

**STUDY OF CHEMICAL ACCIDENT IN
LIGHT OF HAZARD ZONE
CREATING****VEGYI HAVÁRIÁK VIZSGÁLATA A
KÁRTERÜLET KIALAKULÁSÁNAK
TÜKRÉBEN**NAGY Rudolf¹**Abstract**

The use of chemicals is found in all aspects of life. Chemical safety, as an interdisciplinary element of environmental safety, is particularly important in ensuring the safety of activities involving chemicals. However, the risks posed by the application and use of chemicals are not the same in all spheres of application. One need only think of hazardous plants, where the increase in the associated technological scale and volumes leads to changes in safety levels. Moreover, other dangerous technical parameters associated with the operation of the plant, such as overpressure, high temperatures, etc., also have a significant influence on safety. These non-conformities can be the cause of accidents on a local or even regional scale, which can lead to damage areas of varying scale, not only geographically but also in terms of risk. The effects of the factors behind these possible differences are important criteria for the way in which the assessment of the situation and the response to chemical accidents should be carried out.

Keywords

chemicals, hazard zone, safety, pollution, impact

Absztrakt

A vegyi anyagok felhasználása az élet minden területén megtalálható. Az ezekkel folytatott tevékenységek biztonságának megőrzésében különösen fontos szerepet tölt be a kémiai biztonság, mint környezetbiztonság egyik interdiszciplináris eleme. A vegyi anyagok alkalmazása, felhasználása teremtette kockázatok azonban a felhasználási területek nem minden szférájában tekinthetők azonosnak. Elegendő csak a veszélyes üzemekre gondolnunk, ahol a kapcsolódó technológiai méretek és mennyiségek növekedése a biztonsági szintek változását eredményezi. Sőt az üzemvitelhez társuló olyan egyéb veszélyes műszaki paraméterek, mint a túlnyomás, magas hőmérsékletek stb. is jelentős befolyással vannak az üzembiztonságra. Az itt mutatható nemmegfelelések lokálisan, de akár regionális méretű balesetek kiváltói is lehetnek, melyek ezen körülményekkel arányban nem csak földrajzi értelemben, de kockázatok szintjén is eltérő léptékű kárterületek létrejöttét eredményezhetik. A lehetséges eltérések mögött meghúzódó tényezők keltette hatások fontos kritériumai a vegyi balesetek nyomán végzendő helyzetértékelés és kárelhárítás mikéntjének.

Kulcsszavak

vegyi anyag, kárterület, biztonság, szennyezés, hatás

¹ nagy.rudolf@uni-obuda.hu | ORCID: 0000-0001-5108-9728 | habil. senior lecturer, Óbuda University, Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering, Budapest, Hungary | habil. adjunktus, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

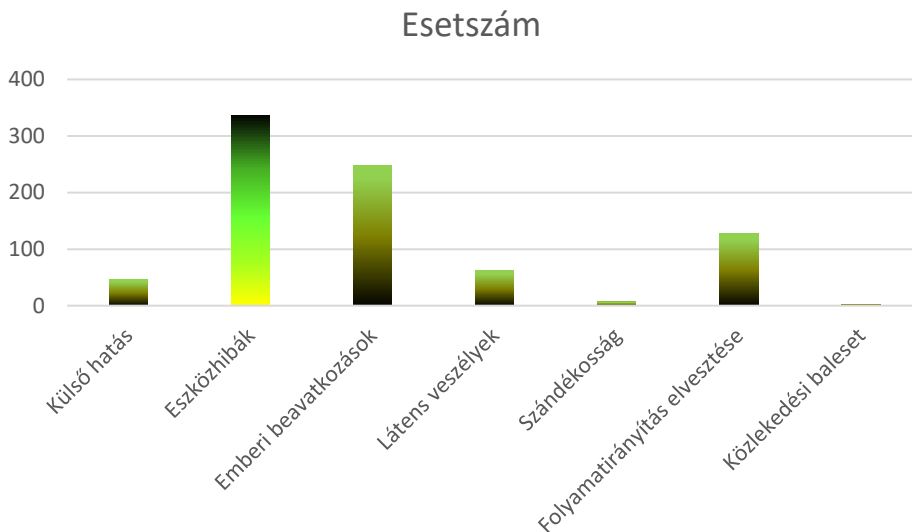
DOI: <https://doi.org/10.12700/btsz.2024.6.4.99>

BEVEZETÉS

A kemizáció következtében széles körben elterjedt vegyi anyagok többsége kémiai, fizikai és élettani hatásai révén potenciális veszélyforrásként azonosíthatók. Veszélyes tulajdonságaik sokasága magában hordozza az egészséget, környezetet fenyegető balesetek lehetőségét. Kritikus, nagy volumenű ellenőrizetlen szabadba jutásuk katasztrofális eseményeket előidézni képes súlyos ipari balesettké szélesedhetnek.

A súlyos ipari balesetek a veszélyes anyagok ipari felhasználásához köthetők főként, azonban a vegyi anyagok okozta katasztrófák a veszélyesáru szállítással érintett közlekedési rendszerek területén is bekövetkezhetnek. Tehát a lakosságot és a környezetet fenyegető vegyi balesetek és katasztrófák, melyek eredményeként súlyos káresemények keletkezhetnek nem korlátozódnak kizárólag a veszélyes anyagok ipari üzemekben való alkalmazására a vegyi szennyezések következményeivel akár jóval tágabb térségekre kiterjedően is számolni lehet.

A vegyi anyagok kiszabadulásával járó havária jellegű ipari eseményeknél megfigyelhető, hogy rendre valamely eszközhöz köthető részfolyamat szabályozatlanná válva a technológiai környezet közvetlen közelében veszélyes szennyezésekkel járó környezeti állapotok állnak elő [1], ahogyan arra az 1. ábra is rámutat.



*1. ábra: A vegyi balesetek kiváltó okai
Forrás: Szerkesztette [2] nyomán a szerző*

Ezek egyéb kockázati tényezőkkel kombinálódva a szabadban uralkodó befolyásolhatatlan körülmények miatt akár nem várt kémiai, fizikai, de akár mechanikai kölcsönhatásokat is elindíthatnak. Amennyiben ezekben szerepet játszó hatástényezők egymást iniciálva jelentkeznek, úgy a vegyi anyagok veszélyes tulajdonságai is könnyen kritikus és spon-tán tovább fejlődő folyamatok egyik lehetséges kockázataként mutatkozhatnak meg. [3]

Mint kémiai kockázati tényezők a veszélyes anyagokkal végzett minden tevékenységet, ideértve előállításukat, kezelésüket, készletezésüket és mozgásukat lehetséges veszélyforrásként kell számon tartani. Az ennek során kiszabaduló vegyi anyagok a technológiai rendszer nyújtotta ellenőrzött körülmények megszűnése folytán, veszélyeztetik a biztonságot. [4] Az ilyen üzemzavaroknál a kárelhárító és mentési feladatokat azonnal meg kell kezdeni.

Az ilyen havária események bekövetkezését összetett műszaki-technikai és szervezési intézkedésekkel lehet elejét venni, melyek a megfelelő technológiai szabályzó és biztonságtechnikai, valamint munkavédelmi előírások betartásával realizálható. Technológiai rendszerelemek tekintetében ezek érintik egyebek mellett az energetikai berendezéseket, nyomástartó edényeket [5], valamint a logisztikai rendszer eszközeit [6], nem utolsósorban pedig veszélyes anyagokkal tárolótályait idesorolva azok üzemi kármentőit is. [7], [8]

Ezekhez már a vegyi anyagok kezelésével járó tevékenység létesítéskori üzemservezési információkból kiindulva ki kell dolgozni a lehetséges kárfelszámolási feladatok terét. Adekvát módon ezt csak a technológiai üzemviteli előírásainak ismeretében határozhatók meg. Ugyanakkor a kárelhárítás terveit a technológiai dokumentációkban is meg kell jeleníteni. Az adott technológiai részleg érintett munkavállalóinak az üzemzavari helyzetben végzendő feladataikat ismerniük szükséges és ezekre fel kell készülniük. Ehhez megfelelő kárelhárító és mentő eszközöket rendelve végezhető el csak sikeresen a mentési és a helyreállítási munkák. A hatékonyság javítása és a szervezetlenség miatti bizonytalan kimenetelű ad hoc végrehajtás kizárása érdekében szükség esetére a munkavédelmi szaktevékenység körébe tartozó mentési tervet is el kell készíteni és az abban foglaltakat gyakoroltatni kell a munkavállalókkal. [9]

Azért is indokolt ezekre felkészülni, mert az elmaradó vagy késlekedés miatti előre nem látható véletlen hatásoknak kitett vegyi anyagok megfőkezhetetlen reakciói robbanási láncreakciókhoz, tüzek heves kitöréséhez, valamint az esemény hatókörében tartózkodók fokozott expozíciójához, súlyosabb esetben akár halálához is vezetnek. [10]

A veszélyes anyagok felhasználása terén a leggyakoribb káreseményt kiváltani képes hatások a robbanások, tüzek, káros anyagok okozta környezetszennyezés. Előbbiek kárfelszámolása kapcsán - a sérültek elsődleges mentésén kívül - jellemzően az ipari objektumok, lakó- és középületek, valamint az infrastruktúrák rongálódása miatti műszaki feladatokkal szembesülhetnek a mentő erők.

Ezzel szemben a vegyi anyagokkal szennyezett területen alapvetően a veszélyes anyagok kémiai, toxikológia sajátosságához igazodó vegyivédelmi szakmai tudást igénylő vegyi felderítési és vegyi mentesítési munkálatok elvégzésére van szükség. Azzal a korántsem elhanyagolható nehezítő tényezővel, hogy ezeket a feladatokat veszélyes vegyi anyagok egészségre ártalmas hatásai elleni védelem miatt légzőkészüléket és bőrvédelmet egyaránt kell alkalmaznia a beavatkozóknak. A védelem szintjét is a vegyi anyagról felderítéssel szerzett információk alapján kell meghatározni a mentést irányító kárhelyparancsnoknak. [11]

Az erős hatású mérgező, korrozív anyagok jelenlétében végzett beavatkozásoknál a legmagasabb, „A” szinthez igazodó védőeszközökben lehet csak a kárelhárítást végezni. Az olyan esetekben, amikor a vegyi anyag nem beazonosítható mindig a biztonság konzervatív szakmai megközelítéséből kiindulva ugyancsak a legmagasabb fokozatú védelmet kell előírni.

A kiszabadul veszélyes anyag hatásterülete által érintett övezetben a szennyezettség mértéke korántsem egyenletes. Ez a baleset következtében a vegyi anyag környezetbe kerülését okozó sérült berendezéstől kiindulva térben és időben, illetőleg más minőségjelzőket nézve változó jelleget mutat. A vegyi szennyezés kialakulásával együtt járó körülmények alapvető jellegüket tekintve megegyeznek más vegyi anyagok kisebb dimenzióban történő alkalmazásánál fellépő jellegzetességekkel. A vegyi anyagok a szennyezett területen ezekről befolyásolva fejtik ki hatásukat, veszélyeztetik az érintett területen tartózkodókat. [12]

VEGYI BALESETEK KELETKEZÉSÉNEK FAKTORAI

A vegyi anyagok megjelenése az ipari folyamatokban töretlen technológia fejlődés eredménye, mégis a mind magasabb szintű mérnöki tudás ellenére is mindig rávetült az ipari szerencsétlenségek árnyéka a műszaki haladás ezen területére. A technológia folyamatokban számos hiba, léphet fel és minél bonyolultabb rendszereket kell felügyelnie a biztonságirányításnak mindinkább nő a tévedés lehetősége. Ráadásul a természeti környezet éghajlatváltozással összefüggésbe hozható egyre intenzívebb jelenségei sem kedveznek a váratlan elemi csapások pusztító hatásai elleni védelem elvárt szintje megőrzésének. Ráadásul az emberi hibák változatlanul kiválthatják ezeket, de tovább is tetézhetik a károk mértékét.

Ahhoz hogy elkerülhessük ezeket, széleskörű ismeretekre van szükség nem csak a kémia és technológiai biztonság, de sok más kapcsolódó diszciplína szintetizáló képességével ötvözve. Ennek kezdeteit teremti meg az iparbiztonság, amelynek nem csak jogszabályokban leírtak adják, hanem a szükséges műszaki hozzáértés is ezzel szinkronban kell, hogy fejlődjön. Nem elegendő csak egy-egy veszélyeztető tényezőt és annak hatásait ismerni. Hisz például egy tüzesetet egy sor más a káresemény kiinduló állapotát felülírni képes másodlagos változást is elindíthat. Az ilyen helyzet akár látens, késleltetett módon is vezethet eszkalációhoz, amit a beavatkozó tűzoltók felderítése sem biztos, hogy képes detektálni. Rendszerint ilyenkor történnek a tragédiák és nem csak a kárelhárítást végzők körében. Példaként említhetjük a nagy koncentrációjú veszélyes gázok bevetési ruházat szövetén való adszorbeálódásának jelenségét, ami fokozatosan deszorbeálódva a légzésvédő eszköz levétele után is súlyos mérgezést okozhat a ruházatot viselő személynél. [13] Mássalől ez a szennyezett zónából kimentett sérültek ruházatával is hasonlóan bekövetkezhet. [14]

Viszont a veszélyes anyagok kiszabadulásának súlyos ipari balesetek során előforduló szennyezései okozta körülmények az ilyen egyedi jelenségektől jelentősen eltérőek. A súlyos balesetek bekövetkezése okainak vizsgálata arról tanúskodik, hogy az egyes veszélyeztető tényezők és azoknak a külső befolyásoló körülményekkel való kölcsönhatása minden káreseti szituációt egyedivé tesz.

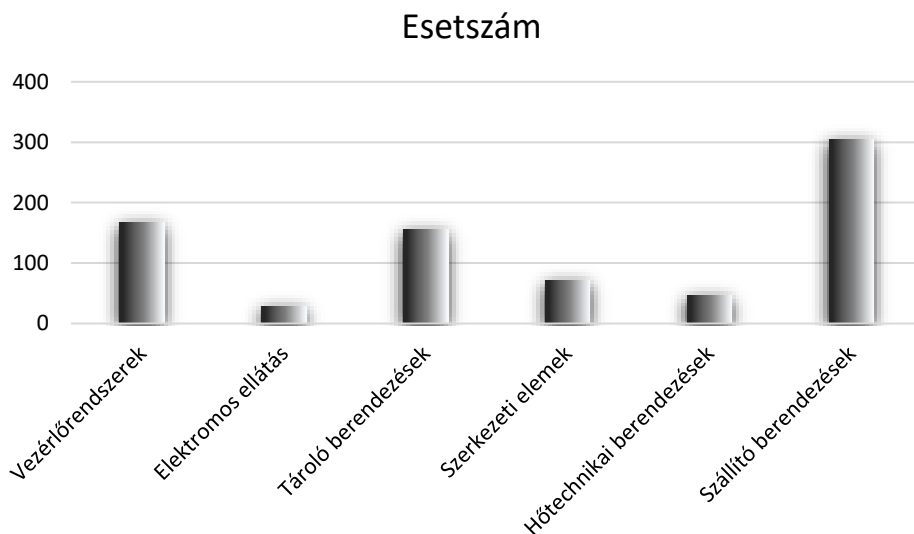
Ezen felül nem egyedül megjelenésük igen különféle, de az azokat eredményező tényezők lényegében jelentős részben determinálják is a szennyezés kialakulását. A lehetséges vegyi szennyezés kialakulását, melyek során veszélyes vegyületek a szabadba juthatnak, az alábbi a jogszabályban² rögzített technológiai ciklusokhoz kötődően azonosíthatjuk:

- előállítás,
- felhasználás,
- tárolás,

² Katasztrófavédelmi Törvény (továbbiakban: Kat. Tv.). 3. § 27.

- szállítás. [15]

Ezért olyan rendszerekben, ahol veszélyes technológiai folyamatok lezajlására kell számítani, hatékony biztonságtechnikai és szabályozó rendszert kell beépíteni. Habár ezek mára rendkívül megbízhatókká váltak, mégis pusztán csak ezekre hagyatkozni nem lehet a technológiai biztonság garantálásában, mivel a gépek, berendezések és egyéb termelő eszközök meghibásodásai továbbra sem zárhatók ki, amint azt a 2. ábra mutatószámaiból is kiolvashatjuk.



2. ábra: Kiváltó technológiai elemek megoszlása a vegyi balesetekben
Forrás: Szerkesztette [2] nyomán a szerző

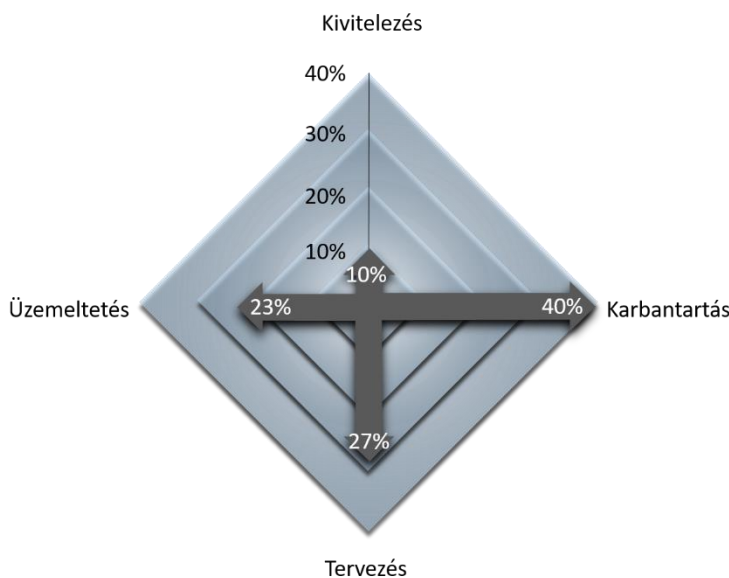
A technológiai berendezések meghibásodásával összefüggő vegyi balesetek sokféle üzemtípusban előfordulhatnak, azonban mindegyikük közös ismérve, hogy valamely rendellenes tevékenység vagy folyamat generálta a veszélyeket. Rendeltetészerű működési folyamatok, csak elvétve rendkívüli körülmények, mint például rejtett anyaghibák csekély számú esetben vezethetnek súlyos balesethez. Vagyis a berendezések tervezéskor kialakított műszaki-technikai paraméterei szavatolni képesek, hogy működés közben fellépő terhek és hatások jelentette igénybevételnek ellenálljanak és a veszélyes vegyi anyagokat biztonságosan elhatárolják a környezettől és akár még a bennük zajló heves vegyi reakciók ellenére is megtartsák integritásukat. Persze ez csak abban az esetben igaz, ha méretezésüknek és szerkezeti anyagaiknak megfelelő technológiai rendszerbe illesztve alkalmazzák őket, valamint az előírt technikai kiszolgálás és karbantartási műveletek a technológiai utasításokat követve történik.

Persze ez utóbbi igaz valamennyi berendezésre és nem csak a speciálisan egy-egy konkrét gyártási folyamathoz speciálisan megválasztott változatra. A más általánosan felhasznált berendezésekkel, mint például tárolótartályokkal és termékvezetékek minden üzem és folyamat elemeként szintén igénylik az időszakonkénti felülvizsgálatot és az azok nyomán szükségessé válható javítások elvégzését, hisz meghibásodások a normál üzemvitel mellett is bekövetkeznek. [16]

Érdeemes tehát röviden feltérképezni a berendezések lehetséges hibaforrásait, amelyek balesetek kiindulópontját képezhetik. Ezek felosztásában a hibahatásoknak a havária esemény kibontakozásában két kategóriát azonosíthatunk. Ennek alapján közvetett és közvetlen kiváltó okokról beszélhetünk. Előbbinél valamely egyéb körülmény is megszakítja a hatásláncot. A balesetek kiváltásában tapasztalható arányokat tekintve az ilyen mögöttes tényezők a baleseti kivizsgálásokkal felderíthetők. Például a szivárgást eredményező csőtörések viszonylatában is azonosítható, hogy az alábbi:

- Tervezés
- Kivitelezés
- Üzemeltetés
- Karbantartás

között ezek a hibakokk hogyan oszlanak el. Ezt vázoltam a 3. ábrán.



3. ábra: Hibaokok megoszlása a szivárgást eredményező csőtöréseknél
Forrás: Szerkesztette [17] nyomán a szerző

Túl ezen előfeltételeken persze gyakorta egyéb a balesethez szorosan köthető törté-
nés is megmutatkozik a vegyi anyagok technológiai térből történő kijutásában a normál
üzemi feltételektől való eltérések szemszögéből. Különösen a technológiai paraméterek ré-
széről, melyeket a folyamatok érzékenységétől függően szűk vagy tágabb határértékek kö-
zött nivelláló tartományban kell tartani:

- bemeneti paraméterek téves megállapítása,
- alapanyagok helytelen betáplálása,
- energetikai zavarok beállása,
- műveleti fázisok sikertelen váltása,
- konverziók félresiklása, stb.

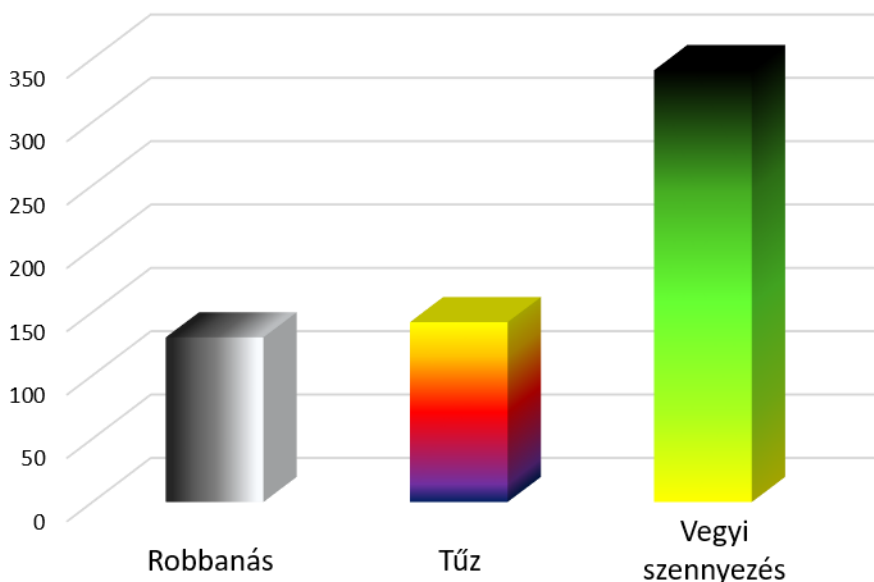
Persze ezekben olykor emberi gondatlansággal vagy még akár ártó szándékkal is találkozhatunk.

Az eddig felsoroltakból is láthatóan, bár a lehetséges hibák száma a technológia összetettségével arányban mind inkább hatványozódik, ellenben szisztematikus biztonsági irányítási rendszerek felállításával a veszélyes folyamatok kockázatait megfelelő szintre csökkenthetjük. Tekintve azonban, hogy ugyan a védelmi intézkedések rendszere is igen bonyolult és a biztonságot befolyásoló tényezők is változhatnak, emiatt a veszélyeztetettség állapota sem konstans.

Azonban a technológiai hibák jellegzetességeit ismerve következtethetünk az azok nyomán előállható baleseti kibocsátások várható lefolyására és a fellépő szennyezések sajátosságaira. Mivel a hibák műszaki-technikai jegyei és a berendezésben, valamint a környezetben uralkodó környezeti állapotok jelentősen kihatnak a vegyi anyag transzportfolyamataira is, azokat együtt értékelve kell feltérképezni a kiszabaduláskor és azt követően is.

A VEGYI KÁRTERÜLET KIALAKULÁSA

A vegyi anyag kiszabadulásának következtében többféle veszélyeztető tényező léphet fel, de köztük dominálnak a szennyező hatások, amint azt a 4. ábra szemlélteti.



4. ábra: A fő veszélyeztető tényezők megoszlása vegyi balesetknél
Forrás: Szerkesztette [2] nyomán a szerző

A szennyezés kockázatait a vegyi anyag tulajdonságai, mennyiségi viszonyai és kiszabadulásának körülményei határozzák meg, amely a lassú szivárgásos jelenségektől egészen a nagy koncentrációjú szennyezett gázfelhő messze a telephely határain túlra sodródásáig terjedhet. Egyértelmű, hogy a koncentráltan megjelenő vegyi anyag jóval nagyobb

károk kiváltására képes. Mégis mi különíti el egy-egy vegyület esetében a kibocsátási jelenségeket, és mikor hozhat létre ilyen súlyos katasztrófával fenyegető helyzetet, azt első sorban a kibocsátás paramétereiben kell keresni. Ezek közül szembe ötlő, hogy az egyes vegyi balesetnél észlelhető töménység növekedés a károkozás potenciálját is fokozza. Ráadásul ezek az elhúzódó, és ezért nagyon sokszor igen nagy mennyiségű veszélyes anyag kibocsátással is járó vegyi balesetek vannak többségben az esetszámokat megvizsgálva, amit az 5-ös ábra statisztikailag is alátámaszt.



5. ábra: A vegyi balesetek kibocsátási jellege intenzitás szerinti bontásban
Forrás: Szerkesztette [2] nyomán a szerző

A gyors kibocsátással a környezetbe kerülő veszélyes vegyi anyagokról elmondható, hogy azokat az eseményeket kísérik ilyesfajta jelenségek, ahol gáz és folyadékok hirtelen elpárolgása vagy halmazállapotának váltása következik be. A normál környezeti viszonyok mellett gázhalmazállapotú vegyi anyagok esetében ez utóbbi cseppfolyósított formában, nyomás alatti tárolásnál adódhat elő. Ilyenkor a nyomástartó edényen, berendezésen felhasadó burkolaton át tör ki a gáz. Folyadékoknál viszont az alacsony forráspont az egyik lényeges kritérium a fázisváltás bekövetkezésének. Amennyiben az ezzel az anyagi minőséggel rendelkező vegyület kiszabadulása közben a környezeti hőmérséklet a forráspont fölé tartományba esik, akkor a hirtelen felforrított folyadék gőzeinek térfogatnövekedése gyorsítja a sérült berendezésből való kijutását az anyagnak.

Persze a kiáramlás közben számottevően közrejátszik a szerkezeti anyagok keletkező sérülés milyensége is. Hisz technikai értelemben egy felhasadó tartálypalástból való kiszabadulásának lezajlása a vegyi anyagnak jócskán különbözik egy korrózió okozta pontszerű nyíláson át történő nyomásvesztéstől. Utóbbinál a Joule-Thomson effektus miatti lefagyás is elképzelhető. Emellett még a nagyon gyors anyagáramban létrejövő töltésleválás miatti statikus feltöltődés lehetősége is felvetődhet, ami éghető anyagoknál kritikus lehet és robbanáshoz vezethet. Mindezeket persze a konkrét vegyi anyag és előálló állapotjelzők kölcsönhatásában vizsgálva lehet műszaki biztonsági oldalról pontosan definiálni. Nem is beszélve az esetleges további veszélyes kölcsönhatásokról. Összegezve kijelenthető, hogy a gázok vagy gőzök pillanatszerű kitörése rövid, de igen heves és romboló hatással van a környezetére, ami másodlagos káreseményeket is könnyedén elindíthatnak. Ettől füg-

getlenül amennyiben a feltételek adottak, hogy egyben tartsák a gázfelhőt, úgy gyors kibocsátásnál is képződhet szennyezőképes légtömeg. Például a nagy koncentrációjú gőzök kondenzációja miatti ködképződés jóvoltából is teszem azt.

A vegyi szennyezések többnyire nem ilyen típusú folyamatként veszélyeztetik környezetüket. Az ide sorolt kibocsátást tipikusan nem feltétlenül nyomáskiegyenlítődés okozza, mint inkább a nagy átmérőjű, például felnyílt dőmfedélen, stb. át kijutó vegyi anyag és a környezete közötti hőmérsékletkülönbség okozta sűrűségkülönbség hajtja a gázok, gőzök kibocsátását.

AZ ELSŐDLEGES ÉS MÁSODLAGOS FELHŐK TERJEDÉSE

Az ilyen és az előzőekben leírt primer eseményeknél kialakuló szennyezett légtömeget hívjuk elsődleges felhőnek. A baleseti kibocsátás forrásával szoros összefüggésben innen ered a szennyezés első hulláma, amely folytonos hullámban, de szünet nélkül hígulva terjed. Azonban ennek mélysége nem jelenti a végső határát a vegyi anyag szennyezőképes transzportfolyamatainak. Mivel erre a követő fázisban újabb, de már kisebb töménységű felhő szennyezési hulláma rakódik rá, ahogyan az megfigyelhető a 6-os ábrán vázoltakon.



6. ábra: A baleseti vegyi szennyezés felhőinek terjedési vázolata
Forrás: Szerkesztette [18] nyomán a szerző

Az említett követő hullámban újjára induló vegyi anyag felhőt nevezünk másodlagosnak. A szennyező anyag koncentrációja ebben a terjedés irányában vett egy adott ponton nézve általában kisebb, mint az elsődleges felhőben. A másodlagos felhő azonban elhúzódoan vonul végig a talajfelszín felett, mivel annak utánpótlásaként viszonylag lassan, de állandó intenzitással szabadul fel a vegyi anyag. Ennek magyarázata a keletkezésének körülményeiben keresendő. Eltérően az elsődleges kibocsátásban keletkezettől, itt a kiömlő folyadék halmazállapotú vegyi anyag nagyfelületen szétterülő felszínéről ütemesen párologó gőzök képezte felhőről van szó. A párologás sebességét:

- a folyadék tenziója,
- a talaj megkötőképessége,
- a talaj és a levegő hőmérséklete,
- és a légmozgás határozza meg.

Tehát a képződő tócsa felett létrejövő másodlagos felhő koncentrációviszonyait a tócsával érintkező talaj és levegő vegyi anyaggal való kölcsönhatása döntően befolyásolja, az egyéb légállapotokat leíró tényezők, stb. mellett. Vagyis a szennyező anyag felhőinek haladását a talaj felett - az anyagi minőségen túl - környezeti tényezők befolyásolják, köztük:

- a szélirány és sebesség,
- a levegő függőleges stabilitása,
- a csapadékviszonyok,
- a topográfia,
- a vegetáció,
- és a beépítettség.

Az elmondottak rávilágítanak, hogy a vegyi anyagok baleseti kibocsájtása miatt bekövetkezett káresemények során nem csak az üzemi terek és telephelyi környezet, hanem a szomszédos lakott területek szennyezésével is számolni kell. A vegyi szennyezés miatti katasztrófák várható hatásait a súlyosabb eszkaláció megakadályozása céljából minél hamarabb ki kell értékelni. A védelmi intézkedések gyors meghozatalát szolgáló előzetes értékelés megkerülhetetlen és elsődleges szegmense a vegyi helyzet értékelése, melyhez ismerni kell a baleset helyszíne környezetében uralkodó és előzőekben felsorolt időjárási körülményeket.

A légmozgás jelentős befolyást gyakorol a vegyi szennyezések terjedésének irányára. Azok képzeletbeli tengelye egybeesnek a széliránnyal, amely így egy-egy védelmi tervezési folyamatban vett szimulált scenárióban is az uralkodó szélirányba történő haladással modellezhető. Széllel szállított szennyező légtömegek haladási sebessége a feltételezett szennyezett zóna egy pontjára való várható beérkezésének idejét is determinálja. Persze ezt felülírja, ha heves szélrohamok sújtják a kibocsátás környezetét, mert akkor nagyon gyorsan kisöprik és feloszlátják a vegyi anyagot. Ugyanakkor a szél okozta áramlás bármilyen lassú tempójú legyen is legyen az, valamilyen mértékben mindig eredményez felhigulást, amely mind függőleges, mind pedig a szélirányra merőlegesen fokozatos szétterülést vált ki. Ezért is ábrázolja a 6-os ábrán szereplő vázlat legyezőszerűen széttartó egyenesektől közrefogva a vegyi felhőket.

Emellett az időjárási tényezők sorában központi kérdés, hogy azok együtthatása a közvetlen talajközeli légrétegben milyen befolyást gyakorolnak a terjedési folyamatokra. A tajjalmenti hőmérséklet és szél összevetése alapján három fő légállapotot különböztetik meg a levegő függőleges stabilitását érintően:

- inverzió,
- izotermia,
- konvekció.

Az inverzió és az izotermia elősegíti a kiszabadult vegyi anyagok felhőinek tartós megmaradását és így a veszélyes koncentrációk igen lassú csökkenését. Ezért azok veszélyeztető hatásukat megőrizve a szennyezés forrásától jóval nagyobb távolságra juthatnak el.

A jellemzően a nyári derűs napokon tapasztalható konvekció viszont az erőteljesen felmelegedő talajfeletti légrétegben ébredő felszálló légáramlatoknak köszönhetően viszonylag gyorsan szétoszlatja a szennyezett levegőt és a vegyi anyagok koncentrációja rohamosan csökken, szinte csak a kiömlés helyén mérhetünk veszélyes koncentrációkat.

A csapadék tevékenység is kedvez a védekezésnek, mivel intenzitásának függvényében előbb-utóbb teljesen kimossa a vegyi anyagokat a levegőből. A talajba juttatva azokat, és elősegítve a nedvesség hatására bekövetkező hidrolízis miatti kémiai átalakulásukat. Persze ennek átalakulási viszonyait a szennyező vegyület kémiai stabilitása igencsak meghatározza. Ez a folyamat is tovább csökkenti az adott helyen fellépő szennyezés mértékét.

A növénytakaró (erdő, bokrok, sűrű fák) a beépítés sűrűsége és a domborzat jelentős tagoltsága jelentősen visszafoghatják a szennyezett felhők terjedésének ütemét, mindazon által elősegítik a szennyezett levegő megrekedését ezekben a zónákban és tartósabb, illetőleg veszélyesebb szennyezettséget válthatnak ki. Erősen szabdalt terepen található vízmocsásokban, a völgyekben, valamint a magas építményekkel sűrűn beépített utcákon hosszanti irányban a légáramlatokkal szállított szennyezések terjedésének mélysége megnövekszik a nyílt terephez viszonyítva. Ez azért lehetséges, mert a szél szétoszlató hatása ilyen helyen kevésbé tud érvényesülni és a szennyező anyag hosszabb ideig megreked a felhőben.

Magától értetődően a vegyi kárterület környezetében uralkodó időjárási viszonyok egyáltalán nem változatlanok és akár markáns eltérések is adódhatnak az előzetesen kialakított helyzetértékeléshez képest. Továbbá a vegyi anyagnak a felhőkből történő kiülepedése sem a szimulációkban alkalmazott, szabályos eloszlási görbéket követi. Ezért aztán szennyezés valós helyszíni mértékének detektálása is megköveteli, hogy a vegyi balesetek környezetében szisztematikus felderítéssel és mintavételezéssel közvetlenül szerezzünk információkat a kárterületet érintő prognózisaink pontosítása érdekében.

KÖVETKEZTETÉSEK

A veszélyes üzemek bekövetkezett balesetei, melyek következtében fenn áll a vegyi anyagokkal való szennyezés veszélye. A vegyi anyagokkal történő balesetknél számításba kell venni a kiszabaduló veszélyes anyagok lehetséges környezetbe kerülését. A következmények sorában számolni kell azzal, hogy azok fenyegetik a lakosságot és a környezetet. [19]

A vegyi anyagok kiszabadulása elsősorban lokális fenyegetettséget hordoz magában, azonban az uralkodó meteorológia helyzettől függően ez kiterjedt térségben is okozhat súlyos katasztrófát. Ennek megelőzésére az üzemeltetők a vegyi veszélyeztetés kockázatának csökkentésére védelmi tervet készítenek, melyre alapozva történik az élet- és vagyonszervezés haváriák során.

Bár az üzem üzemeltetője folyamatos tájékoztatást biztosít a helyzet mérlegeléséhez, a kárelhárítási tevékenység sikere továbbra is kárterület hozzáfértő értékelésen múlik, amit megfelelő műszaki ismeretekkel rendelkező szakemberekre lehet csak bízni. Fontos tehát, hogy ne csak a paragrafus betűin keresztül lássuk az idevonatkozó iparbiztonsági és polgári védelmi kérdéseket, de a mögöttük meghúzódó műszaki biztonsági és veszélyhelyzetkezelési kompetenciákkal is felvértezzék magukat a védelem szervezésében érintettek.

Ezt eredményesen szolgálhatja a fejlett országokra jellemző jól szervezett közigazgatás által felállított szabályrendszer és az ahhoz társuló a hatósági tevékenység mellett a

cikkben is felvillantott ismeretek elsajátítása. Az itt tetten érhető műszaki szemlélet a nagyarányú technológiai fejlődéssel együtt járó kemizáció árnyoldalaként esetenként megjelenő vegyi baleseteknél fellépő kémiai kockázatoknak és a biztonságnek a társadalmi elvárásokkal való összhangját hivatott szolgálni a vegyi balesetek helyzetértékelésénél.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Szakál Béla: *Veszélyes anyagok és kárelhárításuk* I-III. Főiskolai jegyzet, Ybl Miklós ÉK 2005;
- [2] ARIA, Online Database, French Ministry of Environment, Bureau for Analysis of Industrial Risks and Pollutions. Analysis, Research and Information on Accidents, https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/?lang=en&s=&fwp_recherche=chemical%20accident, (letöltve: 2024. 08. 02.);
- [3] Haubert G., *A munkahelyi kockázatértékelés és -kezelés gyakorlati kézikönyve*, Munkavédelmi Kutatási Közalapítvány, Budapest, 2003, ISBN: 963-206-499-2;
- [4] Kápolna F., *Vegyipari technológiai alapismeretek*, OMKT., Budapest, 2001., 72. o.;
- [5] Kemencés J.: *Nyomástartó berendezések biztonságtechnikája*, OMKT Kft, Budapest, 2010. ISBN 978-963-89258-2-0, 44. o.;
- [6] Sárosi Gy., *Veszélyes áru raktárlogisztika - korszerű követelmények*. Budapest, 2006. Complex Kiadó, ISBN 963-224-869-1;
- [7] Berger Á.: *A veszélyesanyag-tárolótartályok tervezésének iparbiztonsági aspektusai*. Hadmérnök, 2021., 16 (3), pp. 81–96. <https://doi.org/10.32567/hm.2021.3.5>;
- [8] Berger Á.: *Veszélyesanyag-tároló tartály üzemeltetésének iparbiztonsági feltételrendszere*. Műszaki Katonai Közlöny, 2021., 31 (3), pp. 17-31. <https://doi.org/10.32562/mkk.2021.3.2>;
- [9] Fökl R. et al.: *Munkaegészségügyi és Munkavédelmi Enciklopédia*, Budapest I-III. OMIKK, Bp. 1986-89. ISBN 963-592-433-X;
- [10] Halász L. - Földi L.: *Környezetvédelem – környezetbiztonság* egyetemi jegyzet, ZMNE, Budapest, 2000.;
- [11] Nagy K. – Halász L.: *Katasztrófavédelem*, egyetemi jegyzet, ZMNE, Budapest, 2002.;
- [12] Négyesi Gy.: *Vegyi balesetek*. VÉDELEM, Katasztrófa-, Tűz-, és Polgári Védelmi Szemle, 1995., II : 2. évf. (3) 50. o.,
- [13] ROGULA-KOZŁOWSKA W., PIĄTEK P., KOZIELSKA B., WALCZAK A., *Off-gassing from firefighter suits (nomex) as an indoor source of BTEXS*, Chemosphere, 2024, 350, 140996. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2023.140996.
- [14] Okumura S, Okumura T, Ishimatsu S, Miura K, Maekawa H, Naito T. *Clinical review: Tokyo - protecting the health care worker during a chemical mass casualty event: an important issue of continuing relevance*. Crit Care. 2005 Aug;9(4):397-400. doi: 10.1186/cc3062. Epub 2005 Feb 17. PMID: 16137390; PMCID: PMC1269427.
- [15] *A katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény*,
- [16] Kletz T. A. *What went wrong? Case Histories of Process Plant Disasters and How They Could Have Been Avoided*. 5th ed. 2009. ISBN 978-1-85617-531-9
- [17] Kletz T. A. *Learning from Accidents* 3rd ed. 2001. ISBN 0 7506 4883 X, 194. o.
- [18] H. B. F. Gow, R.W. Kay (szerk.) *Emergency Planning for Industrial Hazards*. Proceedings of the European Conference on Emergency Planning for Industrial Hazards,

- held at the Congress Centre, Villa Ponti, Varese, Italy, 4-6 November 1987. CRC Press, 2003. 122 o.
- [19] Kátai-Urbán L., *Handbook for the Implementation of the Basic Tasks of the Hungarian Regulation on „Industrial Safety”*. Nemzeti Közzolgálati Egyetem, KVI, Budapest, 2014. ISBN 978-615-5491-70-2
- [20] Kátai-Urbán L., Súlyos ipari balesetek elhárítását és helyreállítását célzó jogintézmények egységes rendszerbe foglalása. *Hadmérnök*, 20014., IX. évf. (4) 106. o.