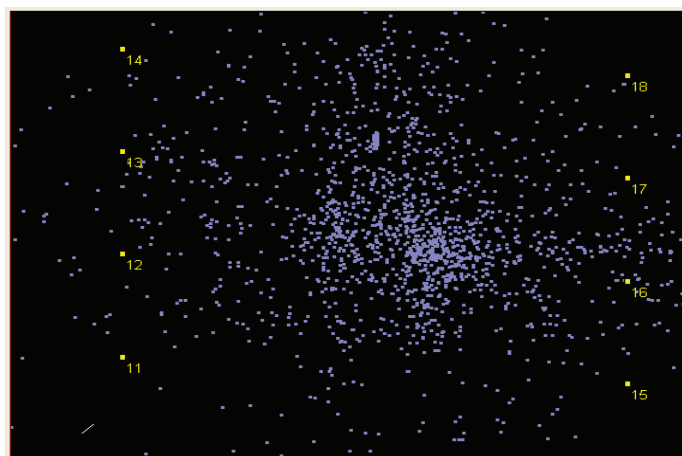
A 14. ábrán az egyik tartályon az AED-40 eszközzel mért és elvégzett forráslokalizálás eredményeit mutatjuk be. Látható, hogy a számtalan detektor hármas- és négyes kombinációból a mérés ideje alatt nagyon sok forráspontot lehet kapni a késleltetési idők hagyományos eljárásával. A helyzetet tovább nehezíti, hogy a hengeres tartályon körben is terjedhetnek a hanghullámok, és a varratokról is keletkezhetnek visszaverődések. Ez egy-egy AE esemény esetében számos „hamis” forrás lokalizációt is jelenthet. Az is jól látható, hogy a „csillagos ég” szerű forrástérképen vannak sűrűsödési helyek. Eláruljuk azt is, hogy a felső négyszög, ahol a legsűrűbbek a forráspontok (össze is érnek), az a hely, ahol végül az adott tartály felszakadása megtörtént. Tehát az információ ott van, csak jobban meg kellene jeleníteni! Ebből a célból több szűrési lehetőség van az AE készülékekben, és így az AED-40-be is beépítve.

Az első szűrési lehetőség, amit még on-line, in-situ is szoktak alkalmazni, a holtidős szűrés. Amennyiben bekövetkezett egy esemény, akkor adott ideig (amíg elképzeléseink szerint a visszavert jelek vagy a hengeren körbefutó jelek lecsillapodnak) letiltjuk



14. ábra: A szenzorok által lokalizált összes AE esemény

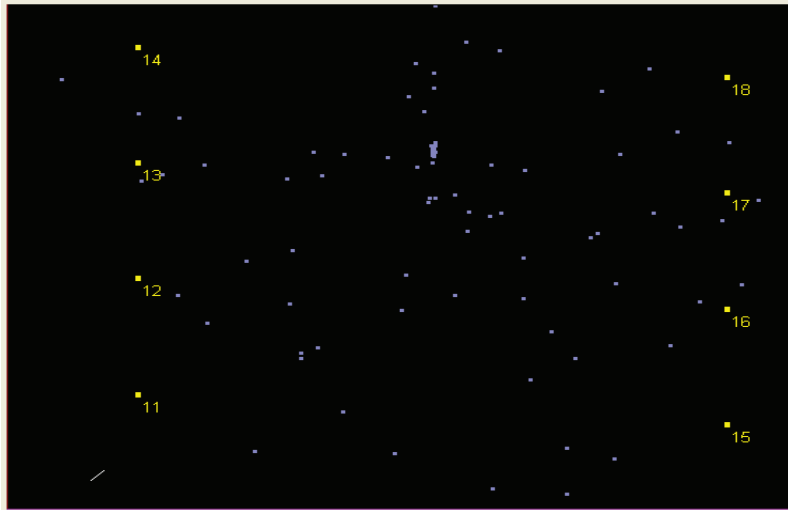
a forrás lokalizációt. Ily módon számos másodlagos lokalizációtól megszabadulunk. A 15. ábrán a holtidős szűrés hatása látható. Számos forráshely eltűnt. Az előbb említett sűrűsödési pont megmaradt. De van olyan átrendeződés is, ami eltérő forráshelyeket mutat az előzőtől, - és ez zavaró. De tudjuk, a holtidő letiltás érzékelőnként történik. Ezért lehetséges, hogy a négyes kombináció egy tagja már egy korábbi beütés miatt le van tiltva, nem alkothat forráshelyet. És akkor más detektor hármasok-négyesek hozzák létre a forráshelyeket.



15. ábra: Holtidővel szűrt lokalizációs térkép

A 16. ábrán rezgésszám, (count) szűrővel tisztított képet láthatjuk. Ez sokkal hatékonyabb. A csillagos ég csaknem eltűnt. Ez a kép már majdnem alkalmaznak is tekinthető, hogy a felszakadás helyét azonosítsuk.

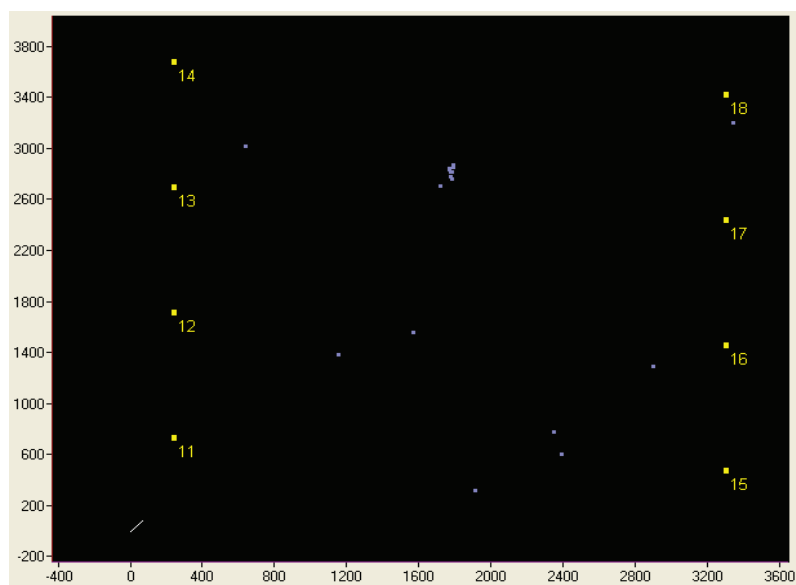




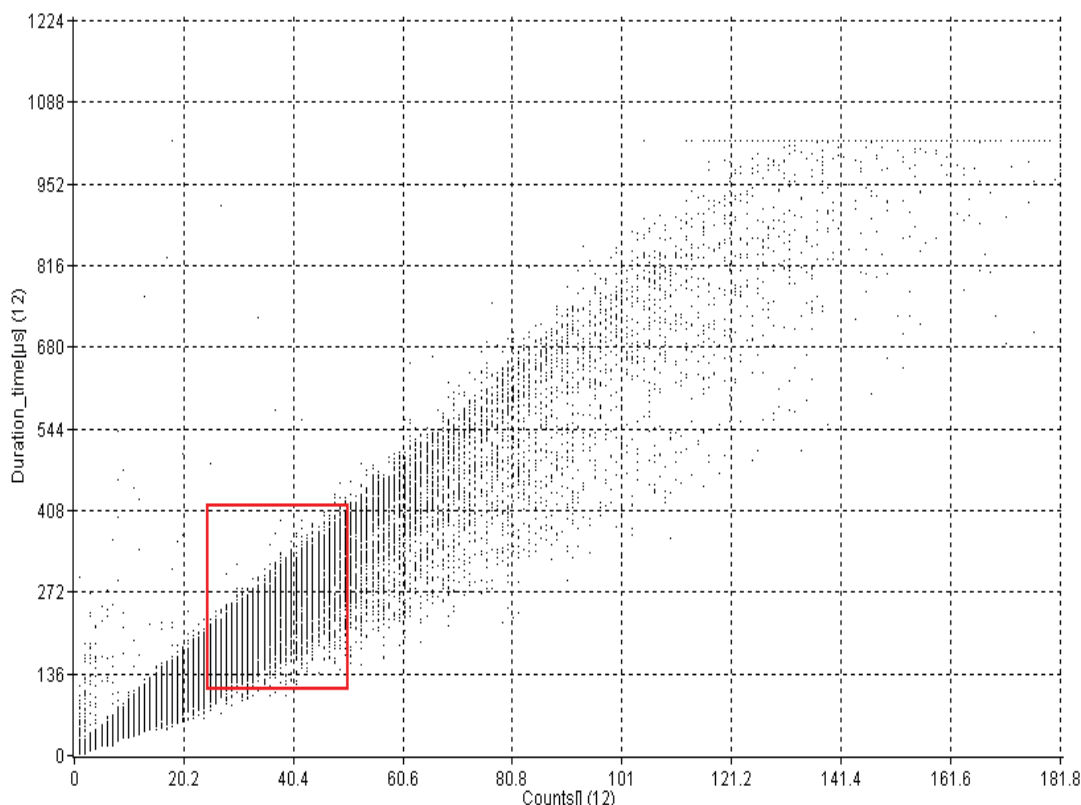
16. ábra: Lokalizációs térkép rezgésszám szűrésével



17. ábra: Lokalizációs térkép rezgésszám és eseményhossz szűrésével



18. ábra: A legszűkebb intervallum



**19. ábra: A kiválasztott szűrési négyszög (tartomány) két paraméter (rezgésszám és eseményhossz esetén)**

A 17. ábrán még egyet léptünk, az eseményhosszt is figyelembe vettük a szűrésben

Végül a 18. ábrán tovább szűkítettük a szűrés intervallumát. A repedés helyét jelentő események az alábbi tartományba esnek: Rezgésszám (Counts): 25-50, Eseményhossz (Duration): 100-410. Függvényen megjelenítve a 19. ábrán mutatjuk be a 18. ábrához tartozó kiválasztott szűrési intervallumot.

A lokalizációs térkép a tartály alján lévő 4 szenzor közötti területen rögzítette a repedésre utaló események helyét, a valóságban azonban nem teljesen a tartály alján, hanem a 4-es és 8-as szenzor közötti területen szakadt fel. Ennek ellenére a loka-

lizációs térkép hatékonynak mondható, mivel ilyen mértékű pontatlanság megengedhető, hiszen a tartály valóban az alján szakadt fel a nyomástartás alatt (20-21 ábrák).

#### 4.2. A fontosabb AE események lokalizálásának időpontja [8]

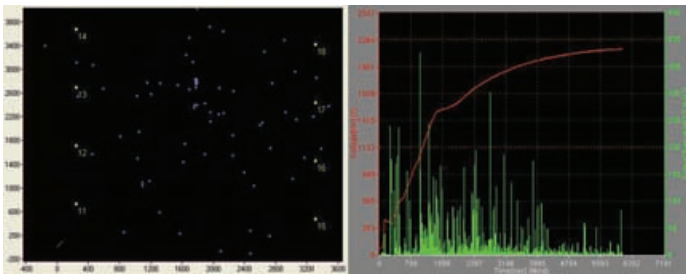
Az előző alpontban láthattuk, hogy megfelelően jó szűréssel az AE képes lehet, hogy a felszakadás legvalószínűbb helyére rámutasson. De azok az ábrák a teljes, a felszakadásig jutó folyamat során rögzített forráslokalizáció eredményeit tartalmazták. Joggal merül fel a kérdés, hogy csak post festum tudunk valamit, vagy már a felszakadás előtt? Azaz vannak-e a felszakadásnak előjelei még akkor, mikor a felsza-



**20. ábra - Nyomástartó edény a mérés után**



**21. ábra A felszakadás a tartály alsó alkotóján mentén történt**



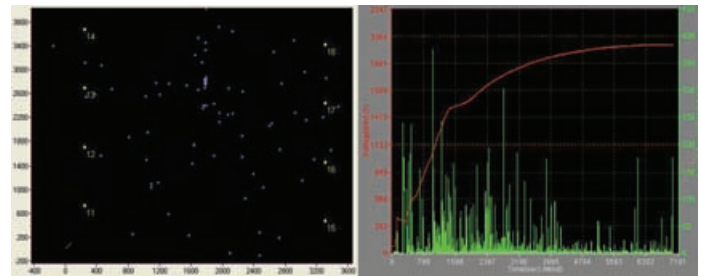
**22. ábra: Lokalizált események 52 bar nyomásnál**

kadás meg sem történt? Van-e némi idő a beavakozásra?

A 22. ábrán jól látható, hogy 52 bar nyomásnál, már tisztán kivehető az a terület, ahol a szűrt AE események sűrűbben jelentkeznek. Ekkor már sűrűsödtek a pontok a leendő felszakadás helyénél. A tartály 55 bar nyomáson szakadt fel. Tehát csaknem 3 bar tartalékunk volt még a szakadási nyomásig. Bár nem állíthatjuk nagy biztonsággal, hogy a folyamat még nem indult be megállíthatatlan módon. Sőt valószínűsíthető, hogy beindult, és pont ebből származnak az egy forráspontra utaló sorozatok. Azaz azt mondjuk, hogy hiába nem növelnénk a nyomást tovább, a szakadási folyamat már megindult, a repedés terjed, és lehet, ha nem növeljük tovább a nyomást, akkor is felszakad a tartály. De a 23. ábrából, amely a felszakadás pillanatában készült 55 bar nyomáson, látható, hogy a szakadásig még több mint 10 perc telt el ahhoz képest, hogy a 22. ábrán már egyértelműen látszik a forráshelyek sűrűsödéséből, hogy a folyamat zajlik. A 10 perc pedig bőven elegendő ahhoz, hogy döntést hozzunk a terhelés csökkentéséről, és megtegyük a szükséges életvédelmi beavatkozásokat.

## 5. Összefoglalás és kitekintés

Már a Bevezetésben rámutattuk arra, hogy a mérések részben az új szabvány indoklását szolgálták, illetve lehetőséget adtak arra, hogy vizsgáljuk az AE módszer használhatóságát a tartálydiagnosztikában. Mint az AE-ban érdekeltek, nem lehetünk döntőbírók abban, hogy az AE vagy az ultrahangos falvastagság mérés szolgálja-e jobban a biztonságot. Szerintünk a kettő együtt. Az elemzések megmutatták, hogy az AE képes időben előre jelezni, ha a tartály veszélyes állapotba kerül, és még a leendő felszakadás helyét is képes előre jelezni. Meg kell állapítanunk továbbá, hogy igen hasznosak voltak a kétévente rendezett tartály-felszakítási kísérletek az AE szakma szempontjából: sokat tanultunk belőle, és új módszereket is kezdünk fejleszteni. Az a tény, hogy a különböző résztvevők hasonló mérési ered-



**23. ábra: Lokalizált események a tartály repedésének pillanatában(55bar)**

ményekre jutottak, bizonyítja az AE mérések objektivitását. Világos, hogy a hagyományos AE kiértékelésen még van mit javítani. Itt most az utómunkák közül az animációs technikát és a már ismert AED-40 berendezésben részben beépített utószűrők hasznosságát mutattuk be. Ez ráirányítja a figyelmet arra, hogy ha az AE terén a régi analóg technikán kialakult alapparamétereken túllépünk, és korszerű, digitális szűrési technikákkal kombináljuk a méréseinket, akkor ez jobb lokalizációhoz és használhatóbb értékeléshez vezethet.

Cikkünk csak adalék ahhoz a polémiához, amely arról szól, hogy melyik a jó módszer a tartályok állapotvizsgálatában, és hogyan lehet megjósolni a balesethez vezető felszakadás valószínűségét. Bemutattuk, hogy az AE módszer igen értékes információkat szolgáltat, képes előre jelezni a felszakadás helyét és várható nyomását. Azt is láttuk, hogy van még mit fejleszteni a módszereken, és más országokban előbbre járnak ebben. Adalékként hozzátesszük, hogy az ilyen körvizsgálat-szerű méréseknél mindig fogadásokat szokás kötni, ki jósolja meg legjobban a felszakadáshoz szükséges nyomásértéket. A legutóbbi mérés során a legjobb tippet (hogy hol és milyen nyomáson szakad fel a tartály) Tóth László adta, két nappal a kísérletek előtt. Tehát az anyagismeret, gyártási ismeret és élettapasztalat döntő mértékű lehet a szokványos, a gyártási technológiát és üzemeltetési szabályokat a tartályon szigorúan betartók számára.

Az anyagvizsgálók számára trivialis, hogy az első lépés mindig a VT. Mit használjunk ezután? Falvastagság mérést vagy AT vizsgálatot? Cikkünk anyaga mutatja, hogy csak az utófeldolgozásokkal együtt kaptunk teljes képet az AT eljárásokban. De a kizárólag az ultrahangos falvastagság mérésen alapuló vizsgálatnak is vannak korlátai.

Mit tudunk akkor mondani az üzemeltetőknek? Nincs 100%-os módszer. A módszerek kombinálása mindig nagyobb biztonságot ad. Az üzemeltető felelőssége, hogy mekkora bizonytalansággal vállalja



tovább használni berendezését (tartályát). A következmények felmérése ad választ arra, hogy kell-e egy ultrahangos vastagságmérés mellett még egy AE mérést is megrendelni. Ha egy esetleges baleset következményei súlyosak lehetnek, akkor annak megelőzése megéri a plusz befektetést.

További vizsgálatokra van szükség annak egyértelmű kimutatására, hogy mikor, az üzemi paraméterekhez képest, milyen nyomáson kapjuk AE segítségével az első jelzéseket a tartály lehetséges felszakadására. Az osztrák résztvevők, már 12,5 bar nyomáson kritikus erősségű AE forráskibocsátást mértek, az ukrán EMA nevű automatikus on-line, real-time program már 14,56 bar-nál kiadta az első figyelmeztetést, majd ezt fokozta második szintűvé 20,16 bar-nál, végül felszakadás-veszélyt jelzett 21,16 bar-nál. Összevetni a gyártóművi nyomáspróbával (19,6 bar) illetve üzemi nyomással ezt nem ildomos, mivel ennek a tartálynak a falát felére vékonyítottuk (részben a korróziós veszteségek imitálására). De az sokatmondó, hogy a nyúlásmérő bélyegekkal detektált folyáshatár meghaladás csak 16 bar-nál jelzett először, és a felszakadás 36 bar-nál következett be.

### **Köszönetnyilvánítás**

Elsősorban Fodor Olivérnek tartozunk köszönettel, aki már a Dunaújvárosban végzett korábbi felszakítási kísérletekben is a fő háttérbeli mozgató személy szerepét játszotta, neki köszönhető ez a ma már nemzetközi téren is jelentős tartályfelszakítási összemérési sorozat. A hajdúszoboszlói két kísérlet megszervezésért, levezénylésért, és az AE méréseket most már az új szabvány szempontjából a más mérésekkel való összevetésért Dobránszky Jánosnak tartozunk köszönettel. Hajdú Istvánnak és a PÉ-BÉ-COOP vezetésének szeretnénk kifejezni őszinte köszönetünket, mind a mérés helyének biztosításáért, jelentős anyagi áldozatukért, és a rendkívül barátságos vendéglátásért, ami sokban hozzájárult a mérések sikeréhez. Az adott cikk szerzői közé ugyan nem vettük be, de az ÁEF részéről a 2017-es méréseket Fehérvári Attila végezte, a DUE részéről Molnár János és Kocsó Endre vett részt e mérésekben (mindhárman már kiléptek a vállalataiktól, amit igen sajnálunk).

### **Felhasznált és/vagy hivatkozott irodalom**

1. Föld feletti propán-bután gáz tároló berendezések maradék élettartamának meghatározása, MSZE 1728j szabvány
2. PÁLCSABA: NYÚLÁSMÉRÉSEK ÉS AZ AKUSZTIKUS EMISSZIÓSMÉRÉSEK KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSA TARTÁLYTERHELÉS FOLYAMATÁBAN *Anyagvizsgálók Lapja*, (2011) 1\_5 pp.31-33
3. FÜCSÖK FERENC, GERÉB JÁNOS: EGY ÉRDEKES JÁRTASSÁGI VIZSGÁLAT. AKUSZTIKUS EMISSZIÓS HELYMEGHATÁROZÁS. *Anyagvizsgálók Lapja* 2012/2, pp.34-38
4. Dobránszky J.: Pébégáztartályok felszakítási kísérlete akusztikus emissziós vizsgálat keretében in: A pébétartályokidőszakos ellenőrzésésszolgáltató korszerű módszerek tudományos kutatásának eredményei, *DyTh Műszaki Tanácsadó Bt.* (2017)
5. А. Я. НЕДОСЕКА, С. А. НЕДОСЕКА, М. А. ОВСИЕНКО, М. А. ЯРЕМЕНКО, Я. ГЕРЕБ, С. А. КУШНИРЕНКО: Испытания сосудов давления международной группой специалистов — Техническая диагностика и неразрушающий контроль. 2016. № 3.
6. Rakk2017-es előadás animációja <https://youtu.be/oY52s5rMDgA>
7. Pébégáztartályok felszakítási kísérlete akusztikus emissziós jártassági vizsgálat keretében *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék*, 2016
8. 1/Melléklet: A tartályok műszaki jellemzői és előzetes vizsgálata, (Dobránszky J.-Szabó P.P.)
9. 2/ melléklet: A 24452-es tartály felszakítási kísérlete, (Dobránszky J.-Szabó P.P.)
10. 3/ melléklet: A 24344 GYÁRI SZÁMÚ TARTÁLY AE-VIZSGÁLAT ALKALMAZÁSÁVAL VÉGZETT VÍZNYOMÁSPRÓBÁJÁNAK JEGYZŐKÖNYVE (Geréb és Társa Műszaki Fejlesztő Kft. (Bengria) Geréb János; ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины С.А. Недосека, М.А. Яременко, М.А. Овсиенко; Одесский припортовый завод (Украина) С.А. Кушниренко)
11. 4/melléklet: A 24452 GYÁRI SZÁMÚ TARTÁLY AE-VIZSGÁLAT ALKALMAZÁSÁVAL VÉGZETT NYOMÁSPRÓBÁJÁNAK JEGYZŐKÖNYVE (Geréb és Társa Műszaki Fejlesztő Kft. (Bengria) Geréb János; ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины С.А. Недосека, М.А. Яременко, М.А. Овсиенко; Одесский припортовый завод (Украина) С.А. Кушниренко)
12. 6/ melléklet: Inspection Certificate No. 8900487 /2016 (Ing. Martin Turkowitsch, TPA-KKS GmbH)
13. 7/melléklet: TEST REPORT Acoustic emission tests of a 5m3 pressure vessels Hajdúszoboszló 12.05.2016 (Kocsó E. Pór G. ECOTECH Co.)
14. Szabó Sz. AKUSZTIKUS EMISSZIÓS MÉRÉSTECHNIKA ALKALMAZÁSA IPARI CÉLOKRA SZAKDOLGOZAT, *Dunaújvárosi Egyetem*, 2018
15. AKUSZTIKUS EMISSZIÓS VIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYVEK 4,85 m<sup>3</sup>-es PB tartály kísérleti felszakításának akusztikus emissziós vizsgálata 11443\_AT1,2,3,4. készítette: Fehérvári Attila, ÁEF Kft, *Anyagvizsgáló Laboratórium*
16. С. А. НЕДОСЕКА: ПРОГНОЗ РАЗРУШЕНИЯ ПО ДАННЫМ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ *Техническая диагностика и неразрушающий контроль.* — 2007. — № 2
17. Pál Cs.: Akusztikus emissziós méréssel feltárt LPG és PB-gáz tartály meghibásodások [www.anyagvizgaloklapja.hu](http://www.anyagvizgaloklapja.hu) 2019/II. szám 23. oldal