

Király Lajos

ROBBANÁSVESZÉLYES ZÓNA BESOROLÁSÁNAK SZABÁLYAI - ESETTANULMÁNY

Absztrakt

Éghető gázok, ködök (aeroszolok) vagy porok környezetében az üzemeltetőknek meg kell határozniuk azokat a munkaterületeket, ahol robbanóképes légkör kialakulhat. A robbanóképes légkör kialakulásától, jelenlététől függően a potenciálisan robbanásveszélyes környezetet zónákra kell osztani. A zónabesorolástól függően kell meghatározni az alkalmazott gépekre, berendezésekre és a munkavégzésre vonatkozó szabályokat. A zónabesorolás metodikája szabványban rögzített. Jelen cikkben a szerző konkrét munkaterületre vonatkozóan végzi el a zónabesorolást, mutatja be a számítás anomáliáit.

Kulcsszavak: robbanóképes légkör, ATEX, zónabesorolás, esettanulmány

EXPLOSIVE ZONING RULES – CASE STUDY

Abstract

The legal regulation on industrial safety covers the tasks of the protection of major industrial accidents involving dangerous substances. The task of the procedure concerning the identification of dangerous substances is the determination of the activities coming under the scope of the legal regulation. In this article the authors analyse the development of the European legal regulation on the identification of dangerous substances. The assessment of the domestic regulation will be the task of the second part of the series of articles.

Key words: explosive atmosphere, ATEX, Ex Zone, case study

1. BEVEZETÉS

Annak érdekében, hogy a robbanásveszélyes környezetekben alkalmazandó munkavédelmi követelmények egységesek legyenek, és ne akadályozzák az Európán belüli kereskedelmet, 1975-ben a nemzeti szabályozásokat és ajánlásokat harmonizálták és kidolgozták az Európai Általános Irányelveket (76/117EEC). [1]

1994. március 23-án az Európai Parlament és a Tanács kiadta 94/9/EK Irányelvet a robbanásveszélyes légkörben való használatra szánt felszerelésekre és védelmi rendszerekre vonatkozó tagállami jogszabályok közelítéséről. [2] Az irányelvet a köznyelven ATEX néven tartja számon, amely az ATmosphere Explosible (robbanásveszélyes környezet) kezdő betűkből összeállított mozaikszó. Az Irányelv kizárólag a gyártókra vonatkozik. Az ATEX szabályozás önkéntes alkalmazása a tagállamok részére 1996-tól vált lehetővé, 2003. június 1-től pedig kötelezővé. [3]

A honosított, harmonizált irányelv hazánkban a 8/2002 (II.16.) GM rendelettel 2003. július 1-én lépett hatályba. [4] Az Unióhoz való csatlakozásunkkor a rendeletet a 49/2004 (IV.22.) GKM rendelettel módosították, ez azonban lényegi változást nem jelent, csak formaiakat. [5]

A felhasználókra vonatkozó kötelezettségeket „a robbanásveszélyes légkör kockázatának kitett munkavállalók biztonságának és egészségvédelmének javítására vonatkozó minimumkövetelményekről” szóló 1999/92/EK Európai Parlament és a Tanács Irányelv (ATEX 137) tartalmazza. [6] Az ATEX 137 Irányelv a magyar jogrendbe „a potenciálisan robbanásveszélyes környezetben levő munkahelyek minimális munkavédelmi követelményeiről” szóló 3/2003. (III. 11.) FMM-ESZCSM együttes rendelettel került adaptálásra. [7] A 3/2003 (III.11.) FMM-ESZCSM együttes rendelet az Unióhoz való csatlakozás napján lépett életbe, 2005. január 1-től pedig a rendelet hatályba lépése előtt kialakított munkahelyekre is alkalmazni kell. [8]

A robbanásveszélyes környezetekben alkalmazandó munkavédelmi követelmények meghatározásának alapja a robbanásveszélyes tér meghatározása, zónákra történő osztása. Jelen cikkben a potenciálisan robbanásveszélyes zóna meghatározására érvényes metodikát, valamint annak gyakorlati alkalmazását mutatom be. [9]

2. ROBBANÁSVESZÉLYES ZÓNA KIJELÖLÉSÉRE VONATKOZÓ SZÁMÍTÁSI METODIKA ÉRTÉKELÉSE

Robbanásveszélyes terek zónabesorolására az MSZ EN 60079-10-1:2009 szabvány alkalmazható. [10] A robbanásveszélyes tér a robbanóképes gáz/levegő keverék fordulási gyakorisága és időtartama alapján zónákba van sorolva, az alábbiak szerint:

- 0-s zóna: olyan térség, amelyben, normál üzemben gáz/levegő keverék folyamatosan vagy hosszú ideig jelen, van,
- 1-es zóna: olyan térség, amelyben, normál üzemben várhatóan fordul elő gáz/levegő keverék,
- 2-es zóna: olyan térség, amelyben normál üzemben várhatóan nem fordul elő gáz/levegő keverék, ha mégis fordul, akkor várhatóan, csak igen ritkán és csak rövid ideig marad fenn. [10], [11]

A robbanásveszélyes térségek zónabesorolásának menetét Az 1. ábra mutatja be,

A kibocsátási források meghatározásánál figyelembe kell venni, hogy a robbanásveszélyes tér meghatározása normál üzemre vonatkozik. Normál üzem olyan állapot, amelyben a gyártmány a tervezési jellemzők határértékein belül üzemel. [12] Ez azt jelenti, hogy nem havária helyzetekre történik a zónabesorolás, hanem a normál üzemi körülményekre.

Robbanásveszélyes terek csak akkor alakulhatnak ki, ha levegővel együtt éghető gáz vagy gáz keverék jelen van. Az éghető gázok, gáz keverékek jellemzően zárt technológiában fordulnak elő, robbanásveszélyes tér kialakulása üzemi körülmények között kizárólag a szivárgásoknál történhet. Néhány technológiai elem esetében – elsősorban biztonsági szerelvények – éppen a szivárgásuk során kell éghető gázok, gáz keverékek kibocsátásával számolni. [13], [14]

Minden berendezést (pl. tartályt, szivattyút, csatlakozást, kádat stb.) potenciálisan éghető anyagot kibocsátó forrásnak kell tekinteni. Ha az adott berendezés nem tartalmaz éghető anyagot, akkor az, nyilvánvalóan nem fog maga körül robbanásveszélyes térséget létrehozni. Ez vonatkozik arra az esetre is, ha az adott berendezés tartalmaz ugyan éghető anyagot, de azt nem tudja a környezetbe kibocsátani. (pl. a hegesztett csatlakozás nem lesz kibocsátó forrás). [15]

A potenciális kibocsátási forrásokról célszerű listát készíteni, amely tartalmazza a kibocsátási forrás pontos beazonosíthatóságát. [16]

2.1. A kibocsátó forrás kibocsátási fokozata

A kibocsátás három fokozata különböztethető meg [5]

Folyamatos fokozatú a kibocsátás, ha a normál üzemben folyamatosan, vagy várhatóan gyakori, vagy hosszú időtartamig tart.

Elsőrendű fokozatú a kibocsátás, ha a normál üzemben várhatóan rendszeresen, vagy esetenként fordul elő.

Másodrendű fokozatú a kibocsátás, ha a normál üzemben várhatóan nem fordul elő, vagy ha igen, akkor is ritkán és rövid időtartamig tart.

2.2. A kibocsátó források megállapítása - A kibocsátási ráta kiszámítása

A következő lépésben az egységnyi idő alatt kiáramló éghető gáz vagy gőz mennyiségének kiszámítása szükséges. Ez az úgynevezett kibocsátási mérték, vagy más néven ráta. Minél nagyobb a kibocsátás mértéke, annál nagyobb a zóna kiterjedése. [17]

Maga a kibocsátási mérték függ a kibocsátó forrás geometriájától, a kibocsátás sebességétől, koncentrációjától, éghető folyadék illékonyságától, valamint a folyadék hőmérsékletétől. [17]

A kibocsátás geometriája a forrás fizikai paramétereivel kapcsolatos, pl. nyitott felület, szivárgó karima. [17], [18]

A kibocsátás tömegárama – egy technológiai berendezésben tárolt anyag esetében – az üzemi nyomástól és a kibocsátó forrás geometriájától függ [2]

$$dG/dt_{\max} = S \cdot p^* \sqrt{\gamma + \frac{M}{R \cdot T}} \cdot \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma + 1}{2(\gamma - 1)}}$$

1. számú képlet

Alkalmazott jelölések az 1. számú képletben:

dG/dt_{\max} legnagyobb tömegáram [kg/s]

M gáz móltömege

T: gáz hőmérséklet a palackon belül

p	gáznyomás a kibocsátás helyén az adiabatikus expanzió politrop indexe
S	nyílás keresztmetszete
R	egyetemes gázállandó

2.3. A szell zés üzembiztonságának meghatározása

Ez után annak megállapítása szükséges, hogy a kibocsátó források körüli környezetben milyen a szell zés. A légkörbe kiáramló gáz vagy g z olyan mértékben felhígulhat, hogy a koncentrációja az alsó robbanási határkoncentráció alá csökken. . [2]

A szell zés az a folyamat, amely a kibocsátó forrás körül egy adott térfogatban friss leveg vel cseréli ki a légkört, ezáltal el segítve a szétterjedést. Megfelel mérték szell zés is megakadályozhatja a robbanóképes gázközeg fennmaradását és így befolyásolhatja a zóna típusát.

A szell zést légmozgással lehet megvalósítani, amely lehet természetes, a szél által, vagy mesterséges, amelyet például egy ventilátor vagy elszívó berendezés állít el . A szell zésre vonatkozó legfontosabb tényez az, hogy a fokozata vagy mértéke közvetlen kapcsolatban van a kibocsátó forrás típusával és a hozzá tartozó kibocsátási mértékkel. Ez független a szell zés típusától, legyen szó természetes vagy mesterséges légcserér l. Eszerint a robbanásveszélyes térségben ideális szell zési feltételeket lehet elérni. Minél nagyobb a szell zés mértéke a lehetséges kibocsátási mértékhez viszonyítva, annál kisebb a zóna (robbanásveszélyes térség) kiterjedése, amely bizonyos esetekben elhanyagolható mérték vé is válhat (nem robbanásveszélyes térség). [2]

A szell zés vizsgálatokor el ször érdemes azt eldönteni, hogy a kibocsátó forrás környezetében milyen a szell zés üzembiztonsága, mivel hatással van a robbanóképes gázközeg jelenlétére vagy kialakulására és így a zóna típusára is. Ez azért lényeges, mert a szell zés üzembiztonságának vagy megbízhatóságának csökkenése a zóna növekedését eredményezi. A szell zés üzembiztonságának három szintje lehet:

- jó: A szell zés gyakorlatilag folyamatos. Szabad terek esetében a szell zés számításához a szélesebséget általában 0,5 m/s értékben kell megbecsülni, amely gyakorlatilag folyamatosan fennáll. Ilyen esetben a szell zés megbízhatónak tekinthet , tehát „jó”.
- megfelel : A szell zés normál üzem alatt várhatóan m ködik. Ritkán el forduló és rövid id tartamú kimaradások megengedettek.

gyenge: A szellőzés nem felel meg a jó és a megfelelő szintek feltételeinek, de szellőzési kimaradások hosszú időtartamokig nem várhatók. [19]

Azt a szellőzést, amely a gyenge üzembiztonságú szellőzés fogalmának sem felel meg, a térség szellőzésénél nem lehet figyelembe venni. A mesterséges szellőzés üzembiztonságának elemzésénél a berendezés üzembiztonságát kell figyelembe venni. [19]

2.4. A szellőzés hatékonyságának megadása

A szellőzéssel szabályozni lehet az éghető gáz- vagy gőzfelhagyás nagyságát és fennmaradási idejét a kibocsátás megszűnése után. A robbanóképes gázközeg kiterjedésének és fennmaradásának szabályozásához szükséges szellőzés fokozatát számítási módszerekkel meg lehet határozni. A szabványban található képletek és összefüggések jórészt fizikai jellemzők, konkrét értékek, irodalmi adatok felhasználásával alkalmazhatók. A számítások végeredményei:

- „Vz” elméleti térfogat, mely az a biztonsági tartalékkal megnövelt térfogat, amelyen kívül elhanyagolható mérték valószínűséggel kell csak robbanásveszéllyel számolni, „t” fennmaradási idő, amely alatt a robbanási koncentráció alá hígul a kibocsátó forrás környezetében lévő veszélyt okozó anyag. Folyamatos kibocsátásnál ez nem értelmezhető. [19].

2.5. A szellőzés fokozatának meghatározása

A következő lépésben a szellőzés fokozatának megállapítása szükséges. A szellőzés fokozatát nem a tervező vagy szakértő dönti el, hanem az elméleti térfogat értéke, illetve zárt terek esetében a helyiség térfogata és az elméleti térfogat aránya határozza meg. A szellőzés következő három fokozata ismert [20], [21]:

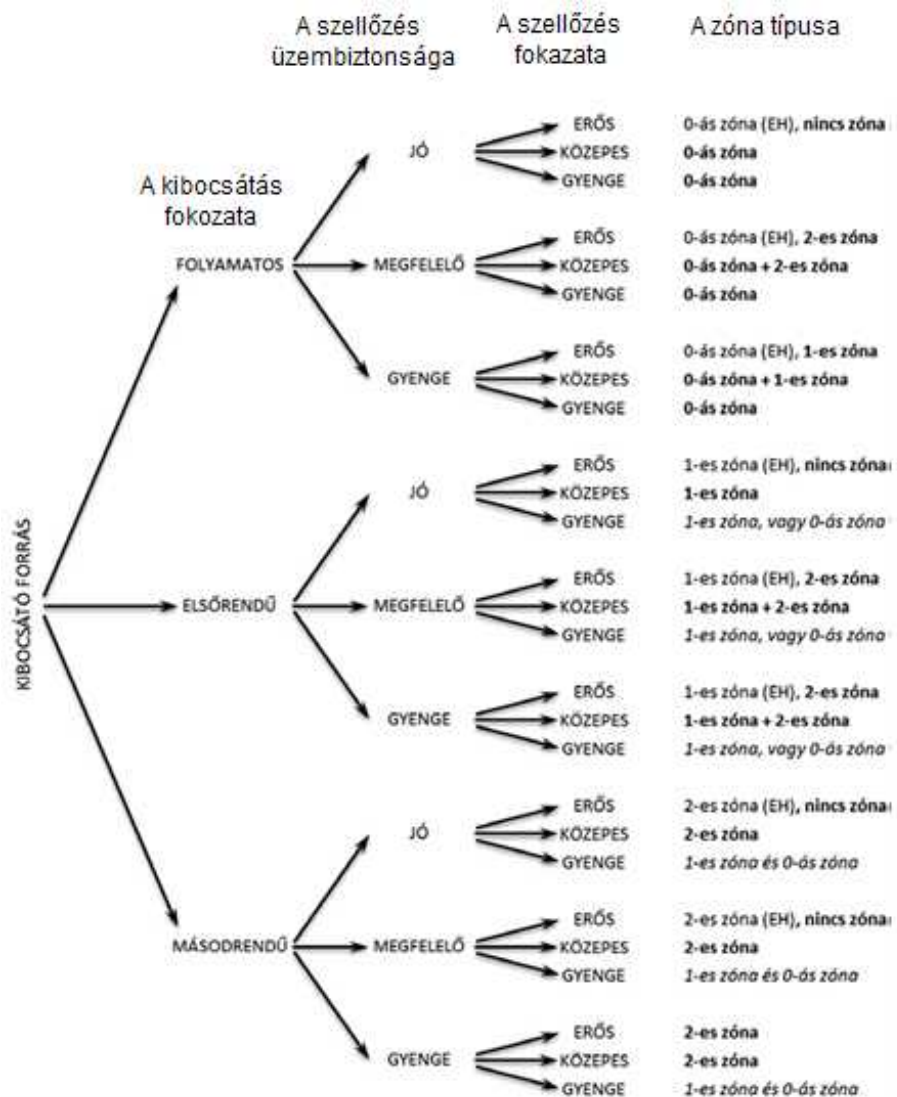
- Erős szellőzés (VH): Gyakorlatilag azonnal csökkentheti a kibocsátó forrásnál lévő koncentrációt, alsó robbanási határ értéke alatti koncentrációt létrehozva. Elhanyagolható kiterjedés zónát eredményez. Azonban, ha a szellőzés üzembiztonsága nem megfelelő, akkor az elhanyagolható kiterjedés zónát egy másik zónatípus veheti körül.
- Közepes szellőzés (VM): Szabályozhatja a koncentrációt stabil zónahatárokat biztosítva a folyamatos kibocsátás közben, és amikor a kibocsátás megszűnése után nem marad fenn jelentős mennyiség robbanóképes gázközeg. A zóna típusát és kiterjedését a tervezési

paraméterek határozzák meg.

- Gyenge szellés (VL): A kibocsátás folyamata idején nem képes szabályozni a koncentrációt, és/vagy a kibocsátás megszűnése után nem tudja megakadályozni, hogy túlzott mennyiség éghető gázkeverék maradjon fent.

2.6. Zónakijelölés

A 2. ábra szemlélteti, hogyan változnak a zóna típusok a szellés hatására.



1. ábra: A szellés hatása a zóna típusára **Forrás:** [22]

2.7. Robbanásvédelmi dokumentáció

A robbanásveszélyes térben alkalmazandó berendezések m szaki követelményeinek, valamint az ott végzett munka feltételrendszerének meghatározása munkabiztonsági szakfeladat. Cél a biztonságos munkakörnyezet kialakítása. [23]

A szabályozás érdekében a munkáltatóknak robbanásvédelmi dokumentációt kell készíteni, amelyet folyamatosan köteles felülvizsgálni és szükség szerint módosítani. A robbanásvédelmi dokumentációnak minimum az alábbi elemeket kell tartalmaznia:

- a) a kockázatok felmérését és értékelését;
- b) a megtett intézkedéseknek a felsorolását
- c) a munkaterületek zónákba történ besorolását;
- d) a munkaeszközök és használatuk biztonsági és egészségügyi követelményeinek minimális szintjére vonatkozó intézkedéseket. [23]

A robbanásvédelmi dokumentáció elkészítése és felülvizsgálata munkabiztonsági szaktevékenység azzal, hogy a vizsgálatban legalább középfokú t zvédelmi szakképesítés személy részvétele szükséges. [23], [24]

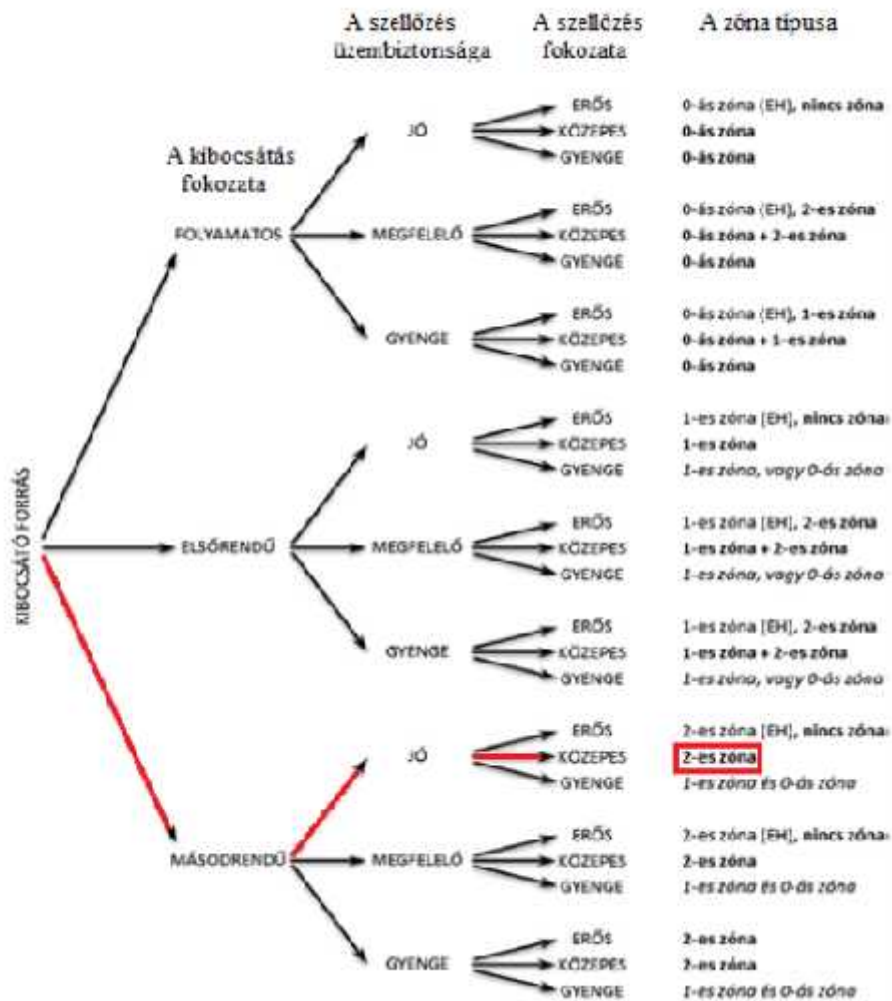
3. ESETTANULMÁNY

A zónakijelölést az egyszer sítés érdekében egy hidrogén vezetéken mutatom be, amelyen bontható cs kötések található. A hidrogénrendszerben lévő maximális nyomás 22 bar.

A zónakijelölés els lépése a kibocsátó forrás meghatározása. Normál üzem alatt a hidrogén szabadba kerülése kizárólag a bontható kötések tömítetlensége miatt történhet. A kibocsátás fokozata ennek megfelelő en másodrend , üzemi h mérséklet környezeti, nyomás 22 bar.

A cs vezeték a szabadban található, ezért a szell zés típusa természetes. A berendezések körüli környezet szell zésének üzembiztonsága jó, mivel szabad terek esetében a szélsébséget 0,5 m/s értékben kell megbecsülni, amely gyakorlatilag folyamatosan fennáll. Ezt figyelembe véve a szell zés megbízhatónak tekinthet , tehát jó. [25], [26]

A 3. ábra a zónakijelölés menetét mutatja be.



2. ábra: Zónakijelölés hidrogénvezetéken lévő bontható kötés esetében **Forrás:**[23]

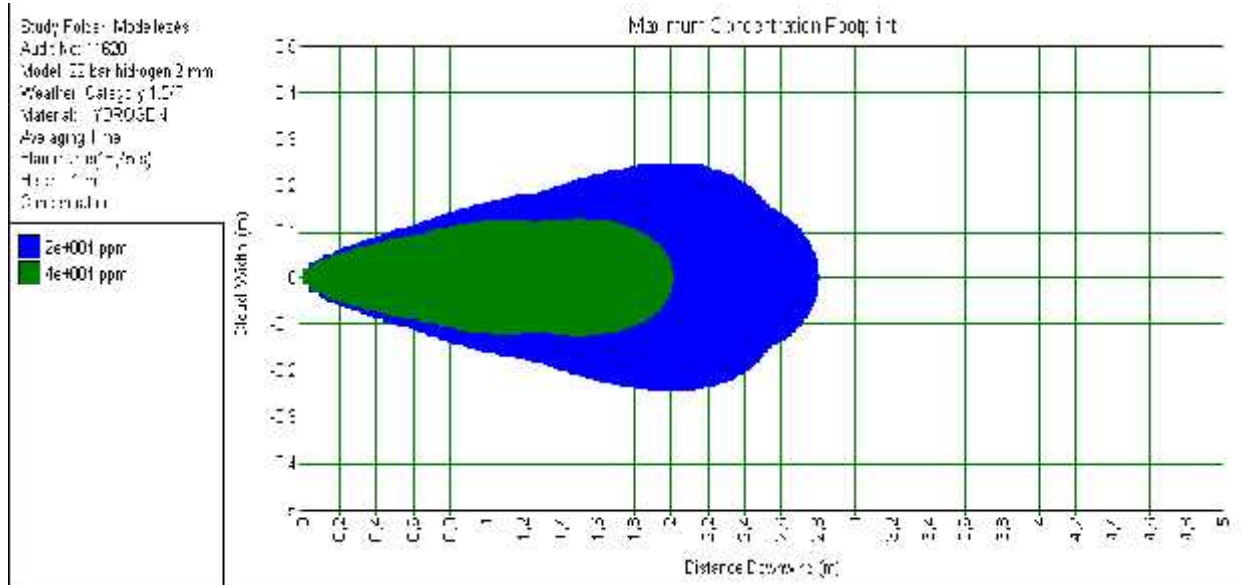
A 3. ábra szerint a bontható cs kötések, valamint a lefúvató környezetét 2-es zónaként soroltam be. 2-es zónában normál üzemben várhatóan nem fordul el robbanóképes gázközeg, ha mégis, akkor is csak igen ritkán és rövid ideig tart.

A zóna méretének meghatározását szoftveres modellezéssel végzem el. A modellezéshez a SZIE YMÉK T z- és Katasztrófavédelmi Intézet DNV Phast Micro szoftverét [27] alkalmazom az alábbi peremfeltételek mellett [28], [29]:

- Anyag: Hidrogén
- Esemény: Gázkiáramlás csövön keresztül, folyamatos kiáramlás.
- Gáznyomás: 22 bar, küls nyomás: 1 atm.
- H mérséklet: Környezeti (átlag).
- Ekvivalens lyukátmér : 2 mm.

– Kiáramlási idő : folyamatos.

A modellezés eredményét, azaz az ARH koncentrációjának (4E4 ppm), valamint az 50%-os ARH koncentrációjának (2E4 ppm) megfelelő felhő lenyomatát (felhő szélessége a távolság függvényében) az alábbi ábra mutatja be:



3. ábra: ARH és 50%-os ARH koncentráció meghatározása

Forrás: saját szerkesztés

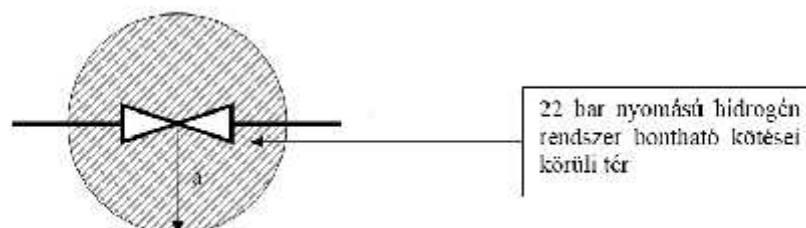
Az 50%-os ARH koncentrációt biztonsági szempontból határozom meg. A kibocsátó forrástól számított 2,8 m távolságban az 50%-os ARH koncentráció, 2 méter távolságban ARH koncentráció alakulhat ki. Bontható cs. kötések térségében a robbanásveszélyes környezet a tér minden irányába kialakulhat, ezért a zóna térbeli formája gömb. [30]

Az MSZ EN 60079-10-1:2009 szabványnak megfelelő zónakijelölést az alábbiak szerint foglalom össze:

A zóna típusát és kiterjedését befolyásoló tényezők	
Szellőzés	
Tipusa	Természetes
Fokozat	Közepes
Üzembiztonság	Jó
Kibocsátó forrás	
Szerelvények bontható csatlakozási	Másodrendű
Termék	
Gáz	Hidrogén
Gázszűrőség	Kiseb, mint a levegőé

1. táblázat: 22 bar nyomású cs. vezeték bontható cs. kötéseinek zónakijelölését

megalapozó adatok *Forrás:* saját adatok



5. ábra: 22 bar nyomású cs vezetékek bontható cs kötéseinek zónakijelölését megalapozó adatok
Forrás: saját szerkesztés

2-es zóna jellemzői:
kiterjedése: $a = 2,8$ m
formája: gömb

4. KÖVETKEZTETÉSEK - ÖSSZEGZÉS

A robbanásveszélyes környezetekben alkalmazandó munkavédelmi követelmények meghatározásának alapja a robbanásveszélyes tér meghatározása, zónákra történő osztása. A kijelölt zónában a zóna típus szerinti követelményeinek megfelelő berendezést, egyéni védőeszközt kell alkalmazni, a munkafolyamatokat szabályozni.

A robbanásveszélyes zóna méretének egzakt módon történő meghatározásának biztonságtechnikai szempontból rendkívüli szerepe van, a nem megfelelő, az indokoltnál kisebb zóna méret miatt normál üzemi körülmények között robbanás, baleset következhet be. Az indokoltnál nagyobb zónaméret azonban rendkívüli költségeket jelenthet az üzemeltető számára, ugyanis a különböző robbanás-biztos berendezések ára jóval magasabb.

Jelen cikkben bemutattam a robbanásveszélyes zóna kijelölést meghatározó alapparamétereket, gyakorlati példával szemlélítve a robbanásveszélyes zóna kijelölés egyik lehetséges metodikáját.

5. HIVATKOZÁSOK

- [1] Council Directive 76/117/EEC of 18 December 1975 on the approximation of the laws of the Member States concerning electrical equipment for use in potentially explosive atmospheres EU Law and publications, <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/4202b1c6-ba3c-4288-b5fd-eea2c35351c2/language-en> (Letöltés ideje: 2016.05.29.)
- [2] 94/9/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv robbanásveszélyes légkörben való használatra szánt felszerelésekre és védelmi rendszerekre vonatkozó tagállami jogszabályok közelítéséről (1994. március 23.) <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0094> (Letöltés ideje: 2016.05.29.)
- [3] 94/9/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv robbanásveszélyes légkörben való használatra szánt felszerelésekre és védelmi rendszerekre vonatkozó tagállami jogszabályok közelítéséről (1994. március 23.) <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0094> (Letöltés ideje: 2016.05.29.)
- [4] 8/2002. (II. 16.) GM rendelet a potenciálisan robbanásveszélyes környezetben történő alkalmazásra szánt berendezések, védelmi rendszerek vizsgálatáról és tanúsításáról http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A0200008.GM (Letöltés ideje: 2016.05.29.)
- [5] AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 1999/92/EK IRÁNYELVE (1999. december 16.) a robbanásveszélyes légkör kockázatának kitett munkavállalók biztonságának és egészségvédelmének javítására vonatkozó minimumkövetelményekről (15. egyedi irányelv a 89/391/EGK irányelv 16. cikkének (1) bekezdése értelmében) <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A31999L0092> (Letöltés ideje: 2016.05.31.)
- [6] AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 1999/92/EK IRÁNYELVE (1999. december 16.) a robbanásveszélyes légkör kockázatának kitett munkavállalók biztonságának és egészségvédelmének javítására vonatkozó minimumkövetelményekről (15. egyedi irányelv a 89/391/EGK irányelv 16. cikkének (1) bekezdése értelmében) <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A31999L0092> (Letöltés ideje: 2016.05.31.)
- [7] 3/2003. (III. 11.) FMM-ESzCsM együttes rendelet a potenciálisan robbanásveszélyes környezetben levő munkahelyek minimális munkavédelmi követelményeiről http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A0300003.FMM (Letöltés ideje: 2016.05.28.)
- [8] Cimer Zs., Dancsecz B.: Robbanásveszélyes terekben történő munkavégzés, a robbanásvédelmi dokumentáció készítésének tapasztalatai. Munkavédelem és Biztonság-technika,

XXII 1 (2010) pp. 22–26.

[9] Kátai- Urbán Lajos: Súlyos ipari balesetek megelőzését és a felkészülést célzó jogintézmények egységes rendszerbe foglalása, Hadmérnök IX. évfolyam, 4. szám, 2014. december, http://hadmernok.hu/144_10_katai_urbanl_1.pdf (Letöltés ideje: 2016.05.31.)

[10] MSZ EN 60079-10-1:2009 Robbanóképes közegek. 10-1: rész: Térésbesorolás. Robbanóképes gázközegek (IEC 60079-10-1:2008) <http://www.mszt.hu/web/guest/webaruhaz;jsessionid=A6779B2DFE4F24ABD580B15C70> (Letöltés ideje: 2016.05.31.)

[11] Restás Ágoston: Égés- és oltásmélet. Nemzeti Közszerológati Egyetem, Budapest, 2014. (Egyetemi jegyzet) ISBN 1586-0361

[12] Bónusz J.: Robbanásveszélyes térségek zónabesorolásáról, ahol a veszélyt az éghető gázok, gázok jelenléte okozza. A villamos veszélyesség fokozatainak elemzése a hatályos jogszabályok és szabványok összevetésével. Budapesti M szaki Egyetem, 2006. ISBN 2133-245

[13] A potenciálisan robbanásveszélyes környezetben lévő munkahelyek minimális munkavédelmi követelményeiről szóló 3/2003. (III.11.) FMM-ESzCsM együttes rendelet. http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A0300003.FMM (Letöltés ideje:2016.05.31.)

[14] Beda László, Kerekes Zsuzsa: Égés- és oltásmélet II. Budapest: Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar, 2006. ISBN 1586-0361

[15] Koburger Márk: Robbanásveszélyes terek zónabesorolása (gázok/g zök/ködök) I., Katasztrófavédelmi szemle (ISSN: 1218-2958) 2013. 1. évfolyam pp. 31-33.

[16] Nune Ravi Sankar, Bantwal S. Prabhu: Modified approach for prioritization of failures in a system failure mode and effects analysis, International Journal of Quality & Reliability Management, 2006. pp. 9-13

[17] A munkavédelemről szóló 1993. évi XCIII. törvény.

[18] Dencz Béla, Fejes János, Melich István, Molnár Edit, Pongrácz Gábor, Tihanyi István: Ismeret felújító, aktualizáló előadás sorozat a robbanásvédelem területén, Nemzeti Munkaügyi Hivatal/ExVÁ Kft., Budapest 2012. ISBN 2245-456

[19] Cimer Zs., Dancsecz B.: Robbanásveszélyes terekben történő munkavégzés, a robbanásvédelmi dokumentáció készítésének tapasztalatai. Munkavédelem és Biztonság-technika,

XXII 1 (2010) pp. 22–26.

[20] Andrei Rodionov, Heinz Wilkening, Pietro Moretto: Risk assessment of hydrogen explosion for private car with hydrogen-driven engine, *International Journal of Hydrogen Energy* Volume 36, Issue 3, February 2011, Pages 2398–2406 <http://conference.ing.unipi.it/ichs/images/stories/papers/199.pdf> (Letöltés ideje:2016.06.14.)

[21] Hernád M.: A robbanás fizikai hatásai és az él er védelmének lehet ségei. *Hadmérnök* IV. 3 (2009) PP. 80–94, http://hadmernok.hu/2009_3_hernad.pdf (Letöltés ideje: 2016. 05.29.)

[22] Dencz Béla, Fejes János, Melich István, Molnár Edit, Pongrácz Gábor, Tihanyi István: Ismeret felújító, aktualizáló el adás sorozat a robbanásvédelem területén, *Nemzeti Munkaügyi Hivatal* <http://docplayer.hu/136072-Az-exva-kft-ismeret-felujito-aktualizalo-eloadas-sorozat-a-robbanasvedelem-teruleten-cimu-eloadasanak-bovitett-szerkesztett-anyaga.html> (Letöltés ideje: 2016.05.31.)

[23] Bónusz J: Robbanásveszélyes térségek zónabesorolásáról, ahol a veszélyt az éghet g zök, gázok jelenléte okozza. <http://docplayer.hu/2147636-A-tuzvedelmi-osztalyba-sorolas-gyakorlata-es-problemai-bonusz-janos.html> (Letöltés ideje: 2016.05.31.)

[24] Bleszity János – Grósz Zoltán – Krizsán Zoltán – Restás Ágoston: *New Training for Disaster Management at University Level in Hungary*; NISPAcee, Budapest, 2014.05.22-24. ISBN 978-80-89013-72-2

[25] Restás Ágoston: *Alkalmazott t zoltás*. Nemzeti Közszerológati Egyetem, Budapest, 2015.(Egyetemi jegyzet) ISBN 1586-0361

[26] Gerd Petra Haugom, Herald Rikheim, Sandra Nielsen: *Hydrogen Applications- Risk Acceptance Criteria and Risk Assessment Methodology* http://www.eihp.org/public/Reports/Final_Report/Sub-Task_Reports/ST5.2/EHEC%20paper_final.pdf (Letöltés ideje: 2016. 06.14.)

[27] PHAST 6.1 MICRO következményelemz szoftver leírása, *Iparbiztonság II*. A veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek következményei és kockázatai SZIE tankönyv Budapest 2013. pp. 111-156 ISBN 2245-456

[28] Kátai-Urbán Lajos, Pellérdi Rezs , Vass Gyula: Veszélyes ipari üzemek szándékos károkozás elleni védelme, *BOLYAI SZEMLE* 2015:(2) pp. 115-129. (2015)

[29] Dobor József: Iparbiztonság fizikai és kémiai alapjai, Nemzeti Közsolgálati és Tankönyv Kiadó Zrt., Budapest: Nemzeti Közsolgálati Egyetem, 2014. 144 p., ISBN:978-615-5491-06-1

[30] Professor John H.S. Lee: Explosions Hazards of Hydrogen- Air Mixtures, McGill University, Montreal Canada.
http://www.hysafe.org/science/eAcademy/docs/1stesshs/presentations/Ireland_hydrogen_safety.pdf (Letöltés ideje: 2016. 06.14.)

Király Lajos, doktorandusz, Nemzeti Közsolgálati Egyetem Katonai M szaki Doktori Iskola
Lajos Király: PhD student National University for Public Service Military Technical Doctoral School

lajos.kiraly@zoltek.hu

ORCID: 0000-0002-4961-878X

Lektorálta:

A kézirat benyújtása: 2017.02.10.

A kézirat elfogadása: 2017.03.10.

Dr. Cimer Zsolt, PhD

Dr. habil. Kátai-Urbán Lajos t . ezredes, PhD