Kockázatértékelés eszközei robbanási teherre történő méretezéshez

Szabvány követelmények, elemzési módszerek

Készítette: GENERISK Kft.

Tartalom

- MSZ EN 1991-1-7 : 2026 szabvány kockázatelemzéssel kapcsolatos követelményei
- MSZ EN 1991-1-7 : 2026 szabvány és a robbanásbiztonság-technikai szabványok összefüggése
- Kockázatelemzés az MSZ EN 1991-1-7:2026 szabvány szerint
- Kockázatelemzés HAZOP, HAZOP-LOPA módszerrel
- CFD modellek

MSZ EN 1991-1-7:2026 szabvány

- Az MSZ EN 1991-1-7 épületek és a mélyépítési művek **azonosítható véletlen** hatásokkal szembeni védelmére vonatkozó szabályokat és hatásokat határozza meg.
- Ide tartoznak:
  - járművek ütközései
  - belső robbanások
- A szerkezeteket úgy kell megtervezni, hogy ellenálljanak a belső robbanásból eredő fokozatos összeomlásnak

MSZ EN 1991-1-7:2026 szabvány

- Kockázat: egy meghatározott veszély bekövetkezésének valószínűsége vagy gyakorisága, valamint a bekövetkezés következményeinek nagysága kombinációjának (általában szorzatának) mérőszáma

- Következmény: egy (a kockázatelemzésben általában nem kívánt) esemény lehetséges eredménye – hatása

- kockázatelfogadási kritériumok: egy nem kívánt esemény bizonyos következményeinek valószínűségére vonatkozó elfogadható határértékek, éves gyakoriságban kifejezve

MSZ EN 1991-1-7:2026 szabvány

- Kockázatelemzés : a kockázat leírására és/vagy kiszámítására szolgáló szisztematikus megközelítés

- Kockázatértékelés: a kockázatelemzés eredményeinek összehasonlítása a kockázatra vonatkozó elfogadhatósági kritériumokkal és egyéb döntési kritériumokkal

MSZ EN 1991-1-7:2026 szabvány

- A baleseti tervezési helyzetekre vonatkozó stratégiák az EN 1990 szabványban meghatározott következményosztályokon alapulhatnak.
  - CC3 Súlyos következmények
  - CC2 Normál következmény
  - CC1 Alacsony következmény

Köv. osztály	A következmény leírása osztály	Példa az épület típusának és használatának besorolására a
CC3	Magas	• Minden olyan épület, amely meghaladja a CC2b kategóriára meghatározott alapterületi és emeletszám-korlátokat • Minden olyan épület, amelybe jelentős számú látogató léphet be • 5 000 nézőt befogadó stadionok • Veszélyes anyagokat és/vagy folyamatokat tartalmazó épületek

MSZ EN 1991-1-7:2026 szabvány

- A robbanásveszélyt figyelembe kell venni a tervezésekor:
  - Gáz tüzelőberendezés üzemeltetésének szándéka esetén
  - robbanásveszélyes anyagokat, például robbanásveszélyes gázokat vagy robbanásveszélyes gőzt vagy gázt képező folyadékokat tárolnak vagy szállítanak (pl. vegyipari létesítmények, tartályok, bunkerek, szennyvízkezelő létesítmények, gázvezetékekkel ellátott lakóépületek, energiavezetékek, közúti és vasúti alagutak); vagy
  - gyúlékony porok vannak jelen vagy felhalmozódhatnak.

MSZ EN 1991-1-7:2026 szabvány

- Elvárt tervezői megközelítés robbanási baleseti következmény osztályokhoz

Következményosztály	Tervezési megközelítés
CC3 (magas)	A CC2-re vonatkozó követelményeken túlmenően dinamikai elemzést is alkalmazni kell.
CC2 b (közép magas)	A szerkezet kulcsfontosságú elemeit úgy kell tervezni, hogy ellenálljanak a hatásoknak, akár egyenértékű statikus terhelési modelleken alapuló elemzés alkalmazásával, akár előírt tervezési/részletes kivitelezési szabályok alkalmazásával.
CC1 (alacsony)	A robbanás hatásainak figyelembevételére nincs szükség, kivéve az EN 1992 (minden rész) és az EN 1999 (minden rész) szabványokban előírt, az összekötésekre és az elemek közötti kölcsönhatásokra vonatkozó szabályok betartását.

Összefüggések robbanásbiztonság-technikai megfeleléssel

- Hogy kapcsolódik EN 1991-1-7:2026 szabvány és a MSZ EN 1127-1 valamint MSZ EN IEC 60079 szabványos robbanásbiztonság-technikához?
  - A harmadlagos védelmek feletti védelemről van szó.
  - **A kockázatelemzési követelmény arra vonatkozik, hogy az alkalmazott elsődleges, másodlagos és harmadlagos védelmek valóban elfogadhatóan alacsonyra csökkenetették-e a baleseti kockázatot?**

Összefüggések robbanásbiztonság-technikai megfeleléssel

- Milyen területeken lehet a kockázatértékelésnek kiemelt jelentősége?
  - Egyes anyagoknál az elsődleges és másodlagos védelmek eredményessége túlértékelt!!
    - Ide tartoznak a veszélyes polimerizációra képes anyagok, mint pl. etilén-imin vagy az etilén-oxid. Ezek olyan robbanásveszélyes szerves anyagok, amelyek kezelése során a polimerizációs kockázat miatt még kémiai értelemben sem létezik nem robbanás veszélyes állapot
    - A nagyon alacsony MIE értékű anyagok, mint pl. hidrogén, pentán vagy az éter

Összefüggések robbanásbiztonság-technikai megfeleléssel

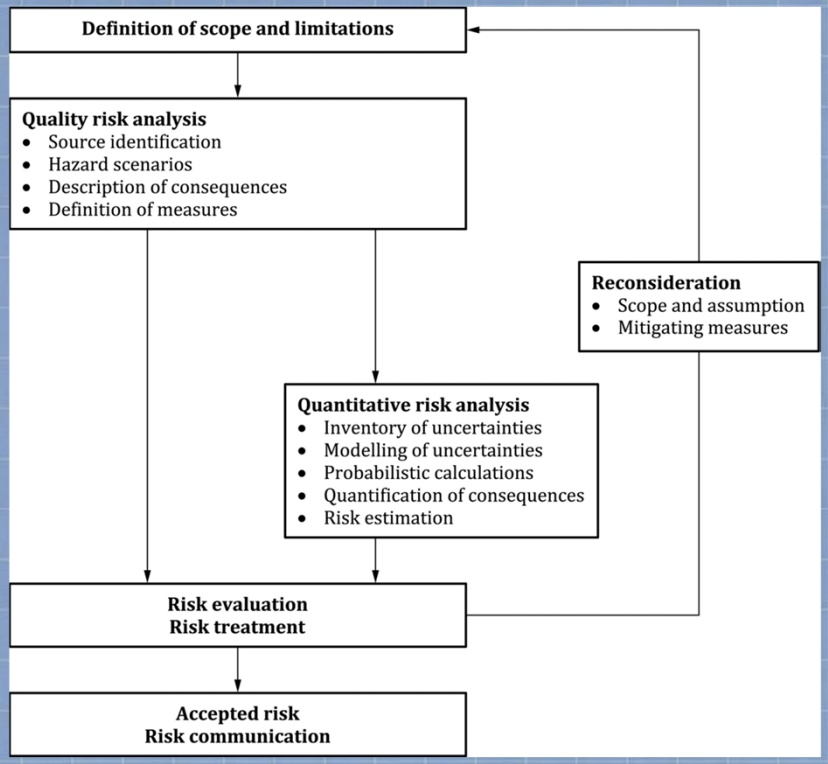
- Milyen területeken lehet a kockázatértékelésnek kiemelt jelentősége?
  - A harmadlagos védelmeknek is van alkalmazási tartományuk. (Elengedhetetlen részét képezik a robbanás biztonsági koncepciónak, de nem minden esetben lehet ilyen módon baleseti következményt sikeresen eliminálni.
  - A technológia és az épület, mint létező rossz gyakorlat egymástól elválva „terveződik”. Ez a vitatható (véleményük szerint rossz) gyakorlat a szabvány logikája szerint is téves.
  - Tapasztaltunk szerint hasadó-nyíló felületek alkalmazását szeretik elkerülni, ha csak lehet miközben nem mérik fel reálisan, hogy egy esetleges robbanás milyen valós baleseti hatással jár
  - A robbanásbiztonság-technikai koncepció során figyelembe lett-e véve, hogy egy esetleges robbanás, vagy annak a következményeként megsérülő tartószerkezet hány embert veszélyeztet

Összefüggések robbanásbiztonság-technikai megfeleléssel

- Hogy kezeli ezt a szabvány?
  - A kockázat kifejezése tehát annak az eszköze, hogy meg tettük-e a szükséges és elégséges védelmi intézkedéseket!!
  - Azaz a „maradék” robbanási kockázat (gyakoriság × következmény) kellően alacsony-e?
  - A kockázatelemzés vagy igazolja, hogy az elsődleges, másodlagos, harmadlagos védelmek összesége elhanyagolhatóan alacsonyra csökkenti a baleseti kockázatot (következmény × gyakoriság), vagy ha nem – akkor a szerkezetet vagy úgy kell megtervezni, hogy az ellenálljon a robbanás csúcsnyomásának, vagy további elsődleges, másodlagos, harmadlagos védelmekkel kell csökkenteni a baleset lehetőségét.

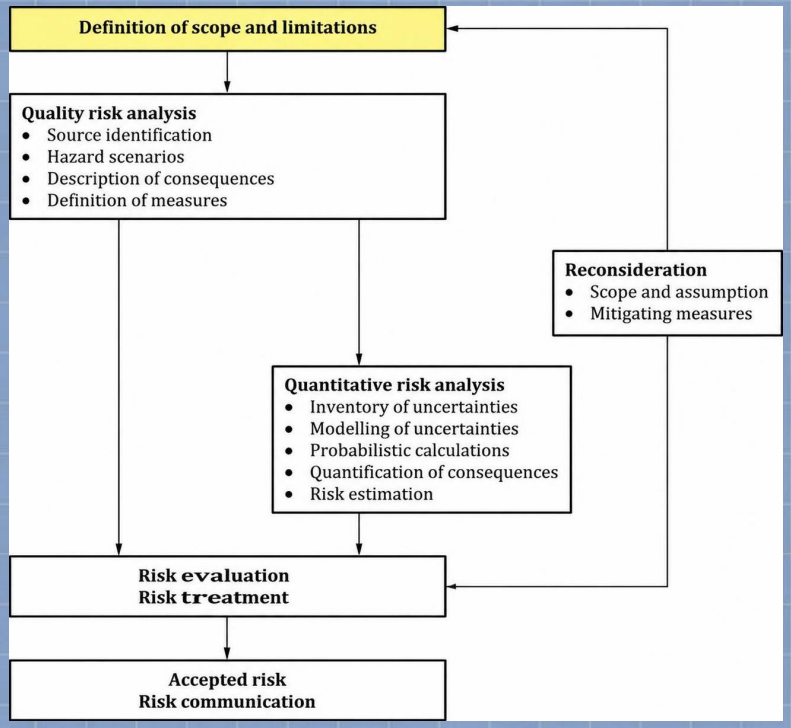
Kockázatelemzés az MSZ EN 1991-1-7:2026 szabvány szerint

Szabvány B melléklete szerinti kockázatelemzési áttekintés



Kockázatelemzés az MSZ EN 1991-1-7:2026 szabvány szerint

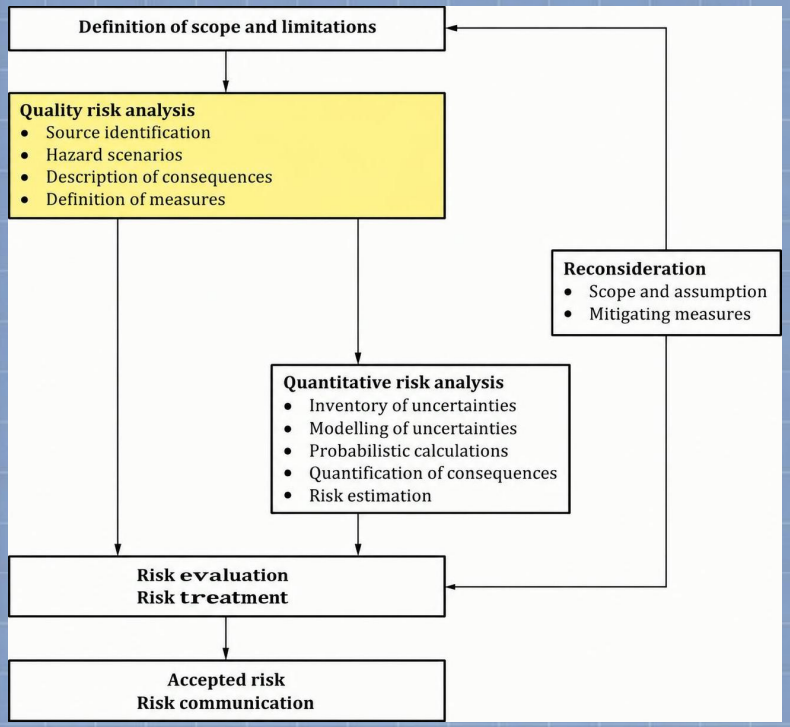
- A kockázatelemzés tárgyát, hátterét és céljait teljes körűen le kell írni.
- Minden olyan műszaki, környezeti, szervezeti és emberi körülményt, amely releváns a tevékenység és az elemzett probléma szempontjából, kellő részletességgel fel kell tüntetni.
- A kockázatelemzéssel kapcsolatban tett valamennyi előfeltevést, feltételezést és egyszerűsítést fel kell tüntetni.



Kockázatelemzés az MSZ EN 1991-1-7:2026 szabvány szerint

Minőségi kockázatelemzés

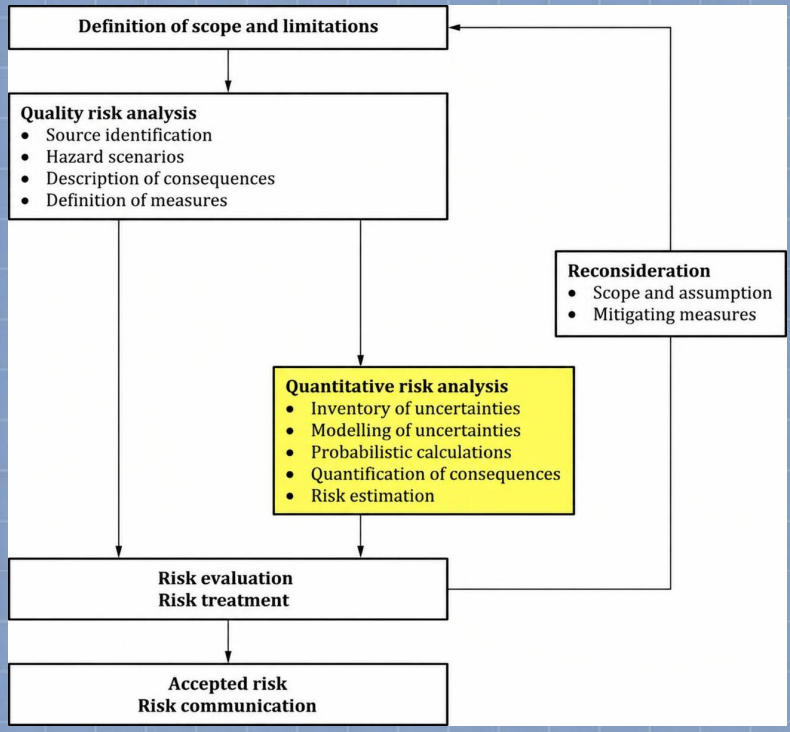
- A robbanáshoz vezető lehetőségek feltárása valamilyen erre alkalmas szisztematikus elemzési eljárással. (HAZOP, hibafa..) (visszatérünk még erre)
- Milyen környezetben, mekkora robbanóképes közeg érintett?
- Milyen következmények lehetségesek? (CPR 12 Red Book, TNT ekvivalencia elvén működő számítások)
- Kockázat csökkentés szükségessége látszik?



Kockázatelemzés az MSZ EN 1991-1-7:2026 szabvány szerint

Mennyiségi kockázatelemzés

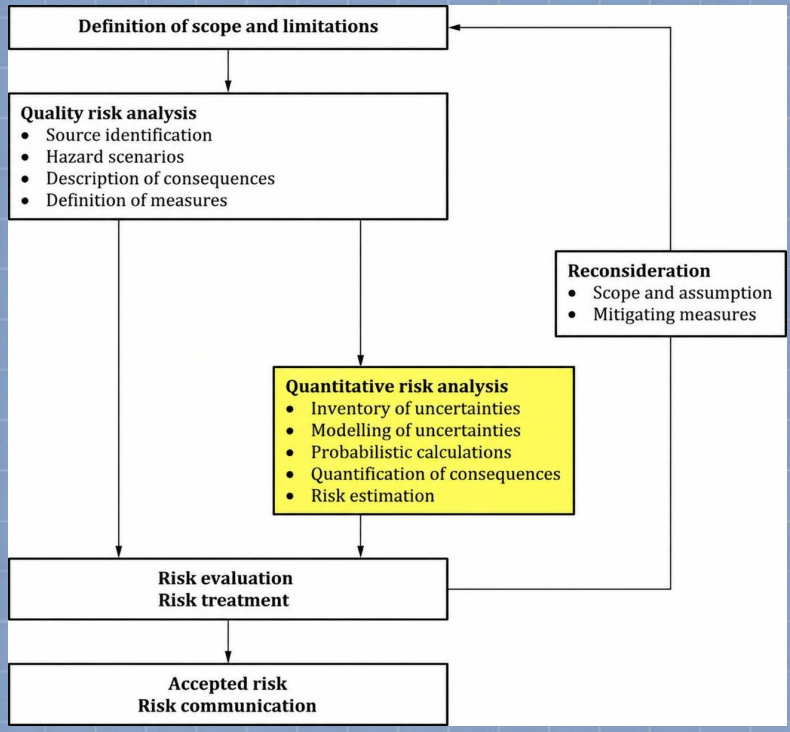
- Gyakran egy lépés
- Előfordulási gyakoriság láb
  - Process és generikus meghibásodási gyakoriságok
  - Megbízhatósági adatok, adatbázisok
  - Rendszer architektúra
  - ISO 13849-1 (→Performance Level (PL)
  - IEC 62061 (Safety Integrity Level→SIL)



Kockázatelemzés az MSZ EN 1991-1-7:2026 szabvány szerint

Mennyiségi kockázatelemzés

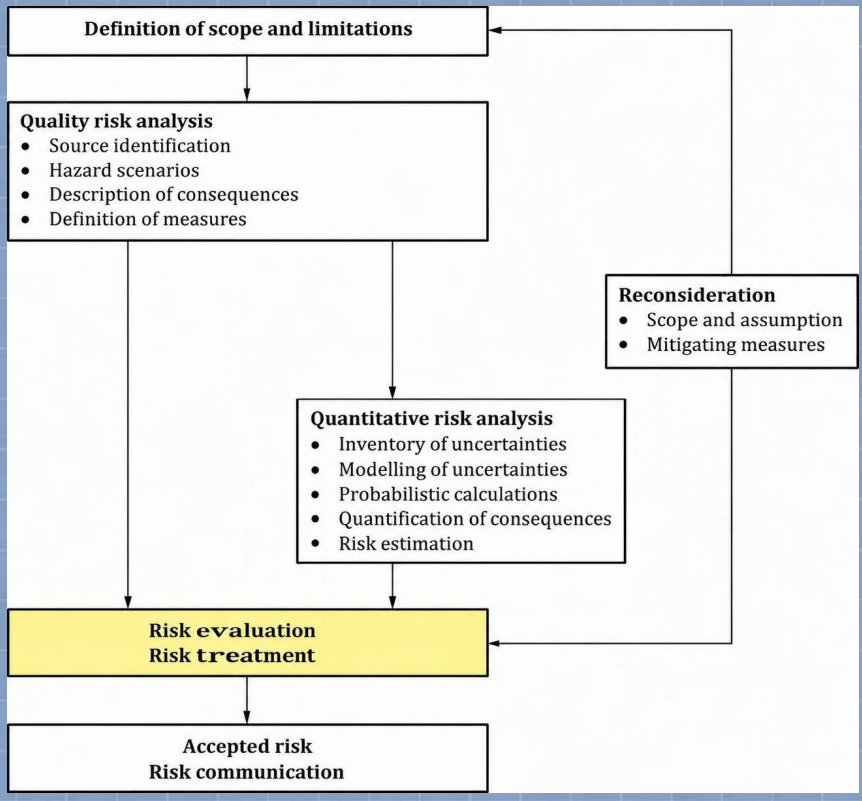
- Következmény elemzés
- Határ a csillagos ég, de itt a kevesebb a több!!
- Általában egy konkrét rendszer mérsékelt számú baleseti lehetőséget tud „produkálni” egy kazán belső tere vagy egy reaktor belső tere nem változik, miközben ott robbanás több okból is történhet
- Végezzünk típus számításokat
- A módszer nem önmagáért való!!



Kockázatelemzés az MSZ EN 1991-1-7:2026 szabvány szerint

Értékelés:

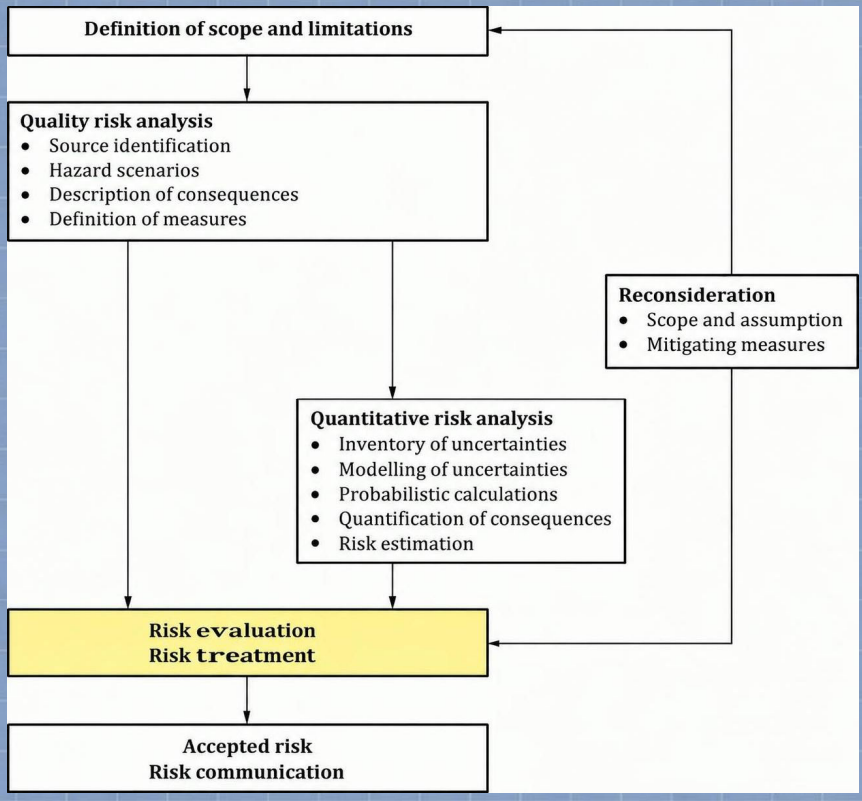
Viszonyítási számra van szükség



Kockázatelemzés az MSZ EN 1991-1-7:2026 szabvány szerint

Értékelés (példa a szabványból):

potenciális meghibásodások következményének osztályozása	Valószínűség				
	0,00001	0,0001	0,001	0,01	> 0,1
Nagyon magas	X				
Magas	X				
Közepes		X			
Alacsony			X		
Nagyon alacsony				X	

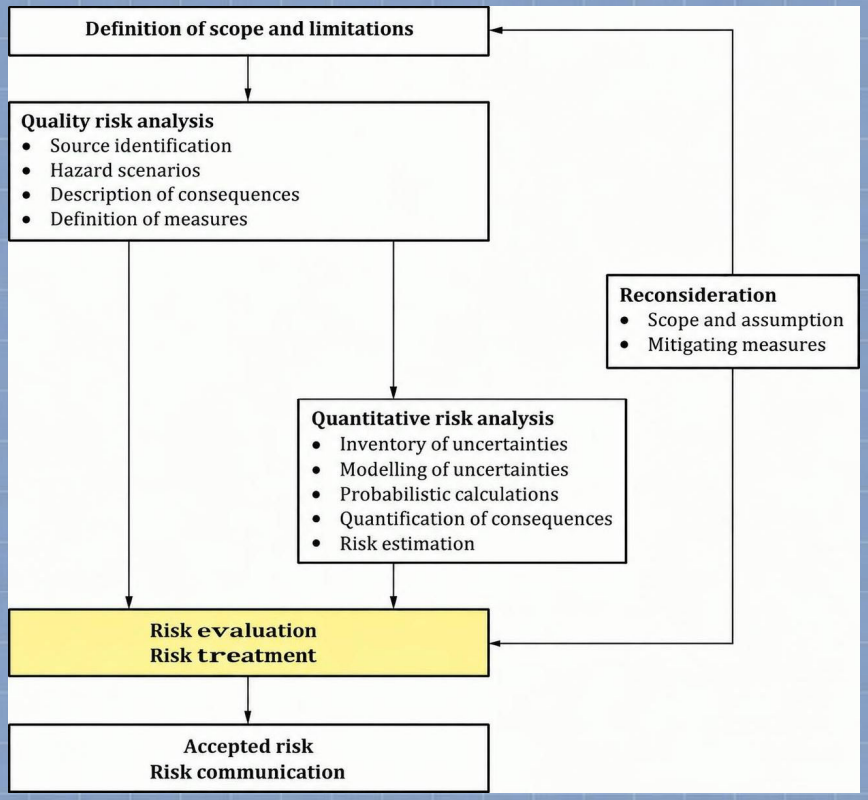


Kockázatelemzés az MSZ EN 1991-1-7:2026 szabvány szerint

Értékelés

A foglalkozási eredetű rákkeltő, mutagén vagy reprodukciót károsító anyagok elleni védekezésről és az általuk okozott egészségkárosodások megelőzéséről (**kockázat**):

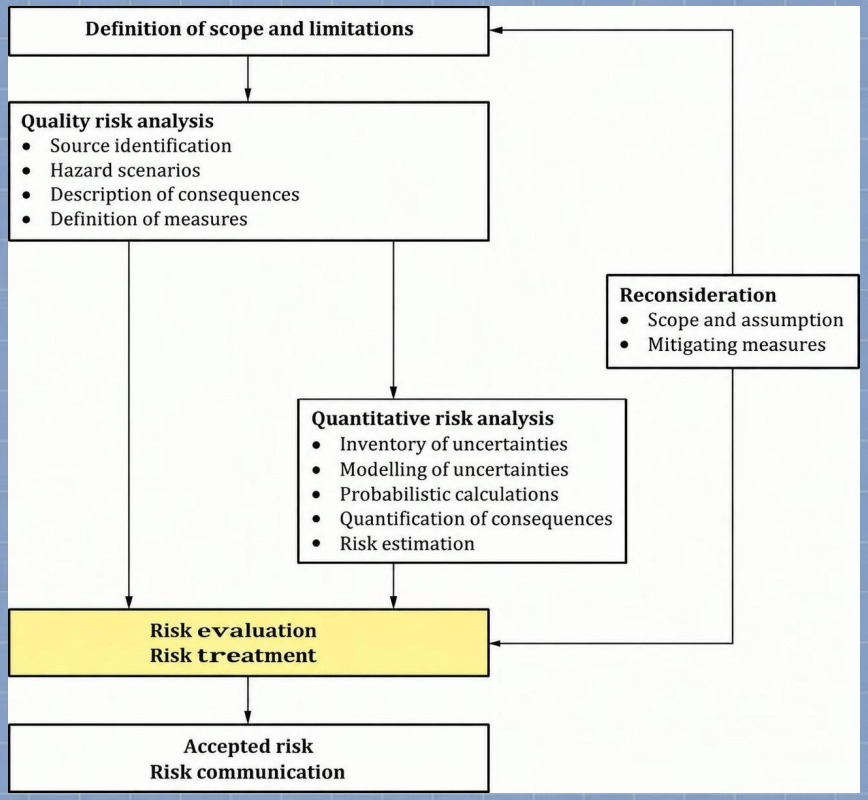
55/2023. (XII. 28.) GFM rendelet értelmében a rákkeltő anyagok kitettsége elfogadható (eltűrhető), ha az nem több mint 10 mikró rizikó (1×10^{-5})



Kockázatelemzés az MSZ EN 1991-1-7:2026 szabvány szerint

Értékelés

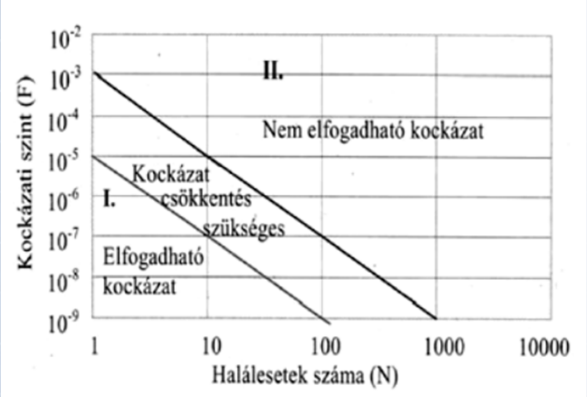
- Súlyos ipari baleset megelőzés CPR18 (**gyakoriság**)
- *„ A kockázatelemzésbe csak azokat a LOC-okat (anyagkikerüléssel járó eseményeket) kell bevonni, amelyek hozzájárulnak az egyéni és/vagy társadalmi kockázathoz. Ez azt jelenti, hogy egy létesítmény LOC-jait csak akkor kell bevonni, ha két feltétel teljesül: azaz (1) az* ***előfordulási gyakoriság legalább 10^{-8}/év****, és (2) halálos károsodás (1%-os valószínűséggel) következik be a létesítmény határain kívül vagy a szállítási útvonalon.*

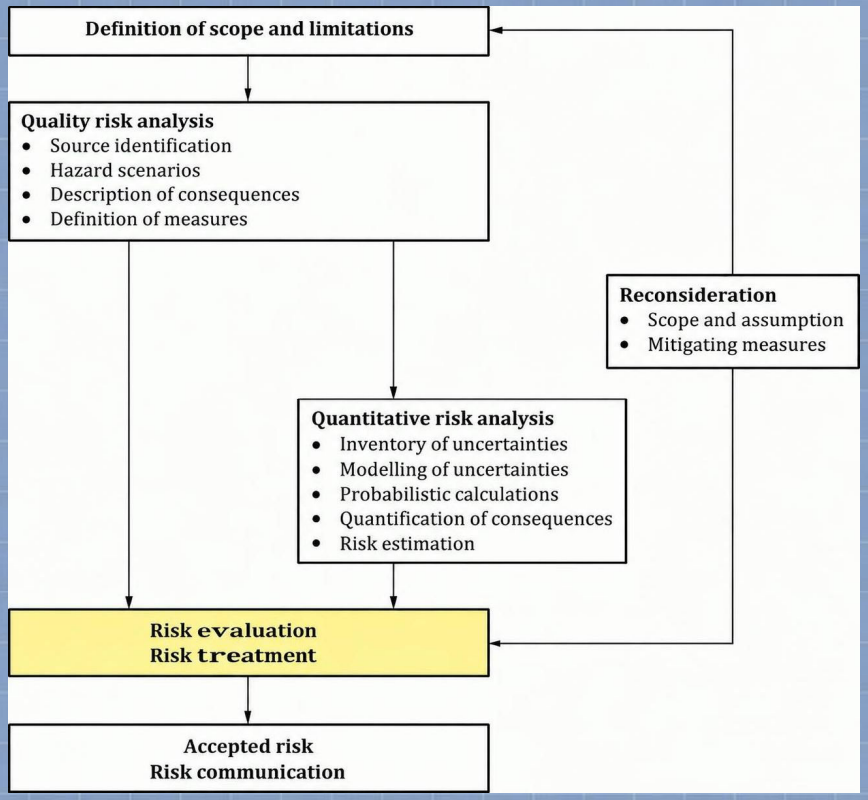


Kockázatelemzés az MSZ EN 1991-1-7:2026 szabvány szerint

Értékelés

- 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről (Kockázat)

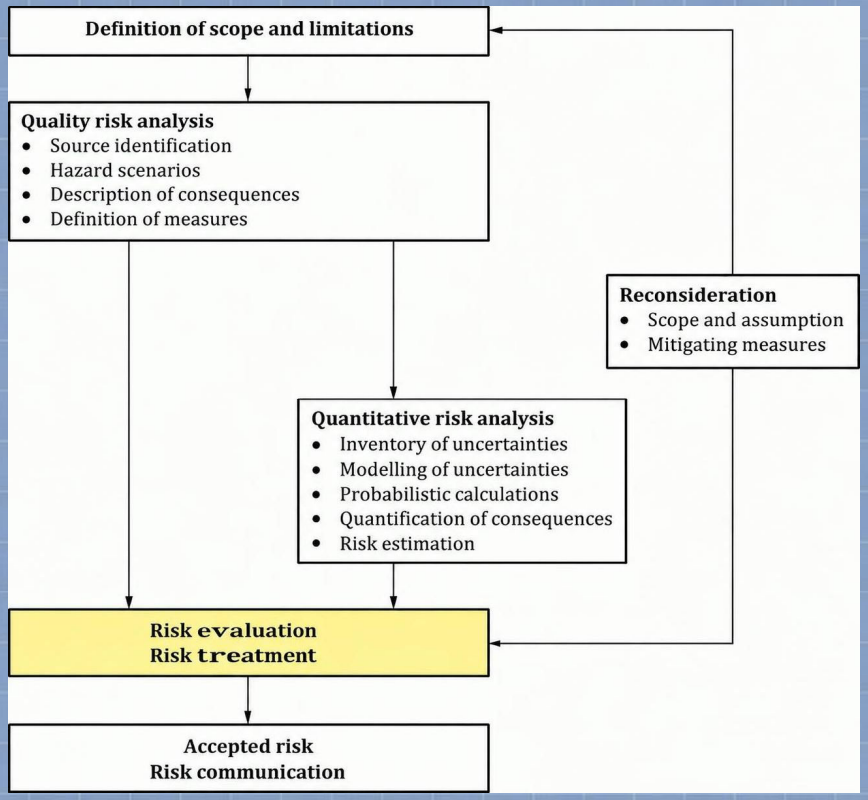




Kockázatelemzés az MSZ EN 1991-1-7:2026 szabvány szerint

Értékelés

- A szabvány súlyos és közép súlyos következménnyel járó baleseti lehetőségekre 1×10^{-5} elfogadható gyakoriságot javasol (megteremtve a nemzeti eltérés lehetőségét)
- Ez az érték jól illeszkedik hazai kockázati alapú jogszabályokban már meglévő eltűrhető halálozási gyakorisághoz



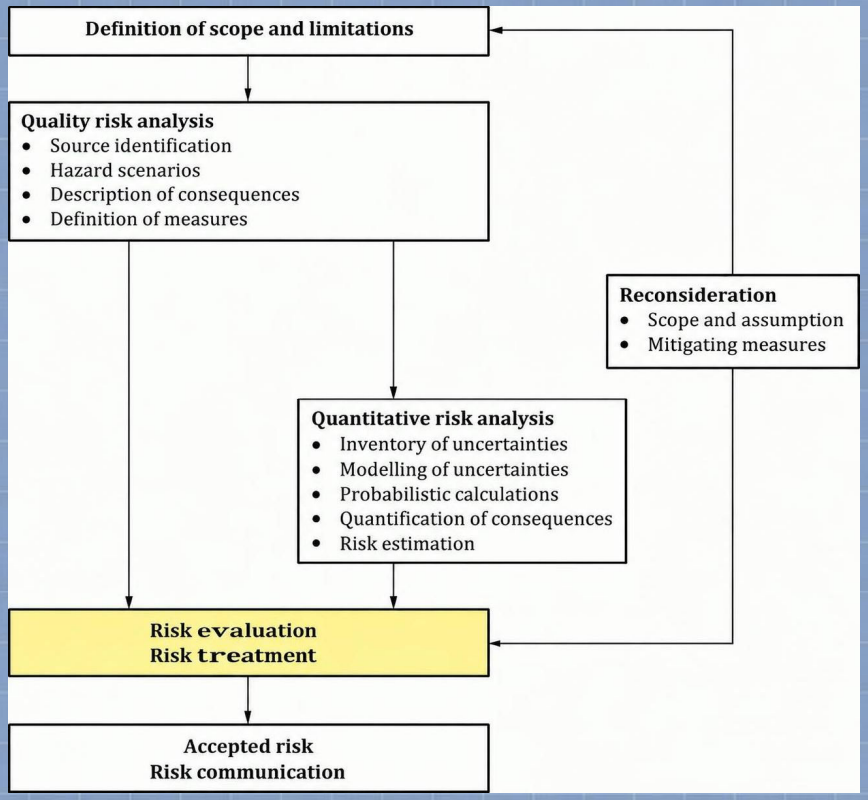
Kockázatelemzés az MSZ EN 1991-1-7:2026 szabvány szerint

Értékelés

Ne feledjük, hogy ez a szabvány az épületek **véletlen** hatássokkal szembeni ellenállóképességének követelményét határozza meg.

A halálozással és súlyos sérüléssel **nem** járó robbanássok ebből a szempontból **irrelevánsok**, így a „közepes”, „alacsony” és „nagyon alacsony meghibásodási következménnyel járó események értékelésének elhagyása legitim egyszerűsítés

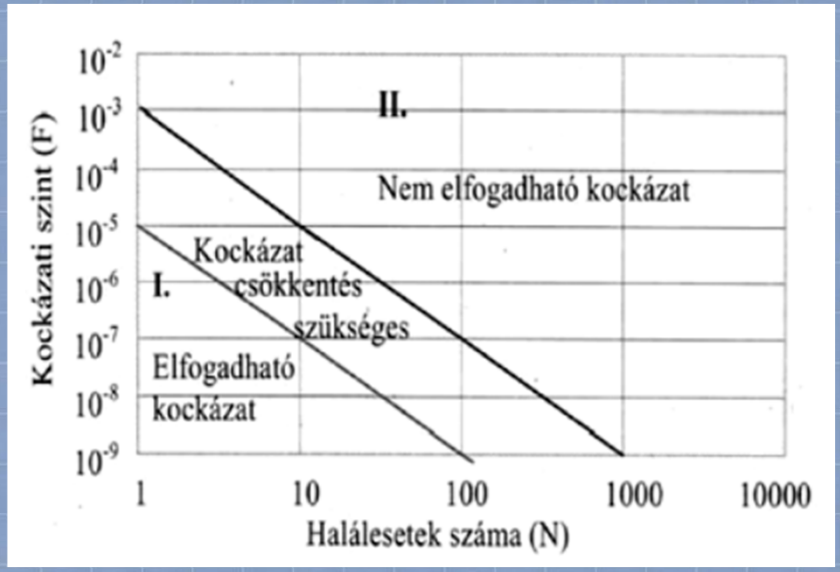
potenciális meghibásodások következményének osztályozása	Valószínűség				
	0,00001	0,0001	0,001	0,01	> 0,1
Nagyon magas	X				
Magas	X				
Közepes		X			
Alacsony			X		
Nagyon alacsony				X	



Kockázatelemzés az MSZ EN 1991-1-7:2026 szabvány szerint

Értékelés

- A kockázati szint meghatározását követően el kell dönteni, hogy szükséges-e kockázatcsökkentő (szerkezeti vagy nem szerkezeti) intézkedéseket előírni.
- A kockázatelfogadás során általában az ALARP (as low as reasonably practicable – ésszerűen megvalósítható legalacsonyabb szint) elvet alkalmazzák. Ezen elv szerint két kockázati szintet határoznak meg: ha a kockázat a széles körben tolerálható (azaz ALARP) tartomány alsó határértéke alatt van, nincs szükség intézkedésekre; ha a széles körben tolerálható tartomány felső határértéke felett van, a kockázatot elfogadhatatlannak tekintik. Ha a kockázat a felső és az alsó határérték között van, gazdasági szempontból optimális megoldást kell keresni



Kockázatelemzés HAZOP, HAZOP-LOPA módszerrel

- A szükséges és elégséges mélységű kockázatelemzést javasoljuk elvégezni.
- Mérnöki műszaki eszköz, nem önmagért való
- Hazard and Operability Analysis (magyarul: Veszély- és Működőképességi Vizsgálat)
- HAZOP: MSZ EN 61882
- LOPA Layer of Protection Analysis (magyarul: Védelmi rétegek elemzése)
- LOPA → IEC 61511 (funkcionális biztonság)

Loss of containment frequencies	Következmény Értékelése Consequence				
	Elhanyagolható Negligible A	mérsékelt Moderate B	Súlyos Serious C	Kritikus Critical D	Katasztrofális Disastrous E
Nagyon gyakori very frequent	5A	5B	5C	5D	5E
Gyakori Frequent	4A	4B	4C	4D	4E
Mérsékelt Moderate	3A	3B	3C	3D	3E
Ritka Seldom	2A	2B	2C	2D	2E
Nagyon ritka Very Seldom	1A	1B	1C	1D	1E

Kockázatelemzés HAZOP, HAZOP-LOPA módszerrel

- Eredeti rendeltetése szerint több dimenziós értékelés (Egészség, környezet, gazdasági)
- MSZ EN 1991-1-7:2026 szempont szerinti kockázatértékeléshez elegendő az egészségi dimenzió

Jelölés Code	Megnevezés	Name	Leírás/Description
A	Elhanyagolható	Negligible	A dogozókra nézve sincs nemkívánatos élettani hatás, nincs baleseti következmény (Csak az akut hatásokat kell mérlegelni)
B	Mérsékelt	Moderate	Dolgozót értő kisebb káros hatás
C	Súlyos	Serious	Munka kieséssel járó súlyosabb dolgozói sérülés, vagy több dolgozó enyhébb sérülése
D	Kritikus	Critical	Dolgozói halálos baleset lehetősége, illetve sérülések lehetősége üzemhatáron túl
E	Katasztrofális	Disastrous	Multiple worker fatalities and/or fatalities out of plant border.

Kockázatelemzés HAZOP, HAZOP-LOPA módszerrel

- Gyakoriság értékek számszerűsítése a módszer szerint

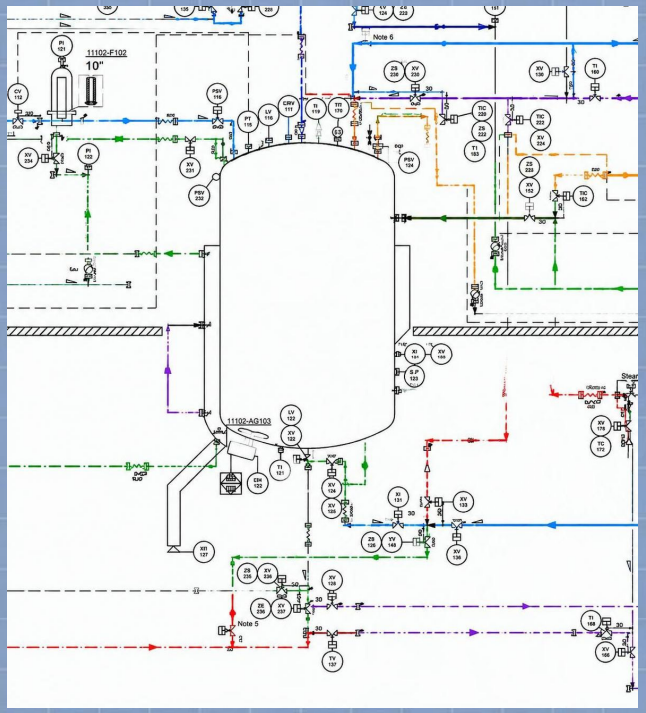
Nem csökkentett előfordulási gyakoriság az okoknál (Non mitigated frequences for causes)

Érték/Value	Érték/Value év/year	Jelölés/Code	Megnevezés	Name	Leírás/Description
0.0001*	>100	1	Nagyon ritka	Very Seldom	Fizikailag nem képtelenség, de nincs ismert előfordulás, vagy az ismert előfordulás > 100 év Is not known to have happened, but physically not impossible
0.001*	20-100	2	Ritka	Seldom	Iparban már előfordult In industry is known to have happened
0.05	4-20	3	Mérsékelt	Moderate	A szerkezet életciklusa alatt néhányszor előfordulhat Is known to have happened under lifecycle
0.5	1-4	4	Gyakori	Frequent	Többször előfordul a szerkezet életciklusa alatt occurs within the period of 1 year, will probably reoccur within 2-4 years
1	< 1	5	Nagyon gyakori	Very frequent	Évente többször is elfordulhat occurs for more than once per year

*Ezek az értékek csak akkor használhatóak, ha nem áll rendelkezésre megalapozott irodalmi adat
*This values use only when statistical established values are not aviable

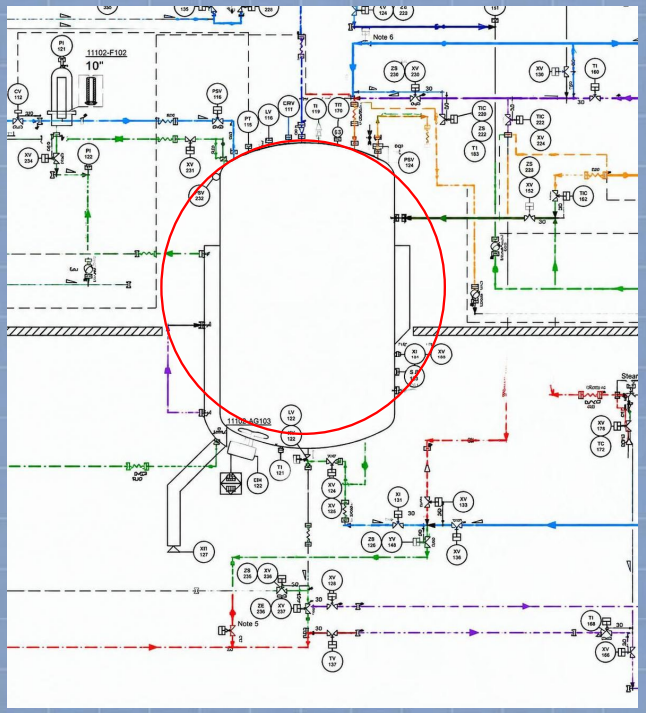
Kockázatelemzés HAZOP, HAZOP-LOPA módszerrel

- A HAZOP műszaki rendszerek vizsgálatára alkalmas elemzési módszer
- HAZOP elengedhetetlen feltétele a világosan definiált műszaki rendszer (kapcsolatok, üzemi körülmények, szabályozási összefüggések)



Kockázatelemzés HAZOP, HAZOP-LOPA módszerrel

- Elemzés első lépése csomópontokra (node) osztás
- A kiragadott példában a kijelölt reaktor pl. értelemszerűen egy csomópont



Kockázatelemzés HAZOP, HAZOP-LOPA módszerrel

Node	Number of deviations	Parameter	Deviation	Description	Reason	Frequency not reduced	Reduced frequency	Consequence	Personnel	Environmental	RRF	Risk reduction mesures	Comment	Type of risk reduction	IPL	SIF	PFD
Semi-automatic powder unloading workstation (PID1109)	1.1.1	level	High	Hooks lift up the bag upper then Enabled. The bag is damaged and the 1-1000 kg cathode active material falling in the floor inside the production biulding	Position sensor mistakes	1,0E-01	1,0E-03	Bag rupture/ leackage	B	B	2B I	Over potection neccesary according ISO 13489 standard and or IEC 61508	The target value is less then 1E-6 for dangerous mistake pro year	planned	2		1,00E-02
Semi-automatic powder unloading workstation (PID1109)	1.1.2	level	low	The bag containing the cathode active material is empty	It is not detected that the shipment item has been emptied	1,0E-01	1,0E-03	No safety consequences	A	A	2A		Frequency = HAZOP 4		2		

Kockázatelemzés HAZOP, HAZOP-LOPA módszerrel

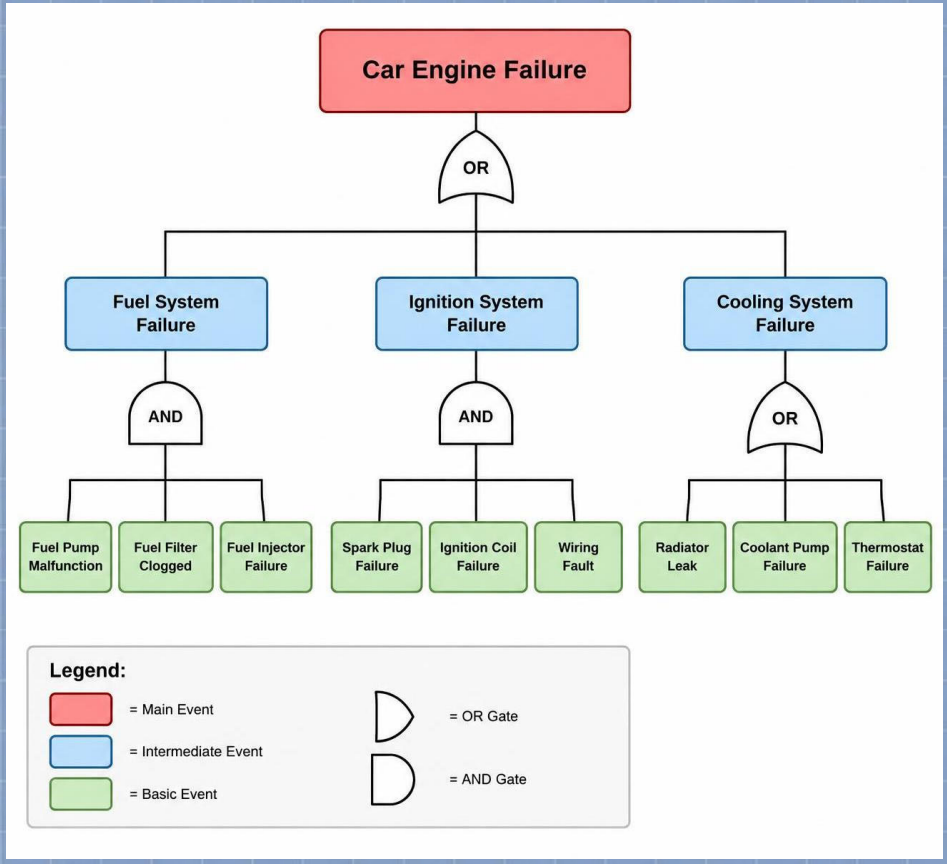
Node	Number of the deviance	Parameter	Keyword	Deviance	Cause	Non mitigated frequency	Mitigated Frequency	Consequence	Personal	Evaluation	Risk reduction	Remark	Type of the risk reduction	IPL	SIF	PFD
1.4 Daily tank	1.4.1_B	Level	High	The level in the tank is high	LSH 12.577 & WSC 12.66 failure in same time (plc freezing)	1,0E-04	1,0E-06	It can cause pressure high deviation but the daytank is protected on to pressure high deviation --> The safety valve release a few grams ETO at the roof	A	1C	The volume of the daytank is approx 300 l. The maximal operational loat at the daytank is 56 kg. That's why almost inpossibilile to overfill the daytank	WSC 12.66 = SIL2 LSH 12.577 = SIL2	exisiting	1		1,00E-02
1.4 Daily tank	1.4.2	Pressure	High	The pressure is high in daytank	Fire	1,0E-04	1,0E-06	In case of fire highly probable that polimerisation occure 56 kg ETO explode	D	1D	Automatic deluge system Temperature controll		exisiting	2		1,00E-02

Kockázatelemzés HAZOP, HAZOP-LOPA módszerrel

Kockázatelemzési módszerek összefoglalása:

HAZOP, HAZOP-LOPA: Robosztus műszaki rendszerek teljesség igényével történő baleseti (lehet természetesen robbanás specifikus) elemzése

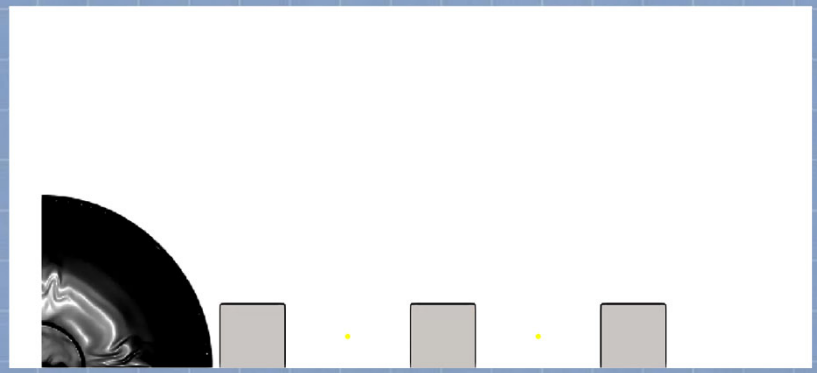
Kevésbé összetett rendszerek esetén alkalmazzunk hibafát! Ekkor azt tárjuk fel a teljesség igényével mi vezethet a nem kívánt „csúcs” eseményhez



Kitekintés robbanási következmények haladó elemzési lehetőségeire

A MSZ EN 1991-1-7:2026 szerinti kockázatelemzésekhez használjunk 1D következmény elemzést

CFD (Computational Fluid Dynamics) modellek elérhetővé válása új alapokra helyezi a tartószerkezetek robbanási hatásokkal szembeni ellenállóképességnek elemzési lehetőségeit

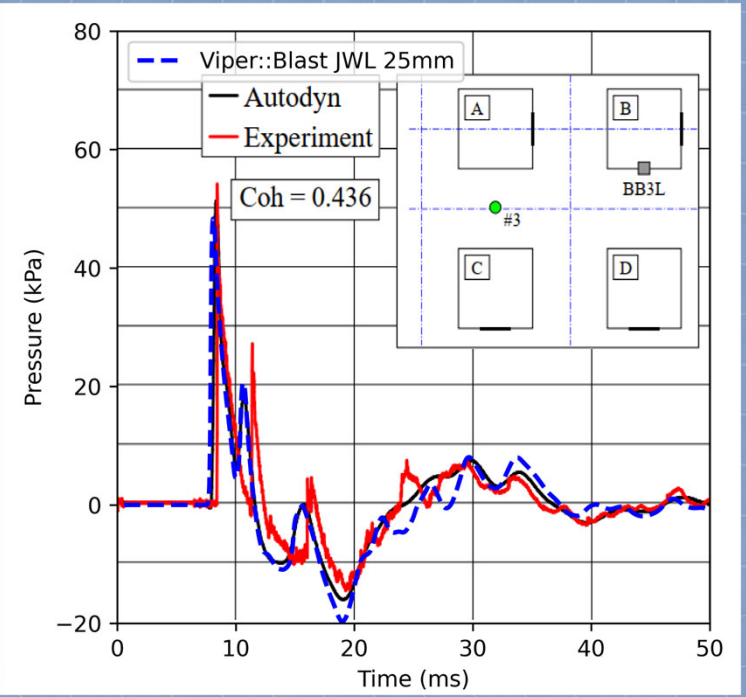


Kitekintés robbanási következmények haladó elemzési lehetőségeire

A Generisk a Viper Blast szimulációs környezetet használja robbanási hatások szimulációjára

Összetett szerkezetek, elrendezések esetén is precíz közelítéssel írható le a robbanás során a szerkezetet érő hatás (Nyomás, impulzus)

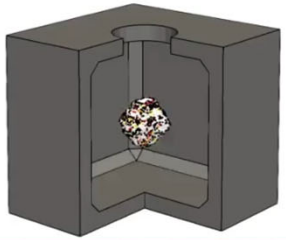
Ebben a környezetben a szimulációk akár néhány percre is rövidülhetnek

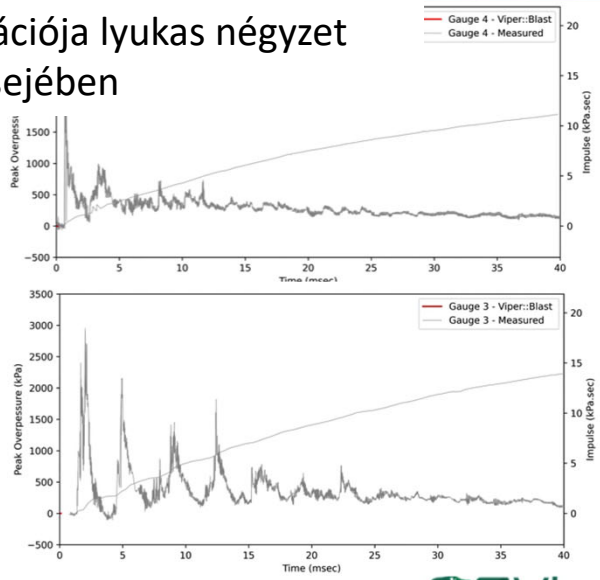


Kitekintés robbanási következmények haladó elemzési lehetőségeire

- A Generisk a Viper Blast szimulációs környezetet használja robbanási hatások precíziós szimulációjára
- Összetett szerkezetek, elrendezések esetén is precíz közelítéssel írható le a robbanás során a szerkezetet érő hatás (nyomás, impulzus)
- Ebben a környezetben a szimulációk akár néhány percre is rövidülhetnek

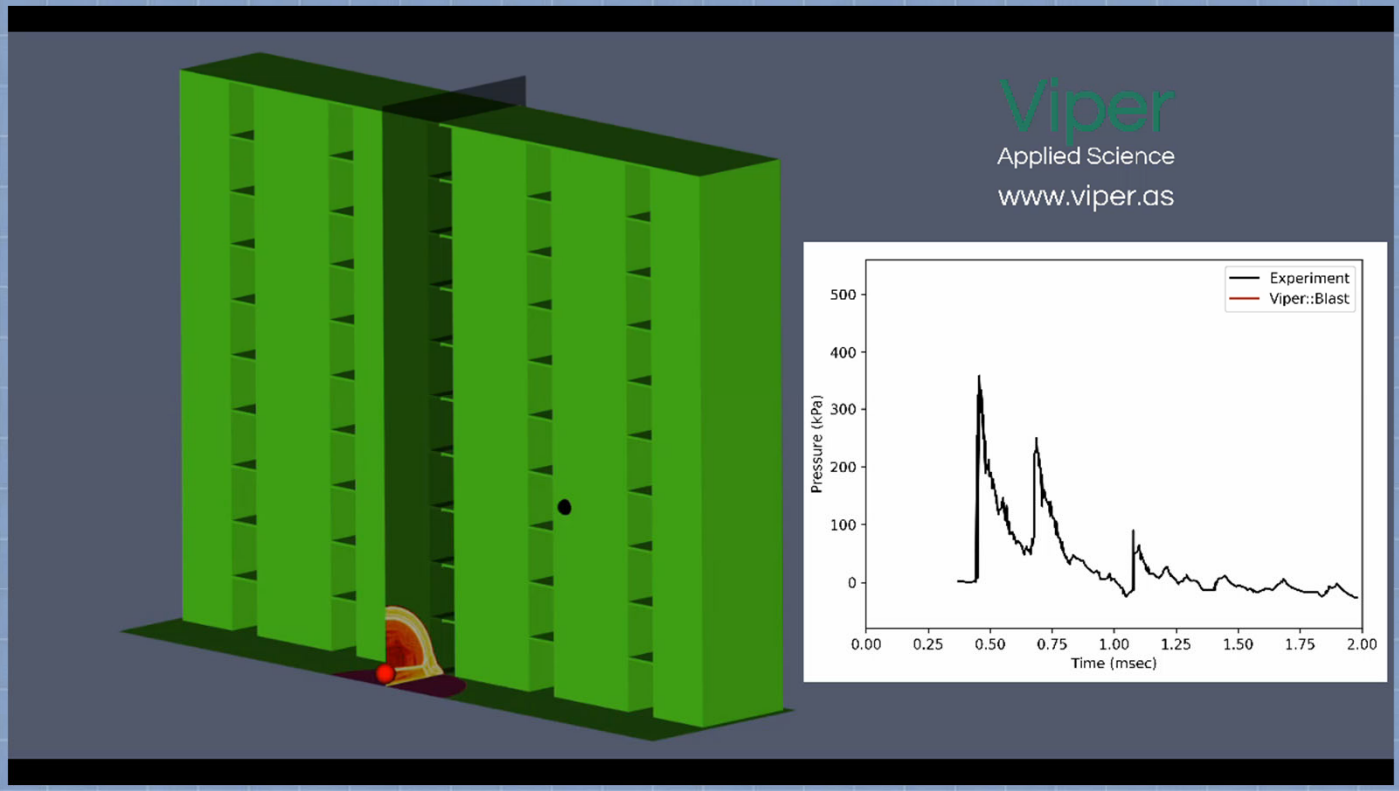
Robbanás szimulációja lyukas négyzet belsejében



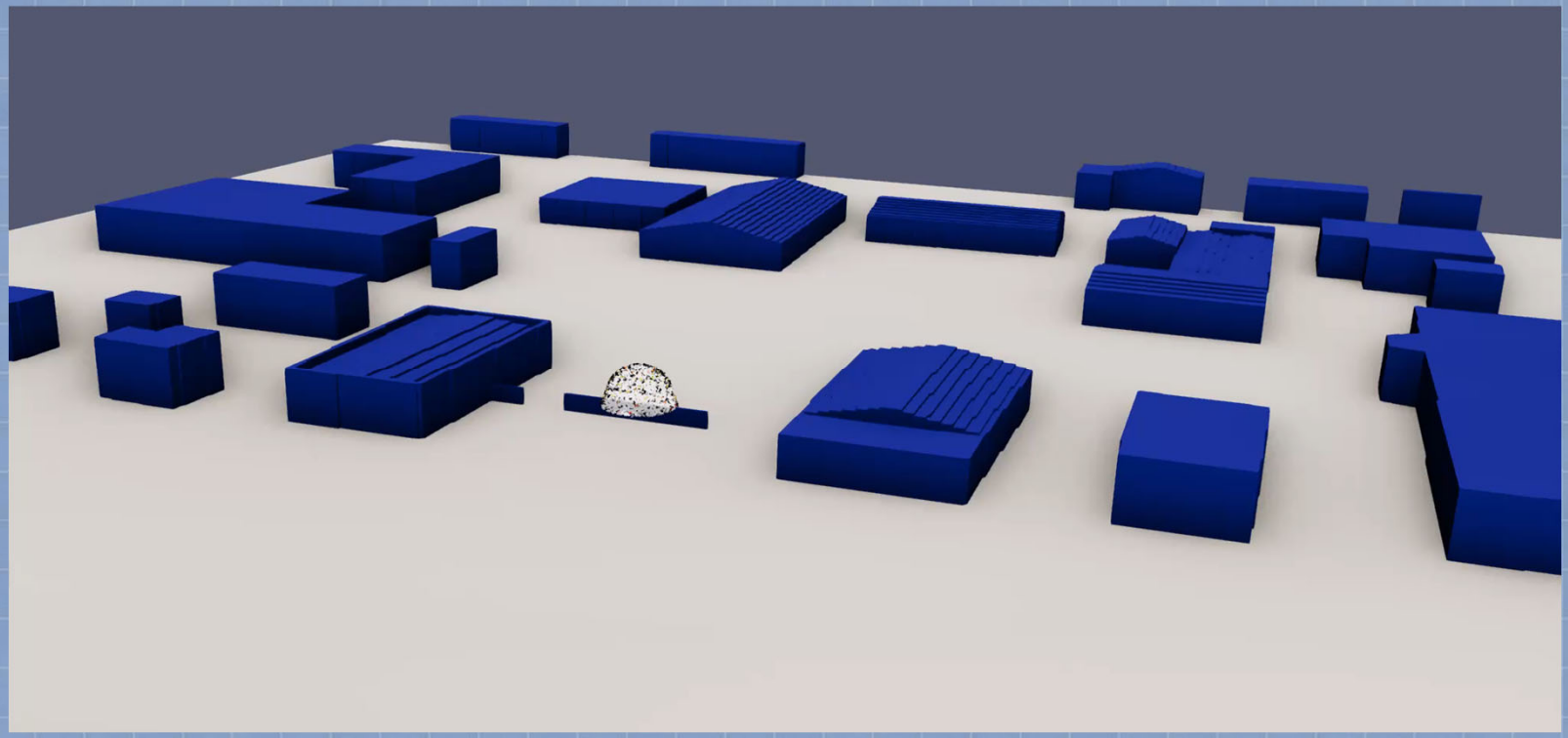


Viper Applied Science

Kitekintés robbanási következmények haladó elemzési lehetőségeire

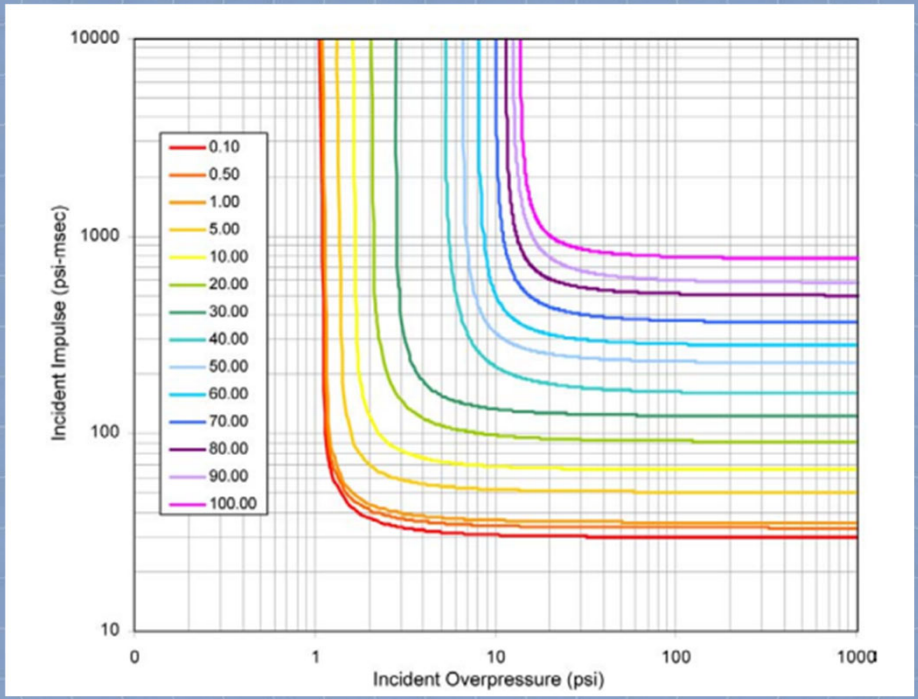


Kitekintés robbanási következmények haladó elemzési lehetőségeire



Kitekintés robbanási következmények elemzési lehetőségeire

- Különböző szerkezetekre vonatkozóan számos **P-I szint** áll rendelkezésre.
- Az eredmények utófeldolgozása lehetővé teszi ezen mérőszámok szerinti kontúrok (izovonalak) megjelenítését.
- A könnyen törő / szakadó elemek (frangible elements) tönkremenetele ezen görbék alapján szimulálható.



Kitekintés robbanási következmények haladó elemzési lehetőségeire

Milyen területeken alkalmas a CFD szimuláció?

- Tartószerkezetet érő robbanási hatás gyors és precíz leírására
- Számított redukált túlnyomás esetén annak igazolására, hogy azt a szerkezet elviseli
- Bármilyen komplex 3D szimulációs feladatra

Kitekintés robbanási következmények haladó elemzési lehetőségeire

Köszönjük a figyelmet!