

XXXI. Országos Tudományos Diákköri Konferencia
Had- és Rendészettudományi Szekció
Budapest, 2013. április 16-18.
Nemzeti Közszolgálati Egyetem
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar

**BÁNYÁSZATI TEVÉKENYSÉGEKHEZ KAPCSOLÓDÓ
ZAGYTÁROZÓK BIZTONSÁGA**

Jelige: „vörösiszap”

Dolgozat lezárásának időpontja: 2011. november

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	3. old.
2. A súlyos baleset okai.....	5. old.
3. Az ipari biztonság és a bányászati hulladékgazdálkodási terv	7. old.
4. A X. kazetta ipari biztonsági átvilágítása	9. old.
4.1. A tározó környezetének bemutatása	9. old.
4.2. A kockázatelemzés folyamatának leírása	11. old.
4.2.1. Lehetséges csúcsesemények azonosítása	12. old.
4.2.2. A hibafa-elemzés módszerének bemutatása (FTA)	12. old.
4.2.3. Az eseményfa-elemzés módszerének bemutatása (ETA)	14. old.
4.2.4. Kockázatelemzés.....	15. old.
5. Gáttörés csúcsesemény részletes elemzése.....	16. old.
5.1. Csúcsesemény gyakoriságának megadása	16. old.
5.2. Csúcsesemény gyakoriság csökkentésének lehetősége	20. old.
5.3. Gáttörés valószínűsége a kockázatcsökkentő intézkedések után.....	22. old.
6. Köszönetnyilvánítás.....	24. old.
7. Függelék.....	25. old.
8. Felhasznált irodalom	26. old.
9. Kép- és ábrajegyzék	27. old.

1. Bevezetés

2010. október 4-én átszakadt az Ajkai Timföldgyár vörösiszap-tárolójának gátja. A baleset következtében 10 ember meghalt, több mint százötvenen megsérültek. Az erősen lúgos, maró hatású ipari hulladék felbecsülhetetlen gazdasági és ökológiai károkat okozott az ajkai kistérségben.

A baleset bekövetkezése előtt a MAL Zrt. által üzemeltetett X. sz. vörösiszap-tároló kazetta nem tartozott a SEVESO szabályozás hatálya alá – és ma sem tartozik – a bányászati hulladékok kezelésére vonatkozó 14/2008. GKM rendelet pedig nem tartalmazott ipari biztonsági normákat. Ezért sem a MAL vezetése, sem az illetékes hatóságok (környezetvédelmi hatóság, bányakapitányság) nem lehettek tisztában a tényleges súlyos baleseti okoknak, következményeknek és kockázatoknak. A kazetták átvilágítása így a baleset előtt nem történt meg, és a súlyos balesetekre vonatkozó csekély volumenű dokumentáció is csak bizonyos, nem megalapozott feltételezéseken alapult.

A súlyos baleset bekövetkezését követően a jogalkotó módosította a 14/2008. számú GKM rendeletet (IV.3.). A SEVESO szabályozás analógiájára az „A” osztályba sorolt hulladéktárolóknak biztonsági dokumentációt, bányászati hulladék-gazdálkodási tervet (BHGT) kellett készítenie, amelynek egyik része az ipari biztonsággal foglalkozik. BHGT súlyos ipari baleseti része gyakorlatilag egy olyan biztonsági irányítási rendszer, amely magába foglalja a kockázatok elemzését (az ipari biztonsági átvilágítást), illetőleg a dokumentáció része a belső vészhelyzeti terv.

A BHGT ipari biztonsági fejezetében az üzemnek bizonyítania kell, hogy a X-es kazettában jelenleg folyó tevékenység kockázatai elhanyagolhatóak, továbbá minden tőle elvárhatót megtett a súlyos balesetek megelőzése, illetőleg következményei minimalizálása érdekében. Ilyen igénnyel korábban még nem készült BHGT. A MAL menedzsmentje – a Kormánybiztosság hozzájárulásával – dr. Szakál Bélát bízta meg azzal, hogy egy szakértői team élén a dokumentációt készítse el. A Tanár Úr felkérésére kisegítő munkákat végezhettem.

A követelmény tehát az volt, hogy határozzuk meg a X. kazettánál milyen súlyos baleseti eseménysorok (szcenáriók) kialakulásával számolhatunk, és azok előfordulási gyakoriságát egy valószínűségeken alapuló skálán elhelyezzük. Az ipari biztonsági átvilágítások során ezek után mennyiségileg meg kellene határozni a lehetséges következményeket, majd az általunk

vizsgált pontokon az egyéni kockázatokat. Mivel a jogalkotó semmilyen, az engedélyezéshez kapcsolódó kritériumot nem adott meg a jelzett jogszabályban, ezek a szakértői team által lettek meghatározva, a bekövetkezési valószínűségeket kategorizálva.

A kockázatelemzés során első lépésként azonosítottuk az ún. csúcseseményeket, amelyek bekövetkezése rendkívüli eseményeket, valamint súlyos balesetet eredményezhetnek. Ezek után feltártuk az egyes csúcsesemények kialakulásához vezető okokat illetve azokat számszerűsítettük, mégpedig úgy, hogy hibafa-elemzés módszerével meghatároztuk az egyes csúcsesemények bekövetkezési valószínűségét. Következő lépésként eseményfa-elemzés módszerével elemeztük az egyes csúcsesemények bekövetkezése során a lehetséges hatásokat. Végül pedig a gyakoriságelemzés és a következményelemzés eredményei alapján értékeltük az egyes csúcsesemények kockázatát.

Jelen dolgozatban szeretném bemutatni, hogyan világították át e tevékenységet, milyen rendszert javasoltak a súlyos balesetek megelőzésére és esetleges következményeinek csökkentésére.

2. A súlyos baleset okai

„Valószínűsíthető, hogy a szakadás közvetlen oka a gát alatti talajtörés, mely az ezen a szakaszon közvetlenül a gátalapozás szintjén található kövér agyagban következett be, részben annak telítettsége, részben pedig a magas lúgtartalmú víz által bekövetkezett agyagásványok kioldódása miatt, melynek következtében a kvázi merev gáttest északi és nyugati gátja az északnyugati sarok környezetében eltörött, majd lezökkent több deciméteres nagyságrendben. A lezökkenés dinamikus hatására felszabadult energia az iszapot vélhetően megfolyósította, mely által az iszappal keveredett víz a széttöredezett északnyugati gátsarkot kirobbantotta.”

[Prof. dr. Telekes Gábor szakvéleménye]

Tíz ember halála és a másfélszáz sérülése ipari baleset következtében példátlan Magyarországon. Az emberi áldozatok nagy száma és a hatalmas anyagi és természeti károk azt kívánják, hogy a közvetlen okokon kívül röviden megemlítsék néhány olyan mélyebb okot is, amely jelentősen hozzájárult az említett következményekhez.

Az axiómaként leszögezhető, hogy szakmailag megalapozott, módszeres ipari biztonsági átvilágítás nélkül valamely üzem, vagy annak létesítménye vonatkozásában senki nem lehet tisztában azzal, hogy az adott üzem, vagy létesítmény milyen súlyos baleseti veszélyeket hordoz, és azoknak milyen következményei és kockázatai lehetnek. És ha vannak kockázatok, akkor a megelőzés és a következménycsökkentés vonatkozásában hogyan kell az üzem életét megváltoztatni.

A MAL nem tartozott a baleset előtt SEVESO szabályozás (az 1999. évi LXXIV. tv. – Kat.) hatálya alá – és ma sem tartozik – a bányászati hulladéktárolásra vonatkozó 14/2008. GKM rendelet pedig nem tartalmazott ipari biztonsági normákat. Ezért sem a MAL vezetése, sem az illetékes hatóságok nem lehettek tisztában a tényleges baleseti okoknak, következményeknek és kockázatoknak. Megjegyzendő, hogy a veszélyes üzemeink önként nem szorgalmazták volna az egyéni és társadalmi kockázataik meghatározását, nem erőltették volna az adekvát biztonsági irányítási rendszert vagy belső védelmi tervet. Vagy ha meg is tették volna ez utóbbiakat, azok megfelelése az átvilágítás eredményei nélkül esetleges lett volna.

Így kerülhetett sor arra, hogy néhány évvel ezelőtt a környezetvédelmi hatóság a környezetmegóvás érdekében résfalakat létesített az érintett kazettánál. Ez – bár

környezetvédelmi hasznát valószínűleg meghozta – ipari biztonság szempontjából ez óriási hibának bizonyult. A X-es kazettában, és az alatta lévő vízhordozó rétegben a lúg nyomása számottevően megnőtt, ami alapvető oka lehetett az agyagréteg elvékonyodásának, majd a réteg törésének, és végső soron a súlyos balesetnek. A másik nem kívánt hozadéka a résfalazásnak az lett, hogy az addig megfelelően működő folyadékgyűjtőrendszer egyensúlya a kazettában felborult, és így lényegesen nagyobb, nehezebben eltávolítható folyadéktartalma lett a tárolt vörösiszapnak.

A súlyos balesetet követően a X. kazetta töltése természetesen leállt. A kormány az érintett területek vonatkozásában kihirdette a „Veszélyhelyzet” Alkotmányban rögzített minősített időszaki állapotot. A MAL Zrt. felügyeletére kormánybiztost jelölt ki a BM OKF főigazgatójának személyében. A Kormánybiztosság hagyta jóvá a MAL Zrt. menedzsmentjének minden lényeges döntését. Így miután a balesetet követően a termelés újból beindult döntés született a jóval biztonságosabb száraz vörösiszap-technológia bevezetésére. A száraz, semlegesített vörösiszap elhelyezésére a menedzsment a X. kazettát kívánta felhasználni. A sürgősen módosított 14/2008. GKM rendelet alapján az „A” osztályú (és a X-es természetesen az) zagyártározókban csak bányahatósági hozzájárulással folyhat a tevékenység. A hozzájáruláshoz az üzemnek BHGT-et kell benyújtania a Veszprémi Bányakapitánysághoz melyben az üzemeltető bizonyítja, hogy a X-es kazettában folyó tevékenység kockázatai elhanyagolhatóak, továbbá minden tőle elvárhatót megtett a súlyos balesetek megelőzése, illetőleg következményei minimalizálása érdekében.



1. ábra – A kiürült X. kazetta

3. Az ipari biztonság és a bányászati hulladékgazdálkodási terv

A súlyos baleset bekövetkezését követően a jogalkotó módosította a Bányászati hulladékok kezeléséről szóló 14/2008. sz. (IV. 3.) GKM rendeletet. A SEVESO szabályozás analógiájára az „A” osztályba sorolt hulladéktárolóknak (és természetesen a MAL vörösiszap zagytározói ilyenek, azaz veszélyes üzemek) biztonsági dokumentációt, bányászati hulladékgazdálkodási tervet kell készítenie, amelynek egyik része az ipari biztonsággal foglalkozik.

A bányászati hulladékgazdálkodási terv (BHGT) ipari biztonsági részének a tartalma:

„1. az üzemeltető átfogó céljai és cselekvési elvei a súlyos balesetek kockázatainak ellenőrzése szempontjából;

2. a biztonsági irányítási rendszer leírása a szervezeti struktúra, a felelősségi körök, a gyakorlat, az eljárások, a folyamatok és a források, amelyek lehetővé teszik a súlyos balesetek megelőzésére kidolgozott terv meghatározását és végrehajtását.

3. A biztonsági irányítási rendszer a következőket szabályozza:

a) a szervezetet és a személyzetet - a szervezet minden szintjén a súlyos kockázatok kezelésébe bevont személyzet szerepét és felelősségét az ilyen személyzet szükséges képzésének meghatározását és az így meghatározott képzés megszervezését, a személyzet és ahol indokolt, az alvállalkozók bevonását,

b) a súlyos kockázatok azonosítását és értékelését - a szokásos és a rendellenes üzemeltetésből eredő súlyos kockázatok szisztematikus meghatározására szolgáló eljárások elfogadását és végrehajtását, előfordulásuk valószínűségének és súlyosságuknak a felmérését,

c) az üzemeltetés ellenőrzését - a biztonságos üzemeltetésre vonatkozó eljárások és utasítások elfogadását és végrehajtását, beleértve a létesítmény karbantartását, az eljárásokat, a berendezéseket és az ideiglenes leállásokat,

d) változások kezelését - a módosítások tervezésére szolgáló eljárások elfogadását és végrehajtását, vagy új hulladékkezelő létesítmények tervezését,

e) vészhelyzetek tervezését - az előrelátható vészhelyzetek szisztematikus elemzéssel történő azonosítására, az ilyen vészhelyzetekre való reakció céljából vészhelyzeti tervek elkészítésére, tesztelésére és felülvizsgálatára szolgáló eljárások elfogadását és végrehajtását,

f) teljesítmény-ellenőrzést - az üzemeltető súlyos balesetek megelőzésére kidolgozott tervében és a biztonsági irányítási rendszerében kitűzött céloknak való megfelelés folyamatos értékelésére szolgáló eljárások elfogadását és végrehajtását, valamint meg nem felelés esetén rendelkezést a vizsgálati mechanizmusokról és a helyesbítési intézkedésekről. Az eljárásoknak magukban kell foglalniuk a súlyos balesetek és a „kvázibalesetek” üzemeltető általi jelentésének rendszerét, különösen azokét, amelyek a védőintézkedések hiányosságaiból erednek, valamint e balesetek vizsgálatát és a tanulságok levonása alapján végzett nyomon követést,

g) ellenőrzést és felülvizsgálatot - a súlyos balesetek megelőzési tervének és a biztonsági irányítási rendszer hatékonyságának és megfelelőségének időszakonkénti szisztematikus értékelésére szolgáló eljárások elfogadását és végrehajtását, a terv és a biztonsági irányítási rendszer eredményeinek a vezetés általi, dokumentált elemzését és naprakésszé tételét.”

A BHGT súlyos ipari baleseti része tulajdonképpen a kockázatok elemzését (az ipari biztonsági átvilágítást) magába foglaló biztonsági irányítási rendszer (BIR), illetve a dokumentáció része a belső vészhelyzeti terv (BVT) (GKM rendelet 5.§ 5.)

4. A X. kazetta ipari biztonsági átvilágítása

A követelmény tehát az volt, hogy meg határozzuk a X. kazettánál milyen súlyos baleseti eseménysorok (szcenáriók) kialakulásával számolhatunk, és azok előfordulási gyakoriságát egy valószínűségeken alapuló skálán elhelyezzük. Az ipari biztonsági átvilágítások során ezek után mennyiségileg meg kellene határozni a lehetséges következményeket, majd az általunk vizsgált pontokon az egyéni kockázatokat. A mennyiségi következmény-elemzés (azaz a kiválasztott pontokon az elhalálozás valószínűsége biztosan bekövetkező scenárió esetében) nem igazán értelmezhető. Így a jogszabályalkotó a kockázatokra megfelelőségi kritériumokat sem határozott meg. Sőt, semmilyen, az engedélyezéshez kapcsolódó kritériumot nem adott meg a jelzett jogszabályban. Ezeket a team maga határozta meg, mégpedig a bekövetkezési valószínűségekhez kapcsolva.

4.1. A tározó környezetének bemutatása, természeti jellemzők

A X. számú vörösiszap-tározó kazetta (Tározó) a közép-dunántúli régióban Ajka településtől nyugati irányban kb. 2 kilométerre, Kolontár településtől keleti irányban hozzávetőleg 1 kilométerre Devecser településtől Dél-nyugati irányban 3,5 kilométerre helyezkedik el. A tározóhoz legközelebb eső település a 850 lakosú Kolontár. A földrajzi viszonyokat figyelembe véve a lehetséges következmények elemzésének egyik értékelési kritériumaként Kolontár távolsága – kb. 1 km – szolgálhat.

A Tározó környezetében annak 1 km-es övezetén belül különleges természeti értéket képviselő területek, műemlékek, valamint turisztikai nevezetességek nem találhatók.

Közművesítés tekintetében a vizsgált területen az ivóvíz-, illetve szennyvíz elvezetési szolgáltatást a Bakonykarszt Zrt. végzi. A víz földfelszín alatti víznyerő helyekről jut el a fogyasztókhoz. A kitermelt víz jelentős többsége karsztvíz. A Tározó 1 km-es környezetén belül ivóvízkút nem található. Az elektromos áram légvezetéken, illetve a nagyobb településeken belül földalatti vezetékeken jut el a fogyasztókig. A Tározó 1 km-es környezetén belül jelentős transzformátorállomás nem található. A gázellátás földalatti vezetékeken keresztül történik. A Tározó 1 km-es környezetén belül felszín feletti gázátadó állomás nem található. A vizsgált területeken a közúti és vasúti közlekedés van jelen. A Tározó 1 km-es környezetén belül Ajka-Devecser 7339. számú közút és a Székesfehérvár–Szombathely, 20-as számú vasúti fővonal található.

A Tározó környezetében lévő terület alapvetően mezőgazdasági művelés alatt áll, kb. 80%-a szántó a többi rét, legelő. A magasabban fekvő területek erdővel borítottak. Egy kilométeres környezetében jelentős, kritikus infrastruktúra szempontjából figyelembe veendő ipari létesítmény nem található.

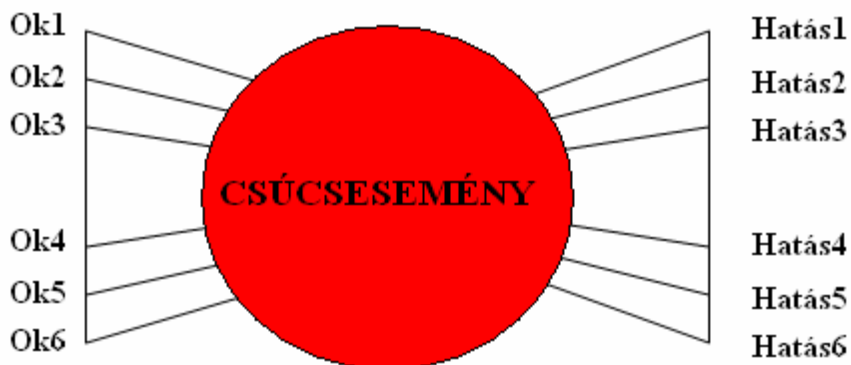
A Tározó és környezetében az éghajlati elemek nem térnek el lényegesen az országos átlagtól, a kockázatelemzés szempontjából kritikus éghajlati elem figyelembevételével nem kell számolni. A GeoRisk Földrengéskutató Intézet Kft. honlapja (www.foldrenges.hu) alapján a térség földrengés-veszélyeztetettsége megfelel az átlagos magyarországi veszélyeztetettségnek, olyan mérvű földrengés kialakulásának a valószínűsége, amely a gát állapotát befolyásolná elhanyagolható. Konzervatív megközelítésként a kockázatelemzés során a földrengés következményeit alapeseményként – megfelelő valószínűséggel – figyelembe vették. A térség talajvizei szennyeződhetnek, ugyanakkor a réteg- és karsztvizek megfelelő vastagságú földtani védőréteggel rendelkeznek, így a szennyeződésük valószínűsége elhanyagolható. Tekintettel arra, hogy a réteg- és karsztvizek szennyezése igen súlyos következményeket okozhat a kockázatelemzésben megvizsgáltuk a kialakuláshoz vezető okokat. A Tározó közelében élővíz – Torna-patak – található, ezért a kockázatelemzésben vizsgálni kellett a Torna-patak szennyeződésének lehetőségeit és következményeit.



2. ábra – A tározó környéke a baleset bekövetkezése előtt

4.2. A kockázatelemzés folyamatának leírása

A kockázatelemzést egy hibafa-eseményfa – „csokornyakkendő” alakúnak ábrázolható – módszerrel végeztük el. Ezt az alábbi ábra szemlélteti:



3. ábra – Kockázatelemzés folyamatának szemléltetése

Ahol **Ok1**, **Ok2**, ..., **Ok6** azon okok, amelyek a súlyos baleseti csúcseseményt előidézhetik, **Hatás1**, **Hatás2**, ..., **Hatás6** pedig a csúcsesemény bekövetkezéséből származó következmények.

A kockázatelemzés így az alábbi logikai lépésekre épült:

1. Azoknak az eseményeknek (ún. csúcseseményeknek) az azonosítása, amelyek bekövetkezése rendkívüli eseményeket, valamint súlyos balesetet eredményezhetnek. (csúcsesemény-azonosítás)
2. Az egyes csúcsesemények kialakulásához vezető okok (közbülső események és alapesemények) feltárása (eseményanalízis), és azok számszerűsítése, a vizsgált csúcsesemény bekövetkezési valószínűségének (gyakoriságának) meghatározása. A folyamat megnevezése a továbbiakban: gyakoriságelemzés, vagy frekvencia analízis, amit mi hibafa-elemzés módszerével végeztünk el.
3. Az egyes csúcsesemények bekövetkezése során a lehetséges hatások elemzése, bemutatása. (A folyamat megnevezése a továbbiakban: következmény-elemzés, módszer: eseményfa-elemzés)
4. Az egyes csúcsesemények kockázatának (minőségi) értékelése a gyakoriságelemzés és a következmény-elemzés eredményeinek alapján.

4.2.1. Lehetséges csúcsesemények azonosítása

Tehát az első lépés a lehetséges súlyos baleseti csúcsesemények meghatározása volt. Ezeket a csúcseseményeket a csapatban dolgozó, nagy tapasztalatokkal és irodalmi adattárral rendelkező bányamérnökök adták meg. Így a kockázatelemzés során az alábbi csúcseseményeket vizsgáltuk:

1. csúcsesemény: Vörösiszap kiszállítás megakad
2. csúcsesemény: Résfal sérül
3. csúcsesemény: Rétegvízbe, karsztvízbe kerül a lúg
4. csúcsesemény: Az anyag a gát tetején átbukik
5. csúcsesemény: Gát alatt jön ki az iszap
6. csúcsesemény: Gát kontúrszivárgás
- 7. csúcsesemény: Gáttörés**
8. csúcsesemény: Porterjedés

A csúcsesemények azonosítása után meg kellett határoznunk az egyes csúcsesemények bekövetkezési valószínűségét. Ezt a már fent említett hibafa-elemzés módszerével végeztük el.

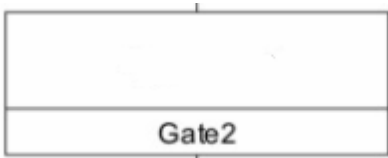
4.2.2. A hibafa-elemzés módszerének bemutatása (Fault Tree Analysis)

A hibafa-elemzés a rendszerek biztonságának elemzéséhez széles körben használt eljárás. A módszer egyik alapvető előnye az, hogy olyan meghibásodási lehetőségek szisztematikus és logikus feltárására és feldolgozására alkalmas, amelyek súlyos baleset kialakulásához vezethetnek.

A hibafa elemzés az eseményeket a súlyos balesethez vezető berendezés meghibásodásokra és az emberi tévedésekre bontja fel. A módszer ezért egy fordítva gondolkodási technika, azaz az elemző a súlyos balesetből, vagy a nemkívánatos esetekből indul ki. Ezeket el kell kerülni, és meg kell határozni az eseményt közvetlenül kiváltó okokat. Sorba vesszük a közvetlen kiváltó okokat, továbbá mindig megállapítjuk az eseményhez vezető alapvető okokat. A hibafa olyan ábra, amely szemlélteti ezeket az alapvető okokat, továbbá az okok és a baleset közötti összefüggéseket.

A hibafa elemzés eredménye azoknak a berendezés-hibák és az emberi hibák kombinációjának felsorolása, amelyek elegendőek egy súlyos baleset kiváltásához. A meghibásodásoknak ezeket a kombinációit minimális hibaesemény kombinációnak nevezik. Mindegyik minimális hibaesemény kombináció a berendezés- és az emberi hibák olyan legkisebb halmaza, amely elegendő egy súlyos baleset előidézéséhez, ha ezek a minimális hibaesemény kombinációban levő meghibásodások együtt, és egyszerre jelentkeznek.

A hibafa a berendezés meghibásodások (alapesemények) és egy adott baleset közötti összefüggések grafikus ábrázolása. Az összefüggések jelölésére a hibafa felrajzolása során jelképeket használunk. A hibafa-elemzés során leggyakrabban alkalmazott jelképeket az alábbi táblázatban mutatom be:

Jelkép	Jelentés
	VAGY kapu: A VAGY kapu azt jelzi, hogy a kimeneti esemény bármelyik bemeneti esemény bekövetkezésekor megvalósul.
	ÉS kapu: Az ÉS kapu azt jelzi, hogy a kimeneti esemény csak akkor következik be, ha az összes bemeneti esemény megvalósul.
	Alapesemény: Az alapesemény a berendezés olyan alapvető hibáját jelenti, amely nem igényel további kifejtést több alaphiba vagy meghibásodás irányába.
	Közbenső esemény: A közbenső esemény olyan hibaeseményt jelöl, amely más hibaeseményeknek a logikai kapuk segítségével kifejezett kölcsönhatásából származik.

1. táblázat – Hibafa-elemzés leggyakrabban alkalmazott jelképei

Az egyes alapesemények bekövetkezési gyakoriságát az alábbi kategória rendszer szerint értékelték:

N ^o	Kategória	Bekövetkezési valószínűség
1	Elhanyagolható	0,001 – 0,1
2	Nagyon ritka	0,1 – 0,25
3	Ritka	0,25 – 0,5
4	Valószínű	0,5 – 0,75
5	Jelenleg is fennállhat	0,75 – 1

2. táblázat – Alapesemények bekövetkezési gyakoriságának értékelése

4.2.3. Az eseményfa-elemzés módszerének bemutatása (Event Tree Analysis)

Az eseményfa-elemzés, mint előzetes, egyedi, találgatásos, induktív eljárás, azokat a nemkívánatos eseményeket keresi, amelyek egy meghatározott okból származnak. Segítségével minőségileg és mennyiségileg elemezhetők az adott okból – mint valamilyen rendszerelem meghibásodása vagy hibás kezelés által előidézett kezdeti eseményektől – származó további események – mint eseménysorozat – logikai és időbeli lefolyásai. Az eseményfa módszer segítségével meg lehet határozni az – esetleg más módon feltárt – súlyos balesetekhez vezető eseménysorok gyakorisági értékeit, tehát a mennyiségi analízisre is alkalmas e módszer. Az eseményfa elemzés akkor jelent hatásos módszert, ha azt más módszerekkel kombináljuk. A gyakoriságok meghatározásának, azonban itt is (csakúgy, mint a hibafa módszernél) van egy nagyon fontos feltétele: ismernünk kell azoknak az eseményeknek (üzemzavaroknak) a gyakoriságát, amelyek kiindulásképpen szolgálnak a súlyos balesethez vezető eseménysorban. Az eseményfa-elemzéshez a Relex 7.7 szoftvert alkalmazták.

4.2.4. Kockázatelemzés

A gyakoriságelemzés és a következményelemzés eredményeit szövegesen is értékelték. Az egyes csúcsesemények kockázatát akkor tekintették elfogadhatónak, ha:

- a bekövetkezési gyakorisága nagyon ritka, vagy az elhanyagolható kategóriába esett,
vagy
- a csúcsesemény lehetséges következményei a MAL Zrt. területén belül lokalizálódtak.

Amennyiben a fenti két kritérium valamelyikének a vizsgált csúcsesemény nem felelt meg, akkor olyan kockázatsökkentő intézkedések fogantatosítására tettünk javaslatot, amely alapján a kockázati szint már tolerálhatóvá vált.

5. Gáttörés csúcsesemény részletes elemzése

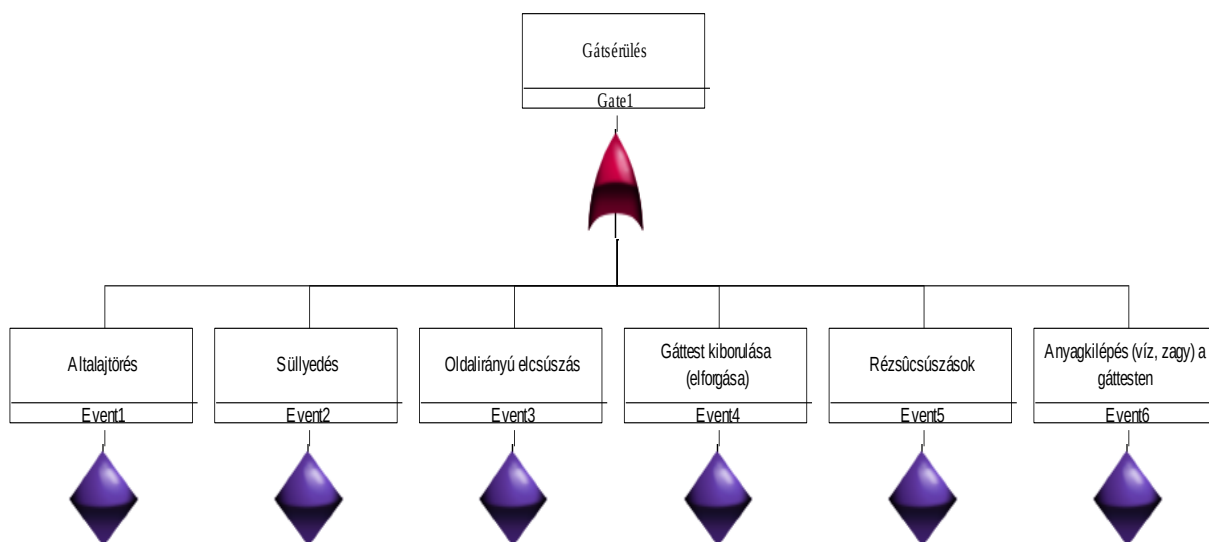
Következőkben bemutatom, hogyan működik egy súlyos baleseti szcenárió eseményanalízise, amit hibafa-elemzés módszerével végeztünk el. Példának vettem a legsúlyosabb következményekkel járó, ami sajnos már 2010 októberében be is következett. Ez a gáttörés.

5.1. Csúcsesemény gyakoriságának megadása

A gáttörés a gáttest állékonyságának olyan mértékű leromlása, deformálódása, amely a gátszerkezet részleges sérülésével vagy teljes tönkremenetelével jár. A gáttest sérülését okozhatja:

- altalajtörés;
- süllyedés;
- oldalirányú elcsúszás;
- a gáttest kiborulása (elforgása);
- rézsúcsúszások;
- felúszás;
- anyagkilépés (víz, zagy) a gáttesten keresztül, mely energiája rombolja a gáttestet.

Az okokat hibafán ábrázolva jól látható, hogy Event1, ..., Event6 közül bármely bekövetkezése okozhat gáttörést, hiszen ezek az események „vagy” kapuhoz csatlakoznak.



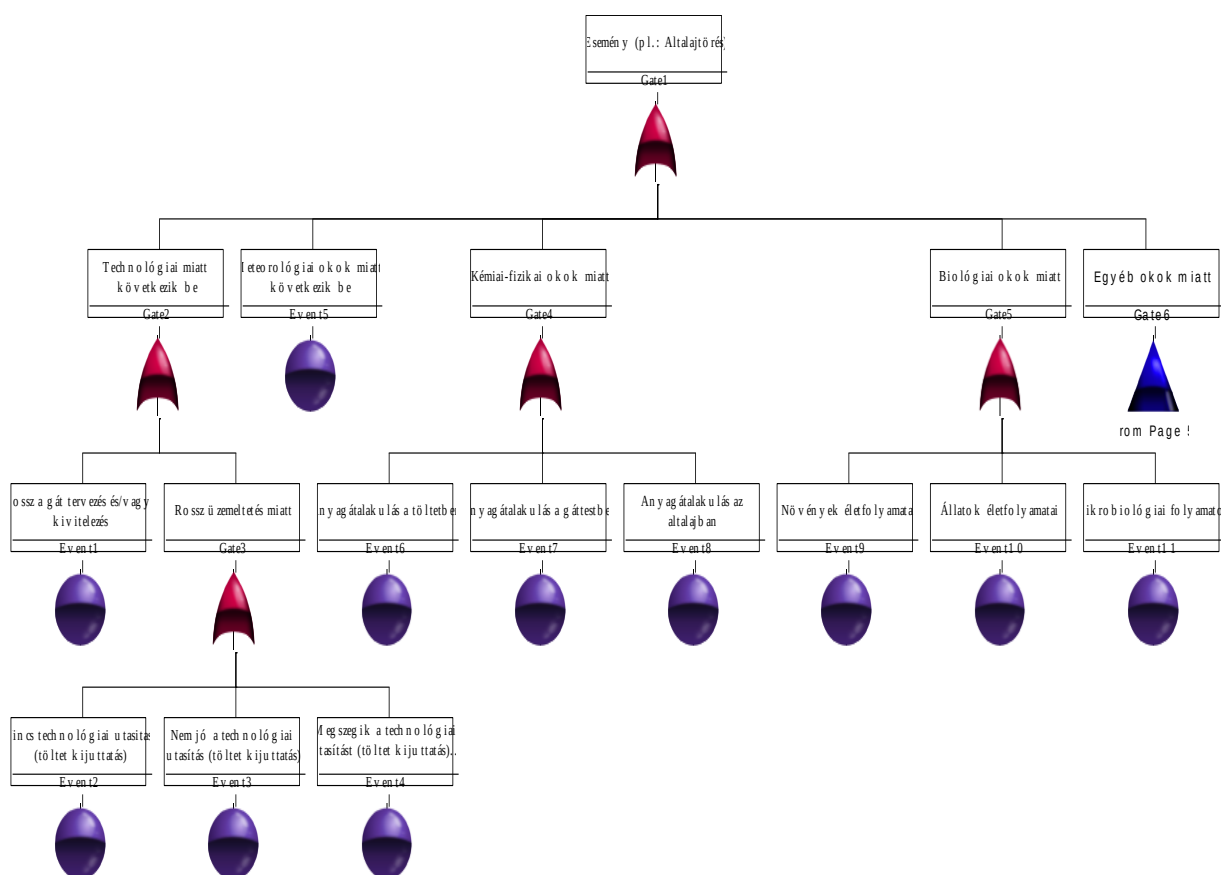
4. ábra – A gáttest sérülését okozható események

Megadták annak a valószínűségét, hogy a fenti események bekövetkezése gáttöréshez vezet.

Esemény megnevezés	Bekövetkezési valószínűség
Altalajtörés	0,1
Süllyedés	0,15
Oldalirányú elcsúszás	0,05
Gáttest kiborulása (elforgása)	0,05
Rézsúcsúszások	0,25
Anyagkilépés (víz, zagy) a gáttesten	0,001

3. táblázat – Alapesemények bekövetkezési valószínűsége

A gáttörés közvetlen okai is okozatok, amely okait szintén eseményanalízisnek vetettük alá. A lenti hibafával az altalajtöréshez vezető eseményeket analizáltuk.



5. ábra – Altalajtörés lehetséges okai

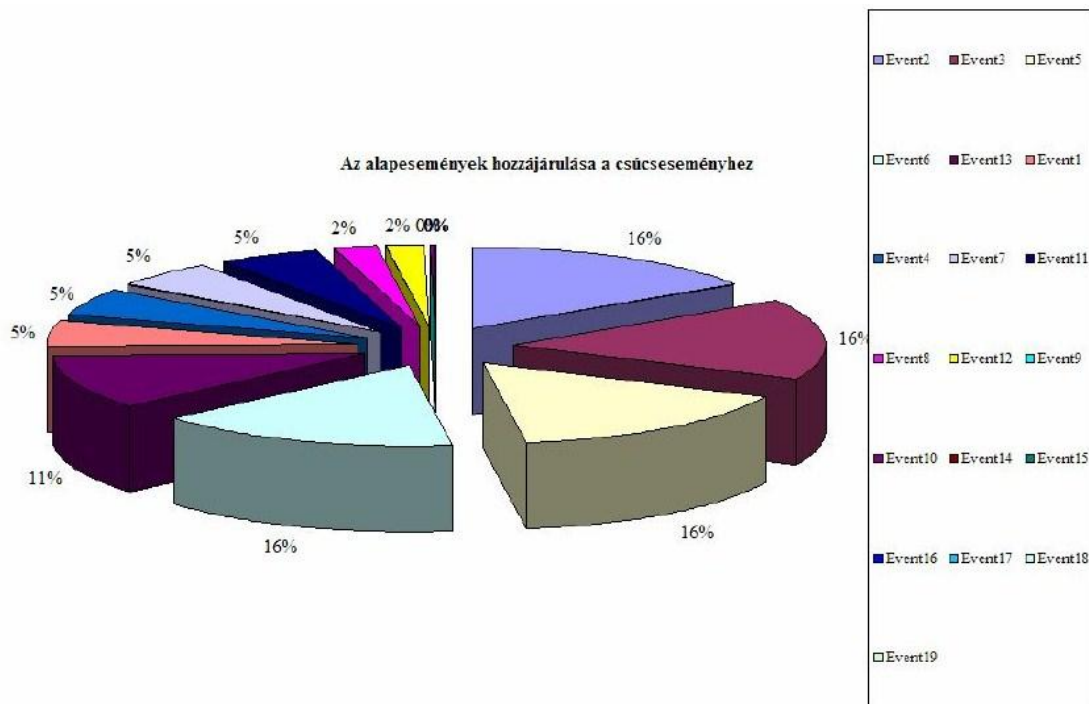
A hibafa-elemzés során meghatározásra került az összes olyan alapesemény, amelyek önálló vagy együttes bekövetkezése a fentiekben bemutatott események [altalajtörés, süllyedés, oldalirányú elcsúszás, gáttest kiberulása (elforgása), rézsúcsúszások, anyagkilépés (víz, zagy) a gáttesten] bekövetkezéséhez vezet.

Az alapeseményeket táblázatban foglaltuk össze:

Alapesemény megnevezése	Hibafa jelölés	Érték	Magyarázat
Rossz tervezés és/vagy kivitelezés	Event1	0,25	Ritka
Nincs technológiai utasítás (töltet kijuttatás)	Event2	0,75	Jelenleg is fennállhat
Nem jó a technológiai utasítás (töltet kijuttatás)	Event3	0,75	Jelenleg is fennállhat
Megszegik a technológiai utasítást (töltet kijuttatás)	Event4	0,25	Ritka
Nincs technológiai utasítás (vízelvezetés)	Event5	0,75	Jelenleg is fennállhat
Nem jó a technológiai utasítás (vízelvezetés)	Event6	0,75	Jelenleg is fennállhat
Megszegik a technológiai utasítást (vízelvezetés)	Event7	0,25	Ritka
Nem működik a technológia	Event8	0,1	Nagyon ritka
Hőmérséklet szélsőséges változása	Event9	0,001	Elhanyagolható
Szélirány és szélsébség változás	Event10	0,001	Elhanyagolható
Anyagátalakulás a töltetben	Event11	0,25	Ritka
Anyagátalakulás a gáttestben	Event12	0,1	Nagyon ritka
Anyagátalakulás az altalajban	Event13	0,5	Valószínű
Növények életfolyamata	Event14	0,001	Elhanyagolható
Állatok életfolyamatai	Event15	0,001	Elhanyagolható
Mikrobiológiai folyamatok	Event16	0,001	Elhanyagolható
Földrengés	Event17	0,001	Elhanyagolható
Terror	Event18	0,001	Elhanyagolható
Egyéb (dominóhatás, becsapódás, stb.)	Event19	0,001	Elhanyagolható

4. táblázat – Alapesemények

Az analízis idején fennálló állapotokat leíró körülmények alapján a gáttörés valószínűsége (altalajtörés, süllyedés, oldalirányú elcsúszás, gáttest kiborulása (elforgása), rézsűcsúszások, anyagkilépés a gáttesten): 4,7, azaz a gáttörés lehetősége jelenleg is fennállhat, tehát a biztos kategóriába tartozik.



6. ábra –Alapesemények hozzájárulása a csúcsesemény bekövetkezéséhez

Ha elemezzük az alap-okokat, akkor néhány nagyon hasznos megállapítást tehetünk. A fenti elemzés szerint az „esemény” (Altalajtörés, Süllyedés, Oldalirányú elcsúszás, Gáttest kiborulása (elforgása), Rézsűcsúszások, Anyagkilépés (víz, zagy) a gáttesten) leginkább – a jelenlegi állapot szerint – a pontos technológiai utasítások (töltés és vízelvezetés) hiányára (Event2, Event3, Event5, Event6) vezethető vissza. Ha ezen változtatnánk, akkor a gáttörés kockázata lényegesen csökkenthető.

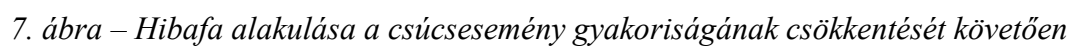
5.2. A csúcsesemény gyakoriság csökkentésének lehetősége

1. A tározó üzemeltetési engedély részeként a pontos technológiai utasításokat a töltésre és a csapadékvíz elvezetésre vonatkozóan be kell nyújtani és elő kell írni, így az Event2, Event3, Event5, Event6 alapesemények valószínűsége csökkenthető. Amennyiben a technológiai utasításoknál – az esetleges pontatlanságot figyelembe véve – a valószínűség nagyon ritka kategória (0,1) érték, úgy a csúcsesemény értéke: 2,1 jelenleg is fennállhat (biztos) kategóriába tartozik. (De nem feltétlenül fog gáttörést eredményezni.) A gáttörés – a gáttörést okozó valószínűséget figyelembe véve – értéke: 1,28 jelenleg is fennállhat (biztos) kategóriába tartozik.

2. A bekövetkezési valószínűség csökkenthető rendszeres ellenőrzések bevezetésével, amelyek egyrészt a töltet lerakására (a technológiai utasításban foglaltak ne kerüljenek megszegésre), másrészt a csapadékvíz elvezetésére vonatkoznak (műszaki és humán feltételrendszer folyamatos ellenőrzése), harmadrészt célirányosan a repedés– valamint az előidéző okok - vizsgálatra (rezgésellenőrzés, geodéziai ellenőrzés, vízszivárgások mértékének ellenőrzése, inklinométeres¹ mérések kialakítása, mérések végrehajtása) terjednek ki. Amennyiben a fentiek szerinti „Ellenőrzés elmarad” nagyon ritka valószínűséget kap, azaz a folyamatos ellenőrzések feltételrendszere biztosítottá válik, a csúcsesemény értéke: 0,21 nagyon ritka kategóriába fog tartozni.

A gáttörés valószínűségének – a gáttörést okozó valószínűséget figyelembe véve – értéke: 0,107 vagyis a nagyon ritka és az elhanyagolható kategóriák határán tartózkodik. A fentiek hibafán ábrázolva:

¹inklinométer: dőlésszög-mérő, ferdeség mérő



5.3. A gáttörés valószínűsége a kockázatsökkentő intézkedések után

A súlyos baleseti csúcseseményeket tartalmazó scenáriók mindegyikét két változatban vizsgáltuk meg: az elemzés pillanatában fennálló állapotoknak megfelelően, illetőleg annak megfelelően, amikor a team által javasolt kockázatsökkentő intézkedéseket megvalósították. Ezek a kockázatsökkentő intézkedések részben szervezési jellegűek, amiket a biztonsági irányítási rendszerben helyeztek el, részben jelentős volumenű (mintegy másfél milliárd forintba becsülhető) műszaki-technikai beruházást jelentenek. A kockázatsökkentés eredményeképpen a súlyos baleseti csúcsesemények a nagyon ritka-elhanyagolható kategóriákba esnek.

Ha bekövetkezik a csúcsesemény, akkor számításba kell venni ennek lehetséges következményeit is. A gáttörés számításba vett következményei, a szennyeződésterjedési folyamatok az alábbiak lehetnek:

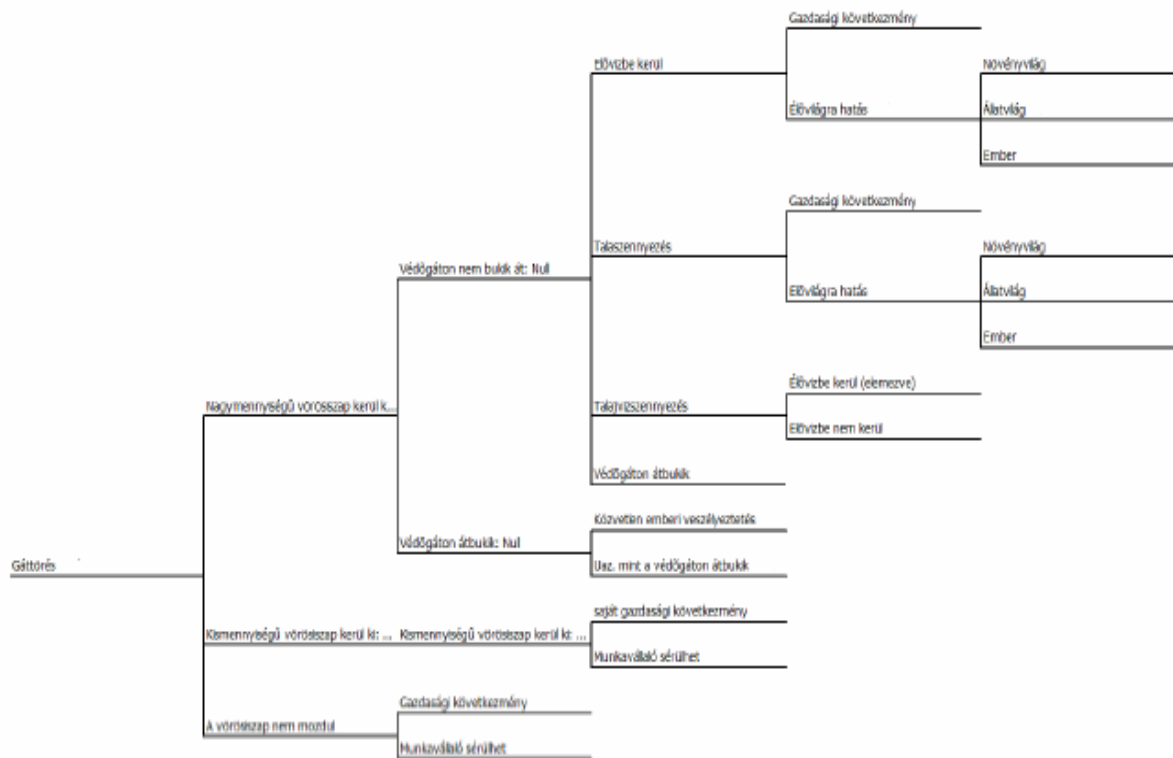
- lefolyás a talaj, illetve az épített környezet (pl. sérült gáttest) felszínén
- kiszűrődés a talajfelszínen,
- abszorpció a talajban, földtani közegben,
- folyadékszivárgás a földtani közeg telítetlen zónájában,
- folyadékszivárgás a kapilláris zónában,
- folyadékszivárgás, áramlás a földtani közeg telített zónájában.

Az egyes környezeti elemek között szennyeződés áttevődés lehetséges:

- a talaj, épített környezet felszínén lefolyó szennyezett folyadék bekerülése a felszíni vízbe;
- felszíni betáplálás a befogadóba;
- a felszíni és a felszín alatti vizek a szezonálisan változó nyomásviszonyok függvényében keveredhetnek;
- a szennyeződés levegőbe kerülése és terjedése a hatásmechanizmus miatt elhanyagolható.

A gáttörés következményeit elemző eseményfa:

Eseményfa elemzése



8. ábra – Eseményfa elemzése

A kockázatelemzés végeredményeként megállapítást nyert, hogy a bemutatott kockázatsökkentő intézkedések bevezetésével a tevékenység végzéséből származó kockázatok elfogadhatónak tekinthetők.

6. Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni témavezetőmnek, dr. Szakál Bélának, hogy felkérésére kisegítő munkákat végezhettem, és így részese lehettem az ipari biztonsági átvilágítás folyamatának. Rengeteg új és hasznos tapasztalatot szereztem a témában, melyeket a későbbiekben is hasznosíthatok. Köszönöm, hogy a tapasztalatok birtokában, a Tanár Úr gondos iránymutatásaival a dolgozat keretében megírhattam, hogyan zajlott a biztonsági átvilágítás.

7. Függelék

Nagyfelbontású műholdkép a baleset után



8. Felhasznált irodalom

- Dr. Szakál Béla – Dr. Vass Gyula: Veszélyes Anyagok és Ipari Katasztrófák II. Jegyzet a tűz- és katasztrófavédelmi mérnök szakos hallgatók részére. [2008.]
- 14/2008. (IV. 3.) GKM rendelet a bányászati hulladékok kezeléséről

9. Kép- és ábrajegyzék

1. ábra – A kiürült X. kazetta
2. ábra – A tározó környéke a baleset bekövetkezése előtt – Google Earth
3. ábra – Kockázatelemzés folyamatának szemléltetése
4. ábra – Gáttest sérülését okozható események
5. ábra – Altalajtörés lehetséges okai
6. ábra – alapesemények hozzájárulása a csúcsesemény bekövetkezéséhez
7. ábra – Hibafa alakulása a csúcsesemény gyakoriságának csökkentését követően
8. ábra – Eseményfa elemzés

1. táblázat – Hibafa-elemzés leggyakrabban alkalmazott jelképei
2. táblázat – Alapesemények bekövetkezési gyakoriságának értékelése
3. táblázat – Alapesemények bekövetkezési valószínűsége
4. táblázat – Alapesemények

Borító – www.fntudosito.hu/upload/3526/pics/4805/ajaki_vorosiszap_4.JPG_orig.jpg

Függelék – http://farm5.static.flickr.com/4106/5063085282_9e1d1cbee0_o.jpg