

Klór gáz kikerülésének, terjedésének, és kockázatának modellezése

Számos vízműnél, strandon használnak klór gázt, fertőtlenítésre vagy a víz ammóniatartalmának csökkentésére. Milyen veszélyekkel számolhatunk egy gázömlésnél? Mekkora területet, s ott hány embert érinthet a veszély? Milyen óvintézkedéseket kell hozni a beavatkozó tűzoltók védelme érdekében? Egy ALOHA programmal készített konkrét üzemi esettanulmányt adunk közre.

A klórozó technológia veszélyforrásai

A klórömlés szempontjából a legnagyobb kockázatot a *palackot/hordót a szabályozószeleppel összekötő csőszakasz*, ill. maga a *szabályozószelep meghibásodása* jelenti, hiszen ezeken a helyeken van jelen nyomás alatti klór gáz. E mellett a *gázpalackok/hordók hirtelen „katasztrófális törése”* is komoly kockázatot rejt, hiszen palack esetén 45 kg klór gáz, hordó esetén 550 kg klór gáz kerülhet ki rövid idő alatt a környezetbe. Általában a folyamatos üzemvitel biztosítása érdekében mindkét palack/hordó nyitott szelepállásban van, és az átváltószelep szabályozza, mikor melyikből áramoljon klór gáz. Az *átváltószelep meghibásodása* esetén előfordulhat, hogy egyszerre mindkét palackból áramlik klór gáz. Amennyiben ekkor a szelepen repedés keletkezik, palackok esetén 2×45 kg, tartályok esetén 1100 kg klór gáz kikerülésével kell számolni.

A klór kockázatát befolyásoló tényezők a vízmű telepeken

A konkrét helyen a vonatkozó szabvány (MSZ 10-506:1990) ajánlásával ellentétben a klórlefejtés, tárolás és a technológia szabályozórendszere ugyanazon helységben lett kiépítve. A szabvány 5 kg/h-nál nagyobb mennyiségű klór felhasználás esetén ír elő esőztető berendezést a helységben. Ennek ellenére esőztető berendezés nem lett kiépítve, noha ez nagymértékben lecsökkenthetné a klór gáz levegőbe való kijutásának kockázatát.

A kft. műszaki vezetőjének elmondása szerint klór gáz szivárgás esetén céljuk a mérgező gáz falakon belül tartása a beavatkozó szerv kiérkezéséig, a klór gáz levegőbe való kijutásának minimalizálása érdekében. Ezt a helység ajtajának csukva tartásával gondolják megoldani.

Ez az elv szintén ellentmond az említett szabvány előírásainak, hiszen a 3.1.1.13. pontja szerint: „Gázömlés gyanújakor az elszívóberendezést be kell indítani, a gázálcot fel kell venni, és csak így szabad a helységbe belépni.”

Több helyszíni szemle alapján megállapítható, hogy nem minden telephelyen van szellőzés kiépítve, és ahol van is ilyen, a szellőzés mértéke (légcser/h) nem ismert.

A mentés során mérlegelendő tényezők

- Palack sérülése esetén a klórömlés megszüntethető, ha mentesítő palackba sikerül helyezni a sérült palackot. Mivel a palack teljes testét befogadja a mentesítő palack, ezért bárhol is van a sérülés, a gázszivárgás megszüntethető. A sérült palack teljes töltete biztonságosan elhelyezhető a mentesítő palackban.
- A hordókhöz készenlétben tartott mentesítő csak a lefejtőszelep körüli klór gázömlést képes megszüntetni.

Felmerülő problémák

- A sérült palack helyhiány miatt nem helyezhető el az üzemelés helységében a mentesítő palackba, tehát a sérült palackot ki kell vinni a szabadba, és ott elvégezni a műveletet.

- Hordók esetében, ha nem a lefejtőszelep körül van a szivárgás, akkor az nem szüntethető meg a mentesítő eszközzel, ezért a hordó teljes töltetének kiömlésével kell számolnunk.

Milyen információra van szükség riasztáskor?

Riasztás esetén a terjedés kockázatának becslése szempontjából fontos információk:

1. Honnan szivárog klór? (Palack v. hordó?)
2. Mennyi ideje tart a szivárgás, és jelenleg hol van a tárolóedény? (épületben: zárt/szellőző, vagy szabadban)
3. Szivárgás pontos helye a tárolóedényen (ismert-e?).
4. Mennyi a palack/hordó jelenlegi nyomása? (Ebből következtethetünk arra, hogy még mennyi klór van a tárolóedényben)

A klór terjedésének modellezése, a terjedést befolyásoló tényezők

A kockázati tényezők alapján a klór terjedésének modellezése szempontjából a következő eseteket érdemes megvizsgálni:

1. *Csővezetéken v. szelepen történő szivárgás*
 - 45 kg klórt tartalmazó függőleges, hengeres formájú palackon található szelep esetén,
 - 90 kg klórt tartalmazó függőleges, hengeres formájú palackon található szelep esetén (váltószelep meghibásodását feltételezve),
 - 550 kg klórt tartalmazó vízszintes, hengeres formájú hordón található szelep esetén,
 - 1100 kg klórt tartalmazó függőleges, hengeres formájú palackon található szelep esetén (váltószelep meghibásodását feltételezve).
2. *Tárolóedényen keletkezett kör alakú nyílás*
 - 45 kg klórt tartalmazó függőleges, hengeres formájú palackon,
 - 550 kg klórt tartalmazó vízszintes, hengeres formájú hordón.
3. *Tárolóedény hirtelen törése, nagyobb repedése esetén, amikor nagy mennyiségű klór hirtelen szabadul ki.*
 - 45 kg klórt tartalmazó függőleges, hengeres formájú palack esetén,
 - 550 kg klórt tartalmazó vízszintes, hengeres formájú hordó esetén.

A kikerülés számításánál használt időjárási és egyéb adatok

- *a sérülés helye* (palack teteje/alja) és *mérete* (pl. kör geometria esetén átmérő, vagy hasadás esetén szélesség-hosszúság),
- *épületen belüli kikerülés* (az ALOHA program eleve így számol, a Phast-nál választani kell indoor/outdoor kikerülés közül),
- *terület borítottsága, beépítettsége,*
- *épület szellőzése:*
 - zárt helység, nincs légcseré,
 - 3-szoros légcseré/h,
- *levegőhőmérséklet:* 30 °C, 20 °C, 10 °C, 0 °C,
- *szélsebesség:*
 - gyenge szél (18 km/h=5 m/s),
 - erős szél (72 km/h=20 m/s).

A kikerülés kinetikája

A palack vagy tartály sérülése esetén a tárolóedényben a nyomás csökken, a folyadék állapotú klór folyamatosan gázzá alakul. A tartályban mindössze annyi klórgáz marad, amennyinek a nyomása 1 bar az adott térfogatban.

Mivel a klórgáz a levegőnél nehezebb, alulról telíti meg a helységet. Ha a bejárati ajtó tartalmaz beépített szellőzőnyílást alul, ott mindenképpen távozik majd klór még akkor is, ha a szellőzőberendezést lekapcsolják a klórgáz szivárgásának észlelését követően.

A kikerülés hajtóerejét a tárolóedényben lévő klór nyomása és a légköri nyomás közötti különbség jelenti. Ezért, ha feltételezzük, hogy a palackban és a hordóban azonos nyomáson lévő klórgáz van, időegység alatt azonos mennyiségű klór kerül ki az 550 kg-os hordóból és a 45 kg-os palackból is megegyező körülmények között. Természetesen, a klór töltet mennyiségétől függően a szivárgás több órán keresztül is tarthat.

A klór terjedésének bemutatása, értékelés

A szennyeződés terjedését a program 60 perces időintervallumra számolja ki, amelynek oka, hogy az időjárási körülmények, főként a szélirány gyakran változik, nem tekinthető állandónak nagyobb intervallumra.

Az ALOHA program segítségével kirajzolhatók azok a területek, ahol a klór koncentrációja a levegőben a klór AEGL-1, AEGL-2, AEGL-3 értékeit éri el.

Klórgáz – veszélyességi értékei

AEGL-1 (60): 0.5 ppm	A klór szaga érezhető a levegőben, irritáló hatású lehet.
AEGL-2 (60): 2 ppm	Az emberek irreverzibilis, vagy más súlyos hosszantartó egészségkárosodást szenvedhetnek.
AEGL-3 (60): 20 ppm	Az emberek az életminőséget befolyásoló egészségkárosodást szenvedhetnek, vagy ilyen klór koncentráció 60 perc alatti elszívése halált okozhat.

A klórgáz MAK értéke 1 ppm, ezt a Phast program használja is, hiszen 0.5, 1 és 3 ppm-es koncentrációjú területeket rajzol ki,

1. Első esettanulmány

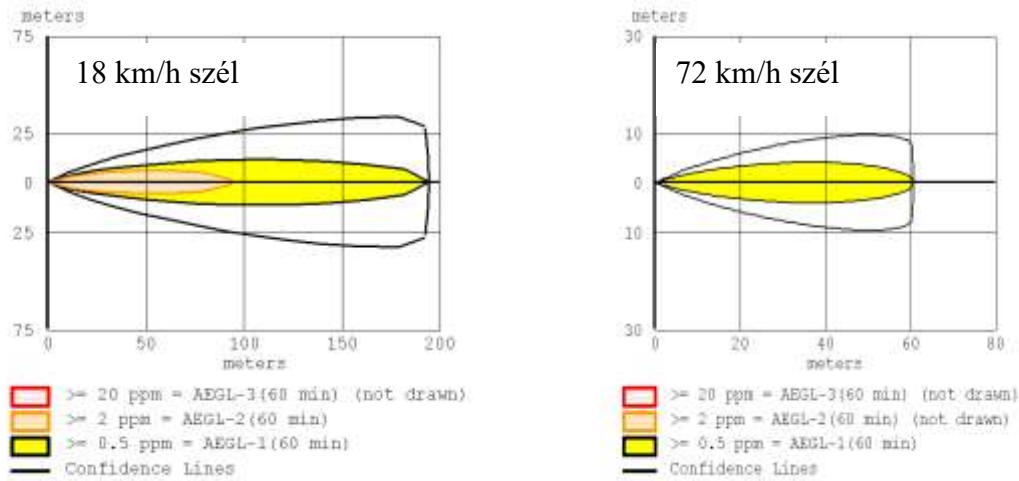
Klór szivárog **hengeres tárolóedényen**, vagy a **szabályozószelepen** keletkezett kör alakú sérülésen keresztül (lásd. A levegőben 60 perc alatt kialakuló klórkoncentráció térbeli változása független a klór töltet mennyiségétől.)

Paraméterek:

- Levegőhőmérséklet: 0-30 °C
- Szélsebesség: 5 és 18 m/s
- Légcsere: (nincs) ~0.01 /h
- Sérülés átmérője: 1 mm, 5mm

A klór koncentrációja nyári időszakban, gyenge szélmozgás esetén (18 km/h) – a forrástól számított 100 méterre szélirányban – már eléri a MAK értéket (1 ppm) (1. ábra).

Erősebb szélben (72 km/h) a klór várható koncentrációja a levegőben alacsonyabb, a MAK értéket nem éri el, ám mintegy 60 m-re a forrástól érezni lehet a klórt, és a légzőrendszert izgató hatása is jelentkezik



1. ábra. A klór terjedése az 1. esetben gyenge és erős szélben 30 °C on.
(sérülés átmérője: 1 mm)

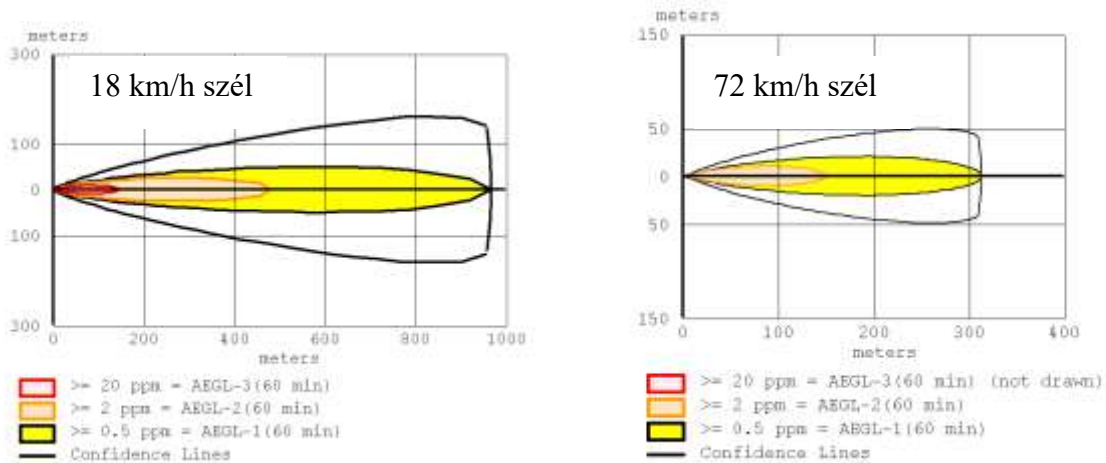
A hőmérséklet csökkenésével a klór a forrástól számított kisebb távolságban éri el a kritikus koncentrációt. Gyenge szél esetén mintegy 80 m-re a forrástól szükséges intézkedések megtétele a lakosságra nézve. Erősebb szélben a klórfelhő hígul, és a forrástól számított 50 m-nél nagyobb távolságban már alig érezhető a klór.

Átlagosnak mondható őszi ill. téli időjárási viszonyok között, ilyen esetben a klór koncentrációja a levegőben nem éri el a MAK értéket gyenge szélben sem.

1.1. A klór terjedése a sérülés méretének függvényében

Amennyiben az előzőnél ötször nagyobb méretű sérülés (átmérő: 5 mm) keletkezik a tárolóedényen vagy a szelepen, várhatóan a klór térfogatarama is ötször nagyobb lesz. Ennek eredményeképpen, ökölszabályként rögzíthető, hogy az a forrástól számított távolság, amelyen belül a klór koncentrációja eléri a kritikus értéket is kb. ötszöröse lesz (5 mm-es lyuk keletkezése esetén meghaladja az 500 m-t) (2. ábra). Erős szélben mintegy a forrástól számított 200 m-sugarú körön belül lehet szükséges a lakosságra vonatkozó intézkedések meghozatala.

A forrástól számított mintegy 100-120 m-en belül olyan magas klórkoncentráció várható, hogy 60 percen keresztül légzésvédő nélkül a területen tartózkodás **halálos kimenetelű lehet**.



2. ábra. A klór terjedése az 1. esetben gyenge és erős szélben 30 °C on. Sérülés átmérője: 5 mm)

1.2. A klór terjedése a sérülés helyének függvényében

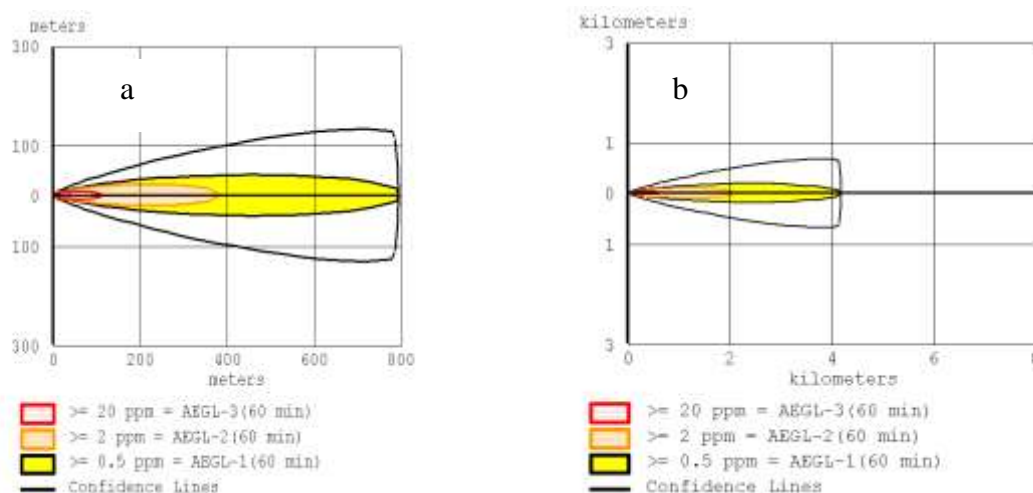
Az eddig bemutatottaktól eltérő következményekkel jár, ha a tárolóedény olyan részén (olyan magasságban) keletkezik sérülés, amelyen belül a klór folyadék állapotú.

A 45 kg klórt tartalmazó palack méretei és töltetmennyiségének ismeretében az álló palack kb. felső fél méterében található klór gáz, alatta klór folyadék. A földtől 20 cm-re bekövetkező sérülés esetén a klór koncentrációja a forrástól számítva mintegy 1,7 km távolságban eléri az AEGL-2 (60 perc) értéket.

Az 550 kg klórt tartalmazó hordó méretei és töltetmennyiségének ismeretében a fekvő hordó kb. felső ¼-ében található klór gáz, az alsó ¾-ében klór folyadék.

Amennyiben a hordó aljától 20 cm-re keletkezik kör alakú sérülés, a kikerülés első pillanataiban klór folyadék távozik a hordóból, és az párolog el, majd a nyomás csökkenésének eredményeképpen a nyílás körül gázzá alakulhat a klór, és klórgáz is távozik.

A kétfázisú kikerülés esetén a kritikus zóna távolsága a forrástól – a csak gázállapotú kikerüléshez képest – mintegy ötszörösére növekszik, nyári szélcsendes melegben eléri a 2 km-t (3. ábra)



3. ábra. A klór terjedése gyenge szélben 30 °C on 550 kg-os hordó sérülése esetén. (Sérülés helye: a hordó aljától 20 cm-re, sérülés átmérője **a**: 1 mm, **b**: 5 mm)

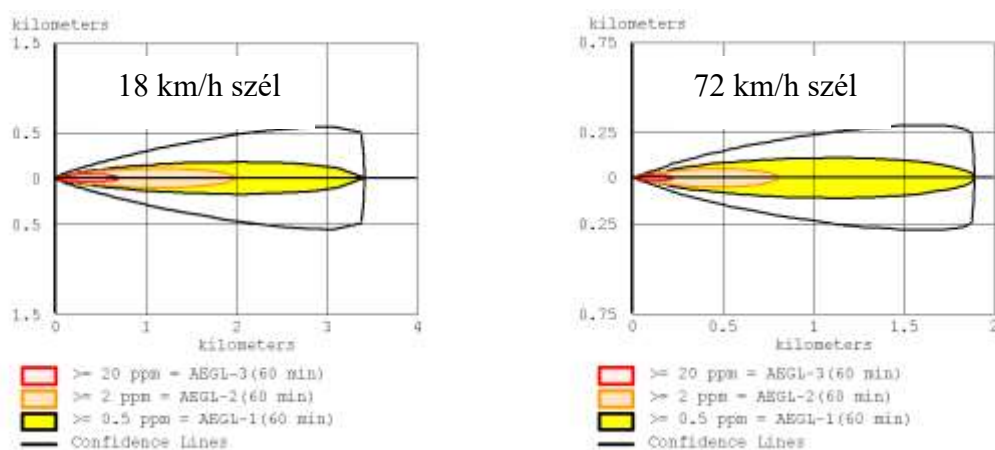
2. Második esettanulmány

Az előzőeknél nagyobb veszélyt jelent, az az eset, amikor a **klórtároló edény ún. „katasztrofális törése”** következik be. Ekkor rövid idő alatt nagy mennyiségű klór kiáramlásával kell számolni.

2.1. 45 kg-os klórpalack „katasztrofális törése”

Nyári melegben, gyenge szélmozgás esetén a forrástól 2 km-en belül a klór várható koncentrációja a levegőben eléri, ill. meghaladja MAK érték 2-szeresét (2 ppm), 500 m-en belül pedig a 20-szorosát (4. ábra.). Erős szél hígító hatásának köszönhetően a klór koncentrációja a forrástól mintegy 1 km-en belül kritikus.

Alacsonyabb hőmérsékleten a kritikus zóna területe csak kismértékben csökken, amely azt mutatja, hogy a várakozásoknak megfelelően, a terjedés mértékét kikerülés módja és mennyisége szabja meg, és az egyéb körülmények csak kisebb mértékben befolyásolnak.

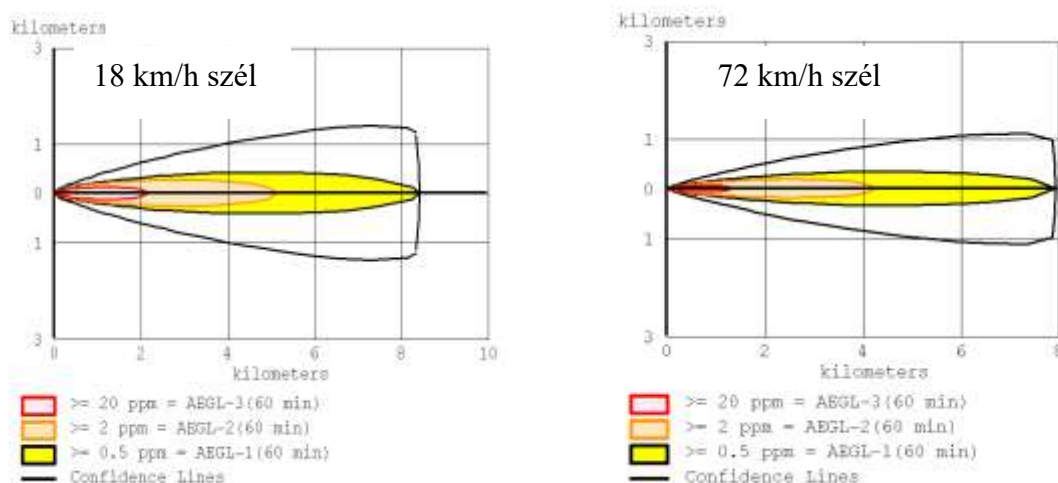


4. ábra. A 20 °C-os levegő klórkonzentrációja 45 kg-os klórpalack katasztrófális törése esetén a forrástól való távolság függvényében gyenge és erős szélben.

2.2. 550 kg-os klórt tartalmazó hordó „katasztrófális törése”

550 kg klór hirtelen kikerülése esetén – szélcsendes időben – a levegő klórtartalma a forrástól számított 5 km-en belül meghaladja a kritikus 1 ppm-es koncentrációt, 2 km-en belül pedig az igen veszélyesnek számító 20 ppm-es koncentrációt (5. ábra).

Erősebb szélben mintegy felére csökken az igen nagy kockázatot jelentő AEGL-3(60) zóna távolsága a forrástól. Az egészségre veszélyes, 1 ppm-nél nagyobb klórkonzentrációra a forrástól számított 4 km-en belül kell számítani.



5. ábra. A 30 °C-os levegő klórkonzentrációja 550 kg-os klórpalack katasztrófális törése esetén a forrástól való távolság függvényében gyenge és erős szélben.

Forrás:

Klór kiáramlás modellezése

Somogy megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság, Kaposvár