II. Iparbiztonsági és hatósági nap

KONFERENCIAKIADVÁNY

„II. Iparbiztonsági és Hatósági Szakmai Nap”

Tudományos Konferencia

Paks, 2021. szeptember 2.

II. Iparbiztonsági és hatósági nap

KONFERENCIAKIADVÁNY

Paks, 2021. szeptember 2.

A konferencia szervezői:

BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság
Katasztrófavédelmi Tudományos Tanács
Tolna Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság
Nemzeti Közszolgálati Egyetem Rendészettudományi Kar
Katasztrófavédelmi Intézet (RTK KVI)
NKE Víztudományi Kar
Atomerőmű Tűzoltóság

Szerkesztette:
Dr. Hábermayer Tamás tű. ezredes, Dr. Ackermann Zsuzsanna tű. alezredes

Lektorálta:

Prof. Em. Bleszity János ny. tű. altábornagy CsC
Prof. Em. Pátzay György PhD

Kiadja:

Tolna Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság

ISBN 978-615-82022-0-6

PAKS 2021

II. Iparbiztonsági és hatósági nap

Előszó

Kedves Olvasó!

Egy kiadvány, könyv számos értékkel bírhat. Ilyen lehet a művészeti megjelenése, a szépirodalmi vagy éppen a tudományos értéke. A II. Iparbiztonsági és Hatósági Szakmai Nap, mint tudományos konferencia keretében született tanulmányok a könyvek speciális csoportjába tartoznak. Igaz ez azért, mert jelen kötet is a Tolna Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság által rendszeresen szervezett konferenciák gyümölcse, és igaz azért is, mert szakmai tartalmában, megjelenésében az eddig megjelent tanulmány és konferencia kötetek arculatát követi.

E könyv szerkesztői és az egyes tanulmányok szerzői tudományos igényességgel vetették papírra gondolataikat, melyek alapját a konferencián bemutatott előadásaik képezték. De mondanivalójában jóval több ez a kötet, mint „csak" az előadások tartalmi kivonata, hiszen terjedelmében tágabb keretet biztosít a szerzők számára az általuk kutatott téma mélyreható feldolgozására és ezáltal eredményeik, tapasztalatuk bemutatására.

Ha csak a tartalomjegyzékre tekintünk, még esetleg meg is ijedhetünk olyan szavak olvasatán, mint determinisztikus alapú tűzkockázat, molekulák kémiai szerkezete, dominóhatás és még sorolhatnám arra gondolva, hogy az átlagember mit érthet ebből. Azonban őszintém ajánlom mindenki számára az elmélyedést a sorok között, mert egyszerűen – bár magas szakmai színvonalon – juthat a Kedves Olvasó érdekes és praktikus ismeretek birtokába. E kötetben a szerzők egymást kiegészítve és egymást erősítve jelenítik meg a mindennapjainkat átszövő infrastruktúrák kritikussá válásának megtörtént eseményeit, vázolják a megelőzésükre, kezelésükre tett hatékony erőfeszítéseket.

A tudományos konferenciák és az azokat követő tanulmánykötetek folytatásában bízva köszönöm Mindenkinek, akik a kötet létrehozásában együttműködtek és ismeretekkel, valamint élményekkel teli gazdagodást kívánjak a Kedves Olvasónak.

Dr. Balázs Gábor tű. dandártábornok
tűzoltósági főtanácsos
Tolna Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság
Igazgató

II. Iparbiztonsági és hatósági nap

Tartalomjegyzék

Előszó 3

Daruk Anita, Érces Gergő: A determinisztikus alapú tűzkockázat-elemzés módszerének alkalmazási lehetőségei az általános tűzvédelemben hazánkban 5

Érces Gergő, Vass Gyula: Okos épületek tűzvédelmének alapjai 15

Dr. Kerekes Zsuzsanna: Molekulák kémiai szerkezetének hatása a robbanási hajlamra 27

Dr. Németh Zsolt: A nagy európai áramszünet, avagy miért fontos az energia-biztonság 38

Dr. Hábermayer Tamás: A vízi közlekedési infrastruktúra sérülésének hatásai - a tiencsini és bejrúti kikötőrobbanások, mint HILP események 44

Dr. Hetesi Zsolt: Dominóhatás a fukusimai atomerőmű-baleset kapcsán 51

Kátai-Urbán Maxim - Dr. Cimer Zsolt: A veszélyes anyagot tároló raktárcsarnokok tervezésének tűzvédelmi és iparbiztonsági aspektusai 55

Konferenciaprogram 62

A DETERMINISZTIKUS ALAPÚ TŰZKOCKÁZAT-ELEMZÉS MÓDSZERÉNEK ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI AZ ÁLTALÁNOS TŰZVÉDELEMBEN HAZÁNKBAN

DETERMINISTIC-BASED FIRE RISK ANALYSIS POSSIBILITIES OF APPLICATION OF THE METHOD IN GENERAL FIRE PROTECTION IN HUNGARY

DARUK ANITA TŰ. SZÁZADOS, ÉRCES GERGŐ TŰ. ŐRNAGY
ANITA.DARUK@KATVED.GOV.HU
ERCES.GERGO@UNI-NKE.HU
0000-0002-7756-925X
0000-0002-4464-4604

Absztrakt

A tűzvédelmi tervezés célja, hogy biztosítsa elsősorban az épületben tartózkodók életének és a gazdasági, anyagi javak védelmét, majd megóvja a műemlékeket, kulturális örökséget. Ehhez szükséges az épületek, létesítmények tűzeseti kockázatának lehető legalacsonyabb szinten tartása, amelyhez a leginkább megfelelő tűzvédelmi megoldásokat kell kiválasztani, a passzív és aktív tűzvédelmi rendszereket a lehető legköltséghatékonyabb módon kell megválasztani. Ipari, termelési létesítmények – különösen a létfontosságú rendszerelemek – tekintetében fontos a folyamatos zavartalan működés biztosítása. Ezen tervezési célok kielégítése történhet leíró jellegű (preszkriptív) előírások betartásának segítségével, de lehet mérnöki módszerek alkalmazásával is. Az egyik ilyen mérnöki módszer a determinisztikus alapú tűzkockázat elemzés. A publikációban a szerzők a bemutatják a kutatásukban elemzett módszer hazai tűzvédelemben történő alkalmazásának lehetőségeit.

kulcsszavak: tűzvédelem, tűzkockázat-elemzés, determinisztikus módszer

The purpose of fire protection planning is to ensure the protection of the lives the economic and the material assets of the occupants of the building, and then to preserve the monuments and cultural heritage. This requires keeping the fire risk of buildings and facilities as low as possible, for which the most appropriate fire protection solutions must be selected, and passive and active fire protection systems must be chosen in the most cost-effective way possible. It is important to ensure the continuous and smooth operation of industrial and production facilities, especially critical infrastructure. These design goals can be met by adhering to prescriptive standards, but also by using engineering methods. One such engineering method is deterministic-based fire risk analysis. In the publication, the authors present the possibilities of applying the method analyzed in their research in national fire protection.

keywords: fire protection, fire risk analysis, deterministic method

II. Iparbiztonsági és hatósági nap

Bevezetés

2015-ben hatályba lépett az 54/2014. (XII.5) számú BM rendelettel kiadott Országos Tűzvédelmi Szabályzat (a továbbiakban: OTSZ), amely a korábbi szabályozáshoz képest merőben új, mérnöki szemszögből közelíti meg a tűzvédelmet. Az új OTSZ a korábbi szabályozási metodikával szemben mintegy keretet adva, nagyobb szabadságot ad a tervezőknek, a modern épületek tervezése során felmerülő mérnöki problémákon segíthetnek a kockázatelemzésen alapuló mérnöki módszerek, amelyek a konkrét épület tűzvédelmi tervezése során egyedi megoldások alkalmazását teszik lehetővé. Ezekre a rugalmas és gazdaságos – lehetőleg minden beruházói igényt kielégítő – ugyanakkor az elvárt biztonsági szintet nyújtó egyedi mérnöki megoldásokra napjainkban egyre nő az igény.

A determinisztikus alapú tűzkockázat-elemzés témájában a paksi atomerőmű új blokkjainak létesítési engedélyezési eljárása során került előtérbe a tavalyi évben a determinisztikus alapú tűzkockázat elemzés kérdésköre, amelyet a nukleáris biztonság területén hosszú idő óta alkalmaznak.

A szerzők célkitűzése az volt, hogy megvizsgálják, hogy ez a tűzkockázat-elemzés önmagában alkalmas lehet-e más (nem atomerőmű) rendeltetésű épületek, építmények, létesítmények tervezése során „hétköznapi” gyakorlati alkalmazásra. A kutatók hipotézise értelmében a módszer alkalmazható. A kutatás célja az volt, hogy elemzés útján kiderüljön, hogy milyen formában vagy esetleg más eljárásokkal kombinálva, kiegészítve optimális-e a metodika alkalmazása. A szerzők bemutatják az egyes alapvető elméleti ismereteket, amelyek a tűzkockázat elemzés megértéséhez szükségesek. Ismertetik a módszer egyes elemeit, a kockázatelemzés és a tűzvédelem alapjaitól a legújabb kutatásokig és esettanulmányokig.

A módszer alkalmazásához szükséges alapismeretek

A kockázatelemzés alapjai: tűzveszély és tűzkockázat

A tűzkockázat-elemzés bemutatásához szükséges a kockázatelemzés alapjait megismerni. Lényeges hogy a kockázat nem szüntethető meg teljesen. Az elemzések során az azonosított és nem elfogadható kockázatok csökkentésére kell intézkedni, amelynek célja a megfelelő szintű biztonság fenntartása. A csökkentésre tervezett intézkedéseket azonban mindig a várható előny függvényében, optimálisan kell megtervezni. Általánosan és a tűzvédelemben is gazdasági, pénzügyi szélsőértékekről beszélünk, azaz például ne létesítsünk jelentős anyagi ráfordítással járó tűzvédelmi berendezést, ha az nem arányos a megmentendő értékkel, vagy emberélettel, de feltétlenül érje az elvárt biztonsági szint minimum értékét.

A kockázatmenedzsment célja tehát a kockázat "lehető legkisebb optimálisan megvalósítható" (As Low as Reasonable Possible - ALARP) szintre való csökkentése. A kockázatelemzés a rendelkezésre álló információk módszeres felhasználása a veszélyek azonosítása érdekében. A kockázatelemzés az elemzés alkalmazási területének meghatározását, a kapcsolódó veszélyek azonosítását és a kockázat becslését foglalja össze.

Meg kell határozni a meghibásodási lehetőségeket, amelyek balesetekhez vezethetnek. A cél, hogy az összes lehetséges hibát, azok hatásait, okait és ellenőrzésének lehetőségeit feltárjuk, majd megkeressük a veszélyesnek ítélt hibák megelőzésének módjait is. A vizsgálat szempontjából nem fontos, hogy a vizsgált hiba valójában előfordult-e, vagy csak elvileg lehetséges. [1]

II. Iparbiztonsági és hatósági nap

A tűzkockázat (fire risk – R) kifejezhető egy számértékkel, amely a tűz valószínűségének (probability - P) és a súlyosságának (seriously- S) szorzata.

$$R = P \times S$$

Fontos tisztázni, hogy különbség van tűzkockázat és tűzveszély között. A tűzkockázat a várható tűzveszteség becslése, amely egyesíti a különböző tűzhelyzetekben bekövetkező ártalmak lehetőségét, az előfordulásuknak a valószínűségével.

A tűzveszély a tűzzel kapcsolatos pl. fizikai veszélyeket jelenti, amely a tűz károsító következményeit, hatásait okozhatja.

Égéselméleti alapok

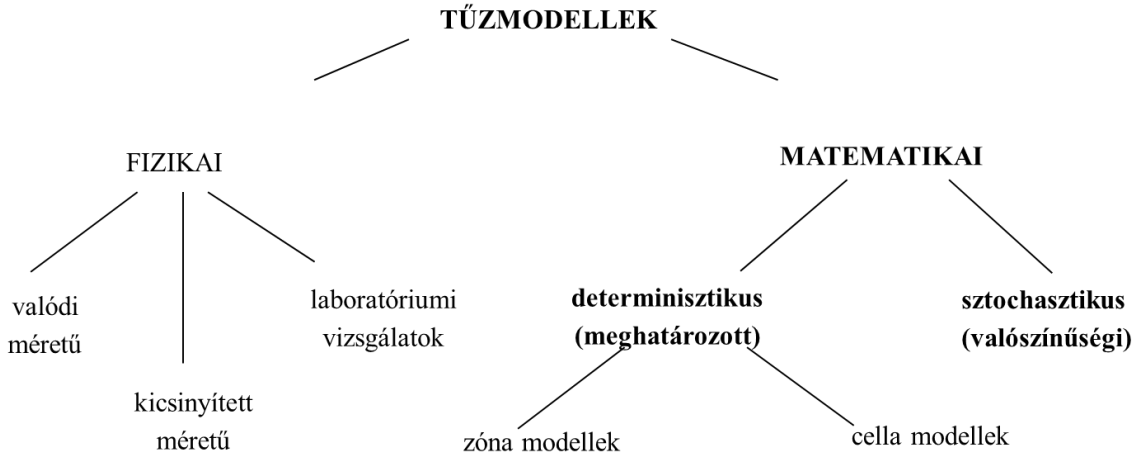
A zárt téri tüzek lefolyásának ismeretére azért van szükség, mert az itt fejlődő tüzek jellemzésére a tűz teljesítményének és a tűztér hőmérsékletének időbeli változását használhatjuk. A tűz teljesítménye modellezhető. [2] Az ISO 834 szabványos hőmérséklet-idő görbét, más néven cellulózgörbét és / vagy a szokásos névleges tűzgörbét használják. A zárt térben keletkezett tüzek esetében a tűz "életgörbéjét" szakaszokra lehet bontani, melyek általában minden zártterű tűznél megfigyelhetőek, azonban tűzhelyszíntől függően lehetnek eltérések, például kimaradnak egyes szakaszok.

A tűztér jellemzésére általában a hőmérséklet időbeli változását vesszük alapul. A paraméterek közül legjelentősebbek a tűz teljesítménye, a térbe érkező levegő mennyisége, de a helyiség térfogata, és az épületszerkezet az épület használati módja, a helyiségben lévő éghető anyag is hatással van a kialakuló hőmérsékletre. Arra a kérdésre, hogy mekkora a tűz, a választ a hőfejlődési görbe adja meg. Ennek leírása az egyik legfontosabb szempont a tűzmodellek készítése esetében. A hőfejlődési görbét, vagyis a hőfelszabadulás sebességét (heat release rate - HRR) a tömegveszteség (mass loss rate - MLR) valamint az égés effektív hősugárzásának szorzata adja meg. [3]

Az égés közbeni hőfelszabadulási sebesség dinamikus jellemző, egységnyi tömegű anyag elégésekor, egységnyi idő alatt termelt hő, az égő anyag felületegységére vonatkoztatva (J/kgm^2s). Mérése az oxigénfogyasztás mérésének elvén alapul. [4] A mérések során határozták meg a vizsgált anyagok égés során bekövetkező tömegveszteségét (MLR) és a hőfelszabadulás sebességét (HRR), a különböző felszabaduló toxikus anyagokat, mint a CO, CO_2, korom. Ezeket a mérési eljárásokat kalorimetriának nevezzük.

A tűzmodellezés elmélete

A tűzmodellezés fontos eszköze a kockázatértékelésnek, a tűz okozta közvetlen és közvetett veszteségek minimalizálásának, valamint a veszélyhelyzet előrejelzésének és az intézkedések megtervezésének. A tűzveszélyt mennyiségileg kell értékelni olyan tűzvédelmi intézkedések meghatározása érdekében, amelyek elfogadható szintű védelmet biztosítanak az élet és a tulajdon számára. Mennyiségi kockázatértékelésre van szükség a javasolt biztonsági intézkedésekre vonatkozó költség-haszon elemzések elvégzéséhez és az optimális tűzvédelmi tervek meghatározásához is. Minden típusú tervezési helyzetben számos tényezőt kell figyelembe venni, mielőtt kiválasztanánk a probléma adott modelljét, függetlenül attól, hogy a modellben szereplő irányadó egyenletek és feltételezések a valóságban előfordultak-e vagy sem.



1. ábra - A tűzmodellek csoportosítása [5]

A determinisztikus tűzmodellek a matematikai modellek közé tartoznak. A matematikai modell általában az első lépés a tűzdinamikai elemzés során.

Olyan egyenleteket alkalmaznak, amelyeket empirikusan vagy megfigyelések felhasználásával fejlesztettek, a tűzvizsgálati adatokból vagy matematikailag a tűz fizikai és kémiai tulajdonságainak, törvényeinek és ezeknek az egyéb más természeti törvényekkel való összefüggéseinek felhasználásával írja le a tűz folyamatát.

Az algebrai modellek előnyei, hogy azonnali választ tudnak adni az egyszerű tűzdinamikai kérdésekre és az alapvető tűzjelenségekre, hátránya, hogy gyakran egyedi, leegyszerűsített forgatókönyvekhez igazodnak, és általában egyetlen kérdésben nyújtanak információkat, nem pedig a tűz egészének, viselkedésének részletesebb elemzésében.

A nem determinisztikus modellek, amelyek általában valós tűzesetek adatain alapulnak, statisztikai, valószínűségi, sztochasztikus szimulációk vagy modellek. Habár a különböző tűzfejlődési minták szimulálhatók a bemeneti értékeknek a determinisztikus modell paramétereivel történő változtatásával, - szükség van arra, hogy meghatározzuk azt a bizonytalanságot (valószínűséget), amellyel mindegyik mintázat valószínűleg bekövetkezhet bármilyen típusú épületben. A determinisztikus kockázat egyetlen vészhelyzeti forgatókönyv hatását veszi figyelembe, míg a valószínűségi kockázat figyelembe veszi az összes lehetséges forgatókönyvet, azok valószínűségét és a kapcsolódó hatásokat.

Átfedés van a determinisztikus és valószínűségi modellezésben. Például a valószínűségi modellezés (azaz több forgatókönyv futtatása különböző valószínűségű előfordulási valószínűségnél) használható determinisztikus forgatókönyv létrehozásához; tipikus forgatókönyvek lehetnek:

- Legrosszabb eset - a maximális veszteségek
- A legjobb eset - az elfogadható veszteségek
- A leginkább valószínű - a legnagyobb valószínűséggel előforduló [6]

A determinisztikus alapú tűzkockázat-elemzés bemutatása esettanulmányok alapján

A továbbiakban három olyan esettanulmányt mutatnak be a szerzők, amelyekben alkalmazták a determinisztikus alapú tűzkockázat-elemzést.

II. Iparbiztonsági és hatósági nap

Az első tanulmány az atomerőművek létesítéséről szól, mivel ezen a szakterületen van rá nagy múltú gyakorlat és kidolgozott követelményrendszer, ami több évtizedes nemzetközi tapasztalatokon alapul. A második tanulmány a közúti alagutak tűzkockázat elemzésének egy újszerű módszerét mutatja be, a harmadik pedig egy veszélyes anyagot tároló tartálypark tüzén keresztül a determinisztikus és valószínűségi tűzkockázat-elemzés kombinációjának módszerét, amellyel dominóhatás elemzés végezhető.

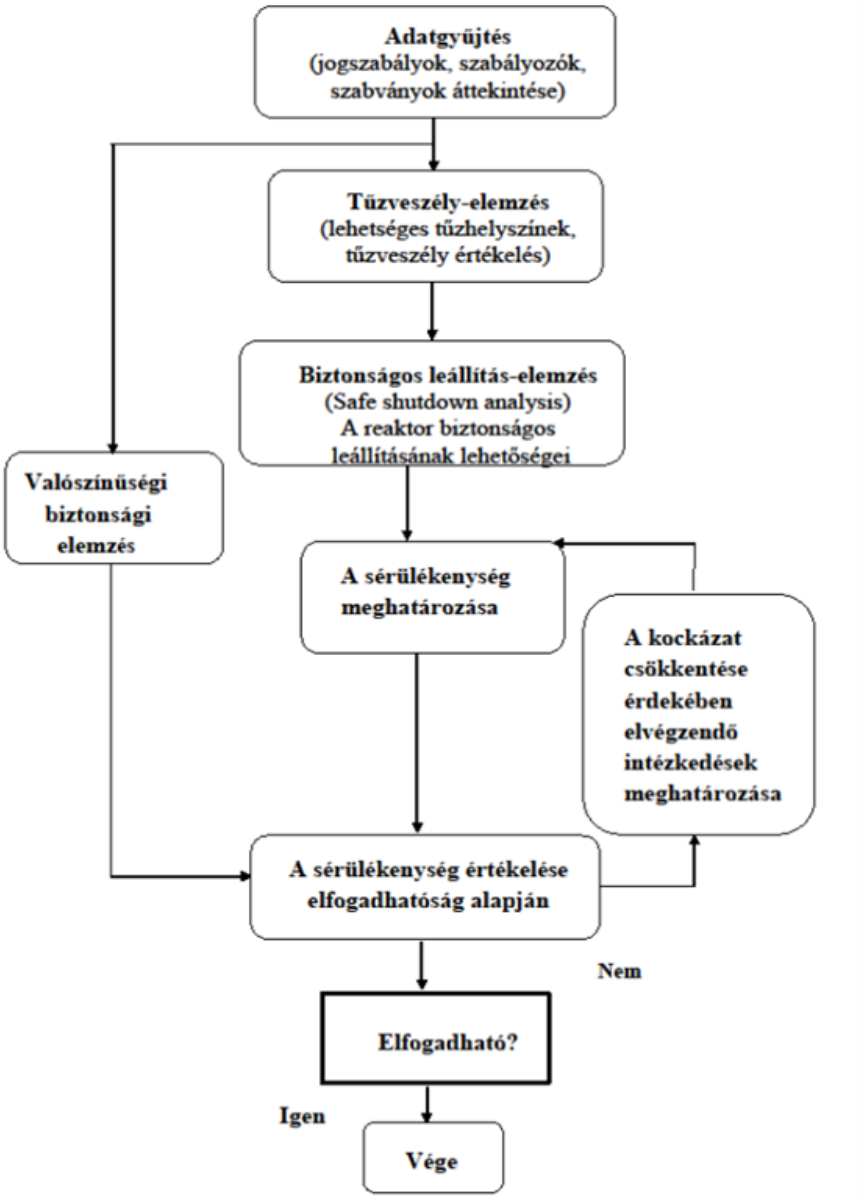
Atomerőmű

Az atomerőművek tűzvédelméről szóló kézikönyvből azokat a részeket emelték ki a szerzők, amelyek más létesítmények vonatkozásában is felhasználhatók lehetnek. Az atomenergia alkalmazásával kapcsolatos sajátos tűzvédelmi követelményekről és a hatóságok tevékenysége során azok érvényesítésének módjáról szóló 5/2015. (II. 27.) BM rendelet 1. melléklete által támasztott követelményeket a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (International Atomic Energy Agency – IAEA) által meghatározott biztonsági követelmények alapján dolgozták ki.
Az atomerőművek tűzkockázatának értékelése során használt determinisztikus módszertan alkalmazásakor alapvető feltételezés, hogy tűzkár keletkezik az összes rendszerben és berendezésben, amelyek egy közös cellában helyezkednek el. Tűzkárt feltételezünk függetlenül a területen található éghető anyagok mennyiségétől, a gyújtási hőmérséklettől vagy a gyújtóforrástól.

Az emberi tényezők inkább a valószínűségi megközelítésben játszanak szerepet, és nem részei a determinisztikus megközelítésnek. Az emberi cselekvések kockázatát megfelelőbben értékelhetjük a valószínűségi biztonsági elemzésben. Figyelembe kell venni és kezelni kell a determinisztikus és a kockázatalapú megközelítések közötti kapcsolatot, mint például a pénzügyi költségek minimálisra csökkentését annak érdekében, hogy a magas kockázatú területekre tudjunk összpontosítani.

A mélységi védelem (defence in depth – DID) az összes biztonsági rendszert magában foglalja, öt szintbe rendezi a biztonsággal kapcsolatos cselekményeket, berendezéseket, eljárásokat. Mindegyik célja, hogy megakadályozza a következő szint elérését. Az első szinten kisebb hibák fordulnak elő, az ötödiken már radioaktív kibocsájtásról beszélünk.

A kockázatelemzéssel szemben megfogalmazott célok érvényre juttatása érdekében a leghatékonyabb módszer megválasztása kulcsfontosságú, erre Atomerőművek esetében az EPRI FIVE módszert alkalmazzák. Célja a reaktor biztonságos és stabil leállításának eléréséhez és fenntartásához szükséges üzemi berendezések, kábelezés és alkatrészek rendelkezésre állásának meghatározása, és az üzemben meglévő tűzvédelmi jellemzők, elemzések és dokumentációk teljes körű kihasználása. [7]



2. ábra - Tűzkockázat-elemzés áttekintése [8]

A tűzdinamika variációinak számszerűsítésére használt tűzmodellező eszközök az egyszerű kézi számításoktól, például algebrai egyenletektől a kifinomult számítógépes programokig terjednek. Meg kell érteni a modell előnyeit és korlátait egy adott helyzetben, hogy a kívánt célkitűzést a legjobban elérhessük. Gyakran az egyszerűsített modelleket használják a bonyolultabb modellek hatékonyabb felállításához. A bal oldali ábra tűzkockázat-elemzés lépéseit ábrázolja, a jobb oldali pedig a tűzveszély elemzés lépéseit, amelynek mindössze 5 alapeleme van.

Atomerőmű esetében összefoglalva mindig az a cél, hogy az esetleges tűz következtében a biztonság szempontjából fontos rendszerelemek épek maradjanak, az esetleges leállítást biztonságosan el tudják végezni, a veszélyes anyagok kijutását megakadályozni, illetve a folyamatos működést fenntartani. Ezek a kockázatértékelési szempontok igazak például veszélyes üzemek illetve létfontosságú rendszerelemek esetében is.

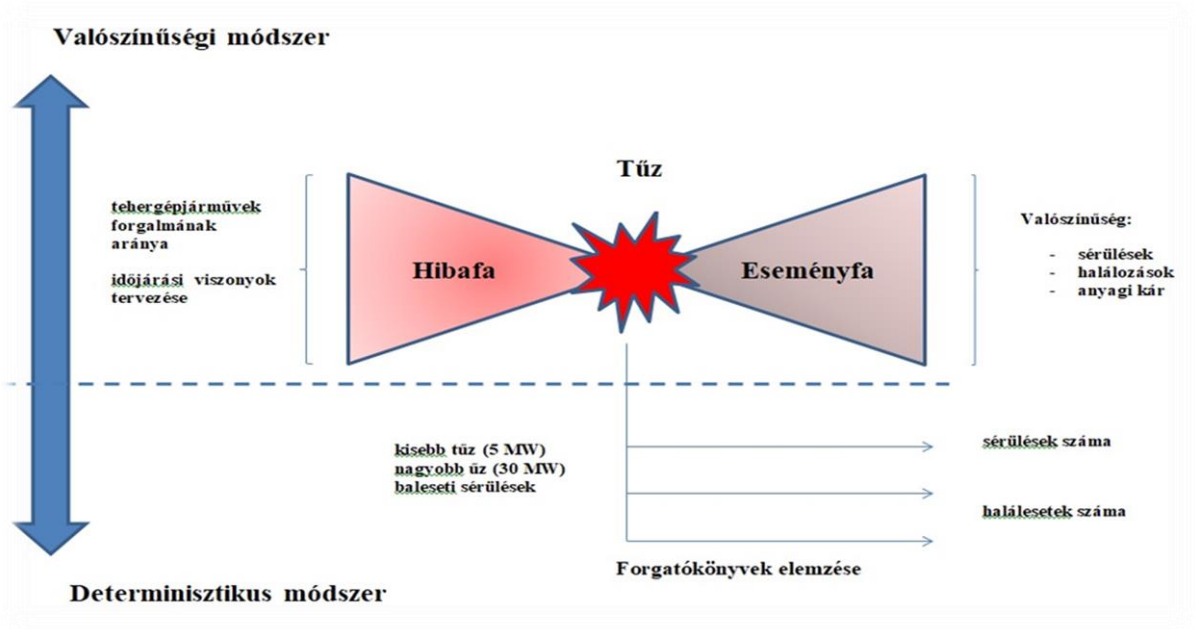
II. Iparbiztonsági és hatósági nap

Közúti alagút

A következő tanulmány a közúti alagutakban végzett determinisztikus kockázatértékelés módszerét mutatja be. A prágai Egyetem munkatársai publikálták 2017-ben a fenntartható, modern és biztonságos közlekedésről szóló nemzetközi tudományos konferencián.

A kockázatelemzés egy közúti alagút balesete esetén várható halálozási kockázatokra összpontosít. Az eredmények a meglévő alagutak és helyzetek nagy részét leírják, és univerzálisan használhatók. A kockázatértékelés kvalitatív módszerei olyan módszerek, amelyek közvetlenül kifejezik a kockázat szintjét számszerű érték formájában, pl. az érintettek számát, gazdasági veszteségeket. Általánosságban elmondható, hogy ezek a módszerek a legobjektívebbek, mivel viszonylag jól kezelhetők.

A modern kockázatértékelés kulcsfontosságú tényezője annak megértése, hogy a nemkívánatos események nem önmagukban következnek be, hanem a normál működés (gyakran elhanyagolható) megszakításával kezdődnek, amely a kezdeti eseményre adott reakció alapján több irányba is kibontakozhat. Ez a fogalom Bowtie-modell vagy csokornyakkendő-modell néven ismert. [9]



3. ábra - Bowtie-model (csokornyakkendő-modell) [9]

Az ábra felső része a valószínűségi módszer elvét, az ábra alsó része pedig a forgatókönyv elemzés nevű determinisztikus módszer elvét mutatja be. A modell bal oldala a nem kívánatos események okaival foglalkozik, milyen hibák következhetnek be, amelyek kiváltják a tűz eseményt. A modell jobb oldala pedig azzal, ezeknek a hibáknak, milyen hatásai lehetnek, például halálozás és ezeket a hatásokat milyen körülmények befolyásolhatják, például a szellőzés hatékonysága. A szerzők ezzel egy újszerű gyakorlati megközelítést mutattak be a közúti alagutak kockázatelemzésére vonatkozóan. Amelynek eredménye, hogy segíthet csökkenteni az alagút biztonsági rendszereinek költségeit.

II. Iparbiztonsági és hatósági nap

Veszélyes üzem

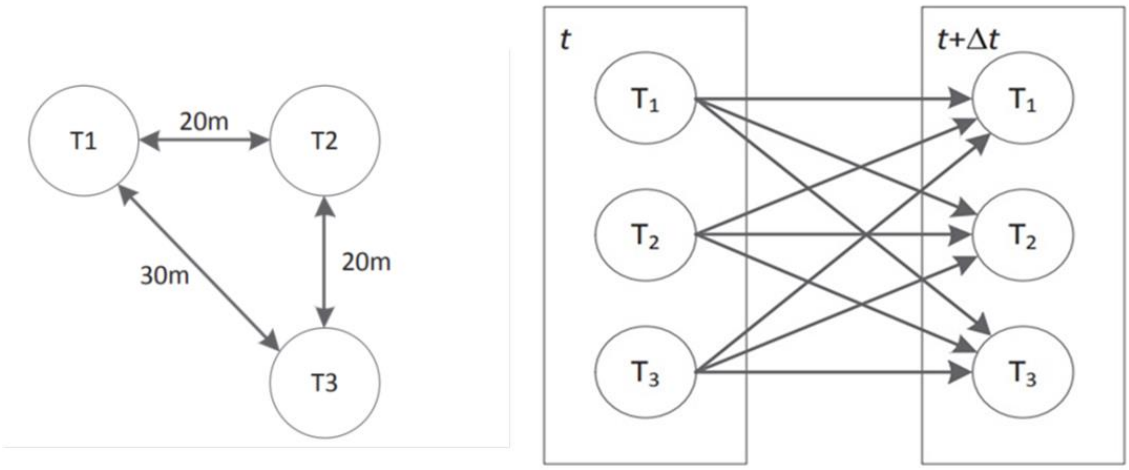
A harmadik ismertetett esettanulmányt kínai és kanadai szakemberek publikálták 2020 szeptemberében.

A valószínűségi és a determinisztikus modellezés kombinálását mutatja be a tűz okozta dominóhatások kockázatelemzéséhez. A tűz okozta dominóhatást úgy lehet tekinteni, mint egy bizonytalan esemény és determinisztikus események kombinációját. Az elsődleges tűzeset egy bizonytalan esemény, a továbbterjedő közepes tűz pedig determinisztikus esemény, vagy események. Valószínűségi kockázatértékelést kell alkalmazni arra, hogy felmérjük a tűzeset bekövetkezésnek lehetőségeit, de amikor már bekövetkezett akkor elindul egy dominóhatás folyamat, másodlagos tűzesetek következhetnek be, erre már a determinisztikus megközelítést kell alkalmazni, Ezért a valószínűségi és determinisztikus modellezés kiegészítik egymást, és együtt egy átfogó dominóhatás kockázatelemzésre lehetnek alkalmasak. Ezt mutatja be ez a tanulmány, átfogóan elemzi a vegyi anyagokkal foglalkozó veszélyes üzemek kockázatát.

A tanulmányban alkalmazták egyrészt a Dinamikus Bayes-hálózat (DBN) alapú módszertant, hogy modellezzék a valószínűségeket az idő tényezőjét is figyelembe véve, és meghatározták a legvalószínűbb térbeli terjedési utat és a folyamat időtartamát.

Az FSEM modell a tűz által kiváltott dominóhatások térbeli-időbeli evolúciós folyamatának modellezésére szolgál. Tűz esetén, amikor nem az egész egység ég, hanem egy része hősugárzásnak van kitéve, megmutatja, hogy ezt az egységet mennyi hőterhelés éri.

A dominóhatás olyan balesetek láncolata, amikor egy elsődleges egységben (pl. üzemanyag-tároló tartályban) az elsődleges baleset (pl. tűz) átterjed a szomszédos egységekre, másodlagos baleseteket okozva, amelyek teljes következményei sokkal súlyosabbak lehetnek, mint csak az elsődleges baleseté lett volna. [10]



a) Tartályok elrendezése b) Tartályok kölcsönhatása

4. ábra. Tartályok elrendezése és kölcsönhatása [10]

Ez a munka kockázatelemzési keretrendszert javasolt a valószínűségi és a determinisztikus modellezés ötvözésével a tűz által okozott dominóhatások átfogó kockázatelemzéséhez vegyi üzemekben.

Az esettanulmányban az eredmények azt mutatták, hogy az elsődleges baleset bekövetkezte előtti tűzeset-valószínűségi elemzés során a különböző egységek eltérő tűzeseti valószínűséggel rendelkeznek és nem feltétlenül a tűznek legkiszolgáltatottabb egység a legveszélyesebb.

Eredmények, javaslatok

Az eredmények értékelése előtt vizsgáljuk meg, hogyan illeszkedhet ez a módszer a hazai tűzvédelem rendszerébe. A hatályos új OTSZ sokkal nagyobb mérnöki szabadságot ad a tervezőknek, mint a korábbi szabályozók, igazodva a folyton változó beruházói igényekhez, és a felmerülő mérnöki problémákhoz, azonban több szempontból szükségszerűen megtartotta leíró jellegét is.

A hatályos szabályozási rendszer lehetőséget ad egyes esetekben arra, hogy az elvárt biztonsági szintet számítógépes szimulációval igazolják, azonban a kockázati osztályba sorolás terén például még megtartotta hagyományos preszkriptív jellegét, ami az általánosan magas biztonsági szint alkalmazásával szükségszerűen a biztonság javára téved. Ez egy megfelelő és biztonságos módszer, amely az esetek jelentős részében optimális, de nem törekszik az egyedi optimum keresésére.

Napjaink tapasztalatai azt mutatják, hogy egyes egyedi, összetett modern beruházások szükségessé teszik a jogszabálytól való eltérést, vagy a tűzvédelmi műszaki irányelvekben elfogadott műszaki megoldásoktól eltérő mérnöki megoldásokat igényelnek. A kutatók az elemzésük során arra az összegzett következtetésre jutottak, hogy a vizsgált módszer alkalmas lehet a fenti kategóriában az optimumra történő tervezés előkészítésére.

A determinisztikus alapú tűzkockázat elemzés módszere tehát beilleszthető a jelenlegi magyar tűzvédelem rendszerébe, a példaként bemutatott esettanulmányok alapján azt a következtetést vonhatjuk le, hogy többféle területen alkalmazható lehet a metodika valószínűségi módszerrel kombinálva. Az alkalmazásra javasolt célterület például a veszélyes ipari létesítmények, de egyéb hasonlóan összetett rendeltetésekkel kapcsolatban is, nemcsak új létesítések, hanem átalakítások, tűzvédelmi helyzetre kiható változások során egyaránt.

A kutatók javaslattételükhöz SWOT analízis módszerével megvizsgálták annak a lehetőségét, hogy a Tűzvédelmi Szabályzatok tűzkockázat elemzésre alapozva készüljenek. Az eltérési engedélyezések során szerzett tapasztalatok szintén felhasználhatók lehetnek egy esetleges új tűzkockázat elemzés tűzvédelmi műszaki irányelv kidolgozása során.

	Pozitív	Negatív
	Erősségek	Gyengeségek
Belső tényezők	+ pontosabb és egyedi tervezés + költséghatékonyság + rugalmasabb megoldások a felmerülő problémákra, + meglévő épületek tűzbiztonságának növelését hatékonyabbá teszik a rugalmas megoldások + egyedi használati szabályok kidolgozása a valós tűzkockázat alapján	- sok bemeneti információt igényel - sok szaktudást, szakembert igényel - időigényes az alkalmazási lehetőségeinek kidolgozása a módszer megfelelő szintű bevezetése és kiterjesztése - konszenzusba kell hozni a tervezők és hatóság hatékony munkavégzéséhez szükséges igényeket
	Lehetőségek	Veszélyek
Külső tényezők	+ szakmai tapasztalatok növekedése, mérnöki gondolkodás ösztönzése + gazdasági és természeti erőforrásokkal való hatékonyabb gazdálkodást tesz lehetővé. + beruházói igények széles spektrumú kielégítése, beruházói kedv növelése, gazdasági fellendülés elősegítése + nagyobb tervezői szabadság megteremtése	- szaktudás hiányában az alkalmazott megoldás hátrányosan befolyásolhatja a tűzvédelmet. - az egyedi megoldások alkalmazása miatt a gyors tűzoltói beavatkozást ronthatja, az egyedi létesítésekről az állomány tájékoztatása válhat szükségessé - a hatóság részéről a tűzvédelem megfelelő biztonsági szintjének fenntartása nagyobb humán, számítástechnikai kapacitást és több képzést igényelhet.

1. táblázat - A tűzkockázat-elemzés szélesebb körben való alkalmazásának SWOT analízise (Készítette: a szerzők)

Megállapították, hogy mint minden új módszernek, ennek a metodikának is lehetnek előnyei és hátrányai, amelyeket folyamatosan vizsgálni és dokumentálni szükséges. Összességében arra az eredményre jutottak, hogy a gazdasági és természeti erőforrásokkal való gazdálkodás hatékonyságát, az egyedi beruházói igényeket figyelembe véve, a nemzetközi tendenciák alapján érdemes és javasolt a témával mérnöki megoldások szintjén tovább foglalkozni.

Felhasznált irodalom

[1] Abonyi J., Fülep T.: Biztonságkritikus rendszerek – Pannon Egyetem- jegyzet – 2014.

[2] Takács L. G., Szikra Cs.: Zóna- és cellamodellek alkalmazhatóságának gyakorlati tapasztalatai a hő- és füstterjedés modellezésében – 2013.
http://www.tszvsz.hu/anyagok/04_Szikra_Csaba_Takacs_Lajos_hu.pdf
(A letöltés ideje: 2020.03.17.)

[3] Babrauskas, V.: Heat Release Rates - SFPE Handbook of Fire Protection Engineering – 2002., Section three, Chapter 1. o.:: 3-1., ISBN: 087765-451-4

[4] Beda L.: Épületek tűzbiztonságának műszaki értékelése, Doktori (PhD) értekezés – 2004.
https://www.uni-nke.hu/document/uni-nke-hu/beda_laszlo.pdf
(A letöltés ideje: 2020.01.14.)

[5] Beda L.: Tűzmodellezés, tűzkockázat - elemzés (SZIE- Ybl Miklós Műszaki Főiskolai Kar, Tűzvédelmi és biztonságtechnikai Intézet jegyzet főiskolai hallgatók részére – 1999. SZIE/YMMFK 2000-5.

[6] Janssens, M. L.: An Introduction to Mathematical Fire Modeling, 2000., ISBN: 1-56676-920-5

[7] Bokor L.: Nukleáris biztonság és tűzvédelem c. előadás, 2011.
https://docplayer.hu/3820410-Nuklearis-biztonsag-es-tuzvedelem-siofok-hotel-magistern-tszvsz-kozgyules-2011-04-14-15-bokor-laszlo.html
(A letöltés ideje: 2021.02.15.)

[8] IAEA- TECDOC-1944- Fire Protection in Nuclear Power Plants.
https://www.iaea.org/publications/14797/fire-protection-in-nuclear-power-plants
(A letöltés ideje: 2020.10.31.)

[9] Pribyl, O., Pribyl, P., Horak, T.: System for deterministic risk assessment in road tunnels, Science direct – 2017.
https://pdf.sciencedirectassets.com/278653/1-s2.0-S1877705817X00258/1-s2.0-S1877705817326048/main.pdf
(A letöltés ideje: 2020.12.06.)

[10] Ding, L., Jia, J., Khan, F.: Combining uncertainty reasoning and deterministic modeling for risk analysis of fire-induced domino effects – Safety Science, september, 2020.
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925753520301995
(A letöltés ideje: 2021.03.08.)

OKOS ÉPÜLETEK TŰZVÉDELMÉNEK ALAPJAI

THE BASICS OF FIRE PROTECTION IN SMART BUILDINGS

ÉRCES GERGŐ TŰ. ŐRNAGY,
VASS GYULA TŰ. EZREDES

ERCES.GERGO@UNI-NKE.HU,
VASS.GYULA@UNI-NKE.HU

ORCID: 0000-0002-4464-4604, 0000-0002-1845-2027

Absztrakt

Napjainkban az okos városfejlesztési elvek prioritást élveznek a kortárs várostervezés és fejlesztés terén. A nemzetközi trendeknek megfelelően a nemzetek szinte kivétel nélkül rendelkeznek okos városfejlesztési stratégiával.

A magyar települések okos fejlesztési stratégiáit támogató értékelési rendszer hat tematikus alrendszerben határoz meg komplex mutatókat: okos mobilitás, okos környezet, okos emberek, okos életkörülmények, okos kormányzás, okos gazdaság. Az okos életkörülmények alrendszer egyik monitoring aspektusa a biztonság. A jövő okos városai okos épületek hálózatából fognak állni, amelyek alapvetően fogják meghatározni a megelőzésre épülő tűzbiztonságot.

Ebben a monitoring témában azt kutatjuk, hogyan alakul a tűzvédelem jövője - a biztonság egyik sarokköve - az intelligens épületekből álló intelligens városokban.

kulcsszavak: okos város, okos épület, tűzbiztonság, tűzvédelem

Nowadays, the smart urban development principle is already a priority in modern urban planning and development. In line with international trends, nations almost without exception have a smart city development strategy.

The evaluation system supporting the smart strategies of Hungarian settlements defines complex indicators according to thematic areas in six subsystems: smart mobility, smart environment, smart people, smart living, smart governance, smart economy. One of the monitoring topic in the smart living subsystem is safety. The smart cities of the future will consist of a network of smart buildings that will fundamentally determine fire safety based on prevention.

In this monitoring topic we research how the future of fire protection - one of the cornerstones of safety – in smart cities, which consist of smart buildings, will develop.

keywords: smart city, smart building, fire safety, fire protection

II. Iparbiztonsági és hatósági nap

Bevezetés

Napjainkban olyan új kihívásokkal kell szembenéznie társadalmunknak, amelyek alapvetően igénylik az emberiség fejlődésének új irányelveit. A klímaváltozás okozta már tapasztalható hatások, továbbá a prognosztizált változások paradigmaváltás igényét támasztják az emberiség fenntartható fejlődése elé.

A fenntartható rendszerek minél szélesebb körben történő alkalmazásának szükségessége mára evidens. A civilizált életkörülmények fenntarthatósága több alapvető aspektusból is lényeges kérdése. Ezen fő szempontok közé tartozik a gazdaság, az energiahatékonyság, a környezetvédelem, és az egészség megőrzés mellett a biztonság kérdésköre is.

Milyen módszerekkel, milyen eszközökkel érhető el az optimális fenntarthatóság? A probléma összetett, amely ezáltal komplex megoldásokat igényel. A komplexitás, a különböző aspektusok bonyolult egymásra hatásából is ered, amelyek hálózatszerű összefüggések mentén azonosíthatóak. A megoldások szakmai és tudományos értelemben egyaránt több megközelítésből is feltárhatóak. A szerzők ebben a publikációban az okos épületek megoldási lehetőségeit ismertetik.

Kutatásuk során azzal a feltételezéssel éltek, hogy a fenntarthatóság egyik alappillére a biztonság, amely szerves részét képzi a tűzbiztonság. Azt feltételezték, hogy okos épületek létesítésével és azok hálózatából kialakított okos városok kialakításával megvalósítható egy hosszútávon fenntartható tűzbiztonság, amely a mai hatályos szabályozás által definiált elvárt biztonsági szinthez képest magasabb biztonsági szintet képvisel.

A szerzők a kutatásaik során összegezték napjaink okos épületeinek műszaki paramétereit, megvizsgálták a közeljövőben és a távolabbi időszakban várható műszaki, informatikai fejlesztésekben rejlő lehetőségeket, amelyeket integráltak a tűzvédelem hazai rendszerébe, hogy a hatályos előírások szerint elvárt biztonsági szinttel összehasonlítsák, és ezen szempontrendszer szerint értékelhessék az okos épületek módszertani kialakításának lehetőségeit.

Az okos épületek elemzéséhez az okos városok településfejlesztés módszertani keretét alkalmazták, amely hat tematikus alrendszerben határozza meg az okos városok kialakítására vonatkozó komplex mutatókat: okos mobilitás, okos környezet, okos emberek, okos életkörülmények, okos kormányzás, okos gazdaság. A szerzők az okos életkörülmények között azonosítható monitoring szempontokat vették alapul a kutatásukhoz, amelyen belül a biztonság monitoring szempontot vették alap kiindulási szempontnak.

A kutatók célja egy olyan okos tűzvédelmi hálózat fejlesztése, amely az okos épületekben a tűzbiztonság növekedését eredményezi, és amely az okos épületek struktúrájának hatására hosszútávon fenntartható biztonságot nyújt.

Okos rendszerek igénye

Feltehetjük a kérdést, hogy miért is van szükségünk okos eszközökre, okos rendszerekre, vagy akár okos épületekre? Szüksége van-e egyáltalán az emberiségnek ezekre, és ha igen, akkor milyen célból? Számtalan okos eszköz áll rendelkezésünkre napjainkban. Okos a telefonunk, a televíziónk, a hűtőnk, az óránk, és még sorolhatnánk napestig, hányféle, hány fajta és milyen típusú eszköz áll rendelkezésünkre ma már elérhető módon.

Nemcsak rendelkezésre állnak ezek az eszközök, hanem számtalan háztartásban meg is találhatóak, használjuk ezeket. Mire használjuk ezeket, milyen funkciót töltenek be az életünkben? Erre a kérdésre ma már evidens a válasz. Napjaink 4. ipari forradalma, mint az azt megelőző ipari forradalmak is, lehetővé teszik, hogy a fejlesztett eszközök, rendszerek, módszerek hatékonyabbá, egyszerűbbé, gyorsabbá, egyszóval jellemezve kényelmesebbé tegyék az életünket. Ezen kényelmi faktor és a termékek köré épített kereskedelmi marketing hatására az emberek többsége vágyakozik is ezen termékek birtoklására és alkalmazására.

Adott tehát egy társadalmi igény, amely alapvetően emberi természetünkből fakad, és amely alapvetően kényelmi szempontból definiálható. A fenti mellett két másik fontos tényező is azonosítható az okos rendszerek, okos eszközök, okos épületek alkalmazásának igényére. Az egy ilyen szempont az energia hatékonyság kérdése, amely napjainkban kiemelt szerepet tölt be a fenntarthatóság aspektusából. A fenntarthatóság kérdése tehát szintén generál egy igényt az okos rendszerek alkalmazására. Az energiahatékonyság, mint elérendő cél pedig deklarálja az okos épületek és azok összességének, az okos városok létesítésének szükségességét.

A Fire Safe Europe elnevezésű szervezet statisztikai adatai alapján az európai emberek idejük több, mint 90%-át zárt terekben, épületekben töltik, ezért kiemelten fontos az épületek kialakításának módja és azok viselkedése a fenntarthatóság szempontjából. Az ENSZ Világ városiasodási elemzése című 2018-as jelentésében bemutatja, hogy a napjainkban a lakosság 55%-a él városokban, városi körülmények között. Az elemzésük szerint ez az arány nőni fog, és a megfigyelt tendenciák alapján 2050-re várhatóan a lakosság 68% él majd városokban, vagy azok közvetlen vonzáskörzetében. Ennek rendkívül nagy jelentősége van a koncentrált hatások mértéke szempontjából, ugyanis a városok a bolygónk felületének mindössze 3%-át teszik ki, miközben az összes felhasznált energia 80%-át használják fel, mialatt az összes széndioxid kibocsátás 75%-ért felelnek. A különböző rendeltetésű épületek közül a lakó és közösségi épületek használják fel az elektromos energia 60%-át, az édesvíz 25%-át és felelnek az üvegházhatás 33%-ért. Megállapítható tehát, hogy a fenntarthatóság szempontjából az épületek jelentős tényezőként szerepelnek és kiemelt hatásuk van az életkörülményeinkre. Ezen hatások mérése, az optimalizált működésük kialakítsa és fenntartása okos épületek formájában a leghatékonyabb, ezért ezen igény kielégítése napjainkra fontos feladatot ad a fejlesztő mérnökök és kutatók számára. [1]

A harmadik fő szempont az okos rendszerek alkalmazására a biztonság. A biztonság elsősorban az emberi tényező kiküszöbölése szempontjából tölt be kiemelt szerepet az okos rendszerek alkalmazása terén. Az automatizált, intelligens rendszerek képesek emberi beavatkozás nélkül javítani azokat az esetlegesen emberi mulasztásból adódó problémákat, amelyeket érzékelve és értékelve különböző vezérlések útján megoldanak. A teljesség igénye nélkül képesek érzékelni, hogy nyitott állapotban maradt-e egy nyílászáró, hogy folyik-e a víz, áram alatt maradt-e valamilyen elektromos rendszer, történik-e mozgás egy-egy helyiségben, stb. Ebbe a struktúrába sorolhatóak a tűzvédelmi szempontok is, amelyek az okos rendszer központjához csatlakozva a tűzjelző központon keresztül teljesítik a fenti biztonsági aspektusokat. Napjainkban elérhető módon, megfelelő érzékelő egységek útján érzékelik a füstöt, a lángot, a hőt. A detektált információt továbbítják a tűzjelző központ számára, amely értékeli a bejövő adatokat és kiadja a szükséges vezérléseket: hangjelzéssel riasztást ad, evakuációs fény és hangrendszert léptet működésbe, becsukja a tűzgátlást biztosító nyílászárókat, csappantyúkat, lezárásokat, kinyitja a hő- és füstelleni védelem eszközeit a hő- és füstelvezető nyílászárókat, a friss levegő utánpótlást biztosító nyílászárókat, vagy a hő- és füst elleni védelem gépészeti rendszereit aktiválja, de képes működésbe hozni a beépített oltórendszereket a megfelelő kialakítás esetén.

Ezen felül további vezérlések megvalósítására is képes, és az okos biztonságtechnikai rendszerrel történő kommunikációt is el tudja látni, amely hatására aktiválhatja a kamera képeket, tűzátjelzés formájában adatokat továbbíthat a tűzoltóság számára, stb. Megállapítható tehát, hogy a már napjainkban is elérhető komfort célt szolgáló és biztonságtechnikai rendszerek, kiemelten a vagyonvédelmi és a beépített automatikus tűzjelző rendszerekre rendelkezésre állnak, hogy okos épületek létesítésében fontos szerepet töltsenek be.

Összegezve a fentieket az a következtetés vonható le, hogy gyakorlatilag napjainkban fennáll az igény az okos épületek használatára, amelyek alapvetően három szempontból kínálnak megoldást a használók számára:

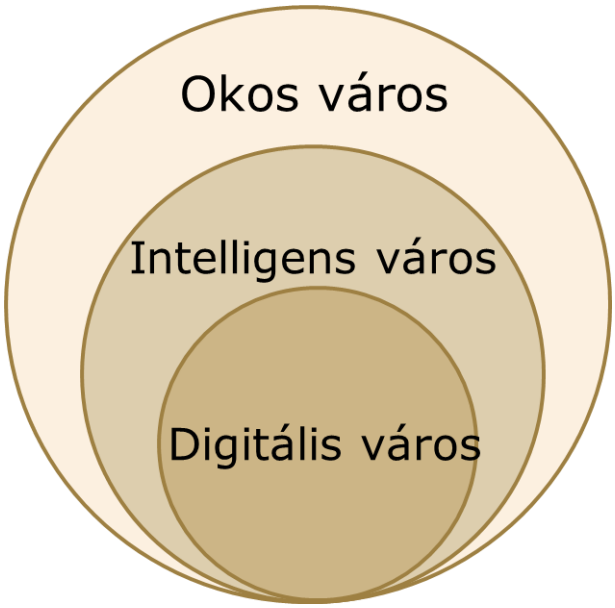
- kényelem
- energiahatékonyság
- biztonság

A biztonság, mint fő szempont alatt vizsgálandó a tűzbiztonság kérdése, amely vizsgálati módszere az okos épületek metodikájára építhető. Az okos épületek hálózati kontextusát az okos városok adják, amelyek okos épületek és egyéb a településfejlesztés során alkalmazott okos rendszerek összességéből tevődik össze.

Okos városok

„Az okos város olyan település vagy település csoport, amely természeti és épített környezetét, digitális infrastruktúráját, valamint a területén elérhető szolgáltatások minőségét és gazdasági hatékonyságát korszerű és innovatív információtechnológiák alkalmazásával, fenntartható módon, lakosainak fokozott bevonásával fejleszti.” [2]

A módszertan szerint véghezvitt, fenntartható városfejlesztés horizontális szempontokat – magas minőség és hatékonyság, környezeti és gazdasági fenntarthatóság, lakosság fokozott bevonása – érvényesít a szolgáltatások és az infrastruktúra fejlesztésében egyaránt. A fejlesztés és működtetés eszköztárába integrált információtechnológiák ezek eléréséhez és a fejlődés nyomon követéséhez nyújtanak segítséget. [2]



1. számú ábra: Okos város, készítették: a szerzők

II. Iparbiztonsági és hatósági nap

Alapvetően nem határozható meg egy teljesen átfogó, mindent lefedő definíció, de kijelenthető, hogy az okos város fejlesztési módszer a településfejlesztés egyik módszertana, amely az egyik leginnovatívabb megoldásokat szolgálja a hosszútávú fenntarthatóság szempontjából.

Az okos város alapvetően az EU Smart City Ranking és a Smart Cities Council index rendszerén alapszik, melyek 6 alrendszert jelölnek meg:

1. Okos kormányzás
2. Okos közlekedés
3. Okos környezet
4. Okos gazdaság
5. Okos életkörülmények
6. Okos emberek

Az Okos életkörülmények alrendszer alatt értjük az élhető várost, a személyes biztonságot és az egészségügyi kondíciókat javító intézkedéseket. [2] Az okos város, mint fogalom a 1990-es évek derekén jelent meg első ízben, részben a fenntartható növekedés, részben pedig a városirányítási rendszereket megreformálni kívánó elképzelések kapcsán.

Ma az okos város programok alapvetően két meghatározó csoportra és kisebb speciális projektekre oszthatók:

1. Az öko-smart projektek, amelyek 2000-es évektől kezdve jöttek létre, különböző zöldmezős beruházás formájában megindított minta-projekt keretében. Ezen alapvetően öko-beruházások keretében a smart megoldások teljes eszköztárát integrálni kívánták a településekbe. Ezek a projektek eltérő készültségi állapotban vannak, egységes és átfogó elemzést, messze menő következtetéseket nem lehet még egyelőre levonni a kísérleti projektek kapcsán.
2. A fenti demonstrációs projekteknél sokkal hatásosabbak a meglévő városokban átfogó stratégiaként vagy programelemként létrehozott és megvalósítani kívánt projektek. Ebben csoportban már létező városokba, városrészekbe integrálják az okos ökoszisztémát, az intelligens közlekedéstől, az e-közműrendszeren át az e-közigazgatásig, stb. Ezekben a projektekben az adat és információ alapú innovatív technológiák kapják a főszerepet. [3]

Okos város fejlesztési modell és monitoring rendszer

Az okos város fejlesztési modell az adott település integrált településfejlesztési stratégiájának részét képzi a stratégia megalkotás szempontjából, továbbá lefekteti a monitoring a rendszer kereteit. Ezáltal az intelligens megoldások bevezetésével egy hosszú távú fenntarthatóság építhető fel.

A biztonság kérdésének fenntarthatóságát is ezek az intelligens megoldások alapozzák meg. A hosszú távú fenntarthatóság elvén tervezett épületek rendszerelemei, intelligens épületinformációkkal modellezve a tervezett kockázatok elemzésével racionalizálható és optimalizálható a védekezés kiépítésének mértéke.

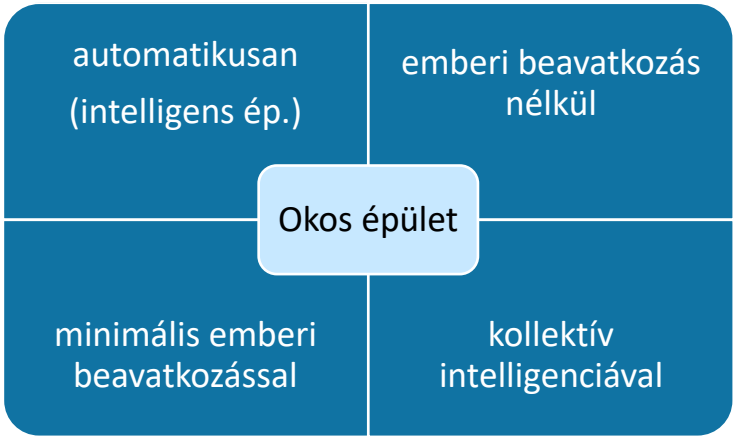
A stratégiai szinten kezelt biztonságra tervezett intelligens épített környezet monitoringozható, így az esetleges kockázatnövekedések már a kezdeti fázisokban észlelhetővé válnak, és a szükséges biztonsági intézkedések korai szakaszban kezelhetők lesznek. Ezzel a metodikával a megvalósul a biztonságos hosszú távú fenntarthatóság, egy okos településszövetre, okos településre kiterjesztett biztonsági irányítási rendszer alkalmazásával. [4]

Másik fontos aspektusa a monitoring rendszer által nyert információk adatbázisban történő gyűjtésének, hogy az eredmények értékelésével az elkövetkező tervezések során a tapasztalt, mért, egzakt eredmények figyelembevételével hatékonyabb megelőzés érhető el. Ez folyamatosan az információs bázis növekedésével egyre hatékonyabbá válik, azaz egy olyan folyamatosan növekedő spirált képez, amely nagy adatbázisok kiépítését teszik lehetővé. A rengeteg információ, a folyamatosan monitorozott ökoszisztéma mesterséges intelligenciával felruházva pedig öntanuló, önfejlesztő folyamatok leképzésére lesz képes. Tehát a rendszer a külső tényezők által, külső hatásokra, valamint önmagától, automatikusan is fejlődni fog.

Összegezve a fentieket megállapítható, hogy létezik egy kialakult rendszer, amely keretében meghatározott mérési, megfigyelési metodikával, monitoring rendszerrel elemezhető és értékelhető az okos városok szisztémája, amely által az elvárt igények a kényelem, az energiatudatosság és a biztonság irányába kielégíthetők. A módszer alapját az adat, az információ képzi, amelyet elő lehet állítani és amelyet mérni, megfigyelni lehet. Ennek alapját az okos épületek, mint a rendszer alap egységei képezhetik.

Okos épületek

Mitől okos egy okos épület? A kérdésre adható válasz sokrétű, és adott szempontrendszerek szerint változó. Mégis ismert egy általánosan elfogadott nézet, amely szerint az alábbi tulajdonságok alapvetően meghatároznak egy okos épületet, amelyet az alábbi ábra szemléltet:



2. számú ábra: Okos épület, készítették: a szerzők

Az ábrát összegezve megállítható, hogy egy okos épület alapvető tulajdonsága, hogy minimális emberi beavatkozással, több esetben emberi beavatkozás nélkül automatikusan, intelligens módon, sőt több esetben kollektív intelligencia alkalmazásával képes működni. A minimális, vagy emberi beavatkozás nélküli tevékenységek azt igénylik, hogy részben, vagy egészben automatizált rendszerek létesüljenek.

Ez alapvetően három fő tényező együttműködését igényli:

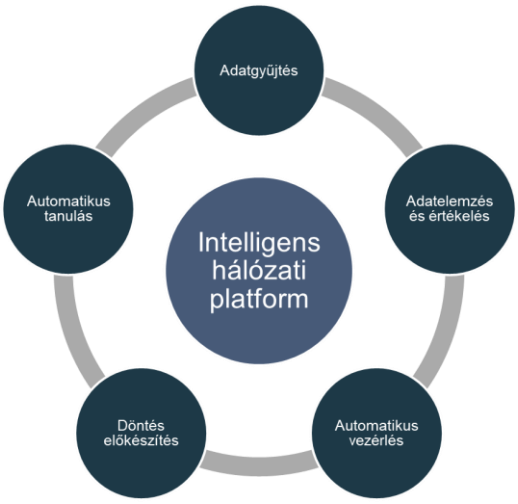
- részben, vagy teljesen automatikus érzékelés (pl.: hőmérséklet mérés, mozgás érzékelés, füst detektálás, stb.)
- részben, vagy teljesen automatikus értékelés (pl.: egy vezérlőközpont: fűtési központ, vagyonvédelmi központ, tűzjelző központ, stb. alkalmazásával)
- részben, vagy teljesen automatikus vezérlések (pl.: fűtés/hűtés, riasztó, tűzjelzés, stb. aktiválása)

A kollektív intelligencia ezen platformok együttes, egymással kommunikálni képes, egymás információját elemző, értékelő rendszereként áll rendelkezésre, azaz tulajdonképpen egy-egy okos épület központi értékelő, elemző és vezérlést adó egysége. A kollektív intelligencia a mesterséges intelligencia előszobája, amely már napjainkban is képes bizonyos alkalmazások területén tanuló tendenciák megvalósítására mesterséges intelligencia alkalmazásával. A fenti folyamat egzakt módon leírható:

3. számú ábra: Okos funkció, készítették: a szerzők

A folyamatábra az okos épületek öt alapvető, egymásra épülő mechanizmusát mutatja be. Napjaink okos épületei, vagy ma még jellemzően az épületekbe integrált okos funkciók, az épületben érzékelőkkel detektálják az adott mérni kívánt jelenséget. A mért eredményeket, bejövő adatokat egy, a mérések elemzésére, értékelésére szolgáló szoftver gyűjti, összegzi és értékeli. A szoftver a beépített, vagy mesterséges intelligenciával tanuló algoritmusokkal döntéseket készít elő, amelyeket kimenő adatként az okos funkcióhoz csatlakoztatható applikációkkal (beépített, vagy mobil) kezel. Végül pedig műszaki értelemben is képes a vezérléseket tényleges beavatkozásként végrehajtani. A fenti folyamat az okos épület alapvető funkcionális rendjét mutatja, amely által válik az adott épületünk okos épületté. [5]

Ebbe a folyamatba integrálható az épületek okos tűzvédelmi funkciója, amely egy épület intelligens tűzbiztonságát szolgálja. Az okos tűzbiztonságnak is természetesen meg kell felelnie a vonatkozó és hatályos szabályozók által elvárt minimális biztonsági szintnek. Az elvárt biztonsági szint szabályozás szintjén sem egy általános állandó szint, hanem a kockázatok függvénye és a veszélyeztetettség mértékére reagáló változó függvénye. Ennek megállapítását be kell építeni az okos épület okos funkcionális rendjébe, azaz integrálni kell az okos folyamatokba. Az okos tűzvédelem épületekbe integrálható általános metodikáját mutatja az alábbi ábra.



4. számú ábra: Intelligens hálózati platform, készítették: a szerzők

A kockázatok meghatározása és a veszélyeztetettség mértékének a megállapítása egy összetett folyamat eredménye, amelyben a rendszerelemek, a szereplők térben és időben összefüggő hálózata adja vizsgálatok keretét. A tűzvédelmi elemzés célja ezen komplex egymásra ható, egymással szorosan összefüggő tűzvédelmi műszaki paraméterek, tűzbiztonsági tényezők tűzvédelmi helyzetet meghatározó értékeinek megállapítása. Ezen paraméterek tényezők egy intelligens hálózati platform alkalmazásával okos tűzvédelmi funkciót képesek betölteni.

A tényezők és paraméterek adatként, információként szolgálnak az okos épületek tűzvédelmének létrehozásában. A cél tehát ezen adatok kezelése, amely két úton történhet. Az fenti ábra az adatgyűjtésen alapuló megoldást összegzi, amely során az adatok gyűjtése érzékeléssel, megfigyeléssel, méréssel történik. Ezt követi az adatok további kezelése, amely természetesen az okos épületek általános módszertanán nyugszik, azaz megvalósul az adatelemzés és értékelés, amelyet döntés előkészítés, majd részben, vagy teljesen automatikus vezérlések beavatkozásai követhetnek.

Természetesen ebben a metodikában is lehetőség nyílik az automatikus tanulási folyamat integrálására mesterséges intelligencia alkalmazásával. A módszer kulcsa a hálózatelemzés tudományában rejlik. A komplex tűzvédelmi hálózatot adó tűzbiztonsági rendszer elemzése és értékelése hálózati összefüggések matematikai elvein alapszik, amely által meghatározhatóvá válnak azon súlyponti tényezők, amelyek alapvetően definiálják egy-egy adott létesítmény elvárt biztonsági szintjét, tűzvédelmi helyzetét. [6]

A fenti módszer egy esemény követő módszer, azaz csak azokat a jelenségeket képes elemezni és értékelni, amelyek megtörténtek. Ezen adatok valós, mért adatokon alapulnak, amelyekre operatív megoldások adhatók, amelyek célja az időben lehető leggyorsabb és a mért eseményre kalibrált mértékű reakció biztosítása. A tűzmegelőzés egyik alapvető célja egy-egy létesítményben keletkező tűzeset időben meghatározása. A cél a lehető legkorábban detektálni és a lehető leggyorsabb reakciókkal kezelni egy-egy eseményt. Ennek érdekében a tervezési folyamatok tűzvédelmi mérnöki aspektusai szempontjából a tűzbiztonság optimális prognosztizálása az elvárt biztonsági szintnek megfelelően. Ez sok esetben egy egyedi folyamat, amely speciális egyedi megoldásokat igényel.

A szerzők kutatásának egyik célja a fenti módszer okos épületekre történő alkalmazása, amely a fenti adat alapú mechanizmusokba az adatok előzetes integrálásával lehetséges. Ehhez az adatok megfelelő előállítására van szükség, amelyre megoldást nyújt az épületinformációs modellezés.

Épületinformációs modellezés

Az épületek tervezése, a tervek feldolgozása ma már digitális rendszerekkel, számítógépes szoftverekkel történik. Ezek az építészeti és egyéb kiegészítő szoftverek képesek a három dimenziós (3D) virtuális tér megalkotására olyan módon, hogy a 3D elemek intelligensen hordoznak információkat az épületről: „A BIM, épületinformációs modellezés folyamata tulajdonképpen egy szemléletmódot jelent, mely az építési folyamat komplett egészét egység-ként kezeli, az épület tervezésétől a kivitelezés végéig (sőt még annál is tovább, az üzemeltetésig). A BIM egymást kiegészítő megoldások hatékony készletével jeleníti meg és szimulálja a projekteket, teszi hatékonyabbá a dokumentálást, kezeli az adatokat, és segíti elő a projektekben részt vevő személyek komplex együttműködését. Számos előnyt biztosít a projekt teljes élettartama során a tervezők, kivitelezési szakemberek és a használat során a tulajdonosok, üzemeltetők számára.” [7]

II. Iparbiztonsági és hatósági nap

Az egyes épületelemek, szerkezetek, beépített építési termékek információkat hordoznak, amelyek segítik a tervezés folyamatát, és képesek arra, hogy a hordozott információkat tovább örökítsék.

A BIM alapfogalma: A BIM olyan CAD alapú tervezés módszertani folyamatok és irányelvek alkalmazásának összessége, amely lehetővé teszi az építmények létrehozásában és üzemeltetésében érdekelt szereplők (építtetők, tervezők, kivitelezők, üzemeltetők) számára a valóságnak megfelelő virtuális térben történő együttműködést és információátadást, illetve a releváns adatok gyors és hatékony megjelenítését. A „BIM" betűszó eredetileg a „Building Information Modelling" kifejezés kezdőbetűiből keletkezett, vagyis többletinformációval rendelkező virtuális három-dimenziós modellek készítését jelentette. A betűszó "M" betűje manapság sokszor inkább a „Management" szót jelöli. A Building Information Management fogalom egy olyan folyamatra utal, ahol a modellezésen és a modellelemek attribútumokkal való feltöltésén túl a rendszer használata az életciklus összes fázisán keresztülível. Ennek alapja az Épületinformációs Modell (Building Information Modell), más néven BIM modell. [7]

A BIM modell előállításának folyamata sok tekintetben megegyezik a 3D-modell előállításának folyamatával, de kiegészül az elemek megbízható, kódolható információtartalommal való feltöltésével, klasszifikálásával, meghatározott modellezési módszerek és szabályok együttes alkalmazásával. A modellezési és az osztályozási módszerek befolyásolják az elkészült modellből kinyerhető információk minőségét és mennyiségét, valamint azok alkalmazhatóságát. A megoszthatóság miatt az egyes szakági szereplők hozzáférhetnek a létrejövő modellhez, különböző jogosultságok beállítása mellett megtekinthetik, módosíthatják azt, valamint kiegészíthetik az általuk létrehozott állományokkal és az egyes elemekhez meta adatokat rendelhetnek. Alapvetően két fő irány határozza meg az információ kezelésének (előállításának, tárolásának, átadásának, módosításának, stb.) lehetőségét: a nyitott és a zárt BIM rendszer (open BIM, closed BIM). Szabványosítás hiányában a különböző szoftvergyártók a saját termékcsaládjainkon belüli ún. zárt BIM rendszer fejlesztésével hatékonyabb eredményeket érhetnek el rövidtávon.

A hosszútávú fejlesztés ugyan a nyitott BIM rendszer alkalmazását igényelné, ugyanakkor a nyitott rendszerek kompatibilitása egymással egyelőre közel sem olyan hatékony, mint egy zárt rendszer esetében. Ez a paradoxon egy olyan problémát generál a fejlesztés számára, amely már a kezdeti lépések esetében is alapvetően befolyásolja a felhasználást. [8]

A klasszifikációs rendszer egy olyan szabványosított vagy egyedileg kialakított struktúra, amely segítségével az épületelemek, szerkezetek és így a modellelemek csoportosíthatók, osztályokba sorolhatók, ezzel könnyítve a későbbi lekérdezéseket, lehatárolásokat. A megfelelő klasszifikációs rendszer kiválasztása jelentős mértékben befolyásolja az információmenedzsmentet a projekt folyamán. Használatával a tervezési, előkészítési, kivitelezési és üzemeltetési folyamatok egységes rendszerben kezelhetők. Ennek egyik tűzvédelmi szempontból legalkalmasabb verziója, megoldási lehetősége az IFC – Industrial Foundation Classes. Az IFC egy független és nyílt 3D-objektum-alapú szabvány és fájlformátum, amely a különböző fejlesztőktől származó építőipari CAD szoftverek közötti információ-átadást teszi lehetővé azáltal, hogy képes leírni az építőiparban használt, grafikus és nem grafikus adatokkal ellátott térbeli épületelemeket. A BIM modell projektrésztvevők közötti meg-osztására, a különböző szakági modellek összehasonlítására és integrálására használják.

A tervezés közbeni koordináción túl felhasználható mérnöki adattárolásra, archiválásra is. Az OpenBIM kezdeményezés alapvető formátuma. Az IFC fejlesztéseit a building SMART International végzi, összhangban a nagyobb szoftvergyártók segítségével, viszont azok irányítása nélkül.

Az IFC formátum ISO szabvány (ISO16739:2013), honosításával magyar szabvány-ként (MSZ EN ISO 16739:2017) is bevezetésre került. Az ún. IFC-objektumok közé soroljuk a virtuális modellben elhelyezett fizikai elemeket (falak, gerendák, ablakok stb.), az épület-szerkezetekkel határolt, CAD szoftverben definiált helyiségeket, valamint a tervezéshez szükséges kiegészítő elemeket (raszter háló, épület körvonal stb.). [7]

A BIM modellezés folyamatát optimális esetben minden projektszereplőnek ismernie kell a saját feladataira vonatkoztatva. Ezen fenti képességek összessége rendezi egy térbe, virtuális térbe, és egy időbe a világ akár bármely pontján elhelyezkedő, esetünkben tűzvédelmi szereplőket. Összesen 7 db BIM dimenziót különböztethetünk meg egymástól. Ha megvizsgáljuk a tűzvédelmi tervezés szempontjából a fentieket, a következő összefüggéseket kapjuk:

sszm.	dimenzió	tulajdonság	tűzvédelmi vonatkozás	alkalmazási terület
1.	2D (CAD)	2D síkokra vetített vektorgrafikus módszer	hagyományos tűzvédelmi tervezési módszer (elterjedt)	egyszerű építmények esetében
2.	3D (CAD)	Kizárólag geometriai célú térbeli módszer	korszerű tűzvédelmi tervezési módszer (elterjedőben)	összetett építmények esetében
3.	3D BIM	információ központú fejlett 3D geometriai módszer	kortárs újszerű tűzvédelmi tervezési módszer (egyelőre ritkán használt)	bármely összetett építmények esetében
4.	4D BIM	A 3D BIM-en túl időbeli ütemezhetőség kódolása	kortárs újszerű tűzvédelmi tervezési módszer (egyelőre nagyon ritkán használt)	bármely összetett építmények esetében
5.	5D BIM	A 4D BIM-en túl mennyiségi paraméterek kódolása	kortárs újszerű tűzvédelmi tervezési módszer (egyelőre nagyon ritkán használt)	bármely összetett építmények esetében
6.	6D BIM	Az 5D BIM-en túl épületfizikai, energetikai információk kódolása	kortárs újszerű tűzvédelmi tervezési módszer (egyelőre nagyon ritkán használt)	bármely összetett építmények esetében
7.	**7D BIM**	A 6D BIM-en túl a fenntartható használathoz szükséges információk kódolása	kortárs újszerű tűzvédelmi tervezési módszer (egyelőre nem használt)	**bármely összetett építmények esetében komplex tűzvédelem kialakítására: Terv+TMMK**

1. számú táblázat: BIM dimenziók tűzvédelmi vonatkozásai, készítették: a szerzők

A fentiek alapján megállapítható, hogy a 7D BIM alkalmas a komplex tűzvédelem hosszútávon fenntartható, teljes épület életciklust lefedő, használatorientált tervezésére és kezelésére. A hatályos OTSZ szerinti Tűzvédelmi Műszaki Megfelelőségi Kézikönyv virtuális megjelenési formáját képezheti a 7D BIM tartalommal rendelkező épületelemekből előállított modell, amely az okos épületek létesítésének és használatának műszaki alapjait képezheti.

Eredmények, javaslatok

A kutatásaink során megállapítottuk, hogy napjainkban az okos épületek, de a hagyományos épületek tekintetében egyaránt a tűzvédelmi hálózati struktúra alapegységeit a beépített automatikus tűzjelző rendszerek adják. Ezen rendszerek továbbfejlesztésével, intelligens hálózati platformba történő integrálásával az okos tűzvédelem központi, súlyponti egységét képzik. A komplex tűzvédelmi hálózati rendszerek alkalmasak az okos épületek okos tűzvédelmi funkcióinak ellátására.
Az tervezés szintjén a prognosztizálható tűzbiztonság okos funkciókra történő felhasználása céljából javasolt az épületinformációs modellezés módszerén alapuló optimalizált tervezési metodika alkalmazása. Javasolt továbbá a mért és előre prognosztizálható adatok adatbázisként történő alkalmazása a folyamatosan bővíthető információs bázis kialakítása céljából. A fentiek érdekében további tűzvédelmi szakterületenként specifikus kutatások folytatása javasolt.

Felhasznált irodalom

[1] Fire safety: Know the facts
http://firesafeeurope.eu/facts-figures
(A letöltés ideje: 2021.11.15.)

[2] Okos város
http://okosvaros.lechnerkozpont.hu/hu.
(A letöltés ideje: 2017.09.30.)

[3] KULCSÁR S., RAB J., SÁRDI A., SZEMEREY S.: Smart City Tudásplatform, Lechner Tudásközpont, 2015, pp. 84.

[4] BAKONYI P., CINKLER T., CSOKNYAI T., HANÁK P., KOVÁCS K., PRIKLER R., ROHÁCS D., SALLAI GY.: Smart City megoldások hat kulcsterületről, Budapest, BME EIT, 2016., pp. 32., ISBN: 978-963-313-229-6

[5] RUOXI, J., BAIHONG, J., MING, J., …COSTAS, J.: Design Automation for Smart Building Systems, IEEE, 106 (9), 2018, pp. 1680-1699.

[6] DIEKOW, M.: Smart Buildings: Wie die Digitalisierung die Gebäudenutzung verändert, FeuerTrutz
https://www.feuertrutz.de/smart-buildings-wie-die-digitalisierung-die-gebaeudenutzung-veraendert25082021?utm_source=Newsletter&utm_medium=FEU&utm_campaign=Bandaktuel +365_25.08.2021#3
(A letöltés ideje: 2021.08.25.)

[7] KREIDER, R. G., MESSNER, J. I.: The Uses of BIM: Classifying and selecting BIM Uses, The Pennsylvania State University, University Park, PA., USA., 2013, http://www.bim.psu.edu (A letöltés dátuma: 2018. augusztus 23.)

[8] APANAVICIENE, R., VANAGAS, A., FOKAIDES, P.: Smart Building Integration into a Smart City (SBISC): Development of a New Evaluation Framework, *Energies*, 13 (9), 2020, pp. 1-19.

MOLEKULÁK KÉMIAI SZERKEZETÉNEK HATÁSA A ROBBANÁSI HAJLAMRA
THE EFFECT OF THE CHEMICAL MOLECULES ON EXPLOSIVE BEHAVIOUR

DR. KEREKES ZSUZSANNA EGYETEMI DOCENS
NKE KVI TŰZVÉDELMI ÉS MENTÉSIRÁNYÍTÁSI TANSZÉK
KEREKES.ZSUZSANNA@UNI-NKE.HU
ORCID: 0000-0002-2041-2622

Absztrakt

A robbanóanyagok használata ma már elkerülhetetlen és kémiai összetételük rohamosan változik. A fejlesztés iránya olyan, hogy egy molekulában igyekeznek minél nagyobb robbanóhatást elérni. Ezt úgy tűnik, hogy a nitro-csoportok növelésével igyekeznek elérni. Erre csak az un. térhálós szerkezetek képesek, az un. Kubán-vázas molekulák. Hogy hogyan és miért tart itt a robbanóanyagok kémiája, ennek megértése lenne ennek a cikknek a célja.

kulcsszavak: robbanóanyagok, robbanó hatás, kémia

The use of explosives is now inevitable and their chemical composition is changing rapidly. The trend in development is to try to achieve the greatest possible explosive power in a single molecule. This seems to be achieved by increasing the nitro groups. This can only be done by the so-called cross-linked structures. Cubane skeleton molecules. How and why the chemistry of explosives is here is the purpose of this article

keywords: explosives, explosive effect, chemistry

Bevezetés

Robbanóanyagoknak azokat a szilárd vagy folyékony halmazállapotú anyagokat, vagy anyagok keverékeit nevezzük, amelyek kémiai reakció révén képesek arra, hogy olyan hőmérsékletű, nyomású és áramlási sebességű gázt fejlesszenek, amely károsodást, rombolást idéznek elő a környezetben. A robbanóanyagok kémiai szempontból metastabilis állapotban vannak, megfelelő aktiválás hatására gyors kémiai reakció játszódhat le bennük a **légköri oxigén nélkül.** Az emberiség évszázadok óta használja a robbanóanyagokat katonai és békés célokra egyaránt. Nélkülük ma már elképzelhetetlen a haditechnika, a bányászat, az építő ipar, a fémmegmunkálás, a filmszakma stb. Sajnálatos módon az utóbbi évtizedekben rendkívüli módon elszaporodtak a világ szinte minden részén a robbanóanyaggal elkövetett bűncselekmények, robbantásos merényletek, a terrorizmus, a szervezett bűnözés térhódításának köszönhetően.

Ismerkedjünk meg egy kicsit közelebbről ezekkel a roppant veszélyes anyagokkal a kémia tudományának segítségével, a robbanóanyagok történelmével és kémiai fejlődésével.

II. Iparbiztonsági és hatósági nap

A robbanóanyagok technikatörténete

A fekete lőpor [1]

A fekete lőport, vagy puskaport célszerű külön kezelni, a XIX. század közepéig - a nitrát- észter típusú robbanóanyagok felfedezéséig. Az ember által legkorábban készített robbanóanyag a fekete lőpor, amelyet puskapor néven is emlegetünk. Főként fegyverekben alkalmazták lövedékek kilövésére. A fekete lőpor a salétrom (kálium-nitrát), a faszén és a kén keveréke. 75% KNO_3, 15% faszén, 10% kénpor.

A kén a világ minden táján előfordul a természetben, főként a vulkanikus területeken. A faszén könnyen nyerhető a fa elégetésével. A salétrom bizonyos klimatikus viszonyok között állati vagy növényi eredetű anyagok elbomlása révén keletkezik. Időszámításunk szerint 700 körül fedezték fel Kínában, hogy ha a csupán jól égő faszén és kén keverékéhez salétromot adnak, akkor robbanóképes anyagot nyernek. Dokumentumok utalnak arra, hogy 1000 körül a kínaiak alkalmaztak háborúkban olyan fegyvereket, amelyek működtetésére fekete lőport használtak.

Példák régi „középkori” és új robbanó anyagokra:

Kénmáj K_2S, $K_2S_2SO_3$ (XIII sz-ig)
Kénkő: Kén, amely csökkenti a keverékek gyújtási hőmérsékletét:
Salétrom: az oxigénforrás, kálium nitrát $C+S+KNO_3$

A robbanásra képes anyagok csoportosítása

A robbanóanyagokat többféle szempont szerint szokás osztályozni, de leginkább a molekulában levő funkciós csoportok szerint. A robbanóanyagok a szó általános értelmében a természetben nem fordulnak elő. Bár a természetben bekövetkezett robbanások nem ismeretlenek, ezek azonban fizikai jelenségek, gyakran a víz valamilyen módon történő hirtelen elpárolgásával magyarázhatók.

1. *A végbemenő folyamat dinamikája alapján:*

   - **Nem égés, nem robbanás:** Laboratóriumi veszélyforrások, oldószergőzök
   - **Égés:** Hajtóanyagok, lőporok, fekete (füst) lőpor, pirotechnikai keverékek
   - **Robbanás:** **a.) deflagráció:** Lőporok, pirotechnikai keverékek
     b.) detonáció: 1.) Iniciáló robbanóanyagok
     2.) Brizáns robbanóanyagok:
     Ipari robbanóanyagok
     Katonai robbanóanyagok

2. *Komponensek száma szerint: [2]*
   1.) Egykomponensű (pl. nitrovegyületek)
   2.) Több komponensű
   a.) Legalább egy alkotója önmagában is robbanóanyag (ilyenek lehetnek pl. a különböző TNT tartalmú ipari robbanóanyagok)
   b.) nincs benne egyedül robbanásra képes alkotó (pl. a fekete lőpor, aminek egyetlen alkotója sem képes robbanásra önmagában)

II. Iparbiztonsági és hatósági nap

3. *A robbanásra képes anyagok csoportosítása kémiai összetételük alapján*

1. Nitro-vegyületek és nitrátok:

a.)***Nitrátok (NO3-)***: önmagukban nem robbanóanyagok, hanem oxidálószerek. Éghető anyagokkal kombinálva robbanásveszélyes keveréket alkotnak. Az éghető anyag lehet ugyanabban az anyagban lévő kation, így pl. az ammónium ion is.

b.)***O-nitro vegyületek: (-O-NO_2-)*** Alacsony relatív molekulatömegű származékok folyadékok vagy alacsony olvadáspontú szilárd anyagok. Mérsékelten hőálló vegyületek, vízben lassan hidrolizálhatnak, spontán autokatalitikus bomlásra hajlamosak.

c.) ***C-nitro vegyületek (-C-NO_2) :*** az alifás C-nitro származékok a jelenlegi gyakorlatban csak kis mennyiségben használt anyagok. Abban az esetben ha a molekulában található nitrocsoportok száma megegyezik a C-atomok számával; vagy meghaladja azt, ütésérzékenység várható. Aromás nitrovegyületek közé tartoznak jelenleg a legnagyobb mennyiségben gyártott és használt ipari és katonai robbanóanyagok. Általában aromás gyűrűnként 3-4 nitrocsoportot tartalmaznak.

d.) ***N-nitro vegyületek:*** (-N-NO2-) általában viszonylag nehezen előállítható, mikrokristályos, bizonyos fokig ütésérzékeny vegyületek, a nagy mennyiségben gyártott robbanóanyagok között a legnagyobb sűrűségűek és legnagyobb érzékenységűek. Közülük kerülnek ki a legdrágább, különleges alkalmazásra kerülő robbanóanyagok fő komponensei.

2. Klorátok, perklorátok (ClO_3, ClO_4) Önmagukban nem robbanóanyagok, hanem erős oxidálószerek. Oxidálható anyagokkal keverve már kis mechanikai vagy termikus hatásra is heves robbanás játszódhat le. Pirotechnikai keverékekben jelentős mennyiségben találhatók. Az oxidálható anyag lehet a perklorátion ellenionja.

3. Peroxidok (O-O): A szervetlen peroxidok közül a legjelentősebb a hidrogén-peroxid, mely önmagában nem robbanóanyag, hanem oxidálószer. Töményebb hidrogén-peroxid (90%-os) és éghető anyagok keveréke gyakran spontán meggyullad, vagy robbanóelegyet alkot. Szerves peroxidok közül különösen azok veszélyesek, melyek éter típusú vegyületekből képződnek tárolás során. Ezek termikusan labilis, önmagukban is robbanékony vegyületek.

4. Azidok (-N=N -): A szervetlen vegyületek között különösen veszélyesek a nehézfémek azidjai, melyek termikus és mechanikus behatásokkal szemben is labilis vegyületek. Vizes oldatokból általában csapadék formájában leválnak. A képződő csapadék kezelése veszélyes, csak kis mennyiséget állítanak elő egyszerre. Közülük néhányat mint iniciáló robbanóanyagot alkalmazzák.

5. Acetilidek: Nehézfémsók vizes oldatából képződhetnek acetilén- bevezetés hatására. Az azidokhoz hasonló, azoknál még labilisabb vegyületek.

II. Iparbiztonsági és hatósági nap

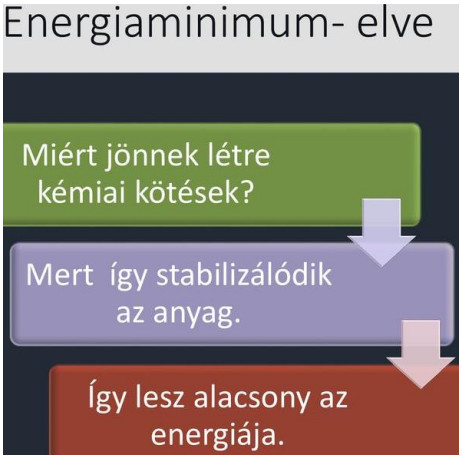
Mikor stabil egy molekula?

Miért nevezik a robbanó anyagokat magas energiájú anyagoknak (High Energy Materials)? A molekulák a képződésük során is követik a fizika alaptörvényét, az energiaminimumra való törekvés elvét. Minden rendszer arra törekszik, hogy stabil állapotba kerüljön. Milyen kapcsolat van a stabil állapot és az adott állapot energiája között?

1. számú ábra, készítette: a szerző

Ez a kémiai reakciókban így valósul meg : minden rendszer arra törekszik, hogy stabil állapotba kerüljön. Milyen kapcsolat van a stabil állapot, és az adott állapot energiája között?

- Energiaminimum elve szerint stabil helyzet alacsony energia, az instabil helyzet nagy energia.
- Minden rendszer stabil helyzetre törekszik. Ez akkor valósul meg, ha alacsony az energiája.
- Az energiaminimum- elve nemcsak a makroszkopikus világban igaz. Ez egy általános természeti törvény. Ez határozza meg az atomok, molekulák, anyagok szerkezetét.
- Miért jönnek létre kémiai kötések? Mert így stabilizálódik az anyag. Így lesz alacsony az energiája.



2. számú ábra, készítette a szerző

A stabilitás mértékét az atom-atom közötti kötőerő adja meg, amely táblázatokban megtalálható [3]

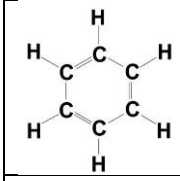
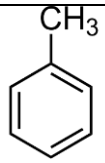
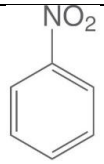
II. Iparbiztonsági és hatósági nap

H–H	436[a]	C–H	410	N–H	390	O–H	460	F–F	159[a]
H–C	410	C–C	350	N–C	300	O–C	350	Cl–Cl	243[a]
H–F	570[a]	C–F	450	N–F	270	O–F	180	Br–Br	193[a]
H–Cl	432[a]	C–Cl	330	N–Cl	200	O–Cl	200	I–I	151[a]
H–Br	366[a]	C–Br	270	N–Br	240	O–Br	210	S–F	310
H–I	298[a]	C–I	240	N–I	—	O–I	220	S–Cl	250
H–N	390	C–N	300	N–N	240	O–N	200	S–Br	210
H–O	460	C–O	350	N–O	200	O–O	180	S–S	225
H–S	340	C–S	260	N–S	—	O–S	—		
Multiple covalent bonds[b]									
C=C	611	C≡C	835	C=O	732	O=O	498[a]	N≡N	945[a]

1. számú táblázat Atomok közötti elsőrendő kovalans kötések energiája

Mi destabilizál egy molekulát ?

- A funkciós csoportok jelenléte, ami asszimetriát eredményez. Így a molekulák energetikailag gyenge pontjává válnak. Pl. benzol esetén :

benzol	**toluol**	**nitrobenzol**
		

2. számú táblázat Benzol, toluol, nitrobenzol kötései

A leggyakrabban fellelhető funkciós csoportok :

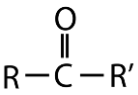
alkoholok :C-OH

éterek: C-O-C

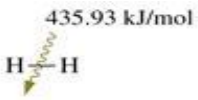
peroxidok: C-O-O-C

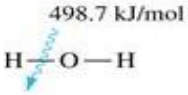
aminok: C-NH_2

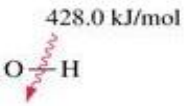
kettős és hármas telítetlen kötések : C=C, H−C≡C−H, C =N, CΞN

nitrok: R-O-NO_2 , 

- Polaritás: azaz a kapcsolódó atomok különbözőek. Egy *A* és *B* atomból álló *poláros* kötés energiája *E*(*AB*) mindig nagyobb, mint a *kovalens energia* [3].







II. Iparbiztonsági és hatósági nap

Instabil molekulák ≠ robbanóanyagok

A kémiai robbanás létrejöttéhez különleges feltételek szükségesek.

Ennek gyakorlati okai :

- Gyors oxigénhez jutás (magas oxigéntartalom) gyors égés → gyors hőfejlődés
- Reakció során mólszámnövekedés, gyors térfogatnövekedés, gyors nyomás növekedés,
- Kis aktiválási energia, azaz energetikai instabilitás

Ismert példa erre a jelenségre az acetilén és etilén molekulák „égése". Igazából nem is valódi égésről van szó, mert nem oxigénnel való reakció megy végbe hanem „csak" bomlás. Épp a molekulák instabil energetikája teszi lehetővé, hogy már egészen kis aktiválási energia hatására a kötések felszakadnak, ami elindítja a teljes bomlást az alábbi reakciók szerint.

A robbanások túlnyomó részét hőbomlási folyamatok előzik meg: az alifás C-nitro származékokban valamint az N-nitro vegyületekben a hőbomlás kezdő lépése egy nitrogyök lehasadása (C-NO2 homolízis). Tekintettel arra, hogy a nitro-aromás robbanóanyagokban a leggyengébb a C-NO2 kötés, logikus volna feltételezni, hogy ebben az esetben is nitrogyök kihasadásával indul meg a folyamat. A képződő gázelegyben NO2-ot csak kis mennyiségben lehet kimutatni. [4]

Az aromás nitro-vegyületek esetén (pl. 2-nitro-toluol és 4-nitro-toluol esetében domináns, 3-nitro-toluol esetén jelentős) több irányú. A nitro-aromás robbanóanyagok esetében is [5].

Lássunk néhány példát aránylag sok oxigént tartalmazó molekulákra. A mészkőben 3 db oxigén atom van de mégsem tekintjük robbanóképes anyagnak.

Sok oxigén a molekulában

robbanóképes	nem robban, stabil
H_2O_2	mészkő ($Ca\ CO_3$)
$NaNO_3$	szőlőcukor ($C_6H_{12}O_6$)

$NaNO_3$
$NaClO_3$
$Na\ ClO_4$
$Na_2\ CrO_4$
$Na_2\ Cr_2O_7$
$KMnO_4$

II. Iparbiztonsági és hatósági nap

Reakciók/hőbomlások mólszámnövekedéssel

Sütőpor (szódabikarbóna) bomlása **2 mól** → **1 + 1 + 1**

$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$

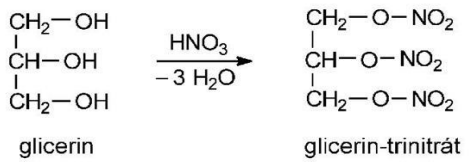
acetilén bomlása: **$2\ C_2H_2 \rightarrow 3\ C + CH_4$** **2 mól → 4 mól**

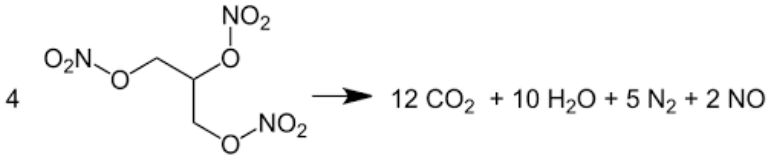
$C_2H_2 \rightarrow C_2 + H_2$ **1 mól → 2 mól**

Néhány molekula robbanási mechanizmusa

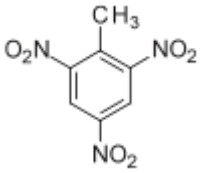
1. **- NO_2 tartalom**
   Ammónium-nitrát: 300 ^oC-on és fölötte a bomlása robbanásszerű
   $NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$
   $2N_2O = 2N_2 + O_2$

2. **észterekben : nitroglicerin** A mólszámnövekedés hétszeres [11]





3. **–NO_2 aromásban: TNT** mólszámnövekedés [6]

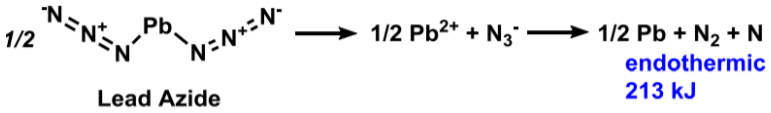


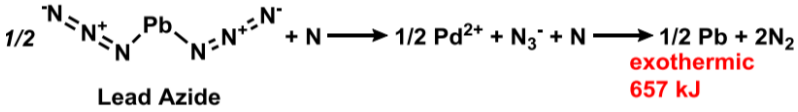
$2\ C_7H_5N_3O_6 \rightarrow 3\ N_2 + 5\ H_2O + 7\ CO + 7\ C$

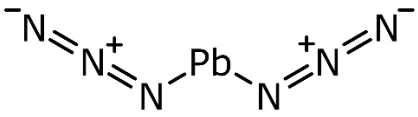
II. Iparbiztonsági és hatósági nap

4. azidok (-N=N -)

Ólomazid bomlása : molszámnövekedéssel: [7]







$2\,Pb(N_3)_2 \rightarrow 2\,Pb + 6\,N_2$ mólszámnövekedés !!!

<u>Ezüst azid</u> bomlása mólszámnövekedéssel:

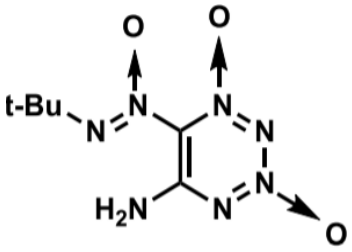
$2\,AgN_3 \longrightarrow 2\,Ag + 3\,N_2$ mólszámnövekedés !!!

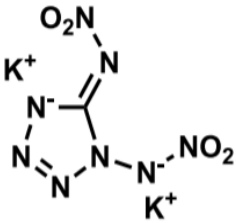
Nátriumazid: Békés felhasználása légzsákokban. Ütközéskor ez fújja fel a légzsákot. Az ütközésérzékelő parancsot ad, a nátrium-nitrátból, szilícium-dioxidból és *nátrium-azidból* álló keverék a hőmérséklet emelkedésével nitrogéngázt fejleszt, ami felfújja a légzsákot, és nátrium-szilikát marad vissza [11].

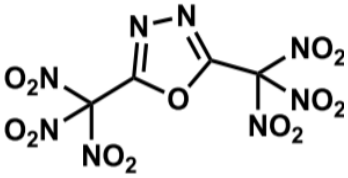
$NaN_3 \longrightarrow (275\,^{\circ}C)\ Na + 1.5\ N_2$

A fejlesztések iránya

1. **Nem térhálós szerkezetekben** is keresik a nitro csoportok számának növelését: [9]

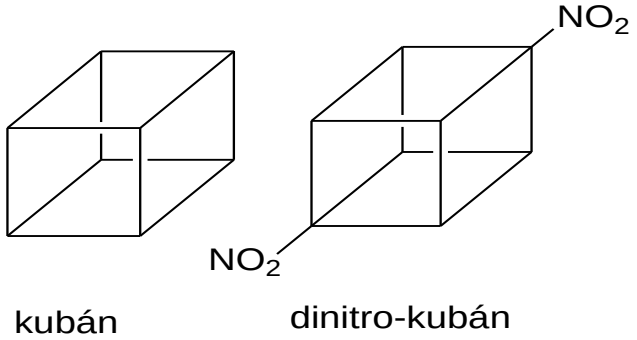






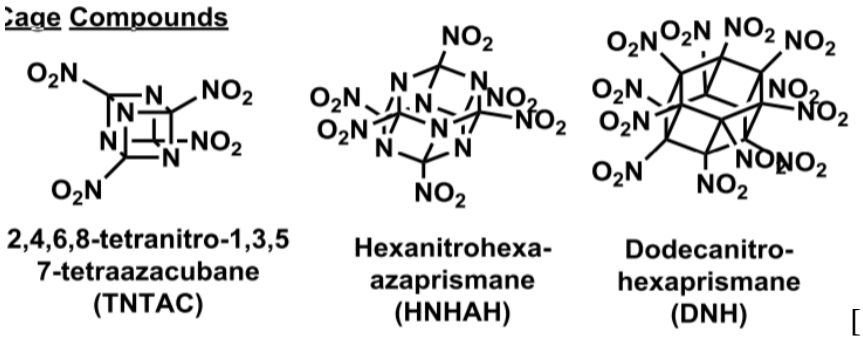
2. **Kubán-vázas robbanóanyagok**

A fejlesztés iránya egyértelműen az, hogy egy molekulába minél több nitro-csoportot tegyenek, de ez egyúttal azzal is jár, hogy a csökken a molekulák stabilitása, azaz tovább nő a robbanásra való hajlam. Ezek megoldása már nem síkbeli váz alkalmazása hanem térben nyilván sokkal több nitro-csoportot lehet geometriailag elhelyezni.



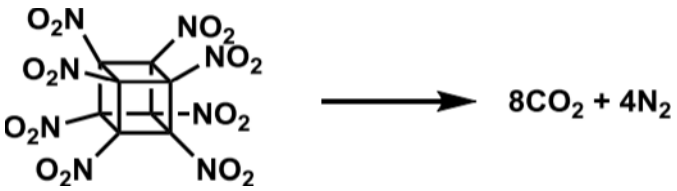
1. *ábra Kubán váz geometriai szerkezete és a nitro-csoportok alaphelyzete*

Néhány kubán-vázas robbanóanyag, amely már rakéták üzemanyagának is alapja [10] A robbanás hatásosságát ez esetben is a reakció során adódó mólszám és azt ezt jelentő nyomás ill. térfogatnövekedés adja.



[10]

Robbanása: 1mól → 12 mól



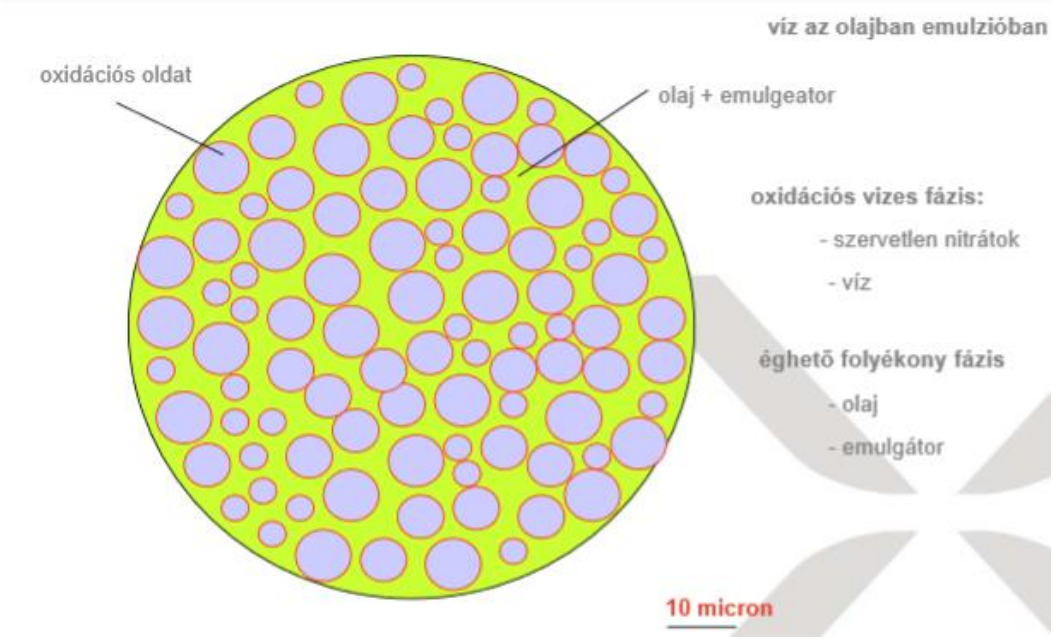
[10]

- Tetrafluoroammónium-hexafluoroxenát: /$(F_4N)_2(XeF_6)$/ Eddig ez a vegyület adta a legnagyobb elméleti detonációs nyomást az összes robbanóanyag között.
- Tetrafluoroammónium-hexafluoronikkelát rakéta-hajtóanyagok: $(F_4N)_2(NiF_6)$/ [11]

3. Folyékony bázisú robbanóanyagok (Watergel technológia)

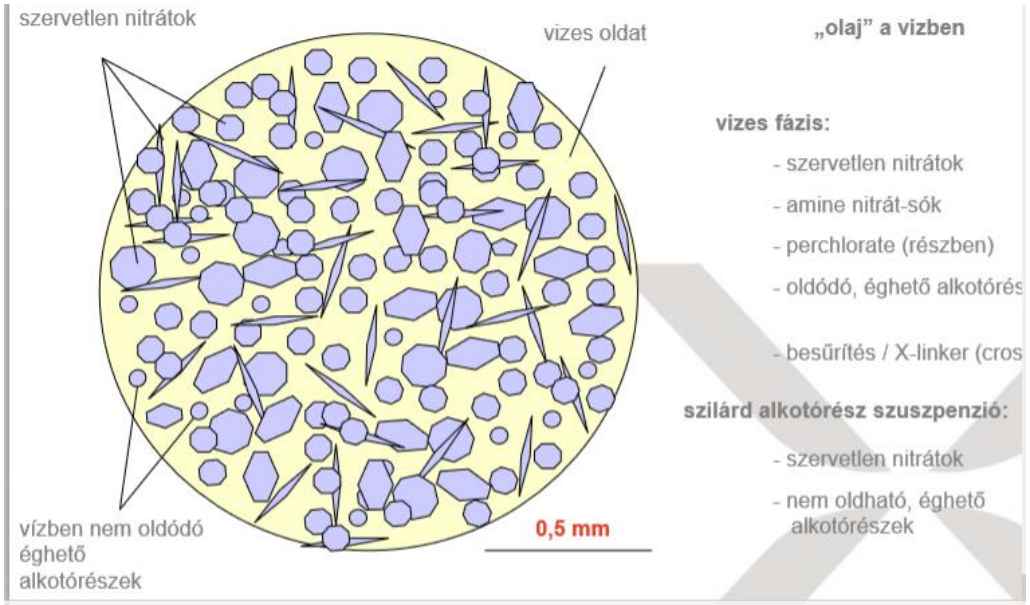
A modern watergel-robbanóanyag mint az emulziós robbanóanyagok új alternatívája. Többféle technológiát alkalmazhatnak. [12] Összetételük többfázisú:

- szilárd fázis: Ammónium – nitrát
- folyékony fázis: HMN (Hexamine Nitrate) vagy MMAN (Monometylamine Nitrát) éghető alkotórészek + Faliszt, Víz X -Linker(térhálósító adalék)



2. ábra Emulziós-robbanóanyag fázisösszetétele

- Emulziós technológia: azaz víz az olajban emulzióban, benne oxidációs oldat olaj + emulgeátor oxidációs vizes fázis: - szervetlen nitrátok - víz éghető folyékony fázis - olaj - emulgátor szemcsemérete 10 mikron.
-



3. ábra Watergel- robbanóanyag fázisösszetétele

- Watergel technológia eljárás: szervetlen nitrátok vizes oldat olaj a vízben vizes fázis: - szervetlen nitrátok - amine nitrát-sók - perchlorate (részben) - oldódó, éghető alkotórész

- besűrítés / X-linker. Ez esetben a szilárd alkotórész szuszpenzió: - szervetlen nitrátok vízben nem oldódó éghető alkotórészek 0,5 mm - nem oldható, éghető alkotórészek.

Összefoglalás

A robbanásra képes molekulák legtöbbje nitro-csoportot tartalmaz. Ezt a történelem is bebizonyította. A fejlesztés iránya olyan hogy egy molekulában igyekeznek minél nagyobb robbanóhatást elérni. Ez úgy tűnik a nitro-csoportok növelésével igyekeznek elérni. Ezzel egyben a bomláskor bekövetkező mólszám növekedést is biztosítani tudják. Ez csak az ún. térhálós szerkezetek képesek, az ún. Kubán-vázas molekulák. A fejlesztések másik iránya a folyékony fázis bevitele, szuszpenziók.

Felhasznált irodalom

[1] Lapat Attila alezredes: A robbanóanyagok világa - Első rész Robbanóanyagok története

[2] Lapat Attila alezredes: Robbanóanyag-analitikai vizsgálati módszerek alkalmazása az igazságügyi szakértői munkában, szerepük a robbanóanyaggal elkövetett bűncselekmények felderítésében. ZRÍNYI MIKLÓS NEMZETVÉDELMI EGYETEM, Doktori (PhD) értekezés 2002

[3] ULLMANN'S ENCYCLOPEDIA OF INDUSTRIAL CHEMISTRY

[4] Rui Shu: HISTORY AND CHEMISTRY OF EXPLOSIVES CHEMISTRY Dartmouth Undergraduate Journal of Science p 21-23 SPRING 2012

[5] Andrew M Romine : Chemical Exploration of Explosives Engle Lab Group Meeting 22 June 2017

[6] Thomas M. Klapötke CHEMISTRY OF HIGH-ENERGY MATERIALS, 3rd Edition DE GRUYTER ISBN 978-3-11-043932-8

[7] ENCYCLOPEDIA OF CHEMISTRY & EXPLOSIVES MATERIALS Convert to ebook by Tchemik 2oo4.7

[8] Rudolf Meyer, Josef Köhler, Axel Homburg: EXPLOSIVES Fifth, Completely Revised Edition, Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, 2002 ISBN 3-527-30267-0

[9] Pető Richárd: OBJEKTUMOK VÉDELMÉNEK ESZKÖZEI ÉS LEHETŐSÉGEI A BŰNÖS CÉLÚ/TERROR JELLEGŰ ROBBANTÁSOKKAL SZEMBEN , Doktori (PhD) értekezés OE Biztonságtudományi Doktori Iskola Budapest, 2017

[10] R.A. Rodriguez CHEMISTRY OF HIGH ENERGY MATERIALS Baran GM 2012-08-18

[11] Benjámin Csonka: Robbanóanyagok és robbanásra képes anyagok, https://slideplayer.hu/slide/2116954/ (2021 aug 25)

[12] A modern watergel-robbanóanyag mint az emulziós robbanóanyagok új alternatívája. Győri Attila cégvezető MAXAM Magyarország KFT

A NAGY EURÓPAI ÁRAMSZÜNET AVAGY MIÉRT FONTOS AZ ENERGIABIZTONSÁG?

THE GREAT BLACKOUT AKA WHY THE ENERGY SAFETY IS IMPORTANT

DR. NÉMETH ZSOLT
NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM, VÍZTUDOMÁNYI KAR, FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉS TANULMÁNYOK INTÉZET
NZT@GMX.DE
ORCID: 0000-0002-0241-5985

Bevezetés

2006 november 4-én Nyugat-Európa nagyobbik felén, este 10 óra tájban több mint egy órára kialudtak a fények, megálltak a vonatok, liftek, repterek és sok más közszolgáltatás, majd sötétség borult Európára. A kontinens elektromos hálózata kevesebb, mint egy másodperc alatt három részre szakadt, jelentős frekvencia-és teljesítménybeli eltérésekkel, a „blackout" hatása Marokkótól Svédországig, Portugáliától Ukrajnáig terjedt. A hálózati hiba rendbehozatala majd egy órát vett igénybe, de a nagy domének szinkronizálása csak az ötödik próbálkozásra lett sikeres. A német energiapolitika hibáinak rövid elemzése mellett ennek a szinte stratégiai jelentőségű áramkimaradásnak az okait, következményeit és konzekvenciáit próbáltam vázolni rövid írásomban.

A villamos energiaellátás mára a civilizált világ országaiban stratégiai kérdéssé vált, mely alapjaiban befolyásolja a gazdaság működését és hatása a társadalom minden szintjén jelentkezik. A helyes energiapolitika alakulása ideális esetben elsősorban az adott ország, vagy együttműködő országok energiaigényének és természeti adottságainak függvénye, melyek optimális esetben döntően meghatározzák a fejlesztés irányait, azonban a gyakorlati döntéseknél már számos más, pl. politikai körülmény is szerepet játszik.

Fokozottan igaz ez Európa államaira, melyek között Németország, mint gazdasági nagyhatalom, a tagállamokra mind politikai-, mind pedig gazdasági tekintetben komoly hatással bír.

Németország energiapolitikáját az utóbbi évtizedben sajnos egyre erősebben befolyásolja a zöldek politikai előretörése. Megerősödésük apropót teremtett a 2011-es fukushimai katasztrófára való hivatkozás, mint »casus belli« ürügyén Angela Merkel kancellárnak az atomerőművek fokozatos bezárására. Ez a hosszú távú döntés pedig nem csak Németország, hanem az egész kontinens szén-dioxid-kibocsátására és energiahálózatára nézve egyre komolyabb terhet jelent.

II. Iparbiztonsági és hatósági nap

Feltételezi ugyanis az időjárás-függő megújulók: a szél- és napenergia nagymértékű bevonását a termelésbe, de azok ingadozásainak kiküszöbölésére alkalmas német alaperőművi kapacitás hiányában. Amikor nem fúj a szél és nem süt a nap, akkor Németország a francia atomáram, vagy a lengyel, osztrák, szlovák fosszilis erőművekben termelt villamos energia importjára szorul.

A megújulók nagyfokú használatának másik következménye, hogy hatalmas teljesítményeket kell távvezetékeken messzire szállítani. Míg 1975-ben Európa távvezetékein csak kb. 50 TWh elektromos energia áramlott, addig 2006-ra ez már 350 TWh-ra nőtt, a mai, főleg elektromobilitási igények pedig 1000 TWh fölé növelték. A hálózat fejlesztése azonban nem tud lépést tartani ezekkel a hirtelen megnövekedett igényekkel és ez könnyen az elektromos energiaszolgáltatás lokális, vagy globális összeomlásához vezet. Ez történt 2006-ban is.

A német gazdaság energia-igénye 2021-ben a magyarénak sokszorosa, mintegy 11600 Pj (Petajoule) volt és a megújulók részaránya az áramtermelésben (488 TWh !) pedig több, mint 50%-ot tett ki. Erre Magyarországon minden zöldpárti választó már elégedetten csettintene, de a valóság sajnos csak távolról tűnik ilyen csábítóan szépnek.

Sajnálatos tény, hogy az Európai Unió tíz legszennyezőbb szénerőművéből hat Németországban üzemel. Ugyanakkor a szénerőművek és a közepes kapacitású pumpás tározórendszer létének dacára 2018-óta több mint százszor (!) esett meg, hogy korlátozni kellett az országban az ipari termelést, mert nem állt rendelkezésre a szükséges mennyiségű villamos energia és azt a nemzetközi piacon sem lehetett beszerezni.

A szolgáltató kérésére tehát le kellett állítani az alumínium-kohókat, vasöntödéket és más ipari üzemeket. Ilyen Németországban az alap-erőművek lekapcsolásáig a második világháború vége óta nem történt. Mindez pedig azért, mert a megújulók részarányának növelése a hálózatban sajnos ellátási bizonytalanságokhoz és a beépített megújuló-kapacitások rendkívül alacsony fokú, mindössze 10-20% körüli (!) kihasználtságához vezet. Összehasonlításul: a német szén- és atomerőművek kapacitás-kihasználása 80-90% körüli [1].

A fentiekből adódik Németország rendkívüli kiszolgáltatottsága az energiapiacon, ami a megújulók nagyfokú belső szubvencionálásával együtt összességében azt eredményezi, hogy a világon itt kell a legtöbbet fizetni az elektromos áramért. A megnövekedett árak és igények mellett azonban az elektromos hálózat kiépítettsége sem kielégítő, mint azt a „Nagy európai áramszünet” története mutatja.

Túlterhelés és kommunikációs problémák

2006 őszének örömteli eseményei közé tartozott a „Norvegian Pearl”, gyönyörű luxushajó építésének befejezése az Ems folyó menti Papenburgban, mely a Meyer Werft cég 1795 óta működő üzemében készült. A büszke hajó majd 300 méteres hosszával, 32.2 m-es szélességével, kb. 60 méterre magasodik a hullámok fölé [2].

II. Iparbiztonsági és hatósági nap

1. kép: A Norvegian pearl [3]

A hajót az Ems-ről ki kellett hát vontatni az Északi tengerre, de a folyó felett húzódott a német nagyfeszültségű elektromos hálózat egyik 400 kV-os szakasza Conneforde-Diele mellett. A vezetékszakaszt tartó oszlopok magassága akkor csak 80 méter körüli volt, mellyel a vezetékek belógása mellett az 5 méteres biztonsági távolságot a hajó fedélzetétől nem lehetett volna megtartani, így a Meyer Werf még szeptemberben kérelmezte a szakaszt üzemeltető EON-nál a hajó áthaladási idejére való időleges lekapcsolást. Ez már több alkalommal megtörtént, rutin műveletnek számított, így az engedélyt megadták.

2. kép: Az Ems-folyót keresztező 400 kV-os vezetékszakasz, immár 110 m magasságra módosított tartóoszlopokkal. [4]

II. Iparbiztonsági és hatósági nap

A lekapcsolás idején, 2006. november 4-én a vezetékben mintegy 1 GW elektromos teljesítmény folyt, mely döntően az Északi-tenger partján álló szélgenerátoroktól származott. Ezt az energiát szállította a hálózat Németország és a kontinens déli részeibe.

A lekapcsolás tervezése elsietett és a szomszédos hálózat-üzemeltetőkkel nem egyeztetett volt, mint az UCTE-nek (az elektromos átviteli koordinációs egyesület) az esetről készült jelentésében áll. (5) Az EON szakemberei eleve egy, az aktuálisan létezőnél jóval alacsonyabb terhelési szintet feltételeztek, mely azonban jogi akadályok miatt nem valósulhatott meg.

2006. november 4-én 21:39-kor az EON lekapcsolta a kérdéses vezetékszakaszt (Conneforde-Diele), a benne folyó tetemes áram pedig jórészt más vezetékszakaszokra terhelődött, de az (n-1) -szabály, mely szerint, ha véletlenül kiesik egy szakasz valamilyen hiba folytán, még mindig ne kerüljön egy hálózati szakasz se túláram alá, a lekapcsolással teljesült.

A hálózatot üzemeltető vállalatok (RWE, EON) szakembereinek egyeztetései során azonban hibás végponti adatokat közöltek egymással és az eltéréseket nem vették észre. Ebből kifolyólag az új terhelések számolása hibás eredményeket szolgáltatott a Landesbergen és Wehrendorf közötti 400 kV-os szakaszra [5].

A lekapcsolással ezen a szakaszon átáramló teljesítmény 600 MW-ról hirtelen mintegy 1300 MW-ra nőtt, ami veszélyes túlterhelésnek számított. Műszakilag lehetséges lett volna ezt a túlterhelést egy Dánián átmenő hálózati szakasz bevonásával gyorsan csökkenteni, azonban a jogi lehetőség erre nem volt adott.

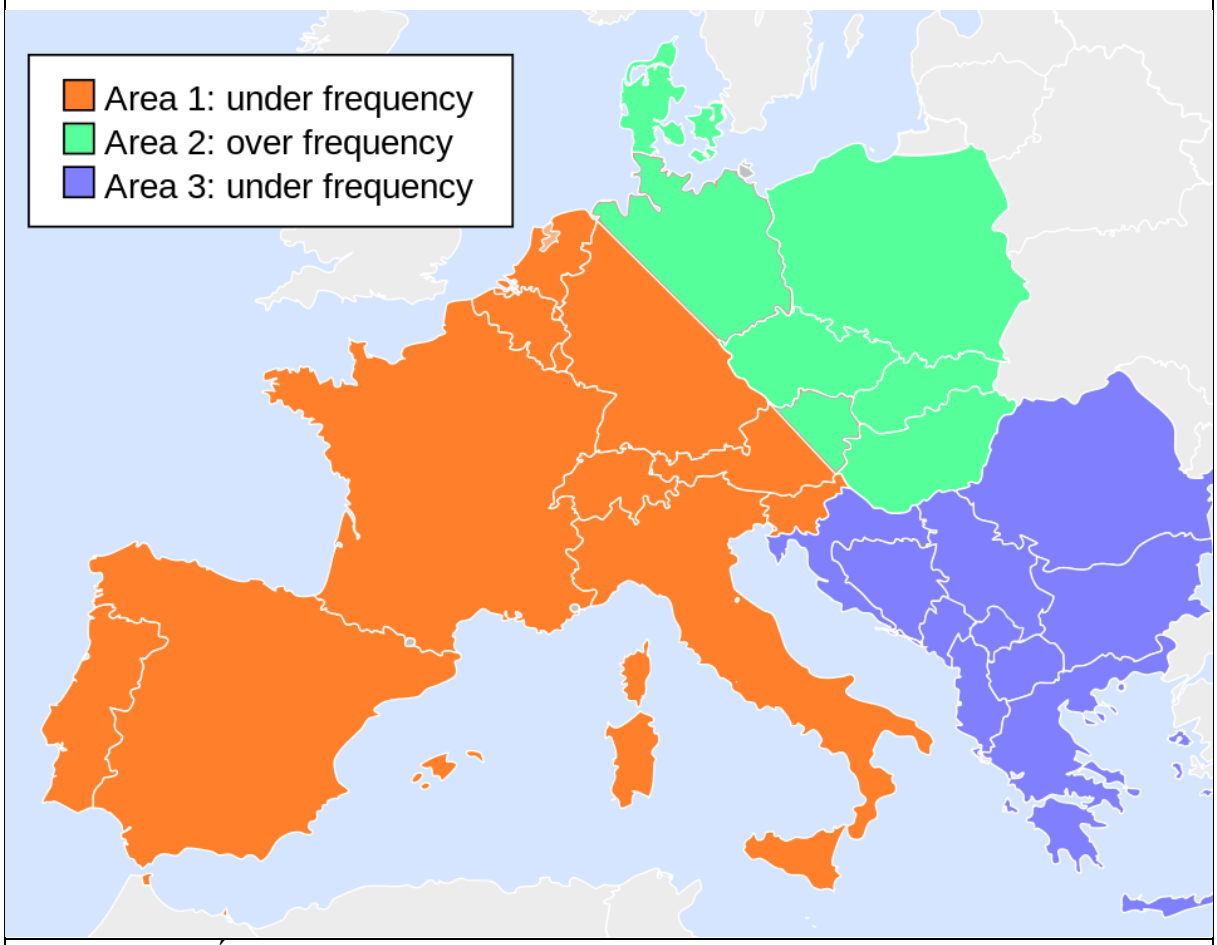
22:05 és 22:07 között az amúgy is túlterhelt 400 kV-os Landesbergen-Wehrendorf-i szakaszon - vélhetően a szélgenerátorok növekvő terhelése miatt - további 100 MW teljesítmény-emelkedés jutott, ami kritikus állapotba hozta a hálózatot.

A hálózatot üzemeltető szakemberek az EON-oldalán lefuttattak egy valós idejű szimulációt, de már az (n-1)-szabály figyelmen kívül hagyásával, hogy milyen változtatások tudnák csökkenteni a kritikus szakasz terhelését. Ennek eredményeként azt kapták, hogy Landesbergen-ben egy gyűjtősín bekapcsolásával a L-Wehrendorfi szakasz terhelését 80 A-ral csökkenteni tudnák.

A szimuláció azonban helytelen eredményt adott és az átkapcsolás a várt 80 A-es csökkenés helyett további 67 A-es terhelés-növekedést eredményezett, mely a hálózati biztosítékok leoldását idézte elő. Mivel a lépést nem előzte meg az (n-1)-kritérium vizsgálata, mely egyébként nem teljesült erre a körzetre, az újabb hálózati szakasz kiesése láncreakciót idézett elő. Pillanatok alatt oldottak le a túlterhelt szakaszok automatái, megszakítva az egész régióban az elektromos összeköttetést észak és dél között.

22:10:28:07 -kor az UCTE vészhelyzeti programja működésbe lépett és 0.2 s alatt szétkapcsolta a kontinens hálózatait három részre: Az egyik (pirossal jelölve) a dél-nyugati rész mintegy 10 GW teljesítmény-hiánnyal küszködött, mely az észak-keleti részen mint teljesítmény-többlet jelentkezett, előbbi helyen lecsökkentve, utóbbi hálózatban pedig hirtelen megnövelve az 50 Hz-es alapfrekvenciát.

II. Iparbiztonsági és hatósági nap



4. Ábra: Az európai hálózat három részre szakadása 2006. 11.04-én

A hiba helyreállításához a kontinens dél- nyugati, pirossal jelzett felén a fogyasztást kellett drasztikusan visszafogni, mely az ipari fogyasztók lekapcsolásával járt, az észak-keleti részeken pedig a termelést kellett csökkenteni, de a hálózat újbóli összekapcsolása és szinkronizálása csak a sokadik kísérletre, 22:50-kor sikerült.

A hiba következményei

Az áramszünet Európa több mint 10 millió háztartását érintette, a dél-nyugati részeken megállt a vonatközlekedés, a Saar-vidéken több mint 150 vonat vesztegelt kb. két órát, emberek ezrei rekedtek a liftekben Párizsban és más nagyvárosokban. A Köln-Bonn-i reptér forgalma rövid időre megállt és más közüzemi szolgáltatók működése is akadozott. A kórházakban, ivóvíz-szolgáltatásban és a telekommunikációban lévő vészhelyzeti generátorok jórésze sikeresen elindult és segített a probléma megoldásában, de a részletes felsorolás helyett elmondhatjuk, hogy a mintegy 60-100 millió embert közvetlenül érintő áramkimaradás következményei súlyos zavart okoztak a mindennapokban. Halálesetek, komolyabb sérülések nagy számban szerencsére nem történtek, de az anyagi kár euró-milliárdokban volt mérhető. Az áramszünet ugyancsak elég rövid volt komolyabb bűnözési hullám elindításához, de ez a pár óra is szinte emberfeletti teljesítményt kívánt a rendőrség-, katasztrófavédelem és tűzoltóság embereitől a felvonókban rekedt emberek és más, hirtelen előálló, a személyi- és vagyonbiztonságot veszélyeztető szituációk elhárítása miatt.

II. Iparbiztonsági és hatósági nap

Összefoglalás, konzekvenciák

Az elektromos áramellátás hirtelen, másodpercek alatt történő kiesése az európai kontinens nagyobbik felén megmutatta a hálózat, mint kritikus infrastruktúra nagyfokú sérülékenységét. A következmények ebben az esetben különösen kegyesek voltak, hiszen az elektromos ellátás azonnali kiesése könnyen emberéletekbe is kerülhetett volna.

Mindez főként az „emberi tényezőre" vezethető vissza, melyek egyik része a blackout-ot rövid távon megelőző: hibás tervezés, rossz mérési adatok, hiányos kommunikáció, stb. , másik része pedig a hosszú távú tervezés alapvetően hibás alakulása: a hálózatfejlesztés elmaradása, illetve a németországi energiapolitika voltak. Utóbbi az időjárás-függő megújulók részarányának hirtelen növelésével és a kiegyensúlyozáshoz szükséges alaperőművek lekapcsolásával olyan helyzetet teremtett, mely a környező országok elektromos hálózataiban is ingadozásokat okoz, valamint a hálózat elemeit rendkívüli módon igénybe veszi, hiszen az időjárás-függő megújulók által megtermelt áramot általában messzire kell szállítani.

Az ily módon megnövekedett transzport-igényeket tovább fogja fokozni az elektromobilitás teljesen szabályozatlan és gyors terjedése, ami újabb instabilitás forrása lehet. Joggal merül tehát fel a kérdés, hogy a kritikus infrastruktúra jelenlegi szabályozása az Európai Unióban nem szorul-e reformra? További kérdésként pedig felvetődik a mesterséges intelligencia nagyobb mértékű bevonása a hálózat üzemeltetésének tervezésébe és ennek kommunikációjába, az emberi tényezőből eredő hibák kiküszöbölésére.

Felhasznált irodalom

[1] Umwelt Bundesmt
https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/primaerenergieverbrauch#definition-und-einflussfaktoren
(A letöltés ideje: 2021.09.23.)

[2] Logitravel: Schiff Norvegian Pearl https://www.logitravel.de/kreuzfahrten/reedereien/ncl-norwegian-cruise-line/schiffe/norwegian-pearl/technische-informationen/
(A letöltés ideje: 2021.11.14.)

[3] Meyer Werft: Norvegian Pearl
https://www.meyerwerft.de/en/ships/norwegian_pearl.jsp,
(A letöltés ideje: 2021.11.14.)

[4] Stromausfall in Europa im November 2006
https://de.wikipedia.org/wiki/Stromausfall_in_Europa_im_November_2006
(A letöltés ideje: 2021.11.14.)

[5] UCTE: Final report System disturbance on 4 november 2006
https://eepublicdownloads.entsoe.eu/clean-documents/pre2015/publications/ce/otherreports/Final-Report-20070130.pdf
(A letöltés ideje: 2021.11.14.)

A VÍZI KÖZLEKEDÉSI INFRASTRUKTÚRA SÉRÜLÉSÉNEK HATÁSAI – A TIENCSINI ÉS BEJRÚTI KIKÖTŐROBBANÁSOK, MINT HILP ESEMÉNYEK

THE DAMAGES OF WATER TRANSPORT INFRASTRUCTURE – PORT BLASTS OF TIANJIN AND BEIRUT AS HILP EVENTS

DR. HÁBERMAYER TAMÁS TŰ. EZREDES
DR.HABERMAYER.TAMAS@KATVED.GOV.HU
ORCID: 0000-0002-6677-9163

Absztrakt

A katasztrófáknak számos típusa létezik. Veszélyességük leggyakrabban az érintett terület kiterjedésével és az okozott személyi sérülések és halálesetek számával mérhető. Ezeken túl, különösen akkor, ha létfontosságú létesítményeket érintenek, a másodlagos negatív hatásokkal is számolni kell. Ezek közé sorolhatjuk a keletkező hatalmas károkat, vagy akár a kereskedelemi és társadalmi békeidőszaki folyamatok működésének negatív irányú változását, zavarát. Amennyiben a közlekedési infrastruktúra jelentős sérülése következik be, akkor az az adott országban működő logisztikai ellátási lánc működésére is kihatással van. Egy jól működő szállítási útvonal kiesésekor a termékek határidőre történő leszállításához alternatív útvonalat kell találni. Ez a legtöbb esetben költség – növekedéssel jár, és nagymértékben függ az kieső elem helyettesítési lehetőségeitől. Egy közúti közlekedési útvonal esetén lehet, hogy a távolság és a költségek növekedése csak kismértékű lesz, viszont egy légi szállításhoz szükséges repülőtér, vagy egy vízi szállításhoz kijelölt kikötő ugyanilyen esetben jóval nagyobb problémát fog okozni. Ezen objektumok egymástól jellemzően nagy távolságra találhatóak, és lehet, hogy a legközelebbi helyettesítési lehetőség nem rendelkezik megfelelő adottságokkal a feladatok átvételéhez. A hajózási ágazatot lehet ennek leginkább vesztese, hiszen amíg a repülőgépek képesek a gyors helyváltoztatásra és szabadon választhatnak irányt, addig a vízi közlekedés esetében ez természetesen nem mondható el. A hajózás, különösen a teherhajózás olcsóbb, de egyben lassabb tevékenység is, és adott, hogy a hajók nem képesek bármerre közlekedni. A tiencsini és bejrúti robbanások miatti kikötő kiesések egyértelműen bebizonyították, hogy a másodlagos hatásként fellépő gazdasági károk és az infrastruktúra megbénulása a személyi sérüléseken és haláleseteken túl milyen hihetetlen zavarokat tud okozni egy ország működésében, a lakosság alapvető ellátásában.

Bevezetés

Magyarországon törvény szabályozza, hogy mit is tekintünk létfontosságú rendszereknek és létesítményeknek [1]. A norma 1. számú melléklete szerint a vízi közlekedés alágazat a közlekedés ágazatba tartozik. Minden ágazathoz kritériumok (vertikális és horizontális) tartoznak, amelyek meghatározzák azokat a speciális szabályokat, amely alapján a létfontosságú rendszerelemek kijelölése megtörténhet. [1:1§ a), h)] A jogszabály alapján léteznek kijelölhető európai létfontosságú és nemzeti rendszerelemek, amelyek meglétét az

üzemeltető az azonosítási jelentésben benyújtja az ágazati kijelölő hatóság részére. A kormányrendeletben kijelölt szerv megvizsgálja a benyújtott dokumentumokat és dönt a kijelölésről.

A közlekedés ágazati kormányrendelete [2] alapján a vízi közlekedés esetén az ágazati kijelölő hatóság a hajózási hatóság. A norma alapján európai létfontosságú rendszerelemmé jelölhető ki:

a) TEN-T[1] víziút-hálózat részét képező víziút, amely kiesése esetén más közlekedési móddal nem kiváltható,
b) olyan TEN-T hálózati kikötő, amelynek az azonosítási jelentés elkészítését megelőző két év átlagában éves forgalma az 500.000 TEU[2]-t eléri,
c) a schengeni övezet külső határán lévő határkikötő. [2:8. §]

Nemzeti létfontosságú rendszernek minősíthető továbbá a következők teljesülésekor:

a) az éves kezelt konténerforgalma meghaladja a 100.000 TEU-t, vagy
b) az azonosítási jelentés elkészítését megelőző két év átlagában éves forgalma a 400.000 árutonnát eléri. [2:13. §]

A jogszabályok alapján láthatjuk, hogy milyen kritériumoknak kell teljesülni ahhoz, hogy európai vagy nemzeti létfontosságú rendszerelemmé váljon egy kikötő. A norma egyértelműsíti, hogy az áruforgalom mértéke és léptéke, valamint a határkikötői státusz alapján történik kijelölés. Így a jelentős forgalmat lebonyolító helyszínek hamar kiemelt státuszba kerülhetnek.

A tiencsini kikötőrobbanás

A tiencsini kikötő első használata már a Kr. e. I. században kezdődött és azóta „folyamatos” a fejlődése és használata. Tulajdonosa a kínai állam és önálló jogi személyiséggel rendelkező cégként működik. Üzleti és közlekedési kapcsolatban áll 180 ország több mint 500 másik kikötőjével és havonta több mint 500 nemzetközi teherhajót fogad. A 2020. évi áruforgalma 421.04 millió árutonna volt, TEU értéke 18,35 millió. Ez a Covid-19 ellenére 2,2%-os növekedést mutatott az előző évhez képest [3]. Ezen adatok alapján tényként megállapítható, hogy az európai normák nagyságrendjében Tiencsin TEU-ban 36,7 és árutonnában 210,52-szeresen teljesíti az európai létfontosságú rendszerelem, valamint 183,5 és 1052,6-szorosan a nemzeti létfontosságú rendszerelem követelményeit. Ezen számadatok meglehetősen jól érzékeltetik a kikötő méreteit. Ezen sokszorosan létfontosságú rendszerelem területén 2015 augusztusában a következő váratlan rendkívüli esemény történik:

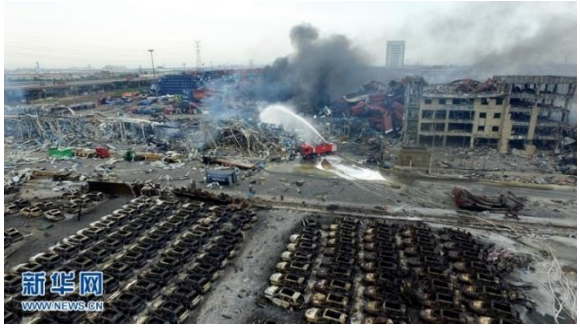
2015.08.12. 22:51 A Ruihai cég veszélyes anyagokat tároló raktárházában tűz keletkezik, amely egyre növekvő méreteket ölt.

2015.08.12. 23:34 Robbanás történik és egy 15m átmérőjű, 1,1 méter mélységű kráter jelenik meg a helyszínen. 31 másodperccel később egy második robbanás következik be, amely jóval nagyobb mint az első. Ennek hatására egy 97m átmérőjű és 2,7 m mélységű második kráter keletkezik.

[1] Trans-European Network for Transport, Core Network, transzeurópai úthálózat törzshálózata
[2] Twenty-foot equivalent unit; a 20 láb hosszúságú konténerrel egyenértékű nagyságot kifejező egység

II. Iparbiztonsági és hatósági nap

1. kép A tiencsini kikötő robbanás [4]



2. kép A robbanás helyszíne [5]

A katasztrófa során a halálos áldozattá válik 165 fő, valamint 8 főt a testi maradványok hiányában teljesen eltűntként tartanak számon. 798 sérültet látnak el egészségügyi létesítményekben. 304 épület, 12428 gépjármű, valamint 7533 konténer sérül vagy semmisül meg. A robbanás által azonnal okozott közvetlen kár mértéke 6866 billió kínai jüan (renminbi), forintban kifejezve 313089,6 billió forint[3]. [6]

A hatóságok megkezdik az eset kivizsgálását. A robbanás helyszínén 72 különböző típusú veszélyes anyagot azonosítottak a Ruhai cég raktárházában tárolva. Ezek közül az egyik a nitro-cellulóz volt. A tárolt anyagok listáján az anyag szerepelt, viszont nem a leírtaknak megfelelő 48,17 tonna mennyiségben. 11,1 tonnát ugyanis a többitől eltérő nedves formában, alkohollal nedvesítve tároltak, hogy a hő hatására történő meggyulladást megakadályozzák.

A folyadék miatt a csomagolás műanyag zacskókból állt, amelyeket tömörített rostokból álló hordókba tettek. Kiderült, hogy az anyagrakodás során a csomagolás több esetben megsérült és az alkohol elpárolgott, majd a tűz keletkezési okaként megállapítást nyert, hogy a nyári időszaknak köszönhetően a tárolási hely felmelegedett és a nitro-cellulóz magától kigyulladt.

3. kép Nitro – cellulóz műanyag csomagolásban [7:20 p]

4. kép Nitro-cellulóz tömörített rost hordókban [7: 21 p]

[3] Ez Magyarország éves költségvetésének sokszorosa.

5. kép Ammónium-nitrát konténerben [7: 22 p]

6. kép Ammónium-nitrát big-bag zsákokban [7: 23 p]

A nitro-cellulóz tüzét a beavatkozó egységeknek nem sikerült hamar elfojtani, és így további veszélyes anyagok is meggyulladtak, egymással keveredtek. A közöttük tárolt ammónium – nitrát pedig felrobbant és mindent letarolt a környezetében. A robbanásokat követően fennmaradt tüzet 2015. augusztus 14-én 16 órakor sikerült végleg eloltani.

Az eset vizsgálatát követően a kínai hatóságoknak a katasztrófahelyzet kialakulását 4 fő okra sikerült visszavezetni:

1. A nitro-cellulóz öngyulladása majd égése,
2. A dolgozók szabálytalan munkavégzésének (gyors anyagrakodás – csomagolások sérülése) következményei,
3. Az üzem illegális raktártevékenysége (nem abban a formában tárolták az anyagot, mint amit a nyilvántartásban szerepeltettek, így az a hatóság nem megfelelően ellenőrizte),
4. A helyi hatóságok megelőző munkájának elégtelensége.

A bejrúti kikötőrobbanás

A kikötő használatáról már a Kr. e. XV. századból vannak feljegyzések. Azóta folyamatos volt a fejlődés, egészen a 2020-as robbanás bekövetkezéséig. Az eset szempontjából a létesítmény egyik fontos jellemzője, hogy az a folyamatosan jelen lévő magas szintű korrupciós tevékenységek miatt az „Ali Baba és a 40 rabló barlangja” nevet kapta. [8] Méreteit tekintve többszáz másik kikötővel állt üzleti és közlekedési kapcsolatban, valamint havonta 100 feletti nemzetközi teherhajót fogadott. 2020-ban az áruforgalma 1,23 millió TEU [9], amellyel 2,46-szoros európai, valamint 12,3-szeres nemzeti létfontosságú rendszerelem.

Sajnos, – öt évvel a tiencsini eseményeket követően – egy váratlan és rendkívüli esemény itt is katasztrófát eredményezett:

2020.08.04. 18:06 A bejrúti kikötőben egy hatalmas robbanás következik be. A kivizsgálások alapján megközelítőleg 2750 tonna ammónium – nitrát kémiai reakciója volt a kiváltó ok. A detonáció az erejét tekintve 1,1 kilotonna TNT hatásával volt egyenértékű.

II. Iparbiztonsági és hatósági nap

1. kép Beirut kikötő a robbanást megelőzően [10]	2. kép Beirut kikötő a robbanást követően [11]

A katasztrófa hatására a halálos áldozatok száma meghaladja a 200 főt, és a sérültek száma pedig 6000 fölé emelkedett. Az eset következtében 300.000 fő vált hajléktalanná. Az ingatlanokban bekövetkezett kár mértéke meghaladja a 3,8-4,6 billió USA dollárt. [12]

A hatóságok kivizsgálása alapján az esetről a következőket sikerült tényszerűen megállapítani:

1. A robbanást kiváltó veszélyes anyag a Rhosus nevű moldáv hajón érkezett a bejrúti kikötőbe 2013 novemberében. A hajó műszaki meghibásodása miatt a tengeri közlekedésre alkalmatlanná vált. A rakományként tárolt 2750 tonna ammónium-nitrát üzleti szempontból értéktelenné vált, mert a hajó javítási, vám és a veszélyes anyag tárolási költségei jelentős pénzügyi veszteséget jelentettek. Az esetet követően a tulajdonos csődbe ment.

2. A rakományt közel egy év után, hatósági intézkedésre a bejrúti kikötő 12-es hangárjában pakolták le 2014. október 23-24-én. Ezt követően a vámhatóság többször jelezte több illetékes más állami szervnek, hogy szükséges a veszélyes anyaggal kezdeni valamit. Felmerült lehetőségként, hogy az ammónium-nitrátot exportálják, libanoni cégeknek értékesítik, a hadsereg részére átadják – de ezen megoldások egyike sem valósult meg. Közben 4 évvel később a korábbi tárolási hely, a Rhosus elsüllyedt.

3. A tűz keletkezési oka a helyszínen raktárajtó hegesztési feladatokat ellátó munkások figyelmetlensége volt. A szikrák hatására tűz keletkezett az ammónium-nitrát környezetében, amelytől az meggyulladt. A robbanásokat nem sokkal megelőző időszakban a helyszínre érkező tűzoltó egység azt jelentette, hogy a tűz mérete és a keletkező furcsa hangok miatt valami nincsen rendben és azonnali segítségre van szükségük.

4. A katasztrófa bekövetkezéséért a felelősök ismeretlenek. Nem derült ki egyértelműen, hogy ki végezte hivatalosan a rakománykezelést, és az is ismeretlen, hogy a hajó végcélja Georgia, Beirut vagy Mozambik volt.

5. A hivatalos dokumentumok megvizsgálása után viszont egyértelműen kiderült, hogy a veszélyes anyag jelenlétéről tudott a Pénzügyminisztérium, a Közlekedési Minisztérium, az Igazságügyi Minisztérium és az ügyben eljáró bíróság, a védelmi tanács tagjai (benne a miniszterelnök), a belügyminiszter és a biztonsági szolgálatok is.

6. Megállapítható, hogy a katasztrófa bekövetkezésében egyértelműen szerepet játszott, hogy a veszélyről tudtak a hatóságok és a magas szintű állami vezetők, azonban negligencia történt.

A hivatalos vizsgálatokat követően a robbanás bekövetkezésének okai [13]:

1. A Pénzügyminisztérium és a Közlekedési Minisztérium illetékesei nem tájékoztatták megfelelően a biztonsági hatóságokat az anyag veszélyességével kapcsolatban.
2. Amíg a tulajdon körüli vita folyt az egyes hatóságok között, addig egyetlen szerv vagy hatóság sem hozott a kikötő és a lakosság biztonságának növelésére vonatkozó döntést.
3. Az anyag lerakását követően az ammónium-nitrátot tűzveszélyes anyagok közelében helyezték el és tárolták hat éven keresztül. A tárolási helyiségben nem volt megfelelő a szellőztetés, továbbá a veszélyes anyagot számos közösségi tartózkodásra alkalmas létesítmény mellett helyezték el.
4. A kritikus napon felügyelet nélküli dolgozók végeztek javítási és szerelési munkát, melynek hatására a robbanás bekövetkezett.

A tiencsini és bejrúti események és a HILP[4]

A kikötői robbanások egyértelműen rámutatnak arra, hogy mivel jár, ha vízi létfontosságú rendszerelemek sérülnek. Mindkét eset során ugyanis a halálesetek száma meghaladta a 100 főt, a sérülteké ennek többszörösét. A másodlagos hatásokkal keletkező károk mértéke elérte a billiós nagyságrendet. Ezen tények az egyértelmű bizonyítékai annak, hogy az eset váratlanul következett be és rendkívüli hatással bírt. A tiencsini esetnél a hatóságok nem tudtak a veszélyes tárolásról és a váratlanság jelentős szerepet játszott a veszteségek és a károk mértékében. A bejrúti esetnél viszont nagyon sok hatóság tudott az ügyről, de itt arra nem számítottak, hogy a veszélyes anyag robbanása bekövetkezik (pedig több évnyi veszélyes tárolásról volt szó).

Mindkét esetnél egyértelművé válik az, ha a hatóságok még a megelőzés időszakában megfelelően eljárnak, akkor a rendkívüli események nem következnek be, vagy ha mégis akkor jóval kisebb lett volna a halálesetek és a személyi sérülések száma, károk mértéke. Fontos tanulság, hogy amennyiben a veszélyes anyagot tároló üzemek és létesítmények az ellenőrzések során közreműködnek, és a lehető legpontosabb információkat adják át, akkor a hatóság jóval nagyobb hatékonysággal tudja megakadályozni a hasonló váratlan események bekövetkezését.

[4] High Impact, Low Probability Events – Rendkívüli hatással bíró, alacsony valószínűséggel bekövetkező események

Felhasznált irodalom

[1] 2012. évi CLXVI. törvény a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről
https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1200166.tv
(Letöltés ideje: 2021.10.22.)

[2] 161/2019. (VII. 4.) Korm. Rendelet a közlekedési létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről
https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1900161.kor
(Letöltés ideje: 2021.10.22.)

[3] Port of Call consulting
https://www.port-of-call.co.za/port-of-tianjin/
(Letöltés ideje: 2021. 10.23.)

[4] The Guardian Tianjin explosions: dozens feared dead in blasts at Chinese port
https://www.theguardian.com/world/2015/aug/13/china-explosions-dozens-feared-dead-blasts-port-tianjin
(Letöltés ideje: 2021.10.23.)

[5] China News: Aerial shots of Tianjin explosions site
http://www.china.org.cn/photos/2015-08/15/content_36313428_6.htm
(Letöltés ideje: 2021.10.23.)

[6] The Guardian Tianjin explosions: dozens feared dead in blasts at Chinese port
https://www.theguardian.com/world/2015/aug/13/china-explosions-dozens-feared-dead-blasts-port-tianjin
(Letöltés ideje: 2021.10.23.)

[7] Zhou Aitao, Fan Lingpeng A new insight into the accident investigation: a case study of Tianjin Port Fire and explosion in China.
https://www.researchgate.net/publication/315889515_A_new_insight_into_the_accident_investigation_A_case_study_of_Tianjin_Port_fire_and_explosion_in_China
(Letöltés ideje: 2021.10.23.)

[8] Sen Xu, K. D. Wehrstedt: 2015 Tianjin explosions
https://www.researchgate.net/publication/301696207_2015_TIANJIN_EXPLOSIONS
(Letöltés ideje: 2021.10.23.)

[9] South China Morning Post Lebanon explosion : alarm raised over chemicals at Beirut port at least 10 times before deadly blast
https://www.scmp.com/news/world/middle-east/article/3096574/alarm-raised-over-explosive-chemicals-beirut-port-least-10
(Letöltés ideje: 2021.10.23.)

[10] CEIC China: Lebanon Container Port Throughput
https://www.ceicdata.com/en/indicator/lebanon/container-port-throughput
(Letöltés ideje: 2021.10.23.)

[11] Ship Technology: Port of Beirut
https://www.ship-technology.com/projects/port-of-beirut/
(Letöltés ideje: 2021.10.23.)

[12] ABC News One year after Beirut blast, Lebanon suffering economic and political crises
https://abcnews.go.com/International/year-beirut-blast-lebanon-suffering-economic-political-crises/story?id=79218459
(Letöltés ideje: 2021.10.23.)

[13] G. Valsamos, M. Larcher, F. Casedei: Beirut explosion 2020: A case study for a large-scale urban blast simulation

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753521000357
(Letöltés ideje: 2021.10.23.)
[14] Human Right Watch: They killed us from inside
https://www.hrw.org/report/2021/08/03/they-killed-us-inside/investigation-august-4-beirut-blast
(Letöltés ideje: 2021.10.23.)
[15] Ship Technology: Port of Beirut
https://www.ship-technology.com/projects/port-of-beirut/
(Letöltés ideje: 2021.10.23.)

A FUKUSHIMAI BALESET ÉS A RENDSZERDINAMIKAI BEAVATKOZÁSI LEHETŐSÉGEK

INVESTIGATING SYSTEMIC TIPPING POINTS IN THE CASE OF FUKUSHIMA NUCLEAR ACCIDENT

DR. HETESI ZSOLT / NKE VTK EGYETEMI DOCENS

HETESI.ZSOLT@UNI.NKE-HU

0000-0002-4250-4050

Absztrakt

A fukushimai erőművi balesetet, akárcsak hírhedt elődjét, a csernobilit egyaránt tulajdonítják emberi és természeti okok következményének. A kérdés eldöntése nem feladatunk, az azonban vizsgálható, hogy a rendszermodellezés a baleset során és az azt követő elhárítási munkálatokban is számos esetben segített volna. Ehhez járul hozzá a beavatkozási pontok hierarchikus rendszerének elmélete. A beavatkozási pontok rendszerét ismertetjük, majd a legjellemzőbb hibákat is bemutatjuk a baleset következményeinek elhárítása kapcsán.

The Fukushima accident, like its infamous predecessor Chernobyl, is attributed to both man-made and natural causes. It is not for us to decide, but it is possible to investigate whether system modeling could have helped in a number of cases during the accident and in the subsequent response. The theory of a hierarchical system of tipping points contributes to this. The system of intervention points is described, and the most common failures in dealing with the consequences of the accident, some of which could have been addressed by intervention point theory, are also presented.

Bevezetés

A fukushimai baleset történetét, az oda vezető utat, továbbá a kárelhárítás lépéseit számos jól dokumentált leírás vizsgálja, ezek némelyike irodalmi [1], más része komoly szakmunka [2], vagy szakmai jelentés [3], így az események kronologikus ismertetésétől eltekintek. Először röviden ismertetem a beavatkozási pontok elméletét, majd azután megmutatok néhány példát arra, hogy a rendszerszemlélet és a pontok alkalmazása miként segített volna néhány súlyos következmény elkerülésében. Amennyiben az adott hierarchikus szinten felismert ponton be is avatkoztak, azt is megvizsgáljuk.

Alapvető fogalmak, a rendszer modellje

Azokat az összetett folyamatokat, melyeket együtt kezelünk, és melyek viselkedésére kíváncsiak vagyunk, rendszereknek nevezzük. Ilyen rendszer lehet a társadalom, vagy maga az egész földi élőrendszer, de lehet annak kisebb szelete is, mint amilyen például a fukushimai üzemzavar elhárítására létrejött ad hoc hálózat. A rendszerek méretének növekedésével a bennük található kölcsönös függések száma gyorsan emelkedik, ezt úgy fogalmazzuk meg, hogy nő a rendszerek összetettsége, idegen szóval komplexitása.

II. Iparbiztonsági és hatósági nap

A rendszerek összetettsége egy idő után új törvények, tulajdonságok megjelenéséhez vezet a rendszeren belül, magának a rendszernek a megismerése sokat segít abban, hogy a megfelelő döntést hozzuk meg főként, ha gyors lépésekre van szükség. Modellnek nevezzük azt a leképezést, mely a valóságos rendszer néhány alapvető jellemzőjét (változóját, vagy tényezőjét) megragadva igyekszik előrejelzéseket tenni a valós rendszer jövőbeli viselkedésére vonatkozóan. A belső kapcsolatok a változók között ugyanolyan fontosak. Az egyes változók egymásra is hatnak, erősítik, vagy gyengítik egymást. Ezt visszacsatolásnak hívják. Azokat a pontokat, ahol a rendszerbe megfelelő módon lehet beavatkozni, megváltoztatva a zajló folyamatok irányát, jellegét, *beavatkozási pontoknak* nevezzük.

A beavatkozási pontok a rendszerdinamika tudományának fontos részét képező hierarchikusan felépített rendszereként képzelhetők el, ahol a vizsgált rendszer modelljét tekintve kirajzolódnak azok a helyek, folyamatok, időpontok, információk stb., ahol a rendszert irányítani, vagy legalább befolyásolni lehet. Ezek a pontok segítenek, hogy a beavatkozás a legcélszerűbb legyen és a legjobb hatást érhessük el.

A beavatkozási pontok és kapcsolódó példák a katasztrófa elhárítása során

A következőkben egy nem teljes lista következik, melyben a beavatkozási pontokat tárgyalom, a beavatkozás erősségének sorrendjében, a legkevésbé erőssel kezdve, a számozás fordított. Minden pontnál adok egy általános példát, továbbá egy jellemző példát a kárelhárítás 2011-ben történt folyamatából. Előzetesen meg kell jegyeznünk, hogy ezen beavatkozási pontok leírása során a fukushimai történések összetett hálójának megismertetése és a megfelelő lépések meghatározása arra irányul, hogy miként lehetett volna csökkenteni a következmények súlyosságát. A beavatkozási pontok elméletét rendszerdinamikai szakemberek dolgozták ki [4]. Egy nagyon egyszerű rendszerdinamikai modell egy fürdőkád, amelyen már el lehet különíteni a flow és a stock változókat, amely alapvető különbség a modellezés szempontjából.

A kád térfogata megadja, mennyi vizet tud tárolni a rendszer (stock) és a csap vízáteresztő képessége, valamint a lefolyó ugyanezen adata tudja megváltoztatni (flow). A kádat bizonyos mennyiségű vízzel többféleképp fel lehet tölteni, egyik ilyen a megszokott módszer, hogy a lefolyót bedugja az ember és a csapot kinyitja, majd a kívánt vízmennyiség elérésekor elzárja. A másik lehetőség, hogy a lefolyó nyitott, de a csap is nyitva és a kívánt mennyiség elérésekor felül annyi víz folyik be, amennyi alul elfolyik. A vízszint így állandó marad, bár ez nem a szokványos megoldás.

Konstansok, paraméterek, számok ismerete, megváltoztatása

Egy rendszer jellemzésére számok szükségesek, amelyek ismerete alapvető a rendszer leírásához. Általános példa: ha rendszernek tekintjük az előbbi példa fürdőkádját és a csapot, meg a lefolyót, akkor a jellemző számok a stock változó esetén (kád) a legfontosabb konstans a kád mérete literben, vagy más egységben.

A fukushimai esetet alapul véve viszont ide tartozik például a pontos sugárzási szint ismerete az erőműben, Fukushima városában és a kormányzóság más részein, valamint a maghőmérséklet és a hűtővíz állapota, egyáltalán megléte. A katasztrófa bekövetkezése nem egy pillanat műve volt, mint Csernobil esetén, hanem a leolvadás miatt egy lassabb, ám ugyanolyan végzetes spirál alakult ki. A katasztrófa kezelésében elengedhetetlen lett volna pontos ismeretekhez jutni a reaktor belsejének állapotáról.

II. Iparbiztonsági és hatósági nap

Március 11-én 15:46-kor, helyi idő szerint a szökőár tönkretette a leállított reaktorok külső hűtését biztosító dízelgenerátorokat, innentől egészen az első megbízható mérésekig sötétben tapogatóztak, bár igaz, hogy magát a folyamatot értették és sejtették, a lakosság kitelepítése időben megkezdődött. Érdemes megjegyezni, hogy a hatalmas erőfeszítések, amelyekkel vizet igyekeztek a leolvadás közelébe került zónákba juttatni (ne feledjük, itt több reaktorblokk is hűtés nélkül maradt!), úgy történtek, hogy közben a leolvadás meg is történt, bár erről a mentesítésen dolgozók nem tudtak.

Pufferelő alrendszerek mérete, összevetve a be/kiáramlás mértékével.

A rendszerekben áramlás és pufferek szabják meg a működést – például az emlegetett fürdőkádban a csap az áramlás, a kád mérete a puffer meghatározó része. A fukushimai baleset súlyosságát alapvetően az adta, hogy a kiépített vészeseti hűtőrendszert nem tervezték ekkora szökőárra, továbbá a mentésben részt vevő szervek sem álltak készen arra, hogy egyszerre 6 reaktort kelljen biztonságosan lehűteni, vagy az álló reaktorok esetén (4, 5, 6) a maradékhő hűtését fenntartani. Ez itt alapvetően stock változóra vonatkozó beavatkozási lehetőség, mégis, nehéz elképzelni, hogy ezzel bárki élni akart volna, hiszen a legrosszabb lehetőségre nagyon ritkán terveznek, vagy másképp fogalmazva, ennyire nem méretezhető túl a vészeseti felkészülés sem.

Visszacsatolások hatásának késleltetése

Egy rendszerben a visszacsatolások sokszor nem azonnal, hanem időben eltolva éreztetik hatásukat, ennek az időtartamnak a változtatása jó, de nem elég erős beavatkozási pont, ha a visszacsatolásokkal vetjük össze, ezért előttük szerepel, azaz gyengébb ezen a listán. Általános példa: ha fáradtak vagyunk, ihatunk egy kávét. A kávé hatása eltolódva fog jelentkezni, ez a visszacsatolás késése. Bizonyos vegyületek ezt a késést csökkenthetik.

Fukushima esetében a visszacsatolások (amelyek enyhítették volna az események súlyosságát) jelentős része az információhiány és az egymásnak ellentmondó intézkedések miatt nem működött megfelelően. Amennyiben a megfelelő mérések időben megtörténnek, néhány intézkedésre előbb kerülhetett volna sor (tengervíz befecskendezése[5])

Szabályozó visszacsatolások

Ha az előbb említett példákból indulunk ki, a testünk, mint rendszer fáradtságára szabályozó visszacsatolás a kávé, vagy tea ivása. Általában szabályozó visszacsatolás az olyan, mai egy folyamat hatását csökkenti, vagy megállítja. Jelen esetben a folyamat a fáradtság.

A reaktorleolvadást elkerülendő szabályozó visszacsatolás lett volna a hűtés mielőbbi újraindítása, amely több tényező szerencsétlen összjátékaként túl későn indult be: bíztak abban, hogy a lefúvatás, amely a robbanásveszélyes gázt eltávolítja a reaktortartályból segíteni fog, másrészt az elsőnek leszállított tömlők csatlakozása nem volt megfelelő, a 2. reaktorról azt hitték, hogy stabil, miközben elkezdődött a mag leolvadása, stb.

5 Ez utóbbit azért akarták elkerülni, hogy a visszafolyó víz ne szennyezze el a környéket, de az intézkedésre végül kb. 5 órás késéssel, március 12-én este mégis sor került.

II. Iparbiztonsági és hatósági nap

Öngerjesztő visszacsatolások

Ezek a visszacsatolások erősebbek, mint a szabályozó visszacsatolások, mert hosszú távon hatásuk mindig növekedést jelent az adott változóra nézve. Az ilyen folyamatok legtöbbször exponenciális növekedést jelentenek valamely paraméter esetén. Ezeket szabályozni jobb, mint a szabályozó visszacsatolásoké. Egy konkrét példa: egy baktérium szaporodása.

Fukushima esetében a baleset elhárítása során öngerjesztő visszacsatolás volt a tengervízzel való hűtés – noha nem tehettek mást és valójában korábban kellett volna kezdeni ezt a módszert alkalmazni, mégis az folyamat egyre jobban elszennyezte a környék talajvizét és magát az óceánt is. Mégis, itt nehézségbe ütközik az azonosított öngerjesztő visszacsatolás helyett egy olyan hűtési módra találni, amely e visszacsatolás nélkül működött volna.

Anyagáramlás a rendszerben, csomópontok a rendszerben.

A rendszer fontos eleme az az „infrastruktúra", amelyen keresztül a rendszer-beli áramlás történik. Ennek átalakítása bármely eddigi beavatkozástól hatékonyabb. Pl. ilyen rendszer a villamos átvitel.

Fukushima esetében a méréseket elvégezni képes alrendszer (emberek és műszerek) nem működött a baleset után közvetlenül megfelelően. Később az operátorokat beküldték megmérni a sugárzást, amelyből lehetett következtetni a katasztrófa mértékére, ezt korábban is meg lehetett volna tenni, így kiderülhetett volna, hogy pl. a biztonságban levőnek gondolt 2. blokk is hamarosan leolvad.

Információáramlás

A rendszer egészéről sokszor nem áll rendelkezésre a kellő információ, vagy a beavatkozó személy nem tud róla. Ilyenkor rossz döntés születhet. Például ha tisztában vagyunk azzal a ténnyel, hogy egy bizonyos gyógyszerre allergiásak vagyunk, az fontos egy gyógyszeres kezelés kezdetén.

Fukushima esetében a megfelelő információk áramlása már a reaktor állapota és a kezelőszemélyzet között sem volt teljes rögtön a szökőár után, ezt bizonyítja, hogy egészen az első hidrogénrobbanásig nem merült fel a gondolat, hogy egy Csernobilhoz hasonló nehézséggel néznek épp szembe. A lakosság felé tett lépések és információk áramlása nem hagy kívánnivalót maga után, a kitelepítés a megfelelő mértékű volt, és időben történt.

A rendszer szabályainak megváltoztatása

Amennyiben a rendszert szabályozó törvények, büntetések stb. nem változtathatók meg, úgy a rendszer alacsony szinten szabályozott. Amennyiben lehetséges a törvényekbe beavatkozni, magas szintű szabályozás valósítható meg, gondoljunk a törvényhozás körül létező lobbistákra, akik ezt tudják.

A fukushimai erőmű tervezésekor érvényben lévő standardok nem bizonyultak elegendőnek a szökőár ellen, azonban hozzá kell tenni, hogy ilyen magas árhullám annyira ritka, hogy a védőfalat csak 5,7 méteres árhullám ellen tervezték. A beérkezett hullám magassága 14 m volt, háromszor magasabb a védőfalnál. Mivel a szokatlan események ritkák, van egy korlát, ami alatt egyáltalán nem veszik figyelembe a veszélyforrást, ha a korlátnál kisebb valószínűséggel fordul elő.

A baleset szempontjából lényegtelen lett volna, ha a fal magasabb, de az árhullám szintjét nem éri el, mégis a háromszor nagyobb hullám arra példa, hogy a ritka események is bekövetkeznek néha – és jelen esetben a következmények súlya túl nagy.

Nem célunk megoldást adni, egyszerűen rámutatunk, hogy lehetőségként fennállt az építés idején és az azóta eltelt időben is a védőgát magasítása, de hogy ezzel nem éltek végül, az is magyarázható.

A rendszer egészének a megváltoztatása

Az 5. pontban csak annyit említettünk, hogy a rendszerbeli anyagáramlás megváltoztatása már fontos lehetőség, az egész rendszer cseréje, áttervezése (pl. az energetikai rendszere esetén relokalizációja) sokkal hasznosabb.

Konkrét példánknál, a balesetnél maradva: a Fukushimában használt blokkok korai 2. generációs reaktorok voltak, azóta kifejlesztettek olyan rendszereket is, amelyek hasonló üzemzavar esetén már a reaktortartályon belül tartják a szennyeződés nagy részét. Természetesen nem várható el az összes elavult blokk cseréje, megint hozzátesszük azonban, hogy egy esetleges balesetnél az ár túl magas. A rendszer áttervezésénél az is megfelelő lehetőség, hogy a blokkok a tengertől távolabb épüljenek a jövőben és a hűtést más módon oldják meg, ne a tengervíz legyen az utolsó hűtőkör puffere.

A rendszer céljának megváltoztatása

Ha a rendszer célját változtatjuk meg, a rendszer minden alacsonyabb szabályozó folyamata, lehetősége is ehhez fog idomulni. Ez a legmagasabb beavatkozási pont. Példánknál maradva Japán gazdaságának energiaigényét más erőművekkel is fedezni lehetett volna. Ha Japán több szénhidrogén-erőmű mellett dönt, akkor a baleset nem következett volna be, de természetesen annak más következményei lennének (CO_2-kibocsátás).

Általánosan igaz, hogy a listán a csökkenő számok nemcsak jobb és hatékonyabb lehetőséget rejtenek a beavatkozásra, hanem nehezebben is vihetők keresztül, hiszen rendszerünk, melyben élünk, rugalmassága kicsi, bár az ehhez hasonló tragédiák növelik a reziliencia iránti igényt.

Összefoglalás

A reaktorok leolvadása utáni helyzetben több beavatkozás is segítette volna a kárenyhítést és a következmények kezelését. A legsúlyosabbakat felismerték és be is avatkoztak, de nagyon sok lehetőség kihasználatlan maradt. Az írás erre próbált rávilágítani.

Felhasznált irodalom

[1] Ichi-F: A Worker's Graphic Memoir of the Fukushima Nuclear Power Plant. Kodansha Comics; Illustrated edition (2017). ISBN-13: 978-1632363558

[2] David Lochbaum, Edwin Lyman, Susan Q. Stranahan, The Union of Concerned Scientists: Fukushima: The Story of a Nuclear Disaster (2015) The New Press; Reprint edition. ISBN-13: 978-1620970843

[3] The Fukushima Daiichi Nuclear Accident. IAEA Report https://www.iaea.org/publications/10962/the-fukushima-daiichi-accident (A letöltés ideje: 2021.12.09.)

[4] Meadows, Donatella: Leverage points: Place to intervene in a System IAEA Report http://www.scrummaster.dk/lib/AgileLeanLibrary/People/DonellaMeadows/donellameadows.org-Leverage%20Points%20Places%20to%20Intervene%20in%20a%20System.pdf (A letöltés ideje: 2021.12.09.)

A VESZÉLYES ANYAGOT TÁROLÓ RAKTÁRCSARNOKOK TERVEZÉSÉNEK TŰZVÉDELMI ÉS IPARBIZTONSÁGI ASPEKTUSAI

FIRE AND INDUSTRIAL SAFETY ASPECTS OF DESIGN FOR HAZARDOUS MATERIAL STORAGE HALLS

KÁTAI – URBÁN MAXIM / DR. CIMER ZSOLT

MAXIM.KATAI-URBAN@KATVED.GOV.HU /CIMER.ZSOLT@UNI-NKE.HU

0000-0002-5553-9850 / 0000-0001-6244-0077

Absztrakt

A koronavírusválság nagymértékben hozzájárult a logisztikai folyamatok újragondolásához, a just-in-time rendszer helyett a raktározási tevékenység folytatásához. A változás eredményeként megnövekedett a logisztikai ingatlanok iránti kereslet. Raktárcsarnok építése komplex feladat, az építész és a szakági tervezők folyamatos csapatmunkája szükséges. A logisztikai ingatlan – amennyiben a területén lévő veszélyes anyagok mennyisége meghaladja a vonatkozó jogszabály szerinti küszöbértéket – veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemmé válhat és a tervezésbe az iparbiztonsági szakértőnek is be kell kapcsolódni. A szerzők raktárcsarnok tervezésének tűzvédelmi – iparbiztonsági aspektusait foglalják össze, igazolva az integrált szemlélet szükségességét.

The coronavirus crisis has greatly contributed to the rethinking of logistics processes and the continuation of warehousing instead of just-in-time. As a result of the change, the demand for logistics properties has increased. The construction of a warehouse is a complex task, the continuous teamwork of the architect and the professional designers is required. The logistics property may become a hazardous materials plant if the amount of hazardous substances in its territory exceeds the threshold under the relevant legislation, and an industrial safety expert must be involved in the planning. The authors summarize the fire safety - industrial safety aspects of warehouse design, justifying the need for an integrated approach.

Bevezetés

A koronavírus világválság a gazdaság minden területére hatással van, így a logisztikára is. Számos területen a logisztika csúcsra járatásával történik a piaci igények kielégítése, például a gyógyszer-kereskedelemben, az élelmiszerpiacon. Számos területen – elsősorban a just-in-time rendszert alkalmazó vállalkozások esetén – azonban a termelés ellehetetlenült az alapanyagok hiánya miatt, ugyanis a just-in-time rendszert alkalmazó folyamat esetén a raktározási igény elsősorban a beszállítónál jelentkezik, és nem a termékelőállítás helyszínén. Ha azonban a beszállítótól nem tud az alapanyag eljutni a termelőhöz a határlezárások miatt, akkor akadozik a fogyasztói termék előállítása. Ezért várhatóan a jövőben a készletgazdálkodás területén változások várhatók: a termelők nagyobb részben vállalják át azt a logisztikai feladatot, amit eddig meghagytak a beszállítóknál.

A gyakorlatban ez olyan növelt automatizáltságú raktárrendszereket jelenthet, amelyek radikálisan csökkentik a helyszíni készletkezelés költségeit. [1]

A koronavírus világválság másik jelentős hatása a fogyasztói szokások megváltozása. Az e-kereskedelem térnyerése miatt a raktárpiacon kapacitásigény jelentkezett. Várhatóan a fogyasztói attitűdök a válságot követően sem változnak, így a kapacitásigény tartóssá válhat. [1]

A Prologis Research külön jelentésében foglaltak szerint [2] fentiekben részletezett kihívások, valamint a vállalatok globális terjeszkedése egyre inkább próbára teszi az ellátási láncok alkalmazkodóképességét és rugalmasságát, ami fokozza az igényt a korszerű raktárak és a decentralizált ellátási láncok iránt. Ez a világméretű növekedés, amely mellé bővülő fogyasztói kör is társul, várhatóan 2 787 091 000–3 716 122 000 négyzetméternyi modern logisztikai ingatlan iránti igényt generál a következő ciklusban

Az utóbbi években a logisztikai ingatlan iránti keresletnövekedéssel párhuzamosan a raktárcsarnok építési volumenének növekedése is megfigyelhető. A raktárcsarnok építésének – a tárolandó áru tulajdonságaitól függően – iparbiztonsági és tűzvédelmi aspektusai is lehetnek. Jelen cikkben a raktárcsarnok építése, tervezése során – a teljesség igénye nélkül – a betartandó legfontosabb műszaki követelményeket és a kialakult jó gyakorlatot kívánjuk összefoglalni.

Tűzvédelmi és katasztrófavédelem-iparbiztonsági előírások

A tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságokról szóló 1996. évi XXXI. tv. 21. § (1) bekezdésében foglaltak szerint „Jogszabályban meghatározott esetben az építészeti-műszaki tervdokumentáció része a tűzvédelmi dokumentáció, amely tartalmazza törvény és annak végrehajtási rendeletében előírt tűzvédelmi követelményeknek való megfelelés dokumentálását tervekkel és műszaki leírásokkal.”

A 21. § (5) bekezdésében foglaltak szerint „A felelős műszaki vezető – annak hiányában a kivitelező – köteles a végleges építési engedélyben, a tűzvédelmi dokumentációban és a műszaki előírásokban szereplő tűzvédelmi követelményeket a kivitelezés során megtartani, megvalósítani, a tervezési hiányosságok megszüntetését a tervezőnél és a beruházónál kezdeményezni.” A 21. § (6) bekezdésében „A felelős műszaki vezetőnek – annak hiányában a kivitelezőnek – az építőipari kivitelezési tevékenységek befejezését követően az (5) bekezdésben foglaltak érvényesítéséről írásban kell nyilatkoznia.” [3]

Az építészeti-műszaki tervdokumentáció elkészítésébe tűzvédelmi szakértőt vagy tűzvédelmi tervezői jogosultsággal rendelkező személyt kell bevonni. A tűzvédelmi szakértőnek / tűzvédelmi tervezői jogosultsággal rendelkező személynek (továbbiakban együtt: tűzvédelmi tervező) az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról szóló 54/2014. (XII. 5.) BM rendeletben (továbbiakban: OTSZ) foglaltak szerinti tűzvédelmi követelményeket, az elérendő biztonsági szintet kell figyelembe vennie.

A biztonsági szint elérhető tűzvédelmet érintő nemzeti szabvány betartásával, a tűzvédelmi műszaki irányelvekben kidolgozott műszaki megoldások, számítási módszerek alkalmazásával, vagy a tűzvédelmi műszaki irányelvektől vagy a nemzeti szabványtól részben vagy teljesen eltérő megoldással, ha az azonos biztonsági szintet a tervező igazolja. [3]

II. Iparbiztonsági és hatósági nap

A tűzvédelmi tervezőnek a tűzvédelmi dokumentáció elkészítéséhez ismernie kell a raktárcsarnok funkcióját, a benne tervezett tevékenységet (passzív tárolás vagy sem), a tárolni tervezett terméket. Számos esetben a beruházó a tervezési fázisban pontosan nem tudja meghatározni a tervezett létesítmény későbbi funkcióját, hiszen a piaci igények folyamatosan változhatnak.

Ezért a tervezés során a tűzvédelmi tervező és a beruházó folyamatos iterációs egyeztetése szükséges a tárolni kívánt áru és a bekerülési költség optimalizálása érdekében. Evidencia, hogy minél veszélyesebb áru tárolása tervezet, a tűzvédelmi követelmények annál szigorúbbak, így a beruházási költségek növekednek.

A tűzvédelmi tervező első feladata, hogy a rendelkezésre álló információk alapján meghatározza a tervezett létesítmény tűzvédelmi kockázati osztályát. A kockázati egység kockázati osztályának besorolásához az OTSZ 12. § nyújt támpontot. A tárolási alaprendeltetésű kockázati egység tárolóhelyiségeinek besorolásánál a tárolt anyagok, termékek, tárgyak jellemzői a mérvadók.

Tárolási alaprendeltetésű kockázati egység tárolóhelyiségében tárolt anyagok, termékek, tárgyak jellemzői		**A kockázati egység kockázata**
Kizárólag nem tűzveszélyes osztályba tartozó anyag és csak ilyen anyagból készített termék, tárgy; éghető anyagú csomagolás, tárolóeszköz nélkül		NAK
Mérsékelten tűzveszélyes és nem tűzveszélyes osztályba tartozó anyagok és ilyen anyagból készített termék, tárgy a mennyiségtől és a csomagolás tűzvédelmi jellemzőitől függetlenül, és/vagy tárolóhelyiségenként legfeljebb 300 liter vagy kg (a továbbiakban: l/kg) mennyiségű fokozottan tűz- vagy robbanásveszélyes anyag	a fokozottan tűz- vagy robbanásveszélyes anyag passzív tárolása esetén	NAK
	egyéb esetben	AK
Mérsékelten tűzveszélyes és nem tűzveszélyes osztályba tartozó anyagok és ilyen anyagból készített termék, tárgy a mennyiségtől és a csomagolás tűzvédelmi jellemzőitől függetlenül, és/vagy tárolóhelyiségenként 300 l/kg-nál nagyobb, de legfeljebb 3 000 l/kg mennyiségben fokozottan tűz- vagy robbanásveszélyes osztályba tartozó anyag	a fokozottan tűz- vagy robbanásveszélyes anyag passzív tárolása esetén	AK
	egyéb esetben	KK
Mérsékelten tűzveszélyes és nem tűzveszélyes anyagok és ilyen anyagból készített termék, tárgy a mennyiségtől és a csomagolás tűzvédelmi jellemzőitől függetlenül, és/vagy tárolóhelyiségenként 3 000 l/kg-nál nagyobb mennyiségben fokozottan tűz- vagy robbanásveszélyes anyag	a fokozottan tűz- vagy robbanásveszélyes anyag passzív tárolása esetén	KK
	egyéb esetben	MK
Gázpalacktároló	kizárólag semleges és nem mérgező gázok	NAK
	éghető, oxidáló, mérgező gázok legfeljebb 1000 kg gázmennyiségig	KK
	éghető, oxidáló, mérgező gázok, ha a gáz mennyisége meghaladja az 1000 kg-ot	MK

1. táblázat: A kockázat meghatározása [4]

A kockázati besorolás alapján a tűzvédelmi tervezőnek meg kell határozni az építmény tűzeseti szerkezeti állékonyságára vonatkozó követelményeket. Az építményszerkezetek tűzvédelmi osztályára és tűzállósági teljesítményére vonatkozó követelmények meghatározása az OTSZ 2. melléklet 1. táblázatában foglaltak szerint történik. Fontos megjegyezni, hogy az építési termék, építményszerkezet tűzvédelmi jellemzőit, megfelelőségeit a vonatkozó jogszabályi előírásoknak megfelelően igazolni kell, akár a későbbi hatósági ellenőrzések során is.

II. Iparbiztonsági és hatósági nap

A következő javasolt lépés a tűzterjedés elleni védelem megtervezése, melynek keretei között foglalkozni kell egyrészt a szomszédos építmények, szabadtéri tárolási egységek közötti megfelelő tűztávolság, védelem kialakításával, másrészt az építményen belül tűzterjedés minimalizálásával, azaz az építményszerkezetek közötti tűzterjedés lehetőségeivel és a tűzszakaszok kialakításával.

A tűzvédelmi tervezés során foglalkozni kell továbbá a hő és füstelvezetéssel. A gyakorlati tapasztalat szerint a beruházók törekednek az 1200 m2-nél kisebb alapterületű helyiségek kialakítására, ugyanis így hő és füstelvezető rendszer kiépítése nem szükséges.

A villamos berendezések tervezésének vonatkozásában az OTSZ 135. § (1) bekezdés a legfontosabb irányadó előírás, miszerint „Az építmény minden, központi normál és biztonsági tápforrásról táplált villamos berendezését, valamint a központi szünetmentes energiaforrásokat úgy kell kialakítani, hogy az építmény egésze egy helyről lekapcsolható legyen.” Ezzel párhuzamosan természetesen a biztonsági világítás, biztonsági jelzések és menekülési útirányt jelző rendszer és a tűzeseti fogyasztók működőképességét is biztosítani kell.

A tűzvédelmi tervezőnek a tűzvédelmi dokumentációban be kell mutatni a tűzoltás feltételrendszerének biztosítását, így az oltóvízhálózat és tűzcsapok kialakítását, az oltóanyag biztosítását, az épületből való kijutás (kiürítés) és az épületbe való bejutás műszaki paramétereit.

A jól előkészített építészeti-műszaki tervdokumentáció (melynek része a tűzvédelmi dokumentáció) elengedhetetlen feltétele a veszélyes tevékenység végzéséhez szükséges katasztrófavédelmi engedély kérelmezéséhez szükséges biztonsági jelentés, biztonsági elemzés, vagy súlyos káresemény elhárítási terv elkészítéséhez.

A tapasztalatok azonban azt mutatják, hogy az iparbiztonsági műszaki követelményeket már korábban érvényesíteni kell, például a helyszín kiválasztásánál. A lakott terület, ill. tömegtartózkodási létesítmények közelsége miatt könnyen előfordulhat, hogy a későbbi engedélyezések során az eredetileg tervezett tevékenységet a beruházó nem, vagy csak jelentős fejlesztés árán tudja folytatni.

A raktárcsarnok vonatkozásában az első kérdéskör a státusz meghatározása, amely az üzemeltető személyéhez kötött. Amennyiben egy raktárcsarnokban több bérlő / üzemeltető lesz, a státuszt a bérlőknek / üzemeltetőknek külön-külön kell meghatározniuk, azaz könnyen előfordulhat, hogy az építményben jelenlévő veszélyes anyagok meghaladják a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről szóló 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet 1. mellékletében szereplő felső küszöbértéket, ugyanakkor az üzemeltetői „elaprózódás” eredményeként mégsem kerül azonosításra. (Ebből az aspektusból is fontos a megfelelő tűzvédelmi kialakítás, az, hogy a bérleményeket önálló egységként lehessen kezelni.)

A raktárcsarnokra vonatkozóan már a tervezés fázisában szükséges veszélyelemzés elkészítése, amely során az alábbi lehetséges eseménysorok részletes vizsgálata, a védelmi zárak meghatározása szükséges:

- A veszélyes anyag és az esetlegesen keletkező oltóvíz élővízbe kerülése;
- Szilárd halmazállapotú veszélyes anyag kikerülése, kiporzás;
- Folyadék halmazállapotú veszélyes anyag kikerülése, kifolyás;
- Gáz halmazállapotú veszélyes anyag kikerülése;

- Mérgező anyag kihordása;
- Tűz keletkezése;
- Toxikus égéstermék képződése.

Az egyes eseménysorok részletes vizsgálatánál a tűzvédelmi dokumentáció input adattal szolgálhat, mind az eseménysor kialakulását befolyásoló tényezők, mind a védelmi zár vonatkozásában.

Ugyanakkor van számos olyan témakör, amelyekre műszaki előírás a tűzvédelmi dokumentációban nem jelenik meg. A szerzők megítélése alapján a legfontosabb vizsgálandó kérdéskör az épület kármentőként való kialakításának lehetősége, amely egyben a keletkező szennyezett tűzoltóvíz kezelését is jelenti.

Az építmény kármentő területként való funkcionálása két szempontból is lényeges: hogyan tudjuk az épületen belül szabadba került veszélyes anyag épületből való kijutását megakadályozni, valamint az esetlegesen keletkező szennyezett tűzoltó vizet lokalizálni.

Amennyiben tervezési fázisban a problémakör felismerésre kerül, költséghatékony megoldás alakítható ki. A jó gyakorlat több megoldási lehetőséget kínál, de talán a legkézenfekvőbb, ha a raktárterület minimális befele lejtésével (jellemzően 3 %) és megfelelő számú zsomp biztosításával került megoldásra a veszélyes anyagok terjedésének lokalizálása. Természetesen a raktárterület alatt folyadékzáró réteg kerül beépítésre, amely megakadályozza az esetleges talajba szivárgást. A zsompok helyett kiépíthető egy olyan elvezető rendszer, amely a raktárterületen keletkezett folyadékot egy zárt rendszeren keresztül az épületen kívül létesített vízzáró aknába / tartályba vezeti. Az aknából / tartályból pedig a folyadék (akár szennyezett tűzoltóvíz szivattyúzással) eltávolítható.

Hasonló feltételrendszert célszerű már a rakodó területen kialakítani, a veszélyes anyag esetleges talajba szivárgását műszaki védelmi rendszerrel biztosítani. (Vízzáró réteg a rakodó terület alá, kormányozható / szakaszolható csapadékvezetéssel, megfelelő tisztítással.)

Eredmények, javaslatok

A raktárcsarnok építése komplex feladat, melyhez az építész, a szakági tervezők – beleértve a tűvédelmi tervezőt – együttes, párhuzamos gondolkodása szükséges.

A tervezés megkezdése előtt a beruházóval pontosan meg kell fogalmazni a raktárcsarnok későbbi funkcióját, a tárolni kívánt termékek körét.

Egy tervezett raktárcsarnok – amennyiben több bérleményből áll, több különböző bérlővel (üzemeltetővel) – nem feltétlenül fog veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemnek minősülni még akkor sem, ha a jelenlévő veszélyes anyag mennyisége a raktárcsarnokban meghaladja a küszöbértéket.

Amennyiben egy raktárcsarnok veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemmé válik, az iparbiztonsággal foglalkozó szakembernek is be kell kapcsolódni a tervezésbe. A szerzők szakmai tapasztalata szerint raktárcsarnok vonatkozásában a veszélyes anyag kifolyás, valamint a szennyezett tűzoltóvíz szabadban történő terjedésének megakadályozása kiemelt prioritású feladat: az építmény és a rakodóterület kármentő területként való kialakítása a környezeti állapot megóvása érdekében elengedhetetlen.

II. Iparbiztonsági és hatósági nap

Felhasznált irodalom

[1] A fogyasztói attitűdök változása velünk maradhat a válság után is
https://www.ssi-schaefer.com/hu-hu/vallalat/hirek/fogyasztoi-attitudok-valsag-utan-683282
(A letöltés ideje: 2021.11.17.)

[2] Prologis Research különjelentés: Végérvényesen átalakul a raktárpiac: hogyan változik a jövőben a logisztikai ingatlanok iránti kereslet?
https://www.prologisce.eu/hu/logistics-industry-research/prologis-research-kulonjelentes-vegervenyesen-atalakul-raktarpiac
(A letöltés ideje: 2021.11.17.)

[3] 1996. évi XXXI. törvény a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról
https://njt.hu/jogszabaly/1996-31-00-00
(A letöltés ideje: 2021.11.17.)

[4] 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet Az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról
https://njt.hu/jogszabaly/2014-54-20-0A
(A letöltés ideje: 2021.11.17.)

[5] 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről
https://njt.hu/jogszabaly/2011-219-20-22
(A letöltés ideje: 2021.11.17.)

II. Iparbiztonsági és hatósági nap

KONFERENCIA PROGRAM

II. Iparbiztonsági és hatósági nap
2021. szeptember 02.

Sor-szám	Téma	Előadó	Idő	Helyszín
Plenáris ülés I. 08.00 – 13.00 **(**Levezető: Dr. Hábermayer Tamás tű. ezredes, Dr. Ackermann Zsuzsanna tű. alezredes**)**				
1.	Regisztráció	Szervezői állomány	09.00 – 09.30	Paksi Atomerőmű Zrt. Látogatóközpont Plenáris ülés
2.	Köszöntő	Dr. Kovács Antal Paksi Atomerőmű Zrt. kommunikációs igazgató	09.30 – 09.45	
3.	Megnyitó	Dr. Mógor Judit tű. dandártábornok BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság hatósági főigazgató-helyettes	09.45 – 10.00	
4.	Determinisztikus alapú tűzkockázat elemzés	Daruk Anita tű. százados BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság	10.00 – 10.20	
5.	Okos épületek tűzvédelmének alapjai	Dr. Érces Gergő tű. őrnagy Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katasztrófavédelmi Intézet	10.20 – 10.40	
6.	Veszélyes létesítmények tartószerkezeteinek tűzállósági tervezésének szempontrendszerei, a tűzállóság fokozása betontechnológia módszerekkel	Dr. Majorosné Dr. Lublóy Éva Eszter Budapesti Műszaki Egyetem egyetemi docens	10.40 – 11.00	
7.	Szünet		11.00 – 11.10	
8.	A veszélyes anyagot tároló raktárcsarnokok tervezésének tűzvédelmi és iparbiztonsági aspektusai	Dr. Cimer Zsolt Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víztudományi Kar egyetemi docens	11.10 – 11.30	
9.	Molekulák kémiai szerkezetének hatása a robbanási hajlamra	Dr. Kerekes Zsuzsanna Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katasztrófavédelmi Intézet egyetemi docens	11.30 – 11.50	
10.	Porrobbanás kialakulásának csökkentése a gyakorlatban és a DHA (Dust Hazards Analysis) módszer bemutatása	Szalai Mónika SafeChemsys Kft. robbanástechnikai szakértő	11.50 – 12.10	
11.	Szünet		12.10 – 13.00	

II. Iparbiztonsági és hatósági nap

Sor-szám	Téma	Előadó	Idő	Helyszín
Plenáris ülés II. 13.00 – 15.20 **(**Levezető: Dr. Hábermayer Tamás tű. ezredes, Dr. Ackermann Zsuzsanna tű. alezredes**)**				
12.	Az öregedési jelenségek kvantitatív elemzése: a veszélyes üzemek idővel történő fokozatos romlásából fakadó kockázatok hazai értékelési módszertana a nemzetközi események tükrében	Domján Iván tű. őrnagy BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság	13.00 – 13.20	Paksi Atomerőmű Zrt. Látogatóközpont Plenáris ülés
13.	Dominóhatás a fukusimai atomerőmű-baleset kapcsán	Dr. Hetesi Zsolt Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víztudományi Kar egyetemi docens	13.20 – 13.40	
14.	A lakossági óvintézkedések bevezetésének sugárzás monitorozási kérdései nukleáris veszélyhelyzetben	Manga László Paksi Atomerőmű Zrt. Balesetelhárítási Szervezet Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola doktorandusz	13.40 – 14.00	
15.	Szünet		14.00 – 14.10	
16.	A vízi közlekedési infrastruktúra sérülésének hatásai - a tiencsini és bejrúti kikötőrobbanások, mint HILP események	Dr. Hábermayer Tamás tű. ezredes Tolna Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság igazgatóhelyettes	14.10 – 14.30	
17.	Az ammónium-nitrát műtrágyák tárolásával és kezelésével kapcsolatos nemzetközi balesetek tapasztalatainak értékelése	Berger Ádám Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víztudományi Kar doktorandusz	14.30 – 14.50	
18.	Fókuszban az energiabiztonság, a 2006. november 4-ei Nagy Európai Áramszünet okai és tapasztalatai	Dr. Németh Zsolt Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víztudományi Kar egyetemi docens	14:50 – 15.10	
19.	Konferencia zárása	Dr. Bognár Balázs tű. dandártábornok Katasztrófavédelmi Tudományos Tanács elnöke Dr. Balázs Gábor tű. ezredes Tolna Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság megyei igazgató	15.10 – 15.20	
20.	Zárás			