

*'Seveso 2' Füzetek*

**3. sz. Füzet**

**Technológiai rendszerek kockázatelemzése**

– Kivonat az IEC 300-3-9 szabványból

Sem a Műszaki Biztonsági Főfelügyelet, sem annak nevében, képviselőjében vagy részéről eljáró személy nem tehető felelőssé az alábbiakban közölt adatok, illetőleg információk felhasználásával összefüggésben.

## ***'Seveso 2' Füzetek***

### **„Technológiai rendszerek kockázatelemzése – Kivonat az IEC 300-3-9 szabványból”**

A 'Seveso 2' Füzetek sorozat szakmai tartalmának összeállítása a Műszaki Biztonsági Főfelügyelet veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos baleseti veszélyek szabályozásával (ún. 'Seveso 2' irányelv) foglalkozó szerzői kollektívájának munkája.

Témavezető és szerkesztő:  
Cseh Gábor

## ELŐSZÓ

A Füzet tárgya a technológiai rendszerek kockázatelemzésének alapjait meghatározó IEC 300-3-9 szabvány. A dokumentum kiadásával a Műszaki Biztonsági Főfelügyelet célja egyrészt az, hogy a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezéssel összefüggésben is elhelyezze a kockázatelemzés folyamatát a kockázatok kezelésének („risk management”) rendszerében, másrészt pedig az egységes értelmezés egy lehetséges módjára javaslatot tegyen. Az egységes terminológia kialakításának szükségességét az üzemeltetők, a szakértők és a hatóságok néha szélsőségesen eltérő megközelítései igazolják, továbbá az a tény is, hogy az eddig megjelent, a szakterülettel kapcsolatos jogszabályok sem mindig adnak kielégítő és szakmailag teljesen elfogadható meghatározásokat.

E kiadvány hiánypótló szerepe csak részleges és átmeneti lehet a szabványosítás előrehaladása, valamint a témában folyó európai uniós kutatási projektek miatt. Ez utóbbiak lezárása után várhatóan az eddiginél teljesebb és összehangoltabb (harmonizált) megközelítés áll majd rendelkezésre.

Meg kell jegyeznünk, hogy ennek a kezdeményezésnek vannak hazai előzményei is, elegendő megemlíteni az energetikai, a vegyipari, a kőolaj- és földgázipari berendezések rendszerbiztonsági elemzéséhez szükséges szakkifejezések, veszélyelemzési módszerek meghatározására 1985-87. között kiadott – majd a szabványosítás egysztívvé alakítása miatt visszavont – magyar ipari ágazati szabványokat. A gépek biztonsága tárgyában pedig azóta új kockázatértékelési szabványok jelentek meg.

A Nemzetközi Elektrotechnikai Bizottság 56. Műszaki Munkabizottsága által kidolgozott IEC 300: Megbízhatóság/Üzembiztonság („Dependability”) szabványsorozat a készenléttel („availability performance”) és az azt befolyásoló tényezőkkel, így a hibamentes működéssel („reliability performance”), a karbantarthatósággal („maintainability performance”) és a karbantartás-támogatással („maintenance support”) foglalkozik. Ezek a szabványok különböző módszereket és eszközöket adnak a berendezések, a szolgáltatások és a rendszerek megbízhatóság-értékeléséhez és megbízhatóság-irányításához a teljes életciklusra vonatkozóan; bemutatják a megbízhatósággal és a készenléttel kapcsolatos programok irányításának, tesztelési és elemzési technikáinak, a szoftverek és a rendszerek megbízhatóságának, az életciklus költségelemzésének, a biztonságtechnikai kockázatelemzésnek és a projektek kockázatainak kezelésének általános szempontjait. A szabványok nem foglalkoznak kifejezetten a biztonsággal, bár alkalmazásuk során felmerülhetnek a biztonsággal kapcsolatos szempontok is.

A veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezés keretében alkalmazott üzemi biztonságirányítási rendszer nem feltétlenül foglalja magába a munkabiztonsági és munkaegészségügyi irányítási rendszereket teljes egészében, viszont az éles elhatárolás gyakorlatilag nem lehetséges. A veszélyek és a kockázatok csökkentése, szabályozása rendszerszemléletű megközelítést tesz szükségessé, és a vizsgálat alapja az általános üzem- vagy vállalatirányítási rendszer. Mindezekből az következik, hogy kockázatok kezelése szempontjából a műszaki-technikai rendszerek normális, illetőleg rendkívüli üzemi körülmények közötti megbízhatóságának, valamint az irányítási (menedzsment) rendszerek megbízhatóságának elvi elemzési alapja közös. A kiadvány megjelentetésével részben ezt is igazolni kívántuk.

Az alábbiakban közreadott szöveg nem minősül hivatalos magyar fordításnak. A Műszaki Biztonsági Főfelügyelet semmiféle felelősséget nem vállal a fordítás esetleges pontatlanságának, hiányosságainak, illetőleg a dokumentum tartalmának eredményeképpen – közvetve vagy közvetlenül – jelentkező bármiféle kárért.

A függelékek nem képezik részét az IEC 300-3-9 szabványnak.

## TARTALOMJEGYZÉK

<b>Bevezetés</b>	5
<b>1. A szabvány alkalmazási területe</b>	6
<b>2. Szabványhivatkozások</b>	6
<b>3. Fogalom meghatározások</b>	6
<b>4. Kockázatelemzési elvek</b>	7
<b>5. A kockázatelemzési folyamat</b>	9
<b>6. Auditok</b>	14
<b>7. Kockázatelemzési módszerek</b>	14
<b>Melléklet: Elemzési módszerek</b>	23

## 1. sz. függelék

A kockázat- és veszély-megítélés (kiértékelés) során a meghibásodási (illetőleg hiba-) eseménysorok azonosításához, valamint egyéb célokra használatos egyes stratégiák, módszerek és eljárások, valamint alkalmazási feltételeik

## 2. sz. függelék

A megbízhatósággal kapcsolatos egyes alapfogalmak [MSZ IEC 50(191)]

## 3. sz. függelék

Működőképesség és veszélyelemzés (HAZOP elemzés) [IEC 61882]

## 4. sz. függelék

A Meghibásodásmód és -hatás elemzésének (FMEA) folyamata [IEC 61812]

## 5. sz. függelék

A Hibamentességi tömbdiagram módszer [IEC 61078]

## 6. sz. függelék

Hibafa-elemzés [IEC 61025]

## 7. sz. függelék

A Markov eljárások alkalmazása [IEC 61165]

## 8. sz. függelék

A megbízhatósági (hibamentességi), karbantarthatósági és használhatósági (üzemkészségi) előrejelzések bemutatása [IEC 60863]

## BEVEZETÉS

A kockázatok kezelésének folyamata számos különböző elemet foglal magába, kezdve a kockázat előzetes feltárásán és elemzésén, annak elviselhetősége megítélésén és a potenciális kockázatsökkentési lehetőségek azonosításán át, egészen a megfelelő szabályozási és csökkentési intézkedések megválasztásáig, végrehajtásáig és figyeléséig (monitoring). Ezt mutatja be az 1. sz. ábra.

A kockázatelemzés – ami az IEC 300-3 szabvány e fejezetének tárgya – olyan strukturált folyamat, amely azonosítja az adott tevékenységből, létesítményből vagy rendszerből eredő káros következményeknek a valószínűségét és azok mértékét is. E szabványban káros következmények alatt az emberre, az anyagi javakra és a környezetre vonatkozó fizikai sérülések értendők.

A kockázatelemzés három alapkérdésre keresi a választ:

Mi romolhat el (veszélyazonosítás)?

Mennyire valószínű ennek a bekövetkezése (gyakoriságelemzés)?

Milyenek a következmények (következményelemzés)?

E szabvány rendeltetése szerint a kockázatelemzési technikák kiválasztásában és alkalmazásában a jelenlegi legjobb gyakorlatot tükrözi, és nem veszi figyelembe azokat az új vagy kifejlesztés alatt álló elveket, amelyek a szakmai konszenzus kielégítő szintjét még nem érték el.

A szabvány általános jellegű, így tehát különböző iparágakban folytatott tevékenységekhez és különböző rendszertípusokhoz is adhat útmutatást. Az egyes iparágakban lehetnek olyan specifikus szabványok, amelyek valamely különleges alkalmazáshoz előnyben részesítenek bizonyos módszertanokat és elemzési szinteket. Ha ezek a szabványok összhangban vannak e kiadvánnyal, akkor azok általában magukban is elégségesek.

A jelen szabvány kizárólag a kockázatelemzési részterülettel foglalkozik a szélesebb területet átfogó kockázatértékelési és kockázat-kezelési tevékenységeken belül. Ez utóbbiak talán a jövőben elkészítendő szabvány tárgyát alkothatják. Ebben a szabványban lehetőség szerint támaszkodtunk a 2. alfejezetben megadott, illetőleg egyéb szabványokból származó fogalmakra és terminológiára. Ezek a dokumentumok számos ponton nincsenek összhangban, esetleg alapvetően egy adott iparágra alkalmazhatók. Ezekben az esetekben a jelen szabvány kiemel egyet a rendelkezésre álló megközelítések/definíciók közül, vagy pedig általánosabb megfogalmazást ad meg.

## MEGBÍZHATÓSÁG-IRÁNYÍTÁS –

### 3. rész: Alkalmazási útmutató –

#### 9. fejezet: Technológiai rendszerek kockázatelemzése

##### 1. Alkalmazási terület

Az IEC 300-3 szabvány jelen fejezete kockázatelemzési technikák kiválasztásához és alkalmazásához ad útmutatást, elsősorban is a technológiai rendszerek kockázatértékelésével összefüggésben. A szabvány célja az, hogy a kockázatelemzések tervezésével és elvégzésével, valamint az eredmények bemutatásával és a következtetések levonásával összefüggő tevékenységek minőségét és összhangját biztosítsa.

A jelen szabvány irányelveket ad meg a kockázatelemzéshez a következők szerint: kockázatelemzési fogalmak, a kockázatelemzési folyamat, kockázatelemzési módszerek.

Az IEC 300-3 szabvány e fejezete alkalmazható:

- útmutatóként a kockázatelemzések tervezéséhez, elvégzéséhez és dokumentálásához;
- kiindulási alapként a kockázatelemzésre vonatkozó részletes minőségügyi követelmények meghatározásához (ez különösen fontos lehet a külső tanácsadókkal folytatott tevékenységek során);
- kiindulási alapként a kockázatelemzések eredményeinek megítéléséhez (kiértékeléséhez).

A szabvány szerint végzett kockázatelemzés eredménye alapul szolgál a kockázatok kezelésével kapcsolatos tevékenységekhez (lásd 1. ábra).

MEGJEGYZÉS – E szabvány nem ad meg kritériumokat a kockázatelemzés szükségességének megállapításához, és nem adja meg az adott egyedi esetekben alkalmazandó kockázatelemzési módszereket. Nem ajánl továbbá részletes irányelveket az egyes veszélyekre, és nem vesz figyelembe biztosítási, biztosítási statisztikai, jogi vagy finanszírozási szempontokat.

##### 2. Rendelkező hivatkozások

Az alábbi normatív dokumentumok olyan előírásokat tartalmaznak, amelyek – a jelen szövegben felhasználva – az IEC 300-3 e fejezetének előírásait alkotják. A kiadvány megjelenésekor az alábbiakban megadott kiadások vannak hatályban. Minden szabványdokumentumot idővel felül kell vizsgálni, és az IEC 300-3 e fejezetének szövegét elfogadóknak ezúton is javasoljuk, hogy mindig vizsgálják meg az alábbiakban felsorolt szabványdokumentumok legújabb kiadásai alkalmazásának lehetőségét. Az IEC és az ISO tagjai naprakész listával rendelkeznek a hatályos Nemzetközi Szabványokról.

IEC 50(191): 1990, *Nemzetközi elektrotechnikai szótár – 191. kötet: Megbízhatóság és a szolgáltatás minősége*

IEC 300-2, *Megbízhatóság-irányítás – 2. rész: A megbízhatósági program elemei és feladatai*

IEC 812: 1985, *Rendszermegbízhatóság-elemzési technikák – A meghibásodásmód és -hatás elemzésének (FMEA) folyamata*

IEC 1025: 1990, *Hibafa-elemzés*

IEC 1078: 1991, *Megbízhatóság-elemzési technikák – A hibamentességi tömbdiagram módszer*

##### 3. Fogalommeghatározások

Az IEC 300-3 e fejezetében alkalmazott szakkifejezésekre és meghatározásokra az IEC 50(191) szabvány megfelelő előírásai vonatkoznak. Ezeken felül az alábbi fogalmakat és fogalommeghatározásokat kell alkalmazni:

- 3.1 **sérülés** [*harm*]\*: az egészség, az anyagi javak vagy a környezet sérülése, illetőleg károsodása.
- 3.2 **veszély** [*hazard*]\*: potenciális sérülés forrása, vagy potenciális sérülést jelentő helyzet.
- 3.3 **veszélyes esemény** [*hazardous event*]: sérülés okozására képes esemény.

\* Ezek a meghatározások eltérnek a jelenleg átdolgozás alatt álló ISO/IEC Guide 51: 1990-ben megadott definícióktól.

3.4 **veszélyazonosítás** [*hazard identification*]: eljárás a veszély meglétének felismerésére és jellemzőinek meghatározására.

3.5 **kockázat** [*risk*]\*: valamely adott veszélyes esemény előfordulása gyakoriságának vagy valószínűségének, valamint a következményeknek a kombinációja.

MEGJEGYZÉS – A kockázat fogalma mindig két elemet foglal magába: a veszélyes esemény előfordulásának gyakorisága vagy valószínűsége, valamint a veszélyes esemény következményei.

3.6 **kockázatelemzés** [*risk analysis*]: a rendelkezésre álló információ módszeres felhasználása a veszélyek azonosítása, továbbá annak érdekében, hogy megbecsüljék az egyénekre vagy emberek csoportjaira, az anyagi javakra, illetőleg a környezetre irányuló kockázatokat. (Lásd 1. sz. ábra.)

MEGJEGYZÉS – A kockázatelemzést gyakran nevezik valószínűségi biztonságelemzésnek, valószínűségi kockázatelemzésnek, mennyiségi biztonságelemzésnek vagy mennyiségi kockázatelemzésnek.

3.7 **kockázatértékelés** [*risk assessment*]: általános kockázatelemzési és kockázatkiértékelési folyamat. (Lásd 1. ábra.)

3.8 **kockázatszabályozás** [*risk control*]: a kockázatok kezelésével és/vagy a kockázatok csökkentésével összefüggő döntéshozatali folyamat; ennek végrehajtása, kikényszerítése és rendszeres felülvizsgálata (megítélés) a kockázatértékelés eredményeit is alapul véve.

3.9 **kockázatbecslés** [*risk estimation*]: az elemzett kockázatok mértékének meghatározására használatos eljárás. A kockázatbecslés a következő lépésekből áll: gyakoriságelemzés, következményelemzés és ezek integrálása.

3.10 **kockázatkiértékelés (kockázat-megítélés)** [*risk evaluation*]: olyan folyamat, amelynek során kiértékelik a kockázat elfogadhatóságát a kockázatelemzés alapján, továbbá figyelembe vesznek olyan tényezőket is, mint pl. a társadalmi-gazdasági és a környezetvédelmi szempontok.

3.11 **a kockázat kezelése** [*risk management*]: a kockázatelemzési, kockázatkiértékelési és kockázatszabályozási feladatokkal kapcsolatos irányítási elvek, eljárásrendek és gyakorlat módszeres alkalmazása.

3.12 **rendszer** [*system*]: egységes egész, amely tetszőleges bonyolultságú ember, eljárásrend, anyag, eszköz, berendezés, létesítmény és szoftver alrendszerekből állhat. Az egységes egész ezen elemeit együttesen alkalmazzák az előírt működési vagy kiszolgáló környezetben annak érdekében, hogy egy adott feladatot teljesítsenek, vagy egy adott célkitűzést elérjenek.

## 4. Kockázatelemzési elvek

### 4.1 A kockázatelemzés közvetlen céljai és alapelvei

A kockázat minden emberi tevékenységnél jelen van; kockázat felmerülhet a foglalkozás-egészségügy és a munkabiztonság terén (ebbe beleértendők pl. a mérgezőanyagoknak való kitettségéből származó közvetlen és hosszú távú egészségügyi hatások is), a gazdasági élet terén (a kockázatok eredménye lehet pl. valamely berendezés sérülése, valamint tűz, robbanás vagy más baleset következtében termelés kiesés) vagy éppen érinthetik a környezetet. A kockázatok kezelésének közvetlen célja a halálozás, a megbetegedések vagy sérülések, az anyagi javak sérülése és a közvetett veszteségek, valamint a környezeti hatások szabályozása, megelőzése vagy csökkentése.

A kockázatok hatékony kezelése érdekében először elemezni szükséges a kockázatokat. A kockázatok elemzése hasznos eszköz a következőkhöz:

- a kockázatok azonosítása, és a megoldási módok feltárása;
- objektív információ szolgáltatása a döntéshozatalhoz;
- teljesíteni a szabályozási rendszerben előírt követelményeket.

A döntéshozó felhasználhatja a kockázatelemzés eredményeit a kockázat elviselhetőségének kiértékeléséhez, és segítséget kaphat a potenciális kockázatsökkentési intézkedések és a kockázatok elkerülésére vonatkozó intézkedések közötti választáshoz. A döntéshozó szempontjából a kockázatelemzés legfontosabb előnyei például:

- a potenciális veszélyek módszeres azonosítása;
- a potenciális meghibásodásmódok módszeres azonosítása;
- mennyiségi kockázati állítások kidolgozása vagy kockázati rangsor megállapítása;
- a kockázatsökkentést vagy a jobb megbízhatósági szint elérését célzó lehetséges módosítások kiértékelése;

- e) a kockázathoz legnagyobb mértékben hozzájáruló rendszerelemek és gyenge láncszemek azonosítása;
- f) a rendszer és felépítésének jobb megismerése;
- g) a kockázatok összehasonlítása az alternatív rendszer vagy technológia kockázataival;
- h) a kockázatok és a bizonytalanságok azonosítása és közreadása;
- i) segítség a foglalkozás-egészségügyi és munkabiztonsági színvonal emeléséhez szükséges prioritások megállapításához;
- j) alap a megelőző karbantartás és ellenőrzés ésszerűbbé tételéhez;
- k) a balesetek utáni vizsgálatok, és a megelőzés;
- l) a lehetséges megoldás kiválasztása, pl. a különböző kockázatsökkentési intézkedések és technológiák közötti választás.

Mindezek fontos szerepet játszanak kockázatok hatékony kezelésében, legyen a közvetlen cél akár a foglalkozás-egészségügyi és munkabiztonsági körülmények javítása, a pénzügyi veszteség kialakulásának megelőzése, akár a jogszabályi előírásoknak való megfelelés.

A kockázatelemzés gyakran multi-diszciplináris megközelítést kíván, mivel olyan szakterületekre terjedhet ki, mint pl.:

- a) a rendszerelemzés;
- b) a valószínűség-számítás és a matematikai statisztika;
- c) vegyész-, gépész-, villamos-, építő- és nukleáris biztonságtechnikai mérnöki tevékenységek;
- d) a fizikai, kémiai és biológiai tudományok;
- e) az orvostudomány, beleértve a toxikológiát és az epidemiológiát;
- f) a társadalomtudományok, beleértve a közgazdaságtant, a pszichológiát és a szociológiát;
- g) az emberi tényezők, az ergonómia és a vállalatirányítás területei.

#### 4.2 Kockázatok kezelése és a kockázatok osztályozása

A kockázatelemzés az 1. sz. ábrán bemutatott módon részét képezi a kockázatértékelési és kockázat-kezelési folyamatnak, és az elemzés alkalmazási területének meghatározásából, a veszély azonosításából és a kockázatbecslésből áll.

A veszélyek például a következő négy alaposztályba sorolhatók, azaz

- a) természeti veszélyek (áradások, földrengések, szélviharok, villámcsapás, stb.)
- b) technológiai veszélyek (ipari létesítmények, építmények, szállítási rendszerek, fogyasztásra szánt termékek, rovarirtószerek, növényvédőszer, gyógyszerkészítmények, stb.)
- c) szociális veszélyek (erőszakos cselekmények, háború, szabotázs, fertőző megbetegedések, stb.)
- d) az életvitellel összefüggő veszélyek (kábitószer-függőség, alkoholizmus, dohányzás, stb.)

A fenti csoportosítást alkotó részek nem zárják ki kölcsönösen egymást, a kockázatelemzés részeként pl. a technológiai veszélyek elemzésekor gyakorta van szükség valamelyik másik veszélyosztályba (különösen a természeti veszélyek osztályába) sorolt tényezők hatásának, valamint egyéb rendszereknek a figyelembevételére.

A kockázatok osztályozhatók a vizsgált következmények jellegét tekintve is, pl.:

- a) egyedi (az általános emberi csoportok egyedeire gyakorolt hatás);
- b) foglalkozási (a munkavállalókra gyakorolt hatások);
- c) társadalmi (általános hatás az érintett lakosságra);
- d) anyagi javak sérülése vagy anyagi veszteség (üzemvitel-megszakadás, bírságok, stb.)
- e) környezeti (hatások kialakulása a talajra, a levegőre, a növény- és állatvilágra és a kulturális örökségre);

A kockázatelemzés alapvető célja az, hogy racionálisan megalapozza a kockázatokkal kapcsolatos döntéseket. E döntéseket a kockázatok átfogóbb kezelésének részeként lehet meghozni, azáltal, hogy a döntéshozók összehasonlítják a kockázatelemzés eredményeit az elviselhető kockázati kritériumokkal. Sok esetben igény merül fel arra is, hogy az adott egyedi esetben külön értékeljék az adott döntés előnyeit a megalapozott döntéshozatal érdekében. Az elviselhető kockázati kritériumok általános tartalma igen komplex, magába foglal szociális, gazdasági és politikai szempontokat, és mint ilyen kívül esik e szabvány alkalmazási területén.



#### 4.3 A kockázatelemzés alkalmazása az életciklus különböző szakaszaiban

Az alábbi felsorolás a veszélyes rendszerek, létesítmények illetve termékek életciklusa különböző szakaszaihoz (lásd IEC 300-2) kapcsolható, jellegzetes kockázatelemzési célkitűzések közül tartalmaz néhányat.

- a) A tervkoncepció kialakításának és a tervek kidolgozásának fázisai:
  - 1) a kockázathoz legnagyobb mértékben hozzájáruló és egyéb fontos tényezők azonosítása;
  - 2) a tervezési folyamathoz, valamint a tervek általános megfelelőségének értékeléséhez kiindulási alap biztosítása;
  - 3) a tervezés során figyelembe vehető biztonsági intézkedések azonosítása, és alkalmazhatóságuk értékelése;
  - 4) a javasolt, potenciálisan veszélyes létesítmények, tevékenységek vagy rendszerek elfogadhatósága értékeléséhez kiindulási alap biztosítása;
  - 5) a normális és a rendkívüli feltételek közötti működési eljárások kidolgozásának elősegítése érdekében adatszolgáltatás;
  - 6) a jogszabályokat és egyéb követelményeket figyelembe véve a kockázat kiértékelése;
  - 7) alternatív tervváltozat kiértékelése.
- b) Gyártási, felállítási, üzemeltetési és karbantartási fázisok:
  - 1) a tényleges teljesítményeknek a vonatkozó követelményekkel való összehasonlítása érdekében a tapasztalatok figyelése és kiértékelése;
  - 2) a normálüzemi, karbantartási/ellenőrzési és rendkívüli helyzeti eljárásrendek optimalizálásához kiindulási alap biztosítása;
  - 3) a kockázathoz legnagyobb mértékben hozzájáruló és egyéb befolyásoló tényezőkre vonatkozó adatok naprakésszé tétele;
  - 4) az üzemeltetési döntéshozatalhoz figyelembe vehető kockázat jelentőségéről tájékoztatás;
  - 5) a szervezeti rendben, az üzemeltetési gyakorlatban és eljárásrendekben, valamint a rendszerkomponenseken végrehajtott változtatások hatásainak kiértékelése;
  - 6) a felkészítési tevékenységek hatékonyabbá tétele.
- c) Záró fázis; a tevékenység befejezése:
  - 1) a rendszer működtetésének befejezésével összefüggő tevékenységekhez kapcsolódó kockázat kiértékelése, valamint annak biztosítása, hogy teljesítik az előírt követelményeket;
  - 2) a tevékenységek befejezésével összefüggő eljárásrendekhez kiindulási alap biztosítása.

## 5. A kockázatelemzési folyamat

### 5.1 Áttekintés

Általános szabályokat szükséges követni annak érdekében, hogy a kockázatelemzés hatékonysága és objektivitása javítható legyen, s egyúttal lehetővé váljon az egyéb kockázatelemzésekkel való összehasonlítás. A kockázatelemzési folyamatot az alábbiakban megadott lépések szerint kell végigvinni:

- a) az elemzés alkalmazási területének a meghatározása;
- b) a veszélyek azonosítása, és a következmények előzetes kiértékelése;
- c) kockázatbecslés;
- d) igazoló ellenőrzés;
- e) dokumentálás;
- f) az elemzés naprakésszé tétele.

A folyamatot a 2. sz. ábra szemlélteti. A kockázatbecslés magába foglal gyakoriság- és következményelemzést. Noha a dokumentálást külön pontban mutatjuk be, e tevékenységet a folyamat minden egyes szakaszában el kell végezni. Az alkalmazási területtől függően a bemutatott teljes folyamatnak csak bizonyos elemeit szükséges figyelembe venni. Egyes esetekben például szükségtelen egy előzetes veszély- és következményelemzés elkészítésénél többet felvállalni.

Az elemzési tevékenység végzéséhez alapvető a rendszer egészének, és az elemzési módszereknek az alapos ismerete. Ha egy hasonló rendszeren elvégzett kockázatelemzés rendelkezésre áll, akkor az felhasználható referenciaelemzésként. Mindenesetre bizonyítani kell azt, hogy a folyamatok valóban hasonlóak, vagy az elvégzett változtatások nem okoznak szignifikáns eltéréseket az eredményekben. E bizonyítás alapját olyan módszeres vizsgálat jelentheti, amely során kiértékelik a változtatások jelentőségét és a meglévő veszélyekre hatással bíró tényezőket.

#### 5.1.1 *A kockázatelemzést végző munkacsoport*

A kockázatelemzőknek rendelkezniük kell a feladat elvégzéséhez szükséges felkészültséggel. Sok rendszer túlságosan összetett ahhoz, hogy egyetlen ember teljesen megérthesse, és ezért elemző munkacsoport szükséges a feladat elvégzéséhez. Az elemzést végző személynek vagy munkacsoportnak tisztában kell lennie a kockázatelemzéshez használatos módszerekkel, és alaposan ismernie kell a vizsgálat tárgyát. Indokolt esetben más szakterületen dolgozó szakembereket is be kell vonni a feladat elvégzésébe, és tevékenységüket szervesen be kell építeni az elemzési folyamatba. A munkacsoport tagjainak képzettségi szintjét előre meg kell határozni, és dokumentálni kell.

#### 5.2 *Az elemzés alkalmazási területének a meghatározása*

A kockázatelemzés alkalmazási területét meg kell határozni, és dokumentálni kell a kockázatelemzési terv kidolgozásához a munka kezdetén (lásd IEC 300-2). A kockázatelemzés e lépése a következőket foglalja magába:

- a) a kockázatelemzést szükségessé tevő indokok és/vagy problémák felsorolása. Ez kiterjed a következőkre:
  - 1) a főbb indokok alapján kidolgozandók a kockázatelemzés közvetlen célkitűzései;
  - 2) meghatározandók a rendszer sikeres működésének/meghibásodásának feltételei. A legfőbb indok valamilyen nem kívánt következmény (pl. rendszer-meghibásodás, mérgezőanyag kikerülése), vagy olyan feltétel lehet, amely potenciális sérülést jelent.
- b) az elemzés alá vont rendszer meghatározása. A meghatározásnak a következőket kell magába foglalnia:
  - 1) a rendszer általános bemutatása;
  - 2) a rendszerrel fizikai vagy funkcionális kapcsolatban álló rendszerekkel összefüggésben a saját rendszerhatárok és kapcsolódási pontok megadása;
  - 3) a környezet meghatározása;
  - 4) a rendszerhatárokon áthaladó energia-, anyag- és információáramlás meghatározása;
  - 5) a kockázatelemzésbe bevont üzemelési feltételek és minden vonatkozó vizsgálati feltétel meghatározása.
- c) az összes műszaki, környezetvédelmi, jogszabályi, szervezeti és humán körülményt megadó azon információforrások azonosítása, amelyek a vizsgált tevékenységgel és az elemzett problémával összefüggenek. Különösen a biztonsággal összefüggő körülményeket szükséges bemutatni;
- d) az elemzés irányát meghatározó előfeltevések és feltételek megfogalmazása;
- e) a meghozandó döntések, a tanulmánytól és a döntéshozóktól várt eredmények azonosítása.

Az elemzés alkalmazási területének a meghatározása tervszerű tevékenység keretében magába foglalja az elemzendő rendszer alapos megismerését is. A rendszer megismerésének egyik közvetlen célja annak megállapítása, hogy az elemzés mely részében és miként lehet szakembereket bevonni, és tevékenységüket az elemzés szerves részévé tenni.

#### 5.3 *Veszélyelemzés és a következmények előzetes kiértékelése*

A rendszerben kockázatot okozó veszélyeket a veszélyek kialakulásának módjaival együttesen szükséges azonosítani. Az ismert veszélyeket (amelyeket esetleg már bekövetkezett balesetek során felismertek) világosan meg kell fogalmazni. Az előzőleg nem ismert veszélyek azonosításához az adott, sajátos helyzetnek megfelelő, előírás szerinti módszereket kell alkalmazni. (lásd 7.3.1).

Az azonosított veszélyek jelentőségének előzetes kiértékelését a következményelemzés alapján kell elvégezni, s egyúttal megvizsgálandók az alap okok is. Mindennek eredményeképpen az alábbi intézkedések egyikét el kell határozni:

- a) e ponton helyesbítő intézkedések megtétele a veszélyek kiküszöbölésére vagy csökkentésére;
- b) itt befejezendő az elemzés, mert a veszélyek vagy azok következményei nem jelentősek;
- c) az eljárás kockázatbecsléssel folytatódjon.

Az előfeltevéseket és az eredményeket dokumentálni szükséges (lásd 5.6).

#### 5.4 Kockázatbecslés

A kockázatbecslés során meg kell vizsgálni a releváns kezdeti eseményeket vagy körülményeket, a releváns eseménysorokat, továbbá az azonosított veszélyek lehetséges káros következményeinek bármilyen jellemző tulajdonságát, valamint e következmények jellegét és gyakoriságát annak érdekében, hogy meghatározható legyen az elemzett kockázatok mértéke. A kockázat mértéke az egészséggel, az anyagi javakkal összefüggő vagy környezeti vonatkozású lehet, és magába kell foglalnia a becslések bizonytalanságát jellemző megállapításokat. A folyamatot az 5.4.1, 5.4.2 és 5.4.3 pontokban mutatjuk be. A kockázatelemzési módszereket az 1. sz. táblázat foglalja össze.

A kockázatbecslés során alkalmazott módszerek általában mennyiségi módszerek, a becslések elkészítésekor előírt részletesség ugyanakkor függ az egyedi alkalmazástól (lásd 7.2). Azonban teljes mennyiségi elemzés a vizsgált rendszerről vagy tevékenységről megszerezhető információ hiánya, a meghibásodása ráták, az emberi hibák hatása, stb. miatt nem mindig lehetséges. Az ilyen esetekben esetleg hatékony megoldás lehet a kockázatok összehasonlító jellegű, mennyiségi vagy minőségi osztályba sorolási elemzése olyan szakértők bevonásával, akik jól ismerik az adott szakterületet. Amennyiben az osztályba sorolás minőségi megközelítésű, akkor minden alkalmazott fogalmat világosan meg kell határozni, és fel kell jegyezni minden gyakoriság- és következmény-osztályozás kiindulási alapjait. Amennyiben viszont teljes számszerűsítést végeztek, akkor tudatosítani szükséges azt, hogy a kiszámított kockázatértékek valójában becslések, és ügyelni kell arra, hogy mindezen értékek pontosságát és helyességét ne a felhasznált adatok és az alkalmazott elemzési módszerek pontosságától eltérő mértékben értelmezzék.

A kockázatbecslési folyamat elemei mindenféle veszély esetében hasonlóak. Először a veszély lehetséges okait kell elemezni a veszély megjelenési gyakoriságának, időtartamának és természetesen jellegének (mennyiség, összetétel, kibocsátási/alkalmazási paraméterek, stb.) meghatározásához. Ipari létesítmények vizsgálatakor a gyakoriságelemzés összetett feladatot jelenthet. A táplálékláncban résztvevő valamely vegyi anyag esetében ennél egyszerűbb elemzésre van szükség. Ezután a veszély kialakulásának következményeit kell elemezni. A következményelemzés során meg kell becsülni a veszéllyel társult következmény(ek) súlyosságát. Az elemzéskor szintén szükségessé válhat a következmény(ek)et előidéző veszély valószínűségének becslése, és emiatt azoknak az eseménysoroknak az elemzése is, amelyeken keresztül a veszély a következmény(ek) megjelenését eredményezheti.

##### 5.4.1 Gyakoriságelemzés

A gyakoriságelemzés rendeltetése a veszélyazonosítási szakaszban azonosított minden egyes nem kívánatos esemény valószínűségének becslése. A gyakorlatban három általánosan elterjedt megközelítést alkalmaznak az eseménygyakoriságok becslésére (lásd 7.3.2.1). Ezek a következők:

- a) releváns irodalmi adatok alkalmazása;
- b) eseménygyakoriságok levezetése analitikai vagy szimulációs eljárások útján;
- c) mérnöki értékítélet igénybevétele.

Mindezeket a technikákat önállóan vagy együttesen is lehet alkalmazni. Az első két megközelítés kiegészíti egymást; ahol az egyiknek erőssége van, ott a másik gyengeséggel rendelkezik. Ahol lehetséges, mindkettőt alkalmazni kell. Így az egyik a másikkal szembeni független ellenőrzésként használható, és ez hozzájárulhat az eredmények megbízhatóságának növeléséhez. Amennyiben ezek egyike sem alkalmazható, vagy alkalmazásuk nem kielégítő, akkor valamilyen mértékben szükség lehet szakértői értékítéletre támaszkodni.

##### 5.4.2 Következményelemzés

A következményelemzés rendeltetése az adott nem kívánt esemény bekövetkezése esetén valószínű hatás becslése.

A következményelemzésnek:

- a) a kiválasztott nem kívánt eseményeken kell alapulnia;
- b) be kell mutatnia a nem kívánt események eredményeképpen megjelenő bármilyen következményt;
- c) figyelembe kell vennie a következmények mérséklésére szolgáló már meglévő intézkedéseket mindazokkal a releváns feltételekkel együtt, amelyeknek hatása van a következményekre;
- d) meg kell adnia a következmények teljes körű azonosításához szükséges kritériumokat;
- e) figyelembe kell vennie az azonnali következményeket, továbbá azokat is, amelyek bizonyos mennyiségű idő elteltével jelentkeznek – feltéve, hogy ez összhangban van a tanulmány alkalmazási területének meghatározásakor elfogadottakkal;
- f) figyelembe kell vennie a másodlagos következményeket, pl. a vizsgált rendszer környezetében működő berendezésekkel és rendszerekkel összefüggésbe hozható következményeket.

#### 5.4.3 A kockázat kiszámítása

A kockázatot a legalkalmasabb fogalmakkal kell kifejezni. A gyakorlatban általánosan használatos megoldások például a következők:

- a) az egyén elhalálozásának vagy megbetegedésének előre jelzett gyakorisága (egyéni kockázat);
- b) gyakoriság-következmény grafikonok (ezek F-N görbeként ismeretesek, ahol F a gyakoriságot, N pedig valamely adott mértékű sérülést elszenvedő emberek számának kumulált összege, vagy a károsodás kumulált költsége) a társadalmi kockázat megadásához;
- c) a statisztikailag várható veszteségi ráta a személyi sérülések, az anyagi veszteségek vagy a környezetkárosodás függvényében;
- d) valamely adott károsodási szinthez tartozó kockázateloszlás, amelyet az azonos mértékű károsodáshoz tartozó kockázati határgörbékkel adnak meg.

Meg kell adni azt is, hogy a kockázatbecslés a teljes kockázati szintre vonatkozik, vagy esetleg csak annak egy részét foglalja magába.

A kockázat kiszámításakor egyaránt figyelembe kell venni a nem kívánt esemény időtartamát, valamint annak a valószínűségét, hogy az emberek ezen eseménynek ki lesznek téve.

A kockázat kiszámításához felhasználandó adatoknak meg kell felelniük az adott alkalmazás jellegének. Ahol csak lehetséges, ezeket az adatokat a vizsgált, jellegzetes körülmények figyelembevételével kell kiválasztani. Ahol ilyen adatok nem állnak rendelkezésre, ott a helyzetre jellemző, általános adatokat kell alkalmazni, vagy pedig szakértői értéktételekre kell támaszkodni.

Az adatokat úgy kell gyűjteni és rendezni, hogy lehetővé váljon a megfelelő információ visszakeresése a kockázatelemzés és a nyomon követhetőség érdekében. A tényleges helyzetre már nem alkalmazható adatokat azonosítani szükséges, és ki kell zárni az elemzés alkalmazási köréből.

#### 5.4.4 Bizonytalanságok

Számos bizonytalanság kapcsolódik a kockázatok becsléséhez. A kockázati értékek jelentésének hatékony értelmezéséhez meg kell ismerni a bizonytalanságok és azok okainak lényegét. A vizsgált kockázatok azonosításához és becsléséhez felhasznált adatokban, módszerekben és modellekben megjelenő bizonytalanságok elemzése fontos szerepet játszik az alkalmazás feltételeinek meghatározásában. A bizonytalanság elemzésekor meghatározandók a modell definiálása során felhasznált paraméterek és előfeltevések együttes változásaiból eredően a modell eredményeinek változásai és pontatlansága. A bizonytalanságelemzéshez szorosan kapcsolódó terület az érzékenységelemzés. Ez utóbbi magába foglalja annak meghatározását, hogy miként változnak a modell eredményei az egyedi modell-paraméterek változásainak hatására.

A bizonytalanság becslése lényegében olyan folyamat, amikor az alapvető fontosságú modell-paraméterek bizonytalanságát a kockázati modell eredményeinek bizonytalanságaiként jelenítjük meg. A kockázatbecslés

teljességét és pontosságát a lehető legalaposabban meg kell fogalmazni. A bizonytalanság forrását ahol csak lehet azonosítani szükséges. Ennek ki kell terjednie mind az adatokra, mind pedig a modell bizonytalanságaira. Meg kell adni azokat a paramétereket, amelyekre az elemzés érzékeny.

#### 5.5 *Az elemzés igazoló ellenőrzése*

A kockázatelemzési munkában részt nem vett szakembereknek külön átvizsgálás keretében meg kell erősíteniük azt, hogy az elemzés, mint folyamat valóban teljes volt. Ezek az átvizsgálások folyhatnak belső szervezeti egység, vagy az elemzést végzőkhöz képest külső szervezetnek minősülő szervezetek tevékenységében.

Az igazoló ellenőrzésnek magába kell foglalnia a következő lépéseket:

- a) ellenőrizendő, hogy az elemzés alkalmazási területe összhangban van-e a kitűzött célokkal;
- b) átvizsgálandók az alapvető fontosságú előfeltevések, és biztosítani kell azt, hogy a rendelkezésre álló információ alapján mindezek valóban hihetőek;
- c) biztosítandó, hogy az elemző megfelelő módszereket, modelleket és adatokat használt;
- d) ellenőrizendő, hogy vajon képes lehet-e megismételni az elemzést olyan személy is, aki az eredeti elemzésben nem vett részt;
- e) ellenőrizendő, hogy az elemzés eredményei valóban nem érzékenyek az adatok vagy az eredmények feldolgozási módjára.

Ahol külön szakterületi tapasztalatok is rendelkezésre állnak, ott az igazoló ellenőrzés elvégezhető az elemzés eredményeinek és a közvetlen megfigyelések eredményeinek összehasonlításával.

#### 5.6 *Dokumentálás*

A kockázatelemzési jelentés dokumentálja a kockázatelemzés folyamatát, valamint magába kell foglalnia a kockázatelemzési tervet és az előzetes veszélykiértékelés eredményeit, vagy hivatkozni kell mindezekre. A műszaki-technikai jellegű információ megadása a jelentésben kritikus része a kockázatelemzési folyamatnak. A kockázatbecsléseket jól érthetően kell megfogalmazni, a különböző kockázati mérőszámok erősségeit és korlátait meg kell adni, és a kockázat becslésére vonatkozó bizonytalanságokat a dokumentumokat olvasó célszemély(ek) által érthető nyelven kell közölni.

A jelentés terjedelme az elemzés céljaitól és alkalmazási területétől függ. Az egészen egyszerű elemzésektől eltekintve, a dokumentáció tartalmának általában a következőkre kell kiterjednie:

- a) összefoglaló;
- b) következtetések;
- c) célkitűzések, tárgy és alkalmazási területe;
- d) korlátozások, előfeltevések és a hipotézisek igazolása;
- e) a rendszer megfelelő részeinek leírása;
- f) elemzési módszertan;
- g) a veszélyazonosítás eredményei;
- h) az alkalmazott modellek, beleértve az előfeltevéseket és a hitelesítést;
- i) adatok és azok forrása;
- j) a kockázatbecslés eredményei;
- k) érzékenység- és bizonytalanságelemzés;
- l) az eredmények megvitatása (beleértve az elemzés során felmerült nehézségek megvitatását);
- n) hivatkozások.

#### 5.7 *Az elemzés naprakésszé tétele*

Amennyiben a kockázatelemzésre a kockázatok folyamatos kezelésének támogatása érdekében van szükség, akkor azt olyan módon kell elvégezni és dokumentálni, hogy a rendszer, a létesítmény vagy a tevékenység teljes életciklusa alatt bármikor naprakésszé tehető legyen. Az elemzést tehát jelentősebb, új információ ismertté válásakor, és az irányítási folyamat igényeinek megfelelően kell naprakésszé tenni.

## 6. Auditok

Szükség esetén auditálni kell a kockázatelemzési folyamatot annak érdekében, hogy biztosítható legyen annak hatékonysága, és a jelen szabványnak való megfelelés; az auditot olyan személyeknek kell végezniük, akik közvetlenül nem vettek részt az adott kockázatelemzésben. Az audit során fel kell használni a vonatkozó minőségbiztosítási folyamatokat és eljárásrendeket.

## 7. Kockázatelemzési módszerek

### 7.1 Általános elvek

A jelen alfejezetben a technológiai rendszerek elemzésére általánosan alkalmazott módszerek közül mutatunk be néhányat, melyek felhasználhatók a veszélyazonosításhoz és a kockázatbecsléshez, valamint megadjuk az egyes módszerek kiválasztási szempontjait is.

### 7.2 A módszerek kiválasztása

A megfelelő módszernek általában a következő tulajdonságokkal kell rendelkeznie:

- legyen tudományosan igazolható, és legyen alkalmas az adott rendszer elemzésére;
- olyan formában szolgáltatson eredményeket, amely segít megérteni a kockázat jellegét, és hozzájárul a kockázat szabályozási módjának meghatározásához;
- a felhasználók széles köre számára tegye lehetővé az alkalmazást, mégpedig nyomon követhető, megismételhető és igazolható módon.

Meg kell adni az adott módszer kiválasztásának indokait, figyelembe véve az adott körülményeket és az alkalmazhatóságot. Ha ezek kapcsán bármiféle kétség merül fel, az alternatív megoldást kell alkalmazni, és az eredményeket össze kell hasonlítani. Amennyiben különböző tanulmányokból származó eredményeket használtak fel, akkor a módszertannak és a módszer által szolgáltatott eredményeknek összeegyeztethetőnek kell lenniük (kompatibilitás).

A kockázatelemzés elvégzését elrendelő döntést, valamint a célkitűzések és az elemzés alkalmazási területének a meghatározását követően ki kell választani a módszert vagy módszereket – alapul véve az adott körülményekre érvényes tényezőket (lásd 3. sz. ábra), pl.:

- a rendszer kidolgozottságának fázisa. A rendszerfejlesztés korai szakaszaiban kevésbé részletes módszerek is alkalmazhatók; amint több adat áll rendelkezésre, a módszerek tovább finomíthatók;
- a tanulmány közvetlen céljai. Az elemzés céljai közvetlen hatással bírnak az alkalmazott módszerekre. Például különböző változatok összehasonlítására irányuló tanulmány elkészítésekor elfogadható lehet közelítő következmény modellek alkalmazása azon rendszerrészek esetében, ahol nincs eltérés;
- az elemzendő rendszer típusa és a veszély jellege;
- a potenciális súlyosság mértéke. Az elemzés mélységét meghatározó döntésnek tükröznie kell a következmények előzetes érzékelését (bár elképzelhető, hogy ez utóbbit módosítani kell az előzetes kiértékelés után);
- az emberi erőforrásigény, a szakértelem foka, valamint a szükséges egyéb erőforrások. A helyesen elvégzett, egyszerűbb módszer jobb eredményeket adhat egy kifinomultabb, ám helytelenül elvégzett módszernél, amennyiben persze teljesíti a célkitűzéseket, és megfelel az elemzés alkalmazási területének. Általában elmondható, hogy az elemzésbe fektetett munkának arányban kell állnia az elemzett potenciális kockázat mértékével;
- a rendelkezésre álló információ és adatok. Egyes módszerek több információt és adatot igényelnek, míg mások kevesebbet;
- az elemzés átdolgozásának/naprakészé tételének igénye; A jövőben szükség lehet az elemzés átdolgozására, illetőleg naprakészé tételére, és e tekintetben egyes módszerek könnyebben átdolgozhatók a többinél;
- jogszabályi vagy szerződési követelmények.

### 7.3 Elemzési módszerek

A leggyakrabban alkalmazott módszerek közül néhányat az 1. sz. táblázatban adtunk meg, és mutatunk be az alábbiakban. A felsorolás természetesen nem a teljesség igényével készült. Egyes módszerekről rövid összefoglaló leírást is közlünk az A. mellékletben. Néha egynél több elemzési módszer alkalmazására is szükség lehet.

#### 7.3.1 Veszélyazonosítás

A veszélyazonosítás a vizsgált rendszer módszeres átvizsgálását foglalja magába abból a célból, hogy azonosíthatók legyenek a jelenlévő, meg nem nyilvánult veszélyek, s ezzel együtt azok a módok is, ahogyan ezek a veszélyek ténylegesen megjelenhetnek. Hasznos alapot szolgáltathatnak a veszélyazonosítás folyamatához a korábbi baleseti adatok, és a korábbi kockázatelemzésekből nyert tapasztalatok. Fel kell ismerni azt, hogy a veszélyekre vonatkozó ítéletalkotás szubjektív elemet is tartalmaz, valamint azt, hogy az azonosított veszély nem minden esetben az egyedüli, amelyik fenyegetést jelent a rendszerre. Fontos az is, hogy az azonosított veszélyt a vonatkozó, új adatok fényében vizsgáljuk. A veszélyazonosítási módszerek lényegében három főbb kategóriába sorolhatók:

- a) összehasonlító módszerek, pl. ellenőrzőjegyzékek, veszélyindexek, és a feljegyzett (szakirodalmi) adatok átvizsgálása;
- b) alapvető (fundamentális) módszerek, melyek olyan strukturált eljárások, amelyek emberek egy csoportját készíteti arra, hogy szaktudásuk alapján képet alkossanak a veszélyazonosítási feladatról „mi van, ha...?” kérdéssorozatok felvetésével. Példaként említhető a Működőképesség és veszélyelemzés (HAZOP), és a Hibamód és -hatás elemzése (FMEA);
- c) induktív elemző technikák, pl. az eseményfa logikai ábrák.

Más technikákat alkalmaznak egyedi problémákra a pontosabb veszélyazonosítás (és kockázatbecslés) érdekében. Pl. a látens lehetőségek elemzése (sneak analysis), a Delphi módszer, és az emberi megbízhatóság elemzés.

Függetlenül a ténylegesen alkalmazott technikáktól, a teljes veszélyazonosítási folyamatot tekintve fontos felismerni azt, hogy sok balesetben az emberi és a szervezési hibák fontos tényezők. Ennélfogva az emberi és a szervezési hibákból eredő baleseti eseménysorokat figyelembe kell venni a veszélyazonosítási folyamatban, tehát e folyamat nem alapulhat kizárólag a „hardver” szempontokon.

#### 7.3.2 Kockázatbecslés

Egy adott rendszer, létesítmény vagy tevékenység veszélyeinek azonosítása a gyakorlatban igen nagyszámú potenciális baleseti eseménysort eredményezhet, és nem mindig kivitelezhető az, hogy minden egyes eseménysort részletes mennyiségi gyakorisági és következményelemzésnek vessünk alá. Ezekben az esetekben ésszerű lehet az a megoldás, hogy minőségi szempontok alapján rangsoroljuk a baleseti eseménysorokat, és a kockázat szintje szerint elhelyezzük ezeket egy kockázatmátrixban. A számszerűsítést ezután azokra kell elvégezni, amelyeket magasabb kockázati szintekre soroltunk be. A 4. sz. ábra egy lehetséges kockázatmátrixot mutat be. A mátrix alkalmazásával a kis vagy triviális kockázatot jelentő eseménysorokat a további elemzésekből ki lehet szűrni, feltéve, hogy ezek együttesen nem okozhatnak jelentős mértékű kockázatot. Számos kockázatmátrix létezik; egy adott elemzéshez a legmegfelelőbb mátrix kiválasztása az alkalmazás jellegétől függ. Alapvető dolog azonban az, hogy akármilyen formátumú mátrixot alkalmazunk is, azt dokumentálni kell, mégpedig az összes figyelembe vett baleseti eseménysor becsült kockázati szintjével együtt, függetlenül attól, hogy készült-e ezután részletes mennyiségi elemzés vagy sem.

A mennyiségi kockázatelemzéshez általában szükség van mind a nem kívánatos esemény gyakoriságának (vagy valószínűségének), mind pedig a következményeknek (vagy a súlyosságának) a becslésére a kockázat mértékének meghatározása érdekében. Azonban néhány esetben – pl. amikor a számítások jelentéktelen következményeket vagy szélsőségesen alacsony gyakoriságokat mutattak ki – egyparaméteres becslés is elegendő lehet.

### 7.3.2.1 Gyakoriságelemzés

A gyakoriságelemzés célja az egyes nem kívánatos események vagy a veszélyazonosítási munkafázisban feltárt baleseti eseménysorok gyakoriságának meghatározása. Három alapvető megközelítés terjedt el általánosan:

- a) az adott körülményekre jellemző, feljegyzett (szakirodalmi) adatok alapján meghatározzák azokat a gyakoriságokat, amelyekkel ezek az események a múltban bekövetkeztek, és így kiértékelik a hasonló események jövőbeni bekövetkezésének gyakoriságát. A felhasznált adatoknak meg kell felelniük a vizsgált rendszer vagy üzem típusának, illetőleg a tevékenység jellegének, és összhangban kell lenniük az érintett szervezetre vonatkozó működési szabványok előírásaival;
- b) előre megbecsülik az eseménygyakoriságokat olyan technikák alkalmazásával, mint pl. a hibafa-elemzés vagy az eseményfa-elemzés. Amennyiben nem állnak rendelkezésre szakirodalmi adatok, vagy ezek minősége nem megfelelő, akkor a rendszer és hibamódjai elemzésével kell az eseménygyakoriságokat megállapítani. Ezután az eseményekre vonatkozó számadatokat – beleértve az üzemelési tapasztalatokból és a publikált adatforrásokból származó berendezés-meghibásodási, és az emberi hibákat figyelembe vevő adatokat is – kombinálni kell annak érdekében, hogy a nem kívánatos esemény gyakorisága becsülhető legyen. Valószínűségi technikák alkalmazásakor fontos biztosítani azt, hogy az elemzés során kellő mértékben vegyék figyelembe az azonos típusú hibák lehetőségét, vagyis a rendszer különböző részegységeinek vagy komponenseinek azonos típusú meghibásodásait. Szükség lehet szimulációs eljárások alkalmazására is a berendezésre jellemző vagy szerkezeti jellegű azon meghibásodások gyakoriságainak meghatározásához, amelyek az öregedési vagy egyéb degradációs folyamatokból erednek; a gyakoriságok ekkor a bizonytalanságok hatásainak kiszámítása útján határozhatók meg;
- c) szakértői értéktétel figyelembe vétele. Számos formalizált módszer létezik a szakértői értéktétel felhasználására, melyek révén az értéktétel átlátható és explicit módon hasznosítható, és segítséget nyújtanak a megfelelő kérdések feltevéséhez. A szakértői értéktétel kialakításakor alapul kell venni az összes vonatkozó információt, beleértve a szakirodalmi, a rendszer-specifikus, a tapasztalati, a tervezési, stb. adatokat is. A rendelkezésre álló módszerek között említhető a Delphi módszer, a páros összehasonlítás, a kockázatosztályozás, és az abszolút valószínűségi kiértékelések módszere.

A hibafa-elemzést és az eseményfa-elemzést az A. mellékletben mutatjuk be röviden. Az IEC 1025 szabvány részletesen foglalkozik a hibafa-elemzéssel.

### 7.3.2.2 Következésményelemzés

A következményelemzés során meg kell becsülni a nem kívánatos esemény bekövetkezése esetén kialakuló hatásokat az emberre, az anyagi javakra vagy a környezetre. A biztonsággal (ti. a lakosság vagy a munkavállalók biztonságával) kapcsolatos kockázati számítások esetében általában meg kell becsülni az eseményforrástól különböző távolságra lévő helyszíneken tartózkodó emberek számát, akik a nem kívánatos esemény következtében meghalhatnak, megsebesülhetnek vagy bármilyen módon komoly mértékben érintettek lehetnek.

A nem kívánatos események általában a következő helyzeteket jelentik: mérgezőanyag kibocsátás, tűz, robbanás, széteső rendszerből kirepülő részek, stb. A következmény-modellek a személyi sérülések vagy más hatások mértékének előrejelzéséhez szükségesek. A kibocsátási mechanizmusnak, és az azt követő anyagok (vagy energiák) semlegesülésének figyelembe vétele teszi lehetővé azt, hogy a kibocsátás hatásait a forrástól tetszőleges távolságban, tetszőleges időpontban előre jelezhessék.

Sokféle módszer ismeretes a hatások becslésére az egyszerű analitikai megközelítéstől az igen bonyolult számítógépes módszerekig. Minden esetben biztosítani kell azt, hogy a módszer feleljen meg a vizsgált problémának.



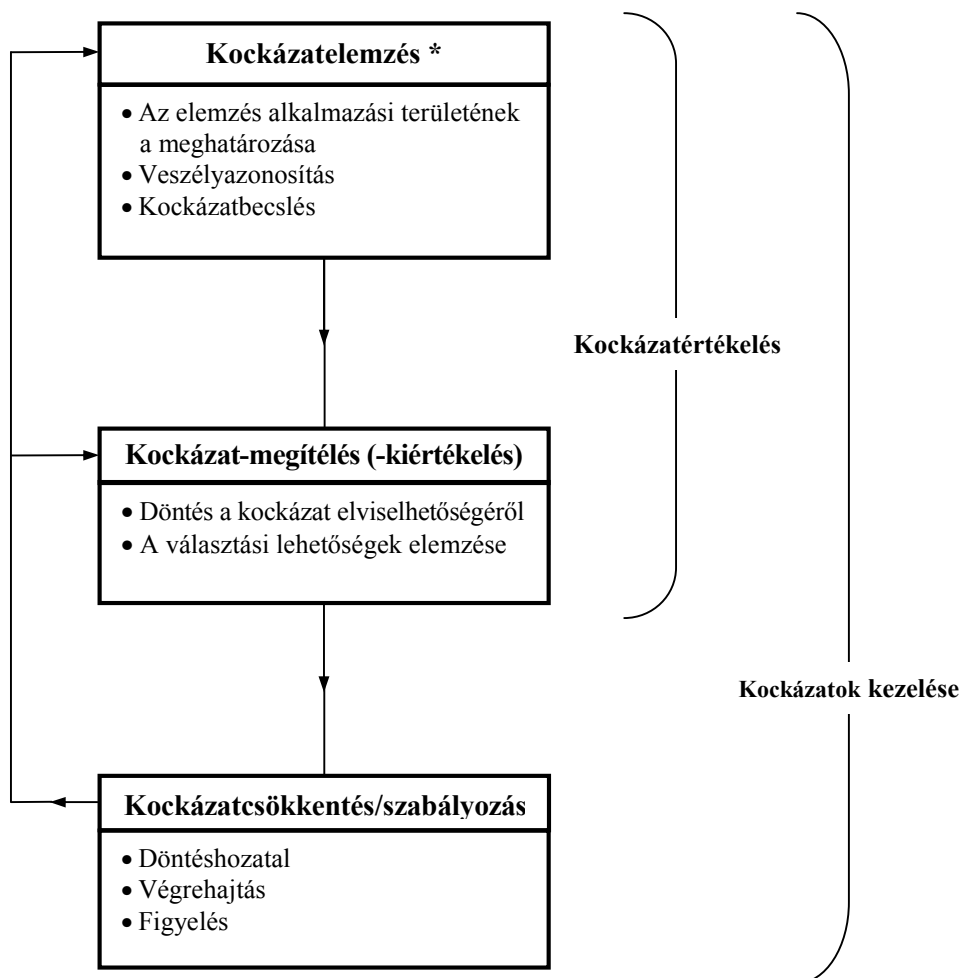
**1. sz. táblázat – A kockázatelemzésben alkalmazott módszerek**

a) A legismertebb módszerek

<b>Módszer</b>	<b>Leírás és alkalmazás</b>	<b>Hivatkozás</b>
Eseményfa-elemzés	Olyan veszélyazonosítási és gyakoriságelemzési technika, amely induktív elemzés útján a különböző kezdeti eseményekből alkotja meg a lehetséges kimeneti eseményeket.	A.4
A hibamód és -hatás elemzése & A hibamód, -hatás és -kritikusság elemzése	Alapvető (fundamentális) veszélyazonosítási és gyakoriságelemzési technika, amely egy adott berendezésrész összes hibamódját elemzi, figyelembe véve mind a többi rendszelemre, mind magára a rendszerre gyakorolt hatásokat.	IEC 812 A.2
Hibafa-elemzés	Olyan veszélyazonosítási és gyakoriságelemzési technika, amely a nem kívánatos eseményből indul ki, és meghatározza mindazokat a módokat, ahogyan az esemény bekövetkezhet. Az eredményeket grafikusán ábrázolja.	IEC 1025 A.3
Működőképesség & veszélyelemzés	Alapvető (fundamentális) veszélyazonosítási technika, amely módszeresen megvizsgálja a rendszer minden egyes részét annak megértése érdekében, hogy miként alakulhatnak ki a rendeltetésszerű működéstől eltérő állapotok, és hogy okozhatnak-e ezek problémákat.	A.1
Emberi megbízhatóság elemzés	Olyan gyakoriságelemzési technika, amely az embernek a rendszer működésére gyakorolt hatásaival foglalkozik, és felméri az emberi hibák hatását a megbízhatóságra.	A.6
Előzetes veszélyelemzés	Olyan veszélyazonosítási és gyakoriságelemzési technika, amely a korai tervezési fázisban alkalmazható a veszélyek azonosítására és ezek kritikusságának értékelésére.	A.5
Hibamentességi tömbdiagram módszer	Olyan gyakoriságelemzési technika, amely az általános rendszer-hibamentesség kiértékeléséhez megalkotja a rendszer és a rendszer tartalékainak modelljét.	IEC 1078

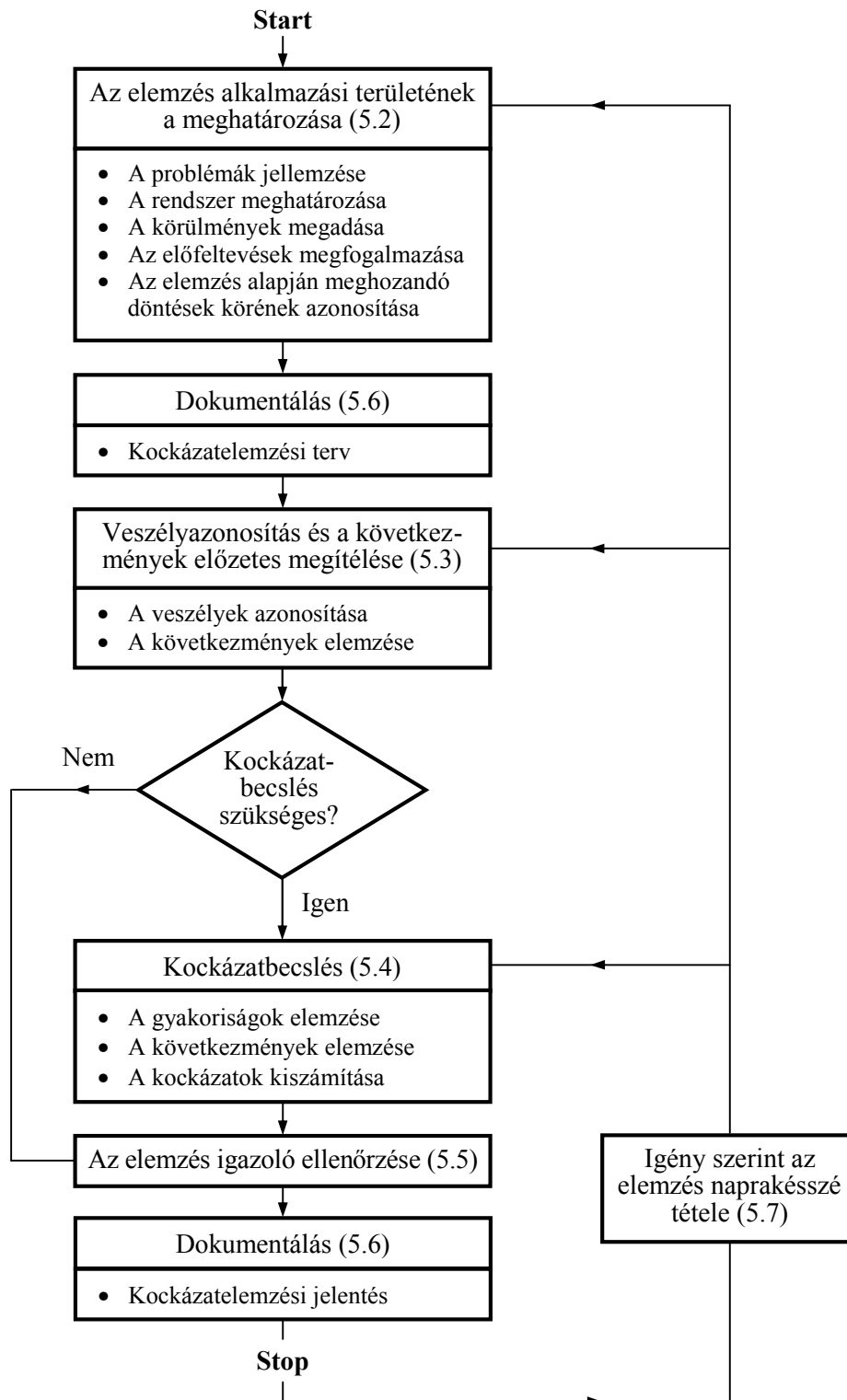
## b) További módszerek

Módszer	Leírás és alkalmazás
Kockázat-osztályozás	A kockázatoknak előre meghatározott rend szerinti osztályozása annak érdekében, hogy azokat rangsor szerinti csoportokba sorolhassák.
Ellenőrző-jegyzékek	Olyan veszélyelemzési technika, amely felsorolásszerűen megadja azokat a legjellemzőbb veszélyes anyagokat és/vagy potenciális balesetforrásokat, amelyeket elemezni szükséges. Felhasználható a szabályzatoknak, szabványoknak való megfelelés értékeléséhez is.
Azonos típusú meghibásodások elemzése	Olyan értékelő módszer, amellyel megállapítható, hogy a rendszer különböző részegységeinek vagy komponenseinek kölcsönösen összefüggő meghibásodása lehetséges-e, és értékelhető a valószínű, általános hatás.
Következmény-modellek	Az emberre, az anyagi javakra vagy a környezetre irányuló hatás becslése. Egyszerű analitikai módszerek és bonyolult számítógépi modellek is rendelkezésre állnak.
Delphi módszer	Különböző szakértők véleményét együttesen figyelembe vevő eljárás, amely támogatja a gyakoriságelemzést, a következmény-modellezést, és/vagy a kockázatbecslést.
Veszélyindexek	Olyan veszélyazonosítási/veszélykiértékelési technika, amellyel rangsorolhatók a különböző rendszerváltozatok, és kiválasztható a legkevésbé veszélyes megoldás.
Monte-Carlo szimuláció, és más szimulációs technikák	Olyan gyakoriságelemzési technika, amely rendszermodell alkalmazásával kiértékeli a kezdeti feltételek és előfeltevések változásait.
Páros összehasonlítás	Olyan kockázatbecslési eljárás, amely kockázathalmazokat rangsorol úgy, hogy kockázat-párokat képez, és egyszerre csak egy párt minősít.
Feljegyzett (szakirodalmi) adatok átvizsgálása	Olyan veszélyazonosítási technika, amellyel azonosíthatók a potenciális problémakörök, és amely adatokat is szolgáltat a gyakoriságelemzéshez a bekövetkezett balesetekből származó, a megbízhatósági és más adatok alapján.
Látens lehetőségek elemzése (Sneak Analysis)	Olyan módszer, amellyel azonosíthatók azok az látens lehetőségek, amelyek előre nem látható események bekövetkezéséhez vezethetnek.

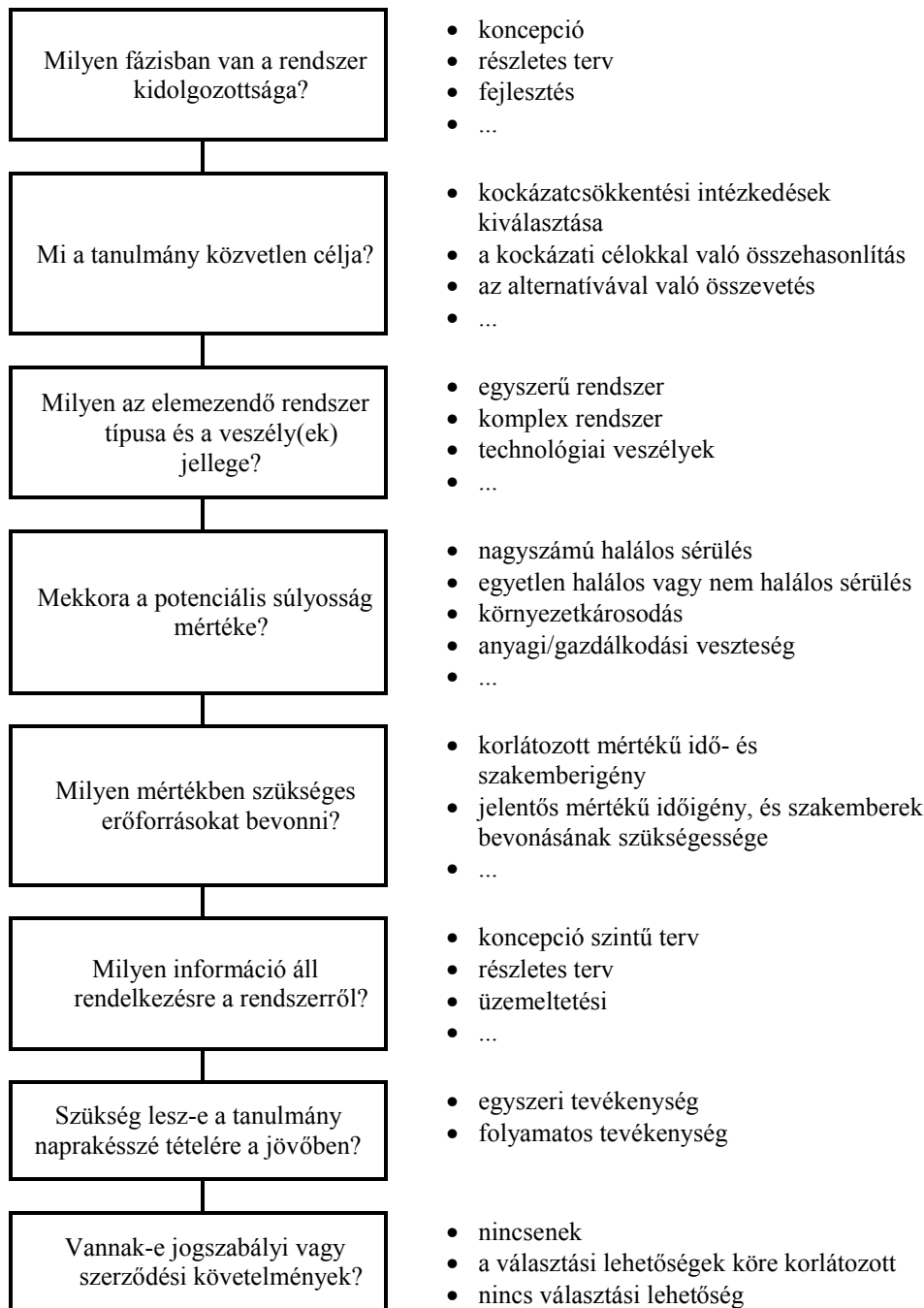


\* E szabvány tárgya

1. sz. ábra – A kockázatelemzés és a kockázatok kezelése keretében folytatott egyéb tevékenységek közötti kapcsolat egyszerűsített vázlata



2. sz. ábra – A kockázatelemzés folyamata (5. alfejezet)



**3. sz. ábra – Az elemzés típusának és a tanulmány mélységének meghatározásakor alkalmazott jellegzetes szempontok**

Bekövetkezési gyakoriság	Jellemző gyakoriság (1/év)	A következmények súlyossága			
		Katasztrofális	Súlyos	Komoly	Kismértékű
Gyakori	$> 1$	N	N	N	M
Valószínű	$1 - 10^{-1}$	N	N	M	K
Eseti	$10^{-1} - 10^{-2}$	N	N	K	K
Távoli	$10^{-2} - 10^{-4}$	N	N	K	K
Valószínűtlen	$10^{-4} - 10^{-6}$	N	M	K	T
Elképezhetetlen	$< 10^{-6}$	M	M	T	T
<b>MEGJEGYZÉS – A mátrixban közölt kategóriák megnevezése és az értékek csak tájékoztató jellegűek!</b>					

A kockázati kategóriák értelmezése:

N = Nagy kockázat

M = Mérsékelt kockázat

K = Kis kockázat

T = Triviális kockázat

E példában a következmények súlyosságát jellemző kategóriákat a következőképpen lehet értelmezni:

Katasztrofális	Az üzem vagy a rendszer gyakorlatilag teljesen megsemmisül; sok halálos áldozat.
Súlyos	Az üzem vagy a rendszer jelentős mértékű sérülése; néhány halálos áldozat.
Komoly	Komoly személyi sérülés, komoly mértékű foglalkozási eredetű megbetegedés, az üzem vagy a rendszer jelentős mértékű sérülése.
Kismértékű	Kisebb személyi sérülés, kisebb mértékű foglalkozási eredetű megbetegedés vagy kisebb rendszersérülés.

#### 4. sz. ábra – A kockázatmátrix

## A. melléklet

(tájékoztató)

### Elemzési módszerek

#### A.1 Működőképesség és veszélyelemzés (HAZOP)

A HAZOP a Hibamód és -hatás elemzésének (FMEA) egyik formája. A HAZOP módszert eredetileg a vegyipari alkalmazásokhoz fejlesztették ki. Az eljárás lényegében olyan szisztematikus technika, mellyel a veszélyek és az üzemeltetési problémák az egész létesítményben azonosíthatók. A HAZOP különösen hasznos olyan előre nem látható veszélyek azonosítására, amelyeket új létesítmények tervezésekor információhiány miatt „vittek a rendszerbe”, vagy amelyek meglévő létesítményeknél a technológiai feltételek változásaiból eredően jelentkeznek. Az HAZOP eljárások alapvető célkitűzései a következők:

- a létesítmény vagy a technológia teljes részletességű bemutatása, beleértve a tervezés során figyelembe vett üzemi körülményeket;
- a létesítmény vagy a technológia minden részének módszeres átvizsgálása annak érdekében, hogy a tervezés során előírtaktól való esetleges eltérések módját meghatározzák; és
- annak megítélése, hogy az eltérések elvezethetnek-e veszélyek megjelenéséhez vagy működési problémák kialakulásához.

A HAZOP alapelvei egyaránt alkalmazhatók már működő technológiák esetében, és a tervezés különböző fázisaiban is. A tervezés kezdeti szakaszában alkalmazott HAZOP eljárás gyakorta útmutatóul szolgálhat a biztonságosabb részletes tervek kidolgozásához.

A HAZOP legelterjedtebb formáját a részletes tervek elkészítésekor alkalmazzák, és HAZOP II eljárásnak nevezik.

A HAZOP II a következő lépésekből áll:

- A tanulmány célkitűzéseinek és alkalmazási területének a meghatározása, pl. csak a nem helyszíni hatást jelentő veszélyek, vagy csak a helyszíni hatású veszélyek, a vizsgálandó üzemszettek, stb.
- A HAZOP munkacsoport összeállítása. A munkacsoport tagjai között legyenek műszaki-technikai ismeretekkel rendelkező tervezők és üzemeltetők, akiknek a rendeltetésszerű működésétől való eltérések hatásainak kiértékelése lesz a feladata.
- A szükséges dokumentáció, rajzok és technológiai leírások összegyűjtése. Így a technológiai anyagáramok, az elvi technológiai kapcsolási vázlatok (P&I diagramok), a berendezések, csővezetékek és műszerek műszaki leírásai, a szabályozási logikai kapcsolási vázlatok, az üzemi elrendezési rajzok, az üzemeltetési és karbantartási eljárásrendek, a veszélyhelyzeti beavatkozási eljárásrendek, stb.
- Minden egyes jelentősebb berendezésrész és az összes kiszolgáló berendezés, csővezeték és műszerezés elemzése a 3. lépésben összegyűjtött dokumentáció alapján. Elsőként a technológia rendeltetését (a technológiára vonatkozó tervezői szándékot) kell meghatározni, majd az egyes technológia- és berendezésrészekkel összefüggésben vezérszavakat (lásd A.1 táblázat) kell alkalmazni a technológiai paraméterek – pl. a hőmérséklet, a nyomás, az anyagáramok, az anyagsűrűségek, és vegyi összetétel – jellemzésére. (Ezek a vezérszavak gondolatokat ébresztenek az elemzőkben, és döntéshozatalra készítenek a munkacsoportot.)
- A normálistól való eltérések következményeinek dokumentálása, valamint a veszélyesnek és hihetőnek minősített eltérések kiemelése. Ezenfelül azonosítják az eltérések észlelésének és megelőzésének módjait is. A dokumentálás általában HAZOP munkalapokon történik. Az A.2 táblázatban az „anyagáramlás”-ra alkalmazott „nincs, nem” vezérszóra mutatunk be egy példát.

A HAZOP révén kiemelhetők azok a különleges eltérések, amelyekhez kockázatsökkentési intézkedéseket kell kidolgozni. Azokban az esetekben, amikor a kockázatsökkentési intézkedések nem teljesen nyilvánvalóak, vagy várhatóan igen költségesek, a HAZOP eredményei alapján azonosíthatók azok a kezdeti események, amelyek kockázatát részletesebben kell elemezni.

**A.1 táblázat – HAZOP II vezérszavak**

<b>Fogalom</b>	<b>Meghatározás</b>
Nem vagy nincs	A várt eredményt részben sem éri el (pl. nincs áramlás)
Több	Mennyiségi növekedés (pl. nagy nyomás)
Kevesebb	Mennyiségi csökkenés (pl. kis nyomás)
Mind ... mind	Minőségi növekedés (pl. egy további anyag)
Részben	Minőségi csökkenés (pl. csak egy vagy két komponens van jelen a keverékben)
(Meg)fordítva	A fordítottja valaminek (pl. visszaáramlás)
Másvalami (más mint)	Semmiféle várakozás nem teljesül, valami teljesen más dolog történik (pl. áramlás, vagy nem megfelelő anyag jelenléte)

**A.2 táblázat – Példa a HAZOP II munkalapra a „nem, nincs” vezérszó esetében**

<b>Vezérszó</b>	<b>Eltérés</b>	<b>Lehetséges okok</b>	<b>Következmények</b>	<b>Szükséges intézkedés</b>
Nincs, nem	Nincs áramlás	1) Nem áll rendelkezésre a bevezetendő anyag.	Kisebb mennyiségű polimer termelődik.	a) Jó kommunikációt kell biztosítani a kezelővel. b) Alacsony tartálszintnél riasztás.
		2) A szivattyú leáll (különböző okokból).	Mint 1)-nél.	Mint b)-nél.
		3) A technológiai rész bedugul, vagy meghibásodás folytán beragad a szelep, vagy a szabályozószelep nem zár.	Mint 1)-nél. A szivattyú túlmelegszik.	Minden egyes szivattyúhoz recirkulációs kör építendő ki.

**A.2 A hibamód és -hatás elemzése (FMEA)**

Az FMEA olyan – elsősorban minőségi, bár számszerűsítést is lehetővé tevő – technika, amellyel módszeresen azonosíthatók az egyedi komponens hibamódok hatásai vagy következményei. Az induktív elemzési módszer alapja a „mi van, ha...?” kérdés. Az FMEA legfőbb jellemzője a rendszer fontosabb részegységeinek, illetőleg komponenseinek vizsgálata abból a szempontból, hogy mi a hibás állapotba jutás módja (a hibamód), és milyen hatást gyakorol a hibamód a rendszerre (a hibamód-hatás). Az elemzés általában leíró jellegű, és az információt adattáblázatba gyűjtik, vagy munkalapra vezetik. Az FMEA mint olyan tisztán a komponensek hibamódjaival, azok okozati tényezőivel és a rendszerre gyakorolt hatásaikkal foglalkozik, és könnyen áttekinthető formában mutatja be mindezeket.

Az FMEA „lentől-felfelé” irányuló megközelítés, és egyesével veszi figyelembe a komponensek hibamódjainak következményeit. Mint ilyen, a módszer képes kezelni a kismértékű tartalékolási funkciót, anélkül, hogy az elemzés elviselhetetlenül nehézkesé válna. Ezen kívül az eredményeket könnyen ellenőrizheti bárki, aki ismeri a rendszert.

A technika legnagyobb hátrányai közé sorolhatók a tartalékolási funkciók kezelésével, a javítás/karbantartás hatásainak figyelembevétel, valamint az egyedi komponens meghibásodások részletes vizsgálatával összefüggő nehézségek.



Az FMEA kiterjeszthető olyan módszerré is, amit Hibamód, -hatás és -kritikusság elemzésének (FMECA) neveznek. Az FMECA eljárásban minden egyes azonosított hibamódot rangsorolnak aszerint, hogy mekkora az előfordulási valószínűségüknek és a következményeik súlyosságának együttes hatása.

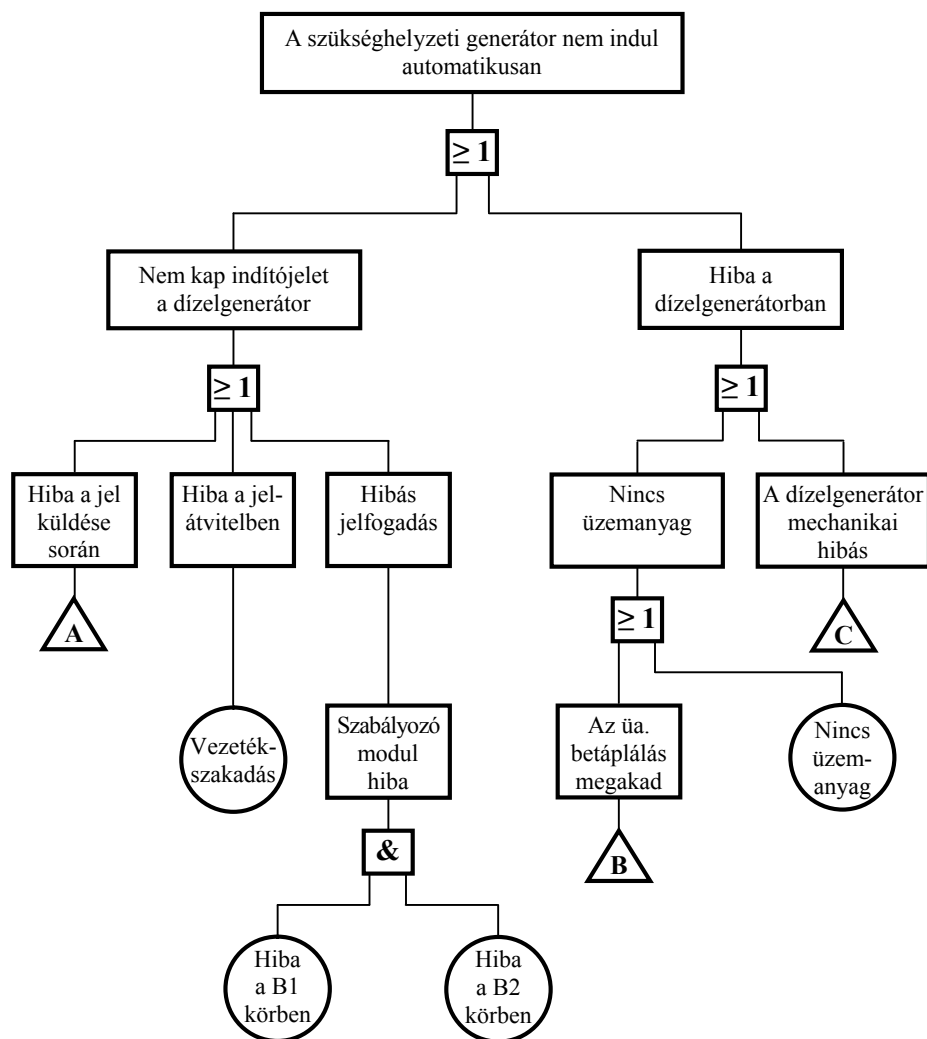
Az FMEA és az FMECA alapul szolgál az olyan elemzésekhez, mint pl. a hibafa-elemzés. A komponensek vizsgálata mellett alkalmazhatók az emberi hibák esetében is. Használhatók veszélyazonosításhoz és valószínűségbecsléshez is – feltéve, hogy csak kismértékű tartalékolás van a rendszerben. Az FMEA és FMECA technikákat az IEC 812 szabvány mutatja be részletesen.

### A.3 Hibafa-elemzés


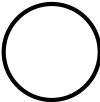



A hibafa-elemzés olyan – minőségi vagy mennyiségi – technika, amellyel az adott nem kívánatos eseményhez (melyet csúcseseménynek neveznek) hozzájáruló körülményeket és tényezőket deduktív módon azonosítják, logikai összefüggések szerint rendezik és ábrázolják. A hibafában azonosított hibák lehetnek a hardver komponensek meghibásodásaira utaló események, emberi hibák, vagy egyéb olyan események, amelyek a nem kívánatos eseményhez elvezetnek. A csúcseseményből kiindulva az egymást követő, alacsonyabb funkcionális szinteken azonosítják a lehetséges okokat vagy hibamódokat. Ezt a lépésről lépésre haladó azonosítási eljárást követve egyre alacsonyabb rendszerszinten határozható meg a nem kívánatos rendszerműködés, és végül eljutnak ahhoz a szinthez, ami rendszerint a komponens hibamód. Az A.1 ábra egy szükséghelyzeti generátor példáján keresztül mutat be egy hibafát. A leggyakoribb hibafa képeket az A.2 ábra tartalmazza.

A hibafa-elemzés fegyelmezett megközelítést enged meg, amely meglehetősen módszeres, de ezzel együtt elegendően rugalmas is ahhoz, hogy sokféle tényező – beleértve az emberi beavatkozásokat és egyéb fizikai jelenségeket is – elemzését lehetővé tegye. Az elemzés „fentről-lefelé” jellegű, módszerét tekintve implicit, és a meghibásodásoknak azokra a hatásaira irányítja a figyelmet, amelyek közvetlen a csúcseseménnyel vannak kapcsolatban. Ez a külön előnye, bár előfordulhat az is, hogy máshol egyébként fontos hatások az elemzésből kimaradnak. A hibafa-elemzés különösen hasznos módszer a sok külső és belső kapcsolattal rendelkező rendszerek elemzésénél. A képi ábrázolás könnyen áttekinthetővé teszi a rendszer működését és a vizsgált tényezőket, azonban – mivel a hibafák gyakorta túl nagyok – számítógépi rendszerek alkalmazását igényli. Emiatt a hibafa-elemzés igazoló ellenőrzése bonyolult.

A hibafa-elemzés használható veszélyazonosításra, bár elsődleges alkalmazási területe a kockázatértékelés, ahol a meghibásodási valószínűségek vagy gyakoriságok becslésének az eszköze. A módszert az IEC 1025 szabvány mutatja be részletesen.



A.1 ábra – Példa a hibafára

Képjel	Funkció	Leírás
	Eseményleírás	Az esemény megnevezését vagy jellemzését, az eseménykódot, és a bekövetkezési gyakoriságot (szükség szerint) e képjelben kell megadni.
	Alapesemény	Tovább már nem bontható esemény.
	ÉS kapu	Az esemény csak akkor következik be, ha mindkét bemenő esemény egyszerre következik be.
	VAGY kapu	Az esemény akkor következik be, ha a bemenő események közül bármelyik – önmagában vagy más eseményekkel egyszerre – bekövetkezik.
	Átvitel	A hibafában máshol már megadott esemény.

MEGJEGYZÉS – A képjelek az IEC 1025 szabványból származnak, és ezek szerepelnek az A.1 ábrában is. Más, egyezményes hibafa képjelek is használatosak.

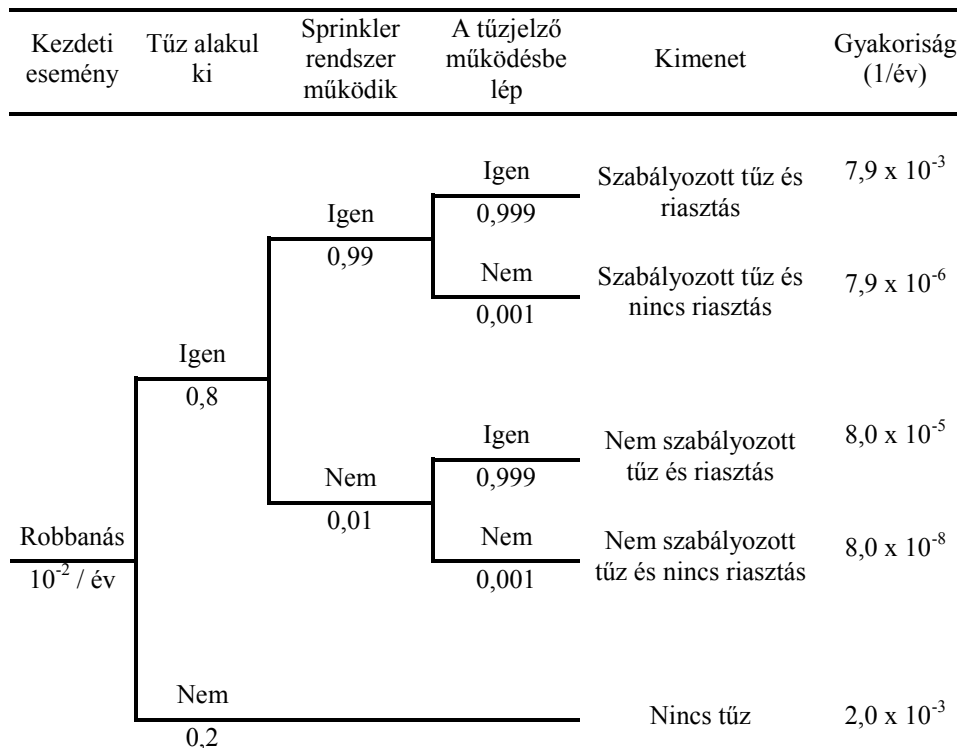
## A.2 ábra – Hibafa képjelek

### A.4 Eseményfa-elemzés

Az eseményfa-elemzés olyan – minőségi vagy mennyiségi – technika, amellyel azonosíthatók a kezdeti esemény bekövetkezésének lehetséges kimenetei, és amennyiben arra szükség van, azok valószínűségei is. Az eseményfa-elemzést széles körben alkalmazzák olyan létesítményeknél, ahol a balesetek mérséklésének igényét már a tervezéskor figyelembe vették; ezekben az esetekben a kezdeti esemény bekövetkezése utáni, adott következmények előfordulásához vezető eseménysorokat azonosítják. Általában feltételezik, hogy az eseménysor minden egyes eleme vagy bekövetkezik (siker) vagy nem (hiba). Az A.3 ábrán egy egyszerű eseményfa látható porrobbanás esetére, a valószínűségekkel együtt. Megjegyzendő, hogy az eseményfában feltüntetett valószínűségek valójában feltételes valószínűségek, pl. a sprinkler működésbe lépésének valószínűsége nem a tesztekkel származó, normális működésre vonatkozó valószínűség, hanem a robbanás okozta tüzeseti körülmények közötti működés valószínűsége.

Az eseményfa-elemzés induktív módszer, ahol az alapkérdés a következő: „mi történik, ha ...?”. Egyértelműen megadja a különböző hatáscsökkentő rendszerek működése vagy meghibásodása és az egyedi kezdeti esemény bekövetkezése utáni végső veszélyes esemény közötti összefüggést. Az eseményfa-elemzés igen hasznos az olyan események azonosítása során, amelyekre további hibafa-elemzést kell végezni (pl. a hibafák csúcseseményei). Annak érdekében, hogy átfogó kockázatértékelés készülhessen, minden potenciális kezdeti eseményt azonosítani szükséges. Azonban mindig fennáll annak a lehetősége, hogy e módszer alkalmazása során valamelyik fontos kezdeti esemény kimarad az elemzésből. Ezenkívül az eseményfákban csak a rendszer működőképes vagy működésképtelen állapotai jelennek meg, és bonyolult dolog figyelembe venni a megfelelő működést időbeli csúszással elérő rendszerállapotokat, vagy a működőképesség helyreállítását kiváltó eseményeket.

Az eseményfa-elemzés egyaránt alkalmazható veszélyazonosításhoz, és a veszélyes helyzetekhez vezető eseménysorok valószínűségének becsléséhez.



A.3 ábra – Példa az eseményfára porrobbanás esetére

## A.5 Előzetes veszélyelemzés

Az előzetes veszélyelemzés olyan induktív módszer, melynek célja a sérülés okozására képes veszélyek, veszélyes helyzetek és események azonosítása valamely adott tevékenység, létesítmény vagy rendszer esetében. Az elemzést leginkább a projektek előtervezési fázisában használják, amikor kevés tervezési részlet és működési eljárásrend ismert; a módszer révén gyakran további tanulmányok elkészítésének szükségessége is megállapítható. Olyan esetekben is hasznos lehet, amikor meglévő rendszereket kell elemezni, vagy veszélyeket kell rangsorolni, és alaposabb módszerek alkalmazására az adott körülmények között nincs lehetőség.

Az előzetes veszélyelemzés során lista készül a veszélyekről és a legalapvetőbb veszélyes helyzetekről például a következő jellemző szempontok alapján:

- az alkalmazott vagy gyártott anyagok, és azok reakcióképessége;
- az alkalmazott berendezések/felszerelések;
- a működési környezet;
- az elrendezés;
- a rendszerkomponensek közötti kapcsolatok, stb.

A módszert kiegészíti a baleset bekövetkezési lehetőségének azonosítása, a lehetséges személyi sérülés vagy a kialakuló egészségkárosodás jellegének kiértékelése, valamint a lehetséges helyreállítási intézkedések azonosítása. Az előzetes veszélyelemzést naprakésszé kell tenni a tervezés, az építés és a próbaüzemek alatt az újabb veszélyek észlelése és a szükséges helyesbítések elvégzése érdekében. Az elemzés eredményeit különböző módon lehet szemléltetni, pl. táblázatos formában, vagy logikai fák készítésével.

## A.6 Emberi megbízhatóság elemzés

A módszerről általában

Az emberi megbízhatóság elemzés a kezelők és karbantartók tevékenységnek a rendszer működésére gyakorolt hatásaival foglalkozik, és alkalmazásával kiértékelhetők az emberi hibák hatásai a biztonságra és a termelékenységre.

Sok folyamat magába foglalja az emberi hibák lehetőségét, különösen akkor, amikor a kezelőnek rövid idő áll rendelkezésére a döntéshozatalhoz. Általában kicsi a valószínűsége annak, hogy a problémák addig súlyosbodnak, amíg komoly mértéket érnek el. Néha azonban csak az emberi beavatkozás az egyetlen védelem annak a kezdeti hibának a megelőzésére, ami baleset kialakulásához vezethet.

Az emberi megbízhatóság elemzés révén azonosíthatók a különböző jellegű hibás tevékenységek, pl.

- a) a mulasztási hiba, vagyis amikor nem teszik meg a szükséges intézkedést;
- b) a végrehajtási hiba, amely magába foglalhatja a következőket:
  - 1) nem megfelelően teszik meg a szükséges intézkedést;
  - 2) túl nagy vagy túl kis erőfeszítéssel, vagy nem a szükséges alapossággal végzik el az adott tevékenységet;
  - 3) rossz időzítéssel végeznek el egy adott tevékenységet;
  - 4) rossz sorrendben végeznek el egy tevékenységet (vagy tevékenységeket);
- c) az oda nem illő intézkedés, a szükséges tevékenységen felül vagy annak kiegészítéseként végzett, szükségtelen tevékenység.

Az elemzés során azonosíthatók a hibák kijavításának lehetőségei is, pl. azok a tevékenységek, amelyek a korábbi hibák kijavítását célozzák.

Az emberi megbízhatóság elemzés olyan hibrid eljárás, amelyben a biztonságtechnika, vagy a pszichológia és egyéb humántudományok kutatói és a gyakorlati szakemberek vesznek részt.

A módszer jelenőségét számos olyan baleset illusztrálja, ahol kritikus mértékű emberi hibák járultak hozzá katasztrofális eseménysorok bekövetkezéséhez. Ezek a balesetek arra figyelmeztetnek, hogy nem fogadhatók el azok a kockázatértékelések, amelyek kizárólag a rendszer hardver és szoftver alrendszereit veszik figyelembe. Rámutatnak az emberi hibák lehetséges hatásainak figyelmen kívül hagyásából eredő veszélyekre. Ezenkívül a módszer hasznos eszköz azoknak a hibáknak a feltárására, amelyek rontják a termelékenységet, valamint arra is, hogy feltárják e hibák és egyéb (hardver vagy szoftver) meghibásodások kezelői vagy karbantartói „elhárításának” módját.

Az emberi megbízhatóság elemzés a következő lépésekből áll:

- 1) feladatelemzés;
- 2) az emberi hibák azonosítása;
- 3) az emberi megbízhatóság számszerűsítése.

Az egyes lépéseket az alábbiakban mutatjuk be, és megemlítjük a jellemző elemzési módszereket is.

A feladatelemzést és az emberi hiba azonosítást rendszerint a koncepció kialakítási és célkitűzési fázisban, vagy a kezdeti tervezési fázisban szükséges elkezdni, és a rendszer kialakításának további fázisaiban kell finomítani és pontosítani.

## Feladatelemzés

A teljes folyamaton belül a feladatelemzés célja az elemezendő feladat leírása és jellemzése elegendő részletességgel ahhoz, hogy elvégezhető legyen az emberi hiba azonosítása és/vagy az emberi megbízhatóság számszerűsítése. Feladatelemzést más célból is lehet végezni, pl. az ember-gép kapcsolat kiértékeléséhez vagy a folyamattervezéshez.

### Az emberi hiba azonosítása

E lépésben kell azonosítani és leírni a feladat végrehajtása közben lehetséges hibás tevékenységeket. Az emberi hiba azonosításába beletartozhat a lehetséges következmények és a hibás tevékenységek okainak azonosítása, javaslatok kidolgozása az emberi hiba valószínűségének csökkentésére, a helyesbítő tevékenységek lehetőségeinek javítása, és/vagy a hibás tevékenységek következményeinek csökkentése. Az emberi hiba azonosításának eredményei így értékes adatokat szolgáltatnak a kockázatok kezeléséhez, még akkor is, ha számszerűsítésre nem került sor.

### Az emberi megbízhatóság számszerűsítése

Az emberi megbízhatóság számszerűsítésének célja a tevékenység megfelelő elvégzése valószínűségének vagy a hibás tevékenység végzése valószínűségének becslése. Néhány módszer lehetőséget nyújt meghatározott, nem kívánatos eseménysorok vagy nem kívánatos kimenetek valószínűségének, illetőleg gyakoriságának becslésére is.

Az emberi megbízhatóság elemzés módszerét az elkészítendő IEC 300-3-8 szabvány fogja bemutatni (a koncepció jelenleg megvitatás alatt).

## A.7 Hivatkozási alap

56/455/CD: Megbízhatóság-irányítás – 3. rész: Alkalmazási útmutató – 8. fejezet: Emberi megbízhatóság (a jövőbeni IEC 300-3-8 szabvány).

Műszaki Biztonsági Főfelügyelet  
1081 Budapest, Köztársaság tér 7.  
Telefon: 477.50.28; fax: 210.03.49  
E-mail: [mbfsbmfo@axelero.hu](mailto:mbfsbmfo@axelero.hu)  
Web: [www.mbf.hu/seveso2.html](http://www.mbf.hu/seveso2.html)

Készült : 2001.08.22.  
Módosítva : 2002.10.21.  
2002.12.16. (szerkesztés)

### 'Seveso 2' Füzetek – № 3: Technológiai rendszerek kockázatelemzése

E füzet rendeltetése az, hogy a kockázatelemzési folyamat kockázatirányítási rendszerben elfoglalt helyének és szerepének bemutatásával is segítséget nyújtson a veszélyes üzemek üzemeltetőinek a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésre való felkészülésben. A füzet hivatalos fordításnak nem minősülő, magyar nyelvű kivonatot tartalmaz az IEC 300-3-9 megbízhatóság-irányítási nemzetközi szabványból. Az egyes fejezetek bemutatják az alapfogalmakat, a kockázatelemzési elveket, a kockázatelemzési folyamatot, az auditok helyét és szerepét, valamint röviden ismertetik a gyakorlatban általánosan elterjedt kockázatelemzési módszereket.