

## Ipari gépek CE jelölése és biztonsága az EU-s és hazai szabályozás tükrében





**Magyar Mérnöki Kamara  
Kiadványsorozata 88.**

**Ipari gépek CE jelölése és biztonsága az EU-s és hazai  
szabályozás tükrében**

**MMK FAP azonosító:  
2022/205-GPT**

**Budapest, 2022. október**

A sorozat szerkesztője:  
**WAGNER ERNŐ**  
a Magyar Mérnöki Kamara elnöke

Készült a Magyar Mérnöki Kamara Gépészeti Tagozatának gondozásában, a 2022. évi Feladat Alapú Pályázatok pénzügyi keretéből.

A kiadvány a Magyar Mérnöki Kamara tulajdona. Másolása, teljes terjedelmében való közzététele csak a Kamara engedélyével lehetséges. Minden jog fenntartva.

*Szerzők:*  
**Dr. Földi László József**  
**Berencsi Bence**

*Lektorálta:*  
**Tasnádi Gábor**

**Kiadó:**  
Magyar Mérnöki Kamara  
1117 Budapest, Szerémi út 4.  
[info@mmk.hu](mailto:info@mmk.hu), [www.mmk.hu](http://www.mmk.hu)

# TARTALOMJEGYZÉK

1. Vezetői összefoglaló.....	8
2. Bevezető .....	9
3. Gépek CE jelölése .....	10
4. Gépek megfelelőségértékelése .....	29
5. Gépbiztonsági alapszabványok .....	36
5.1. ISO 12100 szabvány. A kialakítás általános elvei, kockázatértékelés és kockázatcsökkentés.....	38
5.2. ISO 13849-1 Vezérlőrendszerek biztonsággal összefüggő részei, a tervezés általános alapelvei.....	42
5.2.1. Alapfogalmak, alkalmazási terület ISO 13849-1 .....	42
5.2.2. Biztonsági funkciók.....	45
5.2.3. Teljesítményszint .....	52
5.2.4. Szükséges teljesítményszint.....	53
5.2.5. Fogalmak MTTFd, DC, CCF, Kategória .....	56
5.2.6. Vezérlési kategóriák B és 1. (Megbízhatóság).....	64
5.2.7. Vezérlési kategória 2-es (Diagnosztika).....	65
5.2.8. Vezérlési kategóriák 3-4 (Redundancia).....	67
5.2.9. SRP/CS-ek, mint alrendszerek kombinációja .....	69
5.2.10. Intézkedések a szisztematikus meghibásodások irányítására .....	72
5.2.11. Biztonsági funkciók érvényesítése ISO 13849-2 .....	75
5.2.12. A SISTEMA program .....	78
6. Mechanikus védelmi megoldások.....	81
6.1. Legkisebb távolságok a testrészek összenyomódásának elkerüléséhez .....	81
6.2. Biztonsági távolságok .....	84
6.2.1. Veszélyes terek felső végtaggal való elérése.....	84
6.2.2. Veszélyes terek alsó végtaggal való elérése .....	89
6.3. Védőburkolatok kiválasztása.....	89
7. Gépek villamos szerkezeteinek biztonsága .....	93
7.1. Gépek villamos szerkezetei az EN 60204-1 szerint.....	93

7.2.	Villamos hajtások biztonsága, biztonsági funkciók .....	95
<b>8.</b>	<b>Biztonsági érzékelők.....</b>	<b>106</b>
8.1.	Érzékelők alapfogalmak .....	106
8.2.	Biztonsági érzékelők.....	108
8.2.1.	Fluidtechnikában alkalmazott érzékelők.....	108
8.2.2.	Villamos biztonsági érzékelők, elektromechanikus érzékelők.....	110
8.3.	Biztonsági berendezések elhelyezése .....	121
8.3.1.	Biztonsági berendezések elrendezése .....	121
8.3.2.	Alapképletek .....	122
8.3.3.	Ortogonalis esetek .....	123
8.3.4.	Párhuzamos eset.....	124
8.3.5.	Esetek tetszőleges irányú megközelítésre.....	124
8.3.6.	Esetek a védelem megkerülhetőségére .....	125
8.3.7.	Nem AOPD típusú védőberendezések elhelyezésének biztonságos távolságai .....	128
<b>9.</b>	<b>Hidraulikus és pneumatikus rendszerek biztonsága .....</b>	<b>129</b>
9.1.	Pneumatikus hajtások biztonsága.....	131
9.1.1.	Pneumatika alapok a gépbiztonság szempontjából.....	131
9.1.2.	Pneumatikus hajtásoknál alkalmazott biztonsági funkciók .....	138
9.2.	Hidraulikus hajtások biztonsága.....	153
9.2.1.	Hidraulika alapok a gépbiztonság szempontjából.....	153
9.2.2.	Hidraulikus hajtásoknál alkalmazott biztonsági funkciók .....	159
<b>10.</b>	<b>Iparban alkalmazott robotrendszerek biztonsága .....</b>	<b>170</b>
10.1.	Általános megfontolások.....	170
10.2.	Ipari robotrendszerek.....	173
10.3.	Ipari kollaboratív robotrendszerek .....	179
10.4.	Vezető nélküli targoncák és rendszereik.....	184
<b>11.</b>	<b>Speciális veszélyek és kockázatok kezelése.....</b>	<b>192</b>
11.1.	Hozzáférfési helyek, nyílások méretezése .....	192
11.1.1.	Egésztest-hozzáférfési helyek méretei.....	193
11.1.2.	Hozzáférfési nyílások méretei .....	195
11.2.	Zajvédelem .....	199
11.2.1.	Zajforrások azonosítása.....	199

11.2.2. A zajforrások zajának csökkentése .....	202
11.2.3. Zajátvitel.....	206
11.2.4. Zajsugárzás.....	208
11.2.5. A befejező vizsgálatok.....	209
11.3. Egyéb speciális kockázatok és vonatkozó szabványok.....	210
<b>12. Biztonsági vizsgálatok.....</b>	<b>211</b>
<b>13. Kidolgozott mintapéldák.....</b>	<b>219</b>
13.1. Pneumatikus működtetésű összeszerelő berendezés, Kategória 1. PL b .....	220
13.2. Frekvenciaváltós villamos hajtásvezérlés, integrált biztonságos mozgásellenőrzéssel, Kategória 3. PL d.....	228
13.3. Elektrohidraulikus présvezérlés, Kategória 4. PL e.....	235
13.4. Komplex mintafeladat: Hidraulikus papírvágó berendezés .....	238
<b>14. Mellékletek .....</b>	<b>250</b>
14.1. M1. Hidraulikus papírvágó berendezés SISTEMA REPORT .....	251
14.2. M2. Érvényesítés minta ISO 13849-2: 2012 szerint .....	255
<b>15. Használt rövidítések jegyzéke .....</b>	<b>263</b>
<b>16. Vonatkozó szabványok áttekintése.....</b>	<b>267</b>
<b>17. Irodalomjegyzék .....</b>	<b>270</b>

## 1. Vezetői összefoglaló

---

Az ipari gépek uniós piacon történő forgalomba hozatalának és üzembe helyezésének előfeltétele az előírt megfelelőségértékelési eljárás elvégzése, a CE jelölés. Ez a feladat lényegében nem egy bürokratikus folyamat. Egyszerű, könnyen érthető lépésekből áll, a dokumentációs igénye sem túlzott, mégsem egyszerű. A kihívást a jogszabályokban irányelv szerűen előírt alapvető követelmények konkrét műszaki teljesítése és ennek igazolása jelenti.

Ehhez a feladathoz az adott gépre vonatkozó EU-s harmonizált szabványok ismerete és megfelelő alkalmazása elengedhetetlen. Ezek a szabványok tartalmazzák a műszaki minimumfeltételeket, vizsgálati feladatokat és részben a dokumentációs követelményeket is.

Ezek teljesítésével kapcsolatos felelősség a gép gyártóját terheli, pontosabban azt a személyt, akit a gyártói felelősség terhel. Ez számos esetben nem a gép tényleges előállítója, hanem aki a saját nevében tervezte vagy gyárttatta azt, vagy aki azon jelentős módosítást végzett. Továbbá gyártónak számít, aki saját gazdasági tevékenysége érdekében az EGT-n kívülről behoz, vagy előállít gépet.

Jelen kiadvány koncepciója az, hogy röviden bemutatja a gépek forgalomba hozatalához vagy üzembe helyezéséhez szükséges eljárás fő lépéseit, a megfelelőség igazolásához alkalmazható eljárásokat, majd áttekinti a jogi minimumot jelentő műszaki-biztonsági követelmények közül a leggyakrabban alkalmazandókat, illetve referenciaként az egyes további témákhoz megadja a figyelembe veendő további követelmények körét.

A tárgyalt főbb témakörök a gépek CE jelölése és megfelelőségértékelése mellett a legfontosabb biztonsági szabványok általánosítható követelményei, mint a vezérlőrendszerrel, villamos szerkezetekkel, biztonsági távolságokkal, védőburkolatokkal, biztonsági berendezések elhelyezésével, pneumatikus és hidraulikus rendszerekkel kapcsolatos témakörök. Továbbá kitekintést nyújt a jelenleg egyre nagyobb szerephez jutó ipari hagyományos és kollaboratív robotrendszerekkel és az autonóm önjáró targoncákra, vontatókra (AGV/AMV) vonatkozó speciális előírásokra.

## 2. Bevezető

---

Az ipari gépek CE jelölése és biztonsága egymástól nem elválasztható témák. A vonatkozó jogi előírások alapvető követelményei lényegében mind biztonsági vonatkozásúak, céljuk a személyek, háziállatok és vagyontárgyak védelmének biztosítása. A vonatkozó direktívák, rendeletek már évek óta életbe léptek és a Gépek Direktíva legutóbbi kiadása, bár kisebb módosításokkal, de több mint tizenkét éve érvényben van.

Miért kell akkor erről a témáról újra és újra beszélni? Mi indokolja egy ilyen kiadvány megjelentetését?

A válasz egyszerű, a tényleges műszaki követelményeket tartalmazó harmonizált szabványok nem ennyire statikusak, az ipari technológiák fejlődésével párhuzamosan folyamatos változásban vannak, havonta tucatszám jelennek meg újak, vagy változnak meg a korábbiak. Jelenleg több, mint ezer harmonizált szabvány fedi le a gépek biztonságával kapcsolatos témakört. A gyártóknak ezek közül kell kiválasztaniuk az adott gépre releváns követelményeket és persze teljesíteniük, valamint a teljesítést igazolniuk, ami megfelelő segédletek, útmutatók nélkül akár aránytalanul nagy időráfordítást, energia befektetést igényelhet.

A következőkben a megfelelőségértékelési folyamat rövid áttekintése mellett azokra a műszaki követelményekre térünk ki, amelyek jellemzően maradandó fizikai elveken alapulnak, a szabványok változásai ugyan érinthetik ezeket, de az alapvetéseik, alap összefüggéseik várhatóan sokáig érvényesnek tekinthetők.

Terjedelmi okokból számos jellemző kockázattal kapcsolatos követelményre csak a vonatkozó szabványok hivatkozásait adjuk meg, de a legfontosabbnak ítélt témákban részletesebb magyarázatokat és példákat is tartalmaz a kiadvány.

Fontos megjegyezni, hogy az egyes gépek tervezésével, vizsgálataival kapcsolatban a vonatkozó releváns jogi és műszaki előírások feltárása, alkalmazása nem helyettesíthető pusztán az itt leírtak alkalmazásával, de az előzetes felkészüléshez, egyes témák átlátásához jól használható.

### 3. Gépek CE jelölése

---

Alapelv, hogy csak biztonságos termék hozható forgalomba az EU piacán, természetesen ez igaz a gépek esetén is. De mit is jelent az, hogy "biztonságos"?

Biztonságos minden olyan termék, amely a szokásos vagy észszerűen előrelátható használati feltételek mellett nem jelent veszélyt, vagy kizárólag a termék használatával összeegyeztethető, elfogadhatónak tekinthető és a személyek biztonsága és egészsége magas szintű védelmének megfelelő legkisebb veszélyt jelenti. [38]

Természetesen alapvetően a gyártó feladata, hogy gondoskodjon a gép biztonságosságáról, azonban ezen túlmenően az importőr és a forgalmazó sem hozhat forgalomba és nem is forgalmazhat olyan terméket, amelyről tudja, vagy a rendelkezésére álló tájékoztatás, vagy szakmai ismeret alapján tudnia kellene, hogy nem biztonságos!

Gépek esetén a biztonság és a megfelelőség szorosan összefüggő kifejezések, csak együtt értelmezhetőek, hiszen a megfelelőségi követelmények döntő része biztonsági szempontokat érint.

A gépek esetén (és persze számos egyéb termékkör esetén is) az alkalmazandó megfelelőségi jelölés a CE jelölés. Ez a „Conformité Européenne” francia kifejezésből származik, aminek jelentése „európai megfelelőség”.

„A CE-jelölés a fő jelzése (de nem bizonyítéka) annak, hogy a termék megfelel az uniós jogszabályoknak, és lehetővé teszi a termékek az EGT és Törökország piacain belüli szabad mozgását, függetlenül attól, hogy a termékeket az EGT-ben, Törökországban vagy más országban gyártották-e.

A CE-jelölés egy, a megfelelőségértékelést magában foglaló teljes folyamat látható következménye, elhelyezésével a gyártó kijelenti, hogy a termék megfelel az uniós harmonizációs jogszabályoknak.” [38]

A jogilag megfelelő gépek tervezése, kivitelezése, forgalomba hozatala külön-külön is egy komplex folyamat. Számos lépést kell megtenni annak érdekében, hogy mindez valóban „megfelelő” legyen és kielégítse az EU piacára vonatkozó követelményeket, a CE jelölés követelményeit. Ennek folyamatát mutatják be a következő pontok [27].

#### 1. lépés - alapkérdések tisztázása

A termék határainak pontos rögzítése garantálja a vonatkozó követelmények teljes körű beazonosíthatóságát.

A határok rögzítése első nekifutásra egyszerűnek tűnik, ha csak a geometriai határokat vesszük figyelembe (hol „kezdődik” és „meddig tart” a tárgyalt berendezés). Azonban komplexebb, több konfigurációban üzemeltethető, vagy akár több felhasználási célú berendezések esetén már ennek a kérdésnek a megválaszolása is okozhat nehézségeket.

A térbeli határok a pusztán geometriai határok mellett a következőket is jelentik:

- mozgástartományok,
- térbeli követelmények a működtetés és karbantartás alatt,
- emberi kölcsönhatás (ember-termék interfész),
- gép - energiaellátás interfész.

A térbeli határok mellett a következő szempontokat kell még figyelembe venni:

- használati határok (alkalmazási terület, üzemmódok, felhasználók köre),
- időbeni határok (élettartam, tervezett üzemidők, szerviz idők),
- feldolgozott, felhasznált anyagok köre,
- higiéniai feltételek,
- környezeti feltételek.

**FONTOS!** Ha a berendezés határainak meghatározása nem az első lépések során (lehetőleg még a tervezés vagy a beszerzés előkészítésének legelején) történik, úgy a későbbiekben nem várt feladatokkal találkozhatunk a CE jelölési folyamat vagy a forgalmazás során.

## 2. lépés - jogi előírások kiválasztása

Az Európai Unió és a tagállamok is jogszabályokat adnak ki, amelyekben meghatározzák azt, hogy adott berendezés milyen feltételek mellett tekinthető megfelelőnek, biztonságosnak az emberek, háziállatok és vagyontárgyak, valamint a környezetük számára egyaránt.

(Egyes berendezések esetén a CE jelölés elhelyezése jelzi, hogy teljesíti ezeket az előírásokat, de ezen kívül egyéb előírások is léteznek, amelyeket szintén figyelembe kell venni!)

A követelmények egy része egységes, azonos az EU teljes piacán (pl. a CE jelölést előíró jogszabályok), de egyes területeken nemzeti hatáskörben kiadott jogszabályok országhatárokon belüli, egyedi előírásokat is tartalmazhatnak.

Az előbb említett követelmények teljesítése vagy a teljesítésük ellenőrzése miatt van szüksége a tervezőknek, gyártóknak és forgalmazóknak a vonatkozó jogszabályok ismeretére.

A gépek CE jelölésével kapcsolatos alapvető EU-s és hazai jogszabály:

- 2006/42/EK irányelv a gépekről (MD Gépdirektíva),
- 16/2008. (VIII. 30.) NFGM rendelet a gépek biztonsági követelményeiről és a megfelelőségük tanúsításáról

A Gépdirektíva a termékek széles körét lefedi, nem csak a klasszikusan ipari gépeknek tekintett berendezéseket! Ez szabályozza a gépeken túl a cserélhető berendezések, biztonsági alkatrészek, emelőberendezések tartozékai, emelési célú láncok, kötelek és hevederek, leszerelhető mechanikus erőátviteli szerkezetek és a részben kész gépek önálló termékként történő megfelelőségértékelési feladatait és forgalomba hozatali szabályait is.

Jelen szakmai segédanyag szempontjából fontos meghatározni, hogy mit kell érteni a „gép” kifejezés alatt a 2006/42/EK direktíva alapján [29]:

- olyan, nem közvetlenül emberi vagy állati erőt alkalmazó hajtási rendszerrel felszerelt vagy felszerelni szándékozott, összekapcsolt elemekből vagy alkatrészekből álló együttes, amelyeknek legalább egyike mozog, és amelyeket meghatározott alkalmazás céljából kapcsoltak össze,
- az előző pontban említett együttes, amelyből csak azok az elemek hiányoznak, amelyek a helyszínen való összeszereléshez vagy az energia-, illetve meghajtó forráshoz való csatlakoztatáshoz szükségesek,
- az előző pontokban említett olyan együttes, amely akkor van beszerelésre kész és működőképes állapotban, ha felszerelik egy szállítóeszközre, vagy beszerelik egy épületbe vagy szerkezetbe,
- az előző pontokban említett gépegyüttesek, és/vagy a részben kész gépek, amelyeket ugyanazon cél elérése érdekében olyan módon rendeznek el és vezérelnek, hogy egységes egészként működjenek,
- kizárólag közvetlenül alkalmazott emberi erővel hajtott, összekapcsolt elemek vagy alkatrészek együttese, amelyeknek legalább egyike mozog, és amelyeket teher emelésének céljából kapcsoltak össze;

A „részben kész gép” olyan egység, amely majdnem gép, de amely önmagában nem képes meghatározott funkciót ellátni. A részben kész gép csak arra szolgál, hogy beépítsék egy másik gépbe vagy másik részben kész gépbe vagy ahhoz hozzászzereljék, ezáltal az így létrejött gépre a Gépdirektíva fog vonatkozni. (Tipikusan részben kész gépnek minősülnek a robotkarok!)

Hogy ne legyen olyan egyszerű a dolog, nagy valószínűséggel sajnos nem elég csak a gépek CE jelölésével kapcsolatos előírásokat ismerni!

Az alapelv: egy terméknek az összes rá vonatkozó jogszabályi követelményt teljesítenie kell. Ez azt jelenti, hogyha az adott gép egyszerre több termékkategóriába is beletartozik, akkor az összes kategória követelményeit ismerni és teljesíteni kell!

Ipari gépek esetén gyakran kell a következő további, CE jelölést szintén előíró irányelveket is teljesíteni:

- Kisfeszültségű berendezések (LVD) – 2014/35/EU
- Elektromágneses kompatibilitás (EMC) – 2014/30/EU
- Nyomástartó berendezések (PED) – 2014/68/EU
- Robbanásveszélyes környezetbe szánt berendezések (ATEX) – 2014/34/EU

Ezen a linken elérhető, hogy milyen termékkategóriák léteznek a CE jelölés szempontjából, valamint melyek az ezekhez kapcsolódó jogszabályok:

<https://www.ce-jeloles.hu/jogszabalyok>

A CE jelölést előíró EU-s jogszabályok teljes szövegét ezeken a linken lehet elérni:

[https://single-market-economy.ec.europa.eu/single-market/european-standards/harmonised-standards\\_hu](https://single-market-economy.ec.europa.eu/single-market/european-standards/harmonised-standards_hu)

### **3. lépés - megfelelőségértékelési eljárás kiválasztása**

A 765/2008/EK rendelet szerint a megfelelőségértékelés nem más, mint az az értékelési eljárás, amely bizonyítja, hogy egy termékkel, eljárással, szolgáltatással, rendszerrel, személlyel vagy szervezettel kapcsolatos meghatározott követelmények teljesültek. [28].

A termékeken a tervezési és a gyártási szakaszban el kell végezni a megfelelőségértékelést. A megfelelőség értékelése a gyártó felelőssége abban az esetben is, ha a tervezést vagy a gyártást alvállalkozó végzi.

Nyolc megfelelőségértékelési modul létezik (A–H modulok a 768/2008/EK határozat szerint), amelyek előírják a gyártó felelősségi köreit, és a bejelentett megfelelőségértékelő szervezet bevonásának szükségességét, feladataikat.

A megfelelőségértékelési feladatok jellemzően három csoportba oszthatóak:

- műszaki vizsgálatok,
- műszaki dokumentáció vizsgálata,
- gyártó minőségügyi rendszerének ellenőrzése (auditálás).

Gépek esetében három megfelelőségértékelési eljárás/modul kerül szóba, mégpedig a következők:

- A modul - Belső gyártásellenőrzési rendszer bevezetése és működtetése,
- B modul - EK Típusvizsgálat elvégztetése bejelentett szervezet által,
- H modul - Teljes minőségbiztosítás, azaz minőségirányítási rendszer bevezetése és működtetése, valamint tanúsíttatása egy bejelentett szervezet által.

Az, hogy adott gép esetén melyik modult kell alkalmazni, illetve mely modulok közül lehet választani, az alábbiak befolyásolják:

- a gép sajátosságai,
- a harmonizált szabványok megléte/alkalmazása.

A Gépdirektíva meghatározza azokat a magasabb kockázatú berendezéseket, amelyek esetén az „A modul” csak abban az esetben alkalmazható, ha az adott berendezésre létezik európai harmonizált szabvány és azt teljeskörűen alkalmazta is a gyártó. Minden egyéb esetben a „B” vagy a „H” modul szerinti eljárások közül választhat a gyártó.

A megfelelőségértékelési eljárások bemutatását a 4. fejezet tartalmazza részletesebben.

#### 4. lépés - alapkövetelmények beazonosítása

Az adott termékkategóriára vonatkozó irányelvek és rendeletek tartalmazzák a kötelezően elvárt minimum szintet, amit gépek esetén konkrétan a Gépdirektíva 1. melléklete tartalmaz („Alapvető egészségvédelmi és biztonsági követelmények gépek tervezéséhez és gyártásához”).

A jogszabályokban meghatározott követelmények teljesítése nem választható, hanem kötelező minden érintett szereplő (pl. gyártó, importőr, forgalmazó...) számára!

Az irányelvek csak alapvető (jellemzően biztonsági jellegű) követelményeket határoznak meg, a tényleges műszaki követelményeket a harmonizált szabványok tartalmazzák. Vannak rendeletek, amelyek a tényleges műszaki követelményeket is tartalmazzák, de a gépek esetében gyakorlatilag minden esetben szükséges a vonatkozó harmonizált szabványok ismerete.

A feladat egyszerű, ki kell választani az alkalmazandó alapkövetelményeket és majd a következőkben ezek teljesítéséhez kell a megfelelő műszaki megoldásokat kiválasztani.

Természetesen a meghatározott alapvető követelmények között lehetnek a konkrét berendezésre nem értelmezhető pontok is (pl. az ülésekre vonatkozó követelmények olyan gépek esetén, amelyekhez nem tartoznak ülő munkahelyek).

#### 5. lépés - kockázatfelmérés

Figyelem! Nem egységes a szóhasználat különféle jogszabályokban, a Gépdirektíva a „kockázat felmérés” (risk assessment) kifejezést használja, de pl. a Munkavédelmi törvény a „kockázatértékelést”, ami az EN ISO 12100 szabvány szóhasználata szerint csak egy része lenne a teljes kockázatfelmérési folyamatnak. A lényeg, hogy mindig vegyük figyelembe a tárgyalt jogszabály által elérendő célt és annak megfelelően járjunk el!

A termékek zöménél, így a gépek esetén is, a tervezési fázisban fel kell mérni magából a termékből, vagy használatából származó várható veszélyeket és azok negatív hatásait (baleset, egészségkárosodás, anyagi kár...).

A termékek beépítése, használata, üzemeltetése, javítása során várhatóan előforduló veszélyekre tekintettel kell megtalálni az alkalmazható műszaki megoldásokat.

A potenciális veszélyek súlyossága és bekövetkezési valószínűsége alapján kell a lehetséges kockázatokat meghatározni és értékelni az alkalmazandó szabványok figyelembevételével.

A kockázatértékelés a termék műszaki dokumentációjának részét kell, hogy képezze.

A gépek esetén elegendő a végállapotra, tehát a forgalomba hozatal vagy üzembe helyezés időpontjában aktuális állapotra vonatkozó kockázatfelmérés dokumentálása.

A teljes kockázatfelmérési folyamat az alábbi dokumentálandó lépésekből áll, amelyeket addig kell ismételni, amíg csak elfogadható kockázatok maradnak:

### **Veszélyek beazonosítása**

A termék teljes életciklusában felmerülő feladatokra (pl. tárolás, kicsomagolás, beállítás, indítás, működési funkciók, leállítás stb.) vonatkozóan kell elvégezni.

A minimálisan figyelembe veendő veszélyek listáját egyes gépfajtáknál szabványok tartalmazzák, de nem lehet megkerülni a „józan paraszti ész” szerinti megközelítést sem, hiszen a konkrét termékek esetében nem garantált, hogy tényleg minden meghatározó veszélyre gondoltak a szabványalkotók!

### **Kockázatok becslése**

Minden veszély esetén meg kell becsülni annak súlyosságát és az előfordulás valószínűségét (tekintettel az érintettek körére, az elkerülési lehetőségekre, veszélyes szituációkra).

Az egyes szempontok értékeléséhez általában nem áll rendelkezésre előírt osztályozási rendszer, azt az alkalmazott skálával együtt a gyártónak kell meghatároznia.

Egy ilyen jól bevált értékelési skála található a következő táblázatban.

**3.1. táblázat: Értékelési skála gépek kockázatfelméréséhez**

Érték	Kockázati elemek
	<b>Kármérték (Védendő x Károsodás mértéke x Kiterjedés)</b>
	<b>Védendő:</b>
1	Nem ember
2	Ember
	<b>Károsodás mértéke:</b>
1	Nem igényel orvosi ellátást vagy javítást
3	Orvosi ellátást igényel, visszafordítható, vagy javítást igényel
12	Visszafordíthatatlan, végzetes
	<b>Kiterjedés:</b>
1	1 fő, vagy csak a konkrét berendezés
2	2-5 fő, vagy max. 5 m sugarú körben található berendezések
3	5 fő felett, vagy 5 m sugarú körön túli berendezések
	<b>Valószínűség (Veszély fellépésének valószínűsége x Kitettség x Elkerülési lehetőség)</b>
	<b>Veszély fellépésének valószínűsége:</b>
1	Ritkábban, mint műszakonként
2	Műszakonként legalább egyszer
4	Műszakonként többször, ciklikusan
	<b>Kitettség:</b>
1	Veszély fennállása alatt nem kizárható, de nem szükségszerű
2	Veszély fennállása során időszakosan, pl. ciklusonként
4	Veszély fennállása alatt folyamatosan
	<b>Elkerülési lehetőség:</b>
1	Egyértelmű - veszély könnyen érzékelhető és van mód reakcióra
2	Nem egyértelmű - veszély nehezen érzékelhető vagy nincs mód reakcióra
<b>Kockázat = Kármérték x Valószínűség</b>	
<b>Kiértékelés:</b>	
<b>Elhanyagolható kockázat: 1-23 pont</b>	
<b>Nem elhanyagolható kockázat: 24-2304 pont</b>	

### Kockázatok kiértékelése

A fentiek alapján döntést kell hozni, hogy az adott veszélyből származó egyes kockázatok elfogadhatók-e, vagy további kockázatcsökkentés szükséges.

### Kockázatcsökkentés

A kockázatcsökkentés elvárt módszereit általában szabványok tartalmazzák, vagy a gyártó felelőssége meghatározni azokat. Ezek a tervezési szempontokra, a műszaki védőintézkedésekre és a használati információkra terjedhetnek ki.

A kockázatcsökkentési intézkedések után megmaradó kockázatok az ún. fennmaradó kockázatok, amelyekről a felhasználói dokumentációban, és jellemzően a gépen magán piktogramok, figyelmeztetések formájában kell tájékoztatni a felhasználót, hogy megtehesse a szükséges lépéseket ezek elkerülésére.

A kockázatfelmérés tehát nem csak egy elkészítendő „dokumentum”, hanem egy tervezési megközelítés, ami lehetővé teszi a költséges átépítések, balesetek megelőzését!

Az európai harmonizált szabványok tartalmazzák a részletes kockázatfelmérési módszertant, valamint a minimálisan figyelembe veendő veszélyek körét. Ezek közül a leggyakrabban alkalmazottak:

- EN ISO 12100 - általános háttér és módszertan, veszélylista,
- EN ISO 13849-1 – biztonsági vezérlőrendszer elvárt teljesítményszintjének meghatározása,
- EN 1005-ös szabványcsalád – gépek kézi kiszolgálásával kapcsolatos ergonómiai kockázatok értékelése.

## 6. lépés - műszaki követelmények beazonosítása

Az adott gépre vonatkozó jogi alapkövetelmények teljesítéséhez és a feltárt kockázatok kezeléséhez egyaránt megfelelő biztonságot jelentő műszaki megoldásokat kell kialakítani.

Az alkalmazandó műszaki követelményeket jellemzően a harmonizált európai szabványok tartalmazzák. Ezek az egyes EU-s jogszabályok alkalmazásának elősegítésére elfogadott európai harmonizált szabványok, amelyek önkéntesen alkalmazhatóak.

Ha a gyártó úgy dönt, hogy nem alkalmazza a harmonizált szabványokat, köteles bizonyítani, hogy az általa kiválasztott egyéb szabványok vagy műszaki megoldások használatának köszönhetően termékei megfelelnek az alapvető követelményeknek, azaz a saját megoldásai elérik legalább a harmonizált szabványokban előírt szintet.

A CE jelölést előíró jogszabályokhoz kapcsolódó harmonizált szabványok listája az EU hivatalos honlapjáról ([https://single-market-economy.ec.europa.eu/single-market/european-standards/harmonised-standards\\_hu](https://single-market-economy.ec.europa.eu/single-market/european-standards/harmonised-standards_hu)) az Európai Unió minden hivatalos nyelvén letölthető! A szabványok díj ellenében érhetőek el a szabványügyi szervezeteken keresztül (hazánkban a Magyar Szabványügyi Testülettől, [www.mszt.hu](http://www.mszt.hu)).

A Gépdirektíva harmonizált szabványai jellemzően nem csak a tervezői megfontolásokat, műszaki védőintézkedéseket, hanem az ellenőrzési, vizsgálati feladatokat és a dokumentációs követelményeket is tartalmazzák. Ahogy azt már korábban említettük, a szabványok alkalmazása ugyan nem kötelező, azonban amennyiben az adott gépre vonatkozóan létezik harmonizált szabvány, alkalmazása jelentős mértékben megkönnyíti a gyártó dolgát.

A berendezésre vonatkozó tényleges műszaki előírások ismeretében értékelni kell a gyártó felkészültségét, lehetőségeit, hogy egyáltalán lehetséges-e ezek teljesítése? Ha nem, akkor az ötlet, vagy előzetes koncepció megváltoztatására lesz szükség, azaz vissza kell térni az első lépésre!

## 7. lépés - műszaki dokumentáció készítés

A Műszaki dokumentáció igazolja, hogy a gép megfelel a rá vonatkozó jogszabályok követelményeinek. A Műszaki dokumentációnak az értékeléséhez szükséges mértékben kell lefednie a gép tervezését, gyártását, műszaki paramétereit, működését és az elvégzett vizsgálatokat, ellenőrzéseket.

Annak érdekében, hogy megállapítható legyen az, hogy a gép a tervezés és a kivitelezés alapján forgalomba hozható-e, a gyártónak el kell végeznie a szükséges kutatásokat és vizsgálatokat az alkatrészekre, részegységekre, és a kész berendezésre vonatkozóan. A kapcsolódó jelentéseket és eredményeket a Műszaki dokumentációban kell rögzíteni, beleértve azokat is, amelyek a következő lépések során állnak elő!

Amennyiben a gyártó nem alkalmazta a berendezésre vonatkozó harmonizált szabványokat, úgy nem részesül a megfelelés vélelmében, azaz nem tudja pusztán az ezekre való hivatkozásokkal igazolni a berendezés megfelelőségét. Ekkor a megfelelést saját magának kell igazolnia, azaz a termék műszaki dokumentációjában részletesen ki kell fejtenie, hogy az általa használt megoldások hogyan biztosítják az alapvető követelmények teljesítését legalább a minimálisan elvárt szinten.

Attól függően, hogy gépről vagy részben kész gépről van szó, részben eltérőek a követelmények a műszaki dokumentáció tartalmát tekintve!

A GÉPEK Műszaki dokumentációjának tartalmaznia kell a gyártási dokumentációt, amely magába foglalja [29]:

- a gép általános leírását,
- a gép működésének a megértéséhez szükséges átfogó rajzot, a vezérlőkörök rajzait, valamint a vonatkozó leírásokat és magyarázatokat,
- teljes részletességű tervek a kapcsolódó számításokkal, vizsgálati eredményekkel, tanúsítványokkal stb., amelyek annak ellenőrzéséhez szükségesek, hogy a gép megfelel-e az alapvető egészségvédelmi és biztonsági követelményeknek,
- a kockázatfelmérés dokumentációját, amely leírja az alkalmazott eljárást, és tartalmazza a felmérés megállapításait, kiemelten fennmaradó kockázatokat,
- a gépre vonatkozó alapvető egészségvédelmi és biztonsági követelmények listáját,
- az azonosított veszélyek kiküszöbölésére vagy a kockázatok csökkentésére irányuló védőintézkedések leírását,
- az alkalmazott szabványokat és egyéb műszaki előírásokat,
- minden, a gyártó által elvégzett vagy a gyártó révén kiválasztott szervezet által elvégzett vizsgálatok eredményeiről szóló műszaki jelentést,
- a gép használati utasításának másolatát,
- ha indokolt, a beépített, részben kész gép beépítési nyilatkozatát és az ehhez kapcsolódó összeszerelési utasításokat,
- ha indokolt, a gép és az egyéb beépített egységek EK Megfelelőségi nyilatkozatának másolatát,
- a gép EK Megfelelőségi nyilatkozatának egy másolatát,
- sorozatgyártás esetén mindazokat a belső intézkedéseket, amelyek biztosítják, hogy a gyártott gépek a rájuk vonatkozó követelményeknek folyamatosan megfeleljenek.

A RÉSZBEN KÉSZ GÉPEK Műszaki dokumentációjának tartalmaznia kell a gyártási dokumentációt, amely magába foglalja [29]:

- a részben kész gép teljes rajzát és a vezérlőkörök rajzait,
- teljes részletességű terveket a kapcsolódó számításokkal, vizsgálati eredményekkel, tanúsítványokkal stb., amelyek annak ellenőrzéséhez szükségesek, hogy a részben kész gép megfelel-e az alapvető egészségvédelmi és biztonsági követelményeknek,
- a kockázatfelmérés dokumentációját, amely leírja az alkalmazott eljárást és tartalmazza a felmérés megállapításait, kiemelten fennmaradó kockázatokat,
- a részben kész gépre vonatkozó, az Összefoglaló listában található, teljesített alapvető egészségvédelmi és biztonsági követelmények listáját,
- az azonosított veszélyek kiküszöbölésére vagy a kockázatok csökkentésére irányuló védőintézkedések leírását,
- az alkalmazott szabványokat és egyéb műszaki előírásokat,
- minden, a gyártó által elvégzett vagy a gyártó révén kiválasztott szervezet által elvégzett vizsgálatok eredményeiről szóló műszaki jelentést,
- a részben kész gép összeállítási utasításainak és beépítési nyilatkozatának egy másolatát,
- sorozatgyártás esetén mindazokat a belső intézkedéseket, amelyek biztosítják, hogy a gyártott gépek a rájuk vonatkozó követelményeknek folyamatosan megfeleljenek.

A Műszaki dokumentációt az Európai Közösség legalább egy hivatalos nyelvén kell elkészíteni, kivéve a Használati útmutatót, amelyre az alábbiak érvényesek [29]:

- minden gépet el kell látni annak a tagállamnak a hivatalos nyelvén készült használati utasítással, amelyben a gépet forgalomba hozzák és/vagy üzembe helyezik;
- a gyártó által igazolt eredeti nyelvi változato(ko)n fel kell tüntetni a következőt: "Eredeti használati utasítás.";
- ha az eredeti használati utasítás nem annak az országnak a hivatalos nyelvén (nyelvein) készült, ahol a gépet használni tervezik, akkor arra/azokra a nyelvre/nyelvekre való fordításról a gyártónak, meghatalmazott képviselőjének, illetve a gépet a célországba szállító személynek kell

gondoskodnia. A fordításon fel kell tüntetni: "Eredeti használati utasítás fordítása."

A Műszaki dokumentációt meg kell őrizni a gép előállítását követően legalább tíz évig, illetve sorozatgyártás esetén az utolsó darab gép gyártásától számított tíz évig, és szükség esetén azt az illetékes hatóság rendelkezésére kell bocsátani!

A Műszaki dokumentációt nem szükséges az Európai Gazdasági Közösség területén tartani, és fizikailag sem kell állandóan és teljeskörűen készenlétben tartani. Összeállítását és hozzáférhetőségét azonban az EK Megfelelőségi nyilatkozatban/Beépítési nyilatkozatban megjelölt személynek a dokumentáció összetettségével arányos időn belül kell biztosítania.

FIGYELEM! Amennyiben az illetékes hatóságok kérése ellenére nem kerül bemutatásra a Műszaki dokumentáció, ez elegendő alapot adhat arra, hogy a hatóság kétségbe vonja azt, hogy az adott gép megfelel az alapvető egészségvédelmi és biztonsági követelményeknek, ami hatósági intézkedést von maga után!

## 8. lépés - géptípus értékelése, vizsgálatok

Legyen szó sorozatgyártásról, vagy egyedi gyártásról, vizsgálatok révén kell megállapítani a géptípus vagy egyedi gép megfelelőséget, hogy igazolni lehessen, valóban megfelel a rá vonatkozó követelményeknek.

Sorozatgyártás esetén „a tervezett gyártást jól képviselő” mintadarab(ok) alapján lehetséges a típus megfelelőségének megállapítása.

A gyártó, vagy az esetenként kötelezően bevonandó bejelentett szervezet (Notified Body) megvizsgálja a gép műszaki dokumentációját vagy egy mintadarabot, annak érdekében, hogy igazolja annak megfelelőségét. A vizsgálatok jellemzően a vonatkozó szabványok által előírt paraméterek szabványos vizsgálati eljárással történő meghatározását jelentik. Ezek általában a következőket foglalják magukba:

- műszeres mérések,
- szemrevételezéses ellenőrzések,
- működési próbák,
- próbatestes vizsgálatok, és
- dokumentáció vizsgálat.

A vizsgálati dokumentáció is a műszaki dokumentáció részét kell, hogy képezze.

Megjegyzés: A részben kész gépek általában nem tudják teljesíteni a rájuk vonatkozó összes követelményt, de ettől függetlenül majd forgalomba hozhatóak lesznek. A beépítésük után azonban már a végállapotban a komplex gép gyártójának gondoskodnia kell az összes releváns követelmény teljesítéséről!

## 9. lépés – a minőség biztosítása

A CE jelölésre kötelezett termékek esetén általában szükséges a gyártás minőségbiztosítási rendszerének kialakítása, működtetése, amely alapján garantálható, és dokumentáltan bemutatható, hogy a kibocsátott termékek folyamatosan kielégítik a vonatkozó követelményeket és nem térnek el az előző pontok alapján igazolt terméktípustól.

Gépek esetén a minőségbiztosítási (belső gyártásellenőrzési) rendszer a gép tervezésével, előállításával, megfelelőségértékelésével, forgalmazásával kapcsolatos szervezetet, működési folyamatokat és dokumentációs feladatokat kell, hogy lefedje.

Igény esetén a minőségbiztosítási rendszer kialakítása történhet az ISO 9001-es nemzetközileg is elismert és tanúsítható szabvány alapján is. Általában az alkalmazandó menedzsment szabványra konkrét előírás nincs, de a piaci munkát segítheti egy széleskörben elismert tanúsítvány megléte.

## 10. lépés - megfelelőségi nyilatkozat kiadása

A CE jelölésre kötelezett termékek jelentős körénél a megfelelőségértékelési eljárás lezárásaként a megfelelőségi nyilatkozat kiadása kötelező.

Az EK megfelelőségi nyilatkozat az a dokumentum, amely igazolja, hogy a gép megfelel az alkalmazandó jogszabályok követelményeinek. Az EK megfelelőségi nyilatkozat elkészítésével és aláírásával az azt aláíró (aki általában a gyártó) vállalja a felelősséget a gép megfelelőségéért.

A műszaki dokumentációhoz hasonlóan az EU-megfelelőségi nyilatkozatot is a termék forgalomba hozatalától számított tíz évig kell megőrizni. Ez a gyártó vagy az EU-ban letelepedett meghatalmazott képviselő felelőssége. Importált termékek esetében az importőr felel a megfelelőségi nyilatkozatért.

Figyelem! Ahogy a Műszaki dokumentáció esetében is, itt sem mindegy, hogy gépről vagy részben kész gépről van szó, ez utóbbi esetében ugyanis nem Megfelelőségi, hanem úgynevezett Beépítési nyilatkozatot kell készíteni!

A gépek megfelelőségi nyilatkozatának az alábbiakat kell tartalmaznia [29]:

- a gyártó neve és teljes címe,
- a Műszaki dokumentáció összeállítására felhatalmazott, az Európai gazdasági Közösségben letelepedett személy nevét (aki hatósági ellenőrzés során összeállítja és rendelkezésre bocsátja a Műszaki dokumentációt),
- a gép leírása és azonosítása, beleértve az eredeti megnevezését, funkcióját, modell-, típus- és sorozatszámát, kereskedelmi nevét,
- nyilatkozat arról, hogy a gép megfelel a gépek irányelv rá vonatkozó követelményeinek, és ahol szükséges, nyilatkozat arról, hogy a gép megfelel más, egyéb szempontokra vonatkozó, a CE jelölést előíró közösségi irányelveknek és/vagy vonatkozó rendelkezéseknek,
- amennyiben szükséges, az EK típusvizsgálatot végző kijelölt szervezet neve, címe és azonosító száma, valamint az EK típusvizsgálati tanúsítvány száma,
- amennyiben szükséges, a teljes minőségbiztosítási rendszert jóváhagyó kijelölt szervezet neve, címe és azonosító száma,
- ha indokolt, a figyelembe vett honosított harmonizált szabványok felsorolása,
- ha indokolt, egyéb felhasznált műszaki szabványok és előírások hivatkozásai,
- a megfelelőségi nyilatkozat kiállításának helye és dátuma,
- a gyártó nevében a nyilatkozat elkészítésére jogosult személy azonosítója és aláírása.

A részben kész gépek Beépítési nyilatkozatának az alábbiakat kell tartalmaznia [29]:

- a részben kész gép gyártójának neve és teljes címe,
- a Műszaki dokumentáció összeállítására felhatalmazott, az Európai gazdasági Közösségben letelepedett személy neve (aki hatósági ellenőrzés során összeállítja és rendelkezésre bocsátja a Műszaki dokumentációt),
- a részben kész gép leírása és azonosítása, beleértve az eredeti megnevezését, funkcióját, modell-, típus- és sorozatszámát, kereskedelmi nevét,
- nyilatkozat arról, hogy a gépek irányelv mely alapvető követelményeit alkalmazták és teljesítették, és hogy a Műszaki dokumentációt az előírásoknak megfelelően készítették el, és ahol szükséges, nyilatkozat arról, hogy a részben kész gép egyéb rá vonatkozó, a CE jelölést előíró közösségi irányelveknek és/vagy vonatkozó rendelkezéseknek is megfelel,
- annak elfogadása, hogy az illetékes hatóságok indokolt kérésére a részben kész gépre vonatkozó információkat átadják (meg kell határozni az információ átadásának módját, a részben kész gép gyártója szellemi tulajdonjogának sérelme nélkül),
- a Megfelelőségi nyilatkozat kiállításának helye és dátuma,
- a gyártó nevében a nyilatkozat elkészítésére jogosult személy azonosítója és aláírása.

Az EK Megfelelőségi és a Beépítési nyilatkozatot a gyártónak, vagy pedig az általa meghatalmazott képviselőnek, kell kiállítania.

Az EK Megfelelőségi/Beépítési nyilatkozatra vonatkozóan nem léteznek kötelező formai előírások. Ez azt jelenti, hogy az előírt tartalmi részeket bármilyen méretben, formátumban meg lehet jeleníteni.

Az EK Megfelelőségi/Beépítési nyilatkozatot mindig annak a tagállamnak a hivatalos nyelvén (nyelvein) kell elkészíteni, amelyben a gépet forgalomba hozzák, illetve üzembe helyezik!

A gyártó vagy a meghatalmazott képviselő által igazolt nyelvi változatokon az alábbi szavakat kell feltüntetni: "eredeti EK Megfelelőségi nyilatkozat / beépítési nyilatkozat".

A mennyiben az eredeti (gyártó által igazolt) Megfelelőségi nyilatkozat nem annak az országnak a hivatalos nyelvén készült, ahol a gépet használni tervezik, akkor a célország hivatalos nyelvére történő fordításról az alábbiak valamelyikének kell gondoskodnia:

- gyártó,
- meghatalmazott képviselő,
- a gépet a célországba szállító személy.

A fordításon az alábbi szavakat kell feltüntetni: "eredeti EK Megfelelőségi nyilatkozat / beépítési nyilatkozat fordítása".

Az EK Megfelelőségi/Beépítési nyilatkozatnak a gép forgalomba hozatalától kezdődően hozzáférhetőnek kell lennie!

A gyártónak, illetve a meghatalmazott képviselőnek, az eredeti EK Megfelelőségi nyilatkozatot, részben kész gép esetén az eredeti beépítési nyilatkozatot a gép gyártásának utolsó időpontjától számított legalább 10 évig a Műszaki dokumentáció részeként meg kell őriznie.

## 11. lépés - műszaki dokumentáció véglegesítés

A termék műszaki dokumentációjának a végleges, forgalomba hozatali állapotot kell tükröznie, és tartalmaznia kell a megfelelőségi vagy beépítési nyilatkozatot is! Egyes esetekben (pl. helyszínen készített berendezéseknél, gépeknél) az elkészült berendezés egyes csak ebben az állapotban vizsgálható paramétereinek, fotóinak csatolása is szükséges lehet, így esetenként a teljes műszaki dokumentáció csak a gép átadásakor, azaz a forgalomba hozatalakor vagy üzembe helyezésakor áll össze.

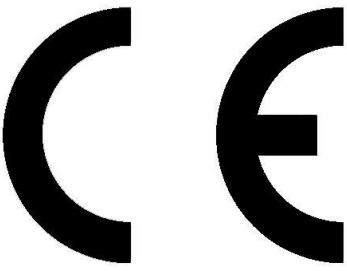
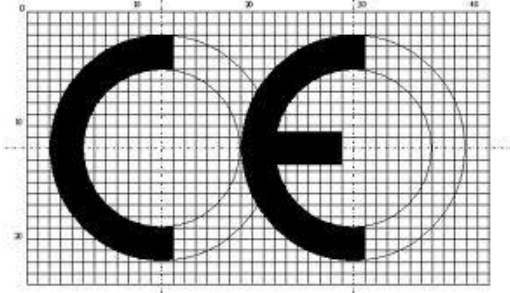
Ha a gépet újratervezték, a megfelelőségértékelést pedig újra elvégezték, a műszaki dokumentációnak ki kell térnie a gép összes változatára; le kell írnia az elvégzett változtatásokat, a gép különböző változatainak azonosítási módját, és a különböző megfelelőségértékelésekre vonatkozó információt.

A Műszaki dokumentációt az Európai Közösség legalább egy hivatalos nyelvén kell elkészíteni, és meg kell őrizni a gép előállítását követően legalább 10 évig, illetve sorozatgyártás esetén az utolsó darab gyártásától számított 10 évig.

A piacfelügyeleti hatóság kérésére a Műszaki dokumentációt 8 napon belül kell megküldeni az adott hatóság számára könnyen érthető nyelven. A hatóság indokolt esetben ennél hosszabb határidőt is megállapíthat.

## 12. lépés - CE jelölés elhelyezése

A CE jelölés azt szimbolizálja, hogy a termék megfelel a rá vonatkozó összes közös releváns jogszabályi kötelezettségnek és átesett az előírt megfelelőségértékelési eljáráson.

A CE megfelelőségi jelölésnek a „CE” rövidítésből kell állnia az alábbi formában:	Ennek szerkesztési ábráját jogszabály írja elő:
	

3.1. ábra: CE megfelelőségi jelölés

Amennyiben a CE jelölést lekicsinyítik vagy felnagyítják, meg kell tartani az eredeti méretarányait. A CE jelölés elemeinek magassága 5 mm-nél kisebb nem lehet. Ezt a minimális méretet nem kell figyelembe venni kisméretű gépek esetében.

A gépen nem helyezhető el a CE megfelelőségi jelöléssel összetéveszthető jelölés. Minden más jelölést csak úgy lehet elhelyezni, hogy az a CE megfelelőségi jelölés láthatóságát és olvashatóságát ne befolyásolja.

**FIGYELEM!** Amennyiben teljes minőségbiztosítást (H modul) kellett alkalmazni, a CE jelölés után fel kell tüntetni a kijelölt szervezet négyjegyű azonosító számát is!

A CE jelölést a gyártó vagy meghatalmazott képviselő nevének közvetlen közelében kell elhelyezni ugyanolyan módszerrel rögzítve, jól olvashatóan és letörölhetetlenül az adott gépen. Jellemzően a gép adattábláján szokás elhelyezni. Amennyiben azonban ez nem lehetséges (pl. a méret miatt), akkor, ha van, a csomagoláson kell elhelyezni, vagy a kísérő dokumentáción.

Minden gépen olvashatóan és maradandóan fel kell tüntetni legalább a következő adatokat:

- a gyártó cég neve, teljes címe,
- a gép megnevezése,
- CE jelölés,
- sorozat- vagy típus-megnevezés,
- adott esetben sorozatszám,
- a gyártás éve (az az év, amikor a gyártás befejeződött),
- a robbanásveszélyes légtérben történő üzemeltetésre tervezett gépen az ennek megfelelő jelölést,
- a biztonságos üzemeltetéshez szükséges információkat, pl:
  - a forgó részek legnagyobb fordulatszámát,
  - a szerszámok legnagyobb átmérőjét,
  - a gépnek és/vagy az eltávolítható részeknek a tömegét kilogrammban,
  - a legnagyobb munkaterhelést,
  - személyi védőeszköz használatának szükségességét,
  - a védőburkolat beállítási adatait,
  - az ellenőrzések gyakoriságát.

A gép jellegétől függően további adatokat is fel kell tüntetni, pl.:

- feszültségtartomány (V), frekvencia (Hz), áramerősség (A),
- zajszint (dB),
- nyomás (bar).

Figyelem! Azt, hogy pontosan melyek azok az adatok, amelyeket fel kell tüntetni az adott gépen, a releváns harmonizált szabványok tartalmazzák!

### 13. lépés - forgalomba hozatal

A gép forgalomba hozatala az EU piacon történő első forgalmazását, hozzáférhetővé tételét jelenti. A „forgalomba hozatal” megtörténik akkor, amikor a gyártó vagy az importőr első alkalommal bocsátja a gépet egy forgalmazó vagy egy végfelhasználó rendelkezésére.

Ez az a pillanat, amelytől kezdve a terméknek ki kell elégíteni a rá vonatkozó alapvető követelményeket, amelyet a piacfelügyeleti hatóságok ellenőrizhetnek is.

Minden későbbi – például a forgalmazótól forgalmazóig vagy a forgalmazótól a végfelhasználóig tartó – művelet forgalmazásnak minősül.

## 4. Gépek megfelelőségértékelése

---

A CE jelölésre kötelezett termékeken, így a gépeken is, azok tervezése és gyártása során el kell végezni a megfelelőségértékelést. A megfelelőség értékelése a gyártó felelőssége, még akkor is, ha a tervezést vagy a gyártást alvállalkozásba adja. (A megfelelőségértékelés nem azonos a piacfelügyeleti ellenőrzésekkel, amelyet piacfelügyeleti hatóságok végeznek a forgalomba hozatala után! A hatósági ellenőrzés során már a megfelelőségértékelési eljárás eredményeit, dokumentumait be kell tudni mutatni!)

A 768/2008/EK határozat tartalmazza általános jelleggel a megfelelőségértékelési modulok leírását, az azok során elvégzendő feladatokat. A Gépdirektíva alkotói ebből emelték át a gépek esetén alkalmazandó megfelelőségértékelési modulokat/eljárásokat.

Ezek elvégzése jellemzően a gyártó feladata, de egyes esetekben (ezek a nagyobb kockázatú termékek, berendezések) ún. bejelentett szervezet (Notified Body, vagy NoBo) bevonása is szükséges egyes feladatok ellátása érdekében. A Notified Body, mint harmadik fél, azaz külső megfelelőségértékelő szervezet, pártatlan és teljesen független kell, hogy legyen az általa értékelt szervezettől vagy terméktől, géptől, ami azt jelenti, hogy semmilyen módon nem lehet érintett a tervezésében, gyártásában vagy üzemeltetésében, forgalmazásában.

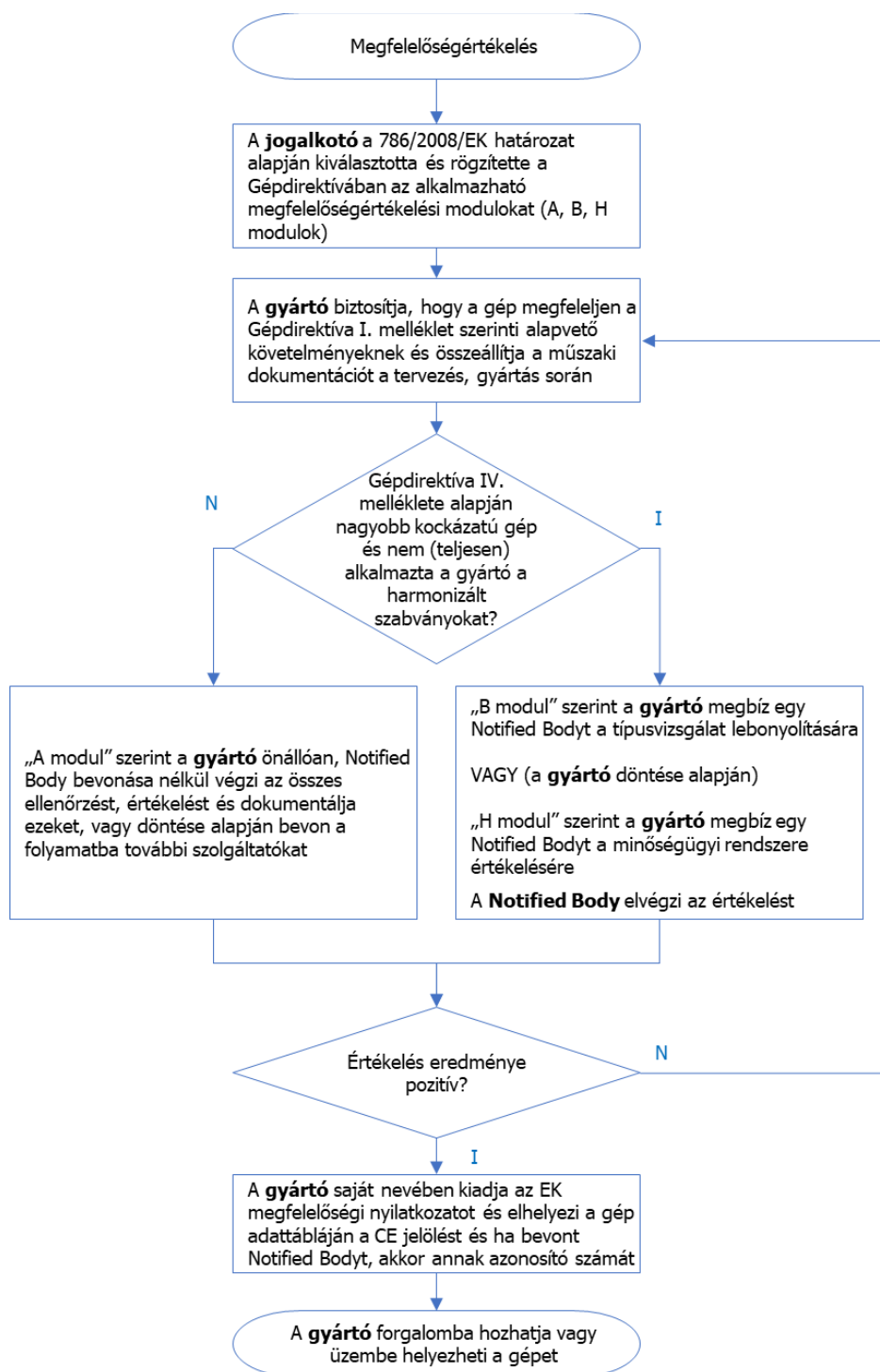
A bejelentett szervezetek érvényes listáját a hivatalos NANDO-lista tartalmazza:

<https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/nando/>

Fontos, hogy függetlenül attól, hogy konkrétan milyen módon történt a gép tervezése, gyártása vagy a vizsgálatai, ellenőrzései, mindig a gyártó felel azért, hogy az általa tervezett, gyártott (vagy terveztetett, gyártatott) gép megfeleljen a vonatkozó jogi követelményeknek. A gépen saját nevét vagy védjegyét feltüntető és így forgalomba hozó vagy üzembe helyező gazdasági szereplő az uniós jogszabályok alapján automatikusan gyártónak minősül. Ennélfogva teljes felelősséggel tartozik a gép (tervezésének és gyártásának) megfelelőségértékeléséért még akkor is, ha azt valójában más végzi el. Továbbá a birtokában kell lennie a gép megfelelőségének bizonyításához szükséges dokumentációnak és tanúsítványoknak, összefoglaló néven a megfelelőségértékelési dokumentációnak (de ezeknek nem kell feltétlenül az ő nevére szólnia).

A gyártó feladatait a meghatalmazott képviselője is teljesítheti, amennyiben az szerepel a megbízatásában.

A következő ábra összefoglalja a megfelelőségértékelési eljárást:



4.1. ábra – Megfelelőségértékelési folyamat

A fenti ábrán látható, hogy a gyártónak választania kell az alkalmazható megfelelőségi modulok közül. A kiválasztási szabály lényege, hogy ha a tárgyalt berendezés a nagy kockázatú berendezések körébe tartozik - amelyeket a Gépdirektíva IV. melléklete tartalmaz, - akkor szigorított eljárást kell alkalmazni, ami a következőket jelentheti a gyártó döntése alapján:

- „A modul” választása, ha a berendezésre van kidolgozott harmonizált szabvány és a gyártó azt teljes egészében alkalmazza,
- „B” vagy „H” modulok egyikének választása, ha nincs a berendezésre kidolgozott harmonizált szabvány, vagy a gyártó azt nem teljeskörűen alkalmazza.

Ha az adott berendezés nem szerepel a Gépdirektíva IV. melléklete szerinti listában, úgy az „A modul” szerinti eljárás alkalmazandó.

A következőkben röviden bemutatjuk, hogy az egyes alkalmazható megfelelőségértékelési modulok milyen feladatokat tartalmaznak, melyik szereplőnek mit kell tennie ezzel kapcsolatban [29]:

### „A modul”, azaz a Belső gyártásellenőrzés

A tervezésre és a gyártásra egyaránt kiterjed. A gyártó maga, vagy megbízása alapján a meghatalmazott képviselője biztosítja, hogy a berendezés feleljen meg a jogszabályi követelményeknek. Egyedül az „A modul” szerinti eljárás esetén nincs szükség bejelentett szervezet bevonására, minden feladatot önállóan láthat el a gyártó.

A többi esetben nélkülözhetetlen az ún. bejelentett szervezet (Notified Body) bevonása.

A gyártónak meg kell hoznia minden szükséges intézkedést annak biztosítása érdekében, hogy a termék gyártása folyamatosan a műszaki dokumentációjának és a vonatkozó követelményeknek megfelelően történjen.

Olyan belső irányítási rendszert kell kialakítani, ami biztosítja, hogy a CE jelölésre kötelezett termékei folyamatosan kielégítsék a rájuk vonatkozó előírásokat (és nem csak az esetleg bevizsgált példányok).

A gyártásellenőrzés a gyártó által végzett állandó belső gyártásfelügyeletet jelenti. A gyártó által alkalmazott valamennyi követelményt és előírást rögzíteni kell, rendszerezett szabályok és eljárások formájában. A gyártásellenőrzési dokumentációnak lehetővé kell tennie a minőség biztosítását, valamint annak

ellenőrizhetőségét, hogy a termék teljesíti-e az előírt termékjellemzőket, és hogy a gyártásellenőrzési rendszer hatékonyan működik-e?

A gyártónak a termékre vonatkozó műszaki dokumentációt kell kidolgoznia. A dokumentációnak lehetővé kell tennie annak értékelését, hogy a termék megfelel-e a vonatkozó követelményeknek? A műszaki dokumentáció meghatározza az alkalmazandó követelményeket, és ismerteti a termék műszaki adatait, tervét, gyártását és működését.

A műszaki dokumentációnak legalább az alábbiakat kell tartalmaznia:

- a gép azonosítását, általános leírását,
- az összetevők, részegységek, áramkörök stb. tervezési és gyártási rajzait, vázlatait,
- a rajzok és vázlatok megértéséhez szükséges magyarázatokat, beleértve a gép működésének ismertetését,
- a részben vagy egészben alkalmazott harmonizált szabványok és/vagy egyéb vonatkozó műszaki előírások jegyzékét,
- a vonatkozó harmonizált szabványoktól eltérő megoldásoknak az ismertetését, amelyeket a vonatkozó jogszabályok alapvető követelményeinek teljesítése érdekében alkalmaztak (részben alkalmazott harmonizált szabványok esetén feltüntetve, hogy mely részeket alkalmazták),
- az elvégzett tervezési számítások, vizsgálatok eredményeit, vizsgálati jegyzőkönyveket, igazolásokat,
- kockázatfelmérési dokumentációt,
- a gép felhasználói dokumentációját,
- az EK megfelelési nyilatkozatot.

Az alkalmazandó harmonizált szabványok tartalmazhatnak további részletesebb előírásokat is a műszaki dokumentáció tartalmára vonatkozóan!

A belső gyártásellenőrzési rendszer modelljének célszerű, de nem kötelező az ISO 9001-es minőségirányítási szabványt alkalmazni. Azon szervezetek, amelyek ISO 9001 szerinti minőségügyi rendszert működtetnek a CE jelölésre szánt gép tervezésére, gyártására vonatkozóan, kielégítik a belső gyártásellenőrzési követelményeket, ha a rendszeren belül figyelembe veszik az adott gép sajátosságait és a rá vonatkozó harmonizált szabványok követelményeit is.

## „B modul”, azaz a EK-típusvizsgálat

Ennek során a bejelentett szervezet megbizonyosodik arról, és tanúsítja azt, hogy a tervezett gyártást jól képviselő mintadarab, vagy maga az egyedi berendezés megfelel a rá vonatkozó irányelv rendelkezéseinek. (Más, újabb jogszabályok ezt a Gépdirektívában „EK-típusvizsgálat” néven leírt eljárást „EU típusvizsgálat” néven említik, de ez tartalmi különbséget nem jelent!)

Az EK-típusvizsgálat a megfelelőségértékelési eljárásnak az a része, amely révén a bejelentett szervezet (Notified Body) megvizsgálja a berendezés műszaki tervezését, valamint ellenőrzi és tanúsítja, hogy a termék műszaki tervezése megfelel az alapvető követelményeknek. Ennek módja a műszaki dokumentáció és szükség szerint a géptípus egy példányának, vagy egyedi gép esetén annak vizsgálata.

Az EK-típusvizsgálatra vonatkozó kérelmet csak egyetlen bejelentett szervezethez lehet benyújtani, de természetesen annak kiválasztása során ezen szervezetek megversenyeztetése engedélyezett.

A gyártó által szolgáltatott műszaki dokumentációnak lehetővé kell tennie annak értékelését, hogy a berendezés megfelel-e az alkalmazandó követelményeknek, és tartalmaznia kell a kockázat(ok) megfelelő elemzését és értékelését.

Amennyiben a típus megfelel az alkalmazandó követelményeinek, a bejelentett szervezet EK-típusvizsgálati tanúsítványt állít ki a gyártó számára. Ez a tanúsítvány tartalmazza a gyártó nevét és címét, a vizsgálat eredményeit, az alapvető követelmények vizsgálatnak alávetett szempontjait, érvényességének (esetleges) feltételeit és az értékelt típus azonosításához szükséges adatokat.

Amennyiben a típus nem felel meg az alkalmazandó követelményeknek, a bejelentett szervezet visszautasítja az EK-típusvizsgálati tanúsítvány kiállítását, és a visszautasítás részletes indoklása mellett tájékoztatja erről a kérelmezőt.

A gyártó folyamatosan felel azért, hogy a gép megfeleljen a műszaki ismeretek adott fejlettségi fokának. Kötelessége értesíteni a bejelentett szervezetet a jóváhagyott típus minden olyan módosításáról, amely befolyásolhatja követelmények teljesítésének módját vagy a tanúsítvány érvényességének feltételeit, továbbá ötévente kérnie kell a bejelentett szervezettől az EK-típusvizsgálati tanúsítvány felülvizsgálatát. A bejelentett szervezet a követelmények és egyéb műszaki információk változásainak mérlegelése alapján dönthet a tanúsítvány megújításáról további öt évre.

A bejelentett szervezet az EK-típusvizsgálati tanúsítvány, a műszaki dokumentáció és valamennyi vonatkozó dokumentum másolatát a tanúsítvány kiadásának dátumától

számított 15 éven keresztül megőrzi. A gyártó a forgalomba hozatalt követően szintén 15 éven keresztül elérhetővé teszi a hatóságok számára az EK típusvizsgálati tanúsítvány, a tanúsítvány mellékleteinek és kiegészítéseinek egy példányát, valamint a műszaki dokumentációt, aminek tartalmaznia kell az általa kiadott megfelelőségi nyilatkozatot is.

A gyártónak sorozatgyártás esetén biztosítani kell, hogy a kibocsátott berendezések megfeleljenek az EK-típusvizsgálati tanúsítványban leírt típusnak, és eleget tegyenek a vonatkozó követelményeknek. Ez lényegében a fent leírt „A modul” szerinti feladatokat jelenti, fókuszálva a típusazonosság fenntartására. Ez alapján a gyártó minden olyan berendezésen el kell, hogy helyezze a CE jelölést, amely megfelel az EK-típusvizsgálati tanúsítványban leírt típusnak, és eleget tesz a rá vonatkozó követelményeknek.

### „H modul”, azaz a Minőségirányítási rendszer ellenőrzése

A gyártó köteles jóváhagyott (tanúsított) minőségügyi rendszert működtetni a gyártás, a végső termékellenőrzés és a tesztelés területén. Ennek a minőségügyi rendszernek egy modellje az ISO 9001-es minőségirányítási szabványban leírt rendszer.

A teljes minőségbiztosítással a gyártó eleget tesz a gyártással és a CE jelöléssel kapcsolatos kötelezettségeinek, továbbá biztosítja és saját kizárólagos felelőssége mellett nyilatkozik arról, hogy a szóban forgó berendezés megfelel a vonatkozó követelményeknek.

A gyártó minőségbiztosítási rendszert működtet a berendezés tervezése, gyártása, végső termékellenőrzése és vizsgálata céljából, a gyártót pedig egy általa kiválasztott és megbízott bejelentett szervezet felügyeli.

A gyártó által alkalmazott összes minőségbiztosítási elemet, követelményt és rendelkezést rendszeres és rendezett módon dokumentálni kell írásban rögzített elvek, eljárások és utasítások formájában. A minőségbiztosítási rendszer dokumentációjának lehetővé kell tennie a minőségbiztosítási programok, tervek, kézikönyvek és nyilvántartások átláthatóságát, értelmezhetőségét.

Ennek a minőségügyi dokumentációnak legalább a következők leírását kell tartalmaznia az ISO 9001-es rendszerek szokásos dokumentációi mellett:

- a berendezésre vonatkozó műszaki előírásokat, alkalmazandó harmonizált szabványokat, és ha ezeket nem teljes egészükben alkalmazzák, akkor a vonatkozó alapvető követelményeknek teljesítésére használt egyéb megközelítéseket, módszereket,

- a tervezési folyamat és az elkészült tervek ellenőrzési módszereit és feljegyzéseit,
- a gyártási eljárás minőségellenőrzési és minőségbiztosítási módszereit és feljegyzéseit, kimondottan a gyártás előtt, közben és után elvégzendő vizsgálatok és ellenőrzések módszereit, gyakoriságát és feljegyzéseit (beleértve szükség szerint az alkalmazott mérőeszközök kalibrációs feljegyzéseit vagy az érintett személyzet képzettségét, képezéseit).

A bejelentett szervezet feladata értékelni a gyártó minőségbiztosítási rendszerét annak megállapítása érdekében, hogy megfelel-e az előbb említett követelményeknek. Az ellenőrzést végző csoport felülvizsgálja a minőségügyi rendszer dokumentációját, a tárgyalt géptípus műszaki dokumentációját, valamint helyszíni audit keretében a gyártóhelyen található feltételeket, gyakorlatot, kiemelten a vizsgálatokkal kapcsolatos feltételek fennállását, eszközök rendelkezésre állását.

A gyártó feladata, hogy folyamatosan teljesítse a jóváhagyott minőségbiztosítási rendszerből fakadó kötelezettségeket, és gondoskodjon a rendszer megfelelő és hatékony működéséről.

A gyártónak tájékoztatnia kell a bejelentett szervezetet a minőségbiztosítási rendszer bármilyen tervezett módosításáról. A bejelentett szervezet döntése alapján egyes módosítások újabb, soron kívüli értékelést tehetnek szükségessé.

A bejelentett szervezet időszakosan (jellemzően évente egy alkalommal) felügyeli a gyártó minőségbiztosítási rendszerét, amihez a gyártó lehetővé kell, hogy tegye a bejelentett szervezet belépését a gyártóhelyre és az ellenőrzések, vizsgálatok és raktározás helyszíneire is. A tervezett időszakos auditok mellett a bejelentett szervezet váratlan látogatást is tehet a gyártónál, amelynek során akár a tárgyalt géptípus vizsgálatait is elvégezheti vagy elvégeztetheti.

A gyártó ezek alapján minden olyan berendezésen elhelyezi a CE jelölést és a bejelentett szervezet azonosító számát, amely eleget tesz a meghatározott alkalmazandó követelményeknek.

A gyártó a berendezés forgalomba hozatalának időpontjától számított tíz éven keresztül köteles a hatóságok részére megőrizni a géptípus műszaki dokumentációja mellett a minőségbiztosítási rendszerre vonatkozó dokumentáció és a bejelentett szervezettől kapott határozatokat és jelentéseket.

## 5. Gépbiztonsági alapszabványok

---

Alapelv, hogy az egyes termékekre, így a gépekre vonatkozó jogszabályok nem tartalmaznak részletes műszaki előírásokat, csak az alapvető követelményeket.

A gépek biztonságával kapcsolatos aktuális műszaki elveket, szabályokat a Gépdirektívához (MD – 2006/42/EK) harmonizált szabványok tartalmazzák. Ezek szerepe egyszerű, az ezeknek megfelelően előállított gépek esetében feltételezhető a Gépdirektíva és egyes esetekben a Kisfeszültségű direktíva (LVD – 2014/35/EU) vonatkozó alapvető követelményeinek való megfelelés, és egyes esetekben a gyártónak lehetősége nyílik az egyszerűsített megfelelőségértékelési eljárás lefolytatására az „A modul” szerinti eljárás alkalmazásával a „B” vagy „H modul” helyett.

A gép műszaki dokumentációjában szerepelnie kell a részben vagy egészben alkalmazott harmonizált szabványok vagy egyéb vonatkozó műszaki előírások jegyzékének. A részben alkalmazott harmonizált szabványok esetén egyértelműen fel kell tüntetni, hogy mely részeket alkalmazták.

Ugyan a szabványok alkalmazása önkéntes, tehát a gépgyártók dönthetnek úgy, hogy nem alkalmazzák a harmonizált szabványokat, de ebben az esetben is az azokban található követelményekkel legalább egyenértékű megoldást kell kialakítaniuk, és a „legalább egyenértékűséget” a műszaki dokumentációban be is kell bizonyítaniuk! Ez azt jelenti, hogy a műszaki dokumentációban részletesen ki kell fejtenie, hogy az általa használt műszaki előírások, vagy saját megoldások hogyan biztosítják az alapvető követelményeknek való megfelelést.

Az európai harmonizált szabványok gyakran nemzetközi ISO- vagy IEC- szabványokon alapulnak. Fontos, hogy egyes esetekben csak az európai változat alkalmazása biztosítja a megfelelőséget, az abban bevezetett módosítások miatt!

### Szabványok csoportosítása

A gépekre vonatkozó harmonizált szabványok három típusba sorolhatóak. Ezek bevezető szövege tartalmazza, hogy melyik típusba tartozik az adott szabvány.

A gépdirektívához harmonizált szabványok csoportjait a következő táblázat foglalja össze.

### 5.1. táblázat: Szabványok csoportosítása [4]

„A” típusú szabványok:	ezek a biztonsági alapszabványok, amelyek azokat az alapfogalmakat, kialakítási elveket és általános szempontokat tartalmazzák, amelyeket minden gépre alkalmazni kell
„B” típusú szabványok:	ezek az általános biztonsági szabványok, amelyek egy biztonsági szempontot vagy egy olyan típusú biztonsági berendezést tárgyalnak, amelyek a gépek egy nagyobb csoportjához felhasználhatók
„B1” típusú szabványok	mindig valamilyen meghatározott biztonsági szempontra vonatkoznak (pl. biztonsági távolságok, zaj)
„B2” típusú szabványok	a biztonsági berendezésekre vonatkoznak (pl. kétkézes kapcsolók, védőburkolatok)
„C” típusú szabványok:	ezek a gépek biztonsági szabványai, amelyek részletes követelményeket tartalmaznak egy meghatározott gépre vagy a gépek egy meghatározott csoportjára vonatkozóan

#### Mi az alkalmazási sorrend?

Amennyiben létezik az adott gép vonatkozásában „C” típusú szabvány, a gyártónak „könnyű” dolga van, hiszen nem kell tovább keresgélnie, ez a szabvány tartalmazni fogja az összes teljesítendő követelményt (persze általában ezek a szabványok is tartalmazzák hivatkozást egyéb szabványokra...)

Figyelem! Ha egy „C” típusú szabvány eltér egy „A” vagy „B” típusú szabványban található előírástól, akkor a „C” típusú szabvány előírásait kell figyelembe venni!

## **5.1. ISO 12100 szabvány. A kialakítás általános elvei, kockázatértékelés és kockázatcsökkentés**

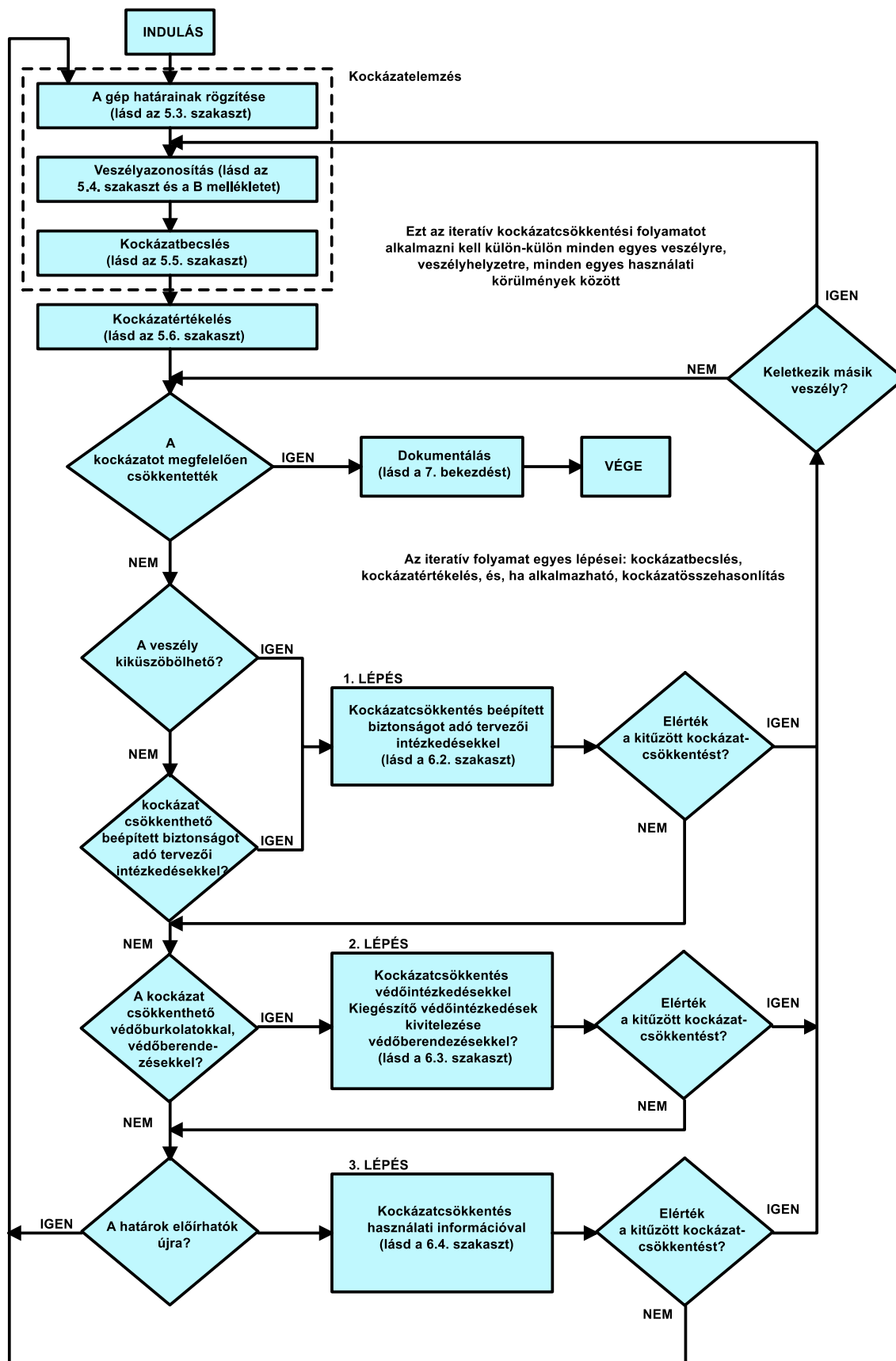
---

A gépek biztonságának alapvető szabványa az EN ISO 12100, ami egy „A típusú” szabvány. Ez részben módszertani leírást ad a kockázatfelmérési eljárásra és a figyelembe veendő veszélyekre vonatkozóan, másrészt elvi követelményeket ad a kockázatok csökkentéséhez, részben a tervezői megfontolások, részben a műszaki védőintézkedések és az információs feladatok tekintetében.

(Nem elhanyagolható, hogy komoly szakkifejezés gyűjteményt is tartalmaz magyar, angol, francia és német nyelven, így jelentősen megkönnyíti az egyéb, akár idegen nyelvű szabványok értelmezését és az érdekelt felek közti kommunikációt.)

Az ISO 12100 szerint általánosságban elmondható, hogy a gép biztonságosnak tekinthető, ha a rendeltetésszerű használatának megfelelően szállítható, telepíthető, beállítható, karbantartható, szétszerelhető és ártalmatlanítható anélkül, hogy sérülést vagy egészségkárosodást okozna.

A biztonság elérését egy iteratív háromlépéses módszer logikája alapján írja le, amelynek lényege, hogy a feltárt kockázatokat első lépésben a megfelelő tervezési elvek alkalmazásával kell csökkenteni, lehetőleg az azonosított veszélyek kizárásával. Következő lépésként a megmaradt kockázatokra műszaki védőintézkedéseket kell hozni védőberendezések, biztonsági funkciók megfelelő kiválasztásával, kialakításával és alkalmazásával, majd az ezt követően is fennmaradó kockázatokról információt kell szolgáltatni a felhasználó részére. Ezt a megközelítést mutatja a következő ábra:



5.1 ábra: A biztonságos gépkialakítás folyamata, iteratív háromlépéses módszert magában foglaló kockázatcsökkentési folyamat [4]

A kockázatelemzés, mint komplex folyamat, magában foglalja a kockázatelemzést, beleértve a gép határainak rögzítést, a veszélyazonosítást, a kockázatbecslést és a kockázatértékelést.

A kockázatelemzés alapján van mód a feltárt kockázatok értékelésére, ami pedig megmutatja, hogy megvalósult-e a szükséges kockázatcsökkentés.

A kockázatelemzéssel kapcsolatos további részleteket a 3. fejezetben korábban bemutatott 5. lépés tartalmazott.

A kockázatcsökkentés tervezői szempontjai, vagy ahogy a szabványban is szerepel, a beépített biztonságot adó tervezői intézkedések, mint helyes tervezői gyakorlatokat, bemutatja azokat a főbb szempontokat, amelyek figyelembevételével lehetséges már eleve biztonságos, vagy legalább is kevésbé kockázatos gépeket tervezni. Ezek például a következők:

- a geometriai tényezők és a fizikai szempontok mérlegelése,
- a géptervezés általános műszaki ismereteinek figyelembevétele,
- a megfelelő technológia kiválasztása,
- a mechanikus kényszerkapcsolat elvének alkalmazása,
- stabilitási intézkedések,
- karbantarthatósági intézkedések,
- az ergonómiai elvek,
- villamos veszélyek,
- pneumatikai és hidraulikai veszélyek,
- vezérlőrendszerekre, biztonsági funkciókra, ezek megbízhatóságára vonatkozó elvek.

Természetesen, általában az igényelt gépi funkciók és a tudomány és technika mai állása se teszi lehetővé, hogy további védőberendezések nélkül elegendően biztonságosak legyenek a gépek. Ezért szükséges már a tervezési fázisban meghatározni, hogy az egyes kockázatok milyen biztonsági eszközök alkalmazásával és hogyan lehet csökkenteni. Ilyen védőberendezések például a védőburkolatok, reteszek, végállás kapcsolók, fényfüggönyök vagy egyéb érzékelő berendezések.

Általában igaz, hogy a leggondosabb tervezés és a legjobban kiválasztott és megfelelően alkalmazott védőberendezések ellenére is számolni kell a fennmaradó kockázatokkal, amelyekről megfelelő tájékoztatást kell adni a felhasználók számára.

Az adott kockázattól, az információ rendelkezésre állásának időpontjától és az alkalmazott technológiáktól, felhasználási körülményektől függően kell meghatározni, hogy az egyes információkat milyen módon, hogyan kell megadni. Jellemzően ez történhet

- a gépen,
- a kísérő dokumentumokban, használati utasításban,
- a csomagoláson,
- gépen kívüli jelek és figyelmeztetések formájában, vagy
- ezek kombinációiként.

Az EN ISO 12100-as szabvány, mint jelenleg az egyetlen „A típusú” szabvány sajátossága, hogy az egyes témakörökre inkább csak elvi jellegű megközelítést ad, de konkrét műszaki információkat csak kisebb részben. Az egyes témakörökre a gyártónak kell a releváns további „B”, vagy „C típusú” szabványokból konkretizálni a követelményeket. A következő fejezeteket jellemzően az általánosan alkalmazandó „B típusú” szabványokat is figyelembe véve állítottuk össze.

## 5.2. ISO 13849-1 Vezérlőrendszerek biztonsággal összefüggő részei, a tervezés általános alapelvei

---

A fejezetben a kockázatcsökkentési lehetőségek közül azzal foglalkozunk, amelyeket valamilyen vezérléssel összefüggő megoldással valósítunk meg. A gépek esetében ez nagyon gyakori megoldás, gondoljunk például a fényfüggönyökre vagy a nyitható védőajtókra, amelyek aktiválásakor valamilyen meghatározott biztonsági funkciónak kell történnie. A vezérlőrendszerek biztonságával az ISO 13849-x szabványcsalád és az IEC 62061 szabvány foglalkozik. Ebben a fejezetben az ISO 13849-x szabványcsaláddal foglalkozunk részletesebben, mert az IEC 62061 csak az elektromos vezérlésekre korlátozódik, míg az ISO 13849-x szabványcsalád tárgyalja a pneumatikus, hidraulikus, mechanikus és elektromos technológiákat alkalmazó vezérléseket is.

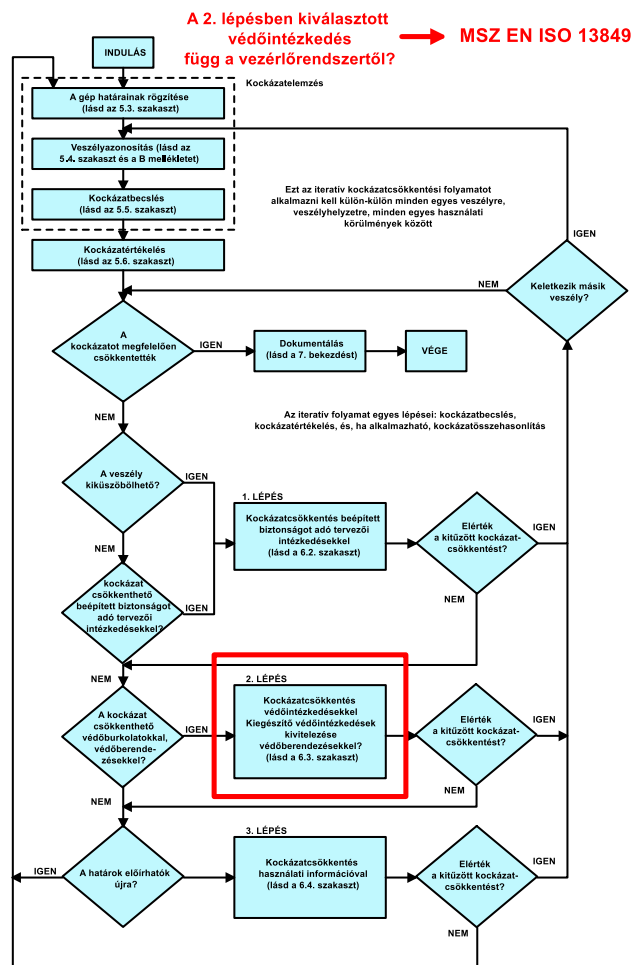
### 5.2.1. Alapfogalmak, alkalmazási terület ISO 13849-1

---

A gépre vonatkozó kockázatcsökkentési stratégiát az ISO 12100:2010 6.1. szakasza adja meg, további útmutatás az ISO 12100:2010 6.2. (beépített tervezői intézkedések) és 6.3. (műszaki védelem és kiegészítő védőintézkedések) szakaszaiban van megadva. Ez a stratégia lefedi a gép teljes életciklusát. A gépre vonatkozó veszélyelemzési és kockázatcsökkentési folyamat megköveteli, hogy a veszélyeket az intézkedések rangsora révén kiküszöböljék, vagy csökkentsék:

- veszélykiküszöbölés vagy kockázatcsökkentés a tervező által (lásd az EN ISO 12100:2010 6.2. szakaszát);
- kockázatcsökkentés műszaki védelemmel és a lehetséges kiegészítő védőintézkedésekkel (lásd az EN ISO 12100:2010 6.3. szakaszát);
- kockázatcsökkentés a fennmaradó kockázattal kapcsolatos használati információ megadásával (lásd az EN ISO 12100:2010 6.4. szakaszát).

Kockázatcsökkentés a vezérlőrendszerrel. A következőkben az a cél, hogy a gépre vonatkozó általános tervezési eljárás során hajtsuk végre a biztonsági feladatokat, hogy biztosítsuk a megkövetelt kockázatcsökkentést, a vezérlőrendszer biztonsággal összefüggő részének segítségével. Az SRP/CS (*SRP/CS - safety-related part of a control system*) tervezése a gépre vonatkozó általános tervezési eljárás integrált része. Az SRP/CS a biztonsági funkció(ka)t azon a teljesítményszinten (*PL - performance level*) biztosítja, amely eléri a megkövetelt kockázatcsökkentést. Ez egy iteratív folyamat, melyet az 5.2 ábra szemléltet.

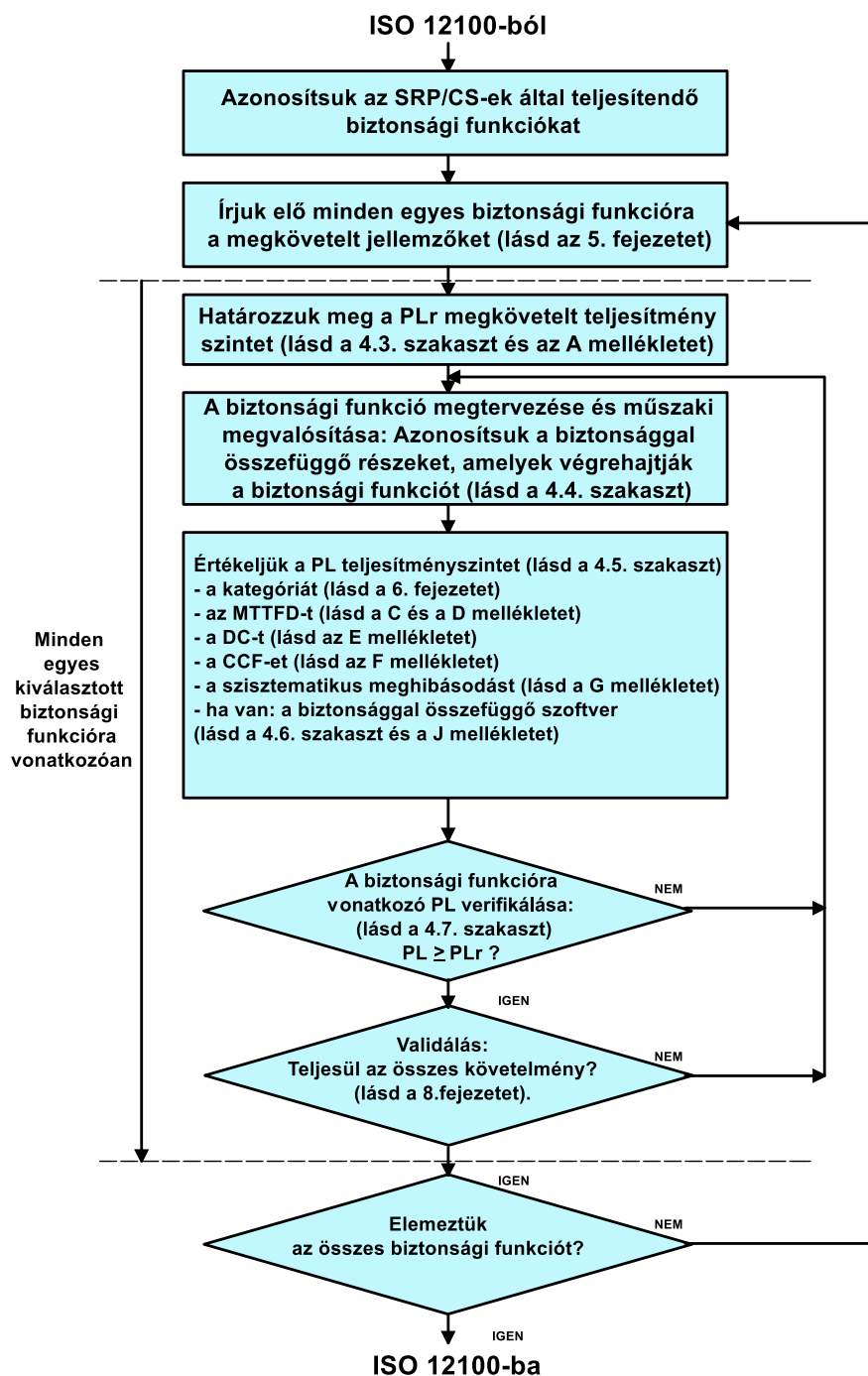


5.2. ábra: A kockázatfelmérés/kockázatsökkentés áttekintése, az ISO 13849-1-es szabvány alkalmazása [4]

A vezérlések biztonsági elemeit – pl. az érzékelőket, a logikai egységeket, a teljesítményvezérlő elemeket, valamint a hajtó és munkavégző elemeket a biztonsági funkcióknak (*SF – Safety Function*) és a szükséges biztonsági szintnek megfelelően kell kiválasztani. Ez a kiválasztás rendszerint a biztonsági koncepció formájában történik. Egy adott biztonsági funkció egy vagy több biztonsági komponens felhasználásával is megvalósítható. Több biztonsági funkció is osztozhat egyazon vagy több komponensen. A vezérléseket úgy kell kialakítani, hogy a veszélyes helyzetek elkerülhetők legyenek. A gép elindítása csak egy erre tervezett vezérlő készülék szándékos működtetésével lehet lehetséges. [1]

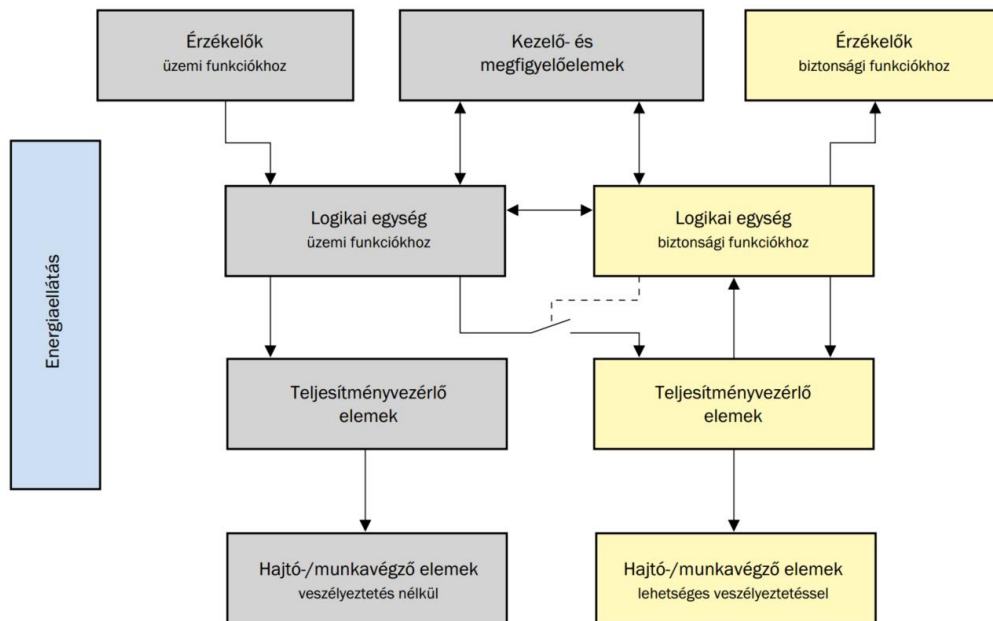
**Alkalmazási terület:** „Az ISO 13849 szabványsorozat e része biztonsági követelményeket és útmutatást ad a vezérlőrendszerek biztonságával összefüggő szerkezeti részek (SRP/CS) kialakítására és beépítésre vonatkozó alapelvekhez, beleértve a szoftverek kialakítását. Az SRP/CS e részeire vonatkozóan előírja azokat a jellemzőket, amelyek magukban foglalják a biztonsági funkciók végrehajtására vonatkozó megkövetelt teljesítményszintet. Ezt a szabványt az SRP/CS-ekre

alkalmazzák, tekintet nélkül a technológia és a használt energia (villamos, hidraulikus, pneumatikus, mechanikus stb.) típusára, a gépek minden fajtája esetén. ...” [2]



5.3. ábra: Iteratív folyamat a vezérlőrendszerek biztonsággal összefüggő részeinek (az SRP/CS-eknek) a tervezéséhez [2]

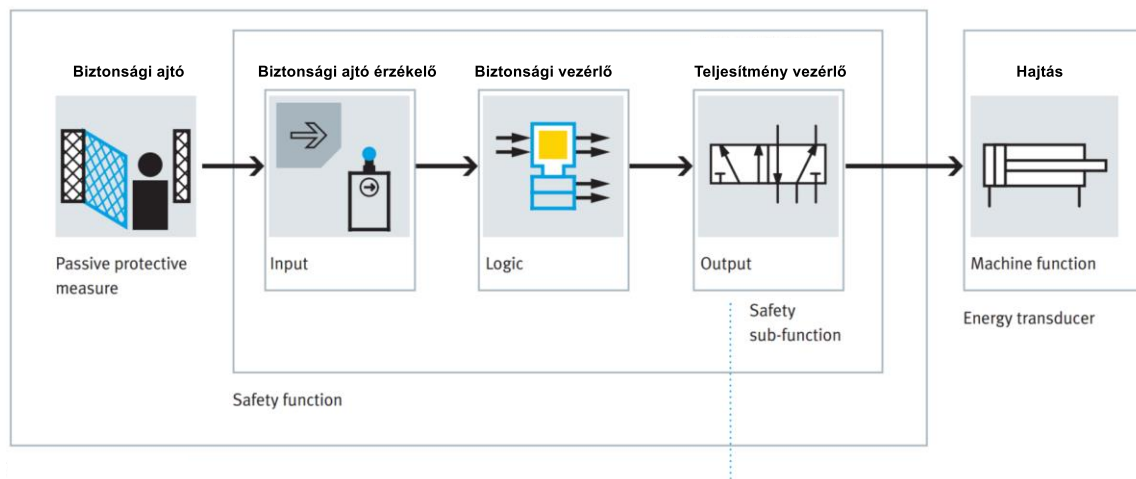
A gépvezérlés biztonságot szolgáló részének részrendszerei (SRP/CS). A vezérlőrendszer olyan része, amely hatással van a biztonsággal összefüggő bemeneti jelekre, és biztonsággal összefüggő kimeneti jeleket állít elő.



5.4. ábra: SRP/CS: vezérlőrendszer biztonságával összefüggő szerkezeti rész [1]

### 5.2.2. Biztonsági funkciók

Ahol a biztonsági intézkedés hatékonysága a vezérlés helyes működésétől függ, ott funkcionális biztonságról beszélünk. A funkcionális biztonság megvalósításához meg kell határozni a biztonsági funkciókat és a szükséges biztonsági szintet, majd azokat a megfelelő komponensek kiválasztásával kell megvalósítani és ellenőrizni.



5.5. ábra: Általános biztonsági funkció [3]

A biztonsági funkció: (*safety function*) ISO 12100 szerint: A gép olyan funkciója, amelynek meghibásodása a kockázat(ok) közvetlen növekedését eredményezheti. [4]

Ez a megfogalmazás önmagában nehezen értelmezhető, ezért a biztonsági funkció fogalmát az 5.5. ábrán látható példával magyarázzuk el. Az 5.5. ábrán látható egy pneumatikus hajtás, amely potenciálisan veszélyes. Ezt a géptervezéskor kockázatelemzés során beazonosítottuk, magas kockázatú, intézkedést igényel. 1. lépésben tervezői beépített biztonsággal nem értük el a kellő kockázatcsökkentést ezért a 2. lépés: kockázatcsökkentés védőintézkedéssel valósul meg.

A géptervezés során meghatároztuk, hogy a veszélyes géprész megközelítése esetén a legkisebb kockázatot az jelenti, ha megállítjuk a pneumatikus hajtómű veszélyes mozgását. A védőintézkedés egyértelműen vezérléstechnikai megoldással valósítható meg (SRP/CS). Ennek megvalósítására szükségünk van egy teljesítmény vezérlő elemre, amely jelen példában egy pneumatikus útváltó szelep, és egy érzékelőre, amely detektálja a veszélyes géprész megközelítését, továbbá jelt küld a biztonsági vezérlőnek. A biztonsági vezérlő irányítja a teljesítmény vezérlő pneumatikus szelepet. A biztonsági ajtó kinyitását az érzékelő detektálja (INPUT), a biztonsági vezérlő a leprogramozott logika alapján (LOGIKA), vezérli a teljesítmény vezérlő szelepet (OUTPUT), amely megállítja a potenciálisan veszélyes mozgást.

**5.1. táblázat**  
**Biztonsági funkciók [4]**

Biztonsági funkció/jellemző	Követelmény(ek)		További információra vonatkozóan, lásd:
	ISO 13849	ISO 12100:2010	
Biztonsági berendezéssel kezdeményezett, biztonsággal összefüggő leállítás funkció	5.2.1.	3.28.8.,	IEC 60204-1:2005, 9.2.2.,
		6.2.11.3.	9.2.5.3., 9.2.5.5. ISO 14119
			ISO 13855
Kézi visszaállítás funkció	5.2.2.	–	IEC 60204-1:2005, 9.2.5.3., 9.2.5.4.
Indítás/újraindítás funkció	5.2.3.	6.2.11.3.,	IEC 60204-1:2005, 9.2.1., 9.2.5.1., 9.2.5.2., 9.2.6.
		6.2.11.4.	
Helyi vezérlés funkció	5.2.4.	6.2.11.8., 6.2.11.10.	IEC 60204-1:2005, 10.1.5.
Bénítás/Muting funkció	5.2.5.	–	IEC/TS 62046:2008, 5.5.
Önműködő visszakapcsolás funkció		6.2.11.8. b)	IEC 60204-1:2005, 9.2.6.1.
Összehangoló berendezés funkció		–	IEC 60204-1:2005, 9.2.6.3.,
			10.9.

A táblázat folytatódik

Az 5.1. táblázat folytatása

Biztonsági funkció/jellemző	Követelmény(ek)		További információra vonatkozóan, lásd:
	ISO 13849	ISO 12100:2010	
Váratlan indulás/indítás megelőzése	–	6.2.11.4.	ISO 14118
			IEC 60204-1:2005, 5.4.
Beszorult személyek kiszabadítása és mentése		6.3.5.3.	
Leválasztás és energialevezetés funkció	–	6.3.5.4.	ISO 14118
			IEC 60204-1:2005, 5.3., 6.3.1.
Vezérlési mód és módváltás	–	6.2.11.8.,	IEC 60204-1:2005, 9.2.3.,
		6.2.11.10.	9.2.4.
Vezérlőrendszerek biztonsággal összefüggő különféle részei közötti kölcsönhatás	–	6.2.11.1. (utolsó mondat)	IEC 60204-1:2005, 9.3.4.
Biztonsággal összefüggő bemeneti értékek paraméterezésének ellenőrzése/monitorozása	4.6.4.	–	–
Vészleállítás funkció	–	6.3.5.2.	ISO/IEC 13850 IEC 60204-1:2005, 9.2.5.4.

A következőkben a teljesség igénye nélkül, felsoroljuk a leggyakoribb biztonsági funkciókat.

### A biztonsággal összefüggő, biztonsági berendezéssel kezdeményezett leállítás

A biztonsági funkciónak a működtetés után késedelem nélkül biztonságos állapotba kell juttatnia a gépet. Egy ilyen leállításnak legyen elsőbbsége az üzemi okok miatti leállításhoz képest. A biztonsági berendezés lehet valamilyen veszélyes terület megközelítését detektáló érzékelő, például fényfüggöny vagy terület szkennel. Amikor gépek egy csoportja koordinált módon működik együtt, akkor gondoskodni kell arról, hogy a fölérendelt vezérlés és/vagy a többi gép felé jelezzék, hogy egy ilyen leállítási helyzet áll fenn. [1]

### Vészleállítás funkció

A vészhelyzetben történő leállítás (vészeállítás) kiegészítő óvintézkedés, és nem elsődleges kockázatsökkentő eszköz. A gép kockázatelemzésétől függően meg kell határozni az ehhez a funkcióhoz szükséges biztonsági szintet. Különösen a környezeti hatásokat (pl. rezgések, működtetési mód stb.) kell figyelembe venni. A vészleállítással az ISO 13850 szabvány foglalkozik. [1]

## Leállítási kategóriák

A gépek biztonsági és működéstechnikai követelményei alapján különböző kategóriájú leállítási funkciókat különböztetünk meg. A leállítási kategóriák nem tévesztendők össze az ISO 13849-1 szerinti kategóriákkal.

Az EN 60204-1 szerint a következő leállítási kategóriákat különböztethetünk meg:

- 0. leállítási kategória: Hajtóelemek energiaellátásának leválasztása (nem vezérelt leállítás),
- 1. leállítási kategória: A gép biztonságos állapotba helyezése, majd a hajtóelemek energiaellátásának leválasztása,
- 2. leállítási kategória: A gép biztonságos állapotba helyezése, de a hajtóelemek energiaellátása nem kerül leválasztásra.

## Némítás/muting funkció

A muting funkció egy másik biztonsági funkció némítását jelenti. A bémítás/muting nem eredményezheti egyetlen személy veszélyhelyzetnek való kitettségét sem. A bémítás/muting alatt más eszközökkel kell biztosítani a biztonságos állapotot. A bémítás/muting végén helyre kell állítani az SRP/CS-ek összes biztonsági funkcióját. A biztonsággal összefüggő, a bémítás/muting funkciót végrehajtó részek teljesítményszintjét úgy kell kiválasztani, hogy a bémítás/muting funkció beépítése ne csökkentse a vonatkozó biztonsági funkció megkövetelt biztonságát. Alkalmazása: anyagáthaladás lehetővé tétele. Ahhoz, hogy anyagokat lehessen beszállítani a veszélyzónába, ill. onnan kiszállítani, a bevezetett anyagok speciális jellemzői használhatók anyagfelismerésre vagy az anyag és az ember automatikus megkülönböztetésére. Anyagszállításkor a védőberendezés nem lép működésbe, de az embert felismeri. Az anyag felismerése megfelelő érzékelők kiválasztásával és elhelyezésével történik, a biztonsági funkció az anyag áthaladása közben időben korlátozott módon szünetel (némítás). [1]



5.6. ábra: Fényfüggöny némítása 2 szenzorral [1]

## Vezérlési mód módválasztás

A berendezések általában több üzemmódban működhetnek. Ilyenek például a normál üzem, szerviz vagy beállítási üzem. Az alkalmazott üzemmódtól függően más-más veszélyek keletkeznek eltérő kockázattal. A különböző üzemmódokban bizonyos biztonsági berendezések kiiktatásra kerülnek, más biztonsági berendezések aktívvá válnak. Az egyes üzemmódokban aktív biztonsági berendezéseket és az általuk kiváltott biztonsági funkciót a biztonsági berendezések – biztonsági funkciók hatásmátrix tartalmazza. Egy gép különböző állapotokba kerülhet, vagy különböző üzemmódokban működhet. Ehhez különböző biztonsági intézkedéseket kell aktiválni, illetve különböző biztonsági funkciókat kell egymással összekapcsolni. Gondoskodni kell arról, hogy mindig biztosított legyen a szükséges biztonsági szint. Az üzemmódok váltása vagy a különböző biztonsági intézkedések kiválasztása és módosítása nem válthat ki veszélyes állapotot. A vezérlési mód választás biztonsági funkcióra szükség lehet például a beállító és normál üzemmód közötti váltáskor. Az újraindításhoz kézi indítási parancs szükséges. [1]

## Biztonsági funkció kézi és időben korlátozott felfüggesztése / Eszköz funkciójának engedélyezése

Ha beállításhoz vagy folyamat megfigyeléséhez a gépet a védőberendezés szünetelő védőhatása mellett kell üzemeltetni, akkor az csak a következő feltételek teljesülése esetén lehetséges:

- üzemmód választó kapcsoló a megfelelő állásba váltva,
- letiltott automatikus vezérléssel, nincs gépmozgás az érzékelőkre gyakorolt közvetlen vagy közvetett hatás miatt,
- több mozgási parancs nem engedélyezett,
- a veszélyes gépfunkciók csak a vezérlő berendezés folyamatos működtetése mellett lehetségesek (pl. engedélyező kapcsoló),
- a veszélyes gépfunkciók csak csökkentett kockázat (pl. csökkentett sebesség, mozgatási út, működési idő) mellett lehetségesek.



5.7. ábra: Kézi engedélyezés 3 állású "HOLD-TO-RUN" kapcsolóval [1]

### Intézkedések beszorult, bennrekedt személyek kiszabadítására és mentésére

A beszorult, bennrekedt személyek kiszabadítására és mentésére szolgáló intézkedések lehetnek, többek között [1]

- menekülési utak és búvóhelyek azokon a helyeken, amelyeken a kezelő bennrekedése veszélyes lehet,
- intézkedések, hogy a vészkiparcsolás után egyes elemek kézzel mozgathatók legyenek,
- intézkedések egyes elemek mozgásának ellenkező irányba való kapcsolására,
- rögzítési pontok a leeresztő berendezésekhez,
- hírközlési eszközök a beszorult, bennrekedt személyek részére, hogy segítséget hívjanak.

Példa: Gumiipari kalander berendezéseknél a reteszelő védőburkolat kinyitása vagy a kioldó eszköz önkéntes vagy akaratlan működtetése, vagy a vészleállító eszköz működtetése miatt a kalander görgők leállítása után lehetővé kell tenni a tekercsek hátramenetét egy erre kijelölt „Hold-to-run” működtetésével. - az EN ISO 12100: 2010 3.28.3 szabvány szerinti folyamatos működtetésű (Hold-to-run) eszköz vagy egy kézi működtetésű eszköz (pl. kézikerék) a tekercsek között, vagy a tekercs és az anyag között rekedt személy szabadon engedése érdekében. [13]

### **Biztonságosan korlátozott sebesség**

*(SLS, Safely limited speed)* Engedélyezés esetén speciális üzemmódban például beállításkor, nyitott védőajtó mellett, biztonságosan csökkentett sebesség felügyelete. A sebesség túllépésekor biztonságos leállítási funkciók aktiválódnak.

### **Biztonságosan felügyelt pozíció**

*(SLP, Safely limited position)* A biztonságos mozgatás mellett a biztonságos abszolút helyzet tartományának felügyelete. A határértékek megsértése esetén a hajtást valamelyik leállítási funkció állítja le.

A monitoring funkciókra például robotrendszereknél van szükség. A robot beállítása vagy betanítása közben a robot sebességét vagy pozícióját biztonságos szinten korlátozzuk, ezzel csökkentve a kockázatát a komolyabb sérüléseknek. A korszerű robotvezérlők jellemzően rendelkeznek ezekkel a monitoring funkciókkal.

A biztonsági funkciók specifikálásánál a következő leggyakoribb kérdésekre kell válaszolni:

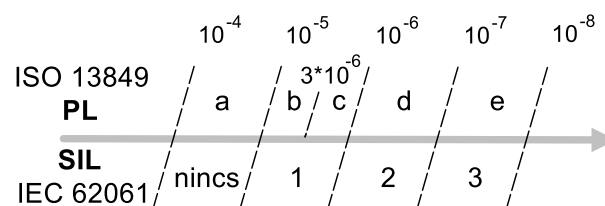
- 1.) A biztonsági funkció száma/azonosítója.
- 2.) Biztonsági funkciót kiváltó esemény (Trigger).
- 3.) A biztonsági funkció leírása.
- 4.) Szükséges PL<sub>r</sub> vagy SIL szint.
- 5.) A szükséges leállítási kategória.
- 6.) Válaszidő (pl. leállási teljesítőképesség).
- 7.) A biztonsági funkció vezérlési tartománya (a funkció működése).
- 8.) Melyik üzemmódban aktív a biztonsági funkció?
- 9.) Melyik üzemmódban lesz elnémítva a biztonsági funkció?
- 10.) Hogyan érhető el ez a némítás?
- 11.) Mely funkciók lesznek elnémítva?
- 12.) Várható környezeti feltételek a zónában? (hőmérséklet, páratartalom, por, gáz vegyi anyag, ...)
- 13.) A biztonsági funkció vizsgálati időköze, amennyiben van diagnosztika.
- 14.) A gép viselkedését az energia kimaradásakor.
- 15.) Azoknak a funkcióknak a prioritását, amelyek egyidejűleg működhetnek, és amelyek egymást kölcsönösen kizáró működést okozhatnak.
- 16.) A gép biztonságos állapota.

### 5.2.3. Teljesítményszint

Az ISO 13849-1 és az IEC 62061 szabványok alkalmazásával biztosítható, hogy a megvalósításhoz szükséges ráfordítások a megállapított kockázattal arányosak legyenek. Annak a kezelőnek a védelme, aki kézzel munkadarabokat helyez be egy fém présbe, ill. szed ki onnan, más szemléletmódot igényel, mint annak kezelőnek a védelme, aki olyan gépen dolgozik, ahol a kézujjak beszorulása jelenti a maximális kockázatot. Ezenkívül ugyanaz a gép a különböző életszakaszokban különböző és eltérő kockázatú veszélyes helyekkel is rendelkezhet. Ilyen esetben a biztonsági funkciókat minden egyes életszakaszra és veszélyre külön-külön kell meghatározni. A kockázatértékelés alapvetően minden kockázatértékelő eljárásnál következő paraméterekből számítható: a lehetséges sérülés/egészségkárosodás súlyossága, a veszélynek való kitettség gyakorisága és/vagy időtartama, a veszély elkerülésének lehetősége. E paraméterek kombinációjából határozható meg a szükséges biztonsági szint. A biztonsági szint meghatározására szolgáló, e szabványokban leírt eljárás alkalmazásakor a gépet mindig védőberendezések nélkül vizsgáljuk. [1]

Minden egyes biztonsági funkcióra vonatkozóan meg kell határozni a jellemzőket és a megkövetelt teljesítményszintet (*PL<sub>r</sub> required performance level*), és dokumentálni kell a biztonsági követelmények előírásában. A teljesítményszint egy ötfokú skálán határozható meg. A teljesítményszint a vezérlési rendszer struktúrájától, a felhasznált alkatrészek megbízhatóságától, a hibafelismerési képességtől, valamint többcsatornás vezérlések esetében a közös ok miatt kialakuló hibákkal szembeni ellenálló képességtől függ. Az ISO 13849 e részében a teljesítményszintek az óránkénti veszélyes meghibásodások valószínűségének szempontjából vannak meghatározva. Öt teljesítményszintet állapítottak meg, a legkisebb a PL a-tól a legnagyobb PL e-ig, az óránkénti veszélyes meghibásodások valószínűségének meghatározott tartományaival. A PFHd (*PFHd Probability of dangerous failure per hour*) a veszélyes meghibásodás órára vonatkoztatott valószínűsége, megmutatja, hogy a vezérlőrendszer biztonsággal összefüggő része mennyire megbízható, azaz mekkora a biztonsággal valósítja meg a biztonsági funkciót. [1]

A veszélyes meghibásodás órára vonatkoztatott értéke  
(PFHd Propability of dangerous failure per hour)



5.8. ábra: A veszélyes meghibásodás órára vonatkoztatott értéke és a teljesítményszint közötti összefüggés [2]

**5.2. táblázat**  
**Biztonsági funkciók [2]**

Teljesítmény szint (PL Performance Level)	Az óránkénti veszélyes meghibásodások átlagos valószínűsége (PFHd) 1/h
a	$\geq 10^{-5} - < 10^{-4}$
b	$\geq 3 \cdot 10^{-6} - < 10^{-5}$
c	$\geq 10^{-6} - < 3 \cdot 10^{-5}$
d	$\geq 10^{-7} - < 10^{-6}$
e	$\geq 10^{-8} - < 10^{-7}$

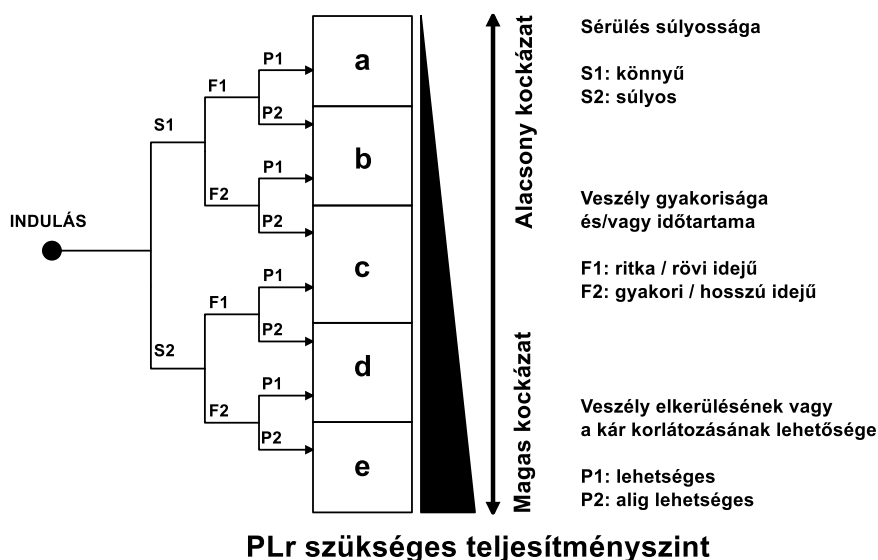
Két szabvány is használja a fogalmat: IEC 62061, amely villamos rendszerek esetén érvényes és az ISO 13849, amely az alkalmazott technológiától függetlenül (villamos, pneumatikus, hidraulikus, mechanikus) alkalmazható.

#### **5.2.4. Szükséges teljesítményszint**

Az ISO 13849-1-es szabvány a szükséges biztonsági szint meghatározásához szintén kockázati gráfokat használ. A kockázat mértékének meghatározásához az S, F és P paramétert használja. Az eljárás eredménye a szükséges teljesítményszint (*PL<sub>r</sub>: required Performance Level*). A teljesítményszint egy ötfokú skálán határozható meg. A teljesítményszint a vezérlési rendszer struktúrájától, a felhasznált alkatrészek megbízhatóságától, a hibafelismerési képességtől, valamint többcsatornás vezérlések esetében a közös ok miatt kialakuló hibákkal szembeni ellenálló képességtől függ. [1]

##### **PL<sub>r</sub> kiválasztása**

Az A melléklet a vezérlőrendszer biztonsággal összefüggő részei által okozott, a mérlegelt kockázat csökkentéséhez való hozzájárulással foglalkozik. Az itt megadott módszer csak egy kockázatcsökkentési becslést nyújt, és csak útmutatónak szánták a tervezőknek és a szabványkészítőknek az SRP/CS-sel végrehajtott minden egyes szükséges biztonsági funkcióra vonatkozó PL<sub>r</sub> meghatározásában. [1]



5.9. ábra: szükséges teljesítményszint meghatározása kockázati gráffal

Az ábrán lévő gráf a tervezett biztonsági funkcióra vonatkozó intézkedés előtti állapoton alapul (lásd az ISO/TR 22100-2:2013-at is). A vezérlőrendszerrel független műszaki intézkedésekkel (pl. a mechanikai védőburkolatokkal), vagy a kiegészítő biztonsági funkciókkal való kockázatcsökkentést figyelembe veszik a tervezett biztonsági funkció PL<sub>r</sub>-ének meghatározásakor. Ilyen esetben az ábra kezdőpontját ezeknek az intézkedéseknek az alkalmazása után választják ki. A sérülés súlyosságát (S-sel jelölve) viszonylag könnyű megbecsülni (pl. vágott seb, csonkulás, halál). A fellépés gyakoriságára vonatkozóan a becslés javításához segédjellemzőket használnak. Ezek a jellemzők: a veszélygyakoriság és veszélyexpozíciós idő (F), és a veszély elkerülésének lehetősége, vagy a károsodás korlátozása (P). A tapasztalat azt mutatja, hogy ezek a jellemzők kombinálhatók, amint az 5.9. ábrán, hogy egy kockázati osztályozást adjanak a kicsitől a nagyig. Hangsúlyozni kell, hogy ez egy minőségi folyamat, amely csupán egy kockázatbecslést ad.

### Útmutató a kockázatbecslés S, F és P jellemzőinek kiválasztásához

**A sérülés súlyossága, S1 és S2.** Egy biztonsági funkció meghibásodásából keletkező kockázat becslésénél csak a könnyű (rendszerint visszafordítható/gyógyítható) sérüléseket és a súlyos (rendszerint visszafordíthatatlan) sérüléseket, valamint a halált mérlegelik. Ennek eldöntésére az S1 és az S2 meghatározásakor a szokásos baleseti következményeket és a szokásos gyógyítási folyamatokat célszerű figyelembe venni. Például a komplikációmentes zúzódások és/vagy a vágott sebek S1-ként, míg a csonkulás vagy a halál S2-ként osztályozhatók. [2]

**A veszélygyakoriság és/vagy veszélyexpozíciós idő, F1 és F2.** Az F1 vagy az F2 jellemző választásához általánosan érvényes időtartamot nem lehet meghatározni. Azonban

kétség esetén a következő magyarázat megkönnyíti a helyes döntést. F2-t akkor célszerű választani, ha egy személyt gyakori vagy folyamatos veszélyexpozíció fenyeget. Nem lényeges, hogy vajon ugyanazokat vagy más személyeket fenyegeti a veszély az egymást követő expozíciókban, pl. felvonók használata esetén. A gyakorisági jellemzőt a veszélyhez való hozzáférés gyakorisága és időtartama alapján célszerű kiválasztani. Amikor a tervező ismeri a biztonsági funkcióra vonatkozó igényt, akkor ennek az igénynek a gyakorisága és időtartama választható a veszélyhez való hozzáférés gyakorisága és időtartama helyett. Az ISO 13849 e részében azt feltételezik, hogy a biztonsági funkcióra vonatkozó igény gyakorisága több mint évente egy. A veszélyexpozíció időtartamát egy átlagos érték alapján célszerű értékelni, amelyet ahhoz a teljes időtartamhoz viszonyítva lehet figyelembe venni, amely alatt a berendezést használják. Például, ha rendszeresen a gép szerszámai közé kell nyúlni ciklikus üzemnél, azért, hogy szabályszerűen behelyezzék vagy elvegyék a munkadarabokat, akkor célszerű az F2-t választani. Más indok hiánya esetén F2-t akkor célszerű választani, ha a gyakoriság nagyobb, mint 15 percenként egy előfordulás. F1-et akkor szabad választani, ha az összegzett expozíciós idő nem lépi túl a teljes működési idő 1/20-át és a gyakoriság nem nagyobb, mint 15 percenként egyszer. [2]

**A veszélyes esemény elkerülésének lehetősége, P1 és P2, és a fellépés valószínűsége.** A veszély elkerülésének valószínűségét és a veszélyes esemény fellépésének valószínűségét egyaránt összekapcsolják a P jellemzőben. Egy veszélyhelyzet fellépésekor a P1-et csak akkor választják, ha van reális esély, hogy megelőzzék a veszélyt, vagy jelentősen mérsékeljék annak hatását; egyébként P2-t célszerű választani. Amikor a veszélyes esemény fellépésének valószínűsége igazoltan kicsi, akkor  $PL_r$  csökkenthető egy szinttel, lásd az ISO 13849-1 2.3.2. szakaszt.

**A veszély elkerülésének lehetősége.** Fontos tudni, hogy vajon egy veszélyhelyzet felismerhető-e azelőtt, hogy balesethez vezetne, és elkerülhető-e. Például, azonosítható-e közvetlenül a veszélyexpozíció annak fizikai jellemzői alapján, vagy csak műszaki eszközökkel, pl. kijelzőkkel ismerhető fel. A P jellemző kiválasztását befolyásoló további fontos szempontok magukban foglalják, például:

- a veszély keletkezésének sebességét (pl. gyorsan vagy lassan);
- a veszély elkerülésének lehetőségét (pl. meneküléssel);
- a folyamatra vonatkozó gyakorlati biztonsági tapasztalatokat;
- a szakképzett vagy nem szakképzett személyek általi használatot;
- a felügyelet melletti vagy felügyelet nélküli működtetést.

**Egy veszélyes esemény fellépésének valószínűsége.** Egy veszélyes esemény fellépésének valószínűsége függ akár az emberi viselkedéstől, akár a műszaki meghibásodásoktól. A legtöbb esetben a megfelelő valószínűségek ismeretlenek, vagy nehezen azonosíthatók. Egy veszélyes esemény fellépési valószínűségének becslését célszerű olyan tényezőkre alapozni, mint:

- a megbízhatósági adatok,
- a baleseti történések hasonló gépeken.

### **5.2.5. Fogalmak MTTFd, DC, CCF, Kategória**

---

Egy alrendszer biztonsági szintje a különböző biztonságtechnikai jellemzőktől függ:

- struktúra,
- a komponensek, ill. készülékek megbízhatósága,
- diagnosztika hibafelismeréshez,
- ellenállóság a közös ok miatti hibákkal szemben.

#### **A komponensek, ill. készülékek megbízhatósága**

A biztonsági komponens minden egyes meghibásodása zavart okoz a gyártási folyamatban. Ezért roppant fontos a megbízható komponensek használata. Ha nő a megbízhatóság, akkor a veszélyes meghibásodás egyre valószínűtlenebb. A megbízhatóságra vonatkozó adat az élettartam során bekövetkező, véletlenszerű meghibásodás mértéke, és az alábbiak szerint szokás megadni. Elektromechanikus vagy pneumatikus komponensek esetén: B10 érték. Itt az élettartam a kapcsolási gyakoriságtól függ. A B10 a kapcsolási ciklusok azon számát adja meg, amely után a komponensek 10%-a meghibásodik. [1]

#### **Átlagos idő a veszélyes meghibásodás kialakulásáig (MTTFd)**

*(MTTFd mean time to dangerous failure)* Az MTTF az „átlagos idő a meghibásodásig” rövidítése *(MTTF Mean Time To Failure)*. Az ISO 13849-1 szerinti vizsgálat csak a veszélyes meghibásodásokat veszi figyelembe (ezt jelenti a „d” rövidítés, angolul: dangerous, az a veszélyes meghibásodás, ami a biztonsági funkció megghiúsulásához vezet). Ez az érték elméleti mennyiség, és azt fejezi ki, mennyire valószínű egy adott komponens (nem az egész részrendszer) veszélyes meghibásodása a komponens élettartama alatt. A részrendszer tényleges élettartama ennél mindig rövidebb. Az MTTF érték a meghibásodási rátából vezethető le. Alapszabály: elektromechanikus

vagy pneumatika komponensek esetén a B10 érték alapján kerül meghatározásra. Itt a kopás és ezáltal a maximálisan megengedett használati idő a kapcsolási gyakoriságtól függ. A B10 a kapcsolási ciklusok azon számát adja meg, amíg a komponensek 10%-a meg nem hibásodik. A B10d a kapcsolási ciklusok azon számát adja meg, amíg a komponensek 10%-a veszélyesen meg nem hibásodik. Ha a B10d érték nem áll rendelkezésre, akkor általában a  $B10d = 2 \times B10$  értéket vehetjük alapul. Az ISO 13849-1 az alábbi tartományokba sorolja az MTTFd értékeket:

**5.3. táblázat**  
**Átlagos idő a veszélyes meghibásodás kialakulásáig [2]**

Megnevezés	Tartomány
alacsony	$3 \text{ év} \leq \text{MTTFd} < 10 \text{ év}$
közepes	$10 \text{ év} \leq \text{MTTFd} < 30 \text{ év}$
magas	$30 \text{ év} \leq \text{MTTFd} < 100 \text{ év}$

A B<sub>10</sub> vagy B<sub>10d</sub> értéket a gyártó adja meg [GY], amennyiben a gyártó nem ad meg értéket akkor a MSZ EN ISO 13849-1 szabvány „C” melléklete ad irányadó értéket [S], amennyiben ez sem áll rendelkezésre, becsült értékkel kell számolni [E].

**5.4. táblázat**  
**Az alkatrészek MTTFd-ével vagy B10d-ével kapcsolatos nemzetközi szabványok részlet [2]**

	Alapvető és a jól bevált biztonsági alapelvek az ISO 13849-2:2012 szerint	Vonatkozó szabványok	Tipikus értékek: MTTFd (évek) B10d (ciklusok)
Mechanikus alkatrészek	A1. és A2. táblázat	–	MTTFd = 150
Hidraulikus alkatrészek $n_{op} > 1\,000\,000$ ciklus per év	C1. és C2. táblázat	ISO 4413	MTTFd = 150
Pneumatikus alkatrészek	B1. és B2. táblázat	ISO 4414	B10d = 20 000 000
Kis terhelésű relék és védőkapcsolók	D1. és D2. táblázat	EN 50205 IEC 61810 IEC 60947	B10d = 20 000 000
Kis terhelésű közelítéskapcsolók	D1. és D2. táblázat	IEC 60947 ISO 14119	B10d = 20 000 000
Névleges terhelésű közelítéskapcsolók	D.1. és D2. táblázat	IEC 60947 ISO 14119	B10d = 400 000
Helyzetkapcsolók	D1. és D2. táblázat	IEC 60947 ISO 14119	B10d = 20 000 000
Vészleállító berendezések	D1. és D2. táblázat	IEC 60947 ISO 13850	B10d = 100 000
Nyomógombok (pl. feloldókapcsolók)	D1. és D2. táblázat	IEC 60947	B10d = 100 000

$$MTTF_d = \frac{B_{10d}}{0,1 \times n_{op}} \quad (5.1)$$

$$n_{op} = \frac{h_{op} \times d_{op} \times 3600}{t_{ciklus}} \quad (5.2)$$

$n_{op}$  éves kapcsolások száma;

$h_{op}$  az átlagos működés, óra per napban;

$d_{op}$  az átlagos működés, nap per évben;

$t_{ciklus}$  az alkatrész két egymást követő ciklusának (pl. egy szelep kapcsolásának) megkezdése közötti átlagos idő, másodperc per ciklus.

Az alkatrész működési ideje  $T_{10d}$ -re van korlátozva, az átlagos idő, amíg az alkatrészek 10%-a veszélyesen meghibásodik:

$$T_{10d} = \frac{B_{10d}}{n_{op}} \quad (5.3)$$

A teljes csatorna eredő  $MTTF_d$  értékét a csatornát alkotó elemek  $MTTF_{di}$  értékeiből kell számítani a következő összefüggéssel:

$$\frac{1}{MTTF_d} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{MTTF_{di}} \quad (5.4)$$

Több csatorna esetén a csatornák szimmetrizálása:

$$MTTF_d = \frac{2}{3} \left[ MTTF_{dCH1} + MTTF_{dCH2} - \frac{1}{\frac{1}{MTTF_{dCH1}} + \frac{1}{MTTF_{dCH2}}} \right] \quad (5.5)$$

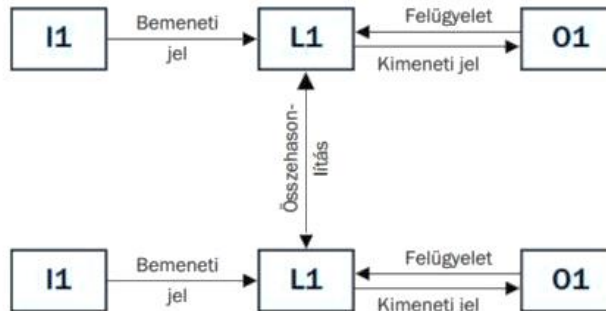
### Struktúra vagy kategória (CAT)

*(CAT category)* Ahhoz, hogy egy jobb struktúrával csökkenteni lehessen a biztonsági komponens hibaérzékenységét, a biztonságtechnikai funkciók több csatornán, párhuzamosan hajthatók végre. A gépbiztonság területén a kétcsatornás biztonsági komponensek terjedtek el (lásd az alábbi ábrát). Mindegyik csatorna képes a veszélyes állapot leállítására. A két csatorna különböző felépítésű lehet (pl. az egyik csatornát elektromechanikus komponensek alkotják, a másikat pedig tisztán elektronikusak). Ez a megoldás egy második, ugyanolyan csatorna helyett a tisztán felügyeleti funkció ellátására is képes.

Egycsatornás biztonsági komponens



Kétcsatornás biztonsági komponens



5.10. ábra: Egy és kétcsatornás biztonsági áramkörök

## Diagnosztika hibafelismeréshez (DC)

(*DC diagnostic coverage*) Bizonyos hibák felderíthetők diagnosztikai intézkedésekkel. Ezek közé tartozik a kölcsönös felügyelet, az áram- és feszültségfelügyelet, a watchdog funkciók, a rövid idejű működési tesztek stb. Nem minden hiba deríthető fel, ezért meg kell határozni a hibafelismerés mértékét. Ehhez hibamód és hatáselemzést (*FMEA Failure Mode Effects Analysis*) kell végezni. Összetett kialakítás esetén a szabványokban előírt intézkedések és tapasztalati értékek segítenek. A biztonsági szint növelhető, ha a részrendszerben implementálva van a hibafelismerés. A diagnosztikai lefedettség ráta (*DC – Diagnostic Coverage*) a veszélyes hibák felismerési képességének mértéke. A rossz diagnosztika csak kisszámú, a jó diagnosztika ezzel szemben sok vagy akár az összes hibát képes felismerni. Az ISO 13849-1 a pontos elemzés (FMEA) helyett intézkedésekre tesz javaslatot, és mennyiségileg fejezi ki a DC-t. Ezt is különböző tartományokba sorolja be. A diagnosztikai lefedettség a diagnosztikával feltárható veszélyes meghibásodások viszonyítva az összes veszélyes meghibásodáshoz [%].[1]

5.5. táblázat  
Diagnosztikai lefedettség ráta [2]

Megnevezés	Tartomány
nincs	DC < 60 %
alacsony	60 % ≤ DC < 90 %
közepes	90 % ≤ DC < 99 %
magas	99 % ≤ DC

DC a felismert veszélyes meghibásodások meghibásodási rátája és az összes veszélyes meghibásodás meghibásodási rátája közötti hányadosként határozható meg. E meghatározás szerint a  $DC_{avg}$  átlagos diagnosztikai lefedettség a következő képlettel becsülhető:

$$DC_{avg} = \frac{\frac{DC_1}{MTTF_{d1}} + \frac{DC_2}{MTTF_{d2}} + \dots + \frac{DC_N}{MTTF_{dN}}}{\frac{1}{MTTF_{d1}} + \frac{1}{MTTF_{d2}} + \dots + \frac{1}{MTTF_{dN}}} \quad (5.6)$$

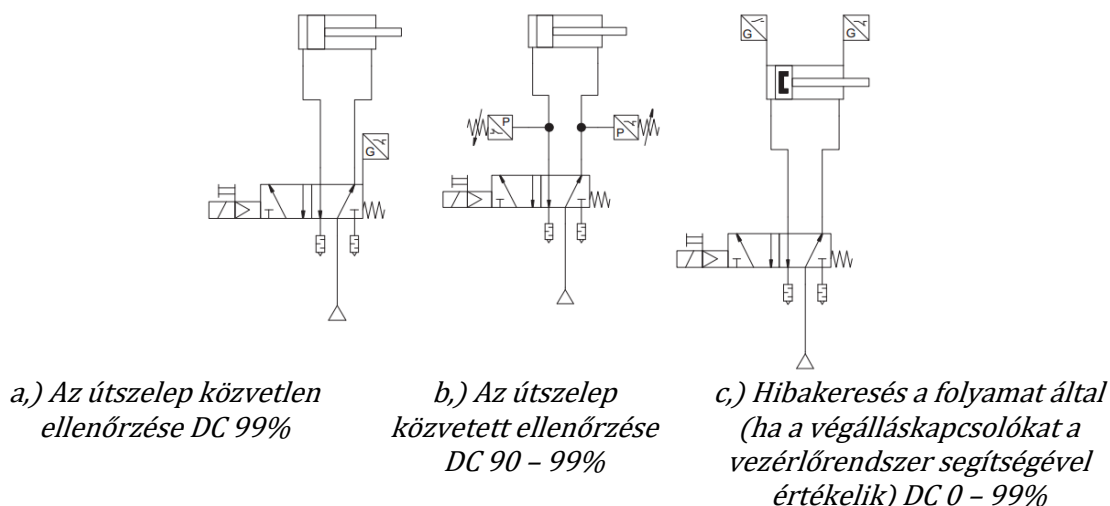
Az egyes elemek vagy blokkok becsült DC értékeit (bemeneti, logika, kimeneti eszközökre vonatkozóan) az ISO 13849-1 „E” melléklet adja meg.

**5.6. táblázat**  
**Diagnosztikai lefedettség becslése, részlet [2]**

Intézkedés bemeneti készülékek esetén	DC
Ciklikus vizsgálóhatások a bemeneti jelek dinamikus cseréjével	90%
Elfogadhatósági ellenőrzés, pl. alapállapotban nyitott és alapállapotban zárt mechanikusan kapcsolt érintkezők használata	99%
Bemeneti jelek és a logikán (L) belüli közbenső eredmények keresztellenőrzése, és a programlefolyás időleges és logikai szoftverellenőrzése, és a statikus hibák és rövidzárlatok felismerése (többszörös I/O esetén)	99%
Intézkedés logika esetén	DC
Feldolgozóegység: önvizsgálat szoftverrel	60% – 90%
Feldolgozóegység: kódolt feldolgozás	90% – 99%
Intézkedés kimeneti készülékek esetén	DC
Közvetett ellenőrzés (pl. ellenőrzés nyomáskapcsolóval, a működtetők villamos helyzetellenőrzése)	90% – 99%, az alkalmazástól függően
Közvetlen ellenőrzés (pl. szabályozószelepek villamos helyzetellenőrzése, mechanikusan kapcsolt érintkezőelemes elektromechanikus készülékek ellenőrzése)	99%
Hibafelismerés folyamat közben	0% – 99%, az alkalmazástól függően; csupán ez az intézkedés nem kielégítő a megkövetelt PL e teljesítményszinthez!

A következő ábrán a kimeneti (teljesítmény vezérlő) elemek diagnosztikai eljárásaira mutatunk be példákat. A példában egy 5/2-es pneumatikus útváltószelep diagnosztikai lehetőségeit mutatjuk be. Az a,) ábrán a szelep közvetlen diagnosztizálását látjuk. Számos gyártó látja el a biztonsági szempontból jól bevált szelepeit induktív érzékelővel, amely közvetlenül a szelep tolattyújának kapcsoltsági állapotát érzékeli. A

b,) ábrán ugyancsak egy 5/2-es pneumatikus szelepet diagnosztizálunk, de ezúttal közvetett módon, a szelep kimenetein mért nyomással. A c,) ábrán a szelep által a folyamatra gyakorolt hatás alapján ellenőrizzük a szelep megfelelő működését. Ez az eljárás önmagában nem alkalmazható PL e teljesítményszint esetén!



5.11. ábra: Példák diagnosztikai eljárásokra pneumatikus útszelepek esetén



5.12. ábra: 5/2-es pneumatikus útszelep közvetlen szelep kapcsoltsági állapot jelzéssel [3]

### Közös okú meghibásodások (CCF)

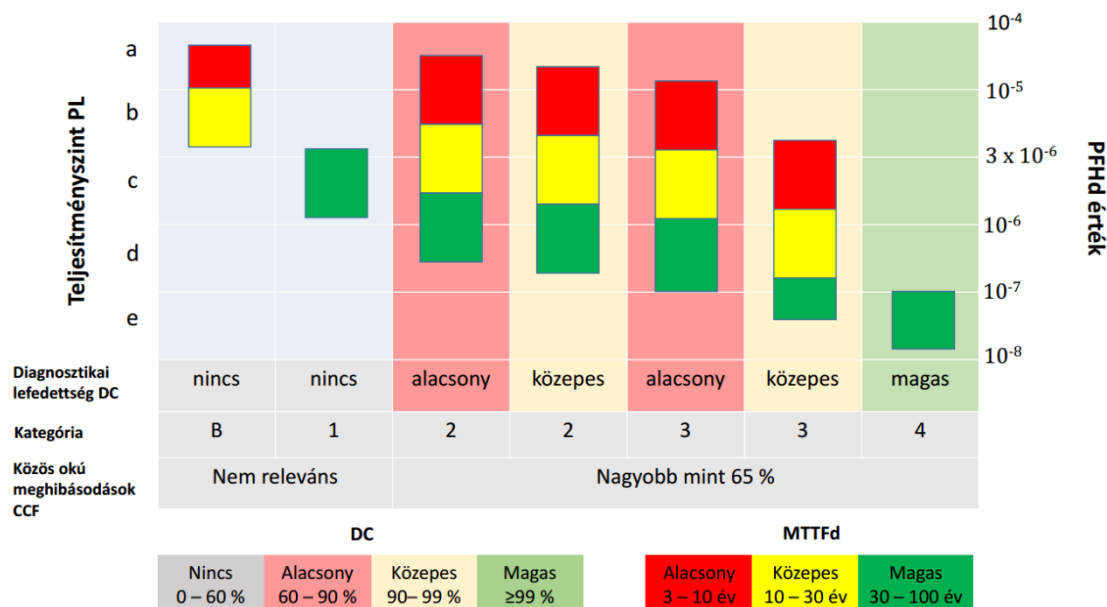
A külső hatások (pl. feszültség szint, túl magas hőmérséklet) egyszerre tehetik használhatatlanná az azonos komponenseket, bármilyen ritka is azok meghibásodása, vagy bármilyen jól is tesztelik azokat. (Hiába van két szemünk, nem tudunk újságot olvasni, ha hirtelen elmegy az áram.) Ezeket a közös módra visszavezethető meghibásodásokat mindig kerülni kell (*CCF – Common Cause Failure*). Akkor beszélhetünk közös módú meghibásodásról, amikor például a zavaró hatás miatt mindkét csatorna egyszerre hibásodik meg. Itt megfelelő intézkedéseket kell tenni, pl. elkülönített vezetékezés, védőáramkörök, különböző alkatrészek alkalmazása stb. A CCF elleni intézkedéseket az ISO13849-1 szabvány „F” mellékletében található pontrendszer alapján értékeljük 100-ból legalább 65 pontot el kell érni. [1]

**5.7. táblázat**  
**Közös okú meghibásodások elleni intézkedések [2]**

SSZ.	A CCF elleni intézkedés	Pontszám
1.	<b>Szétválasztás/Elkülönítés</b>	
	<p>Fizikai szétválasztás a jelutak között, például:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- szétválasztás a huzalozásban/csövezésben;</li> <li>- rövidzárlat és nyitott áramkörök felismerése a kábelekben dinamikus vizsgálatokkal;</li> <li>- különálló burkolat az egyes csatornák jelútjai számára;</li> <li>- kellő légközök és kúszóáramutak a nyomtatott áramkörü lapokon.</li> </ul>	15
2.	<b>Diverzitáselv</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Különböző technológiákat/terveket vagy fizikai elveket alkalmaznak, például:</li> <li>- az első csatorna elektronikus vagy programozható elektronikus, és a második csatorna elektromechanikusan huzalozott,</li> <li>- a biztonsági funkció eltérő indítása az egyes csatornák esetén (pl. helyzet, nyomás, hőmérséklet), és/vagy</li> <li>- a változók (pl. távolság, nyomás vagy hőmérséklet) digitális és analóg mérése és/vagy</li> <li>- különböző gyártók alkatrészei.</li> </ul>	20
3.	<b>Terv/alkalmazás/gyakorlat</b>	
3.1.	Túlfeszültség, túlnyomás, túláram, túlhőmérséklet stb. elleni védelem.	15
3.2.	Jól bevált alkatrészek használata.	5
4.	<b>Felmérés/elemzés</b>	
	A vezérlőrendszer biztonsággal összefüggő minden egyes része esetén elvégzik a meghibásodásmód és hatás elemzését és figyelembe veszik annak eredményeit, hogy a tervezésben kiküszöböljék a közös okú meghibásodásokat.	5
5.	<b>Szakértelem/betanítás</b>	
	A tervezők betanítása, hogy megértsék a közös okú meghibásodások okait és következményeit.	5
6.	<b>Környezet</b>	
6.1.	<p>Villamos/elektronikus rendszerek esetén a szennyeződés és az elektromágneses zavarok (EMC) megelőzése, hogy védjenek a közös okú meghibásodások ellen a megfelelő szabványok (pl. az IEC 61326-3-1) szerint.</p> <p>Fluid rendszerek: a nyomott közeg szűrése, szennyezett beszívás megelőzése, a sűrített levegő víztelenítése, pl. a nyomott közeg tisztaságára vonatkozó alkatrészgyártói követelmények szerint.</p> <p>MEGJEGYZÉS: Kombinált fluid és villamos rendszerek esetén ajánlatos mérlegelni mindkét szempontot.</p>	25
6.2.	<p>Egyéb befolyások</p> <p>Figyelembe vették az összes lényeges környezeti befolyással, mint a hőmérséklettel, lökéssel, rezgéssel, nedvességgel szembeni védelemre vonatkozó (pl. a vonatkozó szabványokban előírt) követelményeket.</p>	10
	Összesen	[max. elérhető 100]

## Alrendszer PL értékének meghatározása

Az alábbi ábra az MTTFd érték (csatornánként), a DC, valamint a kategória közötti összefüggést szemlélteti.



5.13. ábra: A teljesítményszint és a vezérlési kategória, MTTFd, DC és CCF közötti összefüggés

E mögött az eljárás mögött összetett, ám a felhasználó számára észrevehetetlen matematikai modell húzódik. A pragmatikus megközelítés biztosítása érdekében a Kategória, MTTFd és DC paraméter előre definiálva van. Példa a d teljesítményszint elérésére: a „d” teljesítményszint pl. kétcsatornás vezérléssel (3-as kategória) valósítható meg. Ez vagy jó alkatrészminőséggel (MTTFd = közepes) érhető el, ha szinte az összes hibát fel kell ismerni (DC = közepes), vagy pedig nagyon jó alkatrészminőséggel (MTTFd = magas), ha sok hibát kell felismerni (DC = alacsony).

## **5.2.6. Vezérlési kategóriák B és 1. (Megbízhatóság)**

---

### **B kategória**

Az SRP/CS-t minimumként, a vonatkozó szabványok szerint és az alapvető biztonsági elvek alkalmazásával (ISO 13849-1 Pt. 6.2.3/ISO 13849-2 Tab. A 1/B.1/ C.1/ D.1) úgy kell megtervezni, megszerkeszteni, kiválasztani, összeállítani és kombinálni, hogy ellenálljon

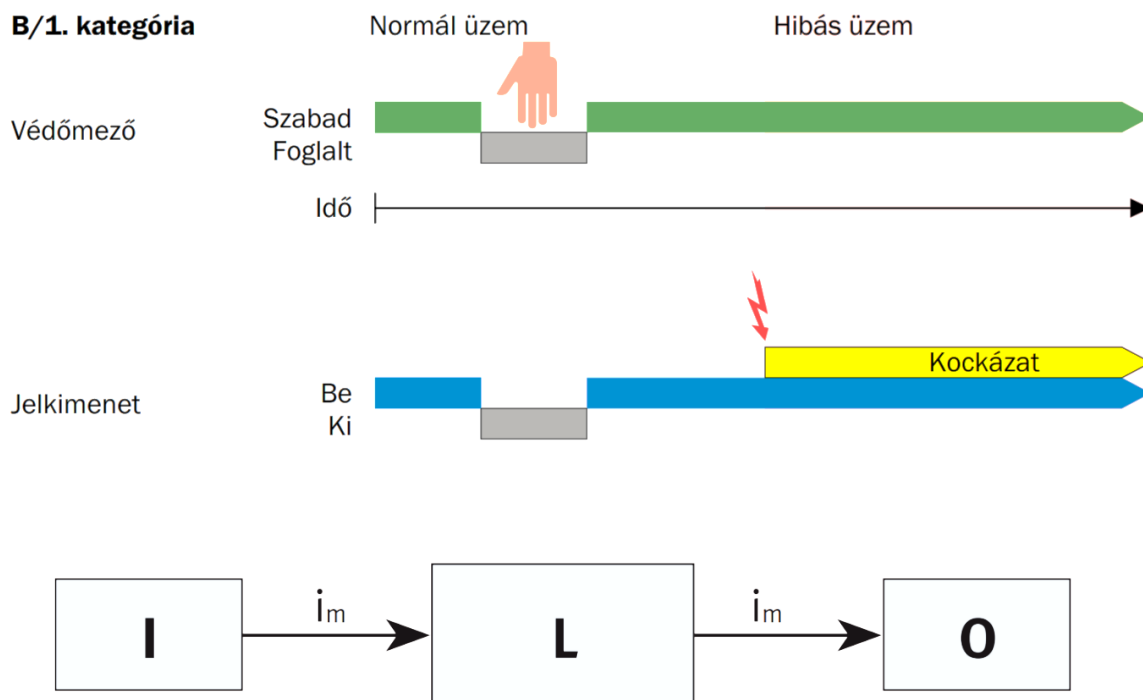
- a várható üzemi igénybevételeknek (ISO 13849-1 Pt. 6.2.3),
- a munkafolyamat anyagainak,
- más lényeges külső behatásoknak, pl. mechanikai rezgés, elektromágneses interferencia, az energiaellátás megszakadásai vagy zavarai.

A B kategóriás rendszereken belül nincs diagnosztikai lefedettség ( $DC_{avg} = \text{nincs}$ ), és az egyes csatornák MTTFd-je lehet kicsi vagy közepes. Az ilyen szerkezetekben (rendszerint egycsatornás rendszerek) a CCF mérlegelése nem lényeges.

### **1. vezérlési kategória**

Teljesülniük kell a B kategória követelményeinek. Jól bevált részegységeket (ISO 13849-1 Pt. 6.2.4; ISO 13849-2 Tab. A.3/D.3) és jól bevált biztonsági elveket kell alkalmazni (ISO 13849-2 6.2.4, 6.2.5, 6.2.6, 6.2.7; ISO 13849-2 Tab. A.2/B.2/ C.2/ D.2). Az egyes csatornák MTTFd-je nagy legyen. A maximálisan elérhető PL 1. kategória esetén  $PL = c$ .

B kategória/1. kategória esetén nincs hibafelismerés. A hiba bekövetkezése a kockázat növekedéséhez vezet. Megbízható és jól bevált komponensekkel (1. kategória) a kockázat minimalizálható. [1]



5.14.ábra: B és 1-es kategória [1]

## 5.2.7. Vezérlési kategória 2-es (Diagnosztika)

### 2. vezérlési kategória

Teljesülniük kell a B kategória követelményeinek, és jól bevált biztonsági elveket kell alkalmazni (ISO 13849-2 6.2.4, 6.2.5, 6.2.6, 6.2.7; ISO 13849-2 Tab. A.2/B.2/ C.2/ D.2). A biztonsági funkciót megfelelő időközönként ellenőriztetni kell a gépvezérléssel (a tesztelési ráta 100-szor magasabb, mint a követelményráta). Két ellenőrzés közötti hiba bekövetkezése esetén megszűnhet a biztonsági funkció. A biztonsági funkció megszűnése a vizsgálat révén ismerhető fel.

A 2. kategóriás SRP/CS-t úgy kell megtervezni, hogy annak funkcióját (funkcióit) megfelelő időközönként ellenőrzik a gép vezérlőrendszerével. A biztonsági funkció(k) ellenőrzését el kell végezni

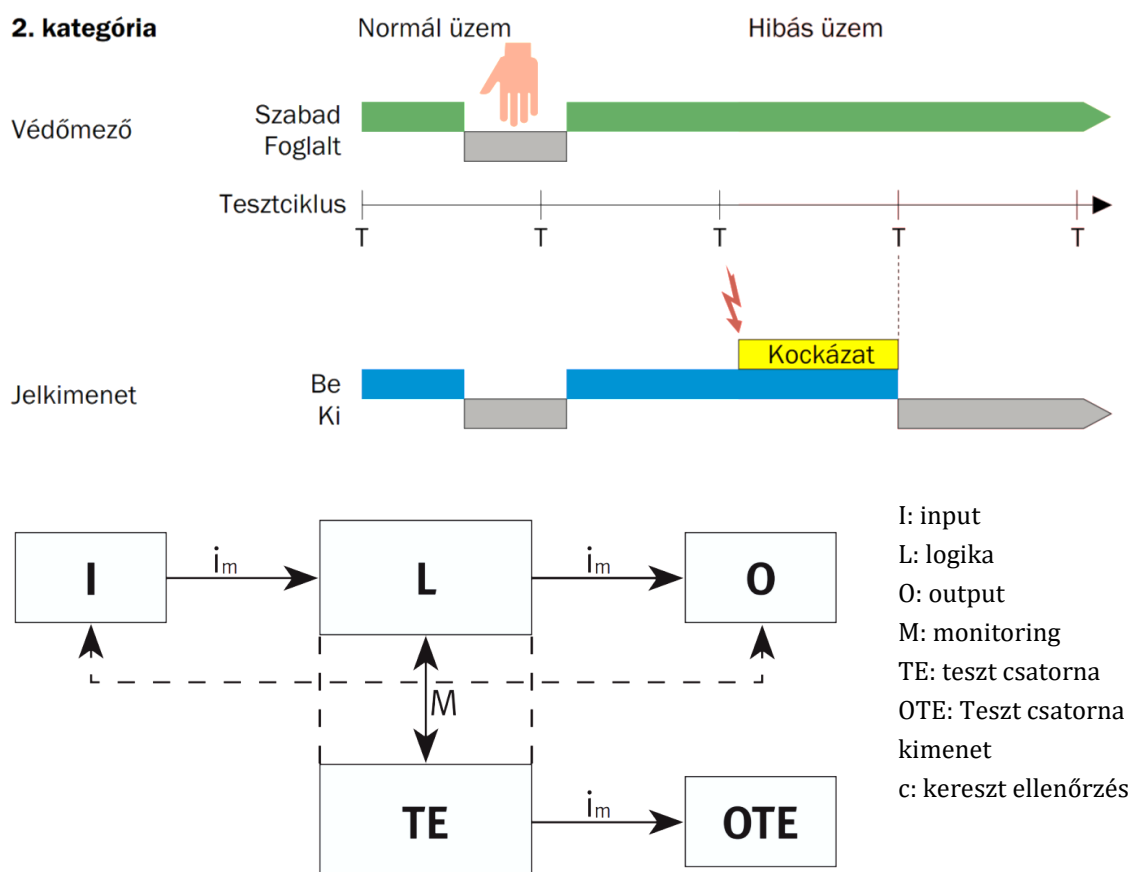
- a gép indulásakor, és
- valamilyen veszélyhelyzet megkezdése, pl. egy új ciklus indulása, a többi mozgások indulása előtt, közvetlenül a biztonsági funkció igénye alatt, és/vagy periodikusan a működés alatt, ha a kockázatfelmérés és a működés jellege azt mutatja, hogy ez szükséges.

Ennek az ellenőrzésnek a megkezdése lehet automatikus. A biztonsági funkció(k) valamennyi ellenőrzése

- tegye lehetővé a működést, ha nem ismert fel hibát, vagy
- állítson elő egy kimenetet (OTE), amely megkezdí a megfelelő vezérlési műveletet, ha hibát ismert fel.

A funkcionális csatorna diagnosztikai lefedettsége ( $DC_{avg}$ ) legalább alacsony legyen. Az egyes csatornák  $MTTF_d$ -je alacsony - magas legyen, a megkövetelt teljesítményszinttől ( $PL_r$ -től) függően. Alkalmazni kell a CCF elleni intézkedéseket (lásd az F mellékletet). A maximálisan elérhető PL 2. kategória esetén  $PL = d$ .

2. kategória esetén a hibafelismerés teszteléssel történik. A hiba bekövetkezése és a következő teszt közötti időben kockázat áll fenn. Figyelembe kell venni az ISO 13849-1 szerinti tesztelési gyakoriságot. [1]



5.15. ábra: 2-es kategória [1]

## 5.2.8. Vezérlési kategóriák 3-4 (Redundancia)

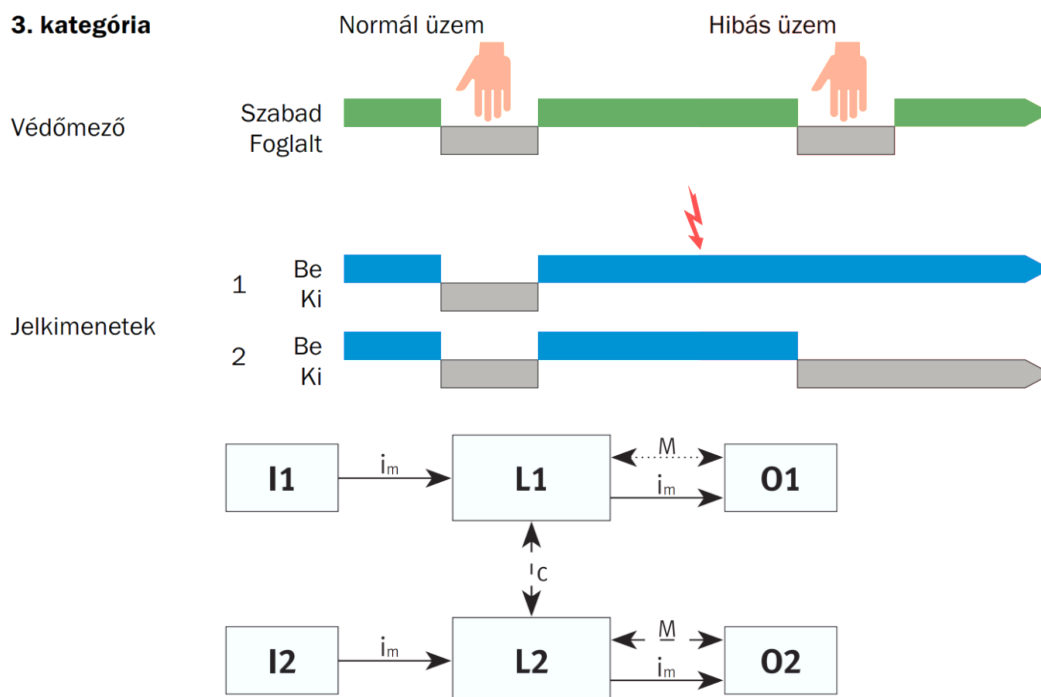
### 3. vezérlési kategória

Teljesülniük kell a B kategória követelményeinek, és jól bevált biztonsági elveket kell alkalmazni. A biztonsági elemeket úgy kell kialakítani, hogy az ezen elemekben keletkező önálló hiba ne vezethessen a biztonsági funkció megszűnéséhez, és amikor csak megfelelő módon lehetséges, az önálló hiba felismerésre kerüljön.

Amikor az önálló hiba bekövetkezik, a biztonsági funkció mindig megmarad. Azonban nem minden hiba felismerése lehetséges. Ismeretlen hibák felhalmozódása esetén megszűnhet a biztonsági funkció.

A teljes SRP/CS, beleértve a hibafelismerést, diagnosztikai lefedettsége ( $DC_{avg}$ ) legalább alacsony legyen. A redundáns csatornák mindegyikének MTTFd-je alacsony - magas legyen, a  $PL_r$ -től függően. Alkalmazni kell a CCF elleni intézkedéseket (lásd az F mellékletet).

A 3. kategória esetén a hiba bekövetkezésekor a biztonsági funkció megmarad. A hiba a biztonsági funkció végrehajtásakor vagy a következő teszt során felismerésre kerül. A hibák halmozódása a biztonsági funkció megszűnéséhez vezet. [1]



5.16. ábra: 3-as kategória [1]

#### 4. vezérlési kategória

Teljesülniük kell a B kategória követelményeinek, és jól bevált biztonsági elveket kell alkalmazni. A biztonsági elemeket úgy kell kialakítani, hogy:

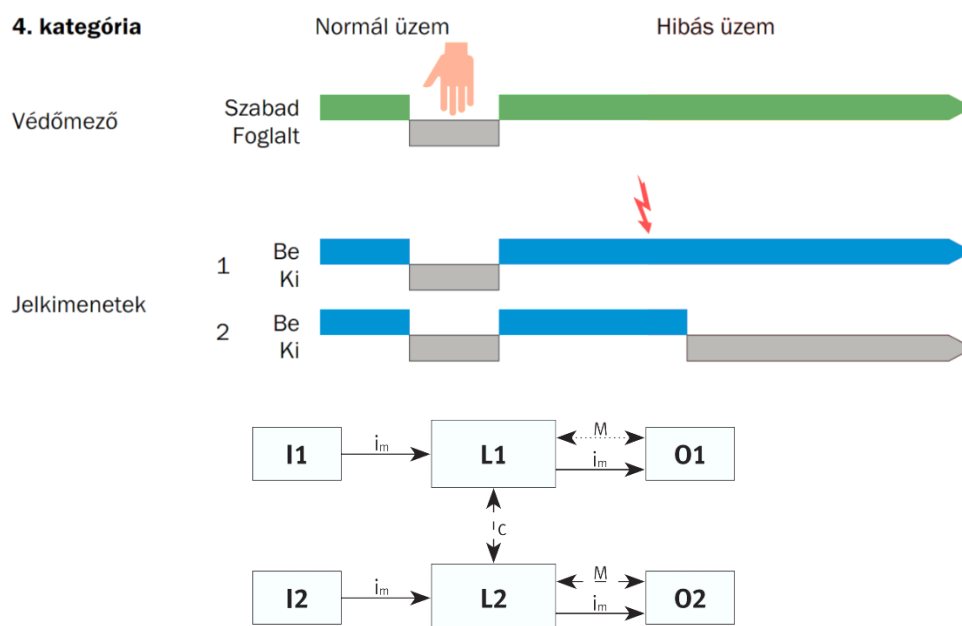
- az ezen elemekben keletkező önálló hiba ne vezethessen a biztonsági funkció megszűnéséhez, és
- az önálló hiba a biztonsági funkció következő kérésekor vagy már azt megelőzően felismerésre kerüljön,

vagy

- ha ez nem lehetséges, akkor a hibák halmozódása ne vezethessen a biztonsági funkció megszűnéséhez.

Hiba következkésekor a biztonsági funkció mindig megmarad. A hibák felismerése a biztonsági funkció megszűnésének megakadályozása érdekében idejében megtörténik. A teljes SRP/CS diagnosztikai lefedettsége ( $DC_{avg}$ ) magas legyen, beleértve a hibahalmozódást. A redundáns csatornák mindegyikének MTTFd-je magas legyen. Alkalmazni kell a CCF elleni intézkedéseket (lásd az ISO 13849-1 F mellékletet).

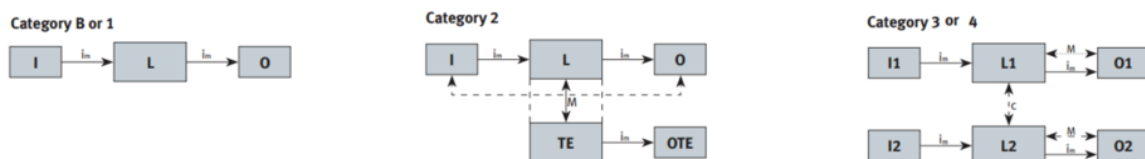
A 4. kategória esetén a biztonsági funkció hiba ellenére megmarad. A 3. kategóriával ellentétben az első hiba fel nem ismerése esetén a másodlagos hibák nem vezetnek a biztonsági funkció megszűnéséhez. [1]



5.17. ábra: 4-es kategória [1]

**5.8. táblázat**  
**A vezérlési kategóriák jellemzőinek összefoglaló táblázata [3]**

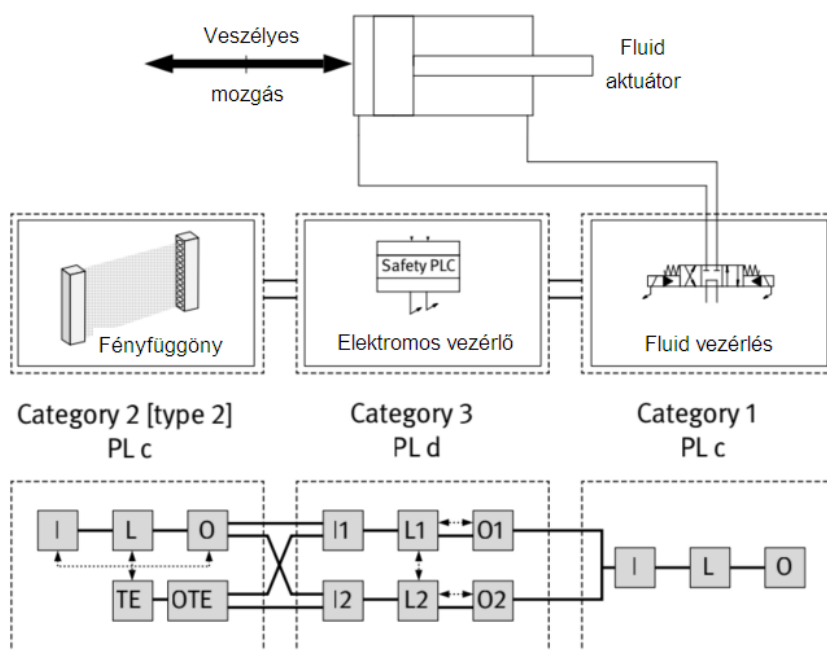
Az alapvető biztonsági elveket be kell tartani (ISO 13849-1 Pt. 6.2.3/ISO 13849-2 Tab. A 1/B.1/ C.1/ D.1)				
A külső hatásoknak megfelelő méretezés (ISO 13849-1, 6.2.3 pont)				
<b>1 csatorna</b> <b>0 hiba</b> <b>biztonság</b>  (ISO 13849-1Pt. 6.2.3)	A jól bevált biztonsági elveket be kell tartani (ISO 13849-2 6.2.4, 6.2.5, 6.2.6, 6.2.7; ISO 13849-2 Tab. A.2/B.2/C.2/D.2)			
	<b>1 csatorna</b>  Jól bevált alkatrészek (ISO 13849-1 Pt. 6.2.4;ISO 13849-2 tab. A.3/D.3)  <b>0 hibabiztonság</b> (ISO 13849-1, 6.2.4 pont)  Az alapvető és jól bevált biztonsági elvek betartása. Megfelelő szabványoknak való megfelelés.	<b>1 csatorna</b>  A vizsgálati arány $\leq 1/100$ -a vagy a biztonsági funkció kérésére azonnali vizsgálat, vagy a követelmény aránya $\leq 1/25$ az arány PFH D * 1.1 használata esetén (ISO 13849-1, 4.5.4, 6.2.5 és megjegyzés a K.1 táblázatban)  <b>0 hibabiztonság a tesztfázisok között</b>	<b>2 csatorna</b>  (ISO 13849-1, 6.2.6. pont) Néhány, de nem minden hibát észlel a biztonsági funkció következő kérése előtt vagy közben.  <b>1 hibabiztonság</b> Az észleletlen hibák felhalmozódása a biztonsági funkció elvesztését eredményezheti.	<b>2 csatorna</b>  (ISO 13849-1, 6.2.7. pont) Minden hibát észlelni kell a biztonsági funkció következő kérése előtt vagy közben.  <b><math>\geq 1</math> hibabiztonság</b>
<b>B kategória</b>	<b>1. kategória</b>	<b>2. kategória</b>	<b>3. kategória</b>	<b>4. kategória</b>



### 5.2.9. SRP/CS-ek, mint alrendszerek kombinációja

Eddig a pontig ez a fejezet az SRP/CS-t csak egy komplett vezérlőrendszer formájában vette figyelembe, amely teljes egészében leképezhető egy kategóriára vagy kijelölt architektúrára a megfelelő teljesítményszinttel. A biztonsági funkciót teljes egészében egy ilyen vezérlőrendszer hajtja végre, egy indító eseménytől kezdve egészen a biztonságos állapot eléréséig. A gyakorlatban azonban gyakran sorba kell rendezni több SRP/CS-t, amelyek mindegyike a biztonsági funkció egy részét látja el. Az ilyen alrendszerek különböző technológiát alkalmazhatnak és/vagy különböző kategóriákat

vagy teljesítményszinteket valósíthatnak meg. Gyakran például az érzékelő/logikai szinten különböző technológiákat alkalmaznak (pl. elektronika a 3. kategóriában), mint a hajtás szintjén (pl. hidraulika az 1. kategóriában), vagy a beszerzett eszközök összekapcsolódnak, pl. fényfüggönyök, elektronikus vezérlők és hidraulikus szelepszint az 5.18. ábrán látható módon. [5]



5.18. ábra: SRP/CS-ek kombinációja [5]

Egy biztonsági funkció megvalósítható különféle SRP/CS-ek kombinálásával: bemeneti rendszer, jelfeldolgozó egység, kimeneti rendszer. Ezek az SRP/CS-ek egy és/vagy különböző kategóriákhoz lehetnek hozzárendelve. Minden egyes használt SRP/CS-re ki kell választani egy kategóriát. Ezeknek az SRP/CS-eknek a teljes kombinációjára egy teljes PL azonosítható az ebben a fejezetben leírt módszerek alkalmazásával. Ebben az esetben szükséges az SRP/CS-ek kombinációjának a validálása.

A vezérlőrendszer biztonsággal összefüggő kombinált részei abban a pontban indulnak, ahol a biztonsággal összefüggő jeleket kezdeményezik, és a teljesítményvezérlő elemek kimenetén végződnek. Azonban a kombinált SRP/CS-ek a különféle részeket vonalas (soros elrendezésű) vagy redundáns (párhuzamos elrendezésű) módon összekapcsolva tartalmazhatják. Hogy elkerüljük a kombinált SRP/CS-ekkel elért teljesítményszint (PL) új komplex becslését, amikor az összes rész önálló PL-jeit már számították, a soros elrendezésű SRP/CS-ekre a következő becslések ajánlottak. [5]

Feltételezzük, hogy N számú önálló SRP/CSi van soros elrendezésben, amely egészként teljesít egy biztonsági funkciót. Minden egyes SRP/CSi-re már van egy értékelt PLi.

Ha ismert az összes SRP/CSi PFHd-értéke, akkor a kombinált SRP/CS-ek PFHd-je az egyedi SRP/CSi-k összes PFHd-értékeinek összege.

$$PFH_d = \sum_{i=1}^N PFH_{di} = PFH_{d1} + PFH_{d2} + PFH_{d3} \dots + PFH_{dN} \quad (5.7)$$

N = a biztonsági funkcióban érintett alrendszerek száma

PFHd = a veszélyes meghibásodás átlagos valószínűsége óránként a rendszer egészében

PFHdi = a veszélyes meghibásodás átlagos valószínűsége óránként az i-edik alrendszerből

A kombinált SRP/CS-ek PL-jét korlátozza

- a biztonsági funkció teljesítésébe belevont valamennyi egyedi SRP/CSi legkisebb PL-je (mert a PL-t nem számszerűsíthető szempont szerint is meghatározták), és
- a kombinált SRP/CS-ek 5.9. táblázat szerinti PFH<sub>D</sub>-nek megfelelő PL.

### Egyszerűsített eljárás

Ez az eljárás az egyes PFHd értékek ismerete nélkül is számos alkalmazáshoz használható, segítségével kellő pontossággal megbecsülhető a teljes PL. Ha ismerjük az egyes részrendszerek PL értékét, akkor az alábbi táblázat segítségével meghatározható a biztonsági funkció által elért, összesített PL.

Határozzuk meg a biztonsági funkció legalacsonyabb PL értékű részrendszerének, ill. az alrendszereinek PL értékét: PL (alacsony), majd határozzuk meg a PL (alacsony) értékű alrendszerek számát: N (alacsony). [2]

**5.9. táblázat**  
**PL számítása soros elrendezésű SRP/CS-ek esetén [2]**

PL <sub>alacsony</sub>	N <sub>alacsony</sub>	⇒	PL
a	> 3	⇒	Nincs, nem engedélyezett
	≤ 3	⇒	a
b	> 2	⇒	a
	≤ 2	⇒	b
c	> 2	⇒	b
	≤ 2	⇒	c
d	> 3	⇒	c
	≤ 3	⇒	d
e	> 3	⇒	d
	≤ 3	⇒	e

### 5.2.10. Intézkedések a szisztematikus meghibásodások irányítására

Az ISO 13849-2 egy átfogó jegyzéket ad a szisztematikus meghibásodások elleni olyan intézkedésekről, amelyeket ajánlatos alkalmazni alapvető és jól bevált biztonsági alapelvekként.

Ajánlatos alkalmazni a következő intézkedéseket.

- Legerjesztés használata.

A vezérlőrendszer biztonsággal összefüggő részeit (az SRP/CS-eket) célszerű úgy megtervezni, hogy azok energiaellátásának elvesztése esetén legyen elérhető és fenntartható egy biztonságos gépállapot.

- A feszültség kimaradás, feszültségingadozás, túlfeszültség, feszültségcsökkenés irányítására vonatkozó intézkedések.

Az SRP/CS feszültség kimaradási, feszültségingadozási, túlfeszültségi és feszültségcsökkenési állapotokra való válaszviselkedését célszerű előre úgy meghatározni, hogy az SRP/CS elérhessen, vagy fenntarthasson egy biztonságos gépállapotot.

- A fizikai környezet hatásainak (például a hőmérséklet, nedvesség, víz, rezgés, por, korrodáló anyagok, elektromágneses interferencia és hatásai) irányítására vagy elkerülésére vonatkozó intézkedések.

Az SRP/CS fizikai környezeti hatásokra való válaszviselkedését célszerű előre úgy meghatározni, hogy az SRP/CS elérhessen, vagy fenntarthasson egy biztonságos gépállapotot.

- A szoftvert tartalmazó SRP/CS-nél programsorrend-ellenőrzést kell használni, hogy szabályszerűen felismerjék a hibás programsorrendet.

#### **A szisztematikus meghibásodások megelőzésére vonatkozó intézkedések**

- Alkalmas anyagok és megfelelő gyártás használata

Az anyagok, a gyártási módszerek és a kezelés megválasztása, pl. az igénybevételre, a tartósságra, a rugalmasságra, a súrlódásra, a kopásra, a korrózióra, a hőmérsékletre, a vezetőképességre, a villamos szilárdságra vonatkozóan.

- Helyes méretezés és alak.

Pl. az igénybevétel, az alakváltozás, a kifáradás, a hőmérséklet, a felületi érdesség, a túrések, a gyártás mérlegelése.

- Az alkatrészek helyes megválasztása, összekapcsolása, elrendezése, összeszerelése és üzembe helyezése, beleértve a vezetékfektetést, a huzalozást és valamennyi csatlakozást.

A megfelelő szabványok és a gyártói alkalmazási feljegyzések, pl. katalóguslapok, üzembe helyezési utasítások, előírások alkalmazása, és a helyes mérnöki gyakorlat alkalmazása.

- Összeférhetőség.

Összeférhető működési jellemzőkkel bíró alkatrészek használata.

MEGJEGYZÉS: Az olyan alkatrészek, mint a hidraulikus vagy pneumatikus szelepek ciklikus átkapcsolást igényelhetnek, hogy elkerüljék a nem kapcsolás miatti meghibásodást vagy a kapcsolási idők elfogadhatatlan növekedését. Ebben az esetben időszakos vizsgálat szükséges.

- Az előírt környezeti körülményekkel szembeni ellenállás.

Az SRP/CS tervezése úgy, hogy az működésre képes legyen az összes várható környezetben, és valamennyi előre látható kedvezőtlen körülmény, pl. hőmérséklet, nedvesség, rezgés és elektromágneses interferencia (EMI) között.

- Egy megfelelő szabvány szerint tervezett és jól meghatározott meghibásodási módú alkatrészek használata.

A nem felismert hibák kockázatának csökkentése sajátos jellemzőkkel bíró alkatrészek használatával.

Kiegészítésként a következő intézkedések egyikét vagy többüket ajánlatos alkalmazni az SRP/CS bonyolultságának és PL-nek figyelembevételével.

- Hardverkialakítás átvizsgálása (pl. ellenőrzéssel vagy lépésenkénti áttekintéssel).

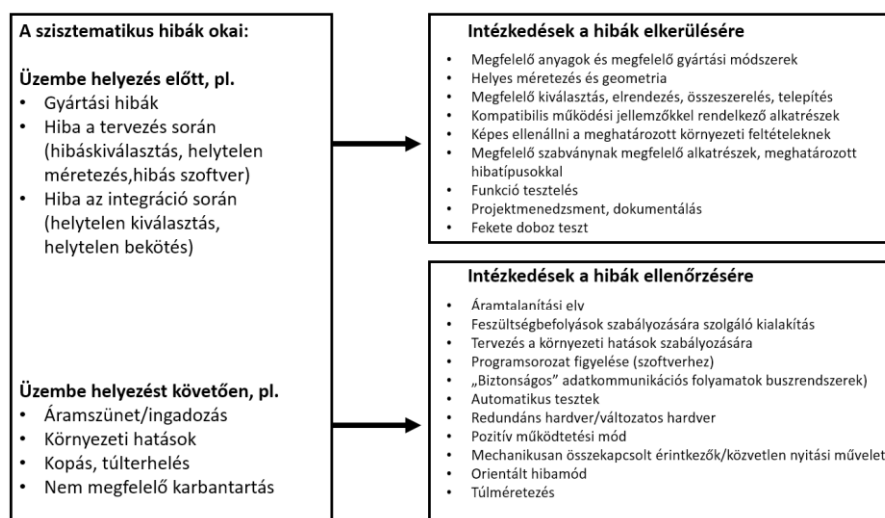
A specifikáció és az alkalmazás közötti ellentmondások kimutatása átvizsgálással és elemzéssel.

- Számítógéppel segített, szimulációra vagy elemzésre képes tervezőeszközök.

A tervezési folyamat következetes végrehajtása és a megfelelő automatikus, vagyis a mindig rendelkezésre álló és vizsgált alkatrészek belefoglalása.

- Szimuláció.

Az SRP/CS terv következetes és teljes felülvizsgálatának végrehajtása mind a funkcionális teljesítmény, mind alkatrészeik helyes méretezése szempontjából. [5]



5.19. ábra: Intézkedések a szisztematikus meghibásodások ellen [5]

## **5.2.11. Biztonsági funkciók érvényesítése ISO 13849-2**

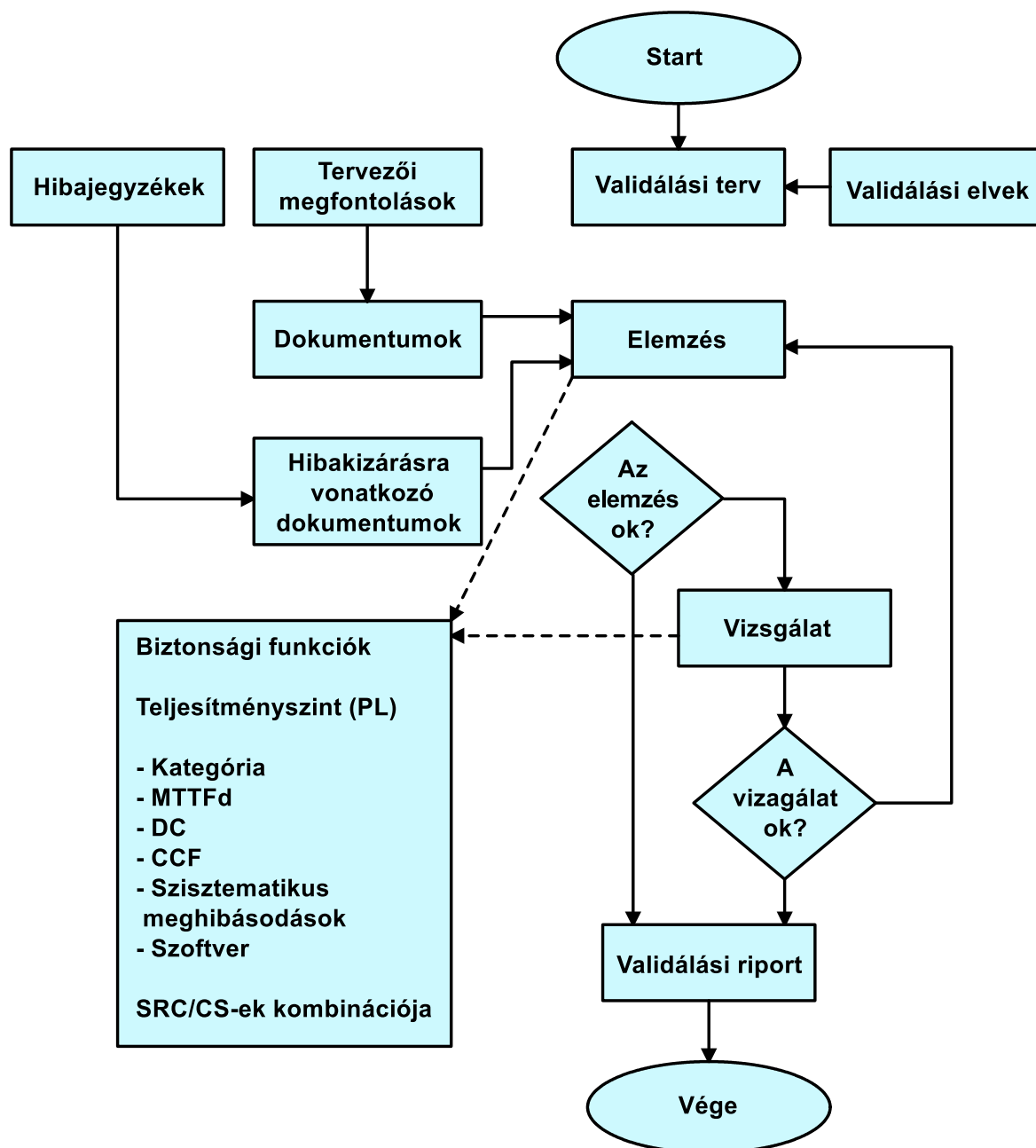
---

### **Az ellenőrzés és érvényesítés alapelvei**

Az ellenőrzés és érvényesítés célja az SRP/CS tervezésének a referenciaszabványoknak való megfelelésének biztosítása. Mivel az EN ISO 13849-1 a gépekről szóló irányelv szerint harmonizált, mint a gépvezérlés B típusú szabványa, a V&V (Verifikálás és Validálás) tevékenységeknek igazolniuk kell, hogy minden biztonsággal kapcsolatos alkatrész és az általa végrehajtott biztonsági funkciók megfelelnek az EN ISO 13849-1 követelményeinek.

A hangsúly itt a biztonsági funkciók meghatározott tulajdonságain és a megadott teljesítményszint követelményein van. Az EN ISO 13849-2 azt is előírja, hogy a felhasználói felület(ek) ergonomikus kialakításával a V&V folyamatnak kell foglalkoznia.

Ezeket a tevékenységeket a fejlesztés/tervezés során a lehető legkorábban el kell kezdeni, hogy a hibákat és a specifikációtól való eltéréseket időben felismerjük és kiküszöböljük. A hitelesítési és érvényesítési intézkedésekkel megbízott személyzet lehetőleg ne vegyen részt a biztonsággal kapcsolatos részek tervezési folyamatában, azaz legyen képes a tervezési és fejlesztési folyamattól függetlenül eljárni. Az érintett felek lehetnek olyan személyek, osztályok vagy szervek, amelyek a szervezet hierarchiáján belül nem a tervezési osztálynak vannak alárendelve. A függetlenség szintjének arányosnak kell lennie a kockázattal, azaz az előírt teljesítményszinttel (PL). Az ellenőrzést és érvényesítést módszeresen, elemzéssel és teszteléssel végezzük. [5]



5.20. ábra: A validálási eljárás áttekintése [25]

### Ellenőrzési és érvényesítési terv

A hitelesítési és érvényesítési terv célja, hogy leírja a V&V folyamat végrehajtását a meghatározott biztonsági funkciókra, a biztonsági integritásra, valamint az összes figyelembe veendő működési és környezeti hatásra. Az EN ISO 13849-2 szerinti „validációs folyamat”, amely természetesen magában foglalja a hitelesítési tevékenységeket is, feltételezi a hitelesítési és érvényesítési terv elkészítését, de nem határozza meg részletesen sem annak formáját, sem tartalmát. A fejlesztési/tervezési folyamatot kísérő összes V&V tevékenységet kötelező érvényű formában rögzítik egy

ellenőrzési és érvényesítési tervben (V&V terv). A tervnek a következő információkat kell tartalmaznia:

- Az elemzett SRP/CS azonosítása, adott esetben azok komponensei és lehetséges változatai.
- A biztonsági funkciók azonosítása az érintett SRP/CS-hez való hozzárendelésükkel.
- Az összes hivatkozott dokumentum hivatkozási listája (beleértve az alkalmazandó szabványokat és műszaki szabályokat is), az elemzés alatt álló SRP/CS alkalmazási területére vonatkozó követelmények, specifikációk és kötelezettségek leírásával, valamint a belső vállalati tervezési szabályokkal, mint pl. vállalati hardvertervezési szabályok és programozási szabályok/útmutató dokumentumok.
- Az alkalmazandó vizsgálati szabványok referencialistája (azaz a vizsgálati módszereket és a tesztelés végrehajtását szabályozó szabványok, nem a termékkövetelmények: például a környezeti hatásokat szabályozó IEC 60068 sorozat)
- Az elvégzendő elemzések és tesztek; adott esetben további információkkal az elemzési és vizsgálati módszerek végrehajtásának sorrendjéről.
- Alkalmazandó hibalisták
- A megfelelő elemzésekért és vizsgálatokért felelős személyzet (adott esetben személyek, osztály vagy szerv/vizsgáló intézet).
- Meghatározott (teszt) környezeti feltételek és berendezések/tesztberendezések/eszközök/kiegészítő berendezések az elemzések és tesztek elvégzéséhez, valamint a további betartandó működési feltételek; ezek az információk az egyes V&V tevékenységek eredményeit tartalmazó dokumentációban is szerepelhetnek.
- A teszteredmények meghatározott dokumentációja (tesztjelentések/protokollok) és a V&V tevékenységek végrehajtásának részletes további dokumentációja (pl. tesztspecifikációk, teszteset-specifikációk, ellenőrző listák)
- Az elemzés és a vizsgálati eredmények értékelési kritériumai, beleértve az elemzés/teszt sikertelensége esetén meghozandó intézkedéseket.
- Formai szempontok, mint például a dokumentum azonosítása, verzió- és módosítástörténet, szerzők/felelős személyek, kiadási megjegyzés(ek), aláírás(ok), stb.

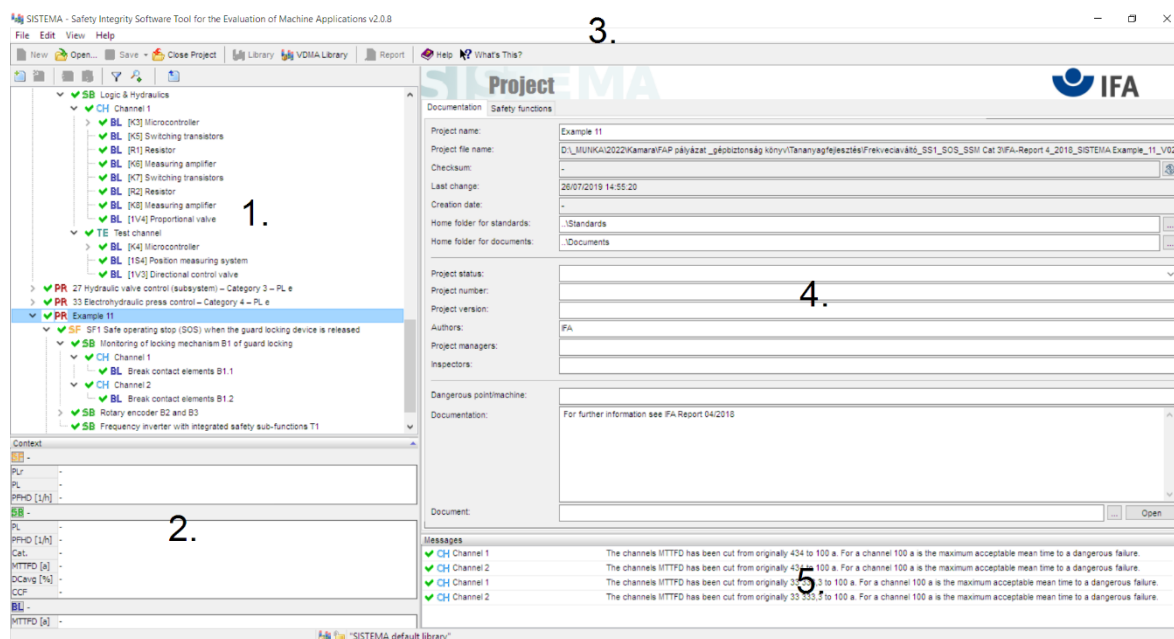
A hitelesítési és érvényesítési tervet észszerűen a fejlesztés korai szakaszában kell elkészíteni (ajánlott: a specifikációval párhuzamosan), így biztosítva a teljes előnyt a folyamatos projektmenedzsment számára. Szintén bevált gyakorlat, hogy a V&V tervet

minőségirányítási (QM) és minőségbiztosítási (QA) kérdésekben jártas személlyel vizsgálják felül vagy ellenőrzik. [5]

A M2. számú mellékletben egy minta dokumentum található az érvényesítésre.

### 5.2.12. A SISTEMA program

A német munkabiztonsági és egészségvédelmi intézet (IFA) gondozásában készült egy ingyenesen letölthető szoftver, a SISTEMA (Safety Integrity Software Tool for the Evaluation of Machine Applications), mely segítséget nyújt a tervezés, vagy fejlesztés alatt álló gép ISO 13849 szabvány szerinti kockázati és biztonsági besorolásában. A SISTEMA szoftver segítségével könnyen elkészíthetők a szabvány szerinti kockázati számítások. A program az előzőekben említett EN ISO 12100-ra, valamint az EN ISO 13849-1/2 szabványra épül. Ezért a program megfelelő használatához, illetve a korrekt dokumentációk készítéséhez ezen szabványok ismerete nélkülözhetetlen. [12]



#### 5.2.1. A SISTEMA felépítése

1. Navigációs panel: Aktuális projektek megjelenítése.
2. Információs panel: A kijelölt biztonsági funkciók/ elemek jellemző értékei.
3. Eszköztár.
4. Kezelő panel: A biztonsági funkciók és rendszerelemek értékeinek definiálására szolgáló menü. Adatbeviteli felület.
5. Értesítési sáv.

**5.10. táblázat**  
**SISTEMA program egységei [12]**

SSZ.	Jel	Megnevezés	Leírás
1.	<b>PR</b>	Project	Általában egy veszélyes gépet jelöl, amire az elemzést készítjük. A programban definiálható legmagasabb szint. Minden biztonsági rendszer SISTEMA-ba történő felvitele ennek a szintnek a definiálásával kezdődik. Itt lehet megadni a berendezés pontos nevét, azonosítóját és a berendezéshez tartozó dokumentációk helyét. Valamint a teljes folyamat után, ezen a szinten kiolvashatók a gép/berendezésben meghatározott biztonsági funkciók (SF) és az azoktól megkövetelt / teljesített biztonsági szintek.
2.	<b>SF</b>	Safety Function	Biztonsági funkció. Ezen a szinten definiálhatók a gépbe/berendezésbe épített biztonsági funkciók. Pl: vészstop funkció; kétkezes indítás funkció; biztonsági lefúvatás funkció; tápfeszültség lekapcsolás funkció; biztonsági ajtó funkció stb....
3.	<b>SB</b>	Subsystem	A biztonsági funkciót felépítő alrendszerek. Az adott biztonsági funkció (SF) ellátását az alatta definiált alrendszerek (SB) végzik. Ilyen alrendszerek lehetnek pl: biztonsági relék; biztonsági vezérlők; a funkciók működtetéséhez használt nyomógombok; pneumatikus végrehajtó elemek; stb.... Egy alrendszer biztonsági szintje különböző biztonságtechnikai jellemzőktől függ. (PFHd;Cat.; DC avg;CCF)
4.	<b>CH</b>	Channel	A biztonsági funkciót felépítő alrendszerek (SB) definiálása során meg kell határozni, hogy ezen elemek hány csatornán keresztül látják el a rájuk bízott feladatokat (Az adott elem redundáns működésű-e vagy sem). A csatornák számát a vezérlési architektúra (választott kategória) határozza meg.
5.	<b>TE</b>	Test Channel	A teszt csatorna egy csatornához hasonló elem a SISTEMA-ban (ellenőrző/beavatkozó funkció), ami szintén blokkból és elemekből áll. A TE meghatározása csak 2. kategóriájú SB esetén szükséges. Ebben az esetben a tesztelt csatorna mindig az adott SB funkciócsatornája (Channel 1.). A teszt csatornát felépítő elemek meghatározásánál azok MTTF értéke a legfontosabb adat. A teszt csatornát felépítő elemek MTTF értékének meg kell haladni a tesztelt csatornát (Channel 1.) felépítő elem MTTF értékének a felét.
6.	<b>BL</b>	Block	A csatornákat blokkok (BL) építik fel. A blokkon belül kerülnek meghatározásra a csatornát felépítő funkcionális egységek pl: pneumatikus szelepek, szenzorok; nyomógombok stb.... Egy csatorna minden esetben legalább egy blokkot kell, hogy tartalmazzon.
7.	<b>EL</b>	Element	Egy blokk részletesebben leírható a benne foglalt elemek pontos meghatározásával. Ez a programban definiálható legalacsonyabb szint. Itt kell definiálni az elektromos; elektromechanikus; pneumatikus; hidraulikus stb.. építőelemek pontos típusát és a rá jellemző biztonságtechnika

A SISTEMA program segítségével az ISO 13849-es szabvány használatát tudjuk megkönnyíteni. Könnyen definiálhatóak benne a különböző vezérlési kategóriák, a biztonsági funkciók, azok elemei és biztonsági szempontból releváns paraméterei. Az IFA honlapjáról letölthető gyártói adatbázisok tovább könnyítik a program használatát. Elvégzi a bonyolult számításokat és kiértékeli a biztonsági funkciókat a szabványnak megfelelően. Az eredményeket report formájában dokumentálhatjuk. A könyv mellékleteiben megtalálhatóak a kidolgozott mintapéldák SISTEMA reportjai.

## 6. Mechanikus védelmi megoldások

---

A gépek kockázatfelmérése alapján meghozott intézkedések közül a mechanikus megoldások kimondottan költséghatékonyak, egyszerűek és jellemzően nagy megbízhatóságúak. Ezek közé tartoznak pl. a megfelelő biztonsági távolságok, résméretek, illetve a burkolatok, kerítések, korlátok vagy alagutak alkalmazása. Gyakoriságukat indokolja, hogy számos esetben szükséges, hogy egyes potenciálisan veszélyes terekhez a hozzáférést (belépést, benyúlást, stb.) tartós időre kizárják vagy korlátozzák (pl. csak kézzel lehessen benyúlni, de belépni ne lehessen).

Egyes biztonsági berendezések használhatók egyidejűleg több kockázat kezelésére, mint például egy rögzített védőburkolat, amely kizárja a hozzáférést ahhoz a térhez, ahol mechanikai veszély van, miközben akár a gép zajszintjét is csökkenti.

A következő fejezetekben áttekintjük a zúzódási terekre, biztonsági távolságokra és a védőburkolatokra vonatkozó biztonsági szabályokat.

### 6.1. Legkisebb távolságok a testrészek összenyomódásának elkerüléséhez

---

Vonatkozó szabvány: MSZ EN ISO 13854:2020

A gépekben, illetve a gépek és a környező objektumok (pl. egyéb berendezések, falak...) között létrejövő zúzódási terek veszélyt jelentenek, ha azok mérete az érintett testrésznél kisebbek, hiszen akkor azok összenyomása nem zárható ki.

*„Zúzódási hely (crushing zone)[30]:*

*Olyan hely, amelyben az emberi test vagy az emberi test részei zúzódásveszélynek vannak kitéve. Ez a veszély akkor lép fel, ha*

- két mozgó rész egymás felé mozog;
- egy mozgó rész egy álló rész felé mozog.”




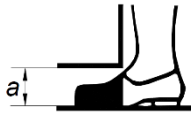
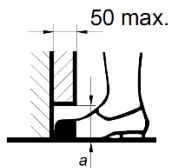

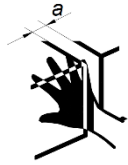
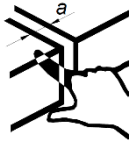
A géptervezőnek (gyártónak) a következő lépéseket kell megtennie a zúzódási terekkel kapcsolatos kockázatok kezelése érdekében:

- a zúzódásveszélyes térrészek meghatározása,
- a zúzódásveszély kockázatának értékelése (pl. az EN ISO 12100 szabványban található módszertan alapján), figyelembe véve a következőket:
  - o mely testrészek lehetnek a zúzódás veszélyének kitéve (mely zúzódási terekben melyik testrészek jelenlétére lehet számítani a normál üzemeltetés és az előre várható rendellenes használat során?),

- figyelembe kell-e venni a vastag vagy a terjedelmes védőöltözetet (pl. védőcipő, sisak, vastag kesztyű...) vagy kéziszerszámokat, amelyek miatt az emberi test méreteihez képest nagyobb biztonsági távolságokra lehet szükség? (Ha igen, akkor a kiegészítő méret meghatározása és a táblázat releváns értékeihez annak hozzáadása szükséges még a következő lépésben!)
- c. a kockázatnak kitett testrészre vonatkoztatott megfelelő biztonsági távolság kiválasztása a következő táblázatból,
  - d. ha a kiválasztott legkisebb távolsággal a megfelelő biztonság nem érhető el, akkor más jellegű vagy kiegészítő intézkedések és/vagy eszközök szükségesek (pl. a zúzódási veszély mellett egyéb veszélyforrás is beazonosítható, mint pl. a mozgó rész tömege és sebessége alapján túl nagy ütési energia, vagy a felületek magas hőmérséklete...),
  - e. ha elérhető a biztonság a megfelelő távolság alkalmazásával, akkor annak alkalmazása a tervezés, gépépítés során.

A következő táblázat összefoglalja a legkisebb távolságokat, amelyek biztosítása esetén az érintett testrészek összezúzódása elkerülhető. Értelmszerűen, ha egy adott zúzódási térben többféle testrész jelenléte nem zárható ki, akkor a nagyobb távolság alkalmazása szükséges!

Figyelem! Amennyiben a zúzódási veszély nem zárható ki a következő táblázatban található minimális távolságok biztosításával, úgy további védőintézkedésekre van szükség! Ilyen lehet pl. a veszélyes tér elburkolása, biztonsági berendezések alkalmazása vagy a hozzáférés kizárása a megfelelő biztonsági távolság biztosításával.

Zúzódási veszélynek kitett testrész	Előírt legkisebb távolság	Ábra
Test	500 mm	
Fej	300 mm	
Láb	180 mm	
Lábfej	120 mm	
Lábujjak	50 mm	
Kar	120 mm	
Kézfej, csukló, ököl	100 mm	
Ujjak	25 mm	

6.1 ábra: Legkisebb távolságok a testrészek összenyomódásának elkerüléséhez [30]

## 6.2. Biztonsági távolságok

Vonatkozó szabvány: MSZ EN ISO 13857:2020

Számos kockázat egyszerűen és jól kezelhető a személyek, illetve végtagjaik veszélyes tértől történő távol tartása, azaz a biztonsági távolságok alkalmazásával. Ennek lényege, hogy az adott veszélyzónától bizonyos távolságon belülre nem engedünk hozzáférést pl. kerítések, rácsok elhelyezésével.

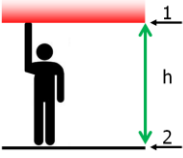
A biztonsági távolságok meghatározása előtt a gyártónak el kell döntenie, hogy a következő értékek közül a nagy vagy a kis kockázatokra vonatkozó értékeket kell-e használnia. Csak olyan veszélyek tekinthetők kis kockázatúnak, mint pl. a dörzsölés vagy horzsolás, amikor a test hosszú idejű vagy visszafordíthatatlan károsodása nem várható.

Amennyiben az itt feltüntetett megoldások nem használhatóak (pl. kilöködési vagy sugárveszély, vagy egyszerűen a szükségesnél kisebb tér rendelkezésre állása esetén), akkor egyéb biztonsági intézkedések alkalmazása szükséges.

### 6.2.1. Veszélyes terek felső végtaggal való elérése

#### Felnyúlás

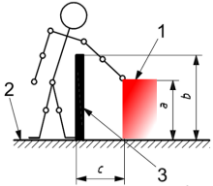
A következő ábra értelmében védelem nélküli veszélyes tér nem lehet a kezelők felett a megadott magassági értékek alatt.

Ábra	Jelmagyarázat	Biztonsági távolság (kis kockázat esetén)	Biztonsági távolság (nagy kockázat esetén)
	1: Veszélyzóna 2: Padlószint (referencia szint) h: veszélyzóna magassága	$h \geq 2.500 \text{ mm}$	$h \geq 2.700 \text{ mm}$

6.2 ábra: Veszélyes terek felső végtaggal való elérése [31]

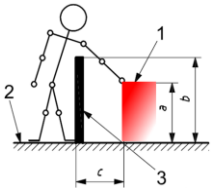
## Átnyúlás védőszerkezet felett

A következő ábra és a hozzá tartozó táblázat mutatja be a védőszerkezet (pl. kerítés) magassága, veszélyzóna magassága és a biztonsági távolság összefüggését. Értелеmszerűen minél alacsonyabb a védőszerkezet és minél magasabban van a veszélyzóna, egyre nagyobb biztonsági távolságok alkalmazása válik szükségessé.

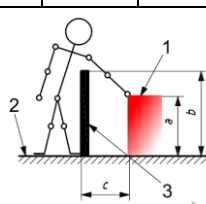
Ábra	Jelmagyarázat	Értékek kis kockázat esetén	Értékek nagy kockázat esetén
	1: Veszélyzóna 2: Padlószint (referencia szint) 3: Védőszerkezet a: veszélyzóna magassága b: védőszerkezet magassága c: biztonsági távolság	Az értékeket az 1. táblázat tartalmazza	Az értékeket a 2. táblázat tartalmazza

6.3. ábra: Átnyúlás védőszerkezet felett [31]

6.1. táblázat: Átnyúlás védőszerkezet felett – kis kockázat esetén [31]

1. táblázat	Értékek kis kockázat esetén								
	„b” Védőszerkezet magassága [mm]								
	1.000	1.200	1.400	1.600	1.800	2.000	2.200	2.400	2.500
„a” Veszélyzóna magassága [mm]	„c” Biztonsági távolság [mm]								
2.500	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.400	100	100	100	100	100	100	100	100	0
2.200	600	600	500	500	400	350	250	0	0
2.000	1.100	900	700	600	500	350	0	0	0
1.800	1.100	1.000	900	900	600	0	0	0	0
1.600	1.300	1.000	900	900	500	0	0	0	0
1.400	1.300	1.000	900	800	100	0	0	0	0
1.200	1.400	1.000	900	500	0	0	0	0	0
1.000	1.400	1.000	900	300	0	0	0	0	0
800	1.300	900	600	0	0	0			
600	1.200	500	0	0	0	0			
400	1.200	300	0	0	0	0			
200	1.100	200	0	0	0	0			
0	1.100	200	0	0	0	0			
Megjegyzések:									
<ul style="list-style-type: none"><li>Védőszerkezetek 1.000 mm magasság alatt nem biztosítják az átnyúlás elleni védelmet.</li><li>A táblázatban szereplő értékek közül mindig a nagyobb biztonságot jelentőt kell választani köztes esetben!</li></ul>									

6.2. táblázat: Átnyúlás védőszerkezet felett – nagy kockázat esetén [31]

2. táblázat	Értékek nagy kockázat esetén									
	„b” Védőszerkezet magassága [mm]									
	1.000	1.200	1.400	1.600	1.800	2.000	2.200	2.400	2.500	2.700
„a” Veszélyzóna magassága [mm]	„c” Biztonsági távolság [mm]									
2.700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.600	900	800	700	600	600	500	400	300	100	0
2.400	1.100	1.000	900	800	700	600	400	300	100	0
2.200	1.300	1.200	1.100	900	800	600	400	300	0	0
2.000	1.400	1.300	1.100	900	800	600	400	0	0	0
1.800	1.500	1.400	1.100	900	800	600	0	0	0	0
1.600	1.500	1.400	1.100	900	800	500	0	0	0	0
1.400	1.500	1.400	1.100	900	800	0	0	0	0	0
1.200	1.500	1.400	1.100	900	700	0	0	0	0	0
1.000	1.500	1.400	1.000	800	0	0	0	0	0	0
800	1.500	1.300	900	600	0	0	0			
600	1.400	1.300	800	0	0	0	0			
400	1.400	1.200	400	0	0	0	0			
200	1.200	900	0	0	0	0	0			
0	1.100	500	0	0	0	0	0			
Megjegyzések:										
<ul style="list-style-type: none"><li>• Védőszerkezetek 1.000 mm magasság alatt nem biztosítják az átnyúlás elleni védelmet.</li><li>• 1.400 mm alatti védőszerkezetek esetén további biztonsági intézkedésekre van szükség!</li><li>• A táblázatban szereplő értékek közül mindig a nagyobb biztonságot jelentőt kell választani köztes esetben!</li></ul>										

## Benyúlás

A gépen, vagy annak burkolatán található nyíláson történő benyúlás esetére adja meg a következő táblázat az elvárt biztonsági távolságokat abból az alapfeltevésekből, hogy a kar csak vállizületig tud behatolni. Ezt fejezi ki a max. 120 mm-es jellemző nyílásméret - ami kör alak esetén az átmérője, négyzet alak esetén az oldalhosszúsága, horony alak esetén a szélessége -, ameddig alkalmazható a táblázat.

Mozgás korlátozása	Biztonsági távolság ( $s_r$ )	Ábra (A: kar mozgástartománya; értékek mm-ben)
Mozgás korlátozása csupán a vállon és a hónaljon	$s_r \geq 850$ mm	
A kar és a könyök alátámasztva	$s_r \geq 550$ mm	
A kar csuklóig alátámasztva	$s_r \geq 230$ mm	
A kar és a kéz ujjtőig alátámasztva	$s_r \geq 130$ mm	

6.4. ábra: Benyúlás [31]

### Átnyúlás nyílásokon – jellemző nyílásméret

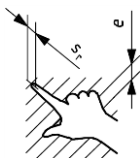
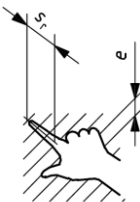
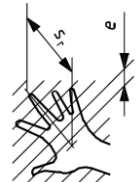
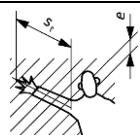
A nyílásokon történő átnyúlási lehetőségekhez tartozó biztonsági távolságok meghatározásának első lépése magának a nyílásnak a jellemző értékének meghatározása szabályos és szabálytalan forma esetén egyaránt. Ennek szabályait mutatja a következő ábra:

A nyílás méretét kifejező „e” értékének meghatározása:		<p><i>Magyarázat:</i></p> <p>Az „e” érték a négyzet alakú nyílások oldalhossza, horony alakú nyílásoknál a szélessége, kör alak esetén az átmérője. Szabálytalan formájú nyílás esetén a nyílás köré írható szabályos formák „e” értékei közül a kisebbik.</p>
--	--	--

6.5. ábra: Jellemző nyílásméret meghatározása [31]

### Átnyúlás nyíláson

A jellemző nyílásméret („e”) értéke és a nyílás formája alapján már meghatározható a felső végtag számára szükséges biztonsági távolság, amelynek értékeit a következő táblázat tartalmazza:

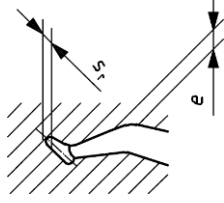
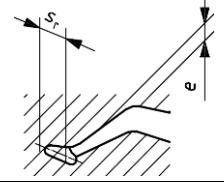
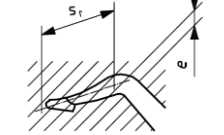
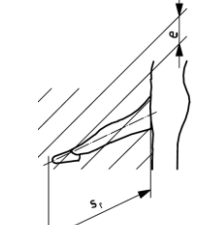
Testrész (tájékoztató)	Ábra	Nyílás e [mm]	Biztonsági távolság, s <sub>r</sub> [mm]		
			Horony	Négyzet	Kör
Ujjhegy		$e \leq 4$	$\geq 2$	$\geq 2$	$\geq 2$
		$4 < e \leq 6$	$\geq 10$	$\geq 5$	$\geq 5$
Ujj az ujjtőig		$6 < e \leq 8$	$\geq 20$	$\geq 15$	$\geq 5$
		$8 < e \leq 10$	$\geq 80$	$\geq 25$	$\geq 20$
		$10 < e \leq 12$	$\geq 100$	$\geq 80$	$\geq 80$
		$12 < e \leq 20$	$\geq 120$	$\geq 120$	$\geq 120$
Kéz		$20 < e \leq 30$	$\geq 850$ (ha a horony hossza $\leq 65$ mm, s <sub>r</sub> $\geq 200$ mm elfogadható!)	$\geq 120$	$\geq 120$
Kar a vállízületig		$30 < e \leq 40$	$\geq 850$	$\geq 200$	$\geq 120$
		$40 < e \leq 120$	$\geq 850$	$\geq 850$	$\geq 850$

6.6. ábra: Átnyúlás nyíláson [31]

A fenti táblázatban található értékek a 14 éves vagy idősebb személyek esetére tartalmazza az méreteket.

## 6.2.2. Veszélyes terek alsó végtaggal való elérése

A jellemző nyílásméret („e”) fentieknek megfelelő meghatározása és a nyílás formája alapján lényegében ugyanúgy meghatározható az alsó végtag számára szükséges biztonsági távolság is, amelynek értékeit a következő táblázat tartalmazza:

Testrész (tájékoztató)	Ábra	Nyílás e [mm]	Biztonsági távolság, $s_r$ [mm]	
			Horony	Négyzet vagy kör
Lábujj		$e \leq 5$	0	0
		$5 < e \leq 15$	$\geq 10$	0
		$15 < e \leq 35$	$\geq 80$ (ha a horony szélessége $\leq 75$ mm, akkor $s_r \geq 50$ mm elfogadható!)	$\geq 25$
Lábfej		$35 < e \leq 60$	$\geq 180$	$\geq 80$
		$60 < e \leq 80$	$\geq 650$	$\geq 180$
Láb (lábujjtól térdig)		$80 < e \leq 95$	$\geq 1.100$	$\geq 650$
Láb (lábujjtól combtőig)		$95 < e \leq 180$	$\geq 1.100$	$\geq 1.100$
		$180 < e \leq 240$	nem megengedhető	$\geq 1.100$

6.7. ábra: Veszélyes terek alsó végtaggal való elérése [31]

## 6.3. Védőburkolatok kiválasztása

Vonatkozó szabványok: MSZ EN ISO 14120:2016, MSZ EN ISO 12100:2011

A védőburkolatok a legelterjedtebben használt biztonsági berendezések közé tartoznak, széles körben alkalmazzák ezeket különféle veszélyek elleni védelemként, valamint kialakításukat tekintve is meglehetősen sok verzió létezik. Fontos, hogy az alkalmazásukat előzze meg a ténylegesen kezelendő kockázatok meghatározása és ez alapján a megfelelő védőburkolat fajta kiválasztása és a kialakítására, elhelyezésére vonatkozó szabályok meghatározása.

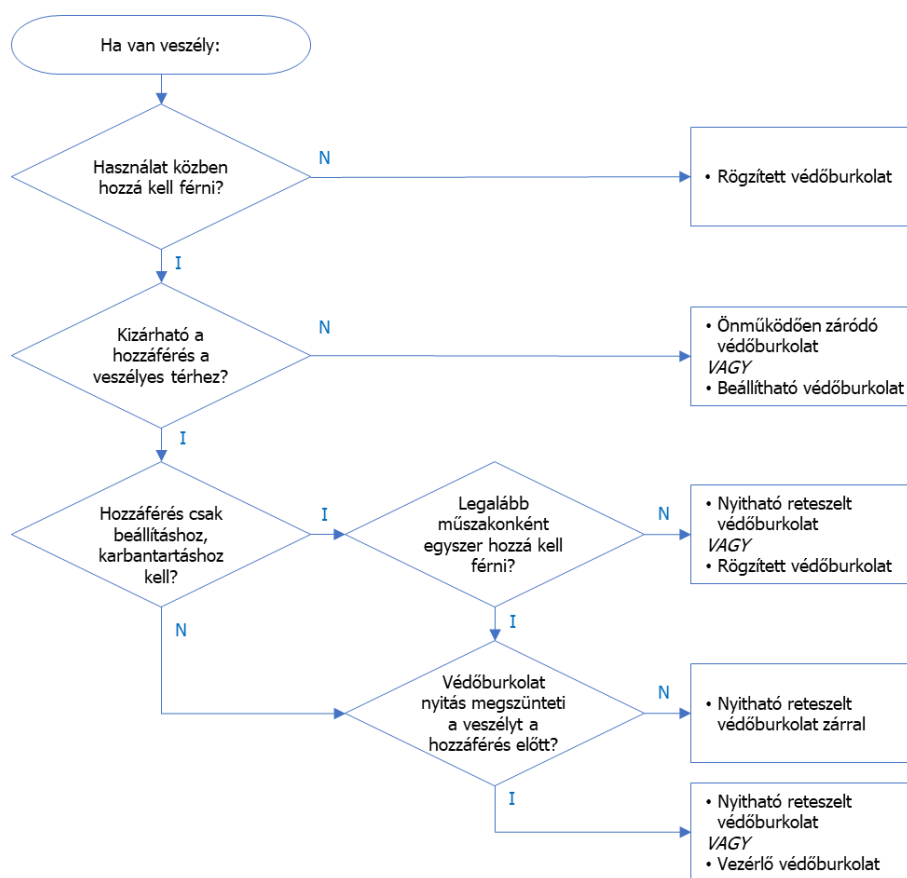
Szerkezeti kialakításától függően a védőburkolatokra gyakran eltérő megnevezéseket alkalmaznak, mint például zárt burkolat, ajtó, tok, védőlemez, fedél, ernyő.

Az alábbi típusú védőburkolatok alkalmazása lehetséges:

- rögzített védőburkolat,
- nyitható reteszelt védőburkolat,
- nyitható zárral ellátott reteszelt védőburkolat,
- önműködően záródó védőburkolat,
- beállítható védőburkolat,
- vezérlő védőburkolat.

### A kiválasztás szabályai

Az alkalmazandó védőburkolat kiválasztásához a következő egyszerű folyamatábra nyújt segítséget:

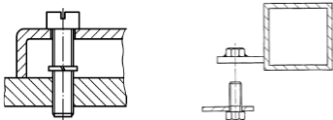


6.8. ábra: Védőburkolatok kiválasztási szabályai [20]

## Burkolat típusok és követelmények

A következő táblázatban összefoglaló jelleggel megtalálható, hogy az egyes védőburkolat típusok kialakítására milyen előírások vonatkoznak.

**6.3. táblázat: Védőburkolatok típusa és követelményeik [20]**

Ssz.	Védőburkolat típusok	Követelmény leírása
1.	rögzített védőburkolat	<p>Olyan módon (például fejescsavarokkal, csavaranyákkal, hegesztéssel) legyen rögzítve a védőburkolat, hogy csak szerszámmal vagy a rögzítőeszközök roncsolásával legyen nyitható vagy távolítható el.</p> <p>Az alkalmazott kötőelemek lehetőleg legyenek „elveszíthetetlenek”:</p> 
2.	nyitható reteszelt védőburkolat	<p>Reteszelőberendezéssel összekapcsolt védőburkolat, amely a gép vezérlő-rendszerével együtt kell, hogy teljesítse a következőket:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a védőburkolattal „lefedett” veszélyes gépi funkciók nem működtethetők mindaddig, amíg a védőburkolat nincs becsukva</li> <li>ha a védőburkolat nyitva van, miközben a veszélyes gépi funkciókat működtetik, akkor állj parancsot ad</li> <li>ha a védőburkolat be van csukva, akkor a védőburkolattal „lefedett” veszélyes gépi funkciók működtethetők</li> <li>a védőburkolat becsukása önmagában nem indítja el a veszélyes gépi funkciókat</li> <li>mozgó részek nem indulhatnak (=veszélyes szituáció nem jöhet létre), amíg a kezelő elérheti</li> <li>felszerelése szándékos művelettel történhet</li> <li>hiányosság, hiba állítsa le a mozgást/veszélyes működést</li> <li>hiányosság, hiba akadályozza meg az indulást</li> </ul>
3.	nyitható zárral ellátott reteszelt védőburkolat	<p>Zárral ellátott és reteszelőberendezéssel összekapcsolt védőburkolat, amely a gép vezérlő-rendszerével együtt kell, hogy teljesítse a következőket:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a védőburkolattal „lefedett” veszélyes gépi funkciók nem működtethetők mindaddig, amíg a védőburkolat nincs becsukva és lezárva</li> <li>ha a védőburkolat nyitva / nem lezárva van, miközben a veszélyes gépi funkciókat működtetik, akkor állj parancsot ad</li> <li>ha a védőburkolat be van csukva és le van zárva, akkor a védőburkolattal „lefedett” veszélyes gépi funkciók működtethetők</li> <li>a védőburkolatot becsukva és lezárva marad mindaddig, amíg a védőburkolattal „lefedett” veszélyes gépi funkciókhoz kapcsolódó kockázat meg nem szűnik</li> <li>a védőburkolat becsukása és lezárása önmagában nem indítja el a veszélyes gépi funkciókat</li> <li>mozgó részek nem indulhatnak (=veszélyes szituáció nem jöhet létre), amíg a kezelő elérheti</li> <li>felszerelése szándékos művelettel történhet</li> <li>hiányosság, hiba állítsa le a mozgást/veszélyes működést</li> <li>hiányosság, hiba akadályozza meg az indulást</li> </ul>
4.	önműködően záródó (=gépi működtetésű) védőburkolat	<ul style="list-style-type: none"> <li>nem okozhatnak sérüléseket (pl. zárási nyomás, erő, sebesség, éles sarkok...)</li> <li>ha a védőburkolat olyan védőberendezéssel van felszerelve, amelyik automatikusan előidézi a védőburkolat újbóli nyitását akkor a záróerő max. 150 N és a kinetikai energiája max. 10 J lehet</li> <li>ha nem ilyenfajta védőberendezés van felszerelve, akkor záróerő max. 75 N és kinetikai energiája max. 4 J lehet</li> </ul> <p>(Ezek az értékek csak akkor alkalmazhatóak, amikor széles záróélt használnak, és nincs vágás- vagy nyírásveszély!)</p>

Ssz.	Védőburkolat típusok	Követelmény leírása
5.	beállítható védőburkolat	Olyan rögzített vagy nyitható védőburkolat, amely teljes terjedelmében állítható, vagy amelynek állítható része(i) van(nak). Követelményei: <ul style="list-style-type: none"> <li>• a beállított helyzet maradjon stabil!</li> <li>• könnyen (szerszám nélkül) legyen állítható!</li> </ul>
6.	vezérlő védőburkolat	Vezérlő védőburkolat - a reteszelt védőburkolat sajátos formája, amely elérve becsukott helyzetét, kiad egy parancsot a veszélyes gépi funkció(k) megkezdésére a különálló indítóvezérlés nélkül. Követelményei: <ul style="list-style-type: none"> <li>• nyitható reteszelt védőburkolat követelményei teljesülnek</li> <li>• gépi ciklus időtartama rövid</li> <li>• nyitvatartási idő figyelése, időkorlát alkalmazása megvalósul</li> <li>• veszélyes térbe benyúlás, átnyúlás kizárt</li> <li>• az összes többi burkolat reteszelt</li> </ul>

Fontos, hogy a reteszelt kialakítású burkolatoknál a reteszelés, illetve a vezérlő védőburkolatok esetén a nyitvatartási idő figyelése és az időkorlátozás is biztonsági funkciónak minősül, így ezek kialakításához az EN ISO 13849-1 szerinti követelményeket is figyelembe kell venni. Erre vonatkozóan jelen szakmai segédanyag 5. fejezete tartalmaz további tájékoztatást!

### Gépi működtetésű védőburkolatok

A ciklusidők javítása és az automatizált megoldások elterjedésével egyre nagyobb szerepet kapnak a gépi működtetésű védőburkolatok, amelyek lényege, hogy a burkolat zárását, nyitását gépi erővel végzik, ezzel is felszabadítva az operátor idejét. Természetesen ennek a megoldásnak is vannak járulékos kockázatai, hiszen a mozgó burkolatelem önmagában veszélyforrás lehet, zúzódást, ütést, akár nyírást okozhat, amiért a kialakításukra külön figyelmet kell fordítani (pl. a záróél megfelelően széles kialakításával, élek, szögletes részek elkerülésével, ütési energiát elnyelő védőélek alkalmazásával, stb.).

Ha a védőburkolat nincs további védőberendezéssel (pl. nyomásra érzékeny él) felszerelve, akkor a záróerő max. 75 N és a kinetikai energiája max. 4 J lehet. Ahol a védőburkolat olyan védőberendezéssel van felszerelve, amelyik automatikusan előidézi a védőburkolat újbóli nyitását, ott a záróerő legfeljebb 150 N, és a védőburkolat kinetikai energiája legfeljebb 10 J lehet [20].

## 7. Gépek villamos szerkezeteinek biztonsága

---

Ebben a fejezetben a gépek villamos szerkezeteinek biztonságával (EN 60204-1) valamint a villamos hajtásoknál alkalmazott biztonsági funkciókkal (EN 61800-5-1) foglalkozunk.

### 7.1. Gépek villamos szerkezetei az EN 60204-1 szerint

---

Az EN ISO 12100 alapján az ipari gépek esetén az EN 60204-1 szabvány tartalmazza az általános követelményeket a gépek villamos szerkezeteire, villamos rendszereire vonatkozóan. Ez az egyik legszélesebb körben alkalmazott szabvány a gépbiztonság területén a gépek villamos biztonságával kapcsolatban.

(Pl. háztartási jellegű berendezések esetén az EN 60335-ös, ipari mérő-, szabályzó- és laboratóriumi berendezések esetén az EN 61010-es szabványcsalád az irányadó.)

Jelen fejezetben csak a lefedett témakörök bemutatását tűztük ki célul, mivel a téma terjedelme bőven meghaladja a rendelkezésre álló keretet, tehát az egyes témákra vonatkozó részletes szabályok megismerése érdekében javasoljuk a szabvány érvényes változatának a megismerését!

Ez a szabvány három, részben összefüggő célt szolgál egyidejűleg [32]:

- Személy- és vagyonbiztonság (beleértve a berendezéseket, eszközöket, alkatrészeket stb.).
- A vezérlőrendszer megbízhatóságához, helyes működéséhez szükséges feltételek biztosítása.
- Gépek könnyű kezelhetőségének és karbantarthatóságának biztosítása.

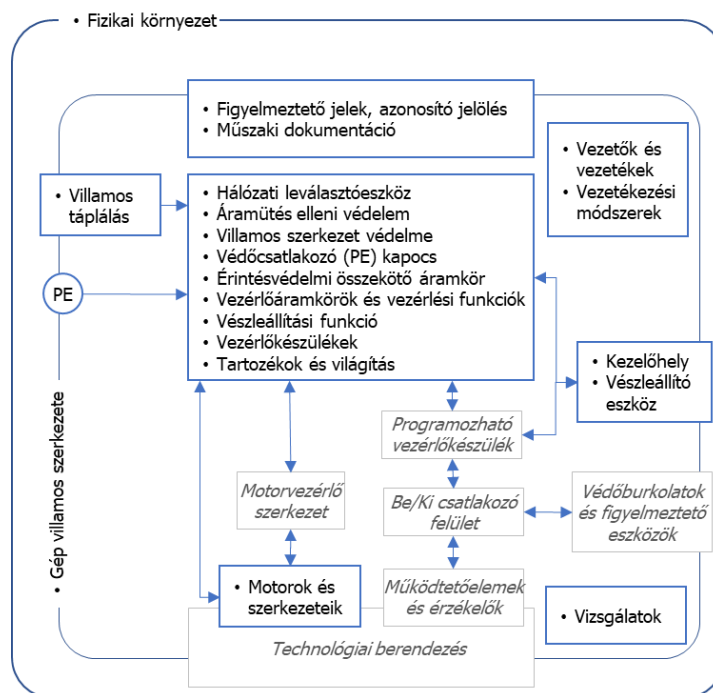
Az ebben található követelmények egyrészt szolgálják a gép villamos szerkezetével járó veszélyek kockázatainak kezelését a veszélyeztetett személyek védelme érdekében, másrészt a gép és szerkezeteinek a megfelelő működőképességének fennmaradását is pl. elektromos tűz és hasonló hatások miatti károsodásának megelőzésével.

A meghatározott követelmények főleg a következő veszélyhelyzetek megelőzését, kezelését teszik lehetővé:

- áramütés, villamos ív képződés vagy tűz a villamos szerkezetek meghibásodásai vagy hibái miatt,
- gép hibás működése a vezérlőáramkörök (és ezek alkatrészei, részegységei) meghibásodásai vagy hibái miatt,

- gép hibás működése az energiaforrások zavarai és kimaradásai vagy a tápáramkörök olyan meghibásodásai vagy hibái miatt
- biztonsági funkciók meghibásodásai az áramkörök folytonosságának megszakadása miatt,
- gép meghibásodása akár külső akár belső eredetű villamos zavarok (például elektromágneses, elektrosztatikus),
- sérülés, áramütés okozása a tárolt villamos vagy mechanikai energia felszabadulása miatt,
- égési sérülések a felületi hőmérsékletek miatt.

A következő ábra egy tipikus gép blokkdiagramján keresztül mutatja be a meghatározott követelmények témaköreit (normál betűtípussal a szabvány által lefedett témakörök, szürke dőlt betűvel a kapcsolódó, de le nem fedett témakörök).



7.1. Ábra - Egy tipikus gép blokkdiagramja és az EN 60204-1 által lefedett témakörök [32]

A gépek villamos szerkezeteinek biztonságával kapcsolatos alapvetés, hogy az egyes alkatrészek, eszközök a tervezett használati célnak megfelelőek legyenek, feleljenek meg a rájuk, mint termékre vonatkozó követelményeknek és beépítésük, alkalmazásuk feleljen meg a gyártóik előírásainak.

A villamos szerkezet pedig előírás-szerűen működjön az előírt táplálási feltételek mellett, ami lehet a szabványban előírt értékeknek megfelelő vagy az üzemeltető által a gyártónak előírt értékek vagy a gyártó által meghatározott értékek szerinti.

Az alapértelmezett táplálási feltételek váltakozó áramú táplálás esetén pl. a feszültség a névleges feszültség 0,9-1,1-szerese, a frekvencia a névleges frekvencia 0,99-1,01-

szorosa, ami rövid ideig lehet akár 0,98-1,02-szoros is, a feszültségkimaradás max. 3 ms, két kimaradás között legalább 1s teljen el. Egyenáramú táplálás esetén pl. a feszültség a névleges feszültség 0,85-1,15-szöröse, a feszültségkimaradás legfeljebb 5 ms lehet. [32]

## 7.2. Villamos hajtások biztonsága, biztonsági funkciók

A villamos hajtások biztonságával az MSZ EN 61800-5-2:2017, Szabályozható fordulatszámú villamos hajtásrendszerek. 5-2. rész: Biztonsági követelmények. Funkcionális biztonság (IEC 61800-5-2:2016) szabvány foglalkozik. [19]

### Biztonságos nyomaték kikapcsolás (STO Safe Torque Off)

Az STO funkció a leggyakoribb és alapvető, hajtásba integrált biztonsági funkció. Biztosítja, hogy nyomatékot generáló energia ne tudjon tovább hatni a motorra, és megakadályozza a véletlen indítást.

*Az EN 61800-5-2 szerinti definíció: "Az STO funkció megakadályozza, hogy a motor energiát kapjon, amely nyomatékot generálhat." [19], [8]*

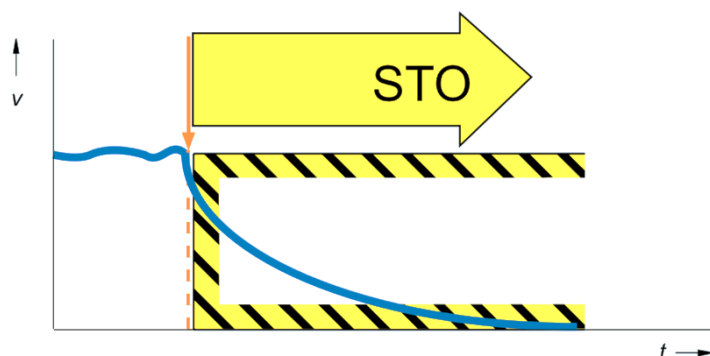
#### Hatás

Ez a funkció az EN 60204-1 szabvány 5.4. szakaszának megfelelően megakadályozza a meghajtó váratlan újraindítását. A Safe Torque Off funkció biztonságosan törli a hajtás impulzusait. A hajtás megbízhatóan nyomatékmentes. Ezt az állapotot a meghajtó belül figyeli.

#### Alkalmazások

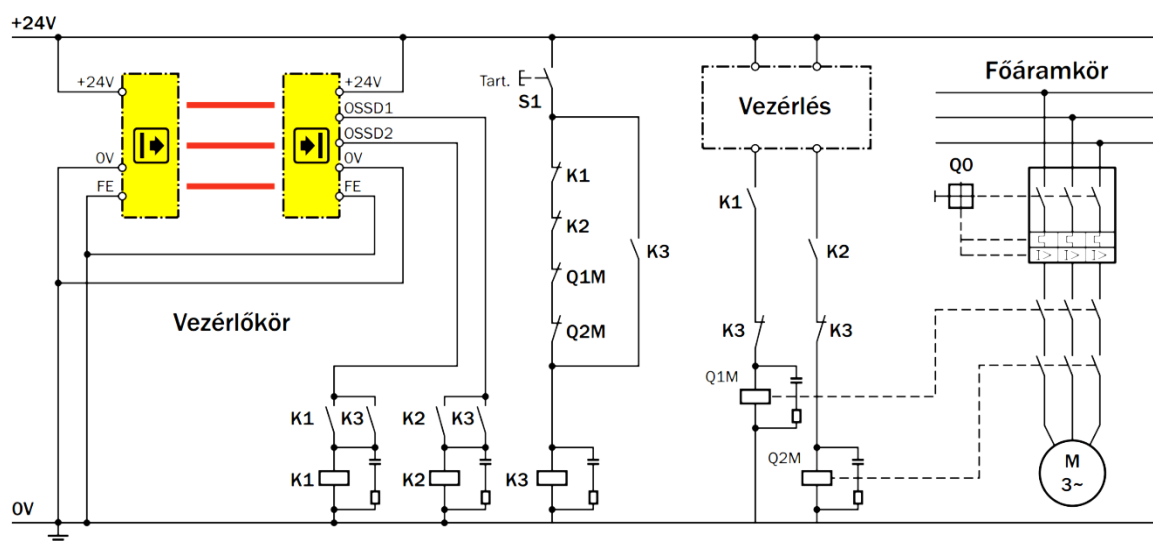
Az STO azonnali hatással van arra, hogy a hajtás nem tud nyomatékot generáló energiát szolgáltatni. Az STO mindenhol használható, ahol a hajtás a terhelési nyomaték vagy a súrlódás miatt kellően rövid időn belül leáll, vagy ahol a hajtás esetleges gravitáció hatására történő lezuhanása nem fontos a biztonság szempontjából. Az STO lehetővé teszi a biztonságos munkavégzést nyitott védőajtó mellett (újraindítás reteszelés), és széles körben alkalmazható mozgó tengelyű gépekben/rendszerekben, pl. kezelés, szállítószalag technológia esetén. [6]

- Veszélyes mozgások váratlan megindulásának megakadályozása beállítás, átkapcsolás és hibaelhárítás során.
- A biztonsági védőburkolat kinyitásakor az STO aktiválódik, és a motor szabadon leáll.



7.2. ábra: Biztonságos nyomaték kikapcsolás (STO) Safe Torque Off [6]

A 7.2. ábra az STO aktiválásához szükséges bemeneti jel időkarakterisztikáját és a motor fordulatszámát mutatja. Az STO biztonsági funkció megfelel az EN 60204-1, 0. leállítási kategóriájú, ellenőrizetlen leállításnak. Akkor használható, ha az áramellátás megszakítására van szükség a váratlan indítás megelőzése érdekében. A leállítási helyzet nem figyelhető meg, nincs ellenőrizve érzékelővel. Ha az STO biztonsági funkció működés közben aktiválódik, a motor fékezetlenül lefut. [7]



7.3. ábra: Alkalmazási példa STO biztonsági funkcióra [1]

A 7.3. ábrán egy fényfüggönnyel védett hajtás látható. Működési mód: a K1 és K2 mágneskapcsoló nyugalmi helyzetében az S1 működtetésével a K3 mágneskapcsoló bekapcsol, és öntartó állapotba kerül. Ha nem érzékel tárgyat az aktív védőmezőben, akkor az OSSD1 és OSSD2 kimenetek feszültség alatt állnak. A K3 záró érintkezőkön keresztül kapcsolja be a K1 és K2 mágneskapcsolót, amelyek azután öntartó helyzetbe kerülnek. A K3 az S1 kapcsoló elengedésekor kikapcsol. A kimeneti áramkörök csak ezt követően záródnak. Az aktív védőmezőben lévő tárgy érzékelésekor a K1 és K2 mágneskapcsolót az OSSD1 és OSSD2 kapcsolja ki. A motor leválasztását a Q1M és a Q2M kontaktorok végzik (STO) [1]

## Biztonságos megállítás 1 (SS1 Safe Stop 1)

Az SS1 funkció a motort gyorsan és biztonságosan leállítja, és a leállás után a motort úgy kapcsolja ki, hogy egyáltalán ne fejtessen ki nyomatékot, azaz aktiválódik az STO.

*Az EN 61800-5-2 szerinti definíció: "Az SS1 funkció lefékezi a motort, és egy késleltetési idő után leoldja az STO funkciót." [8] [19]*

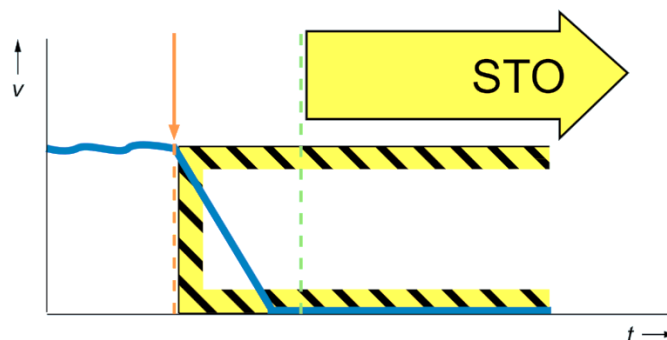
### *Hatás*

A Safe Stop 1 funkció biztonságosan leállíthatja a hajtást az EN 60204-1, 1. leállítási kategória szerint. Ha az SS1 funkciót választja, a hajtás önállóan fékez egy gyorsleállító rámpa mentén, és automatikusan aktiválja a Biztonságos nyomaték ki és a Biztonságos fékvezérlés funkciókat (ha engedélyezve van), amikor a konfigurált biztonsági késleltetési időzítő lejár. [6]

### *Alkalmazások*

Az SS1 funkció akkor használatos, ha biztonsági esemény esetén a hajtásnak a lehető leggyorsabban le kell állnia, majd STO állapotba kell lépnie (például VÉSZLEÁLLÍTÁS esetén). Így a nagy centrifugális tömegek lehető leggyorsabb leállítására szolgál a kezelőszemélyzet biztonsága érdekében, vagy a motorok minél gyorsabb lefékezésére nagy fordulatszámon. A tipikus alkalmazások közé tartoznak például:

- Fűrészek, köszörűgépek, centrifugák, rakodódaruk, csévézők.
- A biztonsági védőburkolat kinyitásakor az SS1 aktiválódik, és a motor a lehető leggyorsabban leáll. Ekkor a váratlan indítás megakadályozásra kerül, mivel az STO aktív.
- Ha egy cukorcentrifugában egyensúlyhiány lépne fel, a hajtást a lehető leggyorsabban le kell állítani, mert a tonnás nagyságrendű dob egyébként ellenőrizhetetlenül elszabadulhat. Az ellenőrzött rámpa figyelés feltétlenül szükséges, mivel nem zárható ki a hibás hajtásvezérlés miatti fékezés helyett a gyorsítás. Ezt a helyzetet gyorsan észleli a fékrámpa figyelése, és a hiba hatására az STO működésbe lép. [7]



7.4 ábra: Biztonságos megállítás 1 (SS1) Safe Stop 1 [6]

A 7.4. ábra az SS1 aktiválásához szükséges bemeneti jel időkarakterisztikáját és a motor fordulatszámát mutatja. Az SS1 biztonsági funkció az EN 60204-1 szabvány 1. leállítási kategóriája szerinti szabályozott leállításnak felel meg. A „motor lassítási ideje” a motor lefékezésének mértékétől (fékezőnyomatéktól) függ. [7]

### Biztonságos működési leállás (SOS Safe Operating Stop)

Az SOS funkcióval a leállított motor adott pozícióba kerül, és a hajtásvezérlő figyeli az állapotot.

*Az EN 61800-5-2 szerinti definíció: "Ez az SOS funkció a hajtás álló helyzetének biztonságos felügyeletére szolgál." [8] [19]*

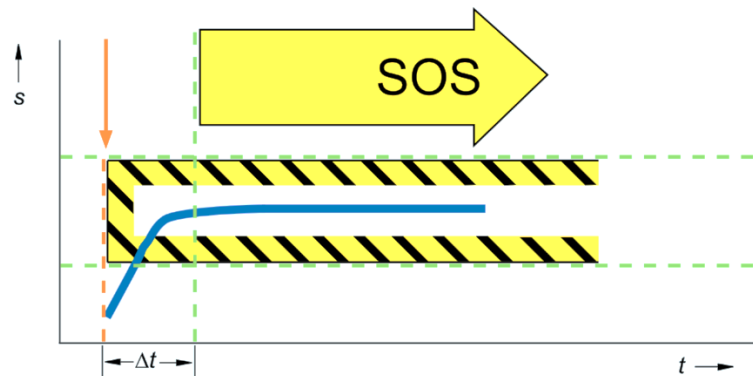
#### Hatás

A Safe Operating Stop funkció a biztonságos leállás felügyeletét jelenti. A hajtásvezérlő működésben marad. A motor ezért a teljes nyomatékot képes leadni az aktuális pozíció megtartásához. A tényleges helyzet megbízhatóan figyelhető. Az SS1 és SS2 (később ismertetjük) biztonsági funkciókkal ellentétben a fordulatszám alapjelét nem befolyásolja automatikusan. Az SOS aktiválása után a magasabb szintű vezérlésnek egy paraméterezett időn belül le kell állítania a hajtást, majd meg kell tartania a pozíció alapjelét. [6]

#### Alkalmazások

Az SOS ideális megoldás minden olyan alkalmazáshoz, ahol a gépnek vagy a gép részeinek bizonyos megmunkálási lépéseknél biztonságosan le kell állniuk, de a hajtásnak tartónyomatékot is biztosítani kell. Biztosított, hogy a hajtás a terhelési nyomaték ellenére az aktuális helyzetében marad. Az SS1-vel és SS2-vel ellentétben a hajtás ebben az esetben nem fékez automatikusan. Az SOS-t széles körben használják például csévézőkben, átalakító- és csomagológépekben, valamint szerszámgépekben. [6]

- beállítási mód automatikus esztergagépeken/megmunkáló központokon,
- kézi mérés megmunkálás közben



7.5. ábra: Biztonságos működési leállítás (SOS) Safe Operating Stop [6]

Az 7.5. ábra a SOS aktiválásához szükséges bemeneti jel időkarakterisztikáját és a motor helyzetét mutatja. Ha a hajtásrendszert a gyártási folyamat egy bizonyos pontján pozícióvesztés nélkül le kell állítani (például egy szerszámgépen történő előtolás), akkor a gép álló helyzetében minden vezérlési funkciót fenn kell tartani. Ugyanakkor meg kell akadályozni a váratlan indítást. Ez a leállítás biztonságos felügyeletével érhető el, miközben a motor pozícióvezérlés alatt marad. A váratlan indítást gyorsan észleli. Az STO aktiválva van, hogy megakadályozza a személyek veszélyeztetését. A SOS törlése után a meghajtó mozgása közvetlenül a leállítási pozícióból folytatható. [7]

### Biztonságos megállítás 2 (SS2 Safe Stop 2)

Az SS2 funkció gyorsan és biztonságosan leállítja a motort, majd leállítás után aktiválja az SOS funkciót.

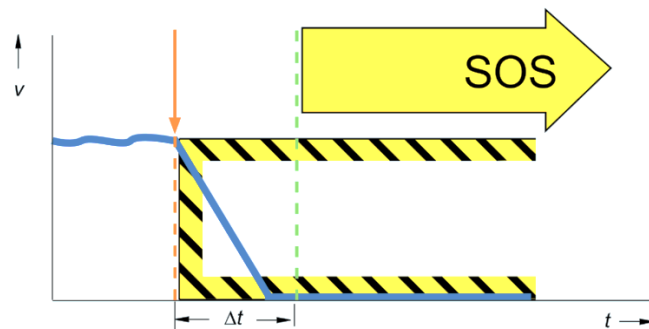
*Az EN 61800-5-2 szerinti meghatározás: "Az SS2 funkció lefékezi a motort, figyeli a motor lassításának nagyságát, majd késleltetési idő után elindítja az SOS funkciót." [8] [19]*

#### Hatás

A Safe Stop 2 funkció biztonságosan leállíthatja a hajtást az EN 60204-1 szabvány 2. leállítási kategóriája szerint. Ha az SS2 funkciót választja, a hajtás önállóan fékez egy gyorsleállító rámpa mentén. Az SS1-től eltérően az automatikus fordulatszám-szabályozás ezután is működőképes marad, azaz a motor a nulla fordulatszám fenntartásához szükséges teljes nyomatékot tudja biztosítani. Az álló helyzetet biztonságosan felügyelik (Safe Operating Stop funkció).

Az SS1-hez hasonlóan az SS2 funkció biztosítja a motor lehető leggyorsabb lassítását. Ekkor azonban a motor teljesítménye nem kapcsol ki, hanem egy vezérlőrendszer megakadályozza, hogy az álló helyzetét elhagyja, még akkor is, ha külső erő hat rá. Az SS2-nek sokféle alkalmazása van, például gyártógépekben, szerszámgépeken. [6]

- Szerszámgépen a munkadarabon a munkafolyamat során mérést kell végezni anélkül, hogy a motorvezérlés feszültségmentesítése következtében helyzetváltozás következne be. A biztonsági burkolat kinyitása az SS2 kioldását okozza. A veszélyes mozgást leállítja, és a váratlan indítást az SOS megakadályozza.
- A függőleges tengely terhelése megáll a biztonsági védőburkolat kinyitásakor, és ezt követően a SOS tartja a helyén. A veszélyes zónában tartózkodó kezelők potenciáljától függően további intézkedésekre lehet szükség.



7.6. ábra: Biztonságos megállítás 2 (SS2) Safe Stop 2 [6]

A 7.6. ábra az SS2 aktiválásához szükséges bemeneti jel időkarakterisztikáját és a motor fordulatszámát mutatja. Az SS2 biztonsági funkció az EN 60204-1 szabvány 2. leállítási kategóriája szerinti ellenőrzött leállításnak felel meg. Ha az SS2 biztonsági funkciót úgy valósítják meg, hogy az SOS funkció késleltetést követően aktiválódik, figyelni kell a következőkre: a hajtásvezérlés leállítási funkciója nem figyelhető meg a késleltetés alatt. Emiatt észrevétlenül meghibásodhat, és a motor továbbra is fékezetlenül járhat az SOS funkció aktiválásáig; legrosszabb esetben akár fel is gyorsulhat. A gép kockázatértékelésének figyelembe kell vennie ezt a viselkedést. Ha az ilyen viselkedés a várható veszély miatt nem elfogadható, az SS2 funkció ilyen formában történő megvalósítása nem megfelelő. Ha azonban az SS2 biztonsági funkciót a fékrámpa (motor lassítási érték) felügyeletével valósítják meg, a hiba leállítási funkció nagyon gyorsan észlelhető. [7]

## Biztonságos fékvezérlés (SBC Safe Brake Control)

Az SBC funkció lehetővé teszi a rögzítőfék biztonságos vezérlését. Az SBC funkció mindig az STO-val párhuzamosan aktiválódik.

*Az EN 61800-5-2 szerinti meghatározás: "Az SBC funkció biztonságos kimeneti jel(eke)t biztosít a külső fék(ek) vezérléséhez." [7] [19]*

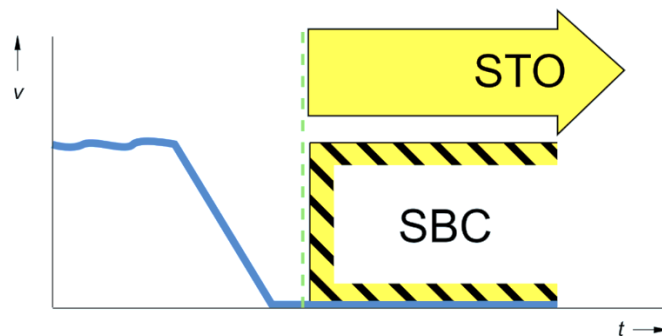
### Hatás

A feszültségmentes állapotban aktív tartófék vezérlése és felügyelete biztonságos kétcsatornás technológia segítségével történik. A kétcsatornás vezérlésnek köszönhetően a fék továbbra is működtethető, ha szigetelési hiba lép fel a vezérlőkábelben. Az ilyen jellegű hibákat korán észlelik a tesztimpulzusok segítségével.

### Alkalmazások

Az SBC funkciót az STO vagy SS1 funkciókkal együtt használjuk, hogy megakadályozzuk egy tengely elmozdulását nyomatékmentes állapotban, pl. a gravitáció miatt. [6]

- külső fék működtetése függőleges tengelyen, az STO aktiválásával egyidejűleg,
- külső fék működtetése egy függőleges tengelyen áramszünet esetén.



7.7. ábra: Biztonságos fékvezérlés (SBC) Safe Brake Control [6]

További mechanikus fékekre is szükség lehet a frekvenciaváltóval hajtott motoroknál. Ez különösen akkor fordul elő, ha külső erők hatnak a motorra, mint például a gravitáció, vagy húzóerők az anyagszalagok feldolgozása során. A működtetés pillanata az alkalmazástól függő, például közvetlenül a motor leállítása után, a hajtásvezérlésben észlelt hiba esetén, vészleállítás esetén stb. [7]

## Biztonságosan korlátozott sebesség (SLS Safely-limited speed)

Az SLS funkció biztosítja, hogy a hajtás ne lépje túl a meghatározott sebességhatárt.

*Az EN 61800-5-2 szerinti definíció: "Az SLS funkció megakadályozza, hogy a motor túllépje a megadott sebességhatárt." [8] [19]*

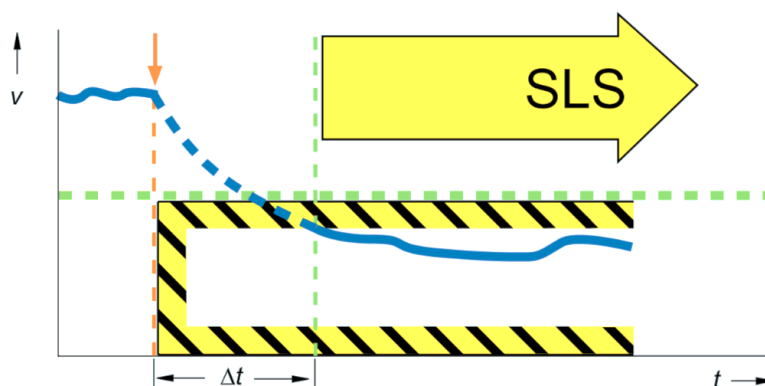
### Hatás

A hajtás megbízhatóan figyeli a fordulatszámot, és a konfiguráció által meghatározott hibareakciót aktiválja a beállított sebességhatár túllépése esetén.

### Alkalmazások

Az SLS funkció akkor használatos, ha emberek tartózkodnak a gép veszélyes zónájában, és biztonságuk csak csökkentett sebességgel garantálható. Ezért először a sebesség csökken, majd az SLS funkció segítségével aktiválódik a biztonságos felügyelet, így elkerülhető a beállított sebességhatár véletlen túllépése. Tipikus példák azok az esetek, amikor a kezelőnek be kell lépnie a gép veszélyes zónájába karbantartás vagy beállítás céljából. Az SLS tipikus felhasználási módja a csévéelő, amelyben az anyagot a kezelő kézzel csavarja be. A kezelő sérülésének elkerülése érdekében a henger csak biztonságosan csökkentett sebességgel foroghat. Az SLS-t gyakran egy kétlépcsős biztonsági koncepció részeként is használják. Amíg egy személy egy kevésbé kritikus zónában van, az SLS funkció aktiválódik, és a hajtások csak egy kisebb területen állnak le, ahol nagyobb a potenciális kockázat. Az SLS nem csak a kezelő védelmére használható, hanem a gépek védelmére is, pl. ha egy maximális sebességet nem szabad túllépni. [6]

- beállítási mód automatikus esztergagépeken/megmunkáló központokon,
- anyag behelyezése a kalanderhengerekre.



7.8. ábra: Biztonságosan korlátozott sebesség (SLS) [6]

A 7.8. ábra a bemeneti jel időkarakterisztikáját mutatja az SLS aktiválásához és egy axiális sebességet. Ezzel a biztonsági funkcióval a biztonságos felügyelet megakadályozza, hogy a hajtás túllépjen egy meghatározott sebességhatárt. A határérték túllépését észleli, és a hajtás biztonságosan leáll.

### Biztonságosan korlátozott nyomaték (SLT Safely-limited torque)

*Az EN 61800-5-2 szerinti definíció: "Az SLT funkció megakadályozza, hogy a motor túllépje a megadott nyomatékot (vagy erőt, ha lineáris motort használnak)." [7]*

#### Hatás

A hajtás megbízhatóan figyeli a nyomatékot, és a konfiguráció által meghatározott hibareakciót aktiválja a beállított nyomatékhatár túllépése esetén.

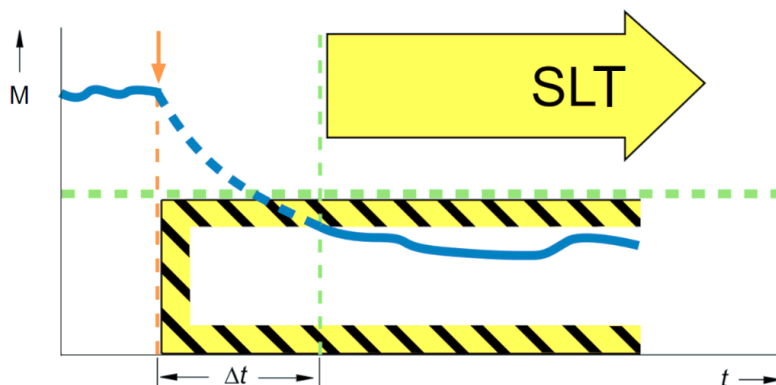
#### Alkalmazások

- az erők korlátozása az elektromosan működtetett ajtók záróelein,

Gépi működtetésű védőburkolatok (MSZ EN ISO 14120:2016) 5.2.5.4.

*„Ahol a védőburkolatokat géppel működtetik, azok nem okozhatnak sérüléseket (például a zárási nyomás, az erő, a sebesség, az éles sarkok miatt). Ahol a védőburkolat olyan védőberendezéssel van felszerelve, amelyik automatikusan előidézi a védőburkolat újbóli nyitását, ott a záróerő legfeljebb 150 N lehet, és a védőburkolat kinetikai energiája legfeljebb 10 J lehet. Ahol nem ilyenfajta védőberendezés van felszerelve, ott ezeket az értékeket **75 N és 4 J** értékre kell csökkenteni. Ezeket az értékeket akkor alkalmazzák, amikor széles záróélt használnak, és nincs vágás- vagy nyírásveszély.” [20]*

- a kezelőszemélyzet beszorulásának megakadályozása a tekercsgépeken.



7.9. ábra: Biztonságosan korlátozott nyomaték (SLT) Safely-limited torque [7]

## Biztonságos irány (SDI Safe Direction)

Az SDI funkció biztosítja, hogy a hajtás csak a kiválasztott irányba tudjon forogni.

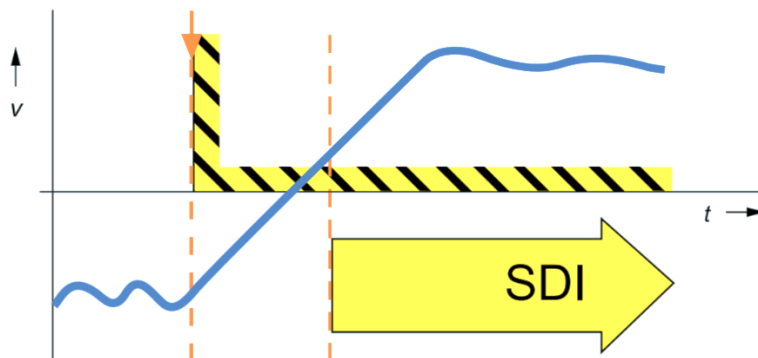
*Az EN 61800-5-2 szerinti meghatározás: "Az SDI funkció megakadályozza, hogy a motor tengelye rossz irányba mozduljon el." [8] [19]*

### Hatás

Az aktuálisan figyelt mozgási/forgási iránytól való eltérést a rendszer megbízhatóan érzékeli, és elindítja a konfigurált hajtásfüggetlen hibareakciót. Opcióként lehetőség van egy vagy két mozgásirány figyelésére.

### Alkalmazások

Az SDI funkció akkor használatos, ha a hajtás csak egy irányba mozoghat. Egy tipikus alkalmazás egy veszélyes terület hozzáférhetővé tétele a kezelő számára, feltéve, hogy a gép biztonságos irányban mozog, azaz távolodik a kezelőtől. Ebben az állapotban a kezelő biztonságosan betáplálhatja az anyagot a munkaterületre, vagy eltávolíthatja onnan. [6]



7.10. ábra: Biztonságos irány (SDI) Safe Direction [6]

## Biztonságos sebesség megfigyelés (SSM Safe Speed Monitor)

Az SSM funkció figyelmeztet, ha a hajtás egy meghatározott fordulatszám/előtolási sebesség alatt működik. Amíg a küszöb alatt marad, a funkció biztonsági jelzést ad.

*Az EN 61800-5-2 szerinti meghatározás: "Az SSM funkció biztonságos kimeneti jelet biztosít annak jelzésére, hogy a motor fordulatszáma egy meghatározott határérték alatt van-e." [7] [19]*

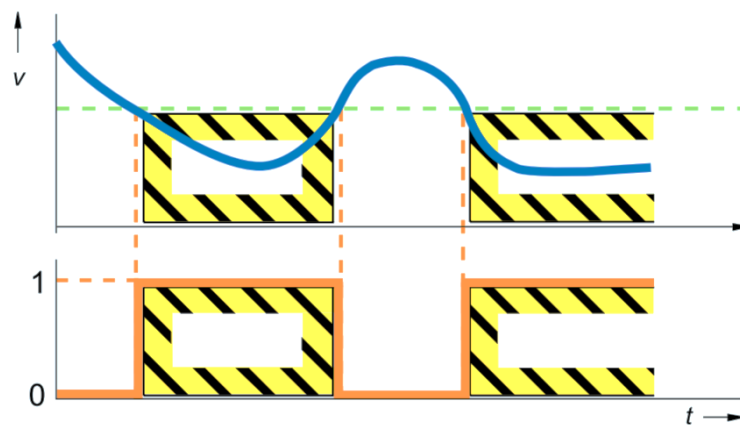
## Hatás

Ha egy sebességérték egy paraméterezett szint alá esik, akkor biztonsági jel generálódik. Ez feldolgozható például egy biztonsági vezérlőben, hogy a helyzettől függően programozással reagáljon az eseményre. [6]

## Alkalmazások

Ha egy sebességérték egy paraméterezett szint alá esik, akkor biztonsági jel generálódik. Ez feldolgozható például egy biztonsági vezérlőben, hogy a helyzettől függően programozással reagáljon az eseményre.

- A védőburkolaton lévő védőrögztítő kioldása csak akkor, ha a hajtási sebesség a veszélyes érték alatt van.



7.11. ábra: Biztonságos sebességfigyelő (SSM Safe Speed Monitor) [6]

Az SSM funkció aktiválásakor biztonságos kimeneti jel keletkezik mindaddig, amíg a motor pillanatnyi fordulatszáma az  $n_{\max}$  határérték alatt van. [7]

## 8. Biztonsági érzékelők

---

E fejezetben a gépek biztonságával kapcsolatban leggyakrabban használt érzékelőket tárgyaljuk. Kitérünk a fluidtechnikában alkalmazott érzékelőkre, a villamos biztonsági érzékelőkre, speciális helyhez kötő berendezésekre, biztonsági ajtózárokra, fényfüggönyökre és terület szkennerekre. A fejezetben ismertetjük a biztonsági érzékelők elhelyezésére vonatkozó előírásokat, az emberi testrészek közelítési sebességének figyelembevételével.

### 8.1. Érzékelők alapfogalmak

---

#### Jelek

Az információkat jelekkel ábrázoljuk. Az ábrázolás egy fizikai jellemző értékével vagy értékének változásával történik.

Analóg jel:

Az analóg jel egy olyan jel olyan folyamatosan változó jel, amelynek értéke (információ tartalma) az értéktartományon belül tetszőleges értékeket felvehet. Iparban jellemzően  $U = 0 - 10 \text{ V}$  feszültségjelet vagy  $I = 4 - 20 \text{ mA}$  áramjelet alkalmazunk.

Digitális jel:

A digitális jel csak meghatározott értékeket vehet fel. Ez az érték egy alapérték egész számú többszöröse lehet. Az egyik értékről a másikra ugrásszerűen vált (lépcsős jel).

Bináris jel:

A bináris jel olyan digitális jel, amelynek csak kettő értéke (értéktartománya) van. A jel tehát két információt tartalmaz, pl. igen - nem, van - nincs, 1 - 0.

#### Alapfogalmak

##### *Szenzor*

Olyan eszköz, amely egy fizikai mennyiséget (pl. hőmérséklet, távolság, nyomás) a vezérlés- és szabályozástechnikában jobban felhasználható, jobban kiértékelhető jellé alakít át (elektromos jel, pneumatikus jel).

##### *Szenzorelem*

A szenzornak azon elemi része, amely lényegében a fizikai jellemzőt érzékeli, de önmagában az irányítástechnikában nem alkalmazható, még további elemekkel kell

kiegészíteni (jelátalakítás, jelfeldolgozás, csatlakozók, illesztők, ház, rögzítő elemek, stb.).

### *Szenzorrendszer*

Több mérő és kiértékelő egységből álló rendszer (a komponensek gyakran moduláris felépítésűek, egy gyártmány családon belül cserélhetőek).

### *Multiszenzorrendszer*

Több különböző szenzor egy készülékbe, egy rendszerbe beépítve (pl. hőmérséklet + relatív páratartalom+ légnyomásmérő egy készülékben; különböző elven működő közelítéskapcsolók egy rendszerbe építve a munka-darab anyagának felismerése érdekében).

## **Érzékelők csoportosítása**

A szenzorok csoportosítása a kimeneti jelük alapján

- Analóg jelet adó szenzorok (0-10V, 4-20mA).
- Digitális jelet adó szenzorok.
- Bináris jelet adó szenzorok (közelítéskapcsolók, nyomáskapcsolók).

A szenzorok csoportosítása az érzékelés módja alapján

- Érintéses elven működő szenzorok.
- Érintés nélküli elven működő szenzorok.

A szenzorok csoportosítása a használt közeg alapján

- Pneumatikus szenzorok.
- Elektromos szenzorok.
- Hidraulikus szenzorok.

Az elektromos szenzorok csoportosítása a jelzés módja alapján

- Érintkezős szenzorok (záró-, bontó-, váltó érintkezős).
- Érintkező nélküli (elektronikus) szenzorok.

Az elektromos szenzorok csoportosítása a vezetékezés módja alapján

- Kettő vezetékes szenzorok.
- Három vezetékes (24V, 0V, jelvezeték) szenzorok.
- Négy-, vagy több vezetékes szenzorok (több jelvezetékkel).

A digitális elektronikus szenzorok csoportosítása a kimeneti jelük alapján

- PNP szenzorok (24V-os kimeneti jellel).
- NPN szenzorok (0V-os kimeneti jellel)

## 8.2. Biztonsági érzékelők

A következő fejezetben a gépek biztonsága céljából alkalmazott érzékelőket tárgyaljuk.

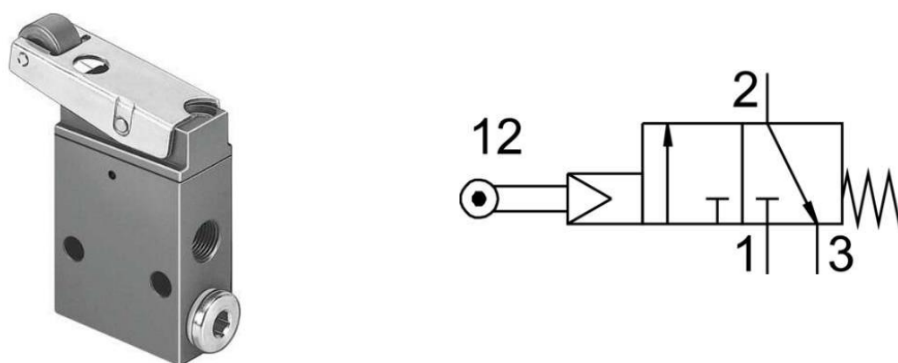
### 8.2.1. Fluidtechnikában alkalmazott érzékelők

Tisztán pneumatikus vezérlések esetén elengedhetetlen a munkavégzők, burkolatok, munkadarabok érzékelése. Erre a feladatra leggyakrabban mechanikusan működtetett 3/2-es útszelepeket alkalmazunk görgős működtetéssel.

#### Végállás kapcsolók.

Ezekkel a kapcsolókkal gépalkatrészek vagy egyéb működtető készülékek meghatározott helyzeteit ellenőrizzük. A végálláskapcsolók általában váltókapcsolóként vannak kialakítva. Igény szerint beköthetők nyitó-, záró-, vagy váltókapcsolóként.

**Elővezérelt 3/2-es útszelep.** A mechanikus működtetésű szelepeknél, a kis működtető erő elérése érdekében ugyancsak célszerű elővezérlést alkalmazni. A működtető erő nagysága az alkalmazás szempontjából meghatározó lehet. Ez az alábbi szelepkonstrukciónál 600 kPa (6 bar) tápnyomás és 1/8" névleges méret esetén 1,8 N.



8.1. ábra: 3/2-es mechanikusan működtetett útszelep [3]

Működése:

Az 1-es táplevegő csatlakozás egy furaton keresztül az elővezérlő szeleppel is kapcsolatban van. A görgőkar nyomásakor nyit az elővezérlő szelep, és a beáramló

sűrített levegő membrán közvetítésével lefelé mozdtja a szeleptányért. A szelep kapcsolása a következő két fázisban történik:

Működtetéskor először zár az eddig nyitott 2-3 átmenet, majd nyit a 1-2 átmenet. A görgő elengedésekor zár az elővezérlő szelep bemenete, a membrántér kilevegőzik és a főszelep tolattyúja rugóerő hatására alaphelyzetbe áll vissza. Ez a szeleptípus alaphelyzetben nyitott vagy zárt módon köthető be. Ehhez az 1 és 3 csatlakozásokat kell felcserélni, továbbá az elővezérlő fejet kell 180°-al elfordítani.

Egy konkrét típusra a gyártó megadja a következő gépbiztonság szempontjából releváns adatokat: [49]

Jellemző	Érték
Well-tried component	Yes
Service-life value B10	9,5 Mio SP
Note on forced dynamization	Switch frequency min. 1/year
Design characteristics	Mechanical spring return

A megadott értékekből számítható a szelep B10d értéke, illetve a az ISO 13849-2 szabvány pneumatikus és hidraulikus alkatrészekre nem tesz közzé jól bevált alkatrész listát, hanem a gyártónak kell megadnia az adott termékre vonatkozóan ([GY] gyártó adja meg).

### Közelítés kapcsolók.

Ellentétben a végálláskapcsolókkal a közelítő kapcsoló érintésmentes, minden mechanikai működtetés nélkül kapcsol. A közelítő kapcsolóknak ezért magas az élettartamuk, és megbízhatóan kapcsolnak. Megkülönböztetünk:

- Mágneses közelítő kapcsolót.
- Induktív közelítő kapcsolót.
- Kapacitív közelítő kapcsolót.
- Optikai közelítő kapcsolót stb.

### Mágneses (Reed) közelítés kapcsoló

A Reed-relék mágnesesen működtetett közelítő kapcsolók. Két érintkező nyelvből állnak, melyek egy védőgázzal töltött üvegcsövecskében helyezkednek el. Amikor közeledik hozzájuk egy állandó mágnes, akkor az érintkezők ugrásszerűen kapcsolnak. A mágnes eltávolítása szétkapcsolja az érintkezőket. A Reed kapcsolók hosszú élettartamúak és nagyon rövid a kapcsolási idejük (kb. 0,2 ms). Nem igényelnek

szervízelést, viszont nem szabad olyan helyen alkalmazni, ahol erős mágneses tér előfordulása lehetséges (pl. ellenállás hegesztőgépek környezetében). Ma már kevésbé használják a mechanikus érintkezője miatt (Prell-jelenség).



8.2. ábra: Munkahenger mágneses végállás érzékelő, [3]

Egy konkrét típusra a gyártó által megadott gépbiztonság szempontjából releváns adatok: [50]

Jellemző	Érték
CE mark (see declaration of conformity)	To EU EMC Directive, To EU RoHS Directive
Certificate issuing authority	UL E232949
Mean time to failure (MTTF)	4.077 a
Max. switching frequency	180 Hz

Ennél a termékénél nem kapcsolási számot, hanem MTTF értéket ad meg a gyártó.

## 8.2.2. Villamos biztonsági érzékelők, elektromechanikus érzékelők

### Biztonsági kapcsolók, helyzetkapcsolók, reteszelőberendezések

A szabványok nem használják a széles körben elterjedt „biztonsági kapcsoló” megnevezést, mivel reteszelő berendezésekhez használható technológiák és megfelelő kivitelű érzékelők nagy száma miatt nem lehet közös követelményrendszert felállítani. Az alkalmazott technológiától (mechanikus, elektromos, pneumatikus, hidraulikus) függetlenül az alábbi fogalommeghatározások érvényesek:

- A reteszelő berendezés egy működtetőből és egy helyzetkapcsolóból áll.
- A helyzetkapcsoló a működtetőelemből és egy kimeneti jelzőelemből áll.

Az alkalmazott helyzetkapcsoló technológiájától és a funkcionális biztonság követelményeitől függően a védőburkolathoz egy vagy több reteszelő berendezés szükséges.



8.3. ábra: Görgős helyzet kapcsoló [1]

Egy konkrét termékre a gyártó által megadott biztonság szempontjából releváns adatok: [49]

<b>B10d parameter</b>	2 x 106 switching cycles (with small load)
<b>Type</b>	Type 1 (EN ISO 14119)
<b>Actuator coding level</b>	Uncoded (EN ISO 14119)
<b>Safe state in the event of a fault</b>	The switch has no internal fault detection and is unable to assume a safe state in the event of a fault. Fault detection is performed by the connected safety-related logic unit.

**Mechanikus felszerelés és rögzítés.** A helyzetkapcsoló és a működtető megbízható mechanikus felszerelése meghatározó annak hatékonysága szempontjából.

- úgy kell őket felszerelni, hogy védettek legyenek az előrelátható külső hatások okozta károkkal szemben,
- tilos őket mechanikus ütközőként használni,
- elhelyezéssel, kivittel és rögzítéssel kell biztosítani őket a véletlen helyzetváltozás ellen. Ha szükséges, a kapcsoló és a működtetőelem biztosítását alakzáró módon kell elérni, pl. körlyukakkal, illesztőcsapokkal, ütközőkkel,
- működési módjuk vagy a vezérlésbe való bekötésük révén olyan biztosítással kell rendelkezniük, hogy ne lehessen őket egyszerű módon megkerülni,
- a kifogástalan működés szempontjából ellenőrizhetőnek és az ellenőrzés céljából könnyen hozzáférhetőnek kell lenniük. [1]

**Működési mód, ill. kényszerkapcsolatú működtetés.** A mechanikus reteszelő berendezések fontos követelménye a kényszerkapcsolatú működtetés. Kényszerkapcsolatú működtetés esetén a reteszelés (biztonsági kapcsoló) mozgó

alkatrészei kényszerkapcsolatban állnak a védőburkolat (pl. védőajtó) mechanikus alkatrészeivel, és közvetlen érintkezés vagy merev alkatrészek révén vele együtt mozognak. A kényszerkapcsolatú működtetés reteszelő berendezésben történő alkalmazása biztosítja a helyzetkapcsoló működését a védőburkolat kinyitásakor és csökkenti a manipulálás lehetőségét. [1]

### Induktív közelítő kapcsoló

Az induktív közelítő kapcsoló egy oszcillátorból, egy küszöbáramkörből és egy erősítőből áll. Az oszcillátor rezgőtekercse segítségével létrehoz egy nagyfrekvenciás váltakozó teret, ez gömbformában lép ki az érzékelő homlokfelületéről. Ha a váltakozó térbe fém alkatrész kerül, a keletkező örvényáramok energiát vonnak el az oszcillátortól. Ezáltal az oszcillátor feszültsége leesik, és az ezt követő aktiváló trigger jelet ad ki. Az induktív közelítő kapcsolóval jól fel lehet ismerni minden villamos vezetőből készült alkatrészt, a fémek mellett a grafitot is.



8.4. ábra: Induktív közelítés kapcsoló [1]

Egy konkrét termékre a gyártó által megadott gépbiztonság szempontjából releváns adatok: [49]

Safety integrity level	SIL2 (IEC 61508)
Category	Category 2 (ISO 13849-1)
Performance level	PL d (ISO 13849-1)
PFHD (mean probability of a dangerous failure per hour)	$6.0 \times 10^{-8}$ (IEC 61508) <sup>1)</sup>
TM (mission time)	20 years (ISO 13849-1)
Type	Type 3 (ISO 14119-1)
Actuator coding level	Uncoded (EN ISO 14119)
Safe state in the event of a fault	At least one safety-related semiconductor output (OSSD) is in the OFF state.

## **Zárral ellátott reteszelő berendezések**

A zárral ellátott reteszelő berendezések olyan berendezések, amelyek megakadályozzák a védőburkolat kinyitását. Akkor kell őket használni, ha a veszélyes gépállapot időtartama hosszabb, mint az ember által a veszélyzóna eléréséhez szükséges idő (biztonsági funkció: „belépés átmeneti megakadályozása”). A reteszelő berendezéseknek mindaddig meg kell akadályozniuk a veszélyzónába való bejutást, amíg a veszélyes gépállapot meg nem szűnik. Akkor is szükség van reteszelő berendezésekre, ha egy folyamatot nem lehet megszakítani (csak folyamatvédelem, nem biztonsági funkció). A reteszelő berendezés energia általi kioldása a következőképpen hajtható végre:

- Idővezérelt: időkapcsoló használata esetén e berendezés meghibásodása nem csökkentheti a reteszelési időt.
- Automatikus: csak akkor, ha nincs veszélyes gépállapot (pl. leállásellenőrzéssel).
- Kézzel: a védőberendezés kioldása és engedélyezése közötti időnek a veszélyes gépállapot időtartamánál hosszabbnak kell lennie.[1]

### **Reteszelő berendezések mechanikus és elektromos integrálása**

A reteszelő berendezésekre rendszerint ugyanazon a tudnivalók érvényesek, mint a biztonsági kapcsolókra. A kényszernyitás esetében ügyelni kell arra, mely érintkezők kényszernyitásúak. Az ajtó jelzőérintkezői jelzik, ha a működtető ki van húzva, tehát az ajtó nyitva van. Ezek lehetnek kényszernyitásúak, de ez nem mindig kötelező. [1]

### **Segéd- és vészkioldás**

A kockázatértékelés olyan eredménnyel is járhat, hogy hiba vagy vészhelyzet esetén intézkedésekre van szükség a veszélyzónába bezárt személyek kiszabadításához. Itt meg kell különböztetnünk egymástól a segédnyitást (szerszámmal) és a vész-, ill. menekülési nyitást (szerszám nélkül). [1]

### **Szükséges reteszelő erő**

A reteszelő berendezés kiválasztásának lényeges kritériuma az az erő, amellyel a védőburkolatot meg kell tartani. Az ISO 14119 (2013) szabványtervezet I. melléklet megadja azokat a legnagyobb statikus erőket, amelyek a legelterjedtebb mozgó védőburkolatokhoz használhatók. [21] Ebben a szakmai segédanyagban témakörrel kapcsolatban részletesebben a 6.3. fejezetben írunk.



8.5. ábra: Biztonsági ajtózárr [1]

Egy konkrét termékre a gyártó által megadott biztonság szempontjából releváns adatok: [49]

Safety integrity level	SIL3 (IEC 61508)
Category	Category 4 (EN ISO 13849) 1)
Performance level	PL e (EN ISO 13849) 1)
PFHD (mean probability of a dangerous failure per hour)	4.1 x 10 <sup>-9</sup> (EN ISO 13849) 1)
TM (mission time)	20 years (EN ISO 13849)
Type	Type 4 (EN ISO 14119)
Actuator coding level	High coding level (EN ISO 14119)

### Villamos úton érzékelő védőberendezések (ESPE)

ESPE (*Electro-sensitive protective equipment*) (Érzékelő védőkészülék) Olyan készülékek és/vagy komponensek együttese, amelyek a belépés elleni védelem vagy a jelenlétérzékelés érdekében együttműködnek egymással, és többnyire legalább az alábbiakat tartalmazzák (IEC 61496-1 / EN 61496-1) [22]:

- érzékelőelem,
- vezérlési, ill. felügyeleti elemek,
- kimeneti kapcsolóelemek (OSSD).

Az eszköz a testi sérülés kockázatát rejtő gépeken és berendezéseken dolgozó személyek védelmére szolgál. Kezdeményezi a gép biztonságos állapotba helyezését, mielőtt a gépen dolgozó személy veszélyes helyzetbe kerülne.

A „védőburkolatokkal” ellentétben az a villamos úton érzékelő védőszerkezetek (ESPE) esetében a védőhatás nem a veszélyeztetett személy és a veszély egymástól való elszigetelésén alapszik. A védőhatás elérése itt időbeli elválasztással történik. Mindaddig, amíg valaki egy meghatározott területen tartózkodik, addig semmilyen veszélyes gépfunkció nem hajtható végre. Ha már folyamatban van ilyen funkció, akkor azokat le kell állítani. Ehhez a megállításhoz szükség van egy bizonyos időre, az ún. „utánfutási időre”.

Az ESPE-nek idejében fel kell ismernie az ember veszélyzónához való közeledését, és alkalmazástól függően az ember veszélyzónában való tartózkodását is.

Az ESPE-re vonatkozó biztonságtechnikai követelményeket az IEC 61496-1 nemzetközi szabvány tartalmazza, függetlenül azok technológiájától vagy működési elvétől. [1]

*Milyen előnyöket nyújtanak villamos úton érzékelő védőberendezések?*

Ha a kezelőnek gyakran vagy rendszeresen be kell nyúlnia a gépbe, és közben veszélynek van kitéve, akkor (mechanikus) védőburkolat (burkolat, védőkerítés stb.) helyett az ESPE alkalmazása előnyösebb, mert:

- csökkenti a hozzáférési időt (a kezelőnek nem kell megvárnia a védőburkolat kinyílását),
- növeli a termelékenységet (időt takarít meg a gép betöltésekor),
- javítja a munkahelyi ergonómiát (a kezelőnek nem kell állandóan működtetnie a védőburkolatot).

Ezenkívül azonos fokú védelmet nyújt a kezelő és más személyek részére.

*Milyen veszélyekkel szemben nem nyújt védelmet az villamos úton érzékelő védőberendezés?*

Mivel az villamos úton érzékelő védőberendezések nem jelentenek fizikai akadályt, nem képesek megvédeni az embert – pl. kirepülő gépalkatrészekkel, munkadarabokkal vagy forgáccsal –, az emissziókkal az ionizáló sugárzással, a hővel (hősugárzással), a zajjal, a kifröccsenő hűtő- és kenőanyaggal stb. szemben. Ugyancsak nem lehetséges az ESPE-k alkalmazása olyan gépeken, amelyeken a hosszú utánfutási idő nem megvalósítható minimális távolságokat követelne meg. Ilyen esetben védőburkolatot kell alkalmazni.

## Az ESPE-hez használt technológiák

Az villamos úton érzékelő védőberendezés különböző működési elvek alapján valósíthatják meg az ember felismerését: optikailag, kapacitívan, vagy ultrahang, mikrohullám, ill. passzív infravörös érzékelés útján.

### Optoelektronikus védőberendezések

A legelterjedtebb villamos úton érzékelő védőberendezések az optoelektronikus berendezések, úgymint

- biztonsági fényfüggönyök és fénysorompók (*AOPD: active opto-electronic protective devices*),
- biztonsági lézerszennekerek (*AOPDDR: active opto-electronic protective device responsive to diffuse reflection*),
- kameraalapú védőberendezések (*VBPD: vision based protective devices*).

### Biztonsági fényfüggönyök és fénysorompók (AOPD)

Az AOPD-k olyan védőberendezések, amelyek optoelektronikus adó- és vevőelemek segítségével meghatározott kétdimenziós tartományban érzékelik az embert. Az adó által a vevőnek küldött, párhuzamos fénysugarak (rendszerint az infravörös tartományban) olyan védőmezőt alkotnak, amely biztosítja a veszélyzónát. Az érzékelés egy vagy több sugár átlátszatlan test okozta teljes megszakításával történik. Ennek során a vevő a kapcsolókimenetek (OSSD) jelváltozásával (KI állapot) jelzi a sugár megszakadását. [1]

Az OSSD jelei kiváltják a veszélyes gépállapot leállítását.

Az AOPD-k biztonságtechnikai követelményeit az IEC 61496-2 nemzetközi szabvány tartalmazza. [23]

Jellemző AOPD az egy- és többsugaras biztonsági fénysorompó, valamint a biztonsági fényfüggöny. A többsugaras biztonsági fénysorompók akkor tekinthetők AOPD-nek, ha érzékelési képességük 40 mm-nél nagyobb. Ezeket a veszélyzónába vezető bejáratok biztosítására használják. A 40 mm-es vagy kisebb érzékelési képességű AOPD-eket biztonsági fényrácsnak, vagy biztonsági fényfüggönynek nevezik, és a veszélyes pontok közvetlen védelmére szolgálnak. Többsugaras biztonsági fényrácsok, valamint biztonsági fényfüggönyök esetében rendszerint nem aktív egyszerre az összes fénysugár, hanem gyors egymásutánban be- és kikapcsol. Ez növeli a többi

fényforrással szembeni zavarállóságot, ennek következtében pedig a megbízhatóságot. A korszerű AOPD-k esetében az adó és a vevő optikai úton automatikusan szinkronizálja magát.

Mikroprocesszorok alkalmazásával a sugarak külön-külön kiértékelhetők. Ezáltal az ESPE-k a tisztán védelmi funkció mellett további funkciókat is elláthatnak [1]



8.6. ábra: Veszélyes pontok védelme biztonsági fényfüggönnyel [1]

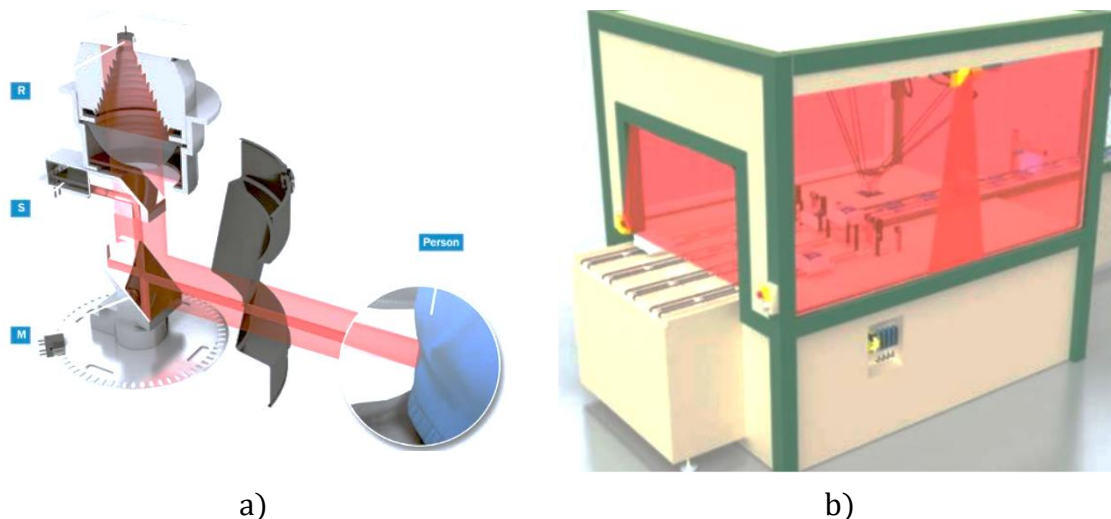
### Biztonsági lézerszkennerek (AOPDDR)

Az AOPDDR-ek olyan védőberendezések, amelyek optoelektronikus adó- és vevőelemek segítségével érzékelik a védőberendezés által kibocsátott optikai sugárzás visszaverődését. Ezt a visszaverődést egy meghatározott, kétdimenziós tartományon belül található objektum okozza.

Az érzékelés jelzése a kapcsolókimenetek (OSSD) jelváltozásával (KI állapot) történik. Az OSSD jelei kiváltják a veszélyes gépállapot leállítását.

A biztonsági lézerszkennerek olyan optikai érzékelők, amelyek infravörös lézersugarakkal tapogatja le a környezetet egy meghatározott síkban, így felügyelve a gép vagy a jármű veszélyzónáját. A berendezés a fény által megtett út idejének mérése elvén működik (lásd a 8.7. a) ábrát a következő oldalon). A szkennerek nagyon rövid fényimpulzusokat bocsát ki (S). Ezzel párhuzamosan elindul egy „elektronikus stopperóra” is. Ha a fény valamilyen objektumba ütközik, akkor visszaverődik, amit a szkennerek érzékel (R). A szkennerek az adás és a vétel időpontja közötti különbségből kiszámítják az objektum távolságát. [1]

A szkennnerben lévő, állandó fordulatszámmal forgó tükör (M) úgy téríti el a fényimpulzusokat, hogy körcikkek keletkezzen. A mért távolság és a tükör mindenkor forgásszöge alapján a szkennner az objektum pontos pozícióját is képes meghatározni.



8.7. ábra: Lézerszkennner [1]

### A lézerszkennner elvi felépítése

Az a tartomány, amelyben az objektumérzékelés aktiválódást vált ki (védőmező), a felhasználó által programozható. A korszerű készülékek több tartomány egyidejű felügyeletét vagy üzem közben az e tartományok közötti átváltást is lehetővé teszik. Ezzel pl. a felügyelt tartomány hozzáigazítható a jármű sebességéhez

A biztonsági lézerszkennnerek precíz, meghatározott irányú, önálló fényimpulzusokkal működnek, tehát nem pásztázzák folyamatosan a felügyelni kívánt területet. E működési módnak köszönhetően 30 mm és 150 mm közötti felbontás (érzékelési képesség) érhető el. Az aktív letapogatási elv miatt a biztonsági lézerszkennnerek sem külső vevőt, sem pedig fényvisszaverőket nem igényelnek. A biztonsági lézerszkennnereknek még a szélsőségesen alacsony fényvisszaverő tulajdonságú objektumokat is biztonságosan fel kell ismerniük (pl. a fekete munkaruházatot). Az AOPDDR-ek biztonságtechnikai követelményeit az IEC 61496-3 nemzetközi szabvány tartalmazza. [24]

## Kameraalapú védőberendezések (VBPD)

A VBPD-k olyan kameraalapú védőberendezések, amelyek kép- rögzítő és képfeldolgozó technológiákat alkalmaznak az ember biztonságtechnikai érzékelésére. Fényforrásként jelenleg speciális fényadókat használnak. Léteznek környezeti fényt használó VBPD-k is.

Az ember érzékeléséhez különböző elvek alkalmazhatók, többek között:

- a fényvisszaverő által visszavert fény megszakítása,
- az objektumok által visszavert fény útidejének mérése,
- háttérmenták változásának felügyelete,
- ember felismerése emberi jellemzők alapján.

Kameraalapú védőberendezés Az VBPD-k biztonságtechnikai követelményeit az IEC 61496-4 nemzetközi szabványsorozat tartalmazza. [1]

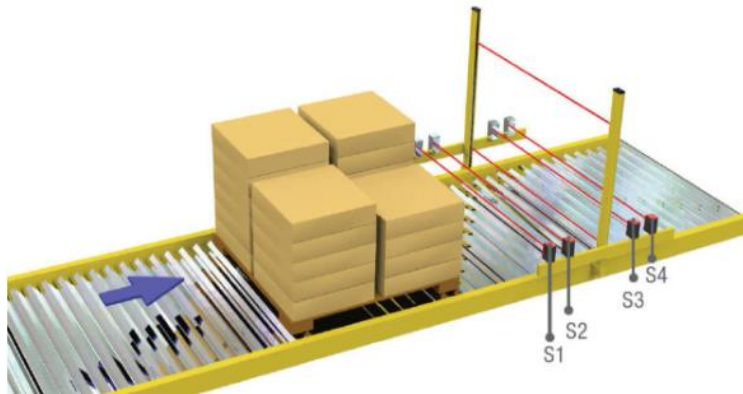
## Az optoelektronikus védőberendezések érzékelési képessége (felbontása)

Az érzékelési képesség úgy határozható meg, mint az érzékelő- paraméter azon határértéke, amely válaszciklusra kényszeríti az érzékelő védőkészüléket (ESPE). Itt gyakorlatilag az ESPE által a meghatározott felügyeleti tartományon (védőmezőn) belül felismert legkisebb objektum méretéről van szó. Az érzékelési képességet a gyártó megadja. Általában a sugártávolság és a tényleges sugárátmérő összegéből határozható meg. Ez garantálja, hogy egy ilyen méretű objektum a védőmezőn belül elfoglalt helyzetétől függetlenül mindig teljes egészében letakarjon egy fénysugarat, és így a berendezés felismerje azt. Az VBPD-k biztonságtechnikai követelményeit az IEC 61496-4 nemzetközi szabványsorozat tartalmazza.[1]

## ESPE-be integrálható biztonsági funkciók

Az alábbi biztonsági funkciók logikai egységekbe vagy akár közvetlenül az ESPE-be is integrálhatók. Időben korlátozott áthidalás („muting”). A muting funkció (némítás) lehetővé teszi a védőberendezés védőfunkciójának időben korlátozott felfüggesztését. Erre akkor van szükség, ha anyagnak kell áthaladnia a védőberendezés védőmezőjén keresztül anélkül, hogy a munkafolyamat (veszélyes gépállapot) leállna. A munkafolyamat optimalizálására is célszerű alkalmazni, ha ezt bizonyos gépállapotok lehetővé teszik (pl. a biztonsági fényfüggöny működésének áthidalása a prés medve veszélytelen felfelé mozgása közben, amelynek köszönhetően a kezelő könnyebben kiszedheti a munkadarabot). [1]

A muting csak akkor lehetséges, ha az áthaladó anyag megakadályozza a veszélyes helyhez való hozzáférést. Ezzel szemben azon védőberendezések esetében, amelyek mögé nem lehet belépni (nem átjárható védőberendezések) a muting csak akkor lehetséges, ha nincs folyamatban veszélyes gépfunkció. Ezt az állapotot muting érzékelők, ill. jelek határozzák meg. A muting funkcióhoz nagy odafigyeléssel kell eljárni a muting érzékelők és a használt vezérlőjelek kiválasztásakor és elhelyezésekor. [1]



*8.8. ábra: Fényfüggöny némítása 4 szenzorral [1]*

## 8.3. Biztonsági berendezések elhelyezése

Vonatkozó szabvány: MSZ EN ISO 13855:2010

### 8.3.1. Biztonsági berendezések elrendezése

Az elektromosan érzékelő biztonsági berendezések elhelyezési szabályainak lényege, hogy az érzékelés, pl. fényfüggönyön történő átnyúlással megszakított fénynyaláb nem gátolja meg a veszélyes térbe történő benyúlást. Csak a vezérlőrendszer állítja meg a veszélyes funkciót, de annak van valamennyi átfutási ideje, ez a teljes leállási idő, miközben az érzékelt személy vagy testrész közelít a veszélyes térhez. A biztonság érdekében tehát olyan távolra kell elhelyezni a biztonsági berendezést, hogy még a veszélyes tér elérése előtt álljon le a gép, pontosabban álljon elő a biztonságos állapot.

A következő pontokban összefoglaljuk az érzékelő biztonsági berendezések elhelyezési szabályait az EN ISO 13855 szabvány alapján. Ennek során a következő táblázatban található rövidítéseket használjuk.

**8.1. táblázat: Jelmagyarázat**

Jel	Meghatározás	Mértéke.
T	teljes utánfutási idő	s
S	minimum távolság a veszélyes tér, és az érzékelő pont, vonal, sík között	mm
C	kiegészítő távolság, amely azt veszi figyelembe, hogy a biztonsági berendezés kioldása előtt behatolhatnak a veszélyes térbe	mm
C <sub>RO</sub>	kiegészítő távolság, amíg a test egy része el tud mozdulni a veszélyzóna felé a biztonsági berendezés kioldása előtt	mm
t <sub>1</sub>	védőberendezés válaszüzeje (reagálási ideje)	s
t <sub>2</sub>	gép leállási ideje	s
t <sub>3</sub>	burkolatok nyitási ideje	s
K	megközelítés sebessége	mm/s
d	a berendezés érzékelő (felismerő) képessége	mm
H	az érzékelési zóna magassága a referencia sík fölött	mm
h	lépcsőfok magassága	mm
X	távolság az észlelési zóna vége, és a veszély zóna között	mm
a	veszély-zóna magassága	mm
b	észlelési zóna magassága	mm
S	a veszélytől való tényleges elérési távolság (közvetett elérésnél)	mm
l <sub>1</sub> ,l <sub>2</sub> ,l <sub>3</sub>	legrövidebb távolságok az akadályok körül	mm
S1	l <sub>1</sub> távolság vízszintes síkra vetítve	mm
S2	l <sub>2</sub> távolság vízszintes síkra vetítve	mm
S3	l <sub>3</sub> távolság vízszintes síkra vetítve	mm
e	nyitott méret	mm
v	nyitás mozdulatának sebessége	mm/s
AOPD	Active Opto-electronic Protective Device (aktív fotó-elektromos védőberendezés)	-

### 8.3.2. Alapképletek

---

#### Teljes utánfutási idő

A rendszer teljes leállásáig tartó utánfutási ideje:

$$T = t_1 + t_2 \quad (8.1)$$

ahol:

- **t<sub>1</sub>**: az a maximális időtartam, ami a védőberendezés észlelése és az általa kiadott "OFF" kimeneti állapotba kapcsolása között telik el.
- **t<sub>2</sub>**: a gép legnagyobb reakcióideje, vagyis a gép nyugalomba kerüléséhez vagy a kockázat megszüntetéséhez szükséges időtartam, miután a biztonsági berendezés leadta a kimeneti jelet.

#### Minimum távolság

A biztonsági berendezés elhelyezésének minimum távolság a veszély-zónától:

$$S = (K \times T) + C \quad (8.2)$$

ahol:

- **K**: a test vagy testrész sebessége
- **T**: teljes leállási idő
- **C**: behatolási távolság

### 8.3.3. Ortogonális esetek

Az alábbi táblázat az érzékelőtér merőleges irányú megközelítésének esetére a védőberendezések elrendezésének szabályait mutatja be.

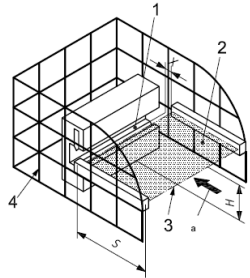
8.2. táblázat: Ortogonális eset - védőberendezések elrendezésének szabályai [46]

Esetek	Változók értékei és megjegyzések	Minimális távolság ( $S=(K \times T) + C$ )	Ábra
1. Teljes test érzékelése	Az észlelési zóna <ul style="list-style-type: none"> <li>legalacsonyabb sugárnyalábjának magassága <math>\leq 300</math> mm</li> <li>a legmagasabb sugárnyalábjának magassága <math>\geq 900</math> mm</li> </ul>	-	
2. $d \leq 40$ mm átmérőjű tárgyat érzékelni képes AOPD-k alkalmazása	$K=2000$ mm/s $C=8(d-14)$ , de nem lehet kevesebb, mint 0 Amikor $S \leq 500$ mm  $K=1600$ mm/s $C=8(d-14)$ , de nem lehet kevesebb, mint 0 Amikor $S > 500$ mm	$S = (2000 \times T) + 8(d-14)$ De az engedélyezett legkisebb távolság: $S_{min} \geq 100$ mm  $S = (1600 \times T) + 8(d-14)$ De az engedélyezett legkisebb távolság: $S_{min} \geq 500$ mm	
3. AOPD alkalmazása kiegészítő vezérlési funkcióval a ciklusindításhoz	ha $14 < d \leq 30$ mm, akkor $K=2000$ mm/s $C=8(d-14)$ de nem lehet kevesebb, mint 0  ha $d < 14$ mm, akkor $K=2000$ mm/s $C=8(d-14)$ de nem lehet kevesebb, mint 0	$S = (2000 \times T) + 8(d-14)$ De az engedélyezett legkisebb távolság: $S_{min} \geq 150$ mm  $S = (2000 \times T) + 8(d-14)$ De az engedélyezett legkisebb távolság: $S_{min} \geq 100$ mm	
4. $40 < d \leq 70$ mm átmérőjű tárgyat érzékelni képes AOPD-k alkalmazása	$K=1600$ mm/s $C=850$ mm	$S = (1600 \times T) + 850$ Így az engedélyezett legkisebb távolság: $S_{min} \geq 850$ mm	
5. Több különálló sugár (fénySOROMPÓK) alkalmazása	Több különálló fénySOROMPÓ alkalmazható a teljes test behatolásának észlelésére, de nem tekinthető alkalmasnak testrészek érzékelésére (pl.: ujjak, kar)	$S = (1600 \times T) + 850$ Így az engedélyezett legkisebb távolság: $S_{min} \geq 850$ mm	-
6. Egy sugárral (fénySOROMPÓVAL) megvalósított védelem	Csak a padlóval párhuzamos kialakításban alkalmazható, hogy a függőleges emberi test megtörje a sugarat. Önálló megoldásként nem elfogadható, további intézkedésekre van szükség!	$S=(1600 \times T)+1200$ Így az engedélyezett legkisebb távolság: $S_{min} \geq 1200$ mm	-

### 8.3.4. Párhuzamos eset

Az alábbi táblázat az érzékelőtér párhuzamos irányú megközelítésének esetére a védőberendezések elrendezésének szabályait mutatja be.

**8.3. táblázat: Párhuzamos eset - védőberendezések elrendezésének szabályai [46]**

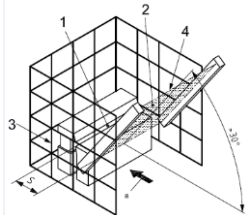
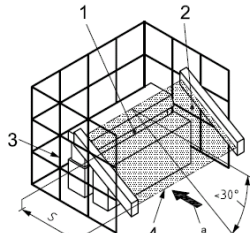
Eset	Változók értékei és megjegyzések	Minimális távolság ( $S=(K \times T) + C$ )	Ábra
1. Az érzékelőtér párhuzamos a megközelítés irányával	$K=1600 \text{ mm/s}$ $C=1200 \text{ mm} - 0,4 H$  $H=15(d-50)$ , de nem lehet kevesebb, mint 0 Amennyiben H adott, úgy a képlet átrendezésével megállapítható a megfelelő érzékelő képesség: $d=(H/15)+50$	$S = (1600 \times T) + (1200 - 0,4H)$  De az engedélyezett legkisebb távolság: $S_{\min} \geq 850 \text{ mm}$	

### 8.3.5. Esetek tetszőleges irányú megközelítésre

Az alábbi táblázat az érzékelőtér tetszőleges szögben történő megközelítésének esetére a védőberendezések elrendezésének szabályait mutatja be.

Az érzékelőtér és a megközelítés iránya által bezárt szög alapján be kell sorolni ortogonális, vagy párhuzamos esetnek!

**8.4. táblázat: Egyéb esetek - védőberendezések elrendezésének szabályai [46]**

Eset	Változók értékei és megjegyzések	Minimális távolság ( $S=(K \times T) + C$ )	Ábra
1. Az érzékelőtér síkja $>\pm 30^\circ$ -ot zár be a megközelítés irányával	Ortogonalis esetnek tekinthető	Isd. fent, az ortogonalis eset leírásánál	
2. Az érzékelőtér síkja $<\pm 30^\circ$ -ot zár be a megközelítés irányával	Párhuzamos esetnek tekinthető  „H” magasság meghatározásához a legsó sugárnyaláb magasságát kell figyelembe venni!	Isd. fent, a párhuzamos eset leírásánál	

### 8.3.6. Esetek a védelem megkerülhetőségére

Abban az esetben, ha védelem megkerülhető a védőberendezés feletti átnyúlással. Párhuzamos elrendezésnél ez a fejezet nem értelmezendő!

8.5. táblázat: Megkerülhető védelem - védőberendezések elrendezésének szabályai [46]

Eset	Változók értékei és megjegyzések	Minimális távolság ( $S = (K \times T) + C_{RO}$ )	Ábra
1. Átnyúlás érzékelési zóna, vagy akadály és érzékelési zóna kombinációja fölött	$K = 2000 \text{ mm/s}$  $C_{RO}$ értékét az érzékelési zóna felső élének magassága, vagy az akadály felső élének magassága (b) és veszélyzóna magassága (a) alapján kell kiválasztani a következő táblázatból	$S = (2000 \times T) + C_{RO}$  De az engedélyezett legkisebb távolság: $S_{min} \geq 100 \text{ mm}$	
	Amennyiben az első számítás értéke meghaladja az 500mm értéket:  $K = 1600 \text{ mm/s}$	$S = (1600 \times T) + C_{RO}$  De az engedélyezett legkisebb távolság: $S_{min} \geq 500 \text{ mm}$	
2. Átnyúlás tetszőleges szögben elhelyezett érzékelő tér felett	Alábbi mindkét módszer szerint számolandó: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ortogonális 1-6. esetek alapján</li> <li>• Párhuzamos 1. eset alapján</li> </ul>	Mindkét eset kiszámolandó, és a nagyobb érték alkalmazandó.	-

A  $C_{RO}$  érték meghatározása a következő táblázat szerint lehetséges. A táblázat 0 értékeinél az „S” biztonsági távolság számításához az előző pontokban tárgyalt képletek érvényesek.

**8.6. táblázat:  $C_{Ro}$  érték meghatározása [46]**

Veszélyzóna magassága a [mm]	Észlelési zóna magassága b [mm]											
	900	1000	1100	1200	1300	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600
	$C_{Ro}$ [mm]											
2600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2500	400	400	350	300	300	300	300	300	250	150	100	0
2400	550	550	550	500	450	450	400	400	300	250	100	0
2200	800	750	750	700	650	650	600	550	400	250	0	0
2000	950	950	850	850	800	750	700	550	400	0	0	0
1800	1100	1100	950	950	850	800	750	550	0	0	0	0
1600	1150	1150	1100	1000	900	850	750	450	0	0	0	0
1400	1200	1200	1100	1000	900	850	650	0	0	0	0	0
1200	1200	1200	1100	1000	850	800	0	0	0	0	0	0
1000	1200	1150	1050	950	750	700	0	0	0	0	0	0
800	1150	1050	950	800	500	450	0	0	0	0		0
600	1050	950	750	550	0	0	0	0	0	0	0	0
400	900	700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Több veszélyzóna, illetve akadályok esetén a következő megfontolásokat kell figyelembe venni:

**8.7. táblázat: Több veszélyzóna vagy akadályok - védőberendezések elrendezésének szabályai [46]**

Eset	Változók értékei és megjegyzések	Minimális távolság ( $S=(K \times T) + C$ )	Ábra
<p>1.</p> <p>Kettő vagy több veszélyzóna, melyek közül lehetnek akadályokkal fedettek is.</p>	<p>Több veszély-zóna, és közvetett elérés esetén, minden veszély-zónára külön számítást kell elvégezni, és a legszigorúbbat tekinteni megfelelő értéknek</p> <p><math>K=1600\text{mm/s}</math></p> <p>C paraméter az alkalmazandó fenti eset alapján határozandó meg</p>	<p><math>S^*=(K \times T)+C=l_1+l_2+l_3</math></p> <p>S értéke az S* távolság vízszintes levetítése alapján határozható meg.</p>	

### 8.3.7. Nem AOPD típusú védőberendezések elhelyezésének biztonságos távolságai

A nem AOPD típusú védőberendezések közé tartoznak például a nyomásérzékeny szőnyegek, kétkezes indító berendezések és a nyitható reteszelt burkolatok. A következő táblázat az ezek elrendezésére vonatkozó szabályokat foglalja össze.

**8.8. táblázat: Nem AOPD típusú védőberendezések elrendezésének szabályai [46]**

Eset	Változók értékei és megjegyzések	Minimális távolság ( $S=(K \times T) + C$ )	Megjegyzés
1. Nyomás érzékeny padló elemek	K=1600 mm/s C=1200 mm	$S=(1600 \times T)+1200$	A nyomás érzékeny felület hossza min. 750 mm kell, hogy legyen!
	Lépcsőre szerelt egységeknél: K=1600 mm/s C=1200-0,4h	$S=(1600 \times T)+(1200-0,4h)$	
2. Kétkezes indítás elhelyezése	K=1600 mm/s C=250mm	$S=(1600 \times T)+250$	S a veszélyzónához legközelebbi működtető elem minimum távolságát adja
3. Nyitható burkolatok	K=1600 mm/s	$S=(1600 \times T)+C$ $S=(1600 \times (T-t_3))+C$	<i>T értéke csökkenthető <math>t_3</math> értékével, ha a burkolat nyitása során még akadályozza a benyúlást:</i> $t_3=e/v$ -

## 9. Hidraulikus és pneumatikus rendszerek biztonsága

Ebben a fejezetben a korszerű berendezésekben elterjedten alkalmazott hidraulikus és pneumatikus hajtások gépbiztonsági vonatkozásairól írunk. Elsőként összefoglaljuk a fluid rendszerek veszélyforrásait, megtárgyaljuk a fluid rendszerek gépbiztonság szempontjából fontos elemeit és működési alapelveit. A fejezet további részében a pneumatikus és hidraulikus hajtások biztonságát és az alkalmazott biztonsági funkciókat tekintjük át VDMA 24584 szerint. [18]

### Veszélyek fluidtechnikában

Fluidtechnikai alkalmazásnál, figyelembe kell venni azokat a veszélyeket, amelyek a rendszer beépítése, beállítása, működtetése és karbantartása során keletkezhetnek.

Ezeket a veszélyeket okozhatják:

- az összenyomott, magas nyomású közeg irányítatlan kibocsátása,
- a nem szándékolt gépmozgás,
- megengedhetetlenül nagy erők,
- az összenyomott közeg ingerlő vagy mérgező hatása.

### Az összenyomott közeg irányíthatatlan kilépése

Az összenyomott közeg irányíthatatlan kilépése miatti veszélyek az (összenyomott közeg olaj víz vagy levegő) kiléphet a rendszerből a csövek csatlakozásánál és a tömítéseknel lévő hézagok következtében. Ha egy gumicső vagy egy elem tokozása eltörik akkor erős közeg sugárral kell számolni. Különösen hidraulikus rendszereknél figyelembe kell venni hogy a folyadék igen finom sugár formájában léphet ki a nagy nyomás miatt, következésképpen a nagy kinetikai energiával szemsérülést okozhat. A mérgező hidraulikus folyadék sugara be is hatolhat az ember bőrébe, veszélyes mérgezést okozva. A kilépő gyúlékony hidraulika folyadék tűzveszélyes is lehet, ha gyújtószikra forrás is van. Az olajszivárgás a munkahelyeken vagy közlekedési utakon csúszásveszélyt okoz és környezeti veszélyt is jelent. Pneumatikus rendszerekben a levegőt a munkamenet utána szabadon engedik. Amikor ez elhagyja a mozgást vezérlő útváltó ez a port és fémforgácsokat felkeverheti és a kezelő vagy más személy felé fújhatja. Ha pneumatikában olajat adtak a levegőhöz az elemek kenésére, akkor kibocsátott levegővel azt is kiengedik a környezeti levegőbe. Ez légzőszervi problémákat és bőrbetegségeket okozhat. A levegő kiengedése többnyire nagy sebességgel történik és zajt eredményez. [9]

## Akaratlan gépmozgások okozta veszélyek

Akaratlan gépmozgásokat okozhat:

- egy parancsadó vagy vezérlőkészülék akaratlan működtetése, például akaratlanul működtetnek egy indítógombot vagy egy kart, helyzet kapcsolót vagy fénysorompót,
- hibás vezérlési terv és kivitelezés elkészítése,
- az energia szándékos hozzávezetése vagy leválasztása anélkül, hogy a kezelőelemet működtetnénk,
- az elemek meghibásodása.

Az elemek meghibásodhatnak a következők miatt:

- rendkívül nagy nyomás a rendszerben,
- kopás vagy anyag kifáradás például rugótörés vagy rugóerő csökkenés egy szelepen,
- külső behatások például szelepek dugulása vagy kapcsolási kihagyása folyadékban lévő szilárd részecskék miatt,
- túlterhelés például a rendszerben lévő nyomás csúcsok által okozott rendkívül nagy dinamikus terhelésekből adódóan,
- nem megfelelő hidraulika folyadék választása,
- vagy a hidraulika folyadék jellemzőinek megváltozása, például kapcsolás kihagyás vagy a szelepek dugulás a hidraulikus folyadék rendkívül nagy viszkozitása vagy nem kielégítő teherbíró képessége miatt.

## Megengedhetetlenül nagy erők miatti veszélyek

Gyakran akkor lép fel megengedhetetlenül nagy erő amikor a rendszer nyomása túllépi a megengedett értéket. Ez akkor fordulhat elő, amikor a nyomáshatároló szelepet nem megfelelően méretezik a szivattyú szállítási képességéhez, vagy ha egyszerűen rosszul állítják be. Nagy erők alakulhatnak ki abban az esetben is, amikor a rendszerben nagy nyomáscsúcsok lépnek fel, például amikor mozgó tömegeket hirtelen megállítunk. [9]

## A hidraulikus folyadék anyagai által okozott ingerlő és mérgező hatások

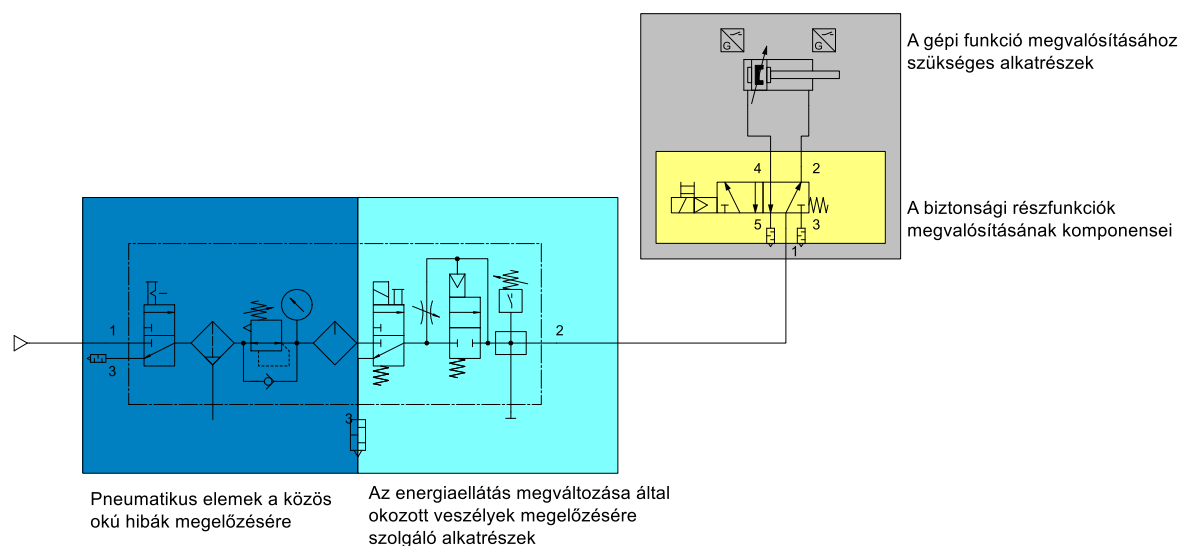
Veszélyek származhatnak a bőrnek hidraulikus folyadékkal való érintkezése miatt. Ebben az esetben az olajban lévő sav eltávolítja a bőr védő rétegét és károsodás léphet fel. A mérgező hidraulika folyadékok gőzeinek vagy a sűrített levegő kenőanyagainak belégzése légúti ingerlést okozhat. [9]

## 9.1. Pneumatikus hajtások biztonsága

Az elektropneumatikus vezérlések azzal az eljárással valósítanak meg biztonsági funkciókat, hogy a logikai egység által küldött elektromos jelek több szelep kombinációján keresztül teljesítményvezérlő elemként befolyásolják a hajtás, ill. munkavégző elemeket. A jellemző biztonsági funkciók elembiztonsági funkcióként hozzárendelhetők a gép üzemmódjaihoz. Az elektropneumatikus vezérlések mellett 100%-ban pneumatikus vezérlések is léteznek. E megoldásoknak az az előnye, hogy az elembiztonsági funkciók a pneumatika determinisztikus viselkedése miatt viszonylag egyszerűen végrehajthatók tisztán pneumatikus úton is. [1] [15]

### 9.1.1. Pneumatika alapok a gépbiztonság szempontjából

A fejezetben a gépbiztonság szempontjából lényeges pneumatikus alapismereteket mutatjuk be. A következő ábrán egy általános pneumatikus rendszer látható.



9.1. ábra: pneumatikus rendszer biztonsággal összefüggő részei

A következő pontok egy jól bevált módszert mutatnak be integrált biztonsági részfunkciókkal rendelkező pneumatikus áramkörök tervezésére, valamint ezek célzott kiválasztására és méretezésére:

#### 1. Válassza ki az aktuális gépfunkcióhoz tartozó alkatrészeket

Határozza meg, mely alkatrészek alkalmasak a szükséges gépi funkció kialakítására, pl. munkadarab mozgatásához vagy rögzítéséhez.

## *2. Válassza ki a biztonsági részfunkciók megvalósításához szükséges összetevőket*

A biztonsági koncepció kidolgozásakor meghatározásra kerül a géphez szükséges biztonsági részfunkció, valamint az általuk teljesítendő biztonsági követelmények. A megvalósításhoz szükséges komponenseket úgy kell kiválasztani és méretezni, hogy a meglévő követelmények teljesíthetők legyenek.

## *3. Válassza ki az alkatrészeket az energiaellátás változásai által okozott veszélyek elkerülése érdekében*

Amikor a rendszer sűrített levegő ellátása be van kapcsolva, a hirtelen túlnyomás veszélyt jelenthet. Ez a veszély csökkenthető lágyindító szelep segítségével. Ha viszont az üzemi nyomás a használt alkatrészekhez szükséges minimális üzemi nyomás alá esik, az váratlan viselkedést eredményezhet. Ezt egy nyomásfigyelő funkció akadályozza meg, amely a megengedett határértékek be nem tartása esetén biztonságos állapotot (feszültségmentes állapot) indukál.

## *4. Válassza ki az összetevőket a közös okokból és a szisztematikus meghibásodások elleni intézkedésekhez*

A pneumatikus biztonságra vonatkozó ISO 4414 az ISO 13849 mellett bizonyos intézkedéseket ír elő. Ezen intézkedések közé tartozik például a sűrített levegő minőségének fenntartására szolgáló szűrő, a megengedett nyomástartomány fenntartására túlnyomás- vagy nyomásszabályozó szelep, valamint a sűrített levegő-ellátás kézi leválasztására alkalmas kézi be-/kikapcsoló szelep használata. A közös okok miatti meghibásodásokra vonatkozó követelmények az 5.2.5. fejezetben találhatók. [3]

### **Sűrített levegő előkészítés**

A sűrített levegő előkészítő egységek fontos része a szűrő – vízleválasztó - nyomásszabályzó egység. Az ISO 13849-1 szabvány a közös okú meghibásodások (CCF) elleni intézkedésnél megköveteli a gyártói előírásoknak megfelelő levegő minőséget a pneumatikus elemek rendeltetésszerű üzemeltetéséhez. A gyártók általában a levegő minőségi osztályokat az ISO 8573-1:2010 alapján határozzák meg. Általában három számot adnak meg pl.: [7:4:4]. Az első szám a sűrített levegő szilárd szennyező tartalmára utal, jelen példában a 7-se minőségi osztály azt jelenti, hogy a levegőben megengedett szilárd szennyeződés tartalom 5-10 mg/m<sup>3</sup> között lehet. Ezt 40 µ-os szűrési finomsággal érjük el. Bizonyos pneumatikus elemeknél előírás lehet a 6-os osztályú levegő osztály, ami 0-5 mg/m<sup>3</sup>, ezt 5µ-s szűréssel tudjuk teljesíteni. A második szám a levegő nedvesség tartalmára utal. A példában látható 4-es osztály azt jelenti, hogy a levegőt +3 °C-os harmatponti nedvességtartalomig kell szárítani. A

harmadik szám a levegőben maradt olajtartalomra utal. A 4-es osztály azt jelenti, hogy a levegőben lévő kompresszorból visszamaradt olaj mennyisége  $<5 \text{ mg/m}^3$ . A gyakorlatban alkalmazott pneumatikus komponensek döntő többsége ebbe a két kategóriába esik. [17]

**9.1. táblázat: Levegő minőségi osztályok ISO 8573-1szerint [17]**

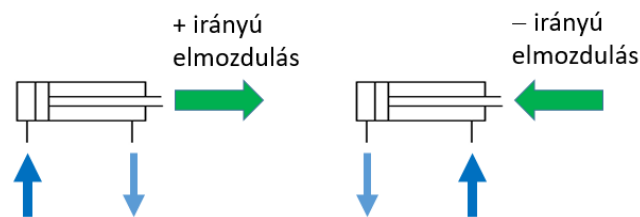
ISO 8573 1:2010 Osztály	Szilárd részecskék				Víz		Olaj
	Maximum részecske szám $\text{m}^3$ -enként			Részecske tömeg koncentráció $[\text{mg}/\text{m}^3]$	Gőznyomás os harmatpont $[\text{°C}]$	Folyadék $[\text{g}/\text{m}^3]$	Összes olajtartalom $[\text{mg}/\text{m}^3]$
	0,1-0,5 $\mu\text{m}$	0,5-1 $\mu\text{m}$	1-5 $\mu\text{m}$				
0	Az eszköz felhasználójának előírásai szerint, szigorúbb követelményekkel, mint az 1. osztály						
1	$\leq 20.000$	$\leq 400$	$\leq 10$	-	$\leq -70$	-	0,01
2	$\leq 400.000$	$\leq 6.000$	$\leq 100$	-	$\leq -40$	-	0,1
3	-	$\leq 90.000$	$\leq 1.000$	-	$\leq -20$	-	1
4	-	-	$\leq 10.000$	-	$\leq +3$	-	5
5	-	-	$\leq 100.000$	-	$\leq +7$	-	-
6	-	-	-	$\leq 5$	$\leq +10$	-	-
7	-	-	-	5 - 10	-	$\leq 0,5$	-
8	-	-	-	-	-	0,5 - 5	-
9	-	-	-	--	-	5 - 10	-
X	-	-	-	$> 10$	-	$> 10$	$> 10$

A nyomásszabályozó szelep az egyik legfontosabb pneumatikus szelep, többek között a tartály kilépő oldalán, a hálózat számos pontján és minden levegő előkészítő egységben megjelenik, de akár önállóan 1-1 munkavégző előtt is állhat. A nyomásszabályzó alapvető feladata a rendszernyomás stabilizálás, de e mellett túlnyomás elleni védelmet is biztosít a tehermentesítő furatokon keresztül. Ezt szintén előírja az ISO 13849-1-es szabvány a közös okú meghibásodások elleni intézkedéseknél (CCF).

## Pneumatikus munkahengerek

### Kettős működésű munkahenger

Az egyoldali dugattyúrúd kivezetéssel rendelkező kettős működésű munkahenger az egyik leggyakoribb pneumatikus munkavégző. Két pneumatikus csatlakozást találunk, mindkét hengerkamrához egyet-egyét. A dugattyú elmozdulásának feltétele leegyszerűsítve, hogy az egyik hengerteret töltjük, a másik hengerteret pedig leszellőztetjük. Azt az irányú munkavégzést, ahol a dugattyúrúd a hengertérből kifelé halad, pozitív irányúnak nevezzük; azt az irányt, ahol a dugattyúrúd a hengertérbe vissza halad, negatív irányúnak nevezzük. [26]



9.2. ábra: A kettős működésű munkahenger mozgásai [26]

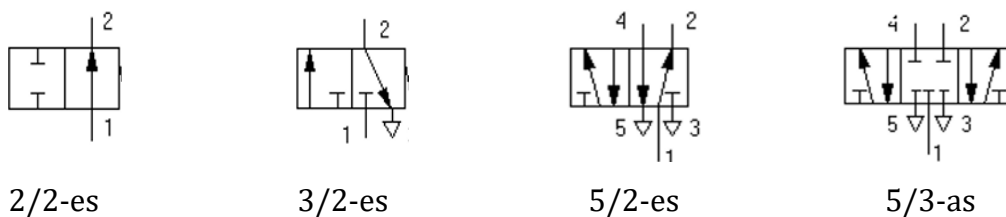
### Útváltó szelepek

Az útirányítók feladata az áramló közeg irányának, útjának meghatározása. Az útváltó szelepek csatlakozó csatornák között teremtenek kapcsolatot, összenyitják vagy elzárják közöttük az átáramlást.

A csatlakozások jelölése egységes:

<b>Pneumatikus energiacsatlakozás (táp):</b>	1	(P)
<b>Munkaoldali kimenő csatlakozók:</b>	2, 4, 6	(A, B, C)
<b>Leszellőző csatlakozók:</b>	3, 5, 7	(R, S, T)
<b>Vezérlőcsatlakozók:</b>	12, 14, 10	(Z, X, Y)

Az útszelepek egyik legfontosabb jellemzője a csatlakozások és a kapcsolási helyzetek száma, ezt számokkal jelöljük. Például a 3/2-es szelep (három per kettes szelep) jelentése: 3 csatlakozója és két kapcsolási helyzete van az adott útváltónak.



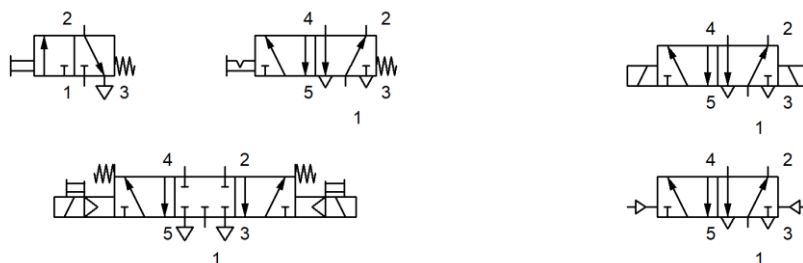
9.3. ábra: Néhány jellemző pneumatikus útváltó típus [26]

### Monostabil és bistabil szelepek

Ha a szelep rendelkezik visszatérítő elemmel, akkor működtetés nélkül magára hagyva mindig a (lég)rugó által meghatározott helyzetet veszi fel, így ez a szelep *monostabil*, egy stabil helyzete van.

*Bistabil* szelepeknek azokat a kétállású szelepeket nevezzük, amelyekben nincs visszatérítő elem. Működtetés nélkül magára hagyva a bistabil szelepek azok tartják az utolsó kapcsolási helyzetüket, ami a két lehetséges állás bármelyike.

**A biztonsági funkciók megvalósításához minden esetben monostabil szelepeket alkalmazunk. A gép biztonságos állapotát úgy kell megtervezni, hogy az a szelep stabil, visszatérítő elem által felvett pozíciója váltsa ki!**



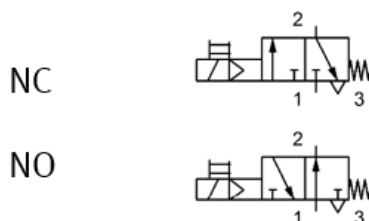
9.4. ábra: Monostabil és bistabil szelepek [26]

### Alaphelyzet

Monostabil szelepeknél értelmezett fogalom. Az a kapcsolási állás, amelyet a szelep működtetés nélkül a visszatérítő (lég)rugó hatására felvesz.

2/2-es és 3/2-es szelepeknél beszélhetünk alaphelyzetben zárt vagy alaphelyzetben nyitott szelepekről a szerint, hogy alaphelyzetükben a pneumatikus tápcsatlakozót (1) nyitják-e vagy zárják a munkoldal csatlakozó (2) felé:

- alaphelyzetben zárt (Normally Closed – NC): 1-es (P) zárt,
- alaphelyzetben nyitott (Normally Opened – NO): 1 → 2 (P → A) nyitott.



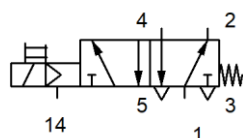
9.5. ábra: Alaphelyzetben zárt (NC) és nyitott (NO) 3/2-es mágnesszelepek (elektromos vezérlésű szelepek) [26]

3 állású monostabil szelepek esetén (pl.: 5/3-as monostabil szelep) jellemzően két visszatérítő elem van a szelepből, a szelep alaphelyzete pedig a középső kapcsolási állás. (Részletesen ld. az 5/3-as szelepeknél.)

### *Elővezérlő szelep tápellátás*

Elővezérelt szelepeknél az elővezérelt szelep tápellátását, vagyis a segédlevegő biztosítását két módon valósíthatjuk meg:

- elővezérlő levegő tápellátása közösített tápról, vagyis az elővezérlő szelep is a fő szelepelem tápellátását (1) alkalmazza,
- elővezérlő levegő tápellátása független tápról, vagyis az elővezérlő szelep saját, a fő szelepelem tápellátásától független tápellátással (12/14) rendelkezik.



*9.6. ábra: Monostabil 5/2-es mágnesszelep független segédlevegő tápellátással (14)*

Független segédlevegő tápellátás esetén lehetséges a teljesítménytől (1) eltérő nyomásszint alkalmazása; alapelv, hogy a biztonságos átváltás miatt az elővezérlő levegő nyomása legyen 6 bar-os. Azoknál a szelepeknél, ahol a fő szelepelem tápellátása nem 6 bar-os (például vákuumszelep), vagy a szelep fordított áramlással dolgozik (1→2 helyett 2→1; reverzibilis szelep), mindig független segédlevegő tápellátást kell biztosítanunk. Amennyiben a segédlevegő leszellőzés is független, akkor annak is saját kivezetése van, ennek számozása 82 vagy 84. [26]

### *Kézi segédműködtetés*

A pneumatikus és elektromos működtetésű útszelepeket gyakran kézi segédműködtetéssel egészítik ki. A kézi segédműködtetéssel a szelep manuálisan átváltható. Ez egy kiegészítő funkció, üzemszerűen nem alkalmas az útszelep átváltására, de tesztelésnél, hibakeresésnél jó szolgálatot tehet. Elővezérelt szelepeknél a kézi segédműködtetés gyakran az elővezérlő szelepet nyitja. **Biztonsági funkciót ellátó szelepeknél nincs elérhető kézi segédműködtetés!**



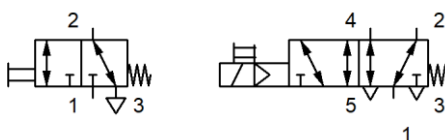
9.7. ábra: 5/2-es bistabil direkt elektromos működtetésű és elővezérlet elektromos vezérlésű szelepek kézi segédműködtetéssel [26]

### Elektropneumatika és mágnesszelepek

Amennyiben a munkavégzők útirányítását elektromosan direkt működtetett vagy elővezérlet elektromos vezérlésű szelepekkel végezzük, akkor azt a rendszert elektropneumatikus rendszernek nevezzük. Az elektromos működtetésű vagy vezérlésű szelepekben az elektromos jel feldolgozását egy elektromágnes végzi, ezért ezeket a szelepeket mágnesszelepeknek nevezzük (némiképp megtevesztő módon; angolul solenoid valve).

### Reverzibilis szelepek

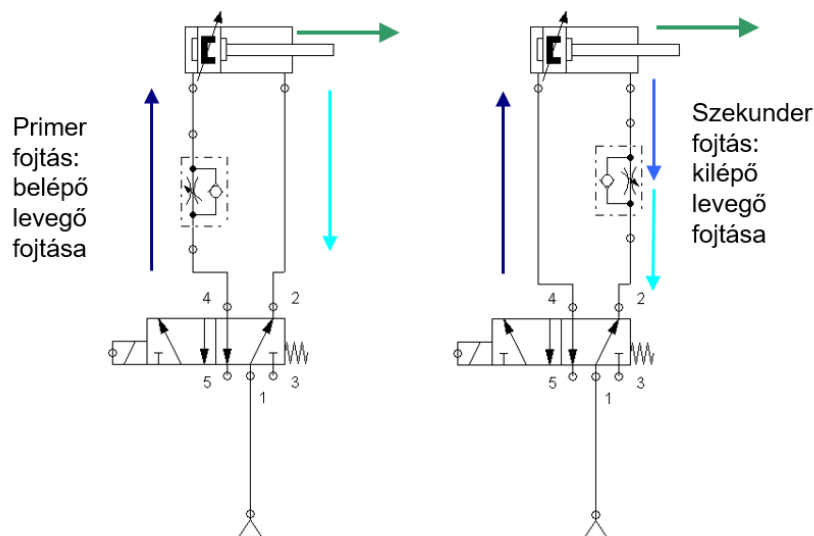
A reverzibilis szelepek olyan szelepek, amelyeknél az átáramlási irány a megszokottól elérő is lehet, tehát a szokásos  $1 \rightarrow 2$ ,  $1 \rightarrow 4$ ,  $2 \rightarrow 3$  és  $4 \rightarrow 5$  mellett a  $2 \rightarrow 1$ ,  $2 \rightarrow 3$ ; illetve  $4 \rightarrow 1$ ,  $4 \rightarrow 5$  is lehetséges. A reverzibilis áramlást kétfejű nyilakkal jelöljük a jelképben. **A pneumatikus hajtásoknál egyes biztonsági funkciók megvalósításához mindenképpen megfordítható áramlási irányú szelepet kell alkalmaznunk!**



9.8. ábra: Reverzibilis 3/2-es és 5/2-es útszelepek

### Pneumatikus hajtások sebesség vezérlése

Pneumatikus munkahengereknél, ha csak lehetőségünk van rá, mindig szekunder oldali fojtást alkalmazunk. Ennek oka az, hogy a szekunder sebességvezérlésnél a munkahenger kamráiban magas nyomás alakul ki, ezáltal „merevebb” hajtást kapunk.



9.9. ábra: Primer és szekunder fojtás a dugattyú előremenet (+ irány) során [26]

### 9.1.2. Pneumatikus hajtásoknál alkalmazott biztonsági funkciók

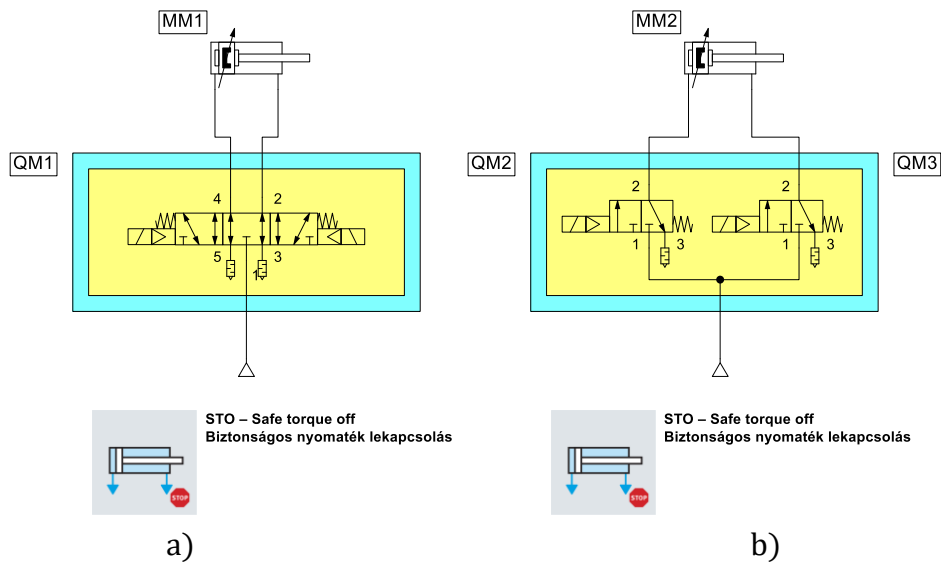
A továbbiakban a pneumatikus rendszerekben alkalmazható al biztonsági funkciókat ismertetjük. A fluid mechanikus hagyományos és nem hagyományos rendszerek biztonsági funkcióival a VDMA 24584 : 2019 (Safety functions of regulated and unregulated (fluid) mechanical systems) foglalkozik. [18]

	<b>STO – Safe torque off</b> Biztonságos nyomaték lekapcsolás		<b>SSC – Safe stopping and closing</b> Biztonságos megállítás és zárás
	<b>SDE – Safe de-energization</b> Biztonságos energialeválasztás		<b>SOS – Safe operating stop</b> Biztonságos működési leállítás
	<b>SEZ – Safe energization</b> Biztonságos energia rákapcsolás		<b>SDI – Safe direction</b> Biztonságos mozgásirány
	<b>PUS – Prevention of unexpected start-up</b> Váratlan indítás megakadályozása		<b>SSB – Safe stopping and blocking (in mechanics)</b> Biztonságos megállítás és mechanikus blokkolás
	<b>SS1 – Safe stop 1</b> Biztonságos leállítás 1		<b>SLS – Safely limited speed</b> Biztonságosan csökkentett sebesség
	<b>SBC – Safe brake control</b> Biztonságos fék vezérlés		<b>SLT – Safely limited torque (force)</b> Biztonságosan csökkentett nyomaték (erő)

9.10. ábra: Al biztonsági funkciók VDMA 24584 : 2019 (Safety functions of regulated and unregulated fluid mechanical systems) szerint [18][3]

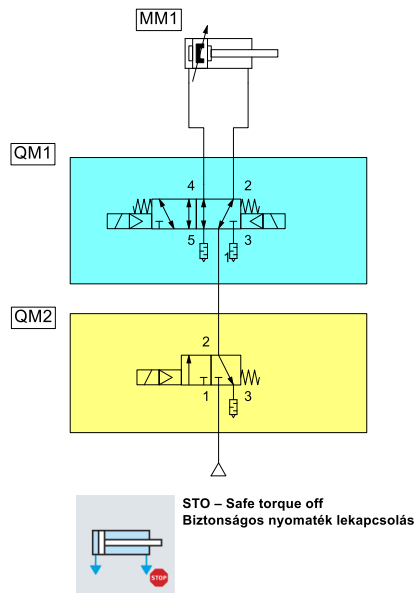
## Biztonságos nyomaték kikapcsolás (STO Safe torque off)

A pneumatikus hajtás energiájának leválasztása. A pneumatikus munkavégzők kamráinak leürítése. A hajtás energiamentes, így nincs erő (nyomaték), amely veszélyes mozgáshoz vezethet. A biztonságos állapot minden bemutatott megoldásnál a monostabil szelepek alaphelyzetében valósul meg. Ez az akkor történik, amikor nincs vezérelt állapotban a szelep és a rugó által megvalósított, vezérlő energiamentes állapotot fesz fel.



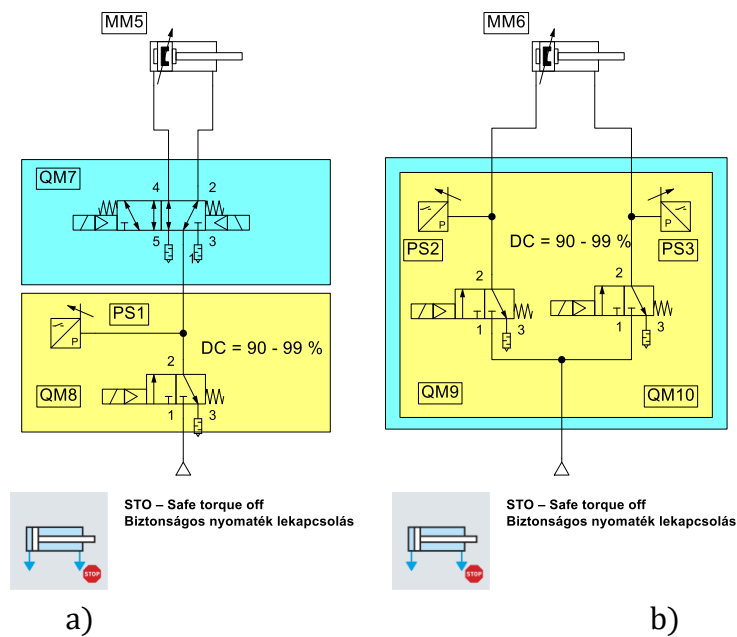
9.11. ábra: STO – Safe torque off (biztonságos nyomaték lekapcsolás). Kategória 1. legnagyobb elérhető PL c

Az ábrán látható megoldásoknál mindkét esetben ugyanaz a szelep QM1 vagy QM2 és QM3 látja el a normál működési funkciót (kék színnel) és a biztonsági funkciót is (sárga színnel). Ez sok esetben nem elkerülhető, de amennyiben lehetséges kerülni kell, azért mert így minden gépi funkciónál kapcsol a szelep és így lényegesen nagyobb igénybevételnek van kitéve mintha csak a biztonsági funkciónál kapcsolna. Például a gép normál működési funkciója miatt 30 másodpercenként kapcsol, (évi kapcsolási szám  $n_{op} = 777600$ ) míg ha csak biztonsági funkció pl.: vészleállítás miatt csak naponta 3 alkalommal, műszakonként egyszer (évi kapcsolási szám  $n_{op} = 540$ ). Az ábrán látható megoldásokkal kategória 1. és maximálisan PL c érték érhető el.



9.12. ábra: STO – Safe torque off (biztonságos nyomaték lekapcsolás). Kategória 1.  
legnagyobb elérhető PL c. Független safety funkció.

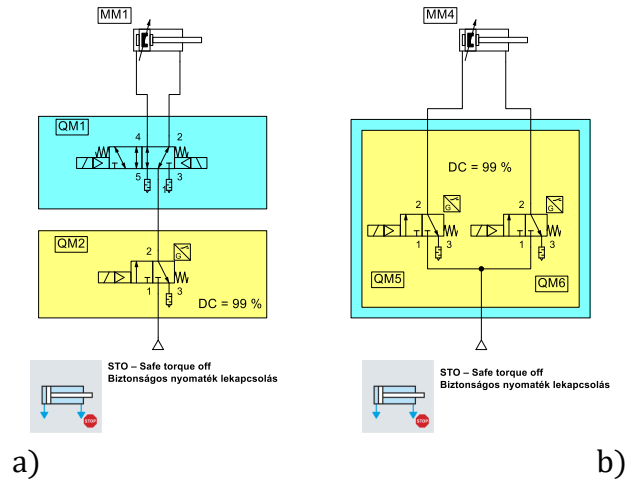
Az ábrán látható megoldás előnye, hogy független a normál gépi funkciót ellátó QM1 és a biztonsági funkciót ellátó QM2 szelep. Az ábrán látható megoldás Kategória 1. és a maximálisan elérhető teljesítményszint PL c.



9.13. ábra: STO – Safe torque off (biztonságos nyomaték lekapcsolás). Kategória 2.  
DC = 90 %, legnagyobb elérhető PL d.

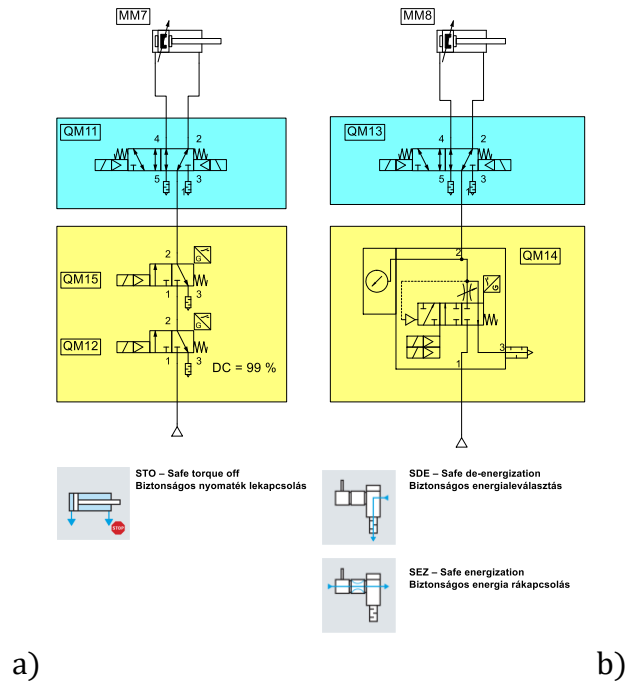
Az ábrán két lehetséges megoldás látható az STO biztonsági alfunkció megvalósítására. Vezérlési kategória 2., mindkét esetben közvetett ellenőrzés valósul meg a QM8 és QM9 és QM10 szelepek esetén a PS2, PS3 és PS1 nyomáskapcsolók segítségével. Az a) megoldás előnye, hogy a normál vezérlés és a biztonsági vezérlés eszköz szinten is

független. Az ábrán látható megoldás Kategória 2.,  $DC_{avg} = 90\%$  és a maximálisan elérhető teljesítményszint PL d.



9.14. ábra: STO – Safe torque off (biztonságos nyomaték lekapcsolás). Kategória 2.  $DC = 99\%$ , legnagyobb elérhető PL d.

Az ábrán két lehetséges megoldás látható az STO biztonsági al funkció megvalósítására. Vezérlési kategória 2., mindkét esetben közvetlen ellenőrzés valósul meg a QM2 és QM5 és QM6 szelepek esetén a szelepek közvetlen kapcsoltsági állapotának ellenőrzésével. Az a) megoldás előnye, hogy a normál vezérlés és a biztonsági vezérlés eszköz szinten is független egymástól. Az ábrán látható megoldás Kategória 2.,  $DC_{avg} = 99\%$  és a maximálisan elérhető teljesítményszint PL d.



9.15. ábra: STO – Safe torque off (biztonságos nyomaték lekapcsolás). Kategória 3-4.  $DC = 99\%$ , legnagyobb elérhető PL e.

Az ábrán két lehetséges megoldás látható az STO biztonsági al funkció megvalósítására. Vezérlési kategória 3-4. mindkét esetben közvetlen ellenőrzés valósul meg a QM15 és QM16 és QM14 szelepek esetén a szelepek közvetlen kapcsoltsági állapotának ellenőrzésével. A b) megoldás előnye, hogy az STO biztonsági funkción túl az SDE (Safe de-energization Biztonságos energialeválasztás) és SEZ (SEZ – Safe energization Biztonságos energia rákapcsolás) biztonsági funkciókat is teljesíti a kombinált eszköz. Az ábrán látható megoldás Kategória 3-4., DCavg = 99 % és a maximálisan elérhető teljesítményszint PL e.



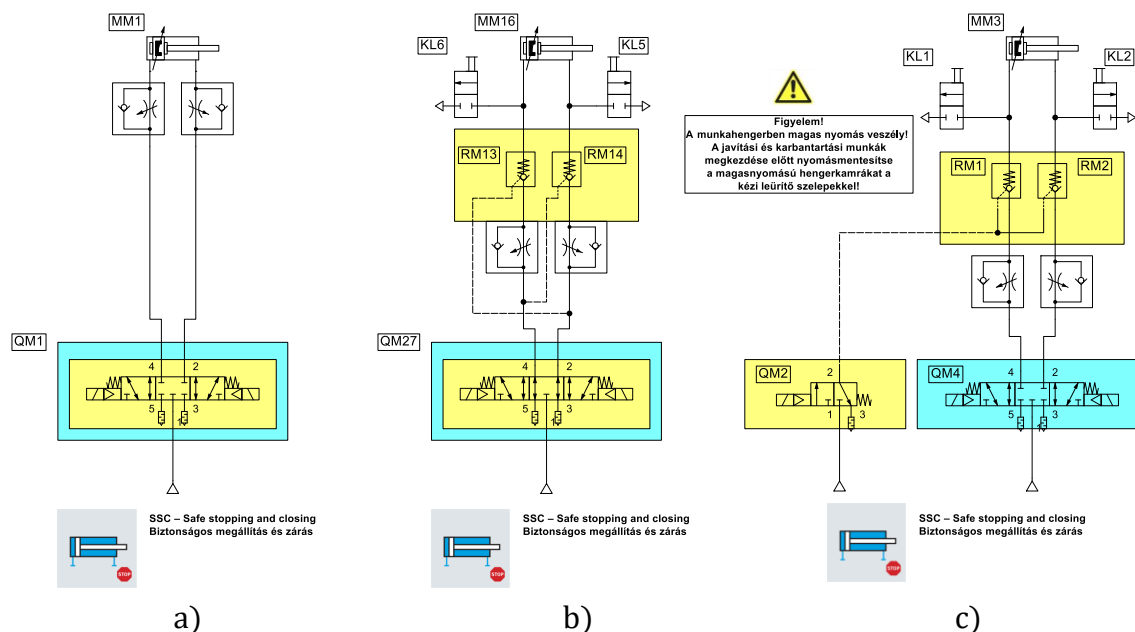
9.16. ábra: kétkörös leürítő szelep, lágyindítás funkcióval, PL d teljesítményszint [3]

### Biztonságos megállás és bezárás (SSC Safe stopping and closing)

Az energiaellátás vagy az energiaelvezetés a pneumatikus hajtómű legalább egy kamrájában zárva van, és a tárolt energiát felhasználják a leállítás elérésére. A biztonságos állapot minden bemutatott megoldásnál a monostabil szelepek alaphelyzetében valósul meg. Ez az akkor történik, amikor nincs vezérelt állapotban a szelep és a rugó által megvalósított, vezérlő energiamentes állapotot fesz fel.

**FIGYELMEZTETÉS:** Az SSC biztonsági funkciónál abból indulunk ki, hogy a kamrák lezárásra kerülnek. Sajnos a valóságban nincs teljesen zárt szivárgásmentes állapot. A szivárgási veszteségek következtében, szekunder sebességvezérlés esetén, hosszabb állásidőnél számolni kell a munkahenger kamráinak leszellőzésével. Újraindításkor a leürült kamrák miatt nem tud érvényesülni a szekunder sebesség vezérlés és ez nem várt nagy sebességű mozgást eredményezhet!

**FIGYELMEZTETÉS:** Az SSC biztonsági funkciónál a munkahenger kamráiba bezárjuk a magas nyomású levegőt. Ez egy nem megfelelően energiamentesített munkahengernél, javításkor vagy szereléskor tárolt energia okán balesetet okozhat. Minden esetben biztosítani kell a megfelelő, biztonságos energiamentesítést!



9.17. ábra: SSC – Safe stopping and closing (biztonságos megállít és bezárás). Kategória 1. elérhető PL c

A 9.17. ábrán látható megoldás Kategória 1. és a maximálisan elérhető teljesítményszint PL c. Az ábrán az SSC biztonsági funkció megvalósítására látunk három lehetséges megoldást. Az a) megoldásnál a QM1 5/3-as középhelyzetben zárt szelep alaphelyzetében lezárja a munkahenger kamráit és ezáltal a munkahengerbe bezárt magas nyomású levegő, mint két légrugó megtámasztja a munkahenger dugattyúját mindkét irányból. Ennél a megoldásnál figyelembe kell venni a levegő összenyomhatóságát, nem lesz teljesen merev a megállítás. Ennek figyelembevételével célszerű az SSC biztonsági funkciónál tervezésénél, úgynevezett szekunder sebesség vezérlést alkalmazni. A baloldali megoldásnál ugyanaz a szelep látja el a normál vezérlési és biztonsági funkciót, továbbá a baloldali megoldásnál az 5/3-as szelepek szerkezeti kialakítása általában tolattyús, amelyeknél minden esetben számolni kell a tolattyú melletti szivárgási veszteségekkel.

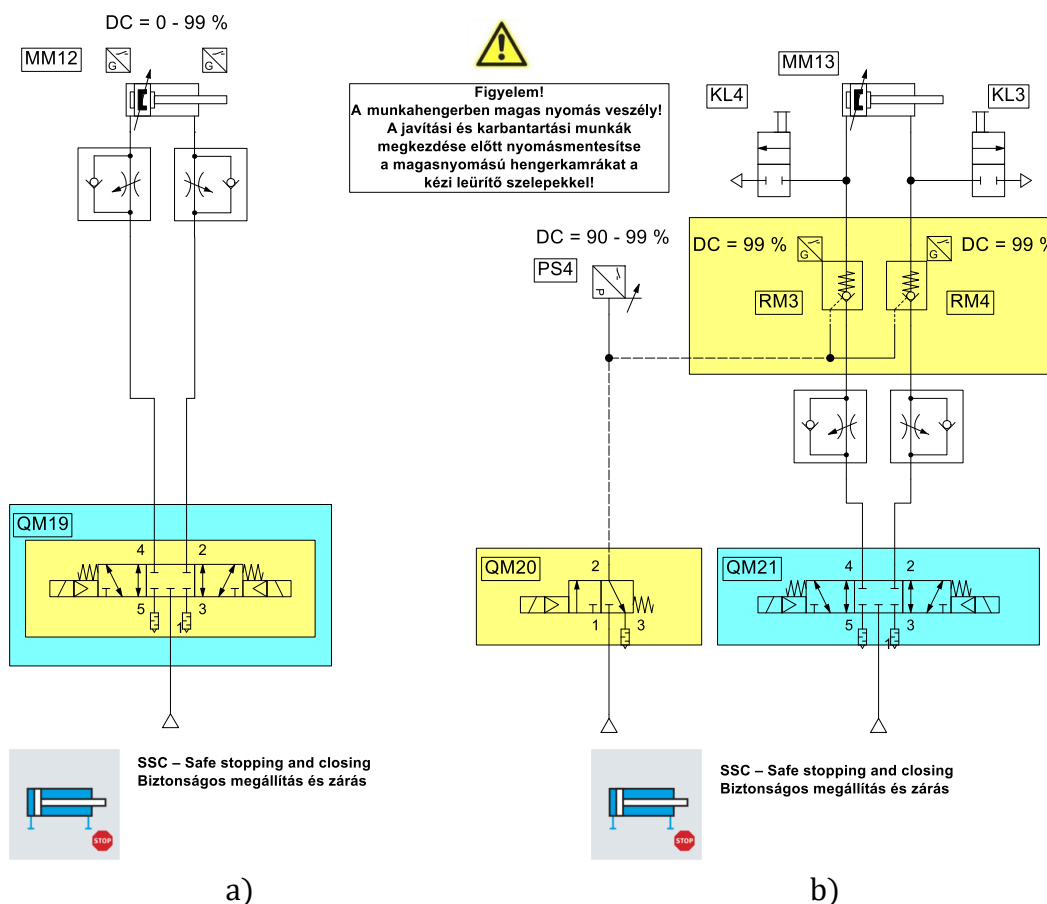
A b) ábrán látható megoldásnál a munkahenger lezárását vezérelt visszacsapó szelepek RM13 és RM14 végzik. A vezérelt visszacsapó szelepeket a működtető nyomásokról keresztbe vezéreljük. Ennél a megoldásnál ugyanaz a szelep látja el a normál vezérlési és biztonsági funkciót. Fontos, hogy a keresztbevezérelt visszacsapó szelepek esetén nem alkalmazható középhelyzetben zárt 5/3-as útszelep, mert az bezárja a vezérlő levegőt a visszacsapó szelepek vezérlő csatlakozóján, emiatt azok nyitva maradnak. Továbbá fontos, hogy a vezérelt visszacsapó szelepek keresztbe vezérlését a fojtó visszacsapó szelepek alatt, azaz a fojtatlan ágon kell megtenni. A visszacsapó szelepek bezárják a levegőt a munkahengerbe, ezért javítás és

karbantartás előtt a KL5 és KL6 kézi leürítő szelepekkel nyomás mentesíteni kell a munkahenger kamráit.



9.18. ábra: A munkahenger biztonságos nyomásmentesítése kézi leürítő szeleppel [3]

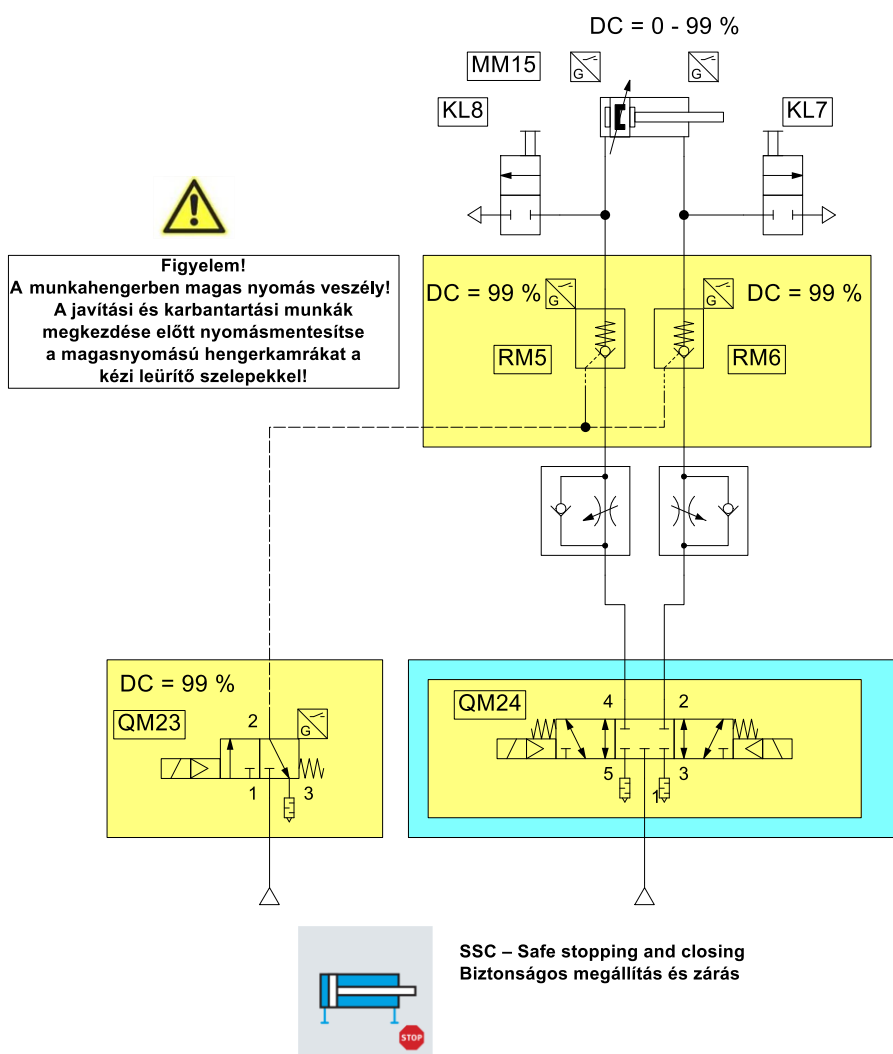
A c) megoldásnál független a QM4 normál vezérlésért felelős szelep a biztonsági funkciót megvalósító QM2 3/2-es szeleptől és a QM2 által vezérelt RM1 és RM2 nyitásra vezérelt visszacsapó szelepektől. A visszacsapó szelepek közvetlenül a munkahengerbe kerülnek beépítésre. Ez kisebb holt térfogatot és ebből adódóan nagyobb merevséget biztosítanak. A KL1 és a KL2 kézi leürítő szelepek segítségével a munkahenger kamrái biztonságosan nyomásmentesíthetők.



9.19. ábra: SSC - Safe stopping and closing (biztonságos megállít és bezárás). Kategória 2. elérhető PL d

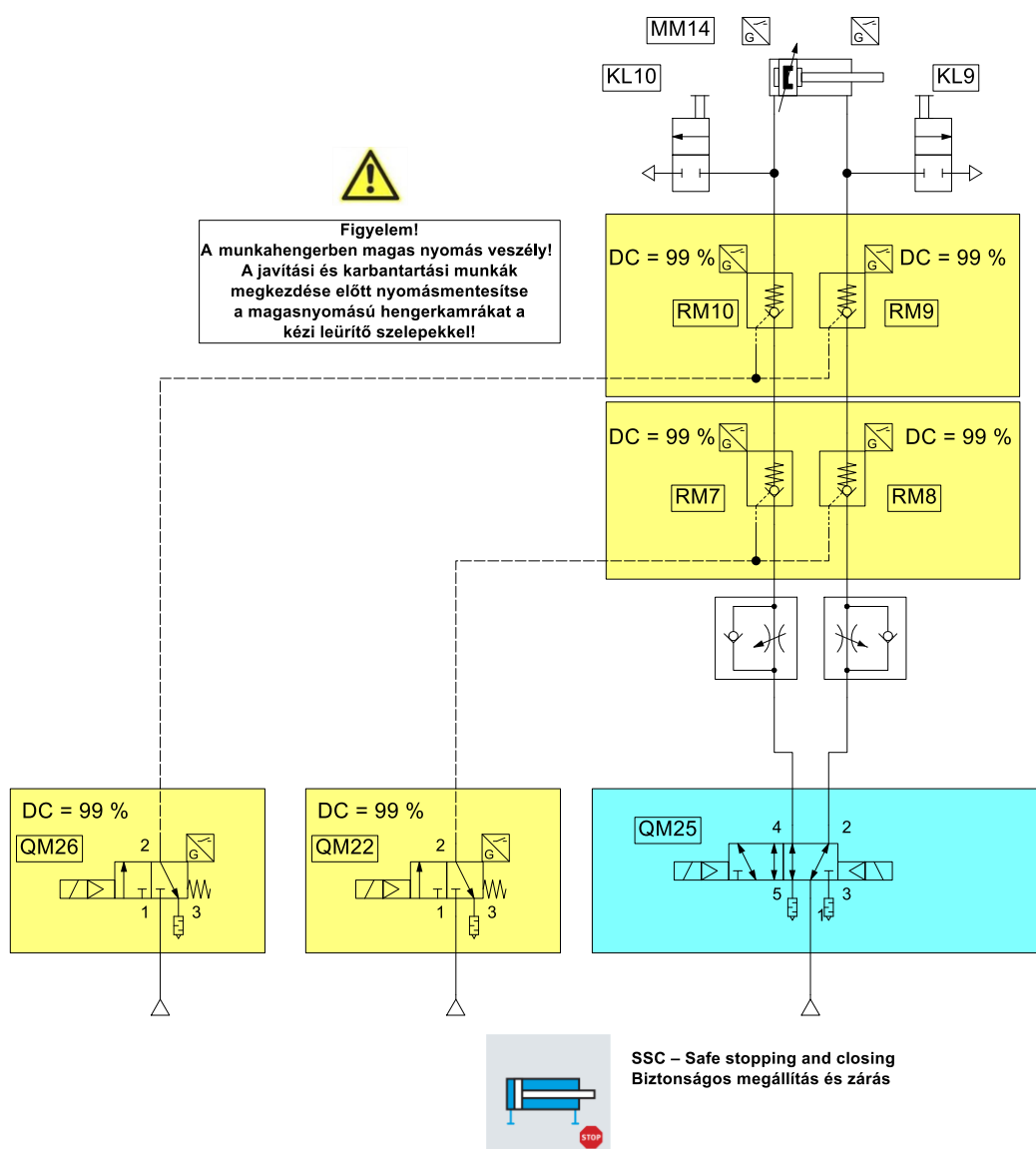
Az ábrán az SSC biztonsági funkció megoldási lehetőségei közül ábrázoltunk kettőt Kategória 2. lehetséges teljesítményszint PL d. Az a) ábrán alkalmazott diagnosztika a hibafelismerés a folyamat által a munkahengeren elhelyezett pozíció érzékelőkkel valósul meg. A diagnosztikai lefedettséget ebben az esetben 0 – 99 % közötti, általában 60 %-al becsüljük. A normál vezérlési és biztonsági funkciót egyaránt QM19 5/3-as középhelyzetben zárt szele látja el.

A b) ábrán látható megoldásnál különválik a normál vezérlési funkció és a biztonsági funkció. A QM20 3/2-es szelep ellenőrzése közvetett módon a PS4 nyomáskapcsolóval történik DC = 90%. Az RM3 és Az RM4 vezérelt visszacsapó szelepek közvetlen kapcsoltsági állapot visszacsatolással diagnosztizáltak DC = 99 %. A KL3 és a KL4 kézi leürítő szelepek segítségével a munkahenger kamrái biztonságosan nyomás mentesíthetőek.



9.20. ábra: SSC – Safe stopping and closing (biztonságos megállítás és bezárás). Kategória 3. elérhető PL d

Az ábrán az SSC biztonsági funkció egy lehetséges megoldása látható Kategória 3. elérhető teljesítményszint PL d. Az első csatorna a QM24-es 5/3-as középállásban zárt szelep, amelynek diagnosztizálása a munkahengeren elhelyezett pozíció érzékelőkkel valósul meg. Ez a diagnosztikai eljárás (hibakeresés a folyamat által DC = 60 %-al becsülhető és nem alkalmazható PL e teljesítményszint esetén. A második csatornát a QM23 3/2-es közvetlen szelep kapcsoltsági állapot visszacsatolású szelep DC = 99 % és a RM5 és RM6 direkt ellenőrzésű DC = 99 % vezérelt visszacsapó szelepek végzik. A kategória eléréséhez teljesíteni kell a közös okú meghibásodások elleni minimális 65 pontot. A KL7 és a KL8 kézi leürítő szelepek segítségével a munkahenger kamrái biztonságosan nyomás mentesíthetőek.

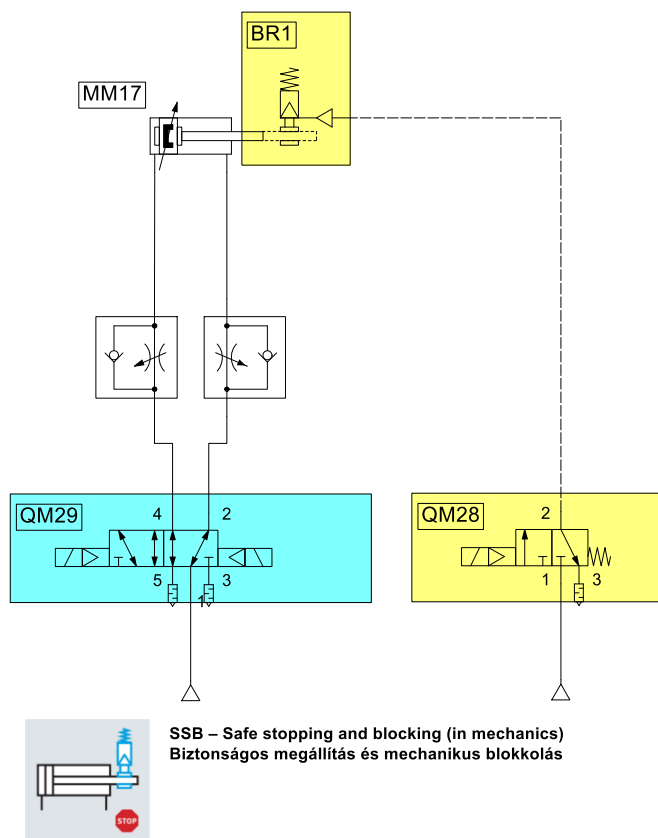


9.21. ábra: SSC – Safe stopping and closing (biztonságos megállítás és bezárás). Kategória 4. elérhető PL e

Az ábrán az SSC biztonsági funkció egy lehetséges megoldása látható Kategória 4. elérhető teljesítményszint PL e. Az első csatorna a QM26-os 3/2-es közvetlen szelep kapcsoltsági állapot visszacsatolású szelep DC = 99 % és a RM10 és RM9 direkt ellenőrzésű DC = 99 % vezérelt visszacsapó szelepek végzik. A második csatornát a QM22 3/2-es közvetlen szelep kapcsoltsági állapot visszacsatolású szelep DC = 99 % és a RM7 és RM8 direkt ellenőrzésű DC = 99 % vezérelt visszacsapó szelepek végzik. A kategória eléréséhez teljesíteni kell a közös okú meghibásodások elleni minimális 65 pontot. A KL9 és a KL10 kézi leürítő szelepek segítségével a munkahenger kamrái biztonságosan nyomás mentesíthetőek.

### Biztonságos megállás és blokkolás (SSB Safe stopping and blocking)

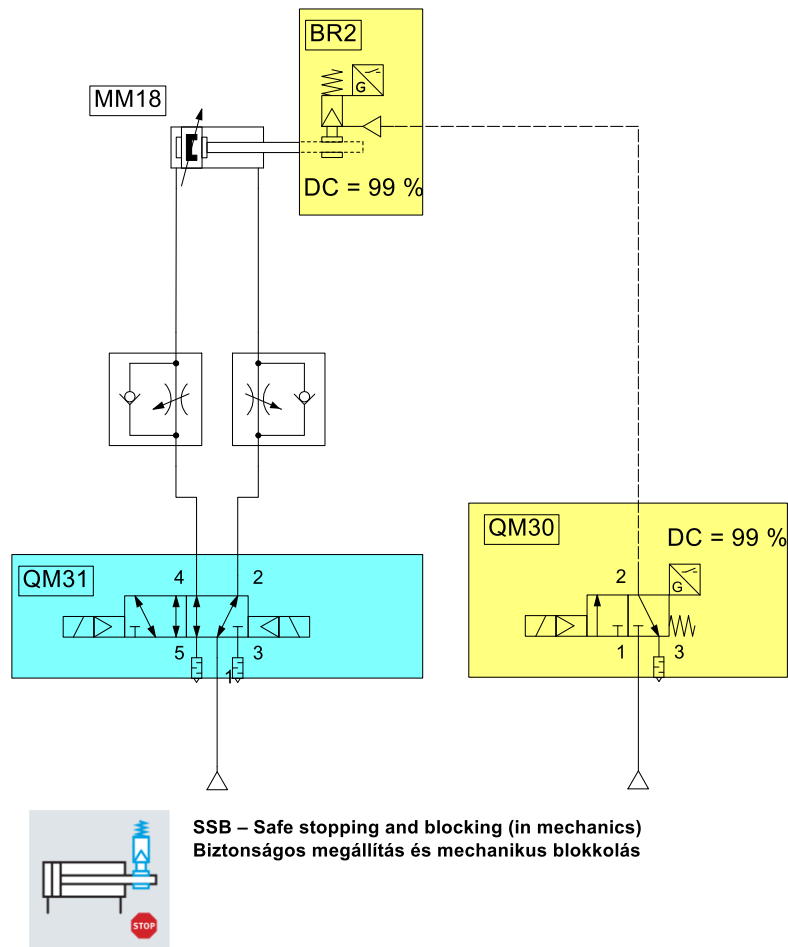
A pneumatikus hajtás leáll. A dugattyúrúd szabad mozgása blokkolva van. A blokkolás történhet pozitív reteszeléssel vagy súrlódásos reteszeléssel. A féket jellemzően egy 3/2-es funkciójú monostabil szeleppel valósítjuk meg. A fékhenger rugóerővel fékez és a fék oldásához szükséges pneumatikus energia.



9.22. ábra: SSB – Safe stopping and blocking (biztonságos megállítás és blokkolás). Kategória 1. elérhető PL c

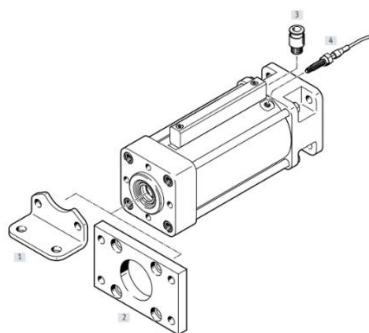
A 9.22. ábrán az SSB biztonsági funkcióra látunk egy lehetséges megoldást Kategória 1., maximálisan elérhető teljesítményszint PL c. A BR1 mechanikus rugóerővel fékező egységet a QM28 jelű szelep vezérli. Vezérelt állapotban a levegő oldja a henger

fékezését. Az a megoldás lényegesen stabilabb rögzítést tesz lehetővé, mint a levegő bezárásával működő SSC.



9.23. ábra: SSB – Safe stopping and blocking (biztonságos megállítás és blokkolás). Kategória 2. elérhető PL d

A 9.23. ábrán az SSB biztonsági funkcióra látunk egy lehetséges megoldást Kategória 2., maximálisan elérhető teljesítményszint PL d. A BR2 mechanikus rugóerővel fékező egységet, amely közvetlen diagnosztizálással van ellátva DC = 99 %, a QM30 jelű ellenőrzött szelep vezérli DC = 99 %.

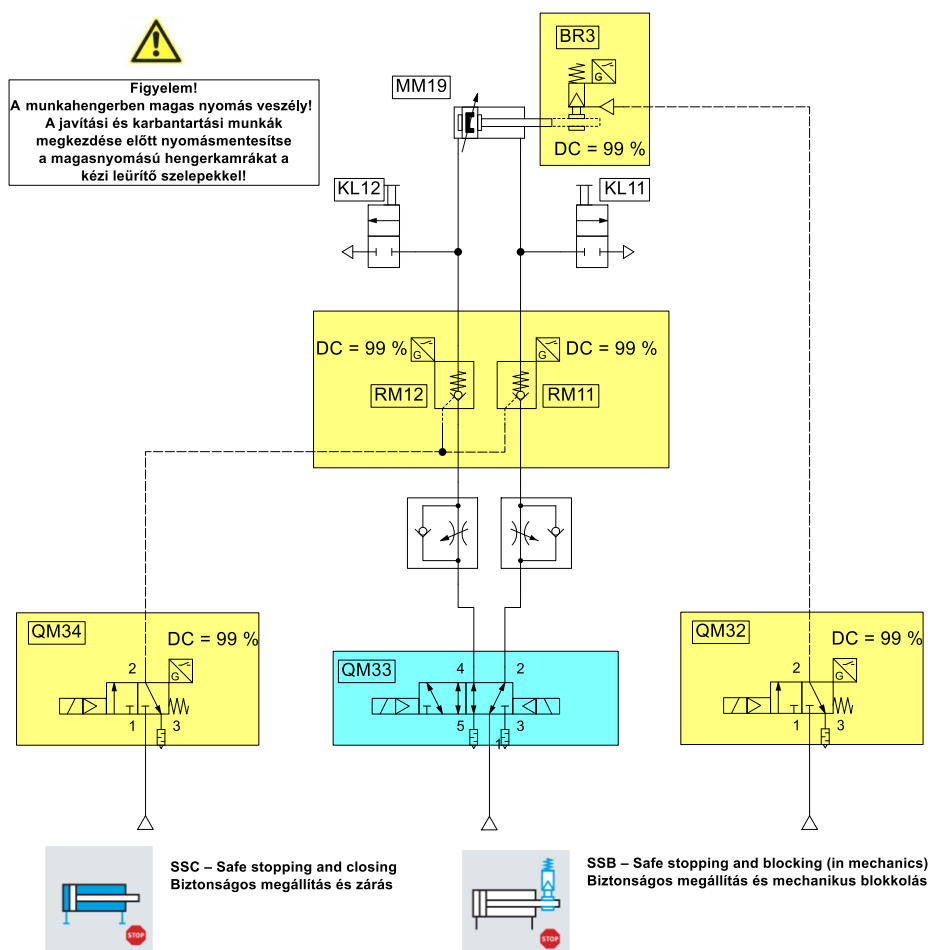


- [1] Lábás rögzítés
- [2] Karimás rögzítés
- [3] bedugható szerelvény
- [4] Érzékelő készlet

9.24. ábra: Rögzítőfék pneumatikus munkahengerre [3]

## Biztonságos megállítás (SSX Safe stopping) (nem része a VDMA 24584-nek)

A hajtás mozgása leáll. Az SSx funkció egy magasabb szintű biztonsági alfunkció, és általában különböző, stop karakterrel rendelkező biztonsági alfunkciókon keresztül valósul meg. Jelen megoldás az SSC és az SSB kombinációja.

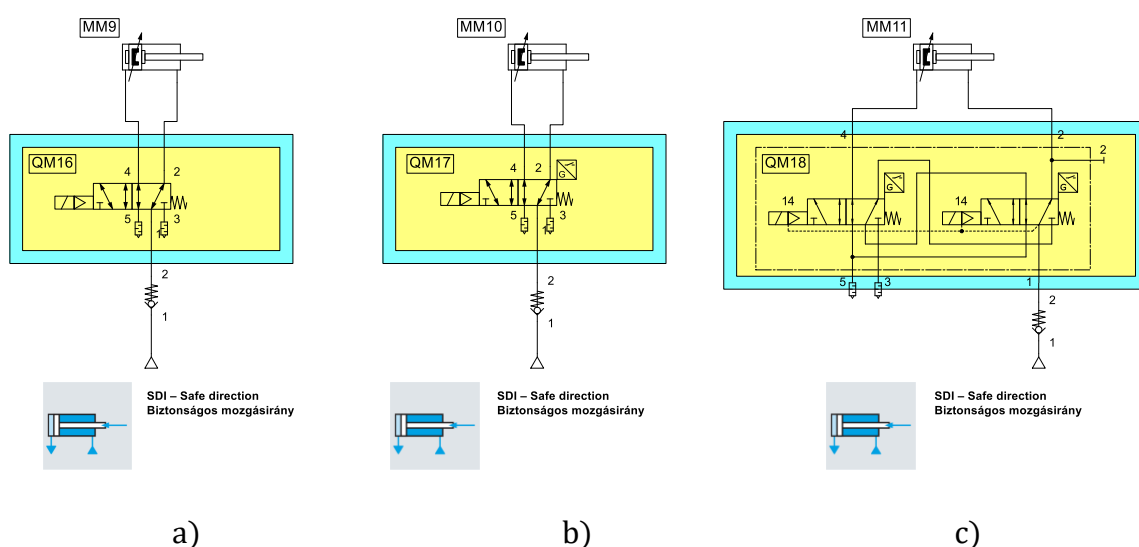


9.25. ábra: SSX – Safe stopping and blocking (biztonságos megállítás és blokkolás). Kategória 4. elérhető PL e

Az ábrán az SSX (SSC és SSB kombinációja) biztonsági funkció egy lehetséges megoldása látható Kategória 4. elérhető teljesítményszint PL e. Az első csatorna a QM34-es 3/2-es közvetlen szelep kapcsoltsági állapot visszacsatolású szelep DC = 99 % és a RM11 és RM12 direkt ellenőrzésű DC = 99 % vezérelt visszacsapó szelepek végzik. A második csatornát a QM32 3/2-es közvetlen szelep kapcsoltsági állapot visszacsatolású szelep DC = 99 % és a BR3 direkt ellenőrzésű DC = 99 % fék végzi. A kategória eléréséhez teljesíteni kell a közös okú meghibásodások elleni minimális 65 pontot. (itt az előző példákkal ellentétben 20 pont szerezhető a diverzitás elvének alkalmazása révén, mivel az első csatorna pneumatikus, a második mechanikus elven működik). A KL11 és a KL12 kézi leürítő szelepek segítségével a munkahenger kamrái biztonságosan nyomás mentesíthetőek.

## Biztonságos mozgásirány (SDI Safe direction)

Az SDI funkció megakadályozza, hogy a meghajtó rossz irányba mozogjon. A bemutatott példákban az 5/2-es monostabil szelepek a munkahengert alaphelyzetbe vezérlik. A biztonságos állapot minden bemutatott megoldásnál a monostabil szelepek alaphelyzetében valósul meg. Ez az akkor történik, amikor nincs vezérelt állapotban a szelep és a rugó által megvalósított, vezérlő energiamentes állapotot fesz fel. A kapcsolásokban az energia betáplálás és a szelepek között láthatunk egy visszacsapó szelepet. Ennek szerepe, hogy energia kimaradás esetén is maradjon annyi sűrített levegő a rendszerben ami a munkahenger biztonságos állapotba mozgathatásához szükséges. Szükség esetén még kiegészítő puffer légtartály is beépítésre kerülhet.

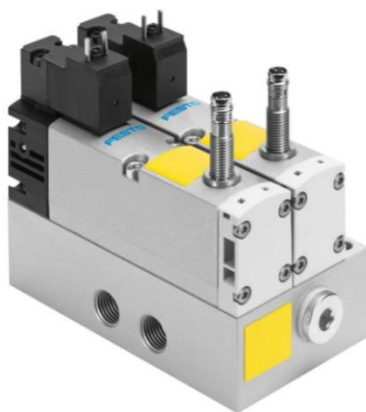


9.26. ábra: SDI – Safe direction (biztonságos mozgásirány). Kategória 1-4. DC = 0 - 99 %, elérhető PL c - e.

Az ábrán három lehetséges megoldás látható az SDI biztonságos mozgásirány al biztonsági funkcióra. Az a) ábrán 1. Kategória diagnosztika nélkül elérhető teljesítményszint PL c.

A b) ábra 2. vezérlési kategória DC = 99 % közvetlen ellenőrzés, az elérhető legmagasabb teljesítményszint PL = d.

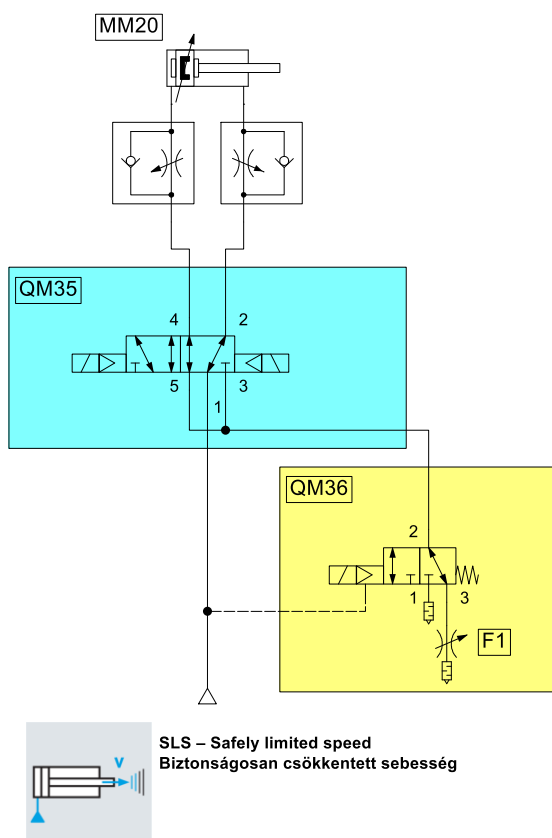
A c) ábrán két 5/2-es szelep ábra szerinti kapcsolásából kialakított szelepblokk látható. Bármelyik szelep meghibásodása esetén a munkahenger egy előre meghatározott, jelen esetben negatív irányú mozgást végez. Mindkét szelep közvetlen szelep kapcsoltsági állapot ellenőrzéssel rendelkezik, közvetlen diagnosztika DC = 99 %. A 2-3-4 kategória eléréséhez teljesíteni kell a közös okú meghibásodások elleni minimális 65 pontot. A legmagasabb elérhető teljesítményszint PL e.



9.27. ábra: Kétkörös biztonsági présvezérlő szelep, PL e teljesítményszint [3]

### Biztonságosan csökkentett sebesség (SLS Safely limited speed)

Az SLS funkció megakadályozza, hogy a pneumatikus hajtás túllépje a megengedett sebességet. Az SLS funkció akkor használatos, ha emberek tartózkodnak a gép veszélyes zónájában, és biztonságuk csak csökkentett sebességgel garantálható.



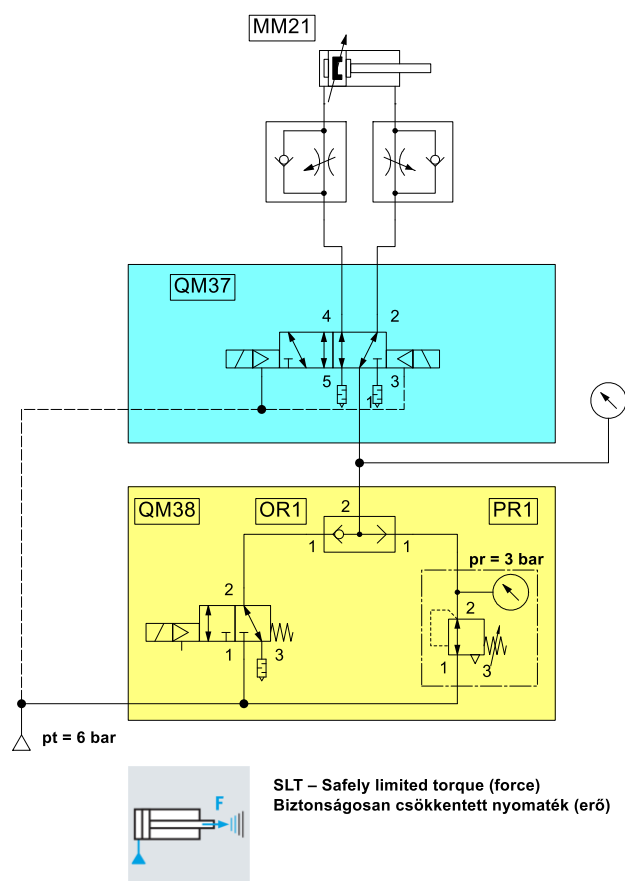
9.28. ábra: Biztonságosan csökkentett sebesség (SLS Safely limited speed)

Az ábrán az SLS biztonsági funkcióra látunk egy lehetséges megoldást Kategória 1., elérhető legmagasabb teljesítményszint PL c. A megoldás lényegileg eltér a villamos hajtásoknál alkalmazott SLS monitoring funkciótól, mert itt nincs sebesség mérés csak

egy megfelelően beállított és lezárt F1 jelzésű fojtószelep, amely a QM36-os szelep állásának megfelelően megkerülhető. Így a QM35-ös szelep leszellőző levegője a biztonsági funkció aktiválásakor keresztül megy a F1 fojtáson, amely lelassítja a mozgást. A megoldásnál fontos, hogy a QM36-os szelep nem hagyományosan van bekötve, ezért ennek a szelepnek biztosítani kell külső segédlevegő ellátást a működéshez.

### Biztonságosan csökkentett nyomaték / erő (SLT Safely limited torque / force)

Biztonságosan csökkentett nyomaték (erő) Az SLT funkció megakadályozza, hogy a pneumatikus hajtómű meghaladja a megengedett nyomatékot (erőt). Az SLT funkció akkor használatos, ha emberek tartózkodnak a gép veszélyes zónájában, és biztonságuk csak csökkentett sebességgel garantálható.



9.29. ábra: Biztonságosan csökkentett nyomaték / erő (SLT Safely limited torque / force)

Az ábrán az SLT biztonsági funkcióra látunk egy lehetséges megoldást Kategória 1., elérhető legmagasabb teljesítményszint PL c. A megoldás lényegileg eltér a villamos hajtásoknál alkalmazott SLT monitoring funkciótól, mert itt nincs erő vagy nyomaték mérés csak egy megfelelően beállított és lezárt PR1 jelzésű nyomásszabályozó szelep. A QM38 szelep kapcsolási állapotának megfelelően az OR1 jelzésű választó szelepen

keresztül két eltérő nyomású munkalevegőt vezetünk a QM37 jelzésű teljesítményszelep megáramlására. A biztonsági funkció aktiválásakor a nyomásszabályozóval beállított kisebb nyomás működteti a munkahengert, ezáltal csökkentett erő alakul ki.

## 9.2. Hidraulikus hajtások biztonsága

Ebben a fejezetben a hidraulikus rendszerek biztonságával foglalkozunk. A hidraulikus teljesítményátvitellel foglalkozó szabvány a ISO 4413. [16]

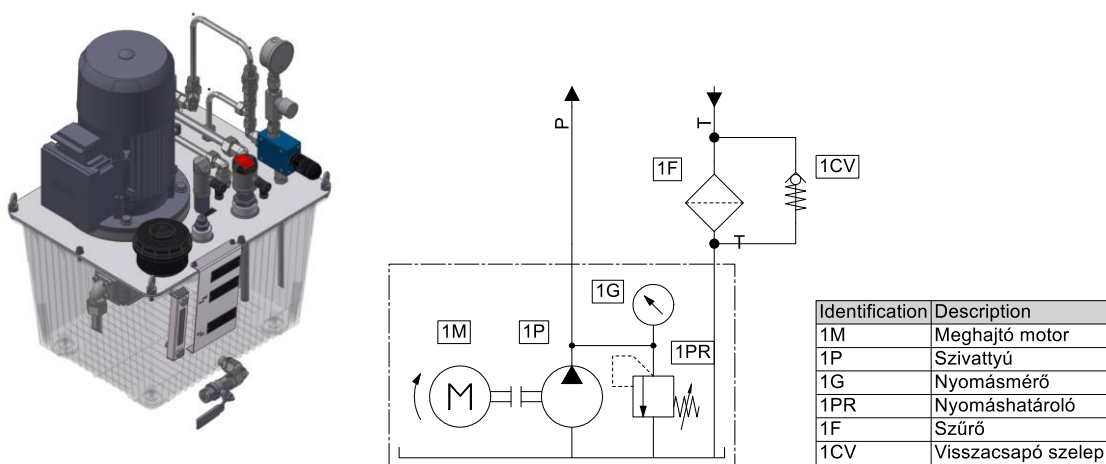
### 9.2.1. Hidraulika alapok a gépbiztonság szempontjából

#### Hidraulikus tápegység

Az energiaellátó egység (tápegység) a szükséges energiát biztosítja a hidraulikus berendezés számára. A legfontosabb részegységei:

- Hajtómotor
- Szivattyú
- Nyomáshatároló szelep
- Tengelykapcsoló
- Tartály
- Szűrő
- Hűtő
- Fűtés

Továbbá minden hidraulikus berendezés tartalmaz karbantartó-ellenőrző és biztonsági készülékeket, valamint vezetékeket, a hidraulikus elemekhez való csatlakozáshoz.



9.30. ábra: Hidraulikus tápegység [26]

## Szűrők

A munkafolyadék szűrése rendkívül fontos feladat. A mozgó elemek, tömítések kopásakor folyadékba kerülő szennyeződések hosszabb, vagy rövidebb idő után károsítják a rendszer elemeit. A szennyeződések forrásai lehetnek külső vagy belső eredetűek. Külső szennyeződés bejuthat a működés közben, szerelés-javítás során vagy olaj betöltés alkalmával. Belső szennyeződés oka lehet kopás, törés, korrózió vagy egyéb meghibásodás. A szűrés hiányosságai miatt a pontos illesztésű és mozgó elemek beszorulhatnak, károsodhatnak, az üléses, tolattyús elemek nem zárnak, a tömítőgyűrűk elkopnak. Ezek a károsodások a rendszer eleminek tönkremeneteléhez vezetnek. A szennyezők mérete különböző, ezért különböző finomságú szűrők alkalmazása szükséges Szűrési osztályok:

- durvaszűrés: 0,1 mm-ig,
- normálszűrés: 0,01 mm-ig,
- finomszűrés: 0,005 mm-ig,
- különleges finomszűrés: 0,001 mm-ig.

A szűrők elhelyezkedése alapján megkülönböztetünk:

- főági
- szívóági,
- nyomóági,
- visszafolyóági,
- mellékáramköri szűrést.

A szennyeződéseket  $\mu\text{m}$ -ben mérik, és ennek megfelelően adják meg a szűrő finomságát. Megkülönböztetünk:

- abszolút szűrési finomság: megadja annak a legnagyobb részecskének a méretét, amely éppen még átmegy a szűrőn;
- nominális szűrési finomság: a nominális pórusméreteknek megfelelő részecskéket többszöri átáramlásnál visszatartja;
- közepes pórustávolság: egy szűrőeszköz Gauss-eloszlás szerinti átlagos pórusméretének mértéke;

- $\beta$ -érték megadja, hogy hányszor több a meghatározott méretnél nagyobb részecske található a szűrő befolyási oldalán, mint az elfolyási oldalon.

Példa:

$\beta_{50} = 10$  azt jelenti, hogy a szűrő befolyási oldalán 10 x több 50  $\mu\text{m}$ -nél nagyobb részecske található, mint az elfolyási oldalon. [26]

### Eltömődésjelző

Fontos, hogy a szűrőhatás egy eltömődésjelzővel ellenőrizhető legyen. A szűrő elszennyeződése a rajta létrejövő nyomáscsökkenéssel mérhető. Növekvő szennyezéssel nő a nyomás a szűrő előtt. Ez a nyomás egy rugóterhelésű dugattyúra hat. Növekvő nyomás a dugattyút a rugóerővel szemben eltolja. [26]

### Nyomáshatároló szelep

A nyomáshatároló szelepet annak biztosítására építik be a rendszerbe, hogy a rendszernyomás ne lépjen túl egy meghatározott értéket. Ez megakadályozza, hogy a felszerelt elemeket túlnyomásnak tegyék ki.

A nyomáshatároló szelepek üléses vagy tolattyús felépítésűek lehetnek. Nyugalmi helyzetben egy nyomórúgó

- egy tömítőelemet a bemeneti csatlakozóhoz nyom,
- vagy egy tolattyút tol a tartálycsatlakozó nyíláshoz.

A nyomáshatároló szelepek a következő elv alapján működnek:

A bemeneti nyomás ( $p_1$ ) a szelep mozgó elemének felületére hat, és létrehozza

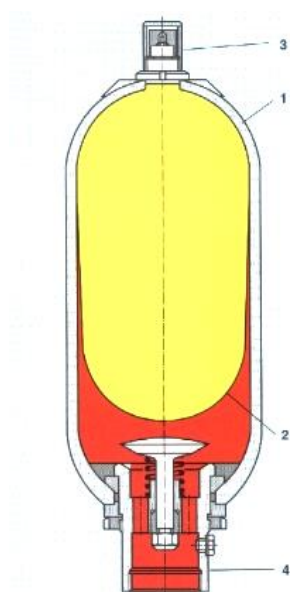
az  $F = p_1 \cdot A_1$  erőt.

Azt a rugóerőt, amivel a szelep mozgó eleme az üléshez van nyomva, állítani lehet. Ha nő az erő, (a rugóerő ellen), amelyet a bemeneti nyomás hoz létre, akkor a szelep nyitni kezd. Ekkor az átáramló folyadékmennyiség egy része a tartályba folyik. Ha a bemenő nyomás tovább nő, a szelep oly mértékig nyit, mígnem a szivattyú teljes szállítási mennyisége a tartályba folyik. [26]

## Hidroakkumulátorok

A hidroakkumulátor elsődleges feladata, hogy egy folyadékmennyiséget nyomás alatt felvegyen, s azt szükség esetén ismét leadja. Szükség-energiaforrás és/vagy rásegítő munkafolyadék forrás.

**Tömlős akkumulátor** – Közepes hasznos térfogat és a hidroakkumulátor gyors reagálása esetén tömlős akkumulátort alkalmazunk. A tömlő minőségének javításával az utóbbi években jó gáztömörségű és hosszú élettartamú tömlőket fejlesztettek ki. A tömlős akkumulátorokat a függőleges vagy ferde helyzetbe építik be, alul a folyadékkeleeresztő szeleppel.



- 1.) Hegesztett vagy kovácsolt nyomótartály
- 2.) Tároló tömlő
- 3.) Gázbevezetés
- 4.) Olajoldal

9.31. ábra: Tömlős akkumulátor [11]

## Hidroakkumulátorok beépítési szabályai (biztonsági szelepblokk)

A biztonsági és elzáró egység hidroakkumulátor vagy hidraulikus fogyasztó biztosítására, elzárására és tehermentesítésére szolgáló tartozékelem. Kielégíti az idevonatkozó biztonsági előírásokat és átvételi feltételeket, különösen a nyomástartó edények biztonsági szabályzatát, elsősorban a nyomótartályra vonatkozóan, a nyomástartó edények műszaki előírásaiban felsorolt pontok szerint. A biztonsági és elzáró egység a szelepházból, a beépített nyomáshatároló biztonsági szelepből, a főelzáró csapból áll, és a rendszercsatlakozón kívül az előírt manométercsatlakozókkal is rendelkezik. [26]









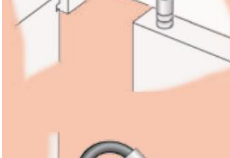
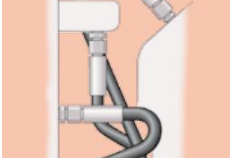
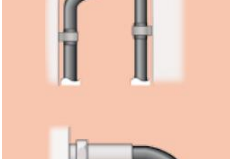







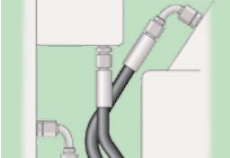

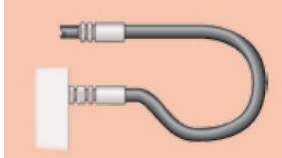

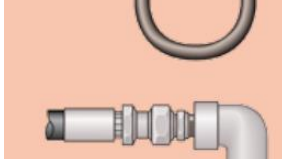





Identification	Description
1V1	Elektromos nyomásmentesítő
AKK2	Hidroakkumulátor
CV2	Zárószelep
PL2	Nyomásmentesítő szelep
PR2	Nyomáshatárpló
PG2	Nyomásmérő

## Gumitömlők, vezetékek biztonsági tulajdonságai

A gumitömlőket azért szükségesek hidraulikus és pneumatikus rendszerekben alkalmazni, hogy kapcsolatot biztosítsanak

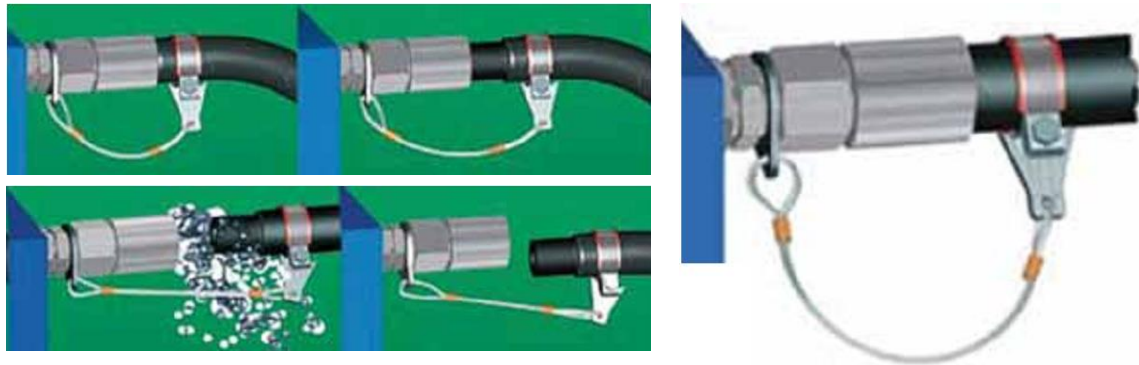
- az egymáshoz képest elmozduló részek között,
- olyan részek között, amelyeket rezgés szigeteléssel kell csatlakoztatni egymáshoz,
- olyan berendezések között, amelyeket gyakran kell cserélni.

9.34. ábra: Gumitömlők beépítésére vonatkozóan jó és rossz megoldások. [10]

ROSSZ	JÓ	ROSSZ	JÓ
        	        	   	   

### Tömlőrögzítő sodrony

A nagynyomású tömlők nyomó ágainak szivattyútól távolabb levő végeit balesetvédelmi megfontolások miatt csőszakadás esetére biztosítani kell. A tömlő tömlővégből történő kiszakadása esetén a kiáramló folyadék lendülete a tömlőt eltávolítja a tömlővégtől, a sodrony megfeszül és megakadályozza a tömlő balesetveszélyes csapkodását.

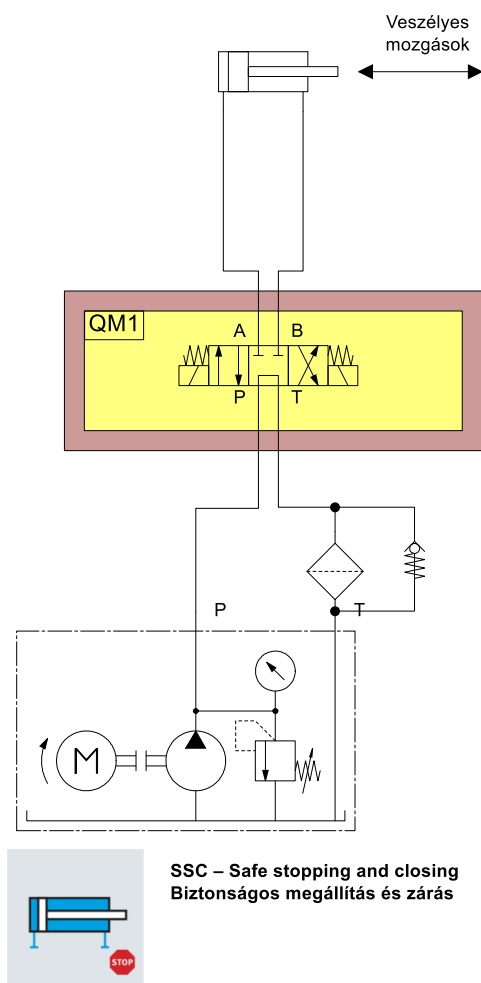


9.35. ábra: tömlőrögzítő sodrony működése és rögzítése [10]

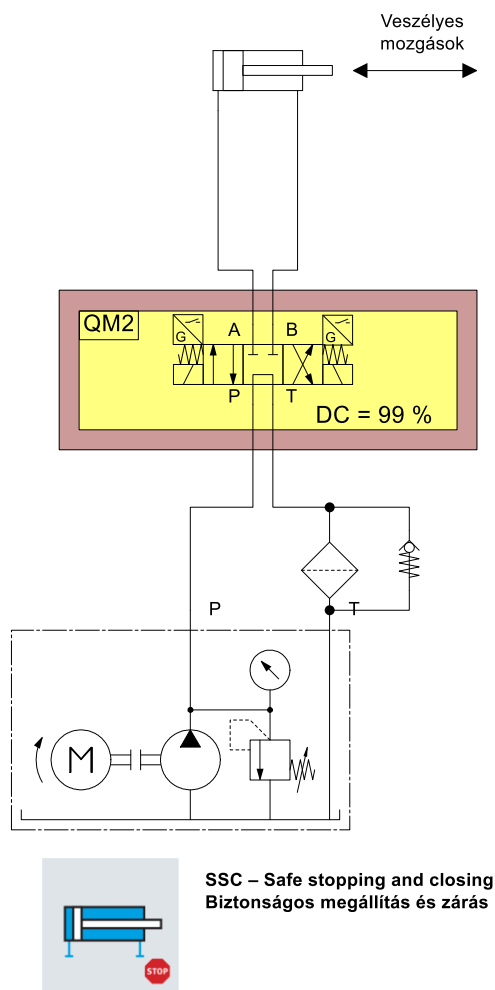
## 9.2.2. Hidraulikus hajtásoknál alkalmazott biztonsági funkciók

### Biztonságos megállás és bezárás (SSC Safe stopping and closing)

Az energiaellátás vagy az energiaelvezetés a hidraulikus hajtómű legalább egy kamrájában zárva van, és a tárolt energiát felhasználják a leállítás elérésére. A biztonságos állapot minden bemutatott megoldásnál a monostabil szelepek alaphelyzetében valósul meg. Ez az akkor történik, amikor nincs vezérelt állapotban a szelep és a rugó által megvalósított, vezérlő energiamentes állapotot fesz fel.



a)



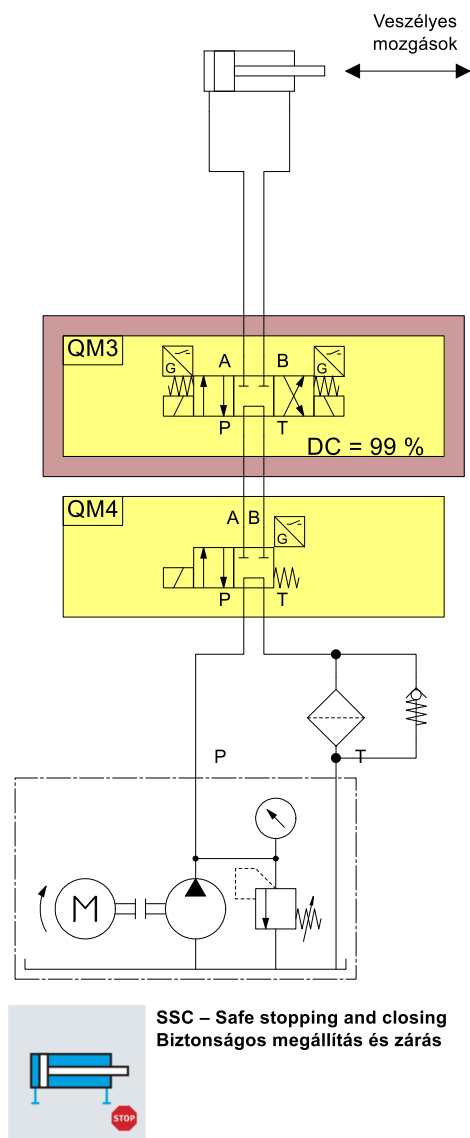
b)

9.36. ábra: SSC biztonsági funkció hidraulikus megvalósítása Kategória 1-től 2-ig.

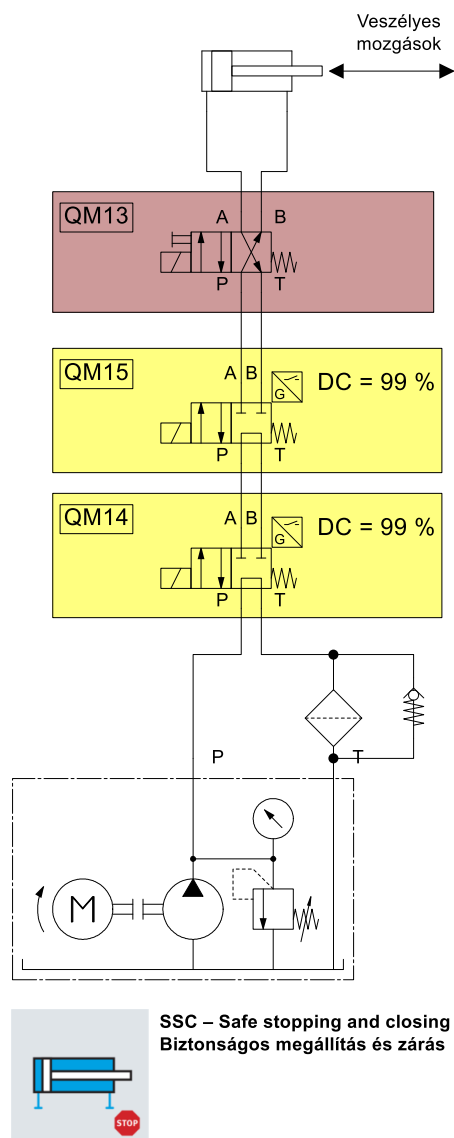
Az ábrákon normál működési funkciót (barna színnel) és a biztonsági funkciót (sárga színnel) jelöltük.

Az a) ábrán a QM1 jelű 4/3-as alaphelyzetben zárt szelep állítja meg a veszélyes mozgásokat azáltal, hogy lezárja a munkahenger kamráit és a szivattyú felől érkező folyadékot vissza keringteti a tartályba. Az a megoldással elérhető legnagyobb teljesítményszint PL c.

A b) ábrán a QM2-es 4/3-as középhelyzetben zárt útváltó közvetlen kapcsoltsági ellenőrzéssel ellátott. A diagnosztikai lefedettség DC 99 %. Az a megoldással elérhető legnagyobb teljesítményszint PL d.



a)



b)

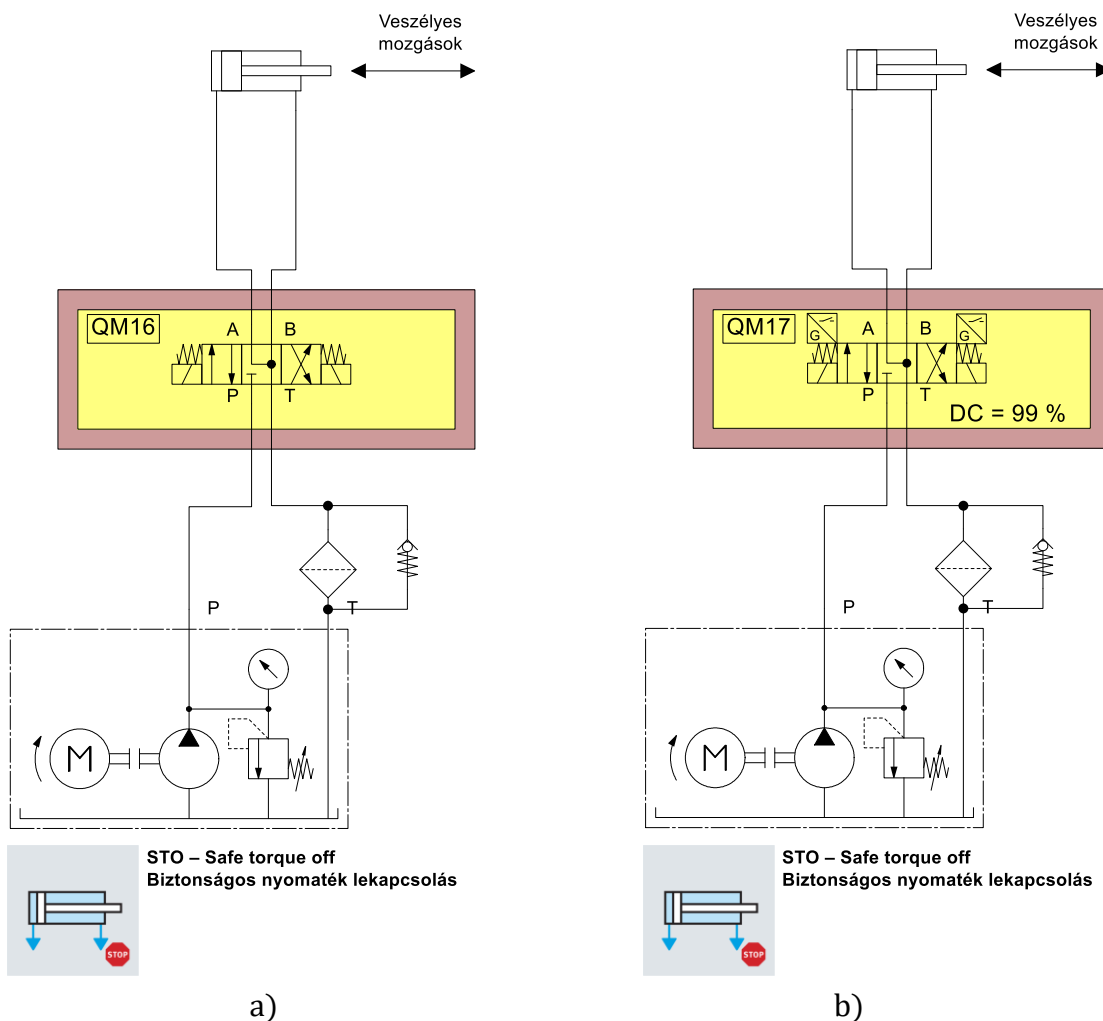
9.37. ábra: SSC biztonsági funkció hidraulikus megvalósítása Kategória 3-4-ig.

Az a) ábrán az 1. csatornát a QM3 diagnosztizált szelep valósítja meg, a 2. csatornát pedig a QM4 szintén szelep kapcsoltsági állapot visszacsatolással rendelkező szelep. Ennél a megoldásnál a QM3 szelep normál működési és biztonsági funkciót is ellát. Az a megoldással elérhető legnagyobb teljesítményszint PL e.

A b) ábrán az 1. csatornát a QM14 diagnosztizált szelep valósítja meg, a 2. csatornát pedig a QM15 szintén szelep kapcsoltsági állapot visszacsatolással rendelkező szelep. Ennél a megoldásnál a QM13 szelep normál működési funkciót lát el, a biztonsági funkciót a QM14 és QM 15 szelep kombináció látja el. Az a megoldással elérhető legnagyobb teljesítményszint PL e.

## Biztonságos nyomaték kikapcsolás (STO Safe torque off)

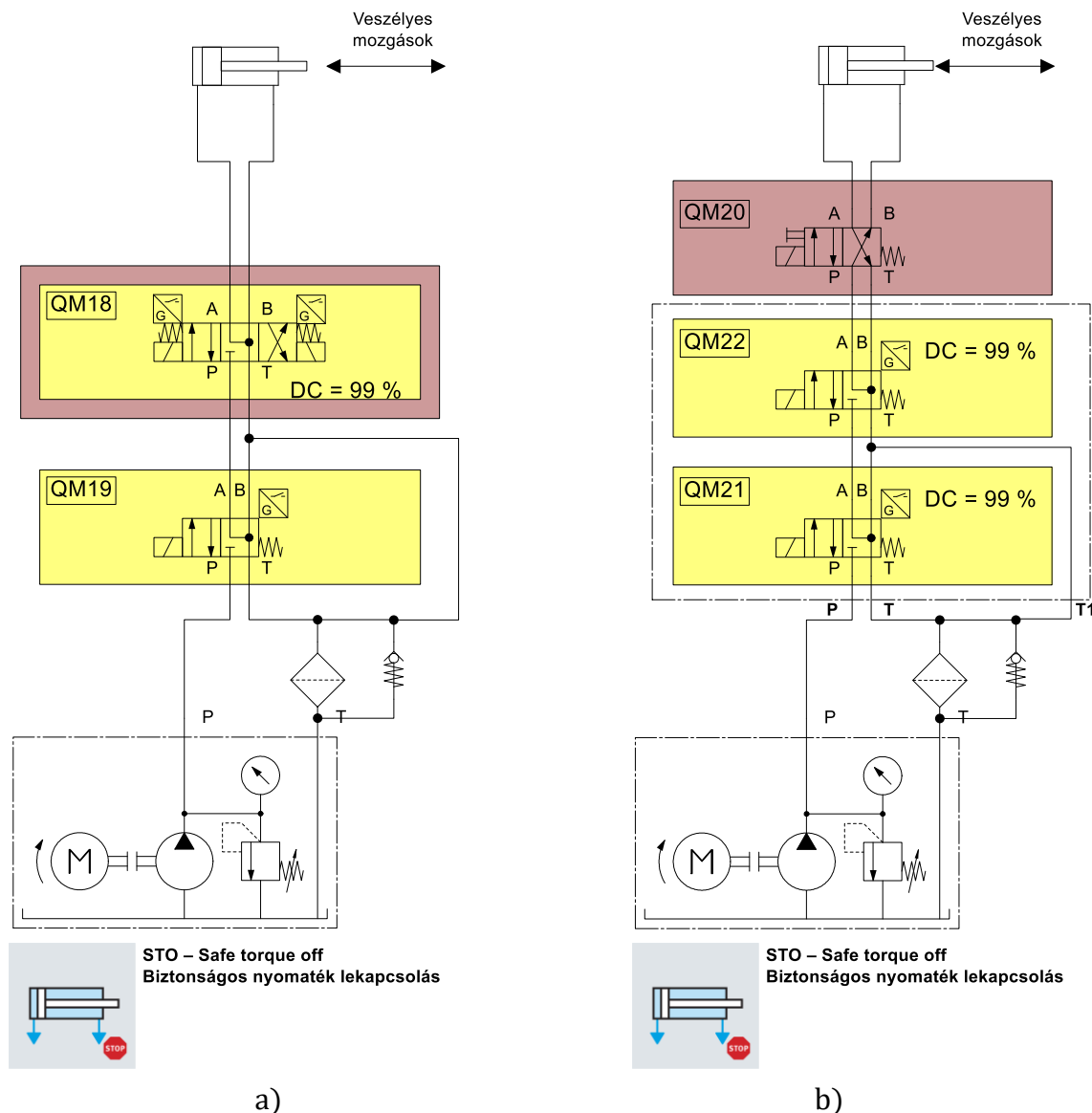
A hidraulikus hajtás energiájának leválasztása. A hidraulikus munkavégzők kamráinak nyomásmentesítése. A hajtás energiamentes, így nincs erő (nyomaték), amely veszélyes mozgáshoz vezethet. A biztonságos állapot minden bemutatott megoldásnál a monostabil szelepek alaphelyzetében valósul meg. Ez az akkor történik, amikor nincs vezérelt állapotban a szelep és a rugó által megvalósított, vezérlő energiamentes állapotot fesz fel.



9.38. ábra: STO biztonsági funkció hidraulikus megvalósítása Kategória 1-2-ig.

Az a) ábrán a QM13 jelű 4/3-as alaphelyzetben tehermentesítő szelep állítja meg a veszélyes mozgásokat azáltal, hogy nyomás mentesíti a munkahenger kamráit és a szivattyú felől érkező folyadékot lezárja. Az a megoldással elérhető legnagyobb teljesítményszint PL c.

A b) ábrán a QM17-es 4/3-as alaphelyzetben tehermentesítő szelep állítja meg a veszélyes mozgásokat azáltal, hogy nyomás mentesíti a munkahenger kamráit és a szivattyú felől érkező folyadékot lezárja. A diagnosztikai lefedettség DC 99 %. Az a megoldással elérhető legnagyobb teljesítményszint PL d.

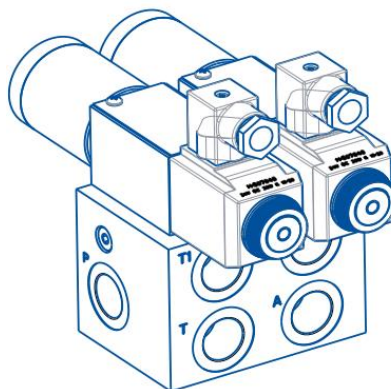


9.39. ábra: STO biztonsági funkció hidraulikus megvalósítása Kategória 3-4-ig.

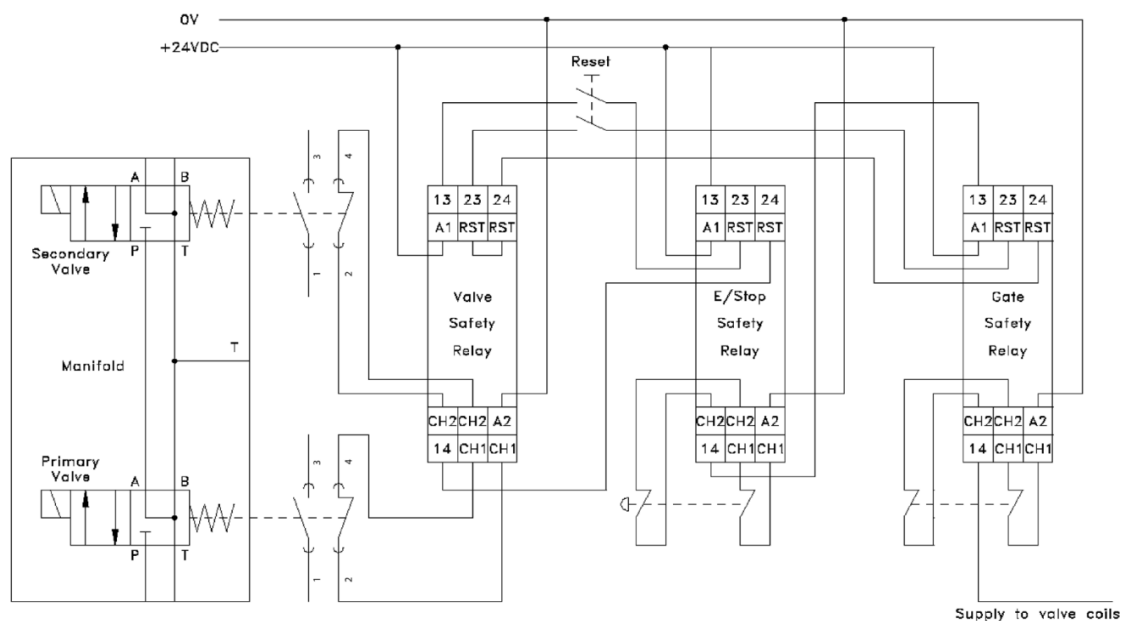
Az a) ábrán az 1. csatornát a QM18 diagnosztizált szelep valósítja meg a QM18-es 4/3-as alaphelyzetben tehermentesítő szelep állítja meg a veszélyes mozgásokat azáltal, hogy nyomás mentesíti a munkahenger kamráit és a szivattyú felől érkező folyadékot lezárja. A 2. csatornát pedig a QM19 szintén szelep kapcsoltsági állapot visszacsatolással rendelkező szelep valósítja meg. A QM19-es 4/2-es alaphelyzetben tehermentesítő szelep állítja meg a veszélyes mozgásokat azáltal, hogy nyomás mentesíti a munkahenger kamráit és a szivattyú felől érkező folyadékot lezárja. Ennél

a megoldásnál a QM18 szelep normál működési és biztonsági funkciót is ellát. Az a megoldással elérhető legnagyobb teljesítményszint PL e.

A b) ábrán az 1. csatornát a QM21 diagnosztizált szelep valósítja meg a QM18-es 4/2-es alaphelyzetben tehermentesítő szelep állítja meg a veszélyes mozgásokat azáltal, hogy nyomás mentesíti a munkahenger kamráit és a szivattyú felől érkező folyadékot lezárja. A 2. csatornát pedig a QM22 szintén szelep kapcsoltási állapot visszacsatolással rendelkező szelep valósítja meg. A QM22-es 4/2-es alaphelyzetben tehermentesítő szelep állítja meg a veszélyes mozgásokat azáltal, hogy nyomás mentesíti a munkahenger kamráit és a szivattyú felől érkező folyadékot lezárja. Ennél a megoldásnál a QM20 szelep normál működési és biztonsági funkciót lát el. Az a megoldással elérhető legnagyobb teljesítményszint PL e.



9.40. ábra: STO biztonsági funkciót megvalósító biztonsági szelepblokk. [48]

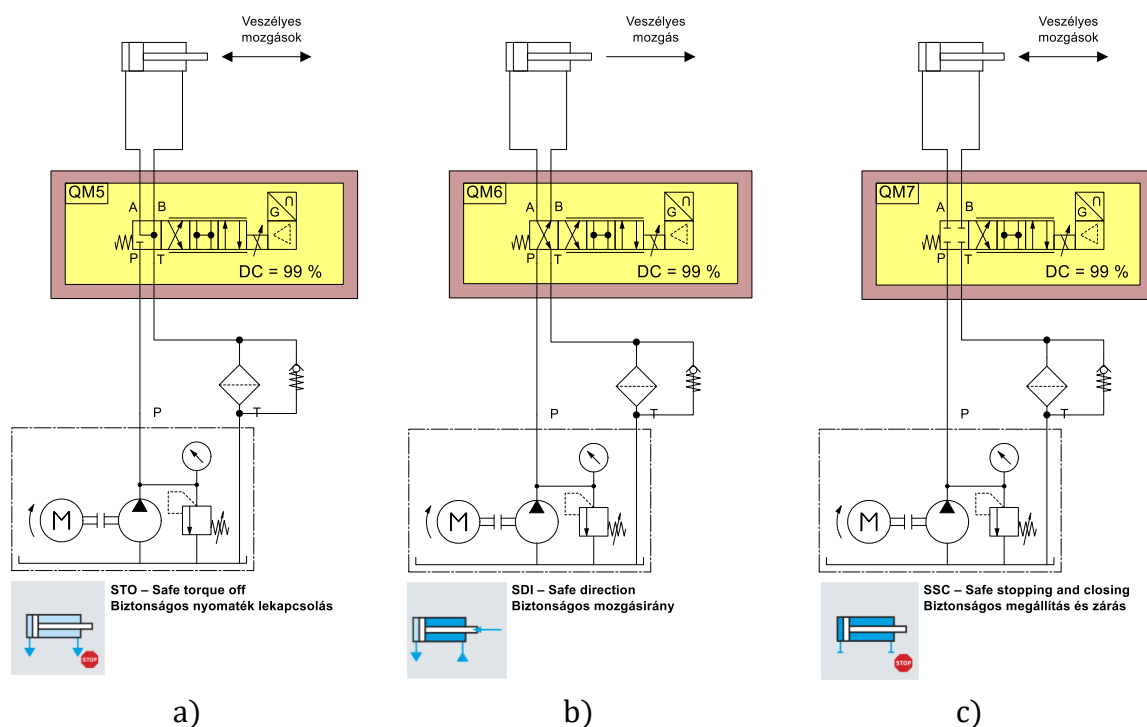


9.41. ábra: STO biztonsági funkciót megvalósító biztonsági szelepblokk elektromos bekötése. [48]

Az ábrán egy STO biztonsági funkciót megvalósító szelepblokk biztonsági relés bekötését látjuk. A kapcsolás tartalmaz egy kétkörös vészleállítást funkciót, és egy kétcsatornás ajtó ellenőrzést biztonsági funkciót.

### Arányos útszelepekkel megvalósítható biztonsági funkciók

Az arányos (proportional) útszelepek nem csak diszkrét állapotokat (2-őt vagy 3-at) képesek felvenni, hanem a két szélső helyzet között bármilyen állapotot. Ezzel nem csak az áramló folyadék útját, hanem annak áramlási mennyiségét és nyomását is tudják irányítani. Az iparban jellemzően  $u = 0 - 10 \text{ V}$  vagy  $I = 4 - 20 \text{ mA}$  analóg vezérlőjeleket alkalmazunk. Az arányos útszelepek általában rendelkeznek tolattyú pozíció visszacsatolással. Több gyártó is forgalmaz olyan arányos útszelepeket, amelyek rendelkeznek ún. fail-safe állapottal.



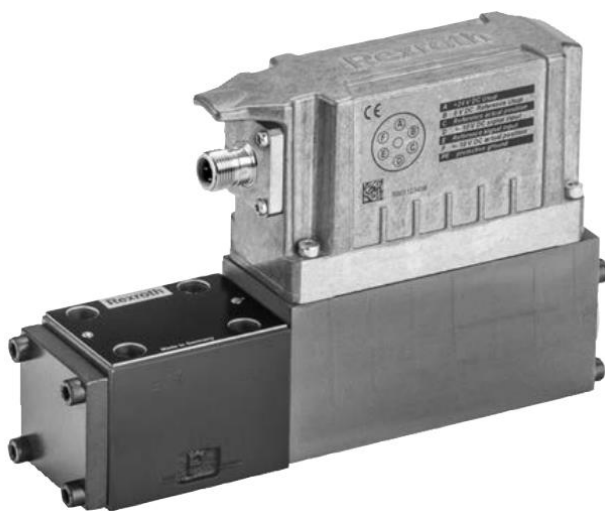
9.42. ábra: Arányos útszelepekkel megvalósítható biztonsági funkciók.

Az a) ábrán az STO biztonságos nyomaték/erő mentesítés biztonsági funkciót megvalósító kapcsolás látható. Az arányos útszelep fail-safe pozíciójában a munkahenger kamráiból a folyadékot a tank ágra köti, ezáltal nyomás mentesítve a hidraulikus munkahengert. Az alkalmazott arányos útváltó rendelkezik tolattyú pozíció visszacsatolással DC = 99 %. A megvalósított kapcsolás 2. vezérlési kategória, az elérhető legmagasabb teljesítményszint PL d.

A b) ábrán látható kapcsolás az SDI biztonságos mozgásirány biztonsági funkció megvalósítására alkalmas. Az arányos útszelep fail-safe pozíciójában a munkahenger

dugattyú felöli kamráját tölti, a dugattyúrúd oldali kamrát a tankba vezeti, ezzel negatív mozgást előidézve. Az alkalmazott arányos útváltó rendelkezik tolattyú pozíció visszacsatolással  $DC = 99\%$ . A megvalósított kapcsolat 2. vezérlési kategória, az elérhető legmagasabb teljesítményszint PL d.

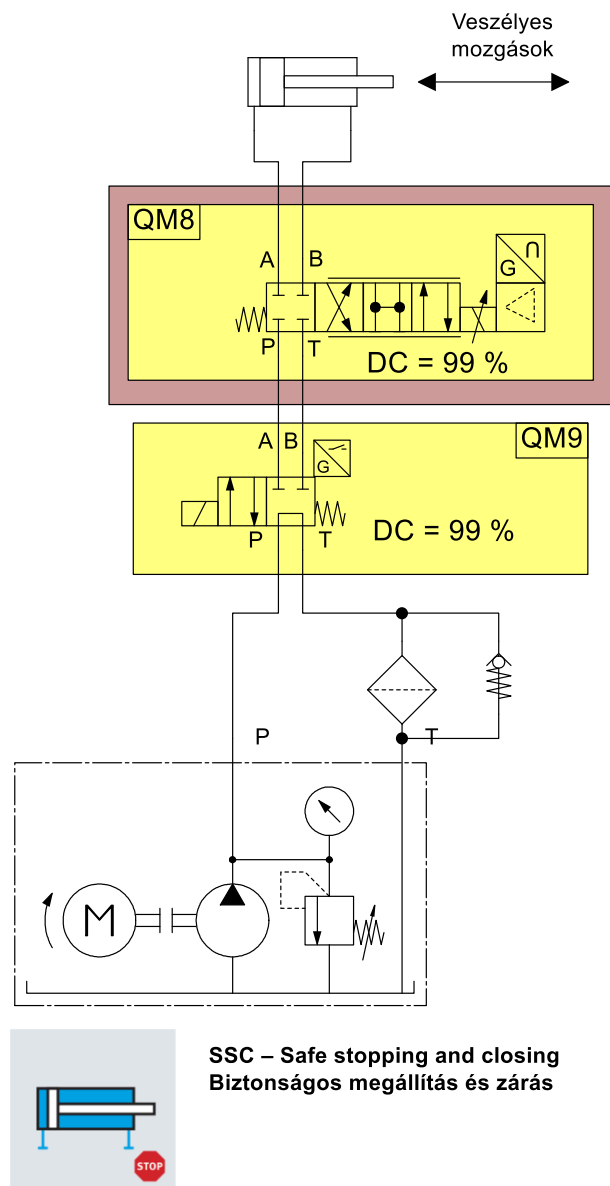
Az c) ábrán az SSC biztonságos megállítás és bezárás biztonsági funkciót megvalósító kapcsolat látható. Az arányos útszelep fail-safe pozíciójában a munkahenger kamráiba a folyadékot bezárja, ezáltal rögzítve a munkahenger pozícióját. Az alkalmazott arányos útváltó rendelkezik tolattyú pozíció visszacsatolással  $DC = 99\%$ . A megvalósított kapcsolat 2. vezérlési kategória, az elérhető legmagasabb teljesítményszint PL d.



9.43. ábra: 4/3-as arányos útváltó szelep integrált elektronikával, tolattyú pozíció visszacsatolással és fail-safe pozícióval [47]

#### **Biztonságos megállás és bezárás (SSC Safe stopping and closing) megvalósítása arányos útszeleppel és hagyományos ON-OFF szelep kombinációjával, Cat. 4.**

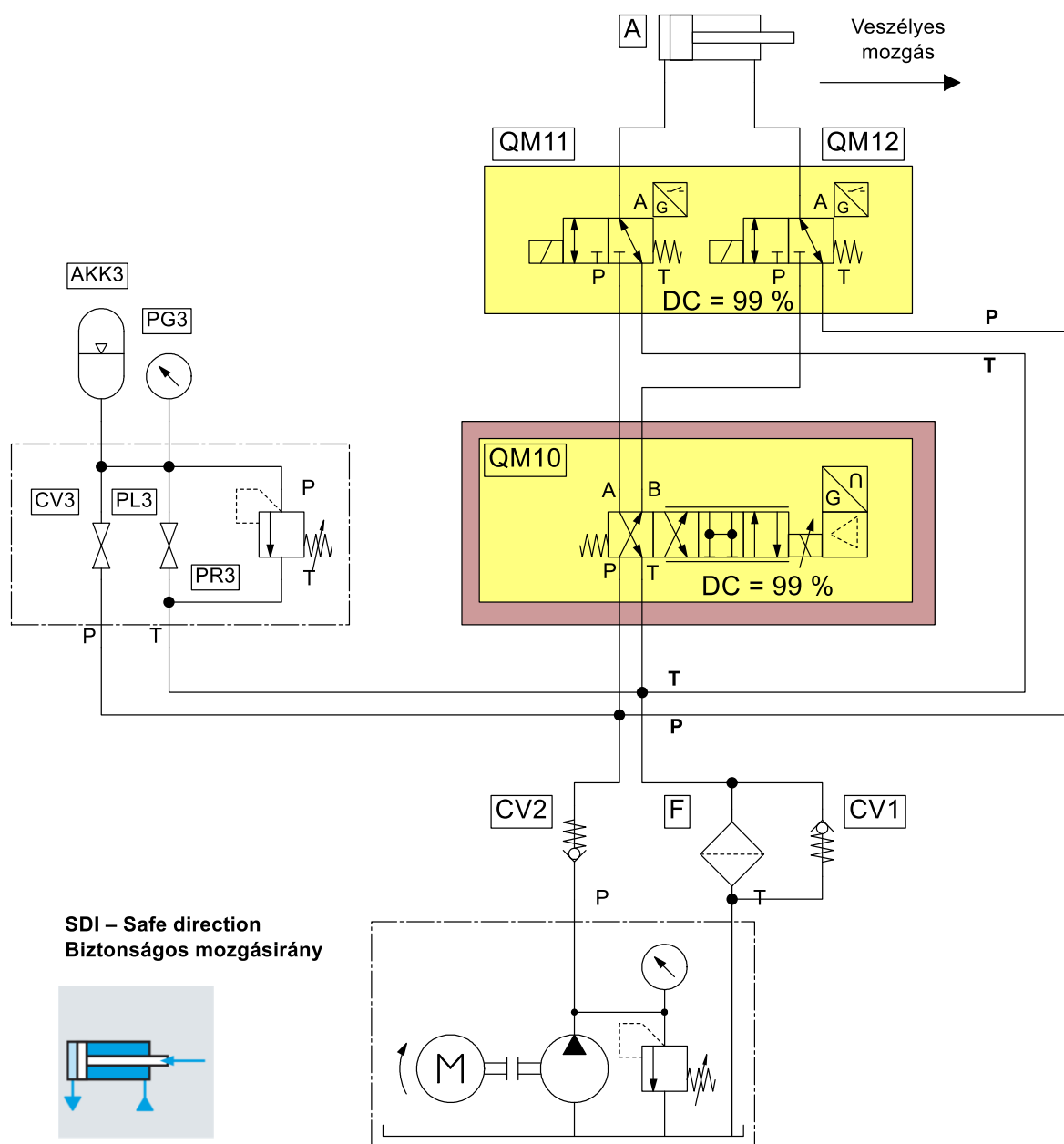
A 9.44. ábrán az SSC biztonsági funkció megvalósítására látunk egy lehetséges megoldást. A QM8-as arányos útváltó fail-safe pozícióban lezárja a munkahenger kamráit, csatorna 1. A QM9-es hagyományos 4/2-es útszelep alaphelyzetben szintén lezárja a munkahenger kamráit, csatorna 2. mindkét szelep közvetlen diagnosztikával rendelkezik  $DC = 99\%$ . Amennyiben a közös okú meghibásodások (CCF) elleni intézkedések teljesülnek és a 4. vezérlési kategória követelményeit kielégítik akkor az elérhető legmagasabb teljesítményszint PL e.



9.44. ábra: SSC biztonsági funkció arányos útszeleppel 4. vezérlési kategória

#### Biztonságos mozgásirány megvalósítása arányos útszeleppel és hagyományos ON-OFF szelep kombinációjával, Cat 4.

A 9.45. ábrán a SDI biztonságos mozgásirány biztonsági funkció egy lehetséges megvalósítása látható. A QM10-es arányos útváltó fail-safe pozícióban a munkahengert negatív irányba vezérli csatorna 1. A QM11-es és QM12-es szelepek 3/2-es útszelepek alaphelyzetben szintén a munkahenger negatív irányú mozgását vezérik, csatorna 2. mindhárom szelep közvetlen diagnosztikával rendelkezik DC = 99 %. Amennyiben a közös okú meghibásodások (CCF) elleni intézkedések teljesülnek és a 4.vezérlési kategória követelményeit kielégítik akkor az elérhető legmagasabb teljesítményszint PL e.



9.45. ábra: Arányos útszeleppel megvalósítható SDI biztonsági funkció, Cat. 4.

A kapcsolásnál fontos, hogy energia kimaradás esetén is legyen elegendő magas nyomású hidraulika folyadék, amely a mozgás biztonságos megvalósításához elegendő. Az ábrán látható AKK3 jelű hidroakkumulátor biztosítja a szükséges hidraulikus folyadékot. Elsőként meg kell határozni mozgás megvalósításához szükséges folyadékmennyiséget ( $\Delta V$ ) és a működtetéshez minimálisan szükséges nyomásértéket ( $p_1$ ). Ezt követően a hidroakkumulátor mérete a következő összefüggéssel számolható. [11]

A hidroakkumulátor méretének meghatározása (biztonsági funkció alkalmazás esetén):

$$V_0 = \frac{\Delta V * \frac{p_2}{p_0}}{\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{1}{n}} - 1} \quad (9.1)$$

ahol:

- $p_2$  maximális munkanyomás [Pa],
- $p_0$  előfeszítő nyomás [Pa] ,
- $p_1$  minimális munkanyomás [Pa],
- $n$  politropikus kitevő. [11]

Fontos, hogy a QM11 és QM12-es szelepek nem szokványos bekötéssel használtak. Olyan szelep alkalmazása szükséges, amely megfordítható áramlási iránnyal rendelkezik.

## 10. Iparban alkalmazott robotrendszerek biztonsága

---

### 10.1. Általános megfontolások

---

Az ipari robotcellák, robotrendszerek, beleértve az AGV/AMV-rendszereket (vezető nélküli vagy autonóm targoncák, járművek rendszereit) is, amelyek részegységeinek vezérlése legalább részben közös a Gépdirektíva (2006/42/EK) értelmében „gép”-nek minősülnek, így CE jelölésre kötelezettek, tehát teljesíteniük kell a vonatkozó EU-s és hazai jogszabályok alapvető egészségi és biztonsági szabályait.

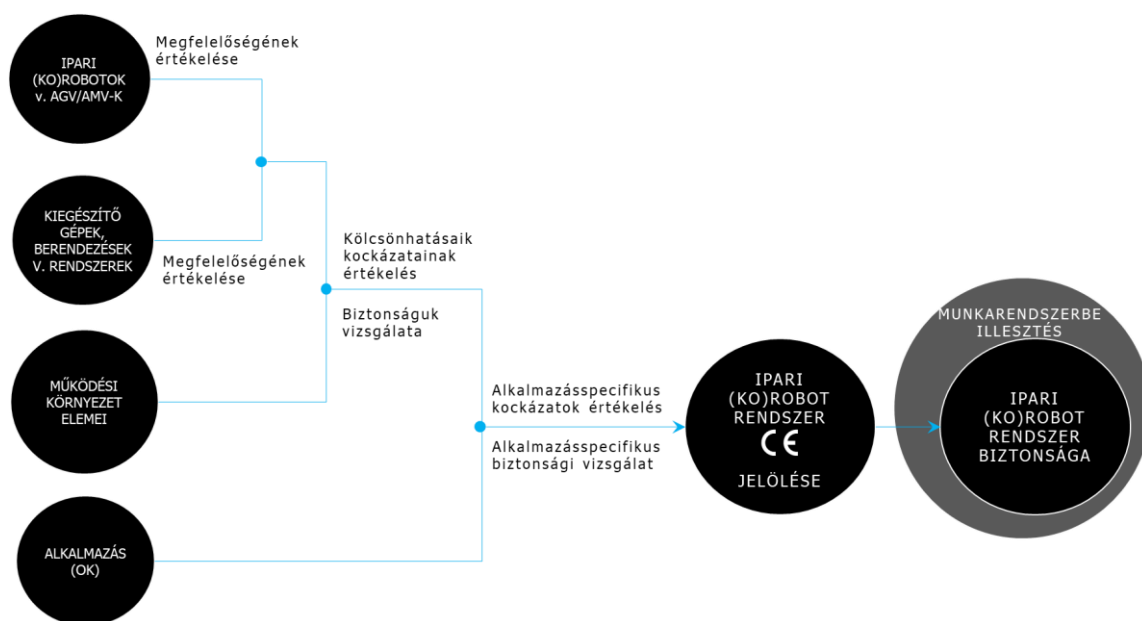
Az egyes részegységek CE jelölésének megléte önmagában nem elegendő, a komplex rendszerre vonatkozóan is el kell végezni komplett CE jelölési folyamatot az első üzembe helyezés előtt és minden jelentős módosítást követően is! A Munkavédelmi tv. szerinti üzembe helyezési vagy használatba vételi eljárás során is, mint komplex munkaeszközt, egységesen kell kezelni ezeket a rendszereket.

Egy ipari robotrendszer megfelelősége és biztonsága szempontjából a következő logikai megközelítést célszerű alkalmazni [33]:

1. Az alkalmazott robotok vagy autonóm targoncák/vontatók, mint önálló termékek legyenek megfelelőek, elégítsék ki az EU-s jogi, műszaki és biztonsági követelményeket. Ezek megfelelősége (pl. CE jelölés) legyen igazolható a gyártói dokumentációjuk alapján, vagy történjen meg a megfelelőségük igazolása (pl. laborvizsgálatok, ellenőrzések alapján).
2. A robotrendszer további kiegészítő elemei, mint önálló gépek, berendezések (pl. szállítószalagok, termék megfogó, forgató berendezések, stb.), szintén mint önálló termékek legyenek megfelelőek, elégítsék ki az EU-s jogi, műszaki és biztonsági követelményeket. Ezek megfelelősége (pl. CE jelölés) legyen igazolható a gyártói dokumentációjuk alapján, vagy történjen meg a megfelelőségük igazolása (pl. laborvizsgálatok, ellenőrzések alapján).
3. Az előzőekben leírt berendezések, robotok, gépek, berendezések feleljenek meg a tervezett működésük környezeti jellemzőinek (pl. hőmérsékletek, páratartalom, szennyező anyagok jelenléte, stb.), tehát a környezeti feltételeknek megfelelően legyenek kiválasztva, vagy szükség szerint alkalmassá téve. Ennek teljesülése legyen igazolható a gyártói dokumentációjuk alapján, vagy történjen meg a megfelelőségük igazolása (pl. laborvizsgálatok, ellenőrzések alapján).

4. Az alkalmazott berendezések és környezetük kölcsönhatásaiból származó kockázatok felmérése történjen meg, legyen igazolható a rendszer együttes megfelelése, biztonsága.
5. A rendszer és elemei feleljenek meg a tervezett alkalmazási technológiák jellemzőinek (pl. robbanásveszély, keletkező füst elszívása, ívhegesztésnél az ívfény kijutása elleni védelem biztosítása, stb.). Tehát meg kell határozni, hogy milyen alkalmazási technológiát kell megvalósítani (pl. pick-and-place, ívhegesztés, logisztika, stb.) és az azzal kapcsolatos feltételek teljesítését is le kell igazolni!
6. Az alkalmazott berendezések, környezetük és a tervezett alkalmazási technológiák kölcsönhatásaiból származó kockázatok felmérése történjen meg, legyen igazolható a rendszer együttes megfelelése, biztonsága.
7. A rendszer elemeinek és a komplett rendszer megfeleléségével, biztonságával kapcsolatban össze kell állítani a műszaki dokumentációját, többek között a fennmaradó kockázatokkal kapcsolatos tájékoztatásokat is tartalmazó felhasználói dokumentációját és az egész komplex rendszerre kell kiadni az EK megfeleléségi nyilatkozatot.
8. Majd ezt a komplex rendszert, akár mint egy önálló gépet kell a munkavédelmi szabályok szerint üzembe helyezni vagy használatba venni a helyi munkarendszerbe illesztve.

A következő ábra ezeket a fenti lépéseket tartalmazza összefoglaló jelleggel:



10.1. ábra – Ipari robotrendszerek megfelelése és biztonsága [33]

A fenti feladatokkal kapcsolatban a munkamódszer a következő:

1. Az EU-s és hazai jogi előírások beazonosítása az egyes elemekre (robotok, kiegészítő berendezések, működési környezet, alkalmazás).
2. Az egyes jogszabályok teljesítéséhez szükséges műszaki követelmények beazonosítása (az EU-s direktívák esetén a szabványokból, de lehet, hogy egyes jogszabályok konkrét műszaki jellegű előírásokat is tartalmazhatnak. Ilyenek jellemzően az alkalmazásspecifikus biztonsági szabályzatok).
3. A fentiek alapján a szükséges bizonyítékok körének meghatározása, azaz annak meghatározása, hogy milyen dokumentumokkal kell rendelkezni (pl. vizsgálati jegyzőkönyvek, kockázatfelmérés, felhasználói dokumentáció, stb.).
4. A meglévő bizonyítékok, dokumentumok felülvizsgálata, hogy megfelelnek-e a fenti célnak?
5. Hiányosságok esetén a szükséges vizsgálatok, kockázatfelmérés elvégzése, elvégeztetése vagy a hiányzó dokumentumok beszerzése, elkészítése, beleértve a rendszer egészére vonatkozó EK megfelelőségi nyilatkozatot is.

A robotrendszerek kockázatfelmérése során a figyelembe veendő veszélyek beazonosítása során szintén ki kell térni

- a robotokból vagy autonóm járművekből származó veszélyek forrásaira, mint pl. a robot sebessége, nyomatéka, geometriája, tömege, stb.,
- a rendszerből származó veszélyek forrásaira, mint pl. a robot end-effektora, munkadarab jellemzői, ergonómiai megfontolások, kezelők és mobil berendezések mozgásai, ember-gép kontaktálási lehetőségek, stb.,
- továbbá a rendszer és környezetének kölcsönhatásaival kapcsolatos veszélyforrásokra, mint pl. szennyező anyagok jelenléte, a természetes fény változásainak hatása, stb., és
- a megvalósított konkrét alkalmazás veszélyforrásaira, mint pl. hegesztő robotrendszereknél az ívfény, vagy füstképződés, logisztikai alkalmazásoknál pl. a vontatmány (kocsi + rajta található termékek) befoglaló méretei, helyigénye.

A következő fejezetekben a hagyományos és kollaboratív robotrendszerek és a vezető nélküli targoncák vagy autonóm mobil járműrendszerek (AGV-k vagy AMV-k) főbb sajátosságait tekintjük át és hivatkozás-szerűen megadjuk az ezekre vonatkozó főbb szabványokat.

## 10.2. Ipari robotrendszerek

Vonatkozó szabvány: MSZ EN ISO 10218-2:2011

Az ipari robotrendszereknek és celláknak, illetve ezen rendszerek elemeinek összehangolásának alapvetően a gépekre vonatkozó követelményeket kell teljesíteniük, tehát lényegében az EN ISO 12100, EN ISO 11161 és további általános, „B” típusú szabványok követelményei az irányadók, amelyek közül a leggyakrabban alkalmazandókat a következő táblázat foglalja össze.

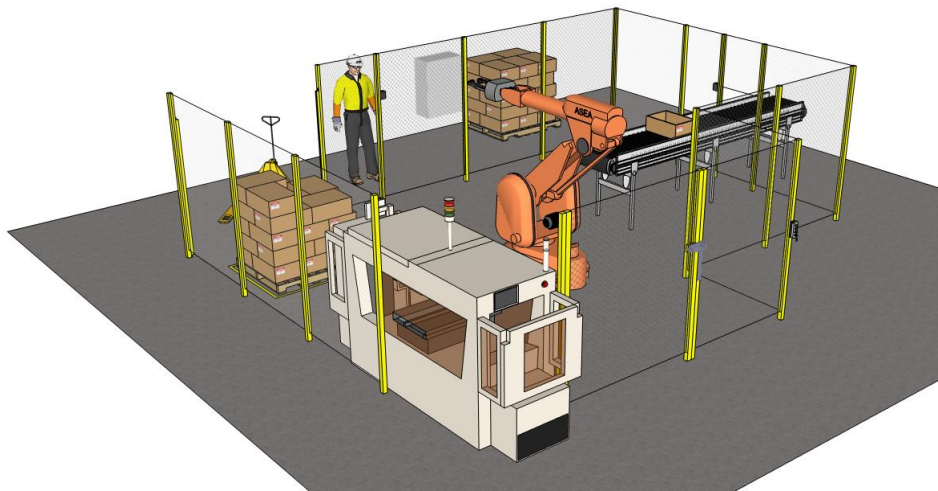
*10.1. táblázat: Ipari robotrendszerek – főbb megfelelőségi és biztonsági szabványok*

Ssz.	Témakör	Alkalmazandó szabvány
1.	Ipari robotok	EN ISO 10218-1
2.	Ipari robotrendszerek	EN ISO 10218-2
3.	Általános biztonság és figyelmeztető rendszerek	EN ISO 12100, EN ISO 11161:2007+A1:2010
4.	Villamos rendszer	EN 60204-1
5.	Hidraulikus rendszer	EN ISO 4413
6.	Pneumatikus rendszer	EN ISO 4414
7.	Vezérlőrendszer biztonsággal összefüggő részei (SRP/CS)	EN ISO 13849-1
8.	Vészleállítás	EN ISO 13850
9.	Kétkezes vezérlő berendezések	EN ISO 13851
10.	Zúzódási terek	EN ISO 13854
11.	Biztonsági távolságok, védőburkolatok elhelyezése	EN ISO 13857
12.	Védőburkolatok	EN ISO 12100, EN ISO 14120
13.	Reteszelő berendezések	EN ISO 14119
14.	Hozzáférési helyek, feljárók, pódiumok	EN ISO 14122-x szabványcsalád

A továbbiakban csak az EN ISO 10218-x szabványcsaládban található robotrendszerekre és összehangolásukra értelmezendő sajátos követelményekre térünk ki [34].

Az összehangolás magában foglalja az ipari robotrendszer vagy -cella tervezését, gyártását, telepítését, üzemeltetését, karbantartását és leszerelését, beleértve a részegységeiket és az ezekre vonatkozó szükséges információkat.

*Ipari robotcella (industrial robot cell): Egy vagy több robotrendszer, beleértve a kapcsolódó gépeket és berendezéseket, valamint a kapcsolódó védett tereket és védőintézkedéseket. [34]*



10.2. ábra – Ipari robotrendszer [35]

### Robotrendszer biztonsággal összefüggő vezérlőrendszerének teljesítménye

A robotrendszer és a más hozzá tartozó berendezés biztonsággal összefüggő vezérlőrendszerének teljesítményét egyértelműen fel kell tüntetni a használati útmutatóban.

Alapértelmezetten a vezérlőrendszerek biztonsággal összefüggő részeit úgy kell megtervezni, hogy megfeleljenek az EN ISO 13849-1 szerinti 3. szerkezeti kategóriának megfelelő PL = d-nek, vagy megfeleljenek a SIL 2-nek, 1-es hardverhibatűrőképteliséggel. Ettől lefelé eltérni csak akkor lehet, ha a kockázatfelmérés alapján kimutatható annak indokoltsága, de szükség esetén szigorítani természetesen lehetséges.

### Leválasztás energiaforrásokról

Többrobotos vagy nagy méretű berendezésekhez több leválasztóeszközt lehet szükség minden egyes energiafajtahoz. Az összes eszköz vezérlési tartományát egyértelműen jelölni kell a leválasztóeszköz működtetőjének közelében (például szöveggel vagy szimbólummal).

### Vészleállító funkció

A robotrendszereknek egyetlen, a rendszer összes lényeges részére hatással lévő vészleállító funkcióval kell rendelkezniük. Nagyobb rendszerek esetén szükség lehet a vezérlési tartomány szétválasztására. A vezérlési tartományt egyértelműen kell jelölni a vészleállító berendezés közelében (például szöveggel vagy szimbólummal).

Ha két vagy több robot korlátozott tere átfedi egymást, vagy ha két vagy több robot megközelíthető egy közös biztonsági téren belül, akkor ezt a helyet egy munkaterületnek kell tekinteni. Az összes munkahelyi vészleállító berendezésnek ugyanolyan vezérlési tartománnyal kell rendelkeznie. A robotrendszer vészleállításának akkor is működnie kell, ha a vezérlőállomás nem aktív.

A vezérlési tartomány több munkaterületet is tartalmazhat. A használati útmutatónak információkat kell tartalmaznia minden egyes vészleállító berendezés vezérlési tartományáról.

### **A végberendezés (End-effector)**

Ha megvalósítható, a végberendezések számára a tápellátást a hibaelhárításhoz biztosítani lehet anélkül, hogy mozgási energiával látná el a robotműködtető(ke)t.

A használati útmutatónak tartalmaznia kell az adott végberendezés élettartamát a normál működésben várható jellemzők alapján, elkerülve ezzel a végberendezés meghibásodása esetén potenciálisan okozható veszélyes körülményeket.

### **Beépített világítás**

A robotrendszert beépített világítással kell ellátni, amely alkalmas az érintett műveletek elvégzéséhez. A megvilágításnak legalább 500 lx-nak kell lennie azon a területen, ahol gyakori ellenőrzést és beállítást kell végezni.

### **Engedélyezőeszközök**

A hordozható és a kiegészítő engedélyezőeszközöknek és azok összehangolásának meg kell felelnie az EN ISO 10218-1-nek.

Ha egynél több személyt kell védeni a védett téren belül, mindegyik személynek engedélyezőeszközzel kell rendelkeznie és az összes engedélyezőeszköznek azonos funkcionalitással kell rendelkeznie. Ahol a személyzet veszélyes helyzetbe kerülhet kézi működtetés során, ott a vezérlőrendszereket össze kell kapcsolni oly módon, hogy az engedélyezőeszközök az összes veszélyt vezéreljék a cella környezetében. A reteszelt veszélyes gépi funkciókhoz külön újraindításra legyen szükségük, ha az engedélyező eszköz által leállításra kerültek.

## Védett és korlátozott terek

*Védett tér (safeguarded space): A védőberendezésekkel határolt terület. [34]*

*Korlátozott tér (restricted space): A legnagyobb térnek határolóeszközökkel létrehozott, át nem lépett határfelületen belüli része. [34]*

A védett teret védőelkerítéssel kell ellátni. A korlátozott térnek a védett téren belül kell lennie

A robotrendszer korlátozott terét olyan eszközökkel kell kialakítani, amelyek korlátozzák a robot, a végberendezés, a rögzített szerelvény és a munkadarab mozgását.

A védőelkerítéseket nem telepítették közelebb a veszélyhez, mint a korlátozott tér, vagy a védőelkerítést úgy tervezték meg, hogy megfelelő határoló eszközöket használnak hozzá. A robotrendszer mozgásának határolása a robottal egybeépített eszközökkel külső határolóeszközökkel vagy a kettő kombinációjával valósítható meg.

Ha nem mechanikus határolóeszközöket használnak, beleértve a biztonsággal összefüggő tengely- és területfinomhatárolást, akkor a korlátozott teret a ténylegesen terhelt robot alapján kell meghatározni. A használati útmutatónak tartalmaznia kell az erre a célra létrehozott programozott határértékeket.

Abban az esetben, ha a védőelkerítést határolóeszközként alakították ki, a kockázatfelmérés eredményeit kell felhasználni a védőburkolatra vonatkozó tervezési, szilárdsági és alakváltozási követelmények meghatározásához

## Hozzáférés a beavatkozási pontokhoz

A kézi nagy sebességű üzemmód használatát igénylő területeken a legkisebb szabad terület nagysága 500 mm legyen.

Állandó belépési pontokról kell gondoskodni, figyelembe véve a feladatok gyakoriságát és ergonómiai szempontjait.

A vezérlőeszközöket a hozzáférési pontok közelében kell elhelyezni, egyszerűbbé téve a kezelői felhasználást.

A villamos szekrényeket úgy kell felszerelni, hogy az ajtók teljesen nyithatók legyenek és a menekülési útvonalak akkor is elérhetőek legyenek, amikor az ajtók nyitva vannak.

Műszaki védelemről kell gondoskodni, hogy ne legyen lehetséges a kezelőszemély belépése a cellák közé, vagy a szomszédos cellákban lévő veszélyek megszüntetésére,

mielőtt a kezelőszemély elérné azokat. A kezelőszemélyek védelméről kell gondoskodni a szomszédos cellákba és az azokból való anyagmozgatás esetén.

### Kézi üzemmód

Ha kézi beavatkozásra van szükség, a helyi vezérlést egy, az EN ISO 10218-1 követelményeinek megfelelő hordozható vezérlő vagy egy hasonló vezérlőállomás valósítsa meg.

Kézi csökkentett sebességi üzemmód esetén a TCP legnagyobb sebessége legyen kevesebb, mint 250 mm/s, de lehetővé kell tenni ennél alacsonyabb sebességek kiválasztását.

*TCP: Tool Centre Point(s), azaz a robot szerszámközéppontja(i) [34]*

Kézi csökkentett sebességű üzemmódban a robot vagy a robotrendszer bármely részének mozgatása csak az EN ISO 10218-1 szerinti engedélyezőeszközzel legyen lehetséges.

(Lehetőség van az úgynevezett „kézi nagysebesség” üzemmód használatára is, de csak programverifikálás esetén, tehát nem alkalmazható a gyártás során. Ennek az üzemmódnak a további feltételeit az MSZ EN ISO 10218-2:2011 5.6.4.3. pontja tartalmazza.)

### Távoli vezérlés

Ha a robotrendszer működtetését egy, a robottól fizikailag távol tartózkodó kezelőszemély végzi, akkor az alábbiakra van szükség:

- a kézi távoli vezérlés csak akkor legyen lehetséges, ha a robotrendszer kézi üzemmódban van,
- egyidejűleg csak egy vezérlőforrás – helyi vagy távoli – legyen aktív (egypontú vezérlés),
- a távoli vezérléstípus nem bírálhatja felül a helyi kiválasztást és nem okozhat helyi veszélyes helyzetet,
- a kézi távvezérlés funkció aktiválása csak a helyi vezérléskor legyen lehetséges,
- minden vezérlőfunkció, amely veszélyt okozhat csak az egyik kiválasztott vezérlési forrásból legyen elérhető,

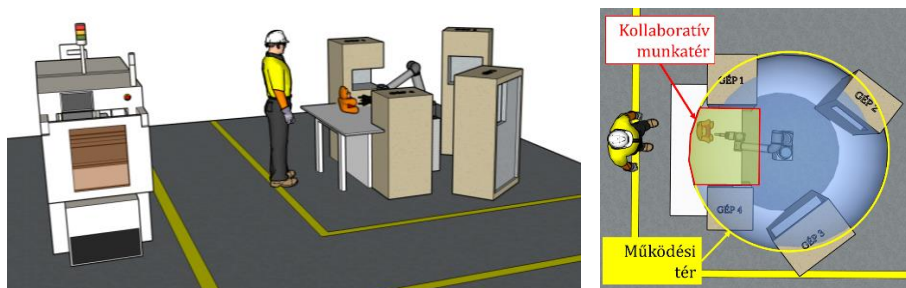
- ne legyen lehetséges a robotmozgás korlátozására vonatkozó paraméterek távoli módosítása, csak úgy, ha annak életbe lépéséhez helyi jóváhagyás is szükséges,
- jelezni kell a helyi vezérlésen, hogy a robot távolról vezérelt állapotban van,
- a kézi beavatkozás csak akkor legyen lehetséges, ha a robotrendszer kézi csökkentett sebességgel üzemel,
- ha senki sem tartózkodik a védett térben, és a védőberendezések aktívak, a távoli funkciók végrehajthatók bármilyen helyi tevékenységek nélkül,
- ha egy személynek a védett térben kell lennie, a távoli kezelőszemély által kezdeményezett olyan vezérlőfunkciókat, amelyek veszélyt okozhatnak, csak akkor lehessen végrehajtani, ha a helyi kezelőszemély engedélyezi a funkciót egy helyi engedélyezőeszközzel,
- minden olyan berendezést, amely nem szükséges a távoli művelethez, de veszélyt jelenthet, biztonságos állapotban kell tartani.

A használati útmutatónak tartalmaznia kell a távoli kézi vezérlésre vonatkozó információkat.

## 10.3. Ipari kollaboratív robotrendszerek

Vonatkozó szabvány: MSZ EN ISO 10218-1:2011, ISO/TS 15066:2016

Az ipari kollaboratív robotrendszerek lényege, hogy a robot munkaterének legalább bizonyos részeiben biztosított az ember és a robotrendszer egyidejű működése a biztonsági feltételek fenntartása mellett. Ezt a térrész a kollaboratív munkatér (collaborative workspace).



10.3. ábra – Ipari kollaboratív robotrendszer [35]

A kollaboratív munkatérén kívül a robotrendszernek lehetnek további működési terei (operating space), ahol már nem teljesülnek a kollaborációs követelmények, ezekre a hagyományos ipari robotrendszerekre vonatkozó szabályok vonatkoznak. Ez azt jelenti, hogy ezekre az egyéb működési terekre ugyan azokat a biztonsági elveket kell értelmezni, ugyan olyan biztonsági berendezéseket, funkciókat kell alkalmazni, hogy kizárható legyen a robotrendszer veszélyes működése ember jelenléte esetén.

A kollaborációnak jól meghatározott feltételei vannak, csak a következő módszerek, vagy ezek kombinációi lehetnek szabályosak:

- Biztonsági minősítésű felügyelt leállítás.
- Kézi tanítás.
- Sebesség és elkülönítés felügyelete.
- Teljesítmény és erő korlátozás.

Ezek biztosítása a korábbi fejezetekben tárgyalt biztonsági funkciókkal valósíthatóak meg, amelyekre a minimális feltétel a  $PL_r = d$  teljesítményszint, 3-as kategóriás kialakítással. [36]

A következőkben röviden áttekintjük ezek sajátosságait. [36]

## Biztonsági minősítésű felügyelt leállítás

A módszer lényege, hogy amíg személy (vagy testrésze) tartózkodik a kollaboratív térben, a robotrendszer semmilyen veszélyes funkciót (pl. robot mozgás) nem hajthat végre, tehát leállított állapotba kell lennie. Ebből automata módon válthat vissza normál működési üzemmódba a személy távozását, azaz a kollaboratív munkatér elhagyását követően. A leállított állapotot a biztonsági rendszernek kell ellenőriznie és ha személy jelenléte esetén mégis veszélyes mozgás történne, vészleállítást kell kezdeményeznie automatikusan.

Tehát a feltételek a következők:

- robot mozgás leállítása mielőtt az operátor belép a kollaboratív területre, ha ezt megelőzően lép be az operátor, akkor a robotrendszernek vészleállítási módba kell kerülnie automatikusan,
- az operátor ezt követően léphet csak be,
- ha nincs ott az operátor, akkor a robot nem kollaboratív módban működhet,
- robot csak akkor léphet be a kollaboratív térbe, ha nincs ott az operátor,
- amint az operátor elhagyja a kollaboratív teret, a robot automatikusan folytathatja a feladatát, tehát nem kell külön indítási parancsot adni hozzá,
- a felügyelt leállítási állapotban az EN 60204-1 szerinti 2. leállítási kategória alkalmazása, azaz vezérelt leállítás, a hajtásokon az energiát fenntartja,
- a felügyelt leállítási üzemmódban mégis valamilyen mozgás történne, automatikus vészleállítás kezdeményezése, amelyből már csak a vészleállítást követő szokásos módon történhet az újraindítás (vészeállítást feloldása, indítási parancs ismételt kiadása).

## Kézi tanítás

A kézi tanítás lényege, hogy az operátor kézi eszközzel ad át mozgási parancsokat, így leegyszerűsítve és felgyorsítva a robotmozgás programozását. Természetesen ez csak az erre alkalmas robotok esetén megvalósítható.

A feltételek a következők:

- az operátor belépése előtt felügyelt leállítás az előző pontban leírtak alapján,
- ezt követően az operátor beléphet a kollaboratív térbe és átveheti az irányítást,
- felügyelt leállítás feloldása és biztonsági sebesség felügyelet indítása, hogy a robot mozgatása lehetővé váljon,
- amint az operátor befejezi a feladatot visszatérés a felügyelt leállítási üzemmódba,
- amint az operátor elhagyja a kollaboratív teret, a robot automatikusan folytathatja a feladatát.

### Sebesség és elkülönítés felügyelete

A módszer lényege, hogy az operátor és robot egyszerre mozoghat a kollaboratív térben, de nem érintkezhetnek, tehát a köztük lévő távolságot figyelemmel kell kísérni, ha az érintkezés bekövetkezése várható, akkor a vezérlőrendszernek be kell avatkoznia.

A feltételek a következők:

- biztonsági távolság folyamatos fenntartása vagy felügyelt leállítási üzemmód automatikus kezdeményezése,
- esetenként előfeltételként megszabandó, hogy egyidejűleg hány személy lehet a kollaboratív térben, a maximum érték túllépése esetén automatikus vészleállítást kell, hogy kezdeményezzen a vezérlőrendszer,
- veszélyeztetés esetén (pl. személy mozgása a robot mozgástartományába) vészleállítás vagy egyéb biztonsági funkció (pl. szerszám leállítás, sebesség csökkentés) automatikus kezdeményezése szükséges.

### Teljesítmény és erő korlátozás

Ennek a módszernek a lényege, hogy a robot és az operátor együttesen mozoghat a kollaboratív térben, ahol érintkezhetnek is egymással, de az operátor biztonsága nem kerülhet veszélybe, meghatározott értékeknél nagyobb erőt nem fejthet rá ki a robot.

A feltételek a következők:

- operátor és robot kölcsönhatásba kerülhet a kollaboratív térben (ez lehet kvázi-statikusan, amikor az érintett testrészt valami egyéb tárgy vagy építmény megtámasztja, így nem tud elmozdulni vagy tranziens érintkezés, amikor a robot által kifejtett erő hatására az érintett testrész elmozdulhat, nincs megtámasztva),
- a meghatározott erő és nyomás értékeknél nagyobb értékek nem fordulhatnak elő, tehát erre alkalmas robotok alkalmazhatóak csak (pl. nyomatékkorlátozás...)
- az operátor fejével nem kerülhet kölcsönhatásba a robot, azt semmilyen erővel nem érintheti meg,
- éles, hegyes vagy magas hőmérsékletű tárgyak, egyéb kémiai veszélyek nem lehetnek jelen (szúrás, vágás, nyírás, stb. nem kezelhető ezzel a módszerrel, csak az egyszerű mechanikai veszélyek, mint ütés, zúzódás...).

A határértékeket az ISO/TS 15066 A melléklete tartalmazza. (Pl. a felkarra kvázi statikus érintkezés során a maximum megengedhető nyomás  $220 \text{ N/cm}^2$ , a maximum kifejthető erő  $150 \text{ N}$ ).

### Kollaboratív alkalmazások korlátjai

A fentiekből adódik, hogy a kollaboratív robotrendszerek alkalmazásának számos biztonsági korlátja is van, amelyek érintik magát az alkalmazott robotot, annak end-effektorát, a termékeket, a kiegészítő gépeket és eszközöket, környezeti feltételeket és nem utolsósorban az operátorokat.

Ilyen korlátozó feltételek például a következők:

- a kézi tanítás vagy erő korlátozás módszere csak ezekre alkalmas robotokkal lehetséges,
- csak veszélytelen, vagy kiegészítő védelemmel ellátott end-effektorok alkalmazhatók,
- csak önmagukban veszélytelen termékek lehetnek jelen, vagy kiegészítő védelemről kell gondoskodni ezekhez,
- csak biztonságos kiegészítő gépekkel, eszközökkel együtt alkalmazható, amelyeknél pl. a nekilökés sem okoz sérülést, egészségkárosodást, és

- csak megfelelően felkészült személyzettel üzemeltethetőek ezek. (pl. veszélyes idegen tárgyak, mint a csavarhúzó, beviteli szabályai a kollaboratív térbe...)

A jelenleg gyakori eset, hogy a fentiek figyelmen kívül hagyása biztonsági berendezések utólagos telepítését igényli, ami sokszor egy hagyományos robotcella kialakításához vezet, aminek az elzárt védett terében amúgy egy kollaboratívnak szánt robot végzi a feladatokat.

## 10.4.Vezető nélküli targoncák és rendszereik

A vezető nélküli targonca rendszerek egy vagy több targoncából és az automatikus üzemód irányításához és felügyeletéhez tartozó kiegészítő berendezésekből állnak. Ezek többek között lehetnek a mozgáspályákhoz telepített irányjelzők, forgalomirányító berendezések, energia ellátó berendezés, kommunikációs rendszer, védőberendezések, burkolatok, korlátok, figyelmeztető jelek és jelzések, padlójelölések.

A specifikus követelményeket az EN ISO 3691-4 Vezető nélküli ipari targoncák és rendszereik szabvány tartalmazza, de ez nem fed le minden általános kockázatot, így párhuzamosan alkalmazni kell az EN ISO 12100 és egyéb Gépdirektívához harmonizált szabványokat is.

A vezető nélküli ipari targoncák és rendszereik biztonságával és megfelelőségével összefüggő főbb releváns szabványokat a következő táblázat tartalmazza összefoglaló jelleggel:

**10.2. táblázat: Vezető nélküli targonca rendszerek – főbb megfelelőségi és biztonsági szabványok**

Ssz.	Témakör	Alkalmazandó szabvány
1.	Vezető nélküli targonca rendszerek általános követelményei	EN ISO 3691-4
2.	Általános biztonság és figyelmeztető rendszerek	EN ISO 12100
3.	Védőburkolatok	EN ISO 12100, EN ISO 14120
4.	Reteszelő berendezések	EN ISO 14119
5.	Kétkezes vezérlő berendezések	EN ISO 13851
6.	Hidraulikus rendszer	EN ISO 4413
7.	Pneumatikus rendszer	EN ISO 4414
8.	Villamos rendszer	EN 1175-x szabványcsalád és az EN 60204-1 szabvány meghatározott fejezetei együttesen
9.	Vészleállítás	EN ISO 13850
10.	Biztonsági távolságok, védőburkolatok elhelyezése	EN ISO 13857
11.	Lábsérülés elleni védőtávolságok	ISO 3691-1
12.	Stabilitás vizsgálat (dönthető platform)	ISO 22915-x szabványcsalád
13.	Stabilitás (teherhordó típusú targoncák)	ISO 3691-6
14.	Vezérlőrendszer biztonsággal összefüggő részei (SRP/CS)	EN ISO 13849-1
15.	Elektromágneses kompatibilitás (EMC)	EN 12895

Az általános biztonsági szabályok mellett számos specifikus követelményt dolgoztak ki az ilyen automata rendszerek kockázatainak kezelésre. A következő pontokban ezeket tekintjük át röviden [37].

### Az automatikus újraindítás elkerülése

A targoncákat úgy kell megtervezni, hogy az automatikus újraindítás ne legyen megengedve a következők bármelyikének aktiválása után:

- vészleállító berendezés,
- rövid löketű lökhárító,
- a kezelő jelenléte (pl. ülés, kormányrúd, fogantyúk, lámpedál)
- kézi vezérlési parancsok (pl. gázkar, kormánykerék, joystick),
- elérhető virtuális leállító funkció (pl. szkennel)

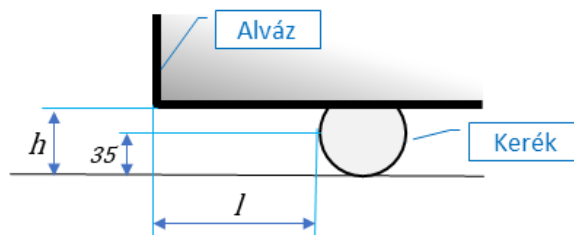
Továbbá a targoncákat úgy kell megtervezni, hogy az áramellátás megszakadása után se fordulhasson elő automatikus újraindulás.

Részletes előírások vannak azokra a zónákra, ahol a targonca működik.

### Lábvédelem

Gondoskodni kell arról, hogy a targonca közelében álló személyek lábsérülése elkerülhető legyen. Ezt például a következőkkel lehet megvalósítani:

- érzékelő berendezések (ESPE) gyártói előírásai szerinti beállításai a lábakra vonatkozó féktávolságra vonatkozóan,
- a lábak alváz alá történő beszorulási lehetőségének kizárása érdekében az alváz hasmagasságának csökkentése 40 mm-re vagy annál kisebb értékre,
- megfelelő lábtér biztosítása a meghajtó és a stabilizáló kerekekkel való érintkezés elkerüléséhez a következő összefüggés alapján



$l$ : Az alváz széle és a kerék 35 mm magasságban levő pontja közti távolság  
 $h$ : A talaj és az alváz széle közötti magasság

Lábtér méretei	
„ $h$ ” értéke	„ $l_{min}$ ” értéke
< 35 mm	10 mm
35-69 mm	$2,75 \times h - 80$ mm
70-120 mm	$1,60 \times h - 12$ mm

10.4. ábra: Lábtér meghatározása [37]

## Fékrendszer

A targoncát olyan fékrendszerrel kell felszerelni, amelyet a következőkre terveztek:

- az áramellátás megszakadása esetén működjön,
- automatikusan aktiválódjon, ha elveszíti a rendszer az uralmat a sebesség vagy a kormányzás felett,
- állítsa meg a targoncát az alkalmazott személyészlelési eszközök (pl. nyomásérzékeny eszköz vagy ESPE) működési tartományán belül a legrosszabb állapotban, a gyártó által meghatározott határértékek között (pl. sebesség, súrlódás, padló/talaj, lejtő, névleges terhelés),
- a targoncát és a megengedett legnagyobb rakományt álló helyzetben tartsa meg a gyártó által meghatározott maximális üzemi lejtőn.

A fékrendszerek vezérlésének biztonsággal kapcsolatos részei teljesítsék a  $PL_r=d$  teljesítményszintet, de a parkolófékek esetén a  $PL_r=b$  teljesítményszint elegendő.

## Sebesség ellenőrzés

A sebességszabályozó rendszer biztonsággal kapcsolatos részeinek a sebességtúllépés érzékelési funkciója esetén a  $PL_r=c$  teljesítményszint elérése szükséges (a targonca névleges sebességét meghaladó tényleges sebesség érzékeléséhez és automata beavatkozáshoz).

## Személyek észlelése a tervezett úton, automatikus üzemmódban

A szándékolt úton haladó személyek automatikus üzemmódban történő észlelésének biztonsággal kapcsolatos részeinek a sebesség monitoring funkciója esetén  $PL_r=c$ , a leállítási funkciókkal kapcsolatban  $PL_r=d$  teljesítményszint elérése szükséges.

A targoncákat fel kell szerelni személyészlelő berendezéssel, a következő követelmények érvényesek:

- A targoncákat a nyomásérzékeny berendezéssel (pl. lökhárítók) vagy ESPE-vel (pl. virtuális lökhárítókkal) kell felszerelni a személyek észlelésére.
- A személyészlelő berendezésnek legalább a targonca és a rakomány legnagyobb szélessége felett kell működnie a haladási irány(ok)ban.
- A személyérzékelő eszközöket úgy kell megtervezni, hogy a targoncáknak meg kell állniuk, mielőtt a targonca vagy a rakomány merev részei és egy álló személy érintkeznének, és érintkezés esetén úgy kell megtervezni őket, hogy az erők ne haladják meg az előírt értéket.
- A védőberendezés működési irányába, ahol az előző három követelmény nem teljesíthető (pl. ha a lökhárító lökete túl rövid, vagy ahol a rakomány az oldalakon túlnyúlik, amikor a targonca alatta van a teher vontatása vagy szállítása közben), a következők érvényesek:
  - a működtetés irányában a targonca sebessége nem haladhatja meg a 0,3 m/s-ot;
  - egy kiegészítő leállítási funkció legyen kialakítva (beépíthető a targoncára vagy a környezetbe), amelyet egy eszköz (pl. lézerszkennerek vagy közelítéskapcsoló) kezdeményez, és amely egyértelműen azonosítható és a veszélyes helytől számított 600 mm-en belül működtethető.
- Ha a targonca az útjában lévő személy észlelése miatt megáll, és miután a személy a targoncára szerelt érzékelőberendezések érzékelési tartományán kívülre került, a targonca automatikusan újraindulhat megfelelő figyelmeztetéseket követően (pl. optikai ill. /vagy akusztikus). Ha nyomásérzékeny védőfelszerelés (PSPE) van felszerelve, legalább 2 másodperces késleltetés szükséges az újraindítás előtt.

- Az automatikus újraindítás csak az EN ISO 3691-4 A.1. és A.2. táblázat „automatikus újraindítás engedélyezett” oszlopa szerint további feltételek fennállása esetén legyen lehetséges.

Ha a targoncák a működési veszélyzónán belül dolgoznak (a működési zóna azon területe, ahol egy személy zúzódási/nyírási veszélynek lehet kitéve, például rakományátadási területeken), akkor a fenti személyérzékelésre vonatkozó funkciók korlátozhatók vagy deaktiválhatók. Ennek részletes feltételrendszerét az EN ISO 3691-4 szabvány 4.8.2. pontja tartalmazza.

### Automata üzemmód vezetővel

Az automata üzemmódban személyek felszállhatnak a targoncákra, például beállítási műveletek közben vagy nagy távolságokat utazni, a következő feltételekkel:

- a targoncának automatikusan meg kell állnia a kijelölt helyeken,
- a személynek/vezetőnek szándékos művelettel kell elindítania az automata üzemmódot vezetővel,
- eszközöket kell biztosítani a vezető észlelésére a vezető kijelölt helyén,
- az automata üzemmód kiválasztása csak akkor aktiválja az automata üzemmódot vezetővel, amikor a vezető a kijelölt pozícióban van,
- megállító eszközöket kell biztosítani a vezető számára elérhető helyen,
- a vezető kijelölt pozícióját úgy kell kialakítani, hogy a targonca gyorsító és lassító erőit figyelembe véve a veszélyes helyzetek elkerülhetők legyenek (pl. párnázás, kezelőülés, rekesz kialakítása),
- gondoskodni kell arról, hogy a vezető(k) a targoncán való utazás során a kijelölt pozícióban maradjanak (pl. kétkezes vezérlőkészülék, lábhelyzet érzékelés, teljesen zárt kabin),
- ha a vezető már nincs a kijelölt pozícióban, a targoncának biztonságosan meg kell állnia,
- az emelési funkcióval rendelkező vezetőállás padlószintje emelt állapotban nem lehet 1200 mm-nél magasabban a padlótól/földtől.

## Pótkocsik vontatására szolgáló targoncák

Indítás előtt a targoncának legalább 2 másodpercig automatikusan akusztikus és/vagy optikai jelet kell adni. Az indítási sebességet 0,3 m/s-ra kell korlátozni legalább 5 másodpercig, és ezt fent kell tartani 500 mm plusz a pótkocsik vagy pótkocsi és a targonca közötti legnagyobb távolság megtételéig, attól függően, hogy melyik a nagyobb.

A pótkocsik vontatására szánt targoncákat vontató- vagy kapcsolószerkezetekkel kell felszerelni, amelyeket úgy terveztek, gyártottak és helyeztek el, hogy csökkentsék a veszélyes csatlakozásokat és szétkapcsolásokat, és megakadályozzák a használat közbeni véletlen lekapcsolást.

A vonó- és kapcsolóberendezéseket úgy kell megtervezni, hogy ellenálljon a vonóerőnek és a nyomóerőnek (például amikor a targonca fékezik) és feleljen meg a maximális teherbírásnak.

## Targoncák szállítószalagokkal

Ha a targoncák szállítószalaggal vannak felszerelve, az alábbiaknak teljesülniük kell

- a szállítószalagokat le kell állítani, mielőtt a targonca elindul,
- a targonca leállítására felszerelt vészleállító berendezés(ek) egyidejűleg a szállítószalagokat is leállítsák.

A szállítószalagot úgy kell megtervezni, hogy a rakomány ne mozdulhasson el a gyártó által meghatározott helyzetekből semmilyen üzemmódban, beleértve a vészleállítást és a teheráthelyezést is; vagy olyan eszközöket kell biztosítani, amelyek megakadályozzák a targoncák elmozdulását, ha a rakomány nincs a teherhordó szerkezeten a gyártó által meghatározott helyzetben (pl. kamera, érzékelő, kapcsoló).

A szállítószalaggal felszerelt targoncák kezelőszerveinek biztonsági vonatkozású részeinek teher és teherfelvevő pozíció és mozgás érzékelés funkciója esetén  $PL_{r=b}$  teljesítményszint elérése szükséges.

## Figyelmeztető jelzések, tájékoztatás

Ha a targoncát arra tervezték, hogy a kezelő(k) utazhassanak a targoncán, a következő figyelmeztetést kell elhelyezni a felhasználó nyelvén vagy szimbólumokkal:

EZEN A TARGONCÁN CSAK JOGOSULT SZEMÉLYEK UTAZHATNAK

Ellenkező esetben:

A TARGONCÁN UTAZNI TILOS

A fennmaradó veszélyekre figyelmeztető szimbólumokat kell elhelyezni a targoncán és a tartozékokon az érintett veszélyen vagy annak közvetlen közelében. A tárolt energiát használó eszközökön (pl. akkumulátorok) figyelmeztető címkét és a tárolt energia eltávolításának módját kell elhelyezni az adott alkatrészen, és fel kell tüntetni a szervizkönyvben.

A targonca és a rendszer üzembe helyezését a gyártó által megadott műszaki információk és módszertanok szerint kell elvégezni.

A következő instrukciók megadása szükséges:

- módszertan, amely tartalmazza az üzembe helyezési sorrendhez szükséges információkat és utasításokat,
- a szükséges műszaki (pl. mechanikai, elektromos) információk és utasítások a targonca üzembe helyezése (pl. terhelés / rakomány specifikáció),
- bármilyen szükséges speciális képzés, amely felhívja az üzembe helyező figyelmét a veszélyekre,
- az üzembe helyezés alatti padló/föld jelölés és az átadást követő tartós padló/föld jelölés ajánlása.

## A biztonsági követelmények és/vagy védőintézkedések ellenőrzése

A targoncákat ellenőrizni kell annak érdekében, hogy minden lényeges funkció, különösen az automatizált funkciók, a figyelmeztető és a személyzetészlelő eszközök megfelelően azonosítva vannak, és rendeltetésszerűen működjenek.

A funkciókat közvetlenül vagy bármely egyenértékű eredményeket adó szimulációs módszerrel lehet ellenőrizni. Az egészségügyi és biztonsági követelmények ellenőrzéséhez az EN ISO 3691-4 „E” melléklete tartalmazza a részletes előírásokat. Ezek az egyes követelményekhez hozzárendelik az ellenőrzések során alkalmazandó módszereket, amelyek a következők lehetnek:

- terv ellenőrzés (design check),
- számítás (calculation),
- szemrevételezéses/érzékszervi ellenőrzés (inspection),
- mérés (measurement),
- működési próba (functional check).

A targoncák megfelelőségét végül üzemszerű állapotban, üzemeltetés közben ellenőrizni.

A vezérlőrendszer biztonsággal kapcsolatos részei előírt teljesítményszintjének ellenőrzését az EN ISO 13849-2 szabvány szerinti validációs eljárással kell elvégezni.

## 11. Speciális veszélyek és kockázatok kezelése

---

Jelen fejezetben egyes speciális, nem feltétlenül minden típusú berendezés esetén előforduló veszélyekkel és azok szabályos kezelésével kapcsolatos követelmények és tervezési biztonsági szempontok közül tekintjük át a gyakorlati szempontból talán leggyakrabban alkalmazandókat. A személyek hozzáférési helyigényével, valamint a zajvédelemmel kapcsolatos témakörök következnek kicsit részletesebben kifejtve, majd hivatkozásszerűen a további speciális kockázatokra vonatkozó szabványok listája.

Figyelem! Ezeken túl több egyéb sajátos témakör lehet, aminek ismerete szükséges lehet egyes konkrét berendezések biztonsága és CE jelölése szempontjából! Ezeket a további „B” és „C” típusú szabványok tartalmazzák, mint az egyes sajátos technológiákra (pl. papíripar, nyomdaipar, mezőgazdaság, földmunkagépek, stb.) jellemző kockázatokkal kapcsolatos szabályok.

### 11.1. Hozzáférési helyek, nyílások méretezése

---

Vonatkozó szabványok: MSZ EN 547-1:1996+A1:2009, MSZ EN 547-2:1996+A1:2009, MSZ EN 547-3:1996+A1:2009

A hozzáférési helyeket csoportosíthatjuk aszerint, hogy egész testtel kell-e bejutni, vagy csak valamely testrész számára kell a hozzáférést biztosítani.

A következő táblázatokban gyakran szerepelnek majd a P5, P95, P99 jelölések, amelyek a várható használói népesség adott százaléka jellemző értékeket jelöli. A P5 a várható kezelőszemélyzet 5%-ára, P95 a várható kezelőszemélyzet 95%-ára, P99 a várható kezelőszemélyzet 99%-ára jellemző érték. A P99-es értékek jellemzően a vészhelyzeti menekülő utaknál alkalmazandók.

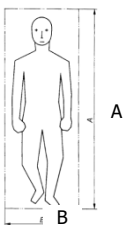
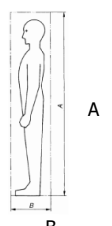
A felhasznált statisztikai antropometriai adatok a ruhátlan európai felnőtt munkaképes populáció statikus méreteiből származnak, ezért ezekhez kiegészítő értékeket, pótlékokat kell alkalmazni, amelyek alapján a ruházatból és egyéb felszerelésekből (egyéni védőeszközök), testmozgásokból származó méretek is figyelembe vehetők. (Ezeket a pótlékokat is tartalmazzák a következő táblázatok.)


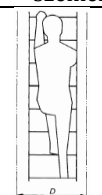

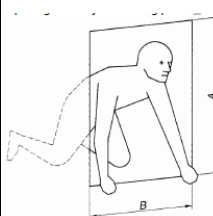
### 11.1.1. Egésztest-hozzáférfési helyek méretei

A következő táblázatban azon átjárónyílások méreteinek meghatározási módját foglaltuk össze, amelyeken keresztül egész testtel kell tudni áthaladni, hogy elvégezhetőek legyenek egyes feladatok, mint pl. kezelőelemek működtetése, munkafolyamatok vagy termékek ellenőrzése.

A lentiek nem az optimális, hanem az elvárt minimális méreteket adják, ezért a lehetőségekhez képest célszerű lehet ezek méreteit megnövelni.

11.1. táblázat: Egész testtel történő hozzáférés [42] [44]

Hozzáférfési esetek	Ábra	Méret meghatározása	Megjegyzés
<p>1. eset</p> <p>Vízszintes előremozgás nyílása egyenes testtartás esetén</p>		$A = h_1(P95 \text{ vagy } P99) + x$ $h_1(P95) = 1881 \text{ mm}$ $h_1(P99) = 1944 \text{ mm}$ $B = a_1(P95 \text{ vagy } P99) + y$ $a_1(P95) = 545 \text{ mm}$ $a_1(P99) = 576 \text{ mm}$	<p>A: Nyílásmagasság</p> <p>B: Nyílásszélesség</p> <p><math>h_1</math>: Testmagasság</p> <p><math>a_1</math>: Szélesség a könyök felett</p> <p>x: Magassági pótlék</p> <p>y: Szélességi pótlék</p>
<p>Pótlékok értékei az 1. esethez:</p> <p>„x” magassági pótlék</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>testmozgási alappótlék: 50 mm</li> <li>gyors mozgás vagy futás, vagy gyakori vagy hosszantartó használat: 100 mm</li> <li>cipő vagy nehéz lábbeli: 40 mm</li> <li>testmagasságot növelő személyi védőfelszerelés, pl. sisak: 60 mm</li> </ul> <p>„y” szélességi pótlék a következőkhöz</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>testmozgási alappótlék: 50 mm</li> <li>gyors mozgás vagy futás, vagy gyakori vagy hosszantartó használat: 100 mm</li> <li>munkaruha: 20 mm</li> <li>olyan ruházat, amely az átjáró falaival érintkezve károsodhat: 100 mm</li> <li>nehéz téli ruha vagy személyi védőruha: 100 mm</li> <li>sérült személy szállítása: 200 mm</li> </ul>			
<p>2. eset</p> <p>Rövidtávú, vízszintes oldalazó- mozgás nyílása egyenes testtartás esetén</p>		$A = h_1(P95) + x$ $h_1(P95) = 1881 \text{ mm}$ $B = b_1(P95) + y$ $b_1(P95) = 342 \text{ mm}$	<p>A: Nyílásmagasság</p> <p>B: Nyílásszélesség</p> <p><math>h_1</math>: Testmagasság</p> <p><math>b_1</math>: Testmélység</p> <p>x: Magassági pótlék</p> <p>y: Szélességi pótlék</p> <p>Menekülési utakra nem alkalmazható!</p>
<p>Pótlékok értékei a 2. esethez:</p> <p>„x” magassági pótlék</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>testmozgási alappótlék: 50 mm</li> <li>gyors mozgás vagy futás vagy gyakori vagy hosszantartó használat: 100 mm</li> <li>cipő vagy nehéz lábbeli: 40 mm</li> <li>testmagasságot növelő személyi védőfelszerelés, pl. sisak: 60 mm</li> </ul> <p>„y” szélességi pótlék a következőkhöz</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>testmozgási alappótlék: 50 mm</li> <li>gyors mozgás vagy futás vagy gyakori vagy hosszantartó használat: 100 mm</li> <li>munkaruha: 20 mm</li> <li>olyan ruházat, amely az átjáró falaival érintkezve károsodhat: 100 mm</li> <li>nehéz téli ruha vagy személyi védőruha: 100 mm</li> <li>sérült személy szállítása: 200 mm</li> </ul>			

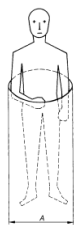
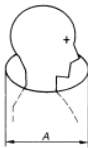
Hozzáférési esetek	Ábra	Méret meghatározása	Megjegyzés
<b>3. eset</b> Függőleges mozgás aknában, létra használatával		$A = c_1(P95 \text{ vagy } P99) + x$ $c_1(P95) = 687 \text{ mm}$ $c_1(P99) = 725 \text{ mm}$ $B = 0,74c_2(P95) = 211 \text{ mm}$ $c_2(P95) = 285 \text{ mm}$ $C = A + B$	A Nyílás űrmérete B Szabad tér a láb számára C Az akna teljes űrmérete $c_1$ Combhosszúság $c_2$ Lábhosszúság x Pótlék
Pótlékok értékei a 3. esethez: „x” űrszelvényi pótlék <ul style="list-style-type: none"> <li>testmozgási alappótlék: 100 mm</li> <li>munkaruha: 20 mm</li> <li>nehéz téli ruha vagy személyi védőruha: 100 mm</li> <li>személyi védőfelszerelés (légzésvédő nélkül): 100 mm</li> </ul>			
<b>4. eset</b> Függőleges mozgás aknában, létra használatával		$D = a_1(P95 \text{ vagy } P99) + y$ $a_1(P95) = 545 \text{ mm}$ $a_1(P99) = 576 \text{ mm}$	D: Nyílásszélesség $a_1$ : Szélesség a könyök felett y: Szélességi pótlék
Pótlékok értékei a 4. esethez: „y” szélességi pótlék <ul style="list-style-type: none"> <li>testmozgási alappótlék: 100 mm</li> <li>munkaruha: 20 mm</li> <li>nehéz téli ruha vagy személyi védőruha: 100 mm</li> <li>személyi védőfelszerelés (légzésvédő nélkül): 100 mm</li> </ul>			
<b>5. eset</b> Búvónyílás gyors, aktív haladáshoz		$A = a_1(P95 \text{ vagy } P99) + x$ $a_1(P95) = 545 \text{ mm}$ $a_1(P99) = 576 \text{ mm}$	A A nyílás átmérője B A bejáró hosszúsága (500 mm-nél kisebb legyen!) $a_1$ Szélesség a könyök felett x Pótlék
Pótlékok értékei az 5. esethez: „x” űrszelvényi pótlék <ul style="list-style-type: none"> <li>testmozgási alappótlék: 100 mm</li> <li>munkaruha: 20 mm</li> <li>nehéz téli ruha vagy személyi védőruha: 100 mm</li> <li>személyi védőfelszerelés (légzésvédő nélkül): 100 mm</li> </ul>			
<b>6. eset</b> Mászónyílás térdelő testtartáshoz		$A = b_2(P95 \text{ vagy } P99) + x$ $B = a_1(P95 \text{ vagy } P99) + y$	A Nyílásmagasság B Nyílásszélesség $b_2$ Elérési távolság előre (fogástengely) $a_1$ Szélesség a könyök felett x Magassági pótlék y Szélességi pótlék
Pótlékok értékei a 6. esethez: „x” űrszelvényi és „y” szélességi pótlék <ul style="list-style-type: none"> <li>testmozgási alappótlék: 100 mm</li> <li>munkaruha: 20 mm</li> <li>nehéz téli ruha vagy személyi védőruha: 100 mm</li> <li>személyi védőfelszerelés (légzésvédő nélkül): 100 mm</li> <li>ahol célszerű, ott az „x” magassági pótlékhoz további 100 mm-t hozzá kell adni a mozgás közbeni előre nézés miatt!</li> </ul>			

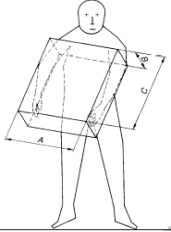
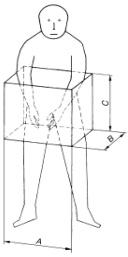
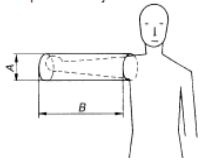
## 11.1.2. Hozzáférési nyílások méretei

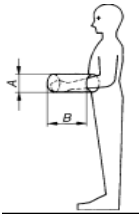
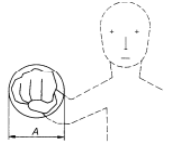
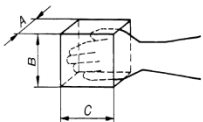
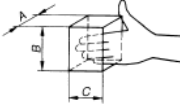
A hozzáférési nyílás olyan nyílás, amelyen keresztül egy személy előre felé hajlíthatja, előre felé kinyújthatja, vagy átnyújthatja a felsőtestét, a fejét, a karját vagy egyéb testrészeit, hogy elvégezhesse a szükséges feladatokat, mint pl. kezelőelemek működtetése, karbantartás, ellenőrzések.

A hozzáférési nyílások (tehát ahol át kell férnie egyes testrészeknek) méretei a P95-ös értékeken alapulnak, az elérési távolságok (tehát ahol el kell érni pl. egy kezelőelemet) pedig a P5-ös értékeken.

11.2. táblázat: Egész testel történő hozzáférés [43] [44]

Hozzáférési esetek	Ábra	Méretek meghatározása	Megjegyzés
<p><i>1. eset</i></p> <p>Hozzáférési nyílás a felsőtest és a karok számára</p>		$A = a_1(P95) + x$ $a_1(P95) = 545 \text{ mm}$	<p>A: Nyílás átmérő</p> <p>a<sub>1</sub>: Szélesség a könyök felett</p> <p>x: Pótlék</p>
<p>Pótlékok értékei az 1. esethez:</p> <p>„x” pótlék</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>szabad tér a hozzáférési nyíláson át történő eléréshez: 50 mm</li> <li>munkaruha: 20 mm</li> <li>nehéz téli ruha vagy személyi védőruha: 100 mm</li> <li>olyan ruházat, amely az átjáró falaival érintkezve károsodhat: 100 mm</li> <li>személyi védőfelszerelés (légzésvédő nélkül): 100 mm</li> </ul>			
<p><i>2. eset</i></p> <p>Hozzáférési nyílás a fej számára a vállakig, ellenőrzési tevékenységhez</p>		$A = c_3(P95) + x$ $c_3(P95) = 240 \text{ mm}$	<p>A: Nyílás átmérő</p> <p>c<sub>3</sub>: Fejhossz az orrhegytől</p> <p>x: Pótlék</p>
<p>Pótlékok értékei a 2. esethez:</p> <p>„x” pótlék</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>szabad tér a testmozgásokhoz: 50 mm</li> <li>személyi védőeszközök (sisak, hallásvédő, védőszemüveg, légzésvédő álarc): 100 mm</li> <li>a hozzáférési nyílás megérintésének elkerülése, pl. vegyi anyagok, szennyeződés, zsír miatt: 100 mm</li> </ul>			

Hozzáférfési esetek	Ábra	Méretrek meghatározása	Megjegyzés
<p><i>3. eset</i></p> <p>Hozzáférfési nyílás mindkét kar számára (előre vagy lefelé)</p>		$A = a_1(P95) + x$ $a_1(P95) = 545 \text{ mm}$ $B = d_1(P95) + y$ $d_1(P95) = 121 \text{ mm}$ $C = t_1(P5) = 340 \text{ mm}$	<p>A: Nyílásszélesség</p> <p>B: Nyílásmagasság</p> <p>C: Fogásmélység</p> <p><math>a_1</math>: Szélesség a könyök felett</p> <p><math>d_1</math>: Felkarátmérő</p> <p><math>t_1</math>: Funkcionális karhosszúság</p> <p><math>x</math>: Szélességi pótlék</p> <p><math>y</math>: Magassági pótlék</p>
<p>Pótlékok értékei a 3. esethez:</p> <p>„x” magassági és „y” szélességi pótlékok</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• mozgási alappótlék: 20 mm</li> <li>• munkaruha: 20 mm</li> <li>• nehéz téli ruha vagy személyi védőruha: 100 mm</li> <li>• olyan ruházat, amely az átjáró falaival érintkezve károsodhat: 100 mm</li> </ul>			
<p><i>4. eset</i></p> <p>Hozzáférfési nyílás mindkét alkar számára a könyékig (előre vagy lefelé)</p>		$A = 2d_2(P95) + x$ $B = d_2(P95) + y$ $d_2(P95) = \text{mm}$ $C = t_2(P5) = \text{mm}$	<p>A: Nyílásszélesség</p> <p>B: Nyílásmagasság</p> <p>C: Nyílásmélység</p> <p><math>d_2</math>: Alkarátmérő</p> <p><math>t_2</math>: Alkarkar elérési távolsága</p> <p><math>t_1</math>: Funkcionális karhosszúság</p> <p><math>x</math>: Szélességi pótlék</p> <p><math>y</math>: Magassági pótlék</p>
<p>Pótlékok értékei a 4. esethez:</p> <p>„x” szélességi és „y” magassági pótlék</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• mozgási alappótlék: 120 mm</li> <li>• munkaruha: 20 mm</li> <li>• nehéz téli ruha vagy személyi védőruha: 100 mm</li> <li>• olyan ruházat, amely az átjáró falaival érintkezve károsodhat: 100 mm</li> </ul>			
<p><i>5. eset</i></p> <p>Hozzáférfési nyílás egy kar számára a vállig, oldalirányban</p>		$A = d_1(P95) + x$ $d_1(P95) = 121 \text{ mm}$ $B = t_3(P5) = 495 \text{ mm}$	<p>A: Nyílásátmérő</p> <p>B: Nyílásmélység</p> <p><math>d_1</math>: Felkarátmérő</p> <p><math>t_3</math>: A kar oldalirányú elérési távolsága</p> <p><math>x</math>: Pótlék</p>
<p>Pótlékok értékei az 5. esethez:</p> <p>„x” pótlék</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• mozgási alappótlék: 20 mm</li> <li>• munkaruha: 20 mm</li> <li>• nehéz téli ruha vagy személyi védőruha: 100 mm</li> <li>• olyan ruházat, amely az átjáró falaival érintkezve károsodhat: 100 mm</li> </ul>			

Hozzáférfési esetek	Ábra	Méretetek meghatározása	Megjegyzés
<p><b>6. eset</b></p> <p>Hozzáférfési nyílás egy alkar számára a könyékig</p>		$A = a_1(P95) + x$ $a_1(P95) = 545 \text{ mm}$ $B = d_1(P95) + y$ $d_1(P95) = 121 \text{ mm}$ $C = t_1(P5) = 340 \text{ mm}$	<p>A: Nyílásszélesség</p> <p>B: Nyílásmagasság</p> <p>C: Fogásmélység</p> <p>a<sub>1</sub>: Szélesség a könyök felett</p> <p>d<sub>1</sub>: Felkarátmérő</p> <p>t<sub>1</sub>: Funkcionális karhosszúság</p> <p>x: Szélességi pótlék</p> <p>y: Magassági pótlék</p>
<p>Pótlékok értékei a 6. esethez:</p> <p>„x” szélességi és „y” magassági pótlék</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>mozgási alappótlék: 20 mm</li> <li>munkaruha: 20 mm</li> <li>nehéz téli ruha vagy személyi védőruha: 100 mm</li> <li>olyan ruházat, amely az átjáró falaival érintkezve károsodhat: 100 mm</li> </ul>			
<p><b>7. eset</b></p> <p>Hozzáférfési nyílás az ököl számára</p>		$A = d_3(P95) + x$ $d_3(P95) = 120 \text{ mm}$	<p>A: Nyílásátmérő</p> <p>d<sub>3</sub>: Ökölátmérő</p> <p>x: Pótlék</p>
<p>Pótlékok értékei a 7. esethez:</p> <p>„x” pótlék</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>testmozgási alappótlék: 10 mm</li> <li>kézvédő eszköz használata: 20 mm</li> </ul>			
<p><b>8. eset</b></p> <p>Hozzáférfési nyílás a lapos tenyér számára a csuklóig, beleértve a hüvelykujjat is</p>		$A = b_4(P95) + x$ $b_4(P95) = 35 \text{ mm}$ $B = a_3(P95) + y$ $a_3(P95) = 120 \text{ mm}$ $C = t_4(P5) = 152 \text{ mm}$	<p>A: Nyílásszélesség</p> <p>B: Nyílásmagasság</p> <p>C: Nyílásmélység</p> <p>a<sub>3</sub>: Kézfejszélesség a hüvelykujjal</p> <p>b<sub>4</sub>: Kézfejvastagság a hüvelykujjnál</p> <p>t<sub>4</sub>: Kézfejhosszúság</p> <p>x: Szélességi pótlék</p> <p>y: Magassági pótlék</p>
<p>Pótlékok értékei a 8. esethez:</p> <p>„x” szélességi és „y” magassági pótlék</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>testmozgási alappótlék: 10 mm</li> <li>kézvédő eszköz használata: 20 mm</li> </ul>			
<p><b>9. eset</b></p> <p>Hozzáférfési nyílás a lapos tenyér (négy ujj) számára a hüvelykujj tövéig</p>		$A = b_3(P95) + x$ $b_3(P95) = 30 \text{ mm}$ $B = a_4(P95) + y$ $a_4(P95) = 97 \text{ mm}$ $C = t_5(P5) = 88 \text{ mm}$	<p>A: Nyílásszélesség</p> <p>B: Nyílásmagasság</p> <p>C: Nyílásmélység</p> <p>a<sub>4</sub>: Kézfejszélesség a kézközép magasságában</p> <p>b<sub>3</sub>: Kézfejvastagság a tenyérnél</p> <p>t<sub>5</sub>: Kézfejhosszúság a hüvelykujjig</p> <p>x: Szélességi pótlék</p> <p>y: Magassági pótlék</p>
<p>Pótlékok értékei a 9. esethez:</p> <p>„x” szélességi és „y” magassági pótlék</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>testmozgási alappótlék: 10 mm</li> <li>kézvédő eszköz használata: 20 mm</li> </ul>			

Hozzáférfési esetek	Ábra	Méretetek meghatározása	Megjegyzés
<p><i>10. eset</i></p> <p>Hozzáférfési nyílás a mutatóujj számára, a többi ujj által korlátozva</p>		$A = a_5(P95) + x$ $a_5(P95) = 23 \text{ mm}$ $B = t_6(P5) = 59 \text{ mm}$	<p>A: Nyílásszélesség</p> <p>B: Nyílásmagasság</p> <p><math>a_5</math>: Mutatóujj-szélesség (a tenyérhez közelebbi)</p> <p><math>t_6</math>: Mutatóujj-hosszúság</p> <p>x: Pótlék</p>
<p>Pótlékok értékei a 10. esethez:</p> <p>„x” pótlék</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>testmozgási alappótlék: 10 mm</li> <li>kézvédő eszköz használata: 20 mm</li> </ul>			
<p><i>11. eset</i></p> <p>Hozzáférfési nyílás egy lábfej számára a bokáig</p>		$A = a_6(P95) + x$ $a_6(P95) = 113 \text{ mm}$ $B = c_2(P95) + y$ $c_2(P95) = 285 \text{ mm}$	<p>A: Nyílásszélesség</p> <p>B: Nyíláshosszúság</p> <p>C: Fogásmélység</p> <p><math>a_6</math>: Lábfejszélesség</p> <p><math>c_2</math>: Lábfejhosszúság</p> <p>x: Szélességi pótlék</p> <p>y: Magassági pótlék</p>
<p>Pótlékok értékei a 11. esethez:</p> <p>„x” szélességi és „y” magassági pótlék</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>testmozgási alappótlék: 10 mm</li> <li>lábbeli: 30 mm</li> </ul>			
<p><i>12. eset</i></p> <p>Hozzáférfési nyílás a láb elülső része számára a kezelőelemek működtetéséhez</p>		$A = a_6(P95) + x$ $a_6(P95) = 113 \text{ mm}$ $B = h_8(P95) + y$ $h_8(P95) = 96 \text{ mm}$ $C \leq 0,74c_2(P5) \text{ à}$ $C \leq 156 \text{ mm}$	<p>A: Nyílásszélesség</p> <p>B: Nyílásmagasság</p> <p>C: Nyíláshosszúság</p> <p><math>h_8</math>: Bokamagasság</p> <p><math>a_6</math>: Lábfejszélesség</p> <p><math>c_2</math>: Lábfejhosszúság</p> <p>x: Szélességi pótlék</p> <p>y: Magassági pótlék</p>
<p>Pótlékok értékei a 12. esethez:</p> <p>„x” szélességi és „y” magassági pótlék</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>testmozgási alappótlék: 10 mm</li> <li>lábbeli: 30 mm</li> </ul>			

Természetesen a hozzáférfési nyílások elhelyezése során is figyelembe kell venni az emberi test méreteit és az ergonómiai elveket. Ezekkel kapcsolatban az MSZ EN 547-2:1996+A1:2009 B melléklete ad további tájékoztatást.

## 11.2. Zajvédelem

---

Vonatkozó szabvány: MSZ EN ISO 11688-1:2009

Az ipari környezet egyik általános és jellemzően folyamatosan jelen lévő kockázati forrása a zajterhelés. Fontos megemlíteni, hogy a munkahelyek zajterhelési határértékei alatti munkarendszerek esetén is a zaj az egyik jellemző összetevője azoknak a veszélykombinációknak, amelyek esetén, bár minden előírás szerinti, de mégis jelentős kockázatot jelentenek a dolgozókra. (Ilyen eset lehet például, amikor a létszámhiány miatt enyhén megnövekedett munkaterhelésből adódó növekvő fáradtság, a picit gyengébb megvilágítási értékek mellett társul egy folyamatos zajterheléssel, ami összeségébe akár már rövid távon is koncentráció csökkenést okozhat, ami meg egyenesen vezethet a balesethez.) Természetesen a nagyobb zajkibocsátású berendezések önmagukban is okozhatnak visszafordíthatatlan halláskárosodást az expozíciós idő függvényében.

A Gépdirektíva vonatkozó alapkövetelménye a következő:

### 1.5.8. Zaj

*A gépet úgy kell megtervezni és gyártani, hogy a levegőben terjedő zajkibocsátásból eredő veszélyek különösen a zaj forrásánál a lehető legalacsonyabbak legyenek, figyelembe véve a műszaki fejlődést és a zajcsökkentő eszközök hozzáférhetőségét. [29]*

Ezen megfontolások alapján nagyon is célszerű törekedni a gépek zajkibocsátásának csökkentésére, amelynek pár alapvető megfontolását mutatjuk be a következőkben az EN ISO 11688-1 szabvány alapján.

A tárgyalt jelenségek és módszerek fizikai hátterét jelen kiadványban nem tárgyaljuk, de a témával mélyebben foglalkozó szakemberek számára célszerű az EN ISO 11688-2 szabvány áttekintése is, amely ezen fizikai jelenségeket részletesebben tárgyalja.

Fontos megjegyezni, hogy egyes berendezés típusokra specifikusabb követelmények is vonatkozhatnak a releváns „C” típusú szabványok, vagy egyéb jogi előírások alapján!

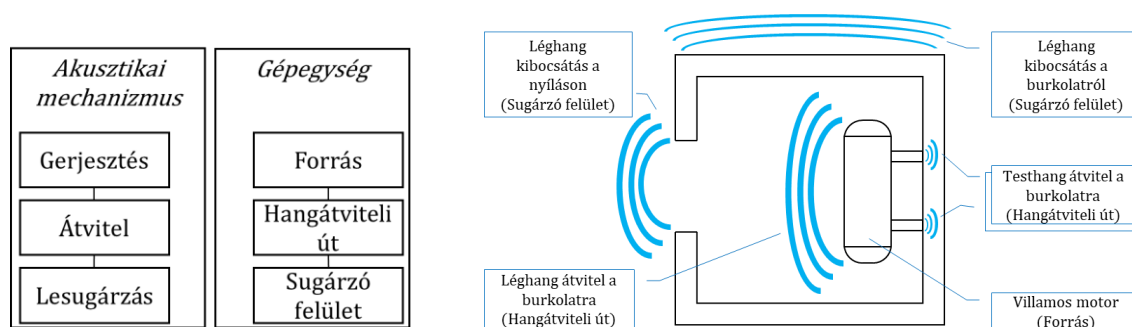
### 11.2.1. Zajforrások azonosítása

---

Mint egyéb területeken is, a gépek esetében is a zajcsökkentésben első lépés a zaj forrásának azonosítása. Miután a forrást sikerült meghatározni, az adott közegben való hangátviteli utak, majd a sugárzó felületek beazonosítása következik, ahol a zaj vagy lesugárzódik a szabad térbe, vagy gerjeszti a szerkezetet. [45]

Érezhető, hogy az adott gépen belüli különféle forrásokból származó lesugárzás eltérő nagyságú lehet, így a források között érdemes sorrendet megállapítani, hiszen várhatóan nagyobb zajcsökkentés érhető el általában a jelentősebb forrásokhoz kötődő zajcsökkentési intézkedésekkel.

A fentiekben már használt fontosabb szakkifejezések értelmezését segíti a következő ábra:



11.1. ábra – A zajerjesztés okozati láncolata és egy példa [45]

A zajcsökkentési eljárás első lépése a gép fő zajforrásainak meghatározása és azok relatív fontosságának tisztázása.

Ez alapján elemezni kell a zaj terjedési útját a forrásától a vételi pontokon keresztül a lesugárzó felületekig, hogy elemezni lehessen ezek szerepét a teljes zajkibocsátás szempontjából és ki lehessen választani a legkedvezőbb zajcsökkentési eljárásokat. Fontos, hogy lehetőleg a meghatározó zajforrások kibocsátását kell korlátozni mielőtt az átviteli utakkal és a lesugárzó felületekkel foglalkoznánk!

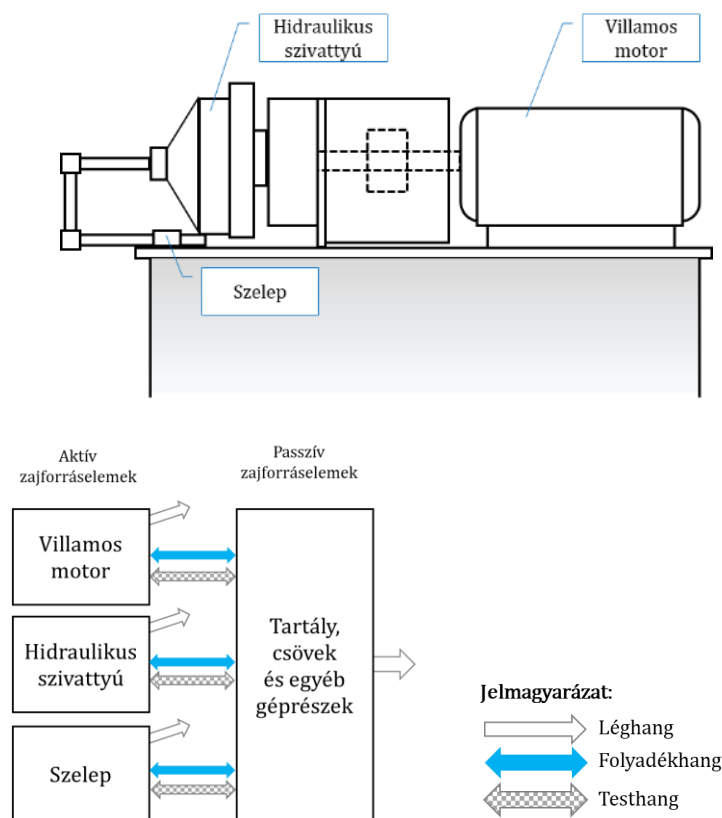
Általában a következő megállapítások érvényesek a zajcsökkentéssel kapcsolatban:

- Várható, hogy a legkisebb sebességű és gyorsulású működési mód lesz akusztikai szempontból a legkedvezőbb.
- A gép(rész) tömegének, merevségének és a csillapításának módosítása alkalmas lehet a gépből kisugárzott zaj csökkentésére.
- Kisebb zajkibocsátást eredményez a gázok, folyadékok egyenletes áramlása, mint a változó áramlás.

Az első alaplépés az akusztikai modellezés és rangsorolás, amelynek a főbb szabálya, hogy meg kell határozni

- az aktív és passzív zajforráselemeket,
- a hangforrások helyét (beleértve a lég-, folyadék- és a testhangforrásokat egyaránt),
- a hangterjedések útjait,
- a hanglesugárzó felületeket,
- a legfontosabb zajokozó csatornákat (forrás-átviteli út-lesugárzó felület).

A következő ábra egy hidraulikus tápegység példáján mutatja be az akusztikai modellezés egyik egyszerű módját.



11.2. ábra – Hidraulikus tápegység és akusztikai modellje [45]

### 11.2.2. A zajforrások zajának csökkentése

---

Fontos megjegyezni, hogy a következőkben leírt elvek, tervezési megközelítések csak a zajkibocsátás csökkentésével kapcsolatosak. Amennyiben egyéb kockázatok is jelen vannak, úgy ezek alkalmazása elemzést igényel, hogy egyéb veszélyekkel kapcsolatban nem fokozzák-e a kockázatokat (például vékony lemezburkolat alkalmazása amikor nagy kinetikai energiájú kirepülő tárgyak elleni védelmi igény is jelen van, vagy perforált burkolatok alkalmazása veszélyes anyagok vagy sugárforrások jelenléte esetén!) [45]

#### Léghangforrások

Minden áramló gáz (pl. a levegő) turbulencia, lökés és lüktetés következtében zajt okozhat.

##### *Turbulencia*

A turbulencia olyan zajgerjesztő mechanizmus, amelynek különböző formái vannak.

A zajszint és a zaj színe függ az áramlás sebességétől, a közeg viszkozitásától és a geometriai kialakítástól (például az áramlás útjában lévő akadályok esetén a hegyes élek).

A keveredési tartományban az áramlási sebesség mérséklésével zajcsökkenés érhető el, amit például fúvókáknál vagy egyéb csőkimeneteknél kisebb nyomáskülönbséggel, az átmérő növelésével lehet elérni.

Tervezési szabályok a gázok turbulenciájának csökkentésére:

- a működési nyomás csökkentése,
- a nyomásváltozások csökkentése,
- a lehető legkisebb áramlási sebesség beállítása,
- a gázszugárkimeneteknél a lehető legkisebb sebességváltozás biztosítása a gázszugár keresztmetszetében,
- a rotorok sebességének csökkentése,
- az akadályok kiküszöbölése az áramlásban;
- az áramlás geometriájának javítása.

## ***Lökés és lüktetés***

Dugattyús gépekben az egyenetlen térfogatáramlás következtében térfogat- és nyomáslüktetések fordulnak elő, amelyek zajt gerjesztenek. Ez a zaj a forgási sebesség vagy a működési nyomás csökkentésével mérsékelhető.

Továbbá lökések jönnek létre, ha a nyomott közeget kisebb nyomású térbe gyorsan engedik ki. (Például szelepek nyitásánál vagy zárásánál, illetve a nagy nyomású pneumatikus motorok és szivattyúk esetén.) A lökés zaj a nyomás-idő változás lassításával csökkenthető: a nyomáskülönbség csökkentésével vagy a nyomásváltozás idejének növelésével.

Tervezési szabályok a lökés és a lüktetés csökkentésére gázokban:

- nyomásváltozások sebességének csökkentése (nyomáskülönbség csökkentése, nyomásváltozás idejének növelése),
- rotorok közelében lévő akadályok kiküszöbölése.

## **Folyadékhang források**

A folyadékok is, mint a levegő, turbulenciával, lüktetéssel és lökéssel zajt gerjeszthetnek. Ezért lényegében ugyanazokat a szabályokat lehet alkalmazni, mint a léghangok esetén.

Folyadékok esetébe a kavitáció jelensége által előidézett zajgerjesztést érdemes külön kiemelni.

A kavitációt el lehet kerülni, például, ha a kívánt nyomáscsökkenést több fokozat bevezetésével valósítják meg.

Tervezési szabályok a kavitáció csökkentésére:

- nyomáscsökkenés mértékének csökkentése,
- áramlási sebesség csökkentése (lehetőleg 1,5 m/s alá),
- statikus nyomás növelése,
- áramlási geometria javítása és kis áramlási ellenállású alkatrészek alkalmazása,
- rövid szívóvezetékek alkalmazása,
- a tartály magasabbra helyezése a szivattyú bemeneténél,

## Testhangforrások

A testhangforrások jellemzően az ütközésekből, fogaskerek fogainak kapcsolódásából, gördülő felületekből, súrlódásokból, öngerjesztésből származnak.

### *Ütközés*

A gépben az ütközési zaj a leguralkodóbb zajforrás.

Az ütközési zaj legfontosabb paraméterei az ütköző testek tömege, sebessége és az ütközés időtartama.

Tervezési szabályok az ütközési zaj csökkentésére:

- ütközési idő növelése,
- ütközési sebesség csökkentése,
- szabadon ütköztetett test tömegének a lehető legkisebbre való csökkentése,
- rögzített test tömegének növelése,
- rögzítettlen, váltakozó terhelésű alkatrészek kiküszöbölése.

### *Gördülés*

A gördüléskor keletkező zaj a gördülő felületek egymással való érintkezésénél lévő érdesség vagy egyenetlenség következménye és nagyban függ az érintkező felületek rugalmasságától is.

Tervezési szabályok a gördülési zaj csökkentésére:

- sima gördülő felületek kialakítása,
- megfelelő kenés biztosítása,
- precíziós gördülőcsapágyak alkalmazása,
- a ház mérettűréseinek (a csapágyillesztésnek) a lehető legkisebbre való csökkentése,
- csúszócsapágyak alkalmazása,
- az érintkező területek rugalmasságának növelése.

### ***Súrlódás, öngerjesztés***

A súrlódási zaj nagy mértékben függ az anyag megválasztásától és a kenéstől.

Tervezési szabályok a súrlódás és az öngerjesztés által okozott testhangok csökkentésére:

- a súrlódás csökkentése megfelelő anyagválasztással,
- a súrlódás csökkentése megfelelő kenéssel,
- az öngerjesztésre hajlamos szerkezet csillapításának növelése.

### ***Fogkapcsolódás***

Az előzőek egyik sajátos együttese a fogaskerek fogainak kapcsolódása például fogaskerék átételek vagy a lánchajtások esetén. Ennek fontos paraméterei az érintkező elemek érintkezési időtartama, az erő-idő változás az érintkezés alatt és az érintkező fogak merevsége esetleges hibái, egyenletlenségei.

Tervezési szabályok a fogkapcsolódás okozta testhang csökkentésére:

- az érintkezési idő növelése,
- ferde fogazású fogaskerek használata,
- a fogak számának növelése,
- megfelelő minőségű fogaskerek (egyenletes, pontos fogazat) alkalmazása,
- lehetőségekhez mérten műanyagok használata.

(A fenti hangforrások mellett további szempontokat adhatnak a mágneses terekkel és a testek tehetetlenségével, a tömegek gyorsításával kapcsolatos megfontolások, amelyekre itt nem térünk ki. Ezekkel kapcsolatban az MSZ EN ISO 11688-1:2009 5.3. fejezete tartalmaz információkat.)

### 11.2.3. Zajátvitel

---

#### Léghangátvitel

A gép egyes részeiben keletkező léghang a környezetbe kerülhet. Az ilyen átvitel csökkentésére szolgálnak a következő, visszaverődésen és elnyelésen alapuló megoldások:

- akusztikai tokozás,
- akusztikai árnyékolás,
- hangtompítók,
- hangelnyelés.

Az akusztikai tokok tervezési szabályai:

- a zajforrások teljes körbeburkolása, beleértve a kis réseket, nyílásokat is,
- a tok külső héjának szilárd, hangszigetelő anyagból való készítése,
- a belső oldalra hangelnyelő anyag helyezése,
- a technológiaileg szükséges nyílásoknál (pl. szellőzés, kábelátvezetések, anyagtovábbítás, stb.) hangtompítók alkalmazása,
- a tok és a gép közötti merev kapcsolatok kerülése, a rögzítési pontok számának minimalizálása,
- egyes részegységek önálló tokozása.

A zajárnyékolók jellemzően kevésbé hatékonyak, de egy korlátozott területen, tipikusan a kezelőhelyen megfelelő zajcsökkenést eredményezhetnek.

A zajárnyékolók tervezési szabályai:

- az árnyékolásra szilárd, hangszigetelő lemezek használata,
- zajárnyékolók alkalmazása a kezelő helyén,
- a zajárnyékoló ellátása a gép felőli oldalán hangelnyelő burkolattal.

A hangtompítók célja a léghang átvitelének megakadályozása a nyílásokon keresztül. Ezek lehetnek elnyelő (porózus anyaggal bélelt csatorna) vagy visszaverő (hirtelen keresztmetszetcsökkenésű cső) típusúak.

A hangtompítók tervezési szabályai:

- széles sávú zajokhoz elnyelő, kisfrekvenciás zajokhoz visszaverő típusú hangtompító alkalmazása,
- az elnyelő típusú hangtompítóban az áramló közeg sebességének korlátozása max. 20 m/s-ra,
- az összenyomott levegő kivezető nyílásainál tágulási hangtompítók alkalmazása.

### Folyadékhang-átvitel

A folyadékhang-átvitel általában csövekben és csatornáknál fordul elő. A tömlők a folyadékhangot csökkentik, de a növelik a léghangot.

Tervezési szabályok a folyadékhang-átvitel csökkentésére:

- visszaverődés érdekében a rendszer végeinél a cső vagy a tömlő keresztmetszetének változtatása,
- csövek és tömlők kombinációjának alkalmazása;
- hangtompítók alkalmazása.

### Testhangátvitel

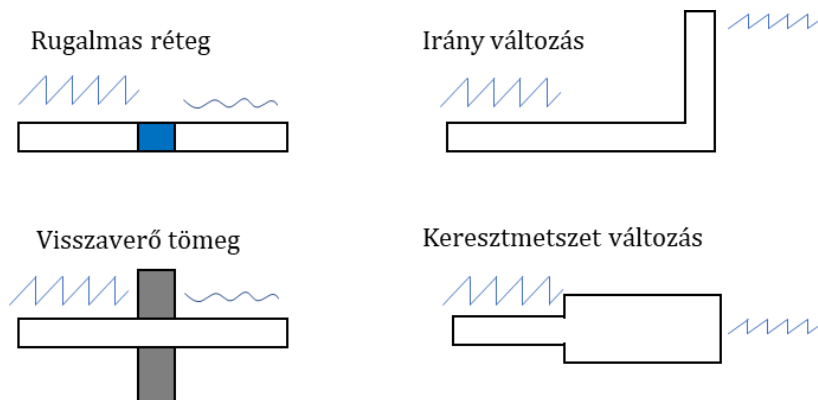
A testhangátvitelt a forrásoktól a lesugárzó felületekig az átvivő szerkezet tömegének, merevségének és csillapításának változtatásával lehet befolyásolni.

Két alapvető intézkedés jöhet szóba:

- rezgésszigetelés,
- csillapítás,

A rezgésszigetelés megvalósítása történhet:

- a forrás szigetelésével,
- az átviteli út folytonosságának megszakításával (lsd. lenti ábra),
- a külső burkolószervezet elszigetelésével a gép többi részétől (akusztikai tok),



11.3. ábra – A testhang visszaverődése a szerkezet folytonossági hiányainál [45]

A rezgésszigetelés tervezési szabályai a testhangátvitel csökkentésére:

- rugalmas elemek vagy rétegek alkalmazása,
- megfelelő merevségű és tömegű alapozás alkalmazása.

#### 11.2.4. Zajsugárzás

##### A nyílások léghangsugárzása

A bemenő vagy a kimenő nyílások a tipikus helyei a léghang kisugárzásának, amikor a zaj jellemzően irányítással rendelkezik (például egy cső végénél annak tengelye mentén eredményez nagy hangnyomásszintet). Az ilyen nyílások geometriájának, irányának módosításával elérhető, hogy a zaj egyes irányokban csökkenjen.

Tervezési szabályok a léghangsugárzás csökkentésére:

- a nyílások kedvező oldalra helyezése, irányuk meghatározása,
- a nyílásoknál hangtompító vagy zajárnyékoló alkalmazása.

## Testhangsugárzás

A gép felületéről sugárzott hangenergia függ a felület alakjától, rugalmasságától, a tömegtől és a csillapítástól. Előnyös az érintett géprészeket a lehető legkisebb méretűre kialakítani, mivel a kis méretek és a nagy merevség, de maga a tömeg is csökkenti a zajlesugárzást.

Tervezési szabályok a testhangsugárzás csökkentésére:

- a sugárzó felület csökkentése,
- a meghatározó frekvenciákon kis sugárzási hatásfokú burkolat alkalmazása,
- vékony lemezek alkalmazása vastag lemezek helyett,
- perforált lemezek alkalmazása,
- csillapító, rugalmas rétegekkel rendelkező burkolatok alkalmazása.

### 11.2.5. A befejező vizsgálatok

---

A befejező vizsgálatok célja a gépen elért zajcsökkentés mértékének az igazolása.

A gépek hangteljesítményszintjének mérési módszereit nemzetközi szabványok tartalmazzák (például EN ISO 3744, EN ISO 3745, EN ISO 3746, EN ISO 3747).

A befejező vizsgálatok során a gépet

- a hozzá tartozó tartozékokkal együtt kell működtetni,
- a működési előírásoknak megfelelő üzemállapotban kell működtetni,
- el kell szigetelni az egyéb potenciálisan zajkeltő berendezésektől, vagy azokat a vizsgálat idejére ki kell iktatni.

A vizsgálatok eredményeit a konkrét berendezésre vonatkozó jogszabályok és szabványok előírásainak megfelelően kell dokumentálni, ami egyes esetekben kimerülhet a felhasználói dokumentációban szereplő adatközlésben, de más esetekben akár bejelentett szervezet által kiadott típusvizsgálati jegyzőkönyv vagy típusvizsgálati tanúsítvány is szükséges lehet.

### 11.3.Egyéb speciális kockázatok és vonatkozó szabványok

Számos további jellegzetes kockázat létezik, amely több technológiában is jelen van. Ezeket jellemzően „B” típusú szabványok kezelik, amelyekből a konkrétabb „C” típusú szabványok további pontosításokat és részleteket tartalmazhatnak. Ezekre a témákra a következő általános jellegű szabványok adnak részletes útmutatást:

*11.3. táblázat: Speciális kockázatok és vonatkozó szabványok*

Ssz.	Téma	Főbb vonatkozó harmonizált szabványok
1.	Ergonómia	EN 614-x és EN 1005-x szabványcsaládok, EN ISO 14738
2.	Magas vagy alacsony hőmérsékletek	EN ISO 13732-1; EN ISO 13732-3
3.	Kezelőállások és kezelőhidak	EN ISO 14122-2
4.	Lépcsők, lépcsőfokos létrák és védőkorlátok	EN ISO 14122-3
5.	Rögzített létrák	EN ISO 14122-4
6.	Higiénia	EN ISO 14159, EN 1672-2
7.	Gépek tűzvédelme	EN ISO 19353
8.	Veszélyes anyagok kijutásának megelőzése	EN ISO 14123-1
9.	Sugárzások elleni védelem	EN 12198-x szabványcsalád, EN ISO 11553-1
10.	Rezgésmegelőzés	EN 1299:1997 + A1:2008

## 12. Biztonsági vizsgálatok

---

Az ipari gépek életciklusa, tehát a tervezésüktől a kivonásukig terjedő időszakban a biztonsági vizsgálatokkal kapcsolatban több jogszabály is ad követelményeket. A forgalomba hozatalhoz vagy az első üzembe helyezéshez szükséges megfelelőségértékelési eljárásban is, majd az üzemeltetés során a munkavédelmi-jellegű feladatok során is kiemelt szerepe van ezeknek.

A következő esetekben mindig kell a biztonsági vizsgálatok kérdésével foglalkozni:

- tervezés-gyártás időszakában a tervek, vagy a prototípus ellenőrzése, jóváhagyása,
- forgalomba hozatal v. üzembe helyezés előtt a teljeskörű megfelelőségi vizsgálat (egyedi gépvizsgálat vagy sorozatgyártás esetén típusvizsgálat) az uniós piacon a CE jelölés érdekében,
- sorozatgyártás esetén a kibocsátott példányok ellenőrzése (darabvizsgálat),
- átvételt követően a munkavédelmi szabályok szerinti előzetes, majd időszakos biztonsági vizsgálatok.

A munkavédelmi előírások is közös EU-s keretrendszerre épülnek, de számos sajátos nemzeti hatáskörbe tartozó részletszabályt tartalmaznak. Hazánkban a Munkavédelmi törvény és további munkavédelmi tárgyú rendeletek szabályozzák ezt a területet. Az ezekben meghatározott legfontosabb vizsgálati feladatok a következők:

- előzetes biztonsági vizsgálat (1993. évi XCIII. tv., 21. §),
- időszakos biztonsági felülvizsgálat (1993. évi XCIII. tv., 23. §),
- soron kívüli vizsgálat (1993. évi XCIII. tv., 23. §),
- biztonsági ellenőrző felülvizsgálat (10/2016. (IV. 5.) NGM r., 17. §),
- időszakos biztonsági ellenőrző felülvizsgálat (10/2016. (IV. 5.) NGM r., 18.§)

Ezek mellett további jogszabályok is tartalmaznak biztonsági-jellegű vizsgálati feladatokat egyes speciális területekre vagy eszközökre vonatkozóan (pl. villamos biztonság, robbanásveszélyes technológiák, gázpalackok...) és további célvizsgálatokra is szükség lehet az üzemeltetők vagy egyéb érdekeltek egyedi igényei alapján (pl. balesetek kivizsgálásakor, balesetet kiváltó ok meghatározásakor, jogviták rendezése érdekében vagy akár piacfelügyeleti eljárások során...)

A biztonsági vizsgálatoknak számos közös vonása van, függetlenül attól, hogy pontosan milyen előírás miatt is kerül rájuk sor. A lényeg minden esetben az, hogy az adott berendezés biztonságáról, vagy a biztonságának valamely aspektusáról (pl. villamos biztonság...) kell véleményt alkotni a vonatkozó biztonsági szabályok alapján.

A kérdés az, hogy mik is ezek a biztonsági szabályok és milyen módon kell ezt az értékelési feladatot elvégezni?

A biztonsági szabályok alapvetően két objektív forrásból származhatnak:

- EU-s és hazai jogszabályokból,
- szabványokból.

A CE jelölés érdekében lényegében minden esetben a vonatkozó európai harmonizált szabványok tartalmazzák a gépekre vonatkozó biztonsági előírásokat és a vizsgálati eljárásokat is.

A munkavédelmi szabályok esetében ennél árnyaltabb a kép, mivel pl. a 10/2016. (IV. 5.) NGM rendelet tartalmaz konkrét biztonsági előírásokat, de a Munkavédelmi törvény értelmében a magyar nyelvű munkavédelmi tárgyú szabványok is munkavédelmi szabálynak tekintendők, amelyek jelentős része tartalmaz konkrétan a gépekre vonatkozó biztonsági előírásokat. És ezek nagy része a CE jelölés érdekében is alkalmazandó harmonizált szabványok magyar nyelvű kiadásai, tehát sok esetben ugyan azok a munkabiztonsági vizsgálati követelmények, mint amelyeket a CE jelöléssel kapcsolatban kell elvégezni, de mellettük figyelembe kell venni esetleg további nemzeti szabványokat is.

A biztonsági vizsgálatok jellemzően komplex feladatot jelentenek, ezek tipikusan a következő részfeladatokból állnak:

- Szemrevételezés (és egyéb érzékszervi vizsgálatok),
- Működési próbák (kiemelten üzemmódonként a biztonsági funkciók lepróbálása),
- Dokumentáció ellenőrzés (kapcsolási rajzok, felhasználói dokumentáció, programkódok...),
- Műszeres mérések,
- A vezérlőrendszer biztonsággal összefüggő részeinek validálása.

Ki a felelős az egyes biztonsági vizsgálatok elvégzéséért?

A gépek CE jelölésével kapcsolatban egyértelműen a gyártót, vagy a gyártói felelősséggel rendelkező gazdasági szereplőt terheli ez a felelősség:

*A gyártó felelős azért, hogy a termék tervezése és gyártása a vonatkozó uniós harmonizációs jogszabályokban megállapított alapvető vagy egyéb jogi követelményekkel összhangban történjen, valamint hogy megfeleltetésértékelésére az uniós harmonizációs jogszabályokban előírt eljárás(ok)nak megfelelően kerüljön sor.*

*Az általános szabály az, hogy a gyártó a termék forgalomba hozatalakor minden szükséges intézkedést megtesz annak biztosítására, hogy a gyártási folyamat garantálja a termék megfelelőségét (95), és elvégzi különösen az alábbiakat:*

*1.a vonatkozó uniós harmonizációs jogszabályban előírt eljárás(ok) alapján elvégzi vagy elvégezteti a megfeleltetésértékelést. .... A gyártó minden esetben teljes felelősséggel tartozik a termék megfelelőségéért. [38]*

Az „A modul”, tehát a belső gyártásellenőrzés szerinti megfeleltetésértékelési eljárásra kötelezett berendezések esetén a gyártó feladata elvégezni vagy elvégeztetni el az összes szükséges ellenőrzést és vizsgálatot, valamint gondoskodni arról, hogy a készített (minőségügyi) feljegyzések – mint például vizsgálati jelentések és vizsgálati adatok, kalibrációs információk– pedig alkalmasak legyenek az alkalmazandó alapvető követelmények teljesítésének igazolására.

A gyártó mellett a 768/2008/EK határozat értelmében az importőr is érintett lehet a biztonsági vizsgálatok elvégzésében:

*Továbbá egyes uniós harmonizációs jogszabályok értelmében az importőr a gyártóhoz hasonlóan kötelezhető arra, hogy elvégezze vagy elvégeztesse a forgalmazott termékek mintáinak vizsgálatát. [39]*

Több gépből vagy részben kész gépből összeállított gépegyüttesek, mint például robotrendszerek esetén az ezeket összeépítő, integráló feladata megvizsgálni a részben kész gépek, a többi eszköz és a gépegyüttes közötti kapcsolatokról eredő esetleges kockázatokat, teljesíteni az ezekre együttesen, mint komplex gépre vonatkozó követelményeket. Ennek része természetesen például a robotrendszerekre, vagy az integrált gyártórendszerekre vonatkozó vizsgálati feladatok elvégzése is.

Fontos megjegyezni, hogy a vizsgálatok jelentős része a berendezések normál működési állapotában, energetizálva, akár a termékekkel együtt végezhető csak el a telepítésük helyszínén. Ilyenkor fontos kiegészítő biztonsági intézkedéseket hozni a

vizsgálat környezetével, ott tartózkodó személyekkel kapcsolatban, hiszen a vizsgálat megkezdésekor még nem igazolt a gép megfelelő, biztonságos állapota!

A biztonsági vizsgálatok során a már fenn említett szemrevételezés, funkció próbák és dokumentum ellenőrzés mellett a következő mérési feladatok általában nem elkerülhetők:

- Biztonsági távolságok, résméretetek,
- Hozzáférési és kezelőhelyek geometriája és antropometriai méretei,
- Védővezető folytonosság,
- Hurokimpedancia,
- ÁVK kioldási áram, kioldási idő,
- Szigetelési ellenállás,
- Maradék feszültség,
- Szivárgó áram,
- Teljes leállási idő, utánfutás,
- Zaj (hangnyomás szint),
- Megvilágítás,
- Erő, Nyomaték.

A következőkben csak szemléltetési célból röviden felsorolunk néhány biztonsági vizsgálati feladatot a gépek CE jelölésével kapcsolatban.

## Gépek villamos szerkezeteivel kapcsolatos vizsgálatok - példa [32]

A gépek villamos szerkezeteivel kapcsolatban minden esetben elvégzendő vizsgálatok:


- A villamos szerkezet és a műszaki dokumentáció egyezősége.
- Az önműködő leválasztás védelmi feltételei, ha a közvetlen érintés elleni védelmet a táphálózat önműködő leválasztásával oldják meg (ÉV összekötő áramkör folytonossága és zárlati hurokimpedancia).
- Működési vizsgálatok.

Egyes esetekben elvégzendő további vizsgálatok:

- Szigetelési ellenállás mérés.
- Feszültség próba.
- Maradék feszültség elleni védelem.

A vizsgálatok részletes leírását az MSZ EN 60204-1:2019 szabvány 18. fejezete tartalmazza.

A következő jegyzőkönyv minta szemlélteti a védő összekötő áramkör folytonosságának igazoló ellenőrzés dokumentálási lehetőségét.

		SUMMARY REPORT - ANNEX 3.x. ÖSSZEFOGLALÓ JELENTÉS – 3.x. MELLÉKLET						
		TEST REPORT <b>MSZ EN 60204-1:2019</b>						
		Equipment: Berendezés:	Date: Dátum:	Project: Projekt:	Assessor: Felülvizsgáló:			
<b>T18/1: Automatic disconnection</b> Önműködő leválasztás								
<b>Pass: P</b> Megfelelt		<b>Fail: F</b> Nem felelt meg		<b>Not Applicable: NA</b> Nem alkalmazható		<b>Comment: C</b> Megjegyzés		<b>Cannot be tested: ?</b> Nem vizsgálható
Nr.	Measuring point Mérési pont	Measured voltage Mért feszültség	Overcurrent protection device Túláramvédelmi eszköz		PE continuity Védővezető folytonosság	Loop impedance – measured Hurokimpedancia – mért	Loop impedance – permissible value Hurokimpedancia – megengedett	Verdict Minősítés
		[V]	Type	[A]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	
1.								
2.								

12.1. ábra – Védő összekötő áramkör folytonosság vizsgálati jegyzőkönyv [40]


## Robotrendszerek esetén elvégzendő vizsgálatok [34]

A robotrendszergyártónak vagy az integrátornak el kell végeznie a robotrendszerre vonatkozó tervezés és kialakítás verifikálását és validálását.

Az alkalmazandó eljárások a következők lehetnek az EN ISO 10218-2 szerint:

- A - Szemrevételezés
- B- Működési próba
- C - Mérések
- D - Megfigyelés működés közben
- E - Villamos kapcsolási, műszaki rajzok, leírások
- F - Biztonsággal összefüggő szoftver dokumentációja
- G - Kockázat értékelés vizsgálata
- H - Kiépítés, rajzok vizsgálata
- I - Használati információk, specifikációk vizsgálata

Az ipari robotrendszerekre vonatkozó szabvány követelmény pontonként tartalmazza, hogy az adott követelmény teljesülését a fenti módszerek közül melyikek alkalmazásával kell vizsgálni. A következő jegyzőkönyv minta szemlélteti a vizsgálati követelmények megadási módját és a vizsgálat dokumentálási lehetőségét.

		SUMMARY REPORT - ANNEX 3.x. ÖSSZEFOGLALÓ JELENTÉS – 3.x. MELLÉKLET									
		TEST REPORT <b>MSZ EN ISO 10218-2:2011</b>									
		Equipment: Berendezés:	Date: Dátum:		Project: Projekt:		Assessor: Felülvizsgáló:				
Pass: <b>P</b> Megfelelt		Fail: <b>F</b> Nem felelt meg		Not Applicable: <b>NA</b> Nem alkalmazható		Comment: <b>C</b> Megjegyzés		Can not be tested: <b>?</b> Nem vizsgálható			
Clause Szakasz	Means of verification of the safety requirements and measures Biztonsági követelmények és/vagy intézkedések	Verification / validation methods Ellenőrzési / igazoló módszer									Verdict/Comment Minősítés/Megjegyz.
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	
5.2.	<b>Safety-related control system performance (hardware/software)</b> Biztonsággal kapcsolatos vezérlőrendszer-teljesítmény (hardver/szoftver)										
5.2.1.	Statement of performance capabilities and data and criteria to determine the performance in information for use. Teljesítőképesség, adat és kritérium megállapítások a teljesítmény meghatározásához a használati útmutatóban.	<input type="checkbox"/>	-	-	-	-	-	-	-	<input type="checkbox"/>	
5.2.2.	Performance is PL=d, structure category 3. Teljesítményszint PL=d, 3-as felépítési kategória.	-	-	-	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-	-	<input type="checkbox"/>	
5.2.2.	Performance is SIL 2, hardware fault tolerance 1 with proof test interval not less than 20 years. A teljesítményszint SIL2, hardver hibatolerancia 1 igazolt vizsgálati intervallummal, ami nem kisebb, mint 20 év.	-	-	-	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-	-	<input type="checkbox"/>	

12.2. ábra – Robotrendszerek vizsgálati jegyzőkönyve – minta [40]

### Vezető nélküli targoncák (AGV-k) vizsgálata személyek észlelésére [37]:

A biztonsági funkciók tesztelésekor olyan vizsgálati feltételeket kell biztosítani, hogy más funkciók ne befolyásolják a vizsgálat eredményeit (pl. lassító mezők, amelyek lelassítják a targoncát, mielőtt a megállási mező aktiválódik). A targoncákat a legrosszabb állapotokban (például terhelve, lejtőn, kanyarban, előre, hátrafelé) kell vizsgálni.

A vizsgálatot a gyártó által meghatározott névleges kapacitás legalább 110 %-val terhelve kell elvégezni a legnagyobb sebességgel minden személyészlelési eszköznél és a gyártó által meghatározott beállításnál (például több mezőben).

Két típusú vizsgálatot kell a személyek észlelésével kapcsolatban elvégezni:

- „A” teszt

Egy 200 mm átmérőjű és 600 mm hosszúságú hengeres próbadarabot kell több pozícióban vízszintesen a padlóra/talajra helyezni, merőlegesen a targonca haladási irányára. A targoncának meg kell közelítenie a próbadarabot, és meg kell állnia mielőtt a próbadarab és a targonca merev részei vagy tervezett terhelése érintkezésbe lépne.

Érintőműködtetésű érzékelési eszközök esetén a próbadarabot a padlóhoz/földhöz kell rögzíteni, hogy érintkezéskor ne mozduljon el, és a próbadarabra ható működtető erő nem haladhatja meg a 750 N-t.


- „B” teszt

Egy 70 mm átmérőjű és 400 mm hosszúságú hengeres próbadarab helyettesíti az előző vizsgálatban leírt próbadarabot. A próbadarabot függőlegesen kell beállítani.

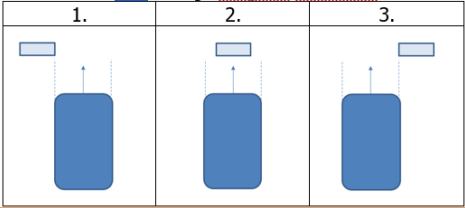
A targoncának meg kell közelítenie a próbadarabot, és meg kell állnia mielőtt a próbadarab és a targonca merev részei vagy tervezett terhelése érintkezésbe lépne. Ezt a vizsgálatot háromszor meg kell ismételni, egyszer az észlelési zóna középvonalánál és egyszer mindkét végén.

Érintőműködtetésű érzékelési eszközök esetén a próbadarabot a padlóhoz/földhöz kell rögzíteni, hogy érintkezéskor ne mozduljon el, és a próbadarabra ható működtető erő nem haladhatja meg a 250 N-t. A statikus erő nem haladhatja meg a 400 N-t.

A következő jegyzőkönyv minta szemlélteti a vizsgálati követelmények megadási módját és a vizsgálat dokumentálási lehetőségét.

	SUMMARY REPORT <u>Annex 3.1.</u> ÖSSZEFOGLALÓ JELENTÉS 3.1. Melléklet				
	TEST REPORT <b>MSZ EN ISO 3691-4:2020</b>				
	<b>Equipment:</b> Berendezés:	AGV-X	<b>Date:</b> Dátum:	2022.xx.xx.	<b>Project:</b> Projekt:
				<b>Project coordinator:</b> Projekt koordinátor:	Berencsi Bence

<b>T5/1: Tests for detection of persons – Test A</b> <u>Vizsgálatok személyek észlelésére – Teszt A</u> <b>Test arrange</b> <u>Vizsgálati elrendezés:</u>				
				
<b>Pass: P</b> <u>Megfelelt</u>	<b>Fail: F</b> <u>Nem felelt meg</u>	<b>Not Applicable: NA</b> <u>Nem alkalmazható</u>	<b>Comment: C</b> <u>Megjegyzés</u>	<b>Cannot be tested: ?</b> <u>Nem vizsgálható</u>

Nr.	AGV type <u>AGV típus</u>	Test arrange <sup>1</sup> and conditions <u>Vizsgálati elrendezés<sup>1</sup> és körülmények</u>	Verdict <u>Minősítés</u>
1.	AGV-A	1-es elrendezés, <u>egyenes</u> , 50 m/min	P
2.	AGV-B	2-es elrendezés, <u>egyenes</u> , 50 m/min	P

12.3. ábra – AGV-k személyészlelési vizsgálati jegyzőkönyve – minta [41]

## 13. Kidolgozott mintapéldák

---

Ebben a fejezetben egy – egy mintapéldát mutatunk be pneumatikus hajtások, villamos hatások és hidraulikus hajtások biztonsági funkcióinak megtervezésére és kiértékelésére ISO 13849—szabvány szerint. A feladatok a következő részekből állnak:

- feladat bemutatás,
- kapcsolási rajzok,
- biztonsági funkciók,
- biztonsági funkciók blokk vázlata,
- funkcionális leírás,
- tervezési jellemzők,
- a meghibásodás valószínűségének kiszámítása,
- biztonsági funkciók SR paramétereinek táblázatos összefoglalása,
- SISTEMA report.

Bemutatásra kerül egy komplex mintafeladat is. Ennél a feladatnál kitérünk a következőkre:

- a berendezés bemutatása,
- a gép határainak meghatározása,
- a veszélyek azonosítása,
- kockázatbecslés,
- beépített tervezői biztonság,
- szükséges biztonsági funkciók,
- a szükséges  $PL_r$  teljesítményszint meghatározása,
- biztonsági funkciók megvalósítása,
- kapcsolási rajzok,
- a meghibásodás valószínűségének kiszámítása,
- funkcionális leírása,
- biztonsági funkciók blokk diagramjai,
- biztonsági funkciók SR paramétereinek táblázatos összefoglalása,
- SISTEMA report,
- kiegészítő védőintézkedések.

## 13.1. Pneumatikus működtetésű összeszerelő berendezés, Kategória 1. PL b

---

### Feladat bemutatása

A képen látható műanyag alkatrészek egymásba illesztése egy pneumatikus működtetésű berendezéssel valósul meg. A műanyag alkatrészek összeszereléséhez szükséges erő  $F = 100 \text{ N}$ , amelyet akár kézzel is el lehet érni, de ergonómiai okokból a feladatot pneumatikus munkahengerrel végezzük. A munkadarabok összeszereléséhez alkalmazott sebesség  $50 \text{ mm/s}$ . A berendezést a kezelő kezének védelme érdekében helyhez kötő kétkezes indítót alkalmazunk. A berendezést napi 8 órában, évi 220 munkanap használják 30 másodperces ciklusidővel.



13.1. ábra: Műanyag alkatrészek összeszerelése

### Szükséges biztonsági funkció

Jelen példában csak a kétkezes vezérlés biztonsági funkciót tárgyaljuk (THC).

SF1 - A kezelő kezének ellenőrzött elhelyezése a veszélyes zónán kívül veszélyes mozgás során. (SDI biztonságos mozgásirány)

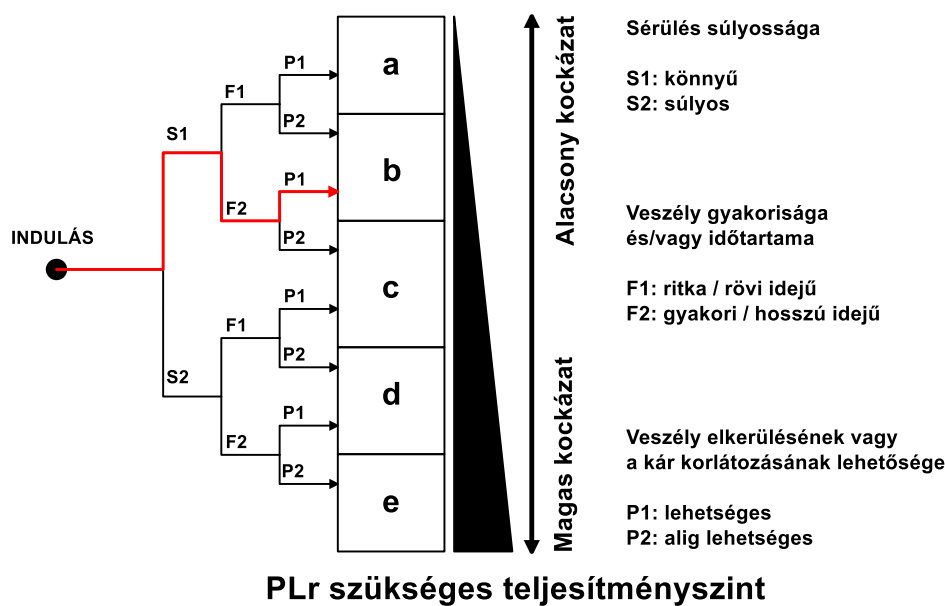
### A szükséges PL<sub>r</sub> teljesítményszint meghatározása

A PL<sub>r</sub>-t minden biztonsági funkcióhoz meg kell határozni. Ha elemezzük azokat a helyzeteket, amelyekben a biztonsági funkciót használják, az S, F és P kockázati paraméterek értékelése SF1 esetében:

S1 – könnyű, a kis erő miatt

F2 – folyamatos jelenlét a veszélyzónában;

P2 – a veszélyes helyzet elkerülése lehetséges a lassú mozgás miatt



13.2. ábra: A szükséges teljesítményszint meghatározása

### Kiegészítő védőintézkedések

A következő intézkedésekre van szükség:

1. Vészleállítás. A vészleállítást jelen mintapéldában nem tárgyaljuk.

### Biztonsági funkciók megvalósítása

Ahol a működtetés kétkezes vezérlés formájában történik, ez a biztonsági funkció a következőképpen írható le: amikor az S1 és S2 nyomógombok közül legalább az egyiket elengedik, a munkahenger veszélyes mozgása megáll, és a munkahenger visszaáll kiinduló helyzetbe (SDI al biztonsági funkció). Az újraindítás mindaddig akadályozva van, amíg mindkét nyomógombot el nem engedik, és a kétkezes vezérlés új ciklust nem kezdeményez. A kezelő kezeinek ellenőrzött helyzete két nyomógomb segítségével érhető el, amelyeket egyidejűleg kell működtetni a veszélyes mozgáshoz, az összeszereléshez.

### Kétkezes indítók

A kétkezes indító mindig csak egy személy számára nyújt védelmet! Több kezelő esetén minden kezelőnek kétkezes indítót kell működtetnie. A veszélyes mozgás csak a kétkezes indító tudatos, két kézzel történő működtetésével indítható el, és annak azonnal le kell állnia, ha valamelyik kéz elengedi a berendezést. Kétkezes indítók követelményei: ISO 13851 (B típusú szabvány) foglalja össze.

Különböző típusú kétkezes berendezések léteznek. A megkülönböztető jellemzők a kezelőelemek kialakítása, valamint a vezérléstechnikai követelmények. Az alábbi alapelvek azonban az összes típusra érvényesek:

- Biztosítani kell mindkét kéz használatát.
- A két kezelőelem bármelyikének elengedésekor a veszélyes mozgás leáll.
- A véletlen működtetést meg kell akadályozni.
- A védőhatás egyszerű megkerülése nem lehetséges.
- Nem nyílhat rá mód, hogy a kétkezes berendezést bevigyék a veszélyzónába.

A II. és III. típusú kétkezes berendezésekre vonatkozó szabály:

- Az újbóli mozgás elindítása csak a két kezelőelem elengedése, majd újbóli megnyomása után történhet.

Ezenkívül a III. típusú kétkezes berendezésekre vonatkozó szabály:

- A mozgás elindítása csak akkor történhet, ha a két kezelőelemet 0,5 másodpercen belül szinkronban nyomják meg. [14]

### Gép működésének leírása:

A pneumatikus préhenger mozgását egy 5/2 -es útszelep (VSPA-B-M52-M-A2) vezérli. Ez a szelep felel a prés indításáért és a nem várt elindulások megakadályozásáért egyaránt. A gyártó által megadott biztonság szempontjából releváns adatok: [50]

Jellemző	Érték
Well-tried component	Yes
Service-life value B10	10 Mio SP
Design characteristics	Mechanical spring return
lap	overlap

Az indítógombok (SV-3-M5) pneumatikus működésűek. A gyártó által megadott biztonság szempontjából releváns adatok: [50]

Jellemző	Érték
Well-tried component	Yes
Service-life value B10	10 Mio SP
lap	overlap

A kétkezes indítást egy tisztán pneumatikus kétkezes indítótömb (ZSB-1/8-B) vezérli. A gyártó által megadott biztonság szempontjából releváns adatok: [50]

Jellemző	Érték
Well-tried component	Yes
CE mark (see declaration of conformity)	To EU Machinery Directive
Safety function2)	Two-hand control
Performance Level	Two-hand control / Category 1, Performance Level c
Certificate issuing authority	IFA 1201046
Mean number of annual operations nop (assumed)	200.000
Probability of Failure per Hour (PFH)	$1,14 \cdot 10^{-6}$
Service-life value B <sub>10</sub>	1 Mio SP
Design characteristics	Mechanical spring return Poppet valve Positive overlap
Shock resistance	Shock test with severity level 2 in accordance with FN 942017-5 and EN 60068-2-27

A gyártó ajánlása alapján a nyomógombok elé elhelyezésre kerül egy nyomáskapcsoló (VD-3-PK-3). Ennek oka, hogy a pneumatikus kétkezes vezérlőtomb hagyományos tartályos időzítőt tartalmaz a 0,5 másodperces indítási nyomógomb eltérés ellenőrzésére. Ennek a megfelelő működéshez minimum 4 bar nyomásra szüksége van, különben megváltozhat az időtartam.

A prérshenger mozgása csak a kivezrlés irányába veszélyes, a konstrukció kialakítása olyan, hogy az alaphelyzetbe állás nem rejt semmilyen kockázatot. A kétkezes indítógombok elengedése után a henger alaphelyzetbe áll.

### **Tervezési jellemzők:**

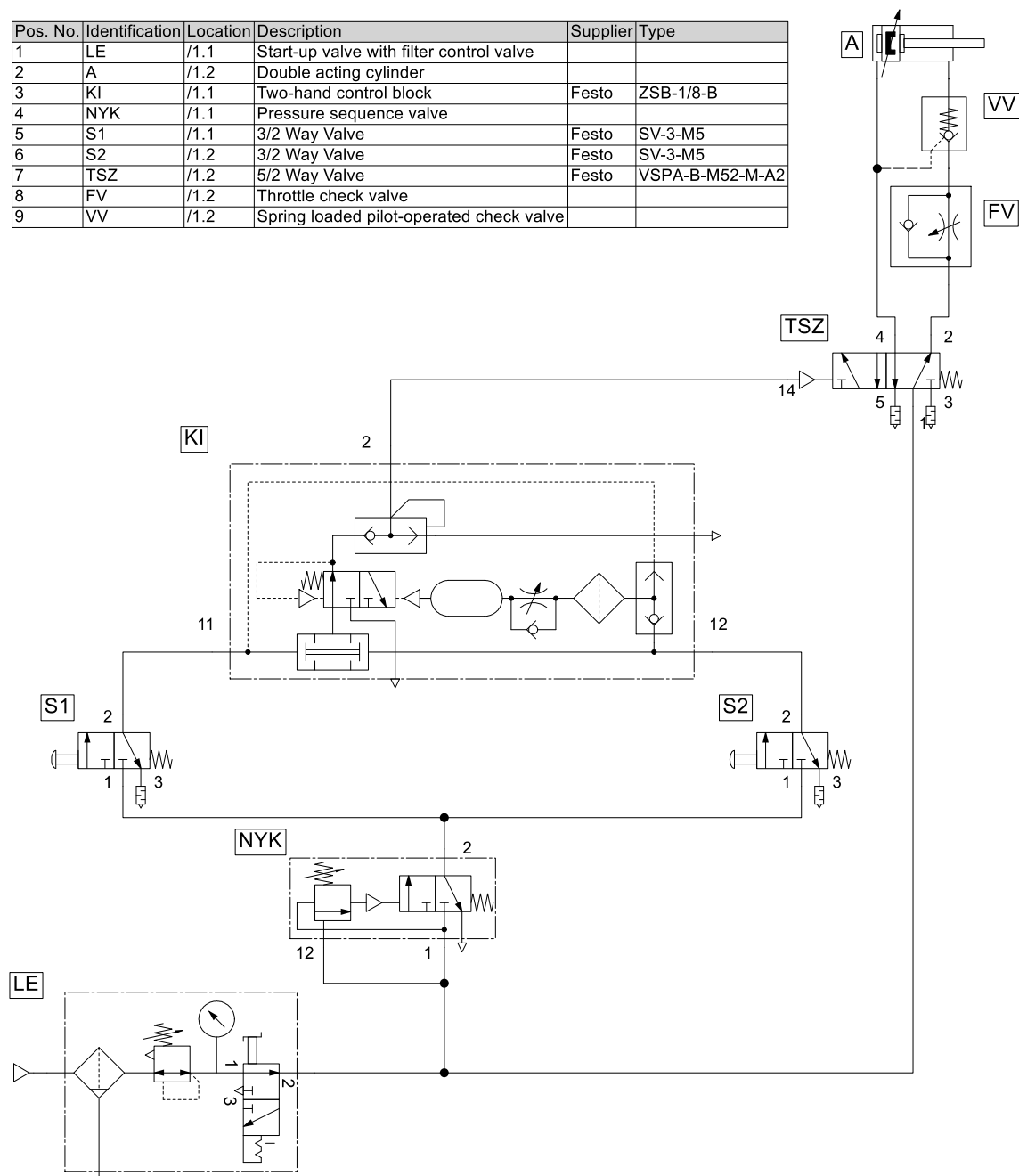
A veszélyes mozgásokat egy csatornán (5/2 útszelep) keresztül működtetjük. A szelep esetleges meghibásodása a biztonsági funkció elvesztéséhez vezet. Az esetlegesen bekövetkező hiba nem felismerhető. Vezérlési architektúra: Kategória 1 teljesül.

A szelep „jól bevált” több esetben alkalmazott építőelem magas élettartammal. A szelep alaphelyzetbe állását mechanikus rugó biztosítja, amely jól ellenáll a fárasztó igénybevételeknek.

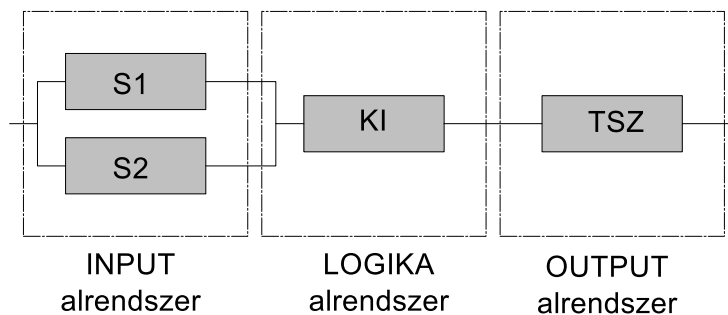
A kétkezes indítás vezérlőtomb (ZSB 1/8-B) FESTO biztonsági elem. A kétkezes indításvezérlő tomb lehetővé teszi a vezérlő jel kiadását a két különálló nyomógombos szelep két kézzel történő egyidejű (szimultán) működtetésével.

A biztonságot meghatározó pozíciót a vezérlő jel (kétkezes indítógombok) elengedése jelenti.

Pos. No.	Identification	Location	Description	Supplier	Type
1	LE	/1.1	Start-up valve with filter control valve		
2	A	/1.2	Double acting cylinder		
3	KI	/1.1	Two-hand control block	Festo	ZSB-1/8-B
4	NYK	/1.1	Pressure sequence valve		
5	S1	/1.1	3/2 Way Valve	Festo	SV-3-M5
6	S2	/1.2	3/2 Way Valve	Festo	SV-3-M5
7	TSZ	/1.2	5/2 Way Valve	Festo	VSPA-B-M52-M-A2
8	FV	/1.2	Throttle check valve		
9	VV	/1.2	Spring loaded pilot-operated check valve		



13.3. ábra: Az összeszerelő berendezés pneumatikus kapcsolása



13.4. ábra: a Kétkezes vezérlés biztonsági funkció blokk diagramja

### A meghibásodás valószínűségének kiszámítása

A meghibásodás valószínűségének meghatározásához szükség van az üzemeltetési paraméterekre. Ez évi 220 munkanap, napi 8 munkaóra és 30 másodperces ciklusidő,  $n_{op}$  évi 211 200 ciklus. Az elemek B10d értékeit a gyártó adja meg [GY].

$$n_{op} = \frac{h_{op} \times d_{op} \times 3600}{t_{ciklus}} = \frac{8 \times 220 \times 3600}{30} = 211\,200 \text{ ciklus/év}$$

### A nyomógombos alrendszer MTTFd értékének számítása:

$$MTTFd_{S1} = \frac{B_{10d}}{0,1 \times n_{op}} = \frac{20000000}{0,1 \times 211200} = 947 \text{ év}$$

$$MTTFd_{S2} = \frac{B_{10d}}{0,1 \times n_{op}} = \frac{20000000}{0,1 \times 211200} = 947 \text{ év}$$

Az alkatrész működési ideje  $T_{10d}$ -re van korlátozva, az átlagos idő, amíg az alkatrészek 10%-a veszélyesen meghibásodik:

$$T_{10d\_S1} = \frac{B_{10d}}{n_{op}} = \frac{20000000}{211200} = 94,7 \text{ év}$$

$$T_{10d\_S2} = \frac{B_{10d}}{n_{op}} = \frac{20000000}{211200} = 94,7 \text{ év}$$

A teljes csatorna eredő MTTFd értékét a csatornát alkotó elemek MTTFdi értékeiből kell számítani a következő összefüggéssel:

$$\frac{1}{MTTF_d} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{MTTF_{di}} = \frac{1}{947} + \frac{1}{947} = 0,002111 \rightarrow MTTF_d = 473 \text{ (100 év magas)}$$

Mivel a csatornák MTTFd értékét 100 évben maximalizálja az ISO 13849-1 szabvány.

A szelepek a gyártói adatlap alapján „jól bevált” elemek, teljesülnek az 1. kategória követelményei. Az alrendszer PL értéke c.

### A kétkézes indító alrendszer MTTFd értékének számítása:

$$MTTFd_{KI} = \frac{B_{10d}}{0,1 \times n_{op}} = \frac{2000000}{0,1 \times 211200} = 94,7 \text{ év (magas)}$$

Az alkatrész működési ideje  $T_{10d}$ -re van korlátozva, az átlagos idő, amíg az alkatrészek 10%-a veszélyesen meghibásodik:

$$T_{10d\_KI} = \frac{B_{10d}}{n_{op}} = \frac{2000000}{211200} = 9,47 \text{ év !}$$

A kijelölt architektúrák esetében a szokásos 20 éves használati idő feltételezhető. Ennek a blokknak a T10d ideje 9,5 év, ami ez alatt az érték alatt van. Gondoskodjon arról, hogy ezt a blokkot időben cseréljék!

Az alrendszer PL értéke c.

**A teljesítmény szelep alrendszer MTTFd értékének számítása:**

$$MTTFd_{TSZ} = \frac{B_{10d}}{0,1 \times n_{op}} = \frac{2000000}{0,1 \times 211200} = 947 \text{ év (100 év magas)}$$

Az alkatrész működési ideje T<sub>10d</sub>-re van korlátozva, az átlagos idő, amíg az alkatrészek 10%-a veszélyesen meghibásodik:

$$T_{10d\_TSZ} = \frac{B_{10d}}{n_{op}} = \frac{2000000}{211200} = 94,7 \text{ év}$$

A szelep a gyártói adatlap alapján „jól bevált” elem, teljesülnek az 1. kategória követelményei. Az alrendszer PL értéke c.

### Egyszerűsített eljárás

Ez az eljárás az egyes PFH<sub>d</sub> értékek ismerete nélkül is számos alkalmazáshoz használható, segítségével kellő pontossággal megbecsülhető a teljes PL. Ha ismerjük az egyes részrendszerek PL értékét, akkor az alábbi táblázat segítségével meghatározható a biztonsági funkció által elért, összesített PL.

Határozzuk meg a biztonsági funkció legalacsonyabb PL értékű részrendszerének, ill. a alrendszereinek PL értékét: PL (alacsony), majd határozzuk meg a PL (alacsony) értékű alrendszerek számát: N (alacsony).

**13.1. táblázat**  
**PL számítása soros elrendezésű SRP/CS-ek esetén [2]**

PLalacsony	Nalacsony	⇒	PL
a	> 3	⇒	Nincs, nem engedélyezett
	≤ 3	⇒	a
b	> 2	⇒	a
	≤ 2	⇒	b
<b>c</b>	<b>&gt; 2</b>	<b>⇒</b>	<b>b</b>
	≤ 2	⇒	c
d	> 3	⇒	c
	≤ 3	⇒	d
e	> 3	⇒	d
	≤ 3	⇒	e

**13.2. táblázat: SF2 - A kezelő kezének ellenőrzött elhelyezése a veszélyes zónán kívül veszélyes mozgás során. Biztonsági funkció táblázatos összefoglalása**

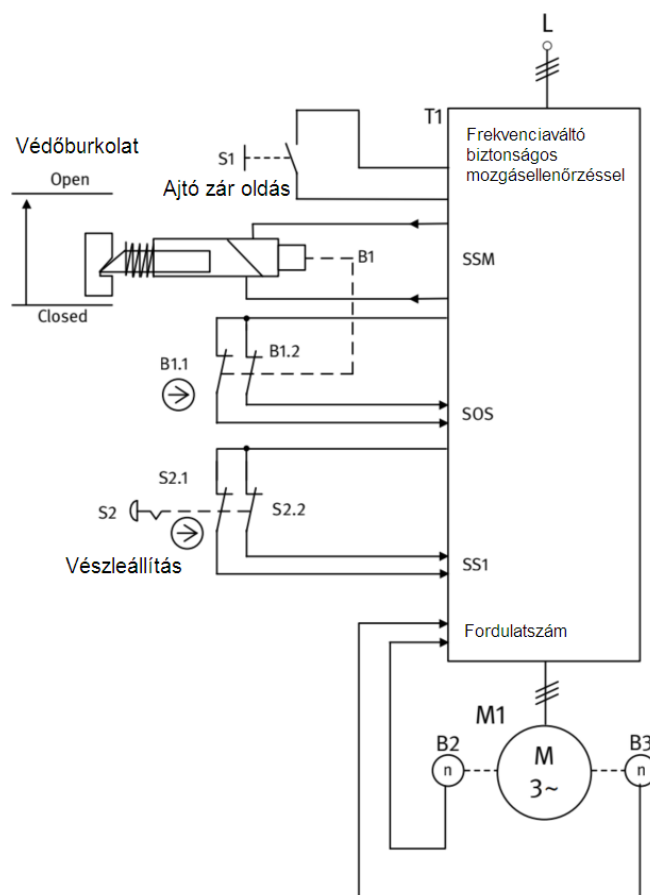
Érzékelő alrendszer (INPUT)						
Megnevezés	B10d	MTTFd	DC	CCF	Kategória	PL
S1 blokk (BL)	20 000 000 [GY]	947 év	-	-	-	-
S2 blokk (BL)	20 000 000 [GY]	947 év	-	-	-	-
Nyomógombos alrendszer (SB)		100 év	-	-	1.	c
Kiértékelő alrendszer (LOGIKA)						
Megnevezés	B10d	MTTFd	DC	CCF	Kategória	PL
Kétkezes indító alrendszer (SB)	2 000 000 [GY]	94,7 év	-	-	1.	c [GY]
Végrehajtó alrendszer (OUTPUT)						
Megnevezés	B10d	MTTFd	DC	CCF	Kategória	PL
TSZ szelep (BL)	20 000 000 [GY]	947 év	99%	-	-	-
Teljesítményszelep alrendszer (SB)		100 év	99%		1.	c
SF1 biztonsági funkció (SF)						b

A mintafeladat a SISTEMA program segítségével lett kiértékelve.

## 13.2.Frekvenciaváltós villamos hajtásvezérlés, integrált biztonságos mozgásellenőrzéssel, Kategória 3. PL d

### A berendezés bemutatása

Ebben a mintapéldában egy frekvenciaváltós villamos hajtást mutatunk be. A mintában egy biztonsági funkciókkal integrált frekvenciaváltót alkalmazunk. Az integrált biztonsági funkciók: SS1, SOS, SSM.



13.5. ábra: Frekvenciaváltó biztonságos mozgásellenőrzéssel [7]

### Biztonsági funkciók

- SF 1: Biztonságos működési leállítás (SOS) a védőburkolat kioldásakor
- SF 2: A védőburkolat zár kioldása álló helyzetben (SSM)
- SF 3: A vészleállító működtetése szabályozott leállításhoz (SS1) vezet

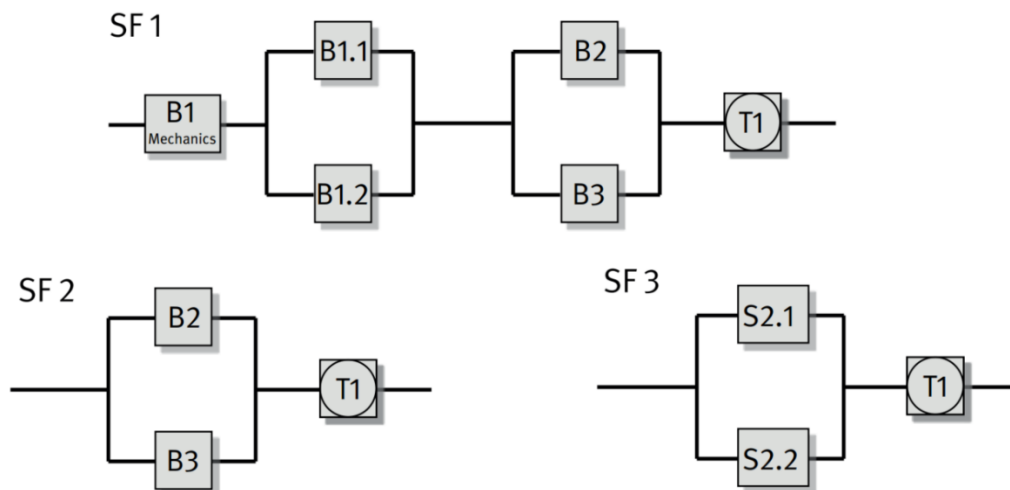
## Funkcionális leírás

A védőburkolat feloldása az S1 nyomógomb megnyomásával lehetséges. Emiatt a T1 frekvenciaváltó nullára csökkenti a hajtás fordulatszámát. A védőburkolat kinyitása csak álló hajtás mellett lehetséges. (Majdnem) nulla motorfordulatszámánál a frekvenciaváltó az SSM biztonsági alfunkciót (safe speed monitoring) használja, hogy biztonságos kimeneti jelet generáljon a B1 védőrögzítő eszközben lévő reteszelő mechanizmus kioldásához.

A védőburkolat kioldását a B1.1 és B1.2 helyzetkapcsolók érzékelik. Ekkor a T1 frekvenciaváltóban aktiválódik az SOS (biztonságos üzemi leállás) biztonsági alfunkció.

Amikor az S2 vészleállító berendezést a motor mozgása közben működtetik, a hajtást a lehető leggyorsabban leállítja az SS1 (biztonságos leállítás 1 a lassítási rámpa figyelésével, SS1-r).

Ahol a védőberendezés mögül a veszélyes zónák megközelíthetők, nyugtázást (kézi visszaállítást) kell biztosítani, amely akkor lép működésbe, ha a veszélyes zóna kiürült és a biztonsági védőburkolat bezárult. A veszélyzónának a nyugtázási pontról láthatónak kell lennie.



13.6. ábra: Biztonsággal kapcsolatos blokkdiagramok a frekvenciaváltós villamos hajtáshoz [7]

## Tervezési jellemzők

A T1 frekvenciaváltó integrált SOS, SS1-r, SSM és STO biztonsági alegységekkel rendelkezik (STO-t ebben a példában nem használjuk).

Vegye figyelembe, hogy az SS1-r funkcióval a rendelkezésre álló fékezőnyomaték csökkenhet a frekvenciaváltó meghibásodása esetén.

A két B2 és B3 forgójeladót úgy kell felszerelni, hogy kizárjuk mindkettő egyidejű meghibásodását egyetlen hiba következtében (pl. jeladó tengelytörése).

A sebességet ebben a példában két jeladó (B2 és B3) érzékeli kétcsatornás elrendezésben. Az alkalmazott frekvenciaváltótól és a megvalósítandó biztonsági funkciótól függően előfordulhat, hogy a második jeladóra nincs szükség. Egyes esetekben szenzor nélküli működés is lehetséges. A frekvenciaváltó gyártója által a forgójeladók használatára vonatkozó követelményeket be kell tartani.

Az elektromos tápvezetékekben előforduló kereszt- és rövidzárlatokat az ISO 13849-2 szabvány D.4. táblázata szerint kell figyelembe venni. A hibákat amint előfordulnak, a rendszer észleli, és biztonságos állapotba kerül. Alternatív megoldásként a vezetékeket úgy kell elhelyezni, hogy a kereszt- és rövidzárlatok hibakizárása lehetséges legyen.

A védőburkolat biztonsági (B1) zár szerkezettel ellátott. A veszélyes mozgáshoz való hozzáférés a mozgás leállításáig (SF2) le van tiltva. A biztonsági védőburkolatot egy elektromágnes rugó előfeszítésű csap formájában kialakított reteszelő mechanizmus tartja zárva: ez megakadályozza, hogy az indítószerkezet kihúzódjon a kapcsolófejből, amíg a nyitó elektromágnesét nem működtetik. A gyártó szerint a biztonsági ajtózár megakadályozza a véletlen reteszelési helyzet felvételét. A motor váratlan indítása a nyitott biztonsági védőburkolat mellett megakadályozható, mivel a véletlen zárt helyzet felvételének megakadályozása, megakadályozza a B1.1 és B1.2 érintkezők zárását, kivéve, ha a biztonsági burkolat zárva van és a zárral ellátott védőburkolat zárt helyzetben van (SF 2).

### A meghibásodás valószínűségének kiszámítása

A B1.1 és B1.2 közvetlenül nyitható érintkezők a védőrögzítő berendezés reteszelő mechanizmusának felügyeletéhez. A védőburkolatot 300 másodpercenként működtetik, napi 16 órában és évi 240 munkanappal. A védőburkolat reteszelő mechanizmusának véletlen reteszelési helyzet felvétele elleni védelmével együtt ez azt eredményezi, hogy a védőburkolat zárt helyzetét is észleli. A B1.1 és a B1.2 esetében egyenként 2 000 000 [S] működési ciklusból álló B10d érték feltételezhető. Évi 46 080 ciklus mellett az MTTFD egyenként 434 év.

A védőrögzítő szerkezet mechanikai alkatrészeinél a hiba kizárása feltételezhető, beleértve a reteszelőszerkezet mechanikai meghibásodását is, feltéve, hogy a következő feltételek teljesülnek:

- A használati utasításban leírtaknak betartása mellett használat, különösen a szerelési útmutatónak és a műszaki adatoknak (pl. működtetési sugár, működtetési sebesség).
- A védőburkolat zárszerkezetre ható statikus erők kisebbek, mint az adatlapon feltüntetett reteszelőerő.
- Nem lépnek fel dinamikus erők, mivel az áram nem folyik át a nyitó szolenoidon, amíg a védőajtó be nem záródik.
- A készülék nem használható mechanikus ütközőként.
- A hajtómű úgy van felszerelve, hogy ne lehessen eltávolítani.
- Rendszeres karbantartás.
- Az összes rögzítési és funkcionális elem megfelelő mechanikai szilárdsága.
- Az ajtó leejtése nem vezet ahhoz, hogy a hajtómű a gyártó által megadott tartományon kívülre kerüljön.
- Az előre látható külső hatások (pl. szennyeződés és por behatolása, mechanikai ütés) által okozott károkat a szerelés módja megakadályozza, vagy a használati körülmények miatt nem szükséges ezzel számolni.

A hiba kizárását a gyártónak meg kell erősítenie.

Az IEC 60947-5-5 termékszabványnak megfelelően kialakított S2 vészleállító eszköz minden érintkezőjére 100 000 működési ciklus [S] B10d értéket feltételezünk. Évente 30 műveletnél az egyes csatornák MTTFd-je 33 333 év. Az MTTFD kontaktonkénti 100 évre való korlátozása miatt az S2 vészleállító eszköz eredő PFHd értéke  $4,3 \cdot 10^{-8}$  óránként.

A B2 és B3 forgójeladók ugyanarra a tengelyre vannak felszerelve. Ezek hagyományos jeladók impulzuskimenettel. A jelek kiértékelése a frekvenciaváltón belül történik. A gyártó 50 éves MTTFd-t ír elő a kódolókra.

A biztonságos mozgásfelügyelettel rendelkező T1 frekvenciaváltó a következő integrált biztonsági részfunkciókkal rendelkezik:

- Biztonságos nyomaték ki (STO)
- Biztonságos leállítás 1 rámpa figyelve (SS1-r)
- Biztonságos működési leállítás (SOS)
- Biztonságos sebességfigyelés (SSM)

A gyártó  $5 \cdot 10^{-8}$  óránként [M] PFH-t ad meg a biztonsági részfunkciókra külön-külön és kombinálva.

A T1 frekvenciaváltó által végzett keresztfelügyeletnek köszönhetően a B2 és B3 forgójeladók mindegyike 90%-os DC-t feltételez. A védőburkolat zár helyzetét figyelő B1.1/B1.2 érintkezők egyenáramát 99%-ra becsülik.

A B2/B3 alrendszerre vonatkozóan megfelelő intézkedéseket tesznek a közös okok miatti meghibásodások ellen (65 pont): fizikai leválasztás (15), túlfeszültség elleni védelem stb. (15), szennyeződés és elektromágneses összeférhetőség elleni védelem és környezeti feltételek elleni védelem (25 + 10).

A B1.1/B1.2 alrendszerre (70 pont) megfelelő intézkedéseket tesznek a közös okú meghibásodások ellen: fizikai leválasztás (15), túlfeszültség elleni védelem stb. (15), jól bevált alkatrészek használata (5), védelem szennyeződés és elektromágneses összeférhetőség, valamint környezeti feltételek elleni védelem (25 + 10).

A B1.1/B1.2 védőrögztítő alrendszer kielégíti a 3. és a PL e kategóriát magas MTTFd-vel (100 év) és magas egyenáramú átlaggal (99%). Ez óránként  $2,5 \cdot 10^{-8}$  PFHd-t eredményez.

A B2/B3 alrendszer kielégíti a 3. kategóriát magas MTTFD-vel (50 év) és közepes DC-vel (99%). Ez a veszélyes meghibásodás PFHd átlagos valószínűségét  $1,2 \cdot 10^{-7}$  per óra a PL d tartományban.

Az SF 1 biztonsági funkcionál „Biztonságos működési leállás (SOS) a védőburkolat kioldásakor” a kiértékelés a következő eredményt adja: a B1.1/B1.2 helyzetkapcsoló alrendszereinek kombinációja, a B2/ forgó jeladók A B3 és a T1 frekvenciaváltó a PFHd veszélyes meghibásodás átlagos valószínűségét  $2,0 \cdot 10^{-7}$  óránként. Ez kielégíti PL d teljesítményszintet.

Az SF 2 biztonsági funkcionál, „a védőburkolat kioldása álló helyzetben az SSM által” a kiértékelés a következő eredményt adja: a B2/B3 forgójeladók és a T1 frekvenciaváltó alrendszereinek kombinációja a veszélyes meghibásodás átlagos valószínűségét adja meg PFHD  $1,7 \cdot 10^{-7}$  óránként. Ez kielégíti PL d teljesítményszintet.

Az SF 3 biztonsági funkcionál „a vészleállító berendezés működtetése az SS1 szabályozott leállításához vezet” az értékelés a következő: az S2 vészleállító eszköz és a T1 frekvenciaváltó alrendszereinek kombinációja a veszélyes meghibásodás átlagos valószínűségét eredményezi PFHD  $9,3 \cdot 10^{-8}$  óránként. Ez PL e-re számít. Mivel azonban a frekvenciaváltó csak PL d-ig használható, az SF 3 eredmény PL d.

**13.3. táblázat: SF1 – Biztonságos működési leállítás (SOS) a védőburkolat kioldásakor**  
**Biztonsági funkció táblázatos összefoglalása**

Érzékelő alrendszer (INPUT)						
Megnevezés	B10d	MTTFd	DC	CCF	Kategória	PL
B1.1 / NC blokk (BL)	2 10 <sup>6</sup> [S]	434 év	99 %	-	-	-
B1.2 / NO blokk (BL)	2 10 <sup>6</sup> [S]	434 év	99 %	-	-	-
Védőburkolat alrendszer (SB)		100 év	99%	70 pont	3.	d
Érzékelő alrendszer (INPUT)						
Megnevezés	B10d	MTTFd	DC	CCF	Kategória	PL
B2 forgó jeladó (BL)		50 év	90 %	-	-	-
B2 forgó jeladó (BL)		50 év	90 %	-	-	-
Enkoder alrendszer (SB)		50 év	90 %	65 pont	3.	d
Kiértékelő és Végrehajtó alrendszer (LOGIKA + OUTPUT)						
Megnevezés	B10d	MTTFd	DC	CCF	Kategória	PL
Biztonsági frekvencia váltó alrendszer (SB)					3.	d [GY]
SF1 biztonsági funkció (SF)						d

**13.4. táblázat: SF2 – a védőburkolat kioldása álló helyzetben az SSM által, Biztonsági funkció**  
**táblázatos összefoglalása**

Érzékelő alrendszer (INPUT)						
Megnevezés	B10d	MTTFd	DC	CCF	Kategória	PL
B2 forgó jeladó (BL)		50 év	90 %	-	-	-
B2 forgó jeladó (BL)		50 év	90 %	-	-	-
Enkoder alrendszer (SB)		50 év	90 %	65 pont	3.	d
Kiértékelő és Végrehajtó alrendszer (LOGIKA + OUTPUT)						
Megnevezés	B10d	MTTFd	DC	CCF	Kategória	PL
Biztonsági frekvencia váltó alrendszer (SB)					3.	d [GY]
SF2 biztonsági funkció (SF)						d

**13.5. táblázat: SF3 – vészleállító berendezés működtetése az SS1 szabályozott leállítás, Biztonsági funkció táblázatos összefoglalása**

Érzékelő alrendszer (INPUT)						
Megnevezés	B10d	MTTFd	DC	CCF	Kategória	PL
S2.1 NC (BL)	100 000	33333 év	90 %	-	-	-
S2.2 NC (BL)	100 000	33333 év	90 %	-	-	-
Vészleállító alrendszer (SB)		100 év	90 %	65 pont	3.	e
Kiértékelő és Végrehajtó alrendszer (LOGIKA + OUTPUT)						
Megnevezés	B10d	MTTFd	DC	CCF	Kategória	PL
Biztonsági frekvencia váltó alrendszer (SB)					3.	d [GY]
SF3 biztonsági funkció (SF)						d

A mintafeladat a SISTEMA program segítségével lett kiértékelve.

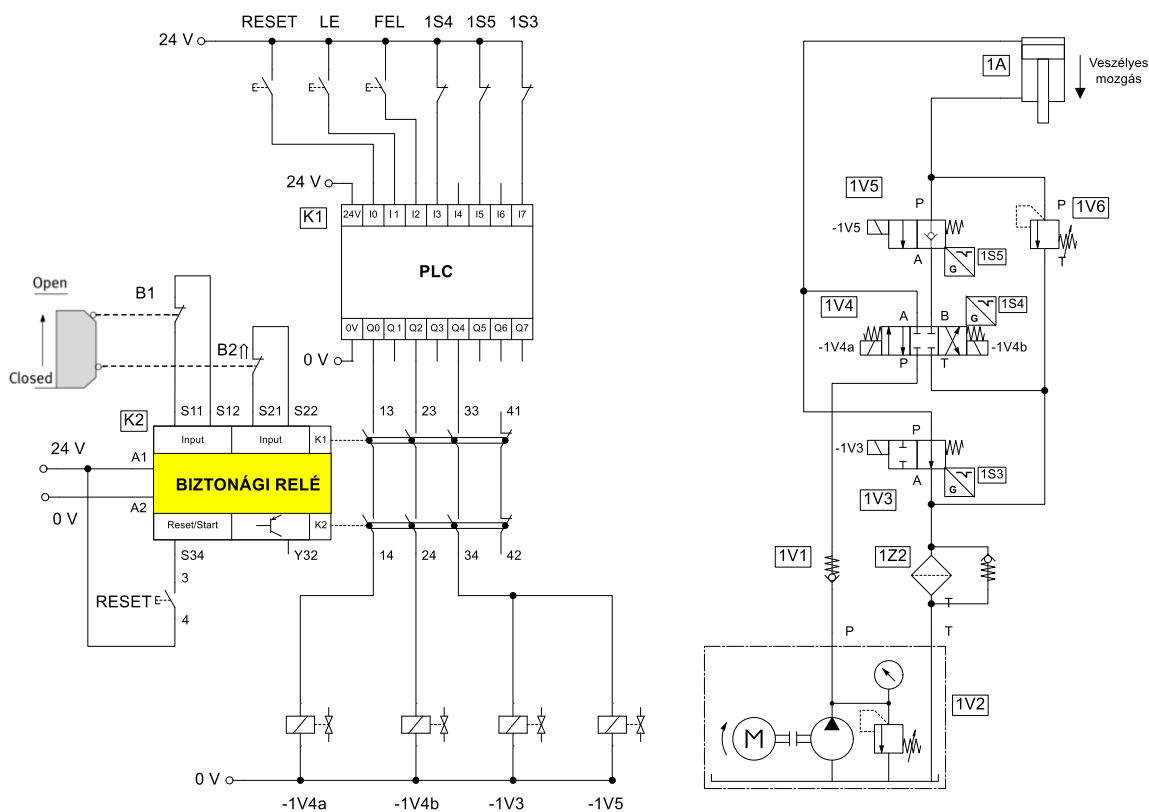
## 13.3. Elektrohidraulikus présvezérlés, Kategória 4. PL e

### A berendezés bemutatása

Ebben a mintapéldában egy hidraulikus működtetésű prés példáját mutatjuk be. A mintafeladat nem terjed ki a gép összes biztonsági funkciójára és nem tárgyaljuk a normál vezérléssel kapcsolatos részeket sem. A présekkel foglalkozó szabvány a EN ISO 16092 amelynek 3. része tárgyalja a hidraulikus működtetésű prések biztonsági követelményeit.

A mintapélda egy présvezérlést mutat be, mozgatható védőburkolat elektromos felügyeletével és a veszélyes mozgás hidraulikus leállításával. Jelen példában csak egy biztonsági funkciót tárgyalunk:

SF1: Biztonsági berendezés által kezdeményezett leállítás



13.7. ábra: Elektrohidraulikus présvezérlés

### Funkcionális leírás

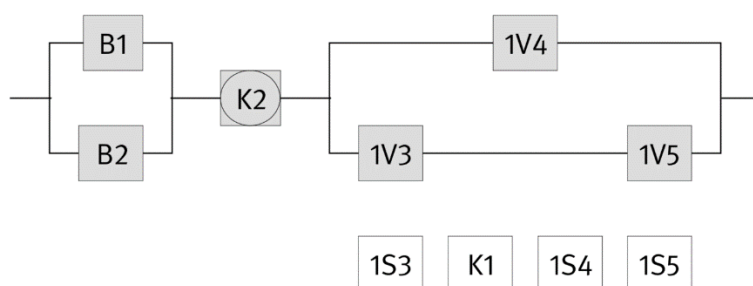
A veszélyzónát egy mozgatható védőburkolat védi, amelynek helyzetét két B1 és B2 helyzetkapcsoló érzékeli, NC/NO kombináció formájában. A jelek egy szabványos K2 biztonsági modulba kerülnek beolvasásra, amely a hidraulikus működtetők K1 vezérlő (egy hagyományos PLC) engedélyezési útvonalaiba van hurkolva. A veszélyes

mozgásokat vagy állapotokat a működtető oldalon három hidraulikus útváltó szelep (1V3, 1V4 és 1V5) vezérli. A biztonsági funkció igénye szerint minden szelepet elektromosan feszültségmentesít a K2, és a visszatérítő rugók által zárt középhelyzetbe (1V4) vagy zárt helyzetbe (1V3 és 1V5) helyezik az útváltókat. A henger dugattyú feletti végéről a tartályba történő olaj visszaáramlást az 1V4 és 1V5 szelepek egyidejűleg megszakítják. Az 1V5 egy olyan szelep, amely a térfogatáramot szivárgás nélkül zárja le. A henger mozgási irányát is szabályozó 1V4 szelep egy tolattyús típusú útváltó szelep, amely zárt középállásban is mutat bizonyos fokú szivárgást. Bár az 1V3 szelep csak közvetve vesz részt a leállítási funkcióban, negatív hatással lehet a biztonsági funkcióra. Ha az 1V3 és az 1V4 egyszerre tapad, a henger végén a dugattyú felett nyomás keletkezik, míg az alatta lévő végét 1V5 zárja le. A hengerben lévő nyomásviszony következtében ekkor az 1V6 nyomáscsökkentő szelep kinyílik és a prés munkahengere leesik.

Az egyik szelep meghibásodása nem eredményezi a biztonsági funkció elvesztését. Minden szelep ciklikusan működik.

Minden szelep fel van szerelve 1S3, 1S4 és 1S5 helyzetfigyelő berendezéssel a hibaészlelés céljából. A három szelep bármelyikének meghibásodását észleli a hagyományos PLC K1, amely megakadályozza, hogy a következő veszélyes mozgás meginduljon egy hiba után.

Egy biztonsági berendezés egyetlen meghibásodása nem eredményezi a biztonsági funkció elvesztését. Ezenkívül az egyszeri hibákat a rendszer a következő igénynél vagy azt megelőzően észleli. Az észleletlen hibák felhalmozódása nem eredményezi a biztonsági funkció elvesztését.



13.8. ábra: Az elektrohidraulikus vezérlés SF1 biztonsági funkciójának blokk vázlata [5]

### Tervezési jellemzők

- Az alapvető és jól bevált biztonsági elveket és a B kategória követelményeit be kell tartani. A 8 védőáramkörök (például érintésvédelem) meg vannak valósítva.

- A helyzetkapcsoló működtetéséhez a védőburkolat stabil elrendezése biztosított.
- A B1 kapcsoló egy közvetlen nyitóérintkezős helyzetkapcsoló az IEC 60947-5-1 szabvány K melléklete szerint.
- A K2 biztonsági modul megfelel a 4. kategória és a PL e teljesítményszintnek.
- A helyzetkapcsolók tápvezetékei külön vagy védelemmel vannak ellátva.
- A K1-hez szabványos PLC-t használnak biztonsági funkciók nélkül.
- Az 1V3, 1V4 és 1V5 szelepek zárt középhelyzettel/zárt helyzettel rendelkeznek elegendő tolattyú átfedéssel, rugóközpontú középső helyzettel/visszatéréssel és közvetlen helyzetfigyeléssel.
- A biztonságos kapcsolási helyzetet a vezérlőjel megszűnésével bármely helyzetből felveszik a szelepek.
- Az 1A hengert és a dugattyúrúd oldali csatlakozóhoz kapcsolt alkatrészeket a nyomásfokozó hatás ellen védő 1V6 nyomáscsökkentő szelep megfelel az EN 693:2001 szabvány 5.2.4.4. alpontjának követelményeinek.

### A meghibásodás valószínűségének kiszámítása

A K2 olyan alrendszernek tekinthető, amelynek meghibásodási valószínűsége óránként  $2,3 \cdot 10^{-9}$  [M]. A vezérlőrendszer fennmaradó része elektromechanikus és hidraulikus alkatrészek szerint külön-külön csoportosítva két 4. kategóriájú alrendszert alkot, amelyek meghibásodásának valószínűségét az alábbiakban számítjuk ki.

MTTFd: a közvetlen nyitási művelettel rendelkező B1 helyzetkapcsolónál a B10d  $20 \cdot 10^6$  kapcsolási ciklus [GY]. A B2 helyzetkapcsoló elektromos érintkezőjéhez a B10d 1 000 000 kapcsolási ciklus [M]. 365 munkanap, napi 16 munkaóra és 10 perces ciklusidő mellett ezeknél az alkatrészeknél a  $n_{op}$  évi 35 040 ciklus, az MTTFD pedig 5707 év a B1 és 285 a B2 esetében. Az 1V3, 1V4 és 1V5 szelepek mindegyikére 150 éves MTTFD [S] feltételezhető. Ez csatornánként 100, illetve 88 éves ("magas") MTTFd-értéket eredményez a két alrendszer esetében.

DCavg: a DC 99%-os a B1 és B2 esetében a K2 két kapcsolási állapotának megvalósíthatósági felügyeletén alapul. A két szelep 99%-os DC a kapcsolási állapotok PLC K1 általi közvetlen felügyeletén alapul. Ez 99%-os ("magas") DCavg-t eredményez a két alrendszer esetében.

Intézkedések a közös okú meghibásodások ellen (75 pont) a két alrendszer esetében: szétválasztás (15), jól bevált alkatrészek (5), FMEA (5), túlfeszültség elleni védelem stb. (15) és környezeti feltételek (25 + 10)

A vezérlőrendszer elektromechanikus és hidraulikus részei a 4. kategóriának felelnek meg magas MTTFd-vel és magas DCavg-vel (99%). Ennek eredményeként a veszélyes meghibásodás átlagos valószínűsége óránként  $1,3 \cdot 10^{-9}$  és óránként  $2,1 \cdot 10^{-8}$ . A K2-t is magában foglaló hozzáadással a teljes biztonsági funkció esetén a veszélyes meghibásodás átlagos valószínűsége PFHd  $2,5 \cdot 10^{-8}$  óránként. Ez kielégíti a PL e teljesítményszint követelményét.

**13.6. táblázat: SF1 – Biztonsági berendezés által kezdeményezett leállítás. Biztonsági funkció táblázatos összefoglalása**

Érzékelő alrendszer (INPUT)						
Megnevezés	B10d	MTTFd	DC	CCF	Kategória	PL
B1 / NC blokk (BL)	20 10 <sup>6</sup> [GY]	5707 év	99 %	-	-	-
B2 / NO blokk (BL)	1000 000 [GY]	285 év	99 %	-	-	-
Védőburkolat alrendszer (SB)		1686 év	99%	75 pont	4.	e
Kiértékelő alrendszer (LOGIKA)						
Megnevezés	B10d	MTTFd	DC	CCF	Kategória	PL
Biztonsági Relé alrendszer (SB)					4.	e [GY]
Végrehajtó alrendszer (OUTPUT)						
Megnevezés	B10d	MTTFd	DC	CCF	Kategória	PL
1V4 szelep (BL)	-	150 év [GY]	99%	-	-	-
1V3 szelep (BL)	-	150 év [GY]	99%	-	-	-
1V5 szelep (BL)	-	150 év [GY]	99%	-	-	-
Hidraulikus alrendszer (SB)		116 év	99%	75 pont	4.	e
SF1 biztonsági funkció (SF)						e

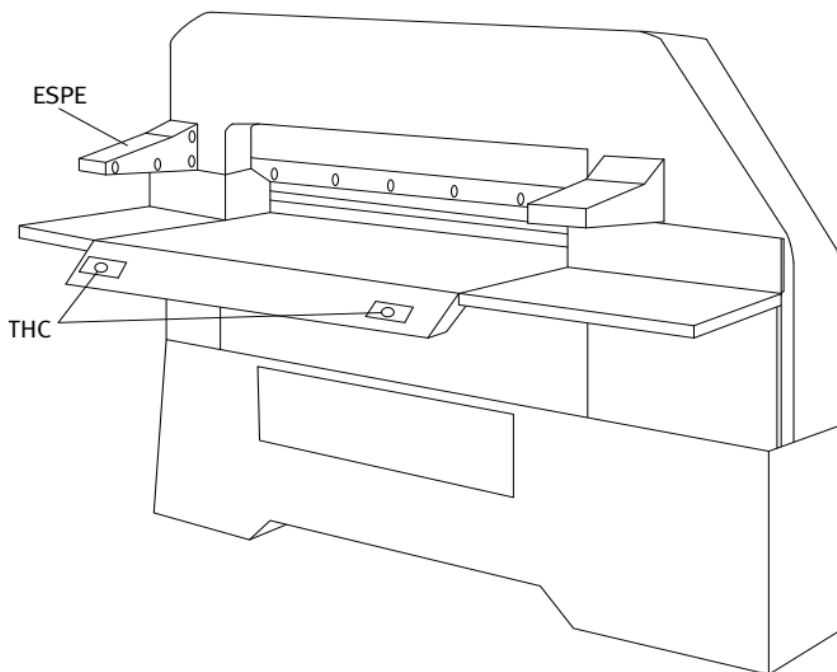
A mintafeladat a SISTEMA program segítségével lett kiértékelve.

## 13.4.Komplex mintafeladat: Hidraulikus papírvágó berendezés

### A berendezés bemutatása

A papírvágó guillotine (lásd az XX. ábrát) papírlapok vagy hasonló anyagok kötegeinek késsel történő vágására szolgál. A vágandó terméket kézzel helyezik a kés alá.

Közvetlenül a vágási művelet végrehajtása előtt egy szorító rudat nagy erővel leeresztenek a kötegre, hogy a helyén tartsa a vágás során. A kés és a szorítórúd hidraulikus hajtású.



13.9. ábra: Hidraulikus működtetésű papírvágó berendezés [5]

### A gép határainak meghatározása

#### *Térbeli határok*

Mivel a papírvágó guillotine kézi töltésű, elegendő hely szükséges a termék kezeléséhez a vágáshoz, a vágott papírköteg továbbszállításához és tárolásához, valamint a papírhulladék elhelyezéséhez, valamint elegendő hely szükséges a kezelő mozgásához.

#### *Időbeni határok*

Az alkalmazástól függően a gép körülbelül 20 évig használható. Az alkatrészek kopása meghosszabbíthatja a mozgás leállításához szükséges időt. A kopásból eredő túlfutást érzékelni kell, és a gép leállítását kell eredményeznie.

#### *Használati határok*

A gép rendeltetésszerű használata egymásra rakott papírlapok vagy hasonló anyagok vágására szolgál. A gépet egy személy manuálisan tölti. A beépítés helyétől és a gép szélességétől függően azonban nem zárható ki más személyek jelenléte a közelben.

A következő működési módok valósulnak meg:

- Kézi vágás (egyszeri vágás)
- Késcsere
- 

### A veszélyek azonosítása

- G1 – zúzás a szorítórúd által
- G2 – vágás késsel a vágási folyamat során
- G3 – vágás késsel nyugalmi helyzetben

### Kockázatbecslés

A szorítórúd dinamikus nyomóereje (G1 veszély) kellően nagy ahhoz, hogy ne csak visszafordítható zúzódásos sérüléseket, hanem csonttörést is okozzon. A G2 veszély esetében a végtagok amputációját kell feltételezni. A papírköteg kézi elhelyezése során a G3 veszély az álló késen lévő kezek vagy alkarok sérüléséhez vezethet. Ezek a sérülések azonban általában visszafordíthatók.

A kezelők veszélyeztetettsége nagyon magas, mivel a rutinmunka során rendszeresen (ciklikusan) manuálisan benyúlnak a veszélyzónába.

A szorítórúd és a kés lefelé mozgási sebessége (G1 és G2 veszélyek) nagyon magas, így a kezelőnek gyakorlatilag nincs módja a veszély elkerülésére. Amikor a kés álló helyzetben van (G3 veszély), a kezelő képes elkerülni vagy korlátozni a sérülést.

### Beépített tervezői biztonság

A szorítórúd dinamikus nyomóereje és a kés energiája nem csökkenthető, mert ez rontaná a gép működőképességét. A gép olyan elrendezése és kialakítása sem lehetséges, amely megakadályozza, hogy a kezelő a veszélyes zónába nyúljon, mivel a kezelőnek pontosan itt kell sorba állítania a papírköteget.

A következő intézkedések azonban megtehetők:

- 1.) A veszélyes zóna minden hozzáférési pontjának letakarása, kivéve a kezelői oldalon.
- 2.) Az éles szélek és sarkok elkerülése.
- 3.) A megfelelő munkahelyzet és a kezelőszervek hozzáférhetőségének biztosítása.
- 4.) A gép ergonomikus kialakítása.
- 5.) Az elektromos veszélyek elkerülése.
- 6.) A hidraulikus berendezés által jelentett veszélyek elkerülése.

- 7.) A kést és a szorítórudat vezető mechanikai alkatrészek úgy vannak összekapcsolva, hogy felső nyugalmi helyzetében a kést a szorítórúd takarja.

### Szükséges biztonsági funkciók

Mivel a különböző biztonsági funkciók túlnyomórészt ugyanazokat az alkatrészeket használhatják, a megvalósítás során minden biztonsági funkciót figyelembe kell venni. Például a kezelőoldali védelem érdekében az EN 1010-3 papírvágó guillotine-ra vonatkozó termékszabvány elektromos érzékeny védőfelszerelést (ESPE,) megkövetel az SF2 biztonsági funkcióhoz, a kétkezes vezérlés mellett (THC).

SF1 - Vész leállítási STO (biztonságos nyomaték kikapcsolva), és a váratlan indítás elkerülése

SF2 - A kezelő kezének ellenőrzött elhelyezése a veszélyes zónán kívül veszélyes mozgás során

SF3 - További személyek beavatkozásának észlelése a veszélyzónában ESPE (elektromos érzékeny védőfelszerelés) segítségével, pl. fényfüggöny és a vágási művelet azonnali megszakítása

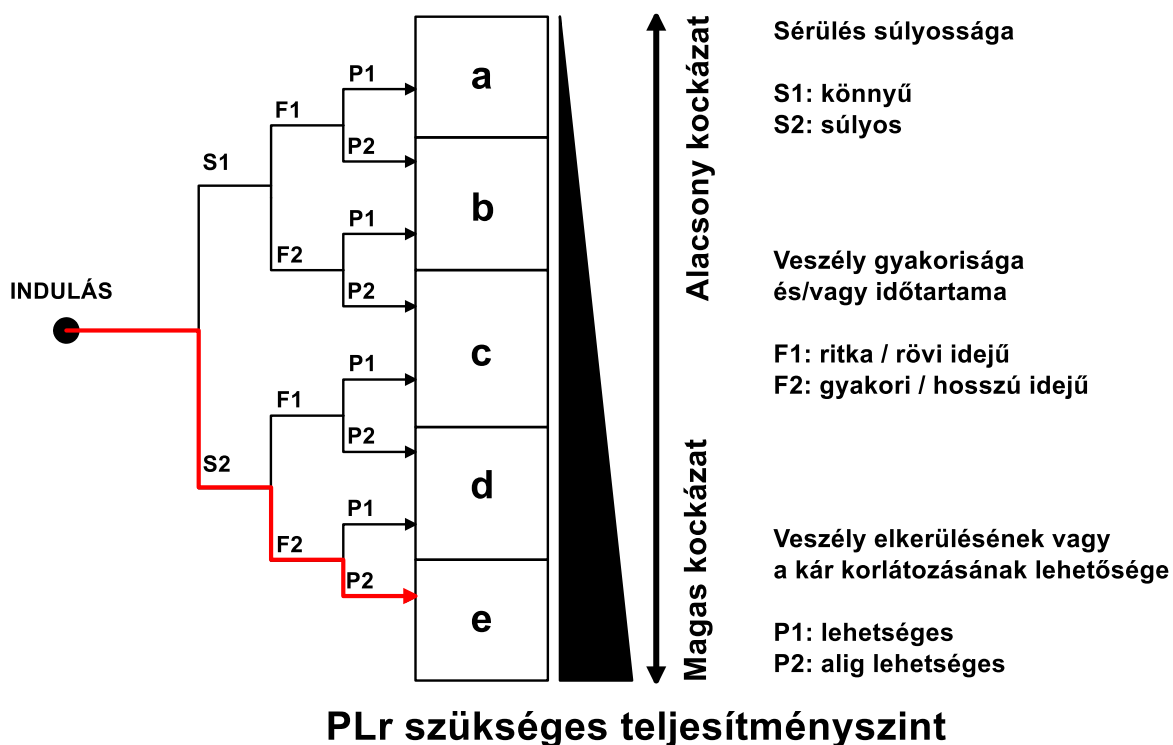
### A szükséges PL<sub>r</sub> teljesítményszint meghatározása

A PL<sub>r</sub>-t minden biztonsági funkcióhoz meg kell határozni. Ha elemezzük azokat a helyzeteket, amelyekben az egyes biztonsági funkciókat használják, az S, F és P kockázati paraméterek értékelése hasonlóan tűnik az SF1–SF6 biztonsági funkciók esetében:

S2 – súlyos, általában visszafordíthatatlan sérülés

F2 – folyamatos jelenlét a veszélyzónában; a frekvencia ezért nagyobb, mint 15 percenként

P2 – a veszélyes helyzet elkerülése gyakorlatilag lehetetlen



13.10. ábra: Kockázatbecslés, kockázati gráffal

A G3, „Kés általi vágás nyugalmi állapotban” veszély esetén a kés és a szorítórúd mechanikus összekapcsolásával megfelelő kockázatcsökkentést sikerült elérni. Biztonsági funkció nem szükséges.

### Kiegészítő védőintézkedések

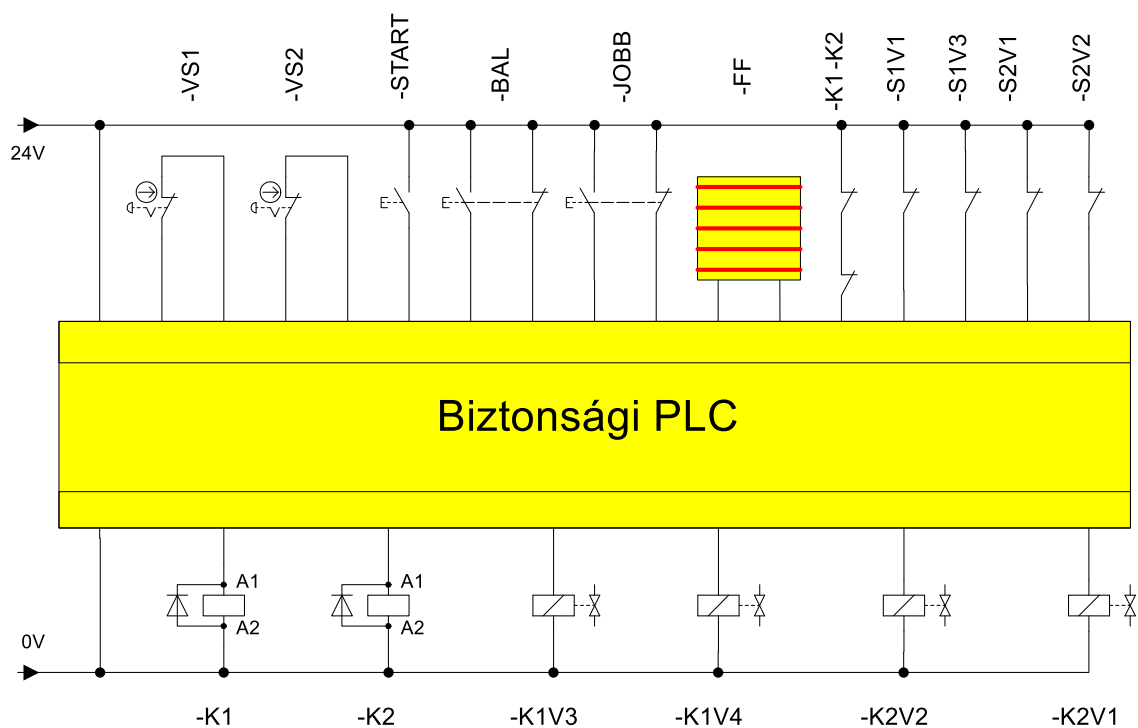
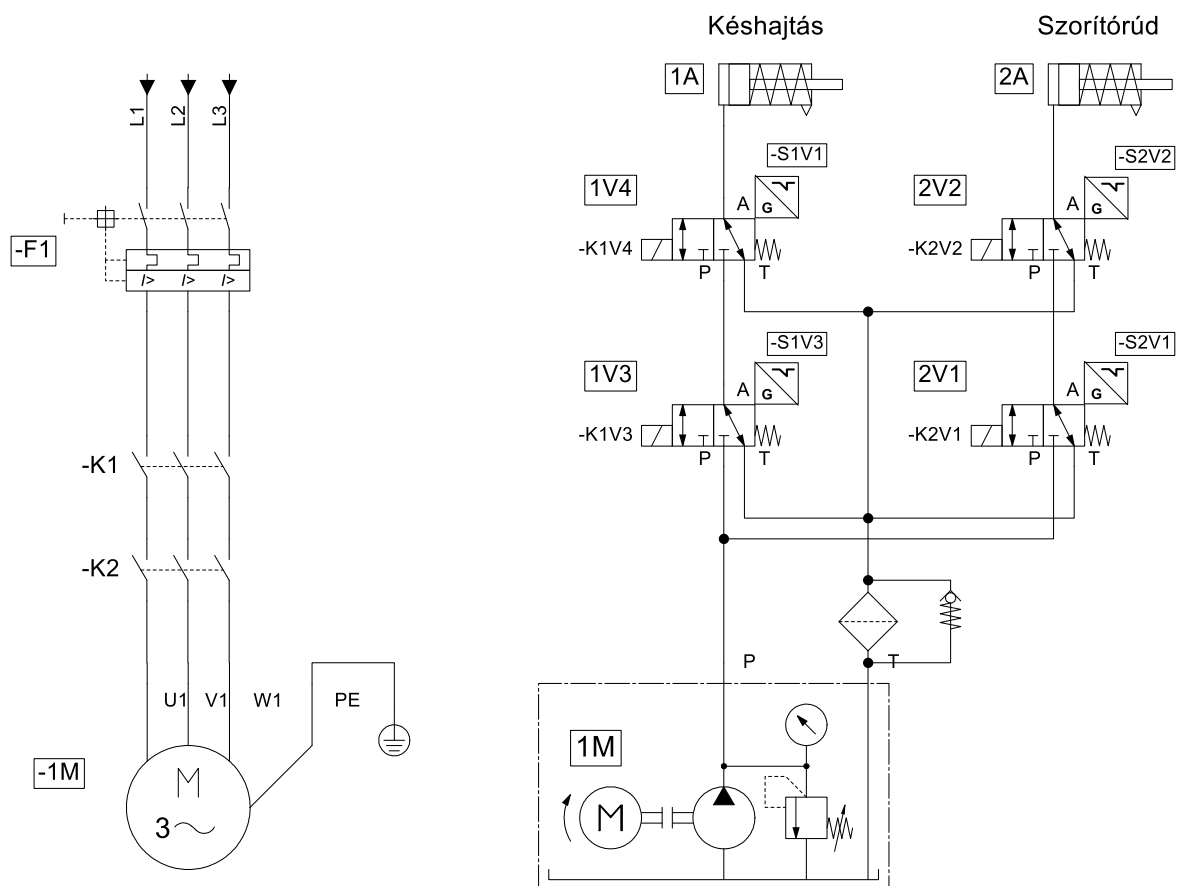
A következő intézkedésekre van szükség:

1. Vészleállítás A megfelelő biztonsági funkciók PL e értékkel már rendelkezésre állnak a gépvezérlő rendszerben, és a vészleállításhoz használatosak. Feltéve, hogy a vészleállító berendezés kétcsatornás áramkörrel rendelkezik, a vészhelyzeti leállítás ezért e PL-nek is megfelel.
2. A beszorult személy kiszabadításához a kés és a szorítórúd fordított mozgása szükséges; ezt rugóerővel érik el.

### Biztonsági funkciók megvalósítása

Ahol a működtetés kétkezes vezérlés formájában történik, ez a biztonsági funkció a következőképpen írható le: amikor az BAL és JOBB működtetőelemek közül legalább az egyiket elengedik, a szorítórúd és a kés veszélyes mozgása megszakad, és mindkét veszélyes mozgó alkatrészt (a szorítórudat és a kést) rugóerő hatására visszahelyezik kiinduló helyzetükbe. Az újraindítás mindaddig akadályozva van, amíg mindkét

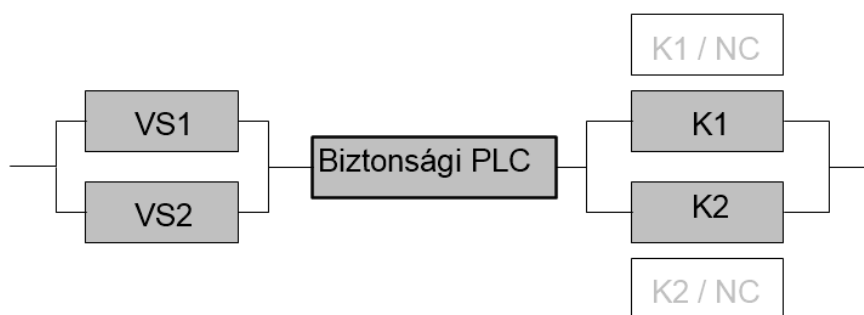
szelepmozgatót el nem engedik, és a kétkezes vezérlés új ciklust nem kezdeményez. A kezelő kezeinek ellenőrzött helyzete két működtetőelem segítségével érhető el, amelyeket egyidejűleg kell működtetni a gép. Az elektromos jelek időzítését és logikáját értelmezni kell; erre a célra egy programozható biztonsági vezérlőrendszer megfelelő megoldás, amely általában a szorítórúd és a kés mozgását is vezérli. A szükséges nagy erők miatt ezek az alkatrészek hidraulikus hajtásúak. A biztonsági funkció mindkét működtetőt – a szorítórudat és a kést – magában foglalja, mivel ugyanabban a veszélyzónában találhatók. A 13.11. ábra egy elektrohidraulikus elvi vázlatos diagramot mutat be, amely bemutatja, hogy a vezérlőrendszerek biztonsággal kapcsolatos részei hogyan valósulnak meg a gyakorlatban. Természetesen sok részletet kihagytunk az itt látható sematikus diagramból a jobb áttekinthetőség érdekében. A folyamat során a gép működéséhez szükséges vezérlőrendszer legtöbb funkcionális alkatrésze mellett bizonyos biztonsággal kapcsolatos részletek, mint például védőáramkörök (biztosítékok, EMC) és „perifériák” (tápegység, órajelek stb. a logikához) szintén kimaradtak a diagramból. Ezért figyelembe kell venni, hogy egy ilyen elvi vázlatos diagram nem minősül olyan dokumentációnak, amelyből másolatot lehetne készíteni; célja inkább a biztonságtechnika felépítésének bemutatása.



13.11. ábra: Papírvágó berendezés elektrohidraulikus rendszerének gépbiztonsági szempontból releváns része

## A vészleállítási funkcionális leírása

A gép kezelőfelületén elhelyezett vészleállító nyomógomb két bontó érintkezőt működtet. A biztonsági PLC saját jeleit kapja vissza a VS1 és VS2 bontókontaktusokon keresztül, amelyeket tesztel, bizonyos időközönként megszakít és cserélget, majd a logikán keresztül ellenőriz. A biztonsági PLC a vészleállító VS1 vagy VS2 áramkörének megszakadásakor elveszi a vezérlést a K1 és K2 kontaktortól, amelyek diagnosztizálása a saját bontó kontaktusainak visszacsatolásával valósul meg. A K1 és a K2 kontaktor a hidraulika szivattyú energia ellátását szakítja meg, kontrolálatlan, 0. kategóriájú leállítással. STO (Safe Torque Off). A biztonsági vezérlő egy gyártó által biztosított önálló teljesítményszinttel rendelkező alrendszer.



13.12.. ábra: SF1 - Vész leállítás STO (biztonságos nyomaték kikapcsolva), és a váratlan indítás elkerülése, blokkvázlat

## A meghibásodás valószínűségének kiszámítása SF1

A meghibásodás valószínűségének meghatározásához szükség van az üzemeltetési paraméterekre. Ez évi 240 munkanap, napi 8 munkaóra és 28800 másodperces ciklusidő, nop évi 240 ciklus. Az elemek B10d vagy MTTFd értékeit a gyártó adja meg [GY]. Az elemek B10d vagy MTTFd értékeit a szabvány adja meg [S].

13.7. táblázat: SF1 - Vész leállítás STO (biztonságos nyomaték kikapcsolva), és a váratlan indítás elkerülése. Biztonsági funkció táblázatos összefoglalása

Érzékelő alrendszer (INPUT)						
Megnevezés	B10d	MTTFd	DC	CCF	Kategória	PL
VS1 / NC blokk (BL)	100 000 [S]	4166 év	99 %	-	-	-
VS2 / NC blokk (BL)	100 000 [S]	4166 év	99 %	-	-	-
Vészleállító alrendszer (SB)		100 év	99%	70 pont	4.	e

folytatódik

a 13.7. táblázat folytatása

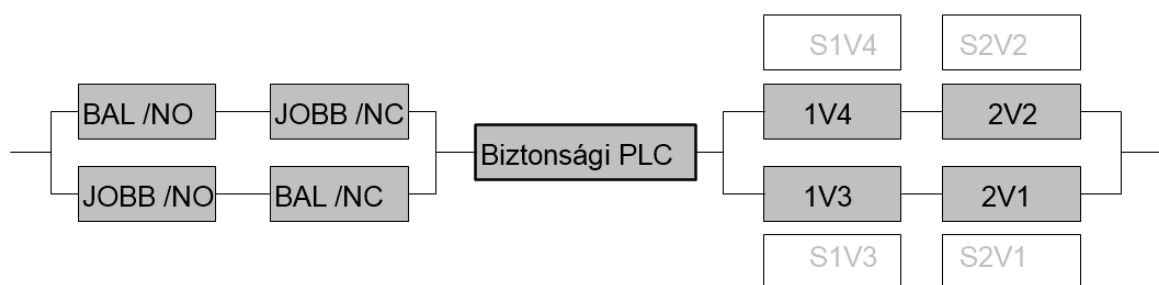
Kiértékelő alrendszer (LOGIKA)						
Megnevezés	B10d	MTTFd	DC	CCF	Kategória	PL
Biztonsági PLC alrendszer (SB)					4.	e [GY]
Végrehajtó alrendszer (OUTPUT)						
Megnevezés	B10d	MTTFd	DC	CCF	Kategória	PL
K1 kontaktor (BL)	1 369 863 [GY]	57077 év	99%	-	-	-
K2 kontaktor (BL)	1 369 863 [GY]	57077 év	99%	-	-	-
Kontaktör alrendszer (SB)		2500 év	99%	70 pont	4.	e
SF1 biztonsági funkció (SF)						e

### Kétkezes indítás funkcionális leírása

A kétkezes vezérlés BAL és JOBB működtetőinek működése elindítja a szorítórúd és a kés veszélyes mozgásait (feldolgozási ciklus). Ha a kétkezes vezérlés valamelyik működtetője elenged ebben a ciklusban, vagy a gép perifériás rendszerében a vezérlőrendszer által nem várt jelváltozás történik, a ciklus leáll, és a gép biztonságos állapotba kerül.

A BAL és JOBB nyomógombok megnyomásával a jelek felfutó élei a biztonsági PLC feldolgozó csatornáira kerülnek. Ha ezek a jelek megfelelnek az egyidejűség (500 ms) követelményeinek a vonatkozó EN 574 szabvány szerint, a két feldolgozó csatorna beállítja a kimeneteket egy érvényes vágási kérelemhez.

A hidraulikus szelepek meghibásodását a szelepekbe épített szelep kapcsolási állapot érzékelő ellenőrzi.



13.13. ábra: SF2 - A kezelő kezének ellenőrzött elhelyezése a veszélyes zónán kívül veszélyes mozgás során, blokkvázlat

## A meghibásodás valószínűségének kiszámítása SF2

A meghibásodás valószínűségének meghatározásához szükség van az üzemeltetési paraméterekre. Ez évi 240 munkanap, napi 8 munkaóra és 80 másodperces ciklusidő,  $n_{op}$  évi 86 400 ciklus. Az elemek B10d vagy MTTFd értékeit a gyártó adja meg [GY]. Az elemek B10d vagy MTTFd értékeit a szabvány adja meg [S]

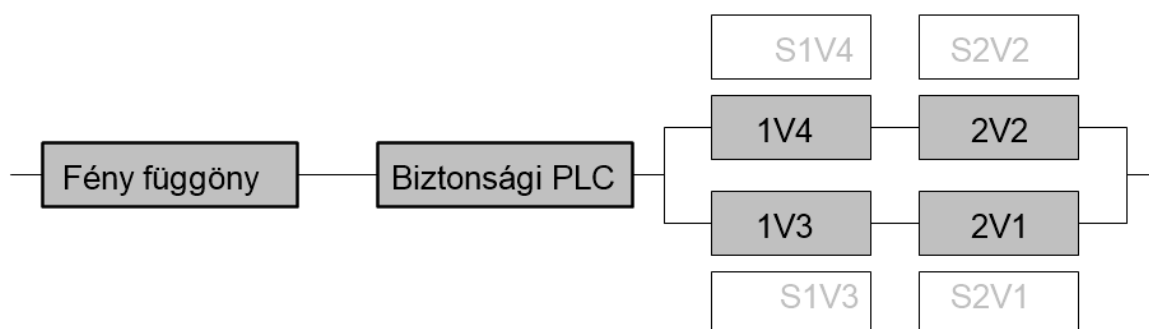
**13.8. táblázat: SF2 - A kezelő kezének ellenőrzött elhelyezése a veszélyes zónán kívül veszélyes mozgás során. Biztonsági funkció táblázatos összefoglalása**

Érzékelő alrendszer (INPUT)						
Megnevezés	B10d	MTTFd	DC	CCF	Kategória	PL
BAL / NO blokk (BL)	10 000 000 [GY]	231 év	99 %	-	-	-
BAL / NC blokk (BL)	10 000 000 [GY]	231 év	99 %	-	-	-
JOBB / NO blokk (BL)	10 000 000 [GY]	231 év	99 %	-	-	-
JOBB / NC blokk (BL)	10 000 000 [GY]	231 év	99 %	-	-	-
Kétkezes indító alrendszer (SB)		115 év	99%	70 pont	4.	e
Kiértékelő alrendszer (LOGIKA)						
Megnevezés	B10d	MTTFd	DC	CCF	Kategória	PL
Biztonsági PLC alrendszer (SB)					4.	e [GY]
Végrehajtó alrendszer (OUTPUT)						
Megnevezés	B10d	MTTFd	DC	CCF	Kategória	PL
1V4 szelep (BL)		150 év [S]	99%	-	-	-
2V2 szelep (BL)		150 év [S]	99%	-	-	-
1V3 szelep (BL)		150 év [S]	99%	-	-	-
2V1 szelep (BL)		150 év [S]	99%	-	-	-
Hidraulikus alrendszer (SB)		75 év	99%	75 pont	4.	e
SF2 biztonsági funkció (SF)						e

## A veszélyes terület védelme fényfüggőnnyel biztonsági funkció funkcionális leírása

A gép veszélyes zónájának megközelítése érdekében elhelyezésre került egy fényfüggöny (ESPE). A biztonsági PLC a fényfüggöny OSSD1 és OSSD2 diagnosztizált kimeneteitől kapja a jelet. A kimeneti jel kapcsoló eszköz, jelen esetben a fényfüggöny (*OSSD output signal switching device*) egy elektronikus eszköz, amelyet a gép biztonsági rendszerének részeként használnak. Kódolt jelet ad, amely biztonsági

esemény miatti megszakadás esetén a gép leállítását jelzi. Úgy működik, hogy a szabványos, általában 24 V-os egyenáramot két impulzusos és fázison kívüli jellé alakítja. Ennek az az előnye, hogy elkerülhető egy szórt jel, amely a gépet működésben tartja, miközben valójában nem biztonságos állapotban van. A Biztonsági PLC bármelyik OSSD-jel megszűnésekor a ciklus leáll, és a gép biztonságos állapotba kerül. A hidraulikus szelepek meghibásodását a szelepekbe épített szelep kapcsolási állapot érzékelő ellenőrzi.



13.14. ábra: SF3 - További személyek beavatkozásának észlelése a veszélyzónában ESPE (elektromos érzékeny védőfelszerelés) segítségével, pl. fényfüggöny és a vágási művelet azonnali megszakítása, blokkvázlat

### A meghibásodás valószínűségének kiszámítása SF3

A meghibásodás valószínűségének meghatározásához szükség van az üzemeltetési paraméterekre. Ez évi 240 munkanap, napi 8 munkaóra és 80 másodperces ciklusidő, nappal évi 86 400 ciklus. Az elemek B10d vagy MTTFd értékeit a gyártó adja meg [GY]. Az elemek B10d vagy MTTFd értékeit a szabvány adja meg [S]

13.9. táblázat: SF3 - További személyek beavatkozásának észlelése a veszélyzónában ESPE (elektromos érzékeny védőfelszerelés) segítségével, pl. fényfüggöny és a vágási művelet azonnali megszakítása. Biztonsági funkció táblázatos összefoglalása

Érzékelő alrendszer (INPUT)						
Megnevezés	B10d	MTTFd	DC	CCF	Kategória	PL
Fényfüggöny alrendszer (SB)					4.	e [GY]
Kiértékelő alrendszer (LOGIKA)						
Megnevezés	B10d	MTTFd	DC	CCF	Kategória	PL
Biztonsági PLC alrendszer (SB)					4.	e [GY]

folytatódik

A 13.9. táblázat folytatása

Végrehajtó alrendszer (OUTPUT)						
Megnevezés	B10d	MTTFd	DC	CCF	Kategória	PL
1V4 szelep (BL)		150 év [S]	99%	-	-	-
2V2 szelep (BL)		150 év [S]	99%	-	-	-
1V3 szelep (BL)		150 év [S]	99%	-	-	-
2V1 szelep (BL)		150 év [S]	99%	-	-	-
<b>Hidraulikus alrendszer (SB)</b>		<b>75 év</b>	<b>99%</b>	<b>75 pont</b>	<b>4.</b>	<b>e</b>
<b>SF3 biztonsági funkció (SF)</b>						<b>e</b>

A mintapélda kiértékelése a SISTEMA programmal készült. A SISTEMA riport a M.1 számú mellékletben megtekinthető.

## 14. Mellékletek

---

## 14.1. M1. Hidraulikus papírvágó berendezés SISTEMA REPORT

### SISTEMA - Safety Integrity Software Tool for the Evaluation of Machine



Project name: Hidraulikus papírvágó

File date: 28/09/2022 09:34:41 Report date: 2022. 09. 28. Checksum: 62f084c586067913228d6603970baeb7

#### PR Project name: Hidraulikus papírvágó

Project file name:	D:\_MUNKA\2022\Kamara\FAP pályázat _gépbiztonság könyv\Tananyagfejlesztés\ Mintapélák\SISTEMA\Hidraulikus papírvágó.ssm
Creation date:	27/09/2022 14:30:06
Project status:	
Project number:	HPV001
Project version:	R0
Authors:	Földi László
Project managers:	Földi László
Inspectors:	
Dangerous point/machine:	
Documentation:	
Document:	
Version of software:	2.0.8 build 4
Version of standard:	ISO 13849-1:2015, ISO 13849-2:2012
Checksum:	62f084c586067913228d6603970baeb7
Options:	<input checked="" type="checkbox"/> Use DC intermediate levels for calculation of PFHD (more precise) <input type="checkbox"/> MTTFD capping for category 4 lower from 2500 to 100 years.
Status:	green
Note:	There are no warnings listed for this project (or it's subordinate basic elements).

#### Print options

- |   |  |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Show Safety functions | <input checked="" type="checkbox"/> also show Subsystems |
| <input checked="" type="checkbox"/> also show Blocks      | <input checked="" type="checkbox"/> also show Elements   |

#### Contained safety functions

SF Name: Vészleállítás funkció [SF1]

Required: PLr e	Reached: PL e	PFHD [1/h]: 5,8E-8	Status: green
-----------------	---------------	--------------------	---------------

#### Contained subsystems

SB Name: VS vészleállító nyomógomb [VS]

Resulting PL: e	PFHD [1/h]: 2,5E-8	Category: 3
MTTFD [a]: 100 (High)	DCavg [%]: 99 (High)	CCF Points: 70 (fulfilled)

#### Contained channels / blocks / Elements

CH Name: Channel 1 (MTTFD [a]: 100)

BL Name: Single contact block NC [VS1]
MTTFD [a]: 4166,7 (High)      DC [%]: 99 (High)

CH Name: Channel 2 (MTTFD [a]: 100)

BL Name: Single contact block NC [VS2]
MTTFD [a]: 4166,7 (High)      DC [%]: 99 (High)



Project name: Hidraulikus papírvágó

File date: 28/09/2022 09:34:41 Report date: 2022. 09. 28. Checksum: 62f084c586067913228d6603970baeb7

## PR Project name: Hidraulikus papírvágó

### SB Name: Biztonsági PLC [S-PLC]

Resulting PL: e	PFHD [1/h]: 3,2E-8	Category: 4
MTTFD [a]: not relevant	DCavg [%]: not relevant	CCF Points: not relevant

### SB Name: Kontaktorok [M1]

Resulting PL: e	PFHD [1/h]: 9,1E-10	Category: 4
MTTFD [a]: 2500 (High)	DCavg [%]: 99 (High)	CCF Points: 70 (fulfilled)

#### Contained channels / blocks / Elements

#### CH Name: Channel 1 (MTTFD [a]: 2500)

##### BL Name: Kontaktor [M1K1]

MTTFD [a]: 57077,6 (High)	DC [%]: 99 (High)
---------------------------	-------------------

#### CH Name: Channel 2 (MTTFD [a]: 2500)

##### BL Name: Kontaktor [M1K2]

MTTFD [a]: 57077,6 (High)	DC [%]: 99 (High)
---------------------------	-------------------

### SF Name: Kétkézes vezérlés [SF2]

Required: PLr e	Reached: PL e	PFHD [1/h]: 8,7E-8	Status: green
-----------------	---------------	--------------------	---------------

#### Contained subsystems

### SB Name: Nyomogomgok (érezkelő alrendszer) Preventa XY2

Resulting PL: e	PFHD [1/h]: 2,1E-8	Category: 4
MTTFD [a]: 115,7 (High)	DCavg [%]: 99 (High)	CCF Points: 70 (fulfilled)

#### Contained channels / blocks / Elements

#### CH Name: Channel 1 (MTTFD [a]: 115,7)

##### BL Name: Make-contact element of pushbutton BAL

MTTFD [a]: 231,5 (High)	DC [%]: 99 (High)
-------------------------	-------------------

##### BL Name: Break-contact element of pushbutton BAL

MTTFD [a]: 231,5 (High)	DC [%]: 99 (High)
-------------------------	-------------------

#### CH Name: Channel 2 (MTTFD [a]: 115,7)

##### BL Name: Make-contact element of pushbutton JOBB

MTTFD [a]: 231,5 (High)	DC [%]: 99 (High)
-------------------------	-------------------

##### BL Name: Break-contact element of pushbutton JOBB

MTTFD [a]: 231,5 (High)	DC [%]: 99 (High)
-------------------------	-------------------

### SB Name: Biztonsági PLC [S-PLC]

Resulting PL: e	PFHD [1/h]: 3,2E-8	Category: 4
MTTFD [a]: not relevant	DCavg [%]: not relevant	CCF Points: not relevant

### SB Name: Hidraulikus alrendszer

Resulting PL: e	PFHD [1/h]: 3,4E-8	Category: 4
MTTFD [a]: 75 (High)	DCavg [%]: 99 (High)	CCF Points: 75 (fulfilled)

#### Contained channels / blocks / Elements

#### CH Name: Channel 1 (MTTFD [a]: 75)



Project name: Hidraulikus papírvágó

File date: 28/09/2022 09:34:41 Report date: 2022. 09. 28. Checksum: 62f084c586067913228d6603970baeb7

## PR Project name: Hidraulikus papírvágó

**BL** Name: 3/2-es hidraulikus útváltó [1V4]

MTTFD [a]: 150 (High) DC [%]: 99 (High)

**BL** Name: 3/2-es hidraulikus útváltó [2V2]

MTTFD [a]: 150 (High) DC [%]: 99 (High)

**CH** Name: Channel 2 (MTTFD [a]: 75)

**BL** Name: 3/2-es hidraulikus útváltó [1V3]

MTTFD [a]: 150 (High) DC [%]: 99 (High)

**BL** Name: 3/2-es hidraulikus útváltó [2V1]

MTTFD [a]: 150 (High) DC [%]: 99 (High)

**SF** Name: Veszélyes terület védelme [SF3]

Required: PLr e

Reached: PL e

PFHD [1/h]: 9,8E-8

Status: green

### Contained subsystems

**SB** Name: Fényfüggöny

Resulting PL: e

PFHD [1/h]: 3,2E-8

Category: 4

MTTFD [a]: not relevant

DCavg [%]: not relevant

CCF Points: not relevant

**SB** Name: Biztonsági PLC [S-PLC]

Resulting PL: e

PFHD [1/h]: 3,2E-8

Category: 4

MTTFD [a]: not relevant

DCavg [%]: not relevant

CCF Points: not relevant

**SB** Name: Hidraulikus alrendszer

Resulting PL: e

PFHD [1/h]: 3,4E-8

Category: 4

MTTFD [a]: 75 (High)

DCavg [%]: 99 (High)

CCF Points: 75 (fulfilled)

### Contained channels / blocks / Elements

**CH** Name: Channel 1 (MTTFD [a]: 75)

**BL** Name: 3/2-es hidraulikus útváltó [1V4]

MTTFD [a]: 150 (High) DC [%]: 99 (High)

**BL** Name: 3/2-es hidraulikus útváltó [2V2]

MTTFD [a]: 150 (High) DC [%]: 99 (High)

**CH** Name: Channel 2 (MTTFD [a]: 75)

**BL** Name: 3/2-es hidraulikus útváltó [1V3]

MTTFD [a]: 150 (High) DC [%]: 99 (High)

**BL** Name: 3/2-es hidraulikus útváltó [2V1]

MTTFD [a]: 150 (High) DC [%]: 99 (High)

**Project name:** Hidraulikus papírvágó

File date: 28/09/2022 09:34:41 Report date: 2022. 09. 28. Checksum: 62f084c586067913228d6603970baeb7

---

## EXCLUSION OF LIABILITY

Care has been taken in production of the software SISTEMA, which corresponds to the state of the art. It is made available to users free of charge.

Die Software wurde gemäß dem Stand von Wissenschaft und Technik sorgfältig erstellt. Sie wird dem Nutzer unentgeltlich zur Verfügung gestellt.

Die Haftung des IFAs/ DGUV ist damit auf Vorsatz und grobe Fahrlässigkeit (§ 521 BGB) bzw. bei Sach- und Rechtsmängel auf arglistig verschwiegene Fehler beschränkt (523, 524 BGB).

The IFA undertakes to keep its website free of viruses; nevertheless, no guarantee can be given that the software and information provided are virus-free. The user is therefore advised to take appropriate security precautions and to use a virus scanner prior to downloading software, documentation or information.

## CONTACT

Institute for Occupational Health and Safety of German Social Accident Insurance (IFA)  
Division 5: Accident Prevention / Product Safety  
Alte Heerstr. 111, 53757 Sankt Augustin  
E-mail: [sistema@dguv.de](mailto:sistema@dguv.de)  
[www.dguv.de/ifa](http://www.dguv.de/ifa) (Webcode e561582)

**Name in block letters:**

Authors

Inspectors

**Date, signature:**

Authors

Inspectors

## 14.2. M2. Érvényesítés minta ISO 13849-2: 2012 szerint

### Alapvető információk

Cég név:	
Kapcsolattartó személy:	
Cím:	
Út/utca:	
Irányítószám:	
Város:	
Internet cím:	-
E-mail cím:	
Gép megnevezése:	
Gép típusa:	
Gép száma:	
A tervező(k) neve:	
A dokumentációért felelős személy:	
Tel. szám.:	
Tesztet végző neve:	
Érvényesítést végző neve:	
Validálás kezdete:	
Validálás kész:	

## Érvényesítési terv

**Cél:** Ennek az érvényesítési tervnek az a célja, hogy érvényesítse a vezérlőrendszer biztonsági szempontból használt részeit a vizsgált gép esetén.

**Áttekintés:** Ez az érvényesítési terv..... gép egyedi alkatrészeire és vezérlőrendszereire korlátozódik.

**Rendszer áttekintés:**

- A gép következő részeit elemzéssel értékelik:
- A kockázatelemzési dokumentáció,
- A biztonsági funkciók jellemzőinek meghatározása (SRS)
- A  $PL_r$ , MTTFd számítások, DC és CCF meghatározásának dokumentálása
- Szoftver, ha van
- Környezeti működési feltételek,
- Karbantartási követelmények
- Felhasználói információ
- Alapkövetelmény lista 2006/42/EC
- Védelem a váratlan indulás ellen,
- A gépen alkalmazott energia leválasztása,
- Használt védőburkolatok (rögzített és mozgatható),
- Vészleállító funkció,
- Egyéb biztonsági funkciók

**Dokumentumok:** Az ezen érvényesítéshez szükséges összes műszaki információt és dokumentációt biztosítja:

**Teszt:**

- A biztonsággal kapcsolatos rendszerek tesztelését egy próbaüzem során minden termékkel elérhető üzemmódban elvégzik, amikor a gép gyártása befejeződik. A tesztek eredménye bizonyítani fogja a tesztelt biztonsági vonatkozású alkatrészek megfelelő működését.
- A vizsgálatokat a következő sorrendben kell elvégezni:

- A gép váratlan beindulása a gép működése közben az összes alkalmazandó energiaforrás kikapcsolásával és bekapcsolásával.
- Vészleállító funkciók
- Mozgatható védőburkolatok
- Biztonsági ajtók
- Egyéb biztonsági funkciók

Felelős  
személyek:

A  $PL_r$ , az  $MTTF_d$  számítások, a DC és a CCF meghatározásának érvényesítését egy másik személynek kell elvégeznie, mint a biztonsággal kapcsolatos rendszerek tervezője. Minden egyéb érvényesítést a tervezőnek és a műszaki asszisztensnek kell elvégeznie

## Dokumentáció analízis

	Elvégzendő "papír" elemzés.	Elérhető?	Teljes?	Megjegyzés / dokumentum neve / azonosítója / helye
Különbözik a tervező és az értékelést végző személy?		Igen / Nem		
Tervező:				
Kiértékelő:				
	2006/42/EC Alapkövetelmények ellenőrző lista			
<b>Kockázatelemzés EN ISO 12100:2011</b>				
	Kockázatelemzési dokumentáció			
<b>Gép biztonság EN ISO 13849-1:2016</b>				
	Szükséges teljesítmény szintek (PL <sub>r</sub> a, b, c, d, e)			
	Kategóriák (B, 1, 2, 3, 4)			
	Biztonsági követelmények (SRS)			
	PL <sub>r</sub> meghatározások ellenőrzése?			
	Kategóriák meghatározások ellenőrzése?			
	MTTFd meghatározások ellenőrzése?			
	DC becslések ellenőrizve?			
	CCF intézkedések ellenőrizve?			

	Az egyes biztonsági funkciók rajzai / blokkdiagramjai			
Karbantartási / Használati dokumentáció				
	Karbantartási követelmények biztonsági rendszerekre a felhasználói dokumentációban?			
	A biztonsági rendszerek ellenőrzési intervallumai			
	Felhasználói dokumentáció			
Védelem a váratlan indulás ellen				
	Rajzok			
	Specifikációk (Műszaki adatok)			
	Pneumatic - EN ISO 4414:2010			
	Hydraulic - EN ISO 4413:2010			
	Electric - EN IEC 60204-1:2006			
Az alkalmazott energia leválasztása a gépről				
	Rajzok			
	Specifikációk (Műszaki adatok)			
	Pneumatika, reteszelve?			
	Hidraulika, reteszelve?			

	Elektromos, reteszelve?			
A tárolt energia biztonságosan felszabadítható				
	Pneumatika?			
	Hidraulika?			
	Elektromos?			
Vész leállítási funkció EN ISO 13850:2006 / EN IEC 60204-1:2006				
	Rajzok			
	Specifikációk (Műszaki adatok)			
	Elérték-e a szükséges kategóriákat?			
Használt mozgatható és rögzített védőburkolatok				
	Rajzok			
	Specifikációk (Műszaki adatok)			
	Elérték-e a szükséges kategóriákat?			

## Tesztek

	Végzendő vizsgálat.	Eredmény	Megjegyzés / dokumentum neve / azonosítója / helye
<b>A gép váratlan indítása</b>			
	Indítsa el a gépet, normál üzemmódban. Amikor a gép működik, húzza le az energiát egyenként és kapcsolja be újra. A gép nem indul el az energia visszakapcsolása után!		
	Elektromos energia		
	Pneumatikus energia		
	Hidraulikus energia		
<b>A tárolt energia felszabadítása</b>			
	A gép üzembe helyezése után helyezze a gépet szerviz / karbantartási módba, húzza ki és zárja le az összes energiaforrást. Ellenőrizze a tárolt energiát, és engedje fel.		
	Elektromos energia?		
	Pneumatikus energia?		
	Hidraulikus energia?		
<b>Vészleállítási funkció</b>			
	A gép üzembe helyezése után aktiváljon egyenként minden rendelkezésre álló vészleállítót.		
	A reakció megfelel a specifikációnak.		
<b>Védőburkolatok</b>			
	A gép üzembe helyezése után nyissa ki / aktiválja a védőburkolatot egyenként.		
	A reakció megfelel a specifikációknak (SRS)		
<b>Egyéb biztonsági funkciók</b>			
	A gép üzembe helyezése után aktiválja a biztonsági funkciókat egyenként.		
	A reakció megfelel a specifikációknak (SRS)		

.....

Tesztelést elvégző

## Érvényesítési igazolás

Tervező(k): ...

Vizsgáló:

Érvényesítő:

alaposan értékelte a hitelesítését, ellenőrzését és tesztelését a

Gép neve: ...

Gép típusa: ...

Gép száma: ...

Ezt a dokumentumot az EN ISO 13849-2: 2012 követelményeinek megfelelően készítették el.

Cég név: ...Kft.

Érvényesítő: ...

Dátum:

.....

Érvényesítő

## 15. Használt rövidítések jegyzéke

Rövidítés	Magyarázat	Tárgymutató
<b>a</b>	veszély-zóna magassága	8.3 fejezet / EN ISO 13855
<b>a, b, c, d, e</b>	A teljesítményszintek jelölése	5.2.3 fejezet / ISO 13849-1 3. táblázat
<b>AGV / AMV</b>	Vezető nélküli vagy autonóm targoncák, járművek rendszerei (Automated Guided Vehicles)	10. fejezet / EN ISO 3691-4
<b>AOPD</b>	Aktív optoelektronikus védőeszköz (pl. fénysorompó)	8. fejezet / ISO 13849-1 H melléklet, EN ISO 13855
<b>AOPDDR</b>	active opto-electronic protective device responsive to diffuse reflection	8. fejezet
<b>b</b>	észlelési zóna magassága	8.3 fejezet / EN ISO 13855
<b>B, 1., 2., 3., 4.</b>	A kategóriák megnevezése	5. fejezet / ISO 13849-1 7. táblázat
<b>B10<sub>D</sub></b>	Ciklusok száma, amíg az alkatrészek 10%-a veszélyesen meghibásodik (pneumatikus és elektromechanikus alkatrészek esetén)	5. fejezet / ISO 13849-1 C melléklet
<b>C</b>	kiegészítő távolság, amely azt veszi figyelembe, hogy a biztonsági berendezés kioldása előtt behatolhatnak a veszélyes térbe	8.3 fejezet / EN ISO 13855
<b>CCF</b>	Közös okú meghibásodás	5. fejezet / ISO 13849-1 3. táblázat 3.1.6. szakasz
<b>CE</b>	A CE jelölés a Conformité Européenne rövidítése, ami franciául az európai megfelelést jelenti.	3. fejezet
<b>C<sub>RO</sub></b>	kiegészítő távolság, amíg a test egy része el tud mozdulni a veszélyzóna felé a biztonsági berendezés kioldása előtt	8.3 fejezet / EN ISO 13855
<b>d</b>	a berendezés érzékelő (felismerő) képessége	8.3 fejezet / EN ISO 13855
<b>DC</b>	Diagnosztikai lefedettség	5. fejezet / ISO 13849-1 3. táblázat 3.1.26. szakasz
<b>DC<sub>avg</sub></b>	Átlagos diagnosztikai lefedettség	5. fejezet / ISO 13849-1 3. táblázat E2. fejezet
<b>e</b>	nyitott méret	8.3 fejezet / EN ISO 13855
<b>EMC</b>	Elektromágneses kompatibilitás	
<b>ESPE</b>	Electro-sensitive protective equipment (Érzékelő védőkészülék)	8. fejezet

Rövidítés	Magyarázat	Tárgymutató
<b>F, F1, F2</b>	A veszélyexpozíció gyakorisága és/vagy időtartama	/ ISO 13849-1 3. táblázat A2.2. szakasz
<b>FMEA</b>	Meghibásodásmódok és -hatások elemzése	5. fejezet / ISO 13849-1 3.7.2. szakasz
<b>H</b>	az érzékelési zóna magassága a referencia sík fölött	8.3 fejezet / EN ISO 13855
<b>h</b>	lépcsőfok magassága	8.3 fejezet / EN ISO 13855
<b>IEC</b>	Nemzetközi Elektrotechnikai Bizottság (International Electrotechnical Commission)	
<b>ISO</b>	Nemzetközi Szabványügyi Szervezet (International Organization for Standardization)	
<b>K</b>	megközelítés sebessége	8.3 fejezet / EN ISO 13855
<b>Kat.</b>	Kategória	5. fejezet / ISO 13849-1 3.1.2. szakasz
<b>l1,l2,l3</b>	legrövidebb távolságok az akadályok körül	8.3 fejezet / EN ISO 13855
<b>MTTF</b>	Átlagos működési idő a meghibásodásig	5. fejezet / ISO 13849-1 3. C melléklet
<b>MTTF<sub>D</sub></b>	Átlagos működési idő a veszélyes meghibásodásig	5. fejezet / ISO 13849-1 3.3.1.25. szakasz
<b>N/C</b>	Normally Closed Nyitó érintkező	8. fejezet
<b>N/O</b>	Normally Open záró érintkező	8. fejezet
<b>n<sub>op</sub></b>	Az éves működések átlagos száma	5. fejezet / ISO 13849-1 3. C melléklet
<b>OSSD</b>	Output signal switching device (Az érzékelő védőkészülék (ESPE) azon része, amely be van kötve a gépvezérlése, és amely KI állapotot vesz fel, ha az érzékelőrész a rendeltetésszerű használat közben aktiválódik)	8. fejezet
<b>P, P1, P2</b>	Veszély elkerülésének lehetősége	5. fejezet / ISO 13849-1 3. A2.3. szakasz
<b>P5, P95, P99</b>	Várható használói népesség adott százalékára jellemző értékeket jelöli.	11. fejezet / MSZ EN 547-1:1996+A1:2009
<b>PFH<sub>D</sub></b>	Óránkénti veszélyes meghibásodás átlagos valószínűsége	5. fejezet / ISO 13849-1 3. 3. táblázat és K1. táblázat
<b>PL</b>	Teljesítményszint	5. fejezet / ISO 13849-1 3.3.1.23. szakasz
<b>PLC</b>	Programozható logikai vezérlő	5. fejezet / ISO 13849-1 3. I melléklet
<b>PL<sub>r</sub></b>	Megkövetelt teljesítményszint	5. fejezet / ISO 13849-1 3.3.1.24. szakasz

Rövidítés	Magyarázat	Tárgymutató
<b>S</b>	minimum távolság a veszélyes tér, és az érzékelő pont, vonal, sík között	8.3 fejezet / EN ISO 13855
<b>S</b>	a veszélytől való tényleges elérési távolság (közvetett elérésnél)	8.3 fejezet / EN ISO 13855
<b>S, S1, S2</b>	Sérülés súlyossága	5. fejezet / ISO 13849-1 3. A2.1. szakasz
<b>S1</b>	l1 távolság vízszintes síkra vetítve	8.3 fejezet / EN ISO 13855
<b>S2</b>	l2 távolság vízszintes síkra vetítve	8.3 fejezet / EN ISO 13855
<b>S3</b>	l3 távolság vízszintes síkra vetítve	8.3 fejezet / EN ISO 13855
<b>SBC</b>	Biztonságos fékvezérlés (SBC Safe Brake Control)	7., 9. fejezet / EN 61800-5-2 / VDMA 24584
<b>SDI</b>	Biztonságos irány (SDI Safe Direction)	7., 9. fejezet / EN 61800-5-2 / VDMA 24584
<b>SIL</b>	Biztonságintegritási szint	5. fejezet / ISO 13849-1 3. 4. táblázat
<b>SLS</b>	Biztonságosan korlátozott sebesség (SLS Safely-limited speed)	7., 9. fejezet / EN 61800-5-2 / VDMA 24584
<b>SLT</b>	Biztonságosan korlátozott nyomaték (SLT Safely-limited torque)	7., 9. fejezet / EN 61800-5-2 / VDMA 24584
<b>SOS</b>	Biztonságos működési leállítás (SOS Safe Operating Stop)	7. fejezet / EN 61800-5-2
<b>SRP/CS</b>	Vezérlőrendszer biztonsággal összefüggő része	5. fejezet / ISO 13849-1 3. 3.1.1. szakasz
<b>SS1</b>	Biztonságos megállítás 1 (SS1 Safe Stop 1)	7. fejezet / EN 61800-5-2
<b>SS2</b>	Biztonságos megállítás 2 (SS2 Safe Stop 2)	7. fejezet / EN 61800-5-2
<b>SSB</b>	Biztonságos megállás és blokkolás (SSB Safe stopping and blocking)	9. fejezet / VDMA 24584
<b>SSC</b>	Biztonságos megállás és bezárás (SSC Safe stopping and closing)	9. fejezet / VDMA 24584
<b>SSM</b>	Biztonságos sebesség megfigyelés (SSM Safe Speed Monitor)	7. fejezet / EN 61800-5-2
<b>SSX</b>	Biztonságos megállítás (SSX Safe stopping)	9. fejezet
<b>STO</b>	Biztonságos nyomaték kikapcsolás (STO Safe Torque Off)	7., 9. fejezet / EN 61800-5-2 / VDMA 24584

Rövidítés	Magyarázat	Tárgymutató
<b>T</b>	teljes utánfutási idő	8.3 fejezet / EN ISO 13855
<b>t<sub>1</sub></b>	védőberendezés válaszüideje (reagálási ideje)	8.3 fejezet / EN ISO 13855
<b>T10D</b>	Átlagos működési idő, amíg a szerkezeti egységek 10%-a veszélyesen meghibásodik	5. fejezet / ISO 13849-1 3. C melléklet
<b>t<sub>2</sub></b>	gép leállási ideje	8.3 fejezet / EN ISO 13855
<b>t<sub>3</sub></b>	burkolatok nyitási ideje	8.3 fejezet / EN ISO 13855
<b>TCP</b>	Robot szerszám középpont (tool center point)	10. fejezet
<b>THC</b>	Kétkezes vezérlés (two hand control)	13. fejezet / ISO 13851
<b>v</b>	nyitás mozdulatának sebessége	8.3 fejezet / EN ISO 13855
<b>VBPD</b>	vision based protective devices	8. fejezet
<b>X</b>	távolság az észlelési zóna vége, és a veszély zóna között	8.3 fejezet / EN ISO 13855
<b>β<sub>x</sub></b>	szűrési fok	9. fejezet

## 16. Vonatkozó szabványok áttekintése

---

ISO 8573-1:2010, Sűrített levegő. 1. rész: Szennyezők és tisztasági osztályok

ISO/TS 15066:2016 Robots and robotic devices — Collaborative robots

MSZ EN 1175:2020 Targoncák biztonsága. Villamos/elektronikus követelmények

MSZ EN 12301:2020, Műanyag- és gumiipari gépek. Kalanderek. Biztonsági követelmények (EN 12301:2019)

MSZ EN 12895:2015+A1:2020 Ipari targoncák. Elektromágneses összeférhetőség

MSZ EN 547-1:1996+A1:2009 Gépek biztonsága. Az emberi test méretei. 1. rész: Az egésztest-hozzáférsi helyek méretei meghatározásának alapelvei gépi munkahelyeken

MSZ EN 547-2:1996+A1:2009 Gépek biztonsága. Az emberi test méretei. 2. rész: A hozzáférsi nyílások méretezésének alapelvei

MSZ EN 547-3:1996+A1:2009 Gépek biztonsága. Az emberi test méretei. 3. rész: Testméretek

MSZ EN 60204-1:2019 Gépek biztonsága. Gépek villamos szerkezetei. 1. rész: Általános követelmények (IEC 60204-1:2016, módosítva)

MSZ EN 61496-1:2014, Gépek biztonsága. Elektromosan érzékelő védőszerkezetek. 1. rész: Általános követelmények és vizsgálatok (IEC 61496-1:2012)

MSZ EN 61496-2:2014, Gépi berendezések biztonsága. Elektromosan érzékelő védőszerkezetek. 2. rész: Aktív optoelektronikus védőeszközzel (AOPD) ellátott berendezések egyedi követelményei (IEC 61496-2:2013)

MSZ EN 61496-3:2001, Gépi berendezések biztonsága. Elektromosan érzékelő védőszerkezetek. 3. rész: A szórt visszaverődésre érzékeny, aktív optoelektronikus védőeszközök egyedi követelményei (AOPDDR) (IEC 61496-3:2001)

MSZ EN 61800-5-2:2017, Szabályozható fordulatszámú villamos hajtásrendszerek. 5-2. rész: Biztonsági követelmények. Funkcionális biztonság (IEC 61800-5-2:2016)

MSZ EN ISO 10218-1:2011 Robotok és robotszerkezetek. Ipari robotok biztonsági követelményei. 1. rész: Robotok (ISO 10218-1:2011)

MSZ EN ISO 10218-2:2011 Robotok és robotszerkezetek. Ipari robotok biztonsági követelményei. 2. rész: Robotrendszerek és összehangolásuk (ISO 10218-2:2011)

MSZ EN ISO 11161:2007+A1:2010 Gépek biztonsága. Integrált gyártórendszerek. Alapkövetelmények (ISO 11161:2007+Amd 1:2010)

MSZ EN ISO 11688-1:2009 Akusztika. A kis zajú gépek és berendezések tervezésének irányelvei. 1. rész: Tervezés (ISO/TR 11688-1:1995)

MSZ EN ISO 12100: Gépek biztonsága. A kialakítás általános elvei. Kockázatértékelés és kockázatcsökkentés (ISO 12100:2010)

MSZ EN ISO 13849-1: Gépek biztonsága. Vezérlőrendszerek biztonsággal összefüggő részei. 1. rész: A tervezés általános alapelvei (ISO 13849-1:2015)

MSZ EN ISO 13849-2:2013, Gépek biztonsága. Vezérlőrendszerek biztonsággal összefüggő szerkezeti részei. 2. rész: Validálás (ISO 13849-2:2012)

MSZ EN ISO 13850:2016 Gépek biztonsága. Vészleállítás. Tervezési alapelvek (ISO 13850:2015)

MSZ EN ISO 13851, Gépek biztonsága. Kétkezes vezérlőberendezések. A tervezés és a kiválasztás elvei (ISO 13851:2019)

MSZ EN ISO 13854:2020 Gépek biztonsága. Legkisebb távolságok a testrészek összezúzóódásának elkerüléséhez (ISO 13854:2017)

MSZ EN ISO 13855:2010 Gépek biztonsága. Biztonsági berendezések elrendezése a(z emberi) testrészek közelítési sebességének figyelembevételével (ISO 13855:2010)

MSZ EN ISO 13857:2020 Gépek biztonsága. Biztonsági távolságok a veszélyes terek felső és alsó végtagokkal való elérésének megakadályozására/megelőzésére (ISO 13857:2019)

MSZ EN ISO 14119, Gépek biztonsága. Védőburkolatokkal összekapcsolt reteszelőberendezések. Kialakítási és kiválasztási irányelvek (ISO 14119:2013)

MSZ EN ISO 14120:2016, Gépek biztonsága. Védőburkolatok. A rögzített és a nyitható védőburkolatok tervezésének és kialakításának általános követelményei (ISO 14120:2015)

MSZ EN ISO 14122-1:2017 Gépek biztonsága. Gépi berendezések helyhez kötött feljárói. 1. rész: A rögzített feljáró kiválasztása és hozzáféréseinek általános követelményei (ISO 14122-1:2016)

MSZ EN ISO 14122-2:2017 Gépek biztonsága. Gépi berendezések helyhez kötött feljárói. 2. rész: Kezelőállások és kezelőhidak (ISO 14122-2:2016)

MSZ EN ISO 14122-3:2017 Gépek biztonsága. Gépi berendezések helyhez kötött feljárói. 3. rész: Lépcsők, lépcsőfokos létrák és védőkorlátok (ISO 14122-3:2016)

MSZ EN ISO 14122-4:2017 Gépek biztonsága. Gépi berendezések helyhez kötött feljárói. 4. rész: Rögzített létrák (ISO 14122-4:2016)

MSZ EN ISO 3691-1:2015 + A1:2020 Ipari targoncák. Biztonsági követelmények és igazolásuk. 1. rész: Önjáró ipari targoncák, a vezető nélküli, a változtatható kinyúlású és a teherszállító targoncák kivételével. 1. módosítás (ISO 3691-1:2011/Amd 1:2020)

MSZ EN ISO 3691-4:2020 Ipari targoncák. Biztonsági követelmények és igazolásuk. 4. rész: Vezető nélküli ipari targoncák és rendszereik (ISO 3691-4:2020)

MSZ EN ISO 3691-6:2022 Ipari targoncák. Biztonsági követelmények és igazolásuk. 6. rész: Teher- és személyszállító targoncák (ISO 3691-6:2021)

MSZ EN ISO 3744:2011 Akusztika. Zajforrások hangteljesítmény- és hangenergiaszintjének meghatározása hangnyomásméréssel. Műszaki módszer alapvetően szabad térben, visszaverő sík felett (ISO 3744:2010)

MSZ EN ISO 3745:2012+A1:2017 Akusztika. Zajforrások hangteljesítmény- és hangenergiaszintjének meghatározása hangnyomásméréssel. Pontos módszerek sűket- és fésűszobákban. 1. módosítás (ISO 3745:2012+Amd 1:2017)

MSZ EN ISO 3746:2011 Akusztika. Zajforrások hangteljesítmény- és hangenergiaszintjének meghatározása hangnyomásméréssel. Tájékoztató módszer visszaverő sík feletti burkoló mérőfelülettel (ISO 3746:2010)

MSZ EN ISO 3747:2011 Akusztika. Zajforrások hangteljesítmény- és hangenergiaszintjének meghatározása hangnyomásméréssel. Helyszíni műszaki/tájékoztató módszerek zengő környezetben (ISO 3747:2010)

MSZ EN ISO 4413, Hidraulikus teljesítményátvitel. A rendszerek és szerkezeti elemeik általános szabályai és biztonsági követelményei (ISO 4413:2010)

MSZ EN ISO 4414, Pneumatikus teljesítményátvitel. A rendszerek és szerkezeti elemeik általános szabályai és biztonsági követelményei (ISO 4414:2010)

VDMA 24584 : 2019, Safety functions of regulated and unregulated (fluid) mechanical systems

## 17. Irodalomjegyzék

---

- [1] Sick GmbH, Útmutató a biztonságos gépekhez, 8017955/2015-07-07, (Special information Guide for Safe Machinery hu IM0062400.PDF) [[https://cdn.sick.com/media/docs/0/00/400/Special\\_information\\_Guide\\_for\\_Safe\\_Machinery\\_hu\\_IM0062400.PDF](https://cdn.sick.com/media/docs/0/00/400/Special_information_Guide_for_Safe_Machinery_hu_IM0062400.PDF)]
- [2] MSZ EN ISO 13849-1: Gépek biztonsága. Vezérlőrendszerek biztonsággal összefüggő részei. 1. rész: A tervezés általános alapelvei (ISO 13849-1:2015)
- [3] Festo AG, Guideline for functional safety, 135242 (EN), 2019/05 [[https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/13541/Guideline\\_Functional-safety\\_EN\\_2019\\_135242\\_L.pdf](https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/13541/Guideline_Functional-safety_EN_2019_135242_L.pdf)]
- [4] MSZ EN ISO 12100: Gépek biztonsága. A kialakítás általános elvei. Kockázatértékelés és kockázatcsökkentés (ISO 12100:2010)
- [5] IFA Report 2/2017e, Functional safety of machine controls – Application of EN ISO 13849 –Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV), ISBN: 978-3-86423-232-9, ISSN: 2190-7994, 2019
- [6] Safety Integrated for Drives and Motion Control, Standard and safety technology in one system, Siemens AG, 2013 (6ZB5711-0AE02-0AA7, 09/2013)
- [7] IFA Report 7/2013e, Ralf Apfeld, Helmut Zilligen, Burkhard Köhler, Safe drive controls with frequency converters, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV), 2014, ISBN: 978-3-86423-131-5, ISSN: 2190-7994
- [8] SINAMICS S120 Safety Integrated Function Manual, Siemens AG, 12/2018, 6SL3097-5AR00-0BP1
- [9] Defren. Kreutzkampff. Gépbiztonság az Európai Közösségben. Munkavédelmi kutatási központ, 2005. ISBN: 963714244-4
- [10] PARKER: Hydraulic Hoses, Fittings and Equipment. 2013.
- [11] Hans H. Faatz, Rudi A. Lang, The Hydraulic Trainer Volume 3, Planning and Design os Hydraulic Power Systems, Mannesmann Rexroth AG. 1988
- [12] Szilágyi J. Használati segédlet kockázat-kiértékelés készítéséhez Sistema program használatával, Festo, 2016

- [13] MSZ EN 12301:2020, Műanyag- és gumiipari gépek. Kalanderek. Biztonsági követelmények (EN 12301:2019)
- [14] MSZ EN ISO 13851, Gépek biztonsága. Kétkezes vezérlőberendezések. A tervezés és a kiválasztás elvei (ISO 13851:2019)
- [15] MSZ EN ISO 4414, Pneumatikus teljesítményátvitel. A rendszerek és szerkezeti elemeik általános szabályai és biztonsági követelményei (ISO 4414:2010)
- [16] MSZ EN ISO 4413, Hidraulikus teljesítményátvitel. A rendszerek és szerkezeti elemeik általános szabályai és biztonsági követelményei (ISO 4413:2010)
- [17] ISO 8573-1:2010, Sűrített levegő. 1. rész: Szennyezők és tisztasági osztályok
- [18] VDMA 24584 : 2019, Safety functions of regulated and unregulated (fluid) mechanical systems
- [19] MSZ EN 61800-5-2:2017, Szabályozható fordulatszámú villamos hajtásrendszerek. 5-2. rész: Biztonsági követelmények. Funkcionális biztonság (IEC 61800-5-2:2016)
- [20] MSZ EN ISO 14120:2016, Gépek biztonsága. Védőburkolatok. A rögzített és a nyitható védőburkolatok tervezésének és kialakításának általános követelményei (ISO 14120:2015)
- [21] MSZ EN ISO 14119, Gépek biztonsága. Védőburkolatokkal összekapcsolt reteszelőberendezések. Kialakítási és kiválasztási irányelvek (ISO 14119:2013)
- [22] MSZ EN 61496-1:2014, Gépek biztonsága. Elektromosan érzékelő védőszerkezetek. 1. rész: Általános követelmények és vizsgálatok (IEC 61496-1:2012)
- [23] MSZ EN 61496-2:2014, Gépi berendezések biztonsága. Elektromosan érzékelő védőszerkezetek. 2. rész: Aktív optoelektronikus védőeszközzel (AOPD) ellátott berendezések egyedi követelményei (IEC 61496-2:2013)
- [24] MSZ EN 61496-3:2001, Gépi berendezések biztonsága. Elektromosan érzékelő védőszerkezetek. 3. rész: A szórt visszaverődésre érzékeny, aktív optoelektronikus védőeszközök egyedi követelményei (AOPDDR) (IEC 61496-3:2001)

- [25] MSZ EN ISO 13849-2:2013, Gépek biztonsága. Vezérlőrendszerek biztonsággal összefüggő szerkezeti részei. 2. rész: Validálás (ISO 13849-2:2012)
- [26] Sárközi E., Erdélyi V., Tóth J., Földi L., Hidraulika és pneumatika, e-learning tananyag, <https://elearning.unim-mate.hu/mod/scorm/player.php?a=115&currentorg=SP&scoid=312&sesskey=vcZHIAxLZ7&display=popup&mode=normal>
- [27] Gépek CE jelölésének folyamata  
[<https://www.gepek-ce-jelolese.hu/GepekCEjelolese>]
- [28] Az Európai Parlament és a Tanács 765/2008/EK rendelete ( 2008. július 9.) a termékek forgalmazása tekintetében az akkreditálás és piacfelügyelet előírásainak megállapításáról és a 339/93/EGK rendelet hatályon kívül helyezéséről
- [29] Az Európai Parlament és a Tanács 2006/42/EK irányelve (2006. május 17.) a gépekről és a 95/16/EK irányelv módosításáról
- [30] MSZ EN ISO 13854:2020 Gépek biztonsága. Legkisebb távolságok a testrészek összezúzódásának elkerüléséhez (ISO 13854:2017)
- [31] MSZ EN ISO 13857:2020 Gépek biztonsága. Biztonsági távolságok a veszélyes terek felső és alsó végtagokkal való elérésének megakadályozására/megelőzésére (ISO 13857:2019)
- [32] MSZ EN 60204-1:2019 Gépek biztonsága. Gépek villamos szerkezetei. 1. rész: Általános követelmények (IEC 60204-1:2016, módosítva)
- [33] Ipari robotrendszerek megfelelőségértékelése – módszertani segédanyag, SAASCO Kft. 2021
- [34] MSZ EN ISO 10218-2:2011 Robotok és robotszerkezetek. Ipari robotok biztonsági követelményei. 2. rész: Robotrendszerek és összehangolásuk (ISO 10218-2:2011)
- [35] Urbán G. Ipari robotrendszerek CE jelölése – tréning, SAASCO Kft., 2021
- [36] ISO/TS 15066:2016 Robots and robotic devices — Collaborative robots
- [37] MSZ EN ISO 3691-4:2020 Ipari targoncák. Biztonsági követelmények és igazolásuk. 4. rész: Vezető nélküli ipari targoncák és rendszereik (ISO 3691-4:2020)
- [38] A BIZOTTSÁG KÖZLEMÉNYE - A termékekre vonatkozó uniós szabályozásról szóló 2022. évi útmutató (A kék útmutató) (2022/C 247/01)
- [39] 768/2008/EK határozat I. melléklet

- [40] Gépvizsgálati jegyzőkönyvek, SAASCO Kft. 2021
- [41] AGV vizsgálati jegyzőkönyv, QTICS Group Zrt. 2022
- [42] MSZ EN 547-1:1996+A1:2009 Gépek biztonsága. Az emberi test méretei. 1. rész: Az egésztest-hozzáférfési helyek méretei meghatározásának alapelvei gépi munkahelyeken
- [43] MSZ EN 547-2:1996+A1:2009 Gépek biztonsága. Az emberi test méretei. 2. rész: A hozzáférfési nyílások méretezésének alapelvei
- [44] MSZ EN 547-3:1996+A1:2009 Gépek biztonsága. Az emberi test méretei. 3. rész: Testméretek
- [45] MSZ EN ISO 11688-1:2009 Akusztika. A kis zajú gépek és berendezések tervezésének irányelvei. 1. rész: Tervezés (ISO/TR 11688-1:1995)
- [46] MSZ EN ISO 13855:2010 Gépek biztonsága. Biztonsági berendezések elrendezése a(z emberi) testrészek közelítési sebességének figyelembevételével (ISO 13855:2010)
- [47] Bosch Rexroth AG, Directional control valves, direct operated, with electrical position feedback and integrated electronics (OBE) ,RE 29121, edition: 2019-02
- [48] Fortress Interlocks Ltd, HSV Cetop 3&5 - Monitored Hydraulic Valve Systems, Web: [www.fortressinterlocks.com](http://www.fortressinterlocks.com), February 2022 - v1.0
- [49] SICK GmbH, Products, [<https://www.sick.com/at/en/c/products>], 2022
- [50] Festo AG, Products [<https://www.festo.com/hu/hu/a>], 2022

## A sorozat keretében eddig megjelent kiadványok

### 2017.

1.	NÉMETH András, MILÁVE CZ Richárd	Iparban használatos vízminőségek
2.	SZILÁGYI Zsombor Dr, SZUNYOG István Dr.	Mérések a gáziparban
3.	BARNA Lajos Dr., EÖRDÖGHNÉ MIKLÓS Mária Dr., SZÁNTHÓ Zoltán, BALLA József Dr.	A biztonságos ívóvízellátás megteremtésének tervezési eszközei
4.	BORBÁS Lajos Dr.	Felépítés elvű (additív) gyártástechnológiák a gépészetben
5.	BERENCSI Miklós, BERE CZKY Ákos, HORVÁTH László, KOVÁCS Gergely, MIHÁLFFY Krisztina	Kerékpárosbarát közlekedéstervezés
6.	TÜDŐS Tibor, VARJÚ György Dr., PETRI Kornél Dr., GÁBOR András	A csillagpontkezelés legújabb külföldi és hazai eredményei (Útmutató és tervezési segédlet)
7.	GARBAI László Dr., JASPER Andor Dr., VÁRADI András	Fűtési és használati melegvíz-igények kockázati elvű méretezése példákkal
8.	KÁDI Ottó, DOHÁNY Máté, JÓZSA Bálint, LÁSZLÓ Csaba Tibor, JAKKEL Ottó	A közúti vasutak (villamos) tervezésével kapcsolatos kézikönyv

### 2018.

9.	BLAZSOVSZKY László	A gázfogyasztó készülékek égéstermék elvezetésével kapcsolatos szabályozások hiányosságai és ellentmondásai
10.	CSORDÁS Szilveszter, FORGÁCS Lajos Dr., PÓLYA Endre ifj., RÉV Zoltán, UDVARDY Péter	Orvostechnológiai továbbképzés ismeretanyaga
11.	NÁDASDY Tamás, EGYHÁZY Zita, KOVÁCS Ákos Sándor, SZECSŐ Dániel Géza	A közúti biztonsági audit (KBA) jelentések elkészítésének alkalmazási segédlete – A közúti infrastruktúra közlekedésbiztonsági kezeléséről szóló jogszabályhoz és utóggyi műszaki előíráshoz kapcsolódó értelmezési, kidolgozási és elfogadtatási javaslatrendszer
12.	SZILÁGYI Zsombor Dr., HORÁNSZKY Beáta	Földgáz kereskedelem (mérnöki segédlet)
13.	SZILÁGYI Zsombor Dr.	Az energiahordozók jövője – kőolaj, földgáz, megújulók
14.	S. VÍGH Judit, DOHÁNY Máté	Magános közlekedők baleseti súlyosságának csökkentése mobil applikáció segítségével
15.	BALIKÓ Sándor Dr., CSÚRÖK Tibor Dr., NOVÁK Dániel, ORBÁN Tibor, ZSEBIK Albin Dr.	Ötletlapok I. – Energiahatékonyság növelő ötletek egyszerű energetikai és gazdasági számításai
16.	DARABOS Zoltán, KOLTAI Henrik, SZABÓ Tamás, SZÁSZ Béla, VAJDA Sándor	Felvonók felújítása és átalakítása – Műszaki segédlet
17.	TÜDŐS Tibor, KRUPPA Attila	Alapozásföldelők új tervezési elvei és kivitelezési módszerei – Tervezési segédlet és kivitelezési útmutató
18.	FENYVESI Zsolt	Tűzvédelmi tervek tartalmi szabályainak átdolgozása

19. GÁBORI László Dr., BEINSCHRÓTH József Dr., NÓGRÁDI Gábor, RÁTKAY Tamás      Nagyméretű informatikai beruházásoknál (fejlesztéseknél) ajánlott szoftveroldali tervdokumentációk tartalmi elemeinek meghatározása (I. – II. kötet)
20. DIVÓS Ferenc Dr.      Az élő fák stabilitása – mérnöki megközelítés – Élő fák, mint teherhordó faszerkezetek
21. KARÁCSONYI Zsolt Dr.      Faanyagok tartós szilárdsága
22. BARNÁ Lajos Dr., ERDEI István, JASPER Andor Dr., TAKÁCS Gyula      Segédlet épületek csatorna-berendezéseinek tervezéséhez
23. ANTÓK Péter István, FÜZÉR Ferenc, SÁRKÖZI András      Fényvezető kábelszakaszok műszaki-minőségi ajánlás gyűjteménye
24. JANCSÓ Béla, KULCSÁR Alexandra Dr., NÉMETH Gábor, VÍMI Zoltán Dr., DÉRI Lajos, SZIMANDEL Dezső      Vízügyi engedélyezési eljárással kapcsolatos dokumentációk és engedélyeztetéssel kapcsolatos követelmények a 2018.01.01-én hatályba lépett 41/2017. (XII.29.) BM rendelet alapján
25. TAKÁCS Bence Dr., SIKI Zoltán Dr., ÉGETŐ Csaba Dr., BÉNYI László      Mérnökgeodéziában alkalmazott alapponthálózatok – A jó gyakorlat bemutatása mintapéldákkal
26. MÓCZÁR Balázs Dr., LAUFER Imre, TÓTH Gergő, WOLF Ákos      Korszerű támszerkezetek tervezése
27. HALÁSZ Györgyné Dr., CSERVENYÁK Gábor, TUCZAI Attila, VIRÁG Zoltán      Különböző funkciójú épületek klimatechnikája II.
28. KÁDI Ottó, JÓZSA Bálint      Kerékpáros balesetek létesítmények szerinti vizsgálata
29. GARBAI László Dr., JASPER Andor Dr., PELLER József Bendegúz      Hőteljesítményátviteli tényező alkalmazása távhőrendszerek optimális szabályozásának modelljében
30. GARBAI László Dr., SÁNTA Róbert Dr., JASPER Andor Dr.      A kompresszoros hőszivattyúk optimalizálása – Tervezés és üzemeltetés
31. LADÁNYI Gábor Dr.      Diagnosztika a karbantartásban
32. MÉSZÁROS János, MOLNÁR Tibor, RITZL András      KIÜRÍTÉSI ÉS MENEKÜLÉSI ÚTVONALBA ÉPÍTETT AJTÓK tervezési segédlet (2018)

#### 2019.

- 
33. BLAZSOVSZKY László      Földgáz elosztóvezetékek üzemeltetése
  34. DR. SZILÁGYI Zsombor      A megújuló energiahordozók jövője Magyarországon
  35. FORGÁCS Lajos Dr., HAIDEGGER Tamás Dr., PÓLYA Endre ifj.      Új fejlesztések, innovatív megoldások az orvostechnológia terén
  36. VARRÓ Beáta, KIS András Dr.      Magyarországon előforduló, épületekbe beépített faanyagokat károsító gombák vizsgálata és azonosítása DNS diagnosztikával
  37. MANNINGER Marcell, SZEPESHÁZI Attila, SCHEURING Ferenc, MOLNÁR György      Munkatér határoló szerkezetek
  38. KORSÓS András, RÁDULY Zsolt      A közterületi és belterületi térfigyelő kamerarendszerek tervezési irányelvei
  39. GERGELY Edit, BEZEGH András Dr.      Módszertani útmutató az üvegházhatású gázok közvetlen és közvetett kibocsátásának számítására

40.	BEZEGH András Dr., BITE Pálné Dr., GERGELY Edit	Városi környezetvédelem (Fenntartható és okos városok)
41.	GÓDOR Balázs, KÁSA László Dr., SZÉKELY Bence	Híddaruk méretezési segédlete (2019.)
42.	FÜRJES Andor Tamás, KOTSCHY András, NAGY Attila Balázs, CSOTT Róbert	Teremakusztikai méretezés gyakran előforduló szituációkban
43.	KARÁCSONYI Zsolt Dr.	Faanyagok tartós szilárdsága Faanyagok szilárdságának változása az idő függvényében
44.	BALIKÓ Sándor Dr., ORBÁN Tibor, VARGA Péter, ZSEBIK Albin Dr.	Ötletlapok II. – Energiahatékonyság növelő ötletek egyszerű energetikai és gazdasági számításai
45.	PRIMUSZ Péter, PhD.	Hajlékony útpályaszerkezetek méretezése talajstabilizációk figyelembevételével
46.	NÉMETH Balázs, HÁMORI Sándor, KOSTYÁK Attila, VÍGH Gellért	Különböző funkciójú épületek klímatechnikája III. Segédlet ipari épületek lég- és klímatechnikai rendszereinek tervezése
47.	JANCSÓ Béla, KAVECZKI Gergely, KÓCZÁN Gábor, LABORCZI Tamás, KNOLMÁR Marcell, RAUM László	Csapadékvízgazdálkodás tervezési követelményei Hogyan tervezzünk városi csapadékelvezető rendszereket
48.	DOHÁNY Máté, SCHVANNER Norbert	Kerékpárosok sebességének felülvizsgálata jelzőlámpás csomópontokban
49.	JÓZSA Bálint, S. VÍGH Judit	Sebességcsökkentés hatásainak vizsgálata gyorsforgalmi utakon
50.	ZSEBIK Albin Dr., NOVÁK Dániel	Projektlapok I. – Energiahatékonyság növelő javaslatok projektlapjai
51.	MÓGA István Dr.	Beruházási projektek szabályozási és szabvány környezete, Tervezési követelmények meghatározása
52.	GÁBORI László Dr., BEINSCHRÓTH József Dr., NÓGRÁDI Gábor, RÁTKAY Tamás	Informatikai Tervező szakmai minősítő rendszere (Informatikai szakmai terület illesztése a Mérnök Kamarai működési rendbe és rendszerekbe) I. kötet: Konceptió és modell II. kötet: Modell illesztése III. kötet: Tudástár
53.	VIRÁG Zoltán, GYURKOVICS Zoltán, SZAKÁL Szilárd, VIRÁG Zsolt, ORCSI Attila	Országos Tűzvédelmi Szabályzat épületgépész értelmezése a szakmai gyakorlatban Segédlet a gyakorló épületgépész mérnökök számára I.
<b>2020.</b>		
54.	KISS Jenő Dr., CSERMELY Gábor	JAVASLAT az egyszerű bejelentésű lakóépület megvalósításának – tervezés építés – módszerére

- |     |   |   |
|-----|---|---|
| 55. | SZILÁGYI Zsombor Dr.  | A hidrogén a környezetbarát energiahordozó, Hidrogén az energetikában   |
| 56. | VARGA Tamás, SZEDENIK Norbert Dr., KOVÁCS Károly Dr., KRUPPA Attila, KULCSÁR Lajos, KAPITOR György, TURI Ádám | A nem norma szerinti villámvédelem egységes műszaki követelményrendszerének kialakítása és javaslat a teljes villámvédelmi szabályrendszer jövőbeli egységesítésére |
| 57. | KÁDI Ottó   | A gyalogsközlekedés közúti keresztezései  |
| 58. | MOLNÁR Szabolcs   | „Hulladékból konnektorba” A települési szilárd hulladék energetikai hasznosításának lehetőségei   |
| 59. | VÁRDAI Attila   | Segédlet szabadidős létesítmények tartószerkezeti tervezéséhez  |
| 60. | BEJÓ László Dr.   | Szénlábnyom-elemzés készítése a faiparban   |
| 61. | JANCSÓ Béla, NÉMETH Gábor, SZIMANDEL Dezső  | Szakmai útmutató vízellátási-művelési tervezők számára a 2020 január 1-én hatályba lépett „VIZEK keretrendszer” használatához                                       |
| 62. | FELLEGI Zsóka, KARAFI Balázs, KOCH Edina, KOVÁCS Gábor, MURINKÓ Gergő, TÓTH Gergely József                    | Munkagödrök és földművek víztelenítése  |
| 63. | HOLÉCZY Ernő, OLÁH Róbert, SIKI Zoltán Dr., TAKÁCS Bence Dr., TÓTH Zoltán Dr., VARGA Tibor                    | Módszertani útmutató az elavult ingatlan-nyilvántartási térképek korszerű technológiákkal végzett felújításához   |
| 64. | DR. GÁBORI László, DR. MOLNÁR Bálint, NÓGRÁDI Gábor, RÁTKAY Tamás   | Az Informatikai Tervező tervezési segédlete   |
| 65. | NÁDASDY Tamás, TOMASCHEK Tamás, PALÁSTY István, SZECSŐ Dániel Géza  | Dinamikus forgalomirányítás tervezői segédlete gyorsforgalmi úthálózat esetén   |
| 66. | LENGYEL István  | Szakmai útmutató szolgalmi jogok alapításához (mérnöki segédlet)  |
| 67. | NÉMETH Balázs, SZLOVÁK Krisztián, VÍGH Gellért  | Épületgépészeti tervezéshez praktikus, gyakorlati adatbázis   |
| 68. | FÜRJES Andor Tamás, BORSINÉ Arató Éva, NAGY Attila Balázs, ILLYÉS László, BORSI Gergely                       | Teremakusztikai méretezés gyakran előforduló szituációkban (példatár)   |
| 69. | BORBÁS Lajos Dr., GONDA Zoltán  | Optikai feszültségvizsgálat – Kísérleti eljárás a konstrukció fejlesztésére, szerkezetek anyagfelhasználásának és teherhordozásának optimalizálására                |

## 2021.

- |     |   |   |
|-----|---|---|
| 70. | BLAZSOVSZKY László  | A gázipar és a kéményseprő-ipar határterületeinek szabályozási anomáliái a szakmagyakorlók és a felhasználók szemszögéből |
| 71. | FORGÁCS Lajos Dr., NAGY Gábor, RÉV Zoltán   | Kórháztervezés új szempontjai a 21. században - Korszerű kórházak infrastrukturális egységei                              |
| 72. | HOLÉCZY Ernő, KISS Albert Miklós, KOVÁCS István, TAKÁCS Bence Géza Dr., TÓTH Zoltán Dr. | M.2.-2021. Mérnökgeodéziai tervezési segédlet   |
| 73. | BEJÓ László Dr.   | Az ipar 4.0 alkalmazási lehetőségei a faipar területén  |

- |     |   |  |
|-----|---|--|
| 74. | BORBÉLY Dániel, HUDACSEK Péter, KARNER Balázs, KOVÁCS László, SÁNDOR Csaba  | Monitoring, a geotechnikai kockázatkezelés eszköze   |
| 75. | FELFÖLDI Krisztina, JÁMBOR András, TÓTH Sándor, BÜKI Gábor, GÓDOR Balázs  | Emelőgépek időszakos vizsgálatának eljárásrendje   |
| 76. | GYURKOVICS Zoltán, RÉBAY Lajos, NAGY Bernát   | Szakmai útmutató az épületgépész felelős műszaki vezetők és műszaki ellenőrök számára  |
| 77. | ZSEBIK Albin Dr., NOVÁK Dániel, PAPP Ábrahám  | Hulladék hő hasznosítás - hűtés és fűtés összekapcsolása<br>Segédlet az elemzéshez és gyakorlati példák bemutatása   |
| 78. | CZINE Ferenc, HIRKÓ György  | Elektromos meghajtású mikromobilitási eszközök -<br>Jellemző paraméterek   |
| 79. | KALMÁR Tamás, LÁNYI Péter Dr., HÓZ Erzsébet   | Kerékpárút hálózatok vizsgálata a fejlesztések és úthasználók tapasztalatai alapján  |
| 80. | VARGA Tamás, FARKAS Péter János, TOKODY Dániel Dr., ZSARNOVSZKI Attila, MÉSZÁROS Tamás, VERESS Árpád  | Építményvillamossági tervezés robbanásveszélyes környezetben   |
| 81. | VONA Márton Dr., BALATONYI László Dr., TÉCSŐY István  | Dombvidéki víz visszatartás, kisvízfolyások szabályozása természet közeli megoldásokkal<br>Kisléptékű vízvisszatartás, kistelepülés-léptékű vízmegtartó megoldások |
| 82. | ZANATHY Valéria, BUZÁS Györgyi, TÓTH László   | Acélszerkezetek korrózió elleni védelme –<br>Acélszerkezetek korrózió elleni védelmére vonatkozó szabványok, előírások, szakmai tapasztalatok összefoglalása       |
| 83. | JÓZSA Bálint, DOHÁNY Máté   | DDI, avagy a fordított gyémánt csomópontok vizsgálata és magyarországi alkalmazhatósága  |
| 84. | SZÉPSZÓ Gabriella, ALLAGA-ZSEBEHÁZI Gabriella, LAKATOS Mónika, SZENTES Olivér, TAKSZ Lilla, SELMECZI János Pál, CZIRA Tamás Dr., CSÓKA Gergely, BAKA György | Éghajlatvédelmi vizsgálatok módszertana és az azt megalapozó adatbázisok alkalmazása   |
| 85. | ZSIGMONDI András, MARIÁN Gábor, WÉBER László  | A műszaki egyenértékűség és helyettesítő termék egyenértékűségének megállapítási módjai  |
| 86. | NAGY János, HORVÁTH Rita, KAPITOR György, MERTLI Ferenc, PAPP Ábrahám, SITKU György, ZSEBIK Albin Dr.   | Világítástechnika - segédlet az EKR dokumentáció készítéséhez – Alapismeretek és mintapéldák   |
| 87. | CSENDES János, VELLER Tamás   | Épületautomatika – Összefüggésben az<br>Energiahatékonysági Kötelezettségi Rendszerrel   |

## 2022.

- |     |  |   |
|-----|--|---|
| 88. | FÖLDI László József Dr., BERENCSEI Bence   | Ipari gépek CE jelölése és biztonsága az EU-s és hazai szabályozás tükrében |
| 89. | SZILÁGYI Zsombor Dr., VADÁSZI Marianna Dr. | Irányelv új földgáz- és villamos energia szerződéskötéshez                  |

90. MÓCZÁR Balázs Dr., CSORBA Gábor, GRITSCH Ákos, KRISTON Gábor, MIHUCZ Tibor, SZENDEFY János Dr., SZILÁGYI Katalin Segédlet ipari padlók geotechnikai és statikai tervezéséhez, kivitelezéséhez
91. FELFÖLDI Krisztina, GÓDOR Balázs, NAGY Pál, RADVÁNYI G. Levente G-D-36 Tanúsítvány kiadásához kompetencia-követelmények kidolgozása
92. BUZÁS Zoltán, KÁLMÁN Miklós, BÖLSEI Tamás, LUKÁCS Tamás A tervdokumentációk tartalmi és formai követelményeinek átdolgozása, különös tekintettel a Hír-Közmű bevezetésére. A Tervezés, Engedélyezés, Kivitelezés segédlet módosítása (92./1-2-3.)
93. SIKI Zoltán Dr., CSEMNICZKY László, HOLÉCZYNÉ KAJTÁR Dóra, LEHOCZKY Máté, RÉPÁS Zoltán, TÓTH István Szakmai útmutató digitális tervezési alaptérképek készítéséhez. A minőségi mérnöki munka segítése, a jó gyakorlat bemutatása, javaslat a térképek rétegszerkezetére és az alkalmazandó jelkulcsokra
94. CSERMELY Gábor, TÓTH Péter Szakmai útmutató a magasépítési kivitelezési munkák minőségellenőrzésére
95. MARIÁN Gábor, ZSIGMONDI András Az építési beruházások műszaki átadás-átvételi eljárása – Szakmai ajánlás az építési beruházások műszaki átadás-átvételi eljárására
96. BARNA Sándor, MOLNÁR Tibor Dr. Segédlet az AERMOD view szoftver használatához a légszennyező anyagok terjedési modellezéséhez
97. BAKA György A talajnak, mint természeti erőforrásnak a védelme a beruházások megvalósítása során
98. BLAZSOVSZKY László A gázipari szakmagyakorlók megváltozott felelőssége, hatásköre és a mindennapok gyakorlatának anomáliái a megváltozott jogszabályi környezetben
99. FÜRJES Andor Tamás Elektroakusztika elméleti és gyakorlati áttekintés
100. RÁCZ Tibor, KUN Csaba, BALATONYI László Dr. ITVT Integrált Települési Vízgazdálkodási Terv tervezési segédlet