

SUGÁRZÁSMÉRŐ INTELLIGENS DETEKTOROK ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEINEK ÖSSZEFOGLALÁSA

Petrányi János^{1*}, Vass Gyula², Csurgai József², Kátai-Urbán Lajos²

¹GAMMA Zrt., Budapest

²Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest

*osc2@freemail.hu

A kézirat beérkezett: 2021.01.31

Közlésre elfogadva: 2021.03.08

INVESTIGATION SUMMARY OF INTELLIGENT RADIATION DETECTORS IN DIFFERENT APPLICATIONS

Nowadays, intelligent devices are more often used in everyday life applications. This trend can also be observed in the field of radiation measurement. For several types of detectors, the term "intelligent" has been added to their name. But what makes a detector intelligent? In this publication, we are looking for an answer to this question. In our opinion, an intelligent detector is intelligent because it processes, analyses, and interprets the electrical signal that can be extracted from a sensor (e.g., a Geiger-Müller tube, a scintillation detector) and then runs various algorithms on the raw measurement data to generate useful information. This information supports user decision-making and work. The combination of different intelligent detectors can form a complete measurement system, which can monitor technologies, facilities or even entire countries. We investigate the applicability of intelligent detectors through some examples, thus proving the correctness of our definition of such devices.

Keywords: intelligent detectors, radiation protection measurements, radiation measurement

Mostanában egyre gyakrabban használnak intelligens eszközöket a mindennapi élet különböző területein. Ez a tendencia figyelhető meg a nukleáris mérés technikában is. Több detektortípus esetében is megfigyelhető, hogy a nevükbe bele került az "intelligens" kifejezés. De mitől is lesz intelligens egy detektor? Erre a kérdésre kerestük a választ ebben a közleményben. Véleményünk szerint egy intelligens detektor akkor intelligens, ha feldolgozza, elemzi és értelmezi az érzékelőből (pl.: Geiger-Müller csőből, szcintillációs detektorból) kinyerhető impulzusokat, majd különféle algoritmusokat futtat a nyers mérési adatokon, végül olyan hasznos információkat hoz létre, amelyek támogatják a felhasználói munkavégzést. Különböző intelligens detektorok összeépíthetők egy mérőhálózatba, amely felügyelhet technológiákat, létesítményeket vagy akár egész országot is. Néhány példán keresztül mutatjuk be az intelligens detektorok alkalmazhatóságát, ezzel igazolva az ilyen eszközökre felállított definíciónk helyességét.

Kulcsszavak: intelligens detektorok, sugárvédelmi mérések, sugárzásmérés.

BEVEZETÉS

A sugárzásmérő rendszerek elsődleges célja, hogy a mérésből származó, lényeges információ a megfelelő formában, helyen és időben rendelkezésre álljon a felhasználó számára. A korai mérőeszközök feladata kizárólag a mért érték kijelzésére korlátozódott. A felhasználó feladata volt, annak eldöntése, hogy mit is kezd a mért eredménnyel. A legtöbb ma használt eszközbe már be van építve a riasztás képessége, pl.: ha a mért érték meghaladja az előre beállított riasztási küszöbszintet, akkor a mérőeszköz hang- és fényjelzést ad. A jövő eszközeitől azt várjuk, hogy javaslatot tegyenek arra, hogy a felhasználónak mit kell tennie egy adott riasztási

helyzetben, ezzel csökkentve egy hibás cselekvés okozta üzemzavar, vagy akár baleseti helyzet kialakulásának lehetőségét.

Jelenleg az ionizáló sugárzás méréséhez és az adatok kiértékeléséhez képzett személyre van szükség. Ezért van szükség olyan intelligens detektorokra, amelyek leegyszerűsítik a folyamatokat annyira, hogy a mérést minimális előképzettséggel rendelkező személy is kellő pontossággal képes legyen végrehajtani. Jelen közlemény nem ad teljes képet az intelligens detektorok alkalmazhatóságáról, mindösszesen egyetlen PhD disszertációban [1] szereplő eredmények összefoglalását tartalmazza. A PhD disszertáció intelligens detektorok katonai és katasztrófavédelmi célra történő használhatóságát vizsgálja.

KÖRNYEZETI MONITORING RENDSZEREK

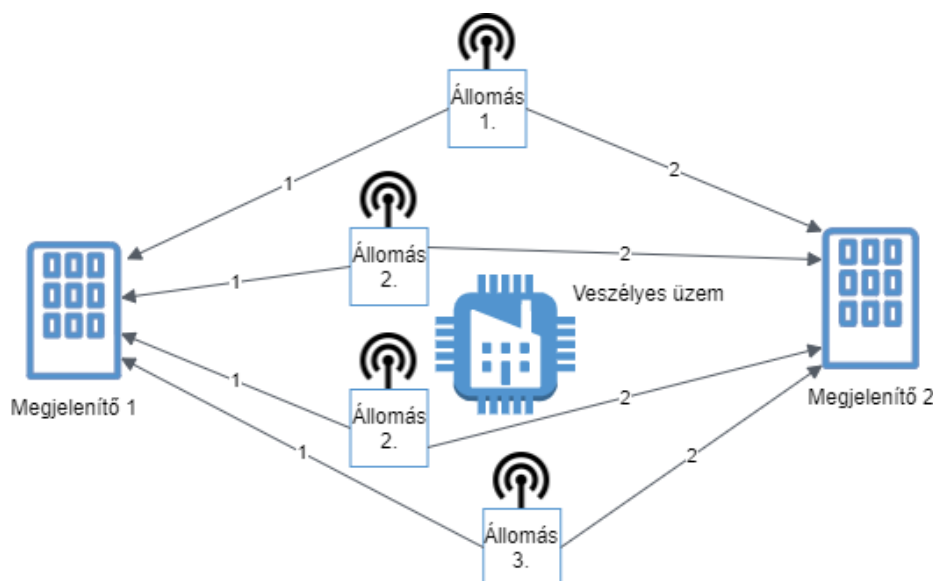
Az intelligens detektorok ideálisak környezeti háttérsugárzás-mérő monitoring rendszerek kiépítéséhez. A detektor ilyen esetben egy távmérő hálózatba kapcsolódik be. A hálózat összeállításához meg kell választani a szükséges komponenseket, definiálni kell az egyes részegységek feladatát.

Az intelligens detektorokon alapuló távmérő hálózatok lehetővé teszik, hogy a mért eredmények feldolgozása már a mérés helyén megtörténjen és a modern kor távközlési technológiájának köszönhetően az adat digitális formában a világ bármely pontján elérhetővé váljon.

Egy távmérő hálózat a következő elemekből tevődik össze: monitoring állomások, kommunikációs infrastruktúra, adatközpontok, adatátviteli infrastruktúra.

A legegyszerűbb monitoring rendszerhez szükség van egy sugárzásmérő detektorra és egy adatközpontra. Amennyiben a sugárzásmérő monitoring rendszernek az a feladata, hogy egy helyszínt folyamatosan felügyeljen, valamint a sugárzásmérést és a megjelenítést két egymástól távol eső ponton kell megvalósítani, akkor a detektor és megjelenítő egység között ki kell építeni egy adatátviteli útvonalat. Az adatátvitel módja többféle is lehet, általában valamilyen szabványos kommunikációs felületen alapul. Abban az esetben, ha sok monitoring állomást kell összekötni, célszerű olyan kommunikációs adatátvitelt választani, amelyre korlátozás nélkül lehet állomásokat csatlakoztatni és az adatokat nagy távolságra lehet továbbítani. Erre a feladatra az Ethernet alapú adatátvitel a legmegfelelőbb technológia, amely használható vezetékes és vezeték nélküli adathálózaton keresztül. Az állomások kábeles összekötése költséges, ezért leggyakrabban vezeték nélküli (rádiós) megoldások kerülnek integrálásra. A megfelelő rádiós adatátvitel megválasztása elsődleges fontosságú. A hagyományos, polgári életben használt 3G/4G/5G technológiák ugyan könnyen elérhetők, de vészhelyzetben nem garantált a működésük [2]. Léteznek kimondottan készenléti szervezetek számára használható adatátviteli technológiák (pl.: Egységes Digitális Rádiótávközlő Rendszer, más néven: EDR). Ilyen rendszerek segítségével vészhelyzet esetén is nagy biztonsággal működtethetők a mérőrendszerek [3].

Magas rendelkezésre állású rendszereknél szükséges, hogy a rendszer rendelkezzen több adatközponttal is. Több adatközpont esetén az adatok szinkronizálása, az események nyugtázása felvet több műszaki kérdést, amelyekre jelen közleményben nem térünk ki részletesen. Egy ilyen, több adatközponttal rendelkező rendszer felépítése látható az 1. ábraán.



1. ábra Két adatközponttal működő távmérő hálózat felépítése. Forrás:[4].

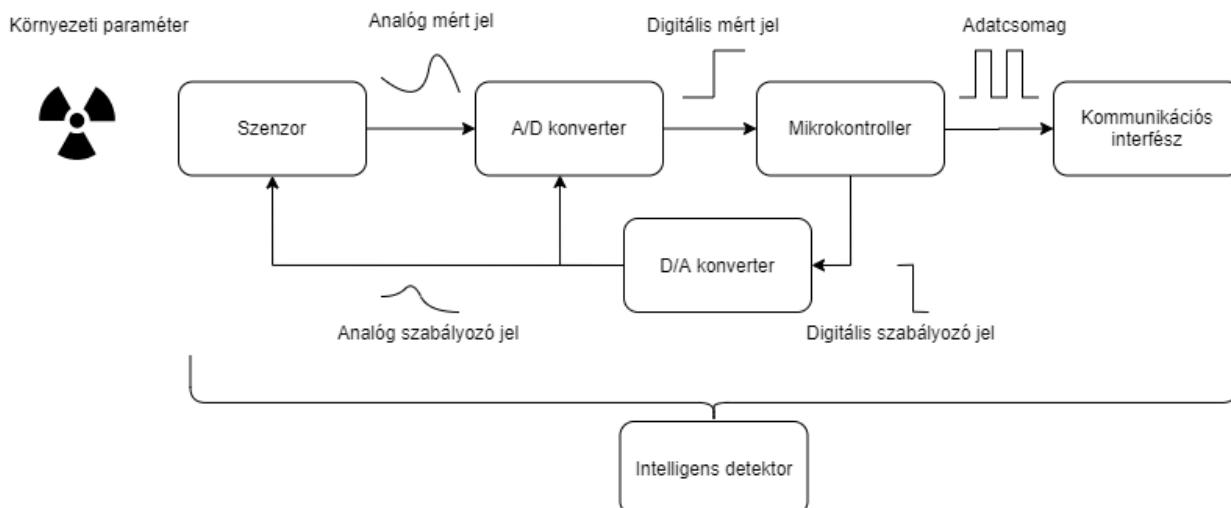
Az állomások általában rendelkeznek helyi adattárolási kapacitással. Ez a képesség lehetővé teszi a mért adatok tárolását a kommunikációs csatorna, vagy a felsőbb informatikai rendszer meghibásodása esetén is. Az állomásnál tárolt adatok elküldésre kerülnek, miután a kommunikációs csatorna újra kiépült az adatközpont és az állomás között. A fejlettebb rendszerekben a riasztási adatcsomagok megelőzik a normál mérési adatcsomagokat [4].

A távmérő hálózat egyik legfontosabb eleme, az állomásra szerelt, mérési adatot szolgáltató detektor. Egy intelligens detektor a következő részekből áll:

- Érzékelő szolgáltatja a környezeti paraméterrel arányos analóg elektromos jelet.
- Analóg/digitális (A/D) konverter átalakítja a szenzorból származó analóg jelet digitális formába, ehhez elvégzi a szükséges jelillesztési és -kondicionálási feladatokat.
- A mikrokontroller feldolgozza a digitális jeleket és szükség esetén beavatkozik, például adott időközönként öndiagnosztikát végez, illetve kalibrálja a szenzort, annak érdekében, hogy a mért eredmény minden esetben (pl.: eltérő hőmérsékleten) pontos és megbízható legyen. A mikrokontroller további adatfeldolgozást, automatikus kiértékelést is képes végrehajtani, mint például izotóp azonosítás.
- Digitális/analóg (D/A) konverter segítségével a mikrokontroller képes beavatkozni az analóg jelfeldolgozásba, annak érdekében, hogy a mérés pontosabb legyen.
- Kommunikációs interfész formázza és szabványos protokollok szerint továbbítja a digitalizált mért értékeket a felsőbb informatikai rendszer irányába.

A részek kapcsolata a 2. ábra mutatja be.

Az intelligens detektorok közül a szcintillációs elven működő detektorokat vizsgáltuk meg részletesebben, és azt tapasztaltuk, hogy a legtöbb szcintillációs detektor nem használható katonai és katasztrófavédelmi feladatokra, mert érzékeny a környezeti paraméterek változásaira. A hőmérséklet, páratartalom, rezgés és a külső elektromágneses sugárzás változása mind szignifikánsan befolyásolta a mért eredményeket.



2. ábra Az intelligens detektor felépítése. Forrás: Szerző saját műve

A mérést befolyásoló tényezők kiküszöbölésére több megoldási lehetőséget is megvizsgáltunk. Például egy megfelelően megválasztott burkolat megakadályozza, hogy a külső fény zavarja a mérést. A detektort mechanikai abszorberek segítségével ellenállóvá lehet tenni a mechanikai behatásoknak (például rezgéseknek). A kívülről érkező elektromágneses sugárzás hatását a detektorba beépített elektronikai védőgátlók és a megfelelően kialakított védőföldelés küszöböli ki. A hőmérsékleti változások jelentős hibákat okoznak a mérési eredményben, ezért szükséges a szcintillációs detektorban hőmérséklet kompenzációt alkalmazni, amelynek alapja a hőmérséklet mérése és az etalon források segítségével történő automatikus kalibrálás. A detektor hőszigetelése megvédi a detektort a hirtelen hőmérsékleti változások hatásaitól.

Amennyiben NaI(Tl) szcintillátorral szerelt detektor nagy dózisteljesítményű térbe kerül, adott szint felett a detektor nem lesz képes feldolgozni a keletkező impulzusokat és a besugárzást követően adott ideig téves mérési adatokat fog szolgáltatni. Amennyiben ilyen esetre is fel kell készíteni a detektort, érdemes más szcintillátor anyagot választani, illetve az impulzus feldolgozásról anódáram mérésre átállni [5].

SUGÁRKAPU RENDSZEREK

A szcintillációs elven működő detektorokat évtizedek óta használják sugárkapu alkalmazásokban. Az intelligens detektorok szerepe ilyen rendszerekben, hogy a rejtett radioaktív szállítmányok észlelése esetén a rendszer által biztosított információ minőségét javítsák, a riasztást követő felhasználói beavatkozást többlet információkkal támogassák.

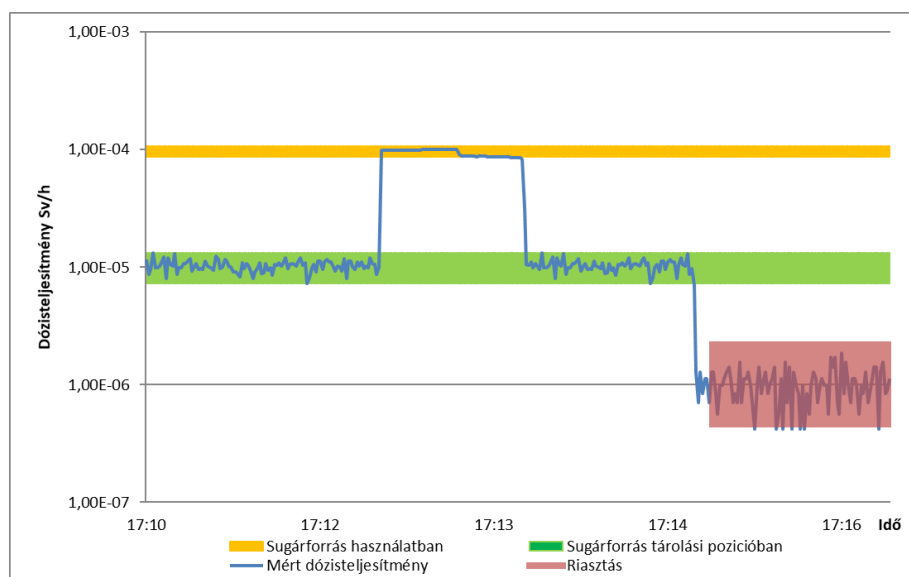
Ha egy sugárkapu nem elég érzékeny, vagy nem megfelelő algoritmussal működik, a rendszer szennyeződések fog átengedni az ellenőrzési ponton. Azonban a rendszer túl érzékeny sem lehet, mert a háttérsugárzás ingadozása miatt hamis riasztások fognak létrejönni. Egy kritériumrendszer segítséget nyújthat a sugárkapu rendszer kiépítői számára, hogy a legmegfelelőbb összeállítási, konfigurációs és működési eljárást alkalmazzák, amely javíthatja a rejtett radioaktív szállítmányok észlelésének hatékonyságát.

Az intelligens detektorok lehetővé teszik algoritmusok implementálását speciális célfeladatokra. Egy ilyen algoritmus segítségével a rendszer például meg tudja adni, hogy a riasztást kiváltó sugárzás természetes vagy mesterséges forrásból származik [6].

A sugárforrások fizikai védelmére már régóta megvannak a bevált biztonságtechnikai megoldások. Sugárforrásokat alkalmazó intézményekben általában vannak telepített sugármérő detektorok. A sugárkapukban használt algoritmus implementálásával a meglévő

sugárásmérő egység alkalmassá tehető arra, hogy kiegészítő információt biztosítson a biztonsági rendszernek sugárforrás elmozdítása esetén. Ezzel a módszerrel új eszköz használata nélkül növelhető a biztonsági szint olyan telephelyeken, ahol sugárforrásokat tárolnak.

Az algoritmus lényege, hogy bizonyos előre definiált mérési tartományokban normál üzemmódban működik, míg minden más esetben figyelmeztetési jelzést generál. Az előre nem engedélyezett tartományba eső mért érték üzemzavarra, vagy a sugárforrás szabálytalan eltávolítására utalhat [7]. A sugárforrást felügyelő sugárkapu algoritmus normál és riasztási tartományait szemlélteti a **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**



3. ábra Sugárkapu algoritmus alkalmazása sugárforrások felügyeletére. Forrás: [7]

GYALOGOS SUGÁRFELDERÍTŐ RENDSZEREK

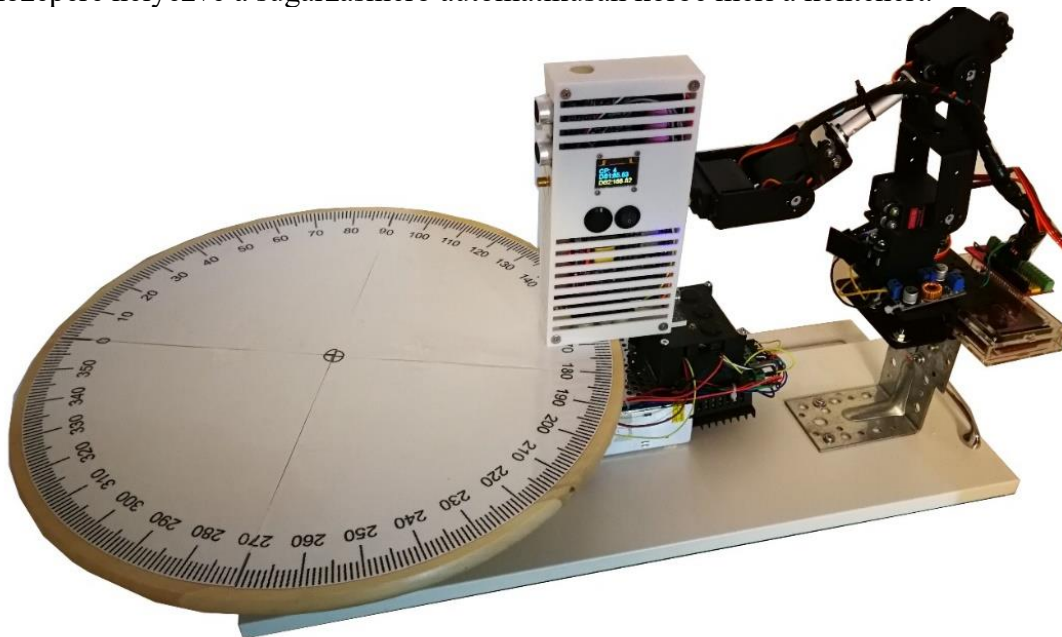
Gyalogos sugárfelderítés során gyakran használnak intelligens detektorokat. Tapasztaltuk, hogy rejtett vagy elveszett, kisméretű sugárforrások keresési feladat végrehajtása során több esetben is a sugárásmérő műszerek vagy nem voltak elég érzékenyek, vagy nem rendelkeztek a szükséges irányfüggéssel ahhoz, hogy segítségükkel megtalálják a forrásokat. Az elvégzett vizsgálatok alapján az úgynevezett „forgatás” keresési módszer, egy hardver kiegészítő egység (ólom kollimátor gyűrű) és egy szoftveresen megvalósított kereső algoritmus adta a legjobb eredményt. Ezekkel a kiegészítésekkel a felderítést végző a lehető leghamarabb találja meg a sugárforrást, még akkor is, ha a közelben több rejtett sugárforrás is található.

A gyalogos sugárfelderítés hatékonyságának növelésén túl, az intelligens detektorok radioaktív szállítmányok ellenőrzési folyamatain is jelentősen javíthatnak. Jelenleg a szállítmányok külső burkolatán végeznek csak ellenőrző méréseket dózisteljesítmény mérő eszközök segítségével, valamint formai követelmények alapján vizsgálják az úti okmányokat. Ez az ellenőrzés viszonylag könnyen kijátszható azzal, hogy nagy mennyiségű természetes radioaktív anyagot (pl. kerámiát, műtrágyát) tartalmazó szállítmány közé mesterséges radioaktív forrásokat rejtenek [8].

Mivel a legtöbb ellenőrzés nem teszi lehetővé, a küldemény megbontását, ezért csak roncsolásmentes külső mérési megoldások jöhetnek szóba.

A problémára megoldás lehet egy egyszerű alkalmazás, amely kiszámolja, hogy az úti okmányokban szereplő sugárforrás aktivitása mekkora sugárzási teret hoz létre a konténer falán, amely értéket aztán műszerrel le is lehet ellenőrizni.

A konténer külső falán mérhető sugárzási szint mellett vannak további mérhető adatok: tömeg, magasság és külső méretek, amelyek kiegészítve sugárzási adatokkal segíthetnek a szállított sugárforrás aktivitásának becslésében. Ezzel a módszerrel a szállítmány minősíthető az úti okmányokban szereplő adatok nélkül is, lehetővé téve az abban szereplő adatok validálását. Az elmélet igazolására létrejött egy kísérleti prototípus, amely a **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**án látható [9]. A prototípus áll egy forgózsámolyból és egy robotkarból, amelyre sugárzásmérő műszer van szerelve. A konténer a forgó zsámoly közepére helyezve a sugárzásmérő automatikusan körbe méri a konténert.

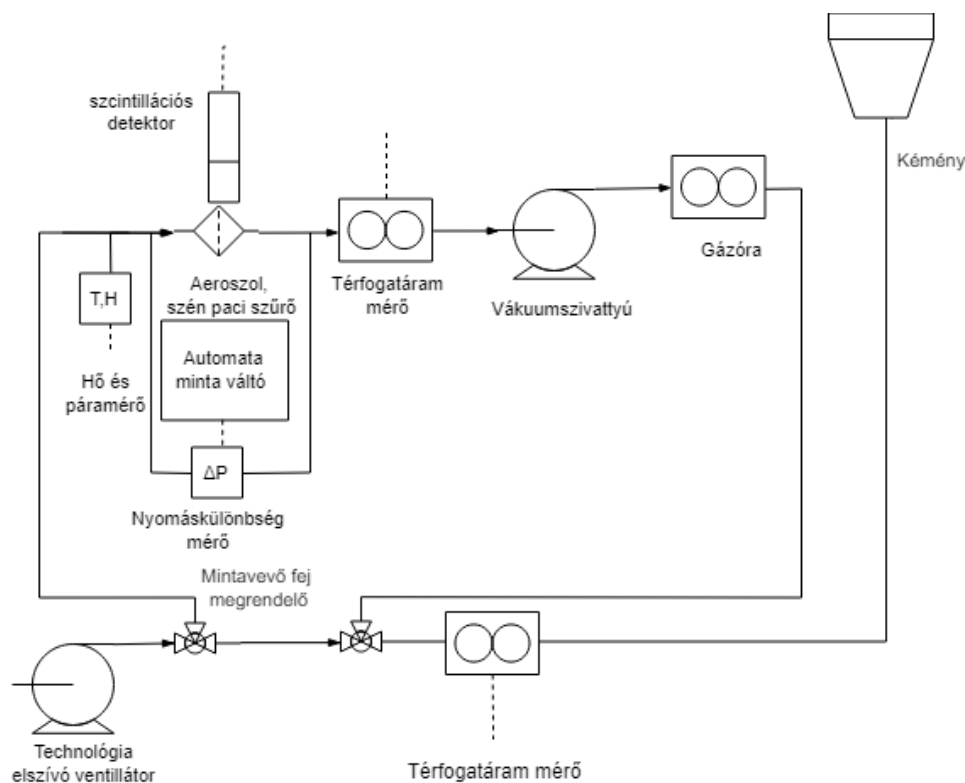


4. ábra Konténer vizsgáló kísérleti prototípus. Forrás: [9]

KIBOCSÁTÁS-ELLENŐRZÉSI RENDSZEREK

Bizonyos sugárzó anyagokkal végzett tevékenységek légnemű szennyező anyagokat bocsátanak ki a környezetbe. A kibocsátás mérése elengedhetetlen, amennyiben igazolni kívánjuk, hogy az adott időszakra az előírt kibocsátási korlát alatt maradt a technológiából távozó radioaktív anyag mennyisége. A kibocsátás mérése több módszerrel is megvalósítható, de meg kell találni a technológiához leginkább igazodó megoldást, ehhez több szempontot is figyelembe kell venni. A lehetséges megoldás kiválasztásakor fontos szempont, hogy a mérőrendszer mellett végzett, sugárzással járó munkavégzés ne befolyásolja a mért eredményt. Intelligens detektorok integrálhatók ilyen rendszerekbe, például az 5. ábrán látható elrendezésben, ahol a mintázott légáramba iktatott szűrőn megtapadt szennyeződést méri a detektor. Szűrő eltömődés, szakadás, illetve túl magas sugárszint esetén a detektor kezdeményezheti a szűrő automatikus cseréjét.

Intelligens detektorok mérhetik és határozhatják meg a kibocsátás mértékét, akár közvetlenül a légtechnikai csőrendszerbe építve valós időben, vagy mintavételt követően utólagos kiértékeléssel [10].



5. ábra Online légnemű kibocsátás mérő rendszer vázlata. Forrás: [10]

ÖSSZEFOGLALÁS

Intelligens detektorokat rendkívül széles körben lehet alkalmazni. Segítségükkel könnyen építhető távmérő, sugárkapu, felderítő vagy akár kibocsátás ellenőrző rendszer.

Az adott feladatra választott hardver és szoftver összeállítás határozza meg, hogy mennyire aknázzuk ki a korszerű technológiákban rejlő lehetőségeket. Jelen közleményben felsorolt alkalmazások csak egy apró szeletét mutatták be az intelligens detektorok felhasználási lehetőségeinek.

Intelligens detektorok abban tudnak segíteni, hogy könnyebben, pontosabban és biztonságosabban végezhesük a munkánkat.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] J. Petrányi, "Research and development of intelligent detectors and systems for detection of ionizing radiation for military and disaster management applications," NATIONAL UNIVERSITY OF PUBLIC SERVICE, 2020.
- [2] A. Majeed MPhil and G. Lahore, "Comparative Studies of 3G, 4G & 5G Mobile Network & Data Offloading Method a Survey," *IJRIT Int. J. Res. Inf. Technol.*, vol. 3, no. 5, pp. 421–427, 2015, [Online]. Elérhető: www.ijrit.com.
- [3] Z. Kuris, "Az Egységes Digitális Rádiórendszer (EDR) alkalmazásának lehetőségei a rendészeti szerveknél," *Hadmérnök*, vol. 5, no. 2, pp. 310–321, 2010, [Online]. Elérhető: http://hadmernok.hu/2010_2_kuris.pdf.
- [4] J. Petrányi, "Sugárvédelmi monitoring rendszerek adatcsere protokolljainak vizsgálata," *Védelem online tűz- és katasztrófavédelmi szakkönyvtár*, vol. 890, pp. 1–10, 2020, [Online]. Elérhető: <http://www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/890-sugarvedelmi-monitoring-rendszerek-adatcsere-protokolljainak-vizsgalata.pdf>.

- [5] Petrányi, “Intelligens detektorok alkalmazása katonai és katasztrófavédelmi sugárzásmérő műszerek fejlesztésében Magyarországon Gyalogos felderítés,” *Bólyai Szle.*, vol. 2018, no. 2, pp. 81–90, 2018.
- [6] J. Petrányi and A. Zsitnyányi, “Sugárkapu-rendszerek fejlesztése Magyarországon,” *Haditechnika*, vol. 54, no. 3, pp. 8–16, 2020, doi: 10.23713/ht.54.3.02.
- [7] J. Petrányi, “Intelligens sugárzásmérő detektorok felhasználási lehetőségei radioaktív sugárforrások fizikai védelmi rendszerében,” *Védelem Tudomány*, no. 2020/3, pp. 91–104, 2020, [Online]. Elérhető: <http://www.vedelemtudomany.hu/articles/05-petranyi.pdf>.
- [8] J. Petrányi, A. Zsitnyányi, and G. Vass, “Gyalogos sugárforrás keresési módszerek és mérési összeállítások vizsgálata,” *Védelem Tudomány*, vol. IV, no. 3, pp. 83–95, 2019, [Online]. Elérhető: <http://vedelemtudomany.hu/articles/05-petranyi-zsitnyanyi-vass.pdf>.
- [9] J. Petrányi, “In Situ, Rapid Inspection Methods for Radioactive Material Transportation,” *Műszaki Katonai Közlöny*, vol. 29, no. 4, pp. 33–42, 2019, doi: 10.32562/mkk.20.
- [10] J. Petrányi, A. Zsitnyányi, L. Manga, Z. Sebestyén, L. Kátai-Urbán, and Z. Mesics, “Méréstechnikai módszerek vizsgálata légnemű radioaktív anyag kibocsátás elleni rendszerekben,” *Sugárvédelem*, vol. XIII., no. 1., pp. 1–8, 2020, [Online]. Elérhető: http://elftsv.hu/svonline/docs/V13i1/Pet_V13i1.pdf.

„Készült a SOMOS Alapítvány támogatásával”.